



اثرهای اجرای عملیات بیشه‌زراعی در جنگل‌های بلوط ایرانی؛ جنبه‌های سودآوری مالی و حفاظت خاک

سیدمهدی حشمت‌الواعظین^۱، میثم قهرمانی^۲، محمد مفتخر جویباری^{۳*}، علی‌اکبر نظری سامانی^۴
تقی شامخی^۵ و محمد عواطفی همت^۶

^۱ دانشیار گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج
^۲ دانش‌آموخته کارشناسی ارشد جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج
^۳ دانشجوی دکتری جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج
^۴ دانشیار گروه احیای مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج
^۵ استاد بازنشسته گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج
^۶ استادیار گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۵/۲۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۴/۳۱)

چکیده

عملیات بیشه‌زراعی در جنگل‌های زاگرس از دیرباز رواج داشته است. کشت زیر اشکوب گیاهان چندساله مانند آنغوزه به‌جای زراعت گیاهان یکساله مانند گندم به کاهش هدررفت خاک کمک می‌کند. تحقیق حاضر با هدف ارزیابی سودآوری و هدررفت خاک در دو عملیات بیشه‌زراعی جنگل-گندم و جنگل-آنغوزه در منطقه تنگ‌سرخ استان کهگیلویه و بویراحمد صورت گرفت. برای ارزیابی سودآوری از نمودار جریان پول نقد، ارزش مورد انتظار زمین، معیار ارزش یکنواخت سالانه و نرخ سالانه بازدهی سرمایه استفاده شد. مقدار هدررفت خاک به کمک معادله جهانی هدررفت خاک و بر مبنای فرسایش‌پذیری باران، فرسایش‌پذیری، طول و درجه شیب و نیز نوع مدیریت پوشش گیاهی محاسبه شد. داده‌های حفاظت خاک در واحدهای شکل زمین اندازه‌گیری/جمع‌آوری شد. نمونه‌های خاک در دو عمق ۰-۳۰ و ۳۰-۵۰ سانتی‌متری خاک از واحدهای شکل زمین موجود در گستره هر عملیات برداشت شد. اطلاعات اقتصادی به روش سرشماری کشاورزان و با پرسشنامه نیمه‌ساختاریافته جمع‌آوری شد. نتایج نشان داد که نرخ سالانه بازدهی سرمایه عملیات جنگل-آنغوزه به قیمت‌های جاری سال ۱۳۹۳، ۲۲/۶ درصد) با فاصله زیاد بیش از عملیات جنگل-گندم (۷- درصد) است. نتایج همچنین نشان داد که متوسط هدررفت خاک در عملیات جنگل-گندم (۱۸/۶ تن در هکتار در سال) ۶/۶ برابر عملیات جنگل-آنغوزه (۲/۸ تن در هکتار در سال) است. پژوهش‌های آتی روشن خواهد کرد که چرا کشاورزان به اجرای عملیات زیان‌ده جنگل-گندم ادامه می‌دهند.

واژه‌های کلیدی: نرخ سالانه بازدهی سرمایه، آنغوزه، گندم، هدررفت خاک، کشت زیر اشکوب

مقدمه

جنگل و فرسایش خاک را در پی دارد. به‌منظور کاهش تخریب ناشی از این عملیات سال‌هاست که کشت گیاهان چندساله به‌جای گیاهان یکساله

کشت گیاهان یکساله در زیراشکوب جنگل‌های زاگرس از دیرباز رواج داشته است. این کار تخریب

پژوهشی با استفاده از معیار ارزش مورد انتظار زمین در سه نظام جنگل طبیعی کائوچو، تک‌کشتی گیاه چندساله^۳ چای و میان‌کشتی^۳ کائوچو- چای در هاینان^۴ چین نشان داد که بیشترین ارزش مورد انتظار زمین مربوط به نظام کائوچو- چای به مقدار ۵۰۷۱۷ یوان در هکتار است (Guo et al., 2006). نتایج ارزیابی مالی نظام بیشه‌زراعی در بنگلادش و مقایسه آن با نظام زراعت برنج با استفاده از سه معیار نسبت سود به هزینه، ارزش خالص فعلی و بازدهی نیروی کار نشان داد که بازده اقتصادی نظام بیشه‌زراعی ۲۵ درصد بیشتر از زراعت به‌تنهایی است (Rasul & Thapa, 2006). براساس پیشینه پژوهشی مرتبط با ارزیابی نظام‌های بیشه‌زراعی، بیشتر پژوهش‌ها بر مقایسه سودآوری نظام‌های بیشه‌زراعی با تک‌کشتی^۵ محصولات زراعی یکساله تمرکز داشته‌اند و کمتر بر اثرهای تجمعی اقتصادی و محیطی (فرسایش پذیری) گیاهان چندساله متمرکز بوده‌اند. این در حالی است که کشت گیاهان چندساله زراعی در نظام‌های بیشه‌زراعی در مقابل کشت گیاهان یکساله خسارت کمتری به عرصه‌های جنگلی وارد می‌کنند. پژوهشی در چین با هدف ارزیابی حفاظت خاک در سه نظام جنگل طبیعی، تک‌کشتی کائوچو و بیشه‌زراعی کائوچو نشان داد که نفوذپذیری خاک در نظام بیشه‌زراعی کائوچو بیشتر از دیگر نظام‌هاست (Chen et al., 2019).

یکی از اصلی‌ترین هدف‌های بیشه‌زراعی تأمین توأم نیازهای اقتصادی و اجتماعی جوامع محلی است. انتخاب نظام‌های بیشه‌زراعی مناسب در هر منطقه، ضمن کمک به وضعیت معیشت بهره‌برداران، در رعایت شرایط زیست‌محیطی به‌ویژه حفظ خاک نیز مؤثر است. به‌طور کلی، کشت گیاهان چندساله

به‌عنوان جایگزین معرفی شده است. تخریب نواحی جنگلی و تبدیل آنها به اراضی کشاورزی به‌دلیل پیوند منابع جنگلی و معیشت جوامع جنگل‌نشین، یکی از نگرانی‌های اصلی در کشورهای در حال توسعه است. زاگرس به‌منزله یکی از مهم‌ترین نواحی رویشی کشور از این وضعیت مستثنا نیست. عواملی چون بیکاری، نرخ فزاینده رشد جمعیت و نامتناسب بودن آن با روند توسعه اقتصادی کشور موجب وابستگی شدید ساکنان این جنگل‌ها به منابع طبیعی شده است. همه این مسائل در کنار چرای بی‌رویه دام، تبدیل جنگل به اراضی کشاورزی و کشت دیم گیاهان یکساله در زیراشکوب جنگل موجب فشار بر منابع جنگلی شده است. از این‌رو، نقش نظام‌های پایدار کاربری اراضی همچون نظام‌های بیشه‌زراعی^۱، به‌مثابه راهکار مدیریتی چندمنظوره به‌منظور تولید مستمر و کاهش فشار بر منابع جنگلی حائز اهمیت است (Chundawat, et al., 1993). بیشه‌زراعی از طریق تلفیق کشت گیاهان زراعی یکساله یا چندساله در زیراشکوب درختان سبب اجرای نوعی نظام استفاده پایدار از سرزمین می‌شود. گندم از گیاهان زراعی یکساله مهم از خانواده غلات است و سهم مهمی در تأمین غذایی جمعیت جهان دارد. در مقابل گیاه چندساله آغوزه^۲ از گیاهان مرتعی است و اهمیتش در شیرابه‌ای است که از ریشه آن استخراج می‌شود که دارای ارزش دارویی و صنعتی است (Sarhadipour et al., 2015). در عملیات بیشه‌زراعی انتخاب گونه مناسب زیراشکوب نیازمند شناخت ظرفیت‌های تولیدی و حفاظتی گونه‌های زراعی است تا کاراترین و سودآورترین عملیات بیشه‌زراعی شناسایی شود.

براساس مرور منابع، نظام‌های بیشه‌زراعی همراه با عملیات متعدد با اهداف متنوعی به اجرا درمی‌آیند. دو رویکرد ارزیابی مالی و حفاظتی این نظام‌ها بیشتر پژوهش‌ها را به خود اختصاص داده‌اند. اغلب پژوهش‌ها حاکی از برتری مالی نظام‌های بیشه‌زراعی بر کشاورزی تک‌کشتی است (Cerda et al., 2014).

1. Agroforestry
2. Ferula assa foetida
3. Intercropping
4. Hainan
5. Monoculture

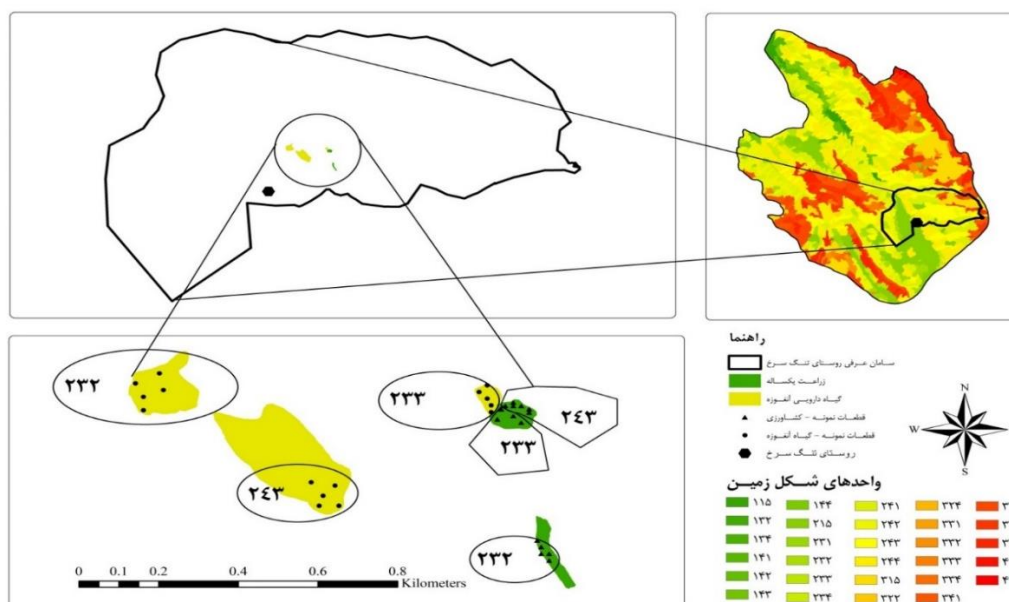
بیشه‌زراعی سنتی جنگل-گندم در حوضه آبخیز تنگ سرخ است. نتایج این مقایسه می‌تواند برای ترغیب بیشتر مدیران در استفاده مناسب‌تر از جنگل‌های زاگرس و ترویج الگوهای مناسب‌تر استفاده از جنگل برای اجتماع محلی مفید واقع شود.

مواد و روش‌ها

منطقه پژوهش

حوضه آبخیز تنگ‌سرخ متشکل از سه روستای تنگ‌خشک، ستنگان و تنگ‌سرخ است که در طول شرقی "۵۸°۵۱'۴۵" و عرض شمالی "۳۱°۲۷'۳۰" واقع است (شکل ۱). این حوزه دارای ۲۴۳۷۷ هکتار جنگل و ۱۱۸۲۹ هکتار مرتع است. معیشت اصلی ساکنان آن از باغداری، دامداری و کشاورزی تأمین می‌شود. کشاورزی در این روستاها وابسته به جنگل است. تیپ غالب جنگل در این حوزه، گونه بلوط ایرانی است و گونه‌های بنه، کیکم و زالزالک نیز در ارتفاعات بالاتر وجود دارند.

به‌منابۀ یکی از نظام‌های بیشه‌زراعی چندمنظوره، حتی در صورت تداوم برداشت زیست‌توده آنها، به‌دلیل ایجاد پوشش گیاهی سالانه روی خاک و کاهش به‌هم‌ریختگی ناشی از عملیات خاک ورزی، موجب کاهش تلفات خاک^۱ می‌شود. با وجود این، اصرار بهره‌برداران سنتی از سامان‌های عرفی زیراشکوب جنگل‌های بلوط حوزه تنگ‌سرخ بر کشت گیاه یکساله گندم از دیرباز در مقابل کشت گیاهان چندساله شاید به‌دلیل ناآگاهی از مزایا و معایب هر یک از این عملیات بیشه‌زراعی باشد. از این‌رو، مسئله اصلی پژوهش این است که چگونه می‌توان با ایجاد انگیزه قوی در گندم‌کاران، استفاده از عملیات جنگل-آغوزه را رواج داد تا افزون‌بر سودآوری مالی، منافع حفاظت خاک نیز میسر شود. بنابراین ضمن بررسی همزمان اثرها و منافع حاصل از بهره‌گیری از گیاهان یکساله و چندساله افزون‌بر ارزیابی مالی، باید کارکرد حفاظتی این نظام‌ها ارزیابی شود. بر این اساس، مهم‌ترین هدف این پژوهش ارزیابی توأم سودآوری مالی و حفاظتی عملیات بیشه‌زراعی جنگل-آغوزه در مقابل عملیات



شکل ۱- نقشه موقعیت منطقه پژوهش و نمونه‌های خاک

حاصل از یک دوره (n) عملیات کشت است. با محاسبه این شاخص همه درآمدها و هزینه‌های آتی یک دوره تناوب عملیات بیشه‌زراعی به ارزش فعلی در زمان حال یا همان مبدأ (سال صفر) تبدیل می‌شود (Oskoonejad, 2006). همچنین نرخ تنزیل واقعی، هزینه فرصت واقعی سرمایه (نرخ سود فعالیت جایگزین - نرخ تورم) را در محاسبه وارد می‌کند. سپس با استفاده از نمودار جریان پول نقد^۵ عملیات بیشه‌زراعی جنگل-آنگوزه (شکل ۲) و رابطه ۱، ارزش مورد انتظار زمین عملیات جنگل-آنگوزه به صورت رابطه ۲ بازنویسی شد.

$$LEV_F = \text{رابطه ۲} \times 0.83 \times \left[\frac{-PC \times 0.143 \times [(1+r)^7 - 1]}{r \times (1+r)^7} + \frac{(R_7 - HC_7 - PC) \times 0.143 \times (1+r)}{r \times (1+r)^7} \right]$$

در این رابطه، LEV_F ارزش مورد انتظار زمین در عملیات بیشه‌زراعی جنگل-آنگوزه، PC هزینه‌های هر هکتار بذر شامل قیمت هر کیلو بذر در یک هکتار و کپه کاری در ابتدای سال اول (سال صفر)، R_7 درآمد حاصل از فروش شیرابه^۱ آنگوزه به‌ازای هر هکتار جنگل-آنگوزه در سال هفتم، HC_7 هزینه‌های هر هکتار برداشت شیرابه و هزینه بهره مالکانه زمین زیر کشت در سال هفتم و r نرخ تنزیل واقعی، مقدار ۰/۸۳ برابر با نسبت سطوح قابل کشت آنگوزه در هر هکتار جنگل^۶ (۶۹۳ هکتار) به سطح کل سامان عرفی هر بهره‌بردار (۸۳۰ هکتار) و مقدار ۰/۱۴۳ برابر با نسبت سطح قابل برداشت در هر هکتار عملیات جنگل-آنگوزه است.

آنگوزه گیاهی علفی و چندساله از خانواده چتریان است که به دلیل تولید نوعی شیرابه^۱ دارویی با ارزش تجاری چشمگیر به نام گنبو در برگ‌ها و استخراج آن از ریشه‌های ضخیم گیاه، توجه برخی بهره‌برداران سامان عرفی حوزه تنگ‌سرخ را جلب کرده است. گزینه دیگر عملیات بیشه‌زراعی غالب در این حوزه، گندم کاری سنتی در زیراشکوب جنگل است. وجود سابقه کشت گیاه چندساله آنگوزه در زیراشکوب جنگل سامان‌های عرفی این حوزه از سال ۱۳۷۲ و همجواری آن اراضی با اراضی زیر کشت گیاه یکساله گندم به منظور یکنواخت بودن شرایط مقایسه معیار اصلی برای انتخاب منطقه پژوهش بوده است.

شیوه اجرای پژوهش

نمایه‌های سودآوری مالی پژوهش

تفاوت در جریان پول نقد هر عملیات بیشه‌زراعی این پژوهش (شکل‌های ۲ و ۳) و در نتیجه، اختلاف زمانی بین هزینه‌ها و درآمدها سبب تفاوت ارزش واقعی هر ریال هزینه یا درآمد در دو سال مختلف می‌شود. از این رو باید با استفاده از نمایه‌های ارزش مورد انتظار زمین^۱، ارزش یکنواخت سالانه^۲ و نرخ سالانه بازدهی سرمایه^۳ (Guo et al., 2006; Rasul & Thapa, 2006) که در بسیاری از پژوهش‌های مشابه متداول است، ارزش واقعی هر ریال هزینه یا درآمد هر عملیات در یک سال مبنا محاسبه و قابل مقایسه شود.

ارزش مورد انتظار زمین

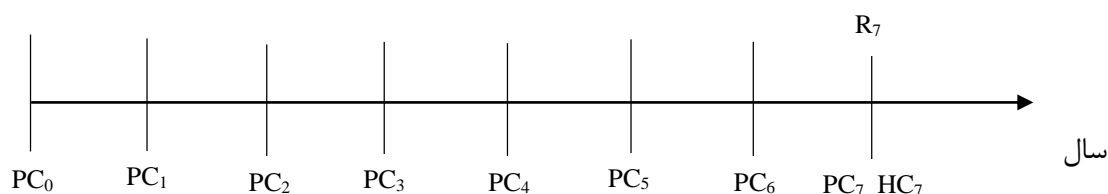
این معیار اقتصادی برابر است با جمع منافع خالص فعلی عملیات بیشه‌زراعی تا بی‌نهایت. هر عملیاتی که مقدار LEV مثبت بیشتری داشته باشد، از نظر اقتصادی برتری دارد. برای محاسبه ارزش مورد انتظار زمین از رابطه ۱ استفاده شد (Heshmatol Vaezin et al., 2009).

$$LEV = NPV \times \frac{(1+r)^n}{(1+r)^n - 1} \quad \text{رابطه ۱}$$

در این رابطه، NPV برابر با ارزش خالص فعلی^۴

1. Land expectation value (LEV)
2. Annual equivalent value (AEV)
3. Discounted Return on investment (ROI) or rate of return (ROR)
4. Net present value (NPV)
5. Cashflow

۶. بقیه عرصه به دلیل سنگلاخ و شیب‌دار بودن کشت‌ناپذیر است.



شکل ۲- جریان پول نقد عملیات بیشه‌زراعی جنگل-آنگوزه با دوره برداشت هفت‌ساله

نسبت نرخ اجاره در هکتار (Rr) به قیمت هر هکتار زمین (P) در منطقه پژوهش استفاده شد.

$$r = \frac{Rr}{P} \quad \text{رابطه ۳}$$

با توجه به اجاره سالانه ۱ میلیون ریالی و قیمت ۵۰ میلیون ریالی هر هکتار زمین کشاورزی دیم در منطقه در سال پژوهش (۱۳۹۳)، نرخ سود واقعی یا هزینه فرصت سرمایه، ۲ درصد برآورد شد. مطابق با نمودار جریان پول نقد در عملیات بیشه‌زراعی جنگل-گندم (شکل ۳) و با توجه به دوره کشت نه‌ماهه، ارزش مورد انتظار زمین گندم‌کاری (LEV_w) از رابطه ۴ به دست آمد.

$$LEV_w = \left[-PC + \frac{(R_0 - HC_0)}{\left(1 + \frac{r}{12}\right)^5} \right] \times \frac{(1+r)}{r} \quad \text{رابطه ۴}$$

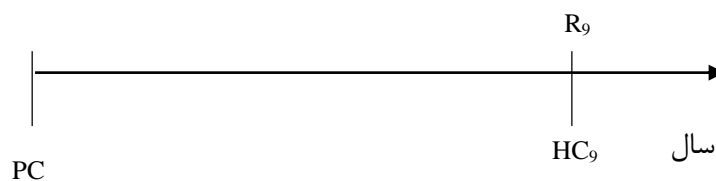
در رابطه ۴، PC هزینه‌های هر هکتار شخم، بذریاشی و کوددهی در ابتدای ماه اول سال ۲، HC_0 هزینه‌های هر هکتار برداشت گندم در ماه نهم ۳، R_0 درآمد هر هکتار گندم در ماه نهم و S برابر با ۹ ماه است.

این نسبت با توجه به دوره هفت‌ساله برداشت محصول، یک‌هفتم سطح آنگوزه کاری در نظر گرفته شد. با توجه به دوره برداشت هفت ساله گیاه آنگوزه، برداشت ثابت سالانه را می‌توان در یک‌هفتم هر هکتار یا ۰/۱۴۳ هکتار انجام داد. با این حال درصدی از کپه کاری‌ها در عمل سبز نمی‌شود و سطح مؤثر قابل برداشت سالانه در منطقه پژوهش کمتر و در حدود ۰/۰۹ هکتار است. با این حال، با فرض کپه کاری درست و واکاری در صورت لزوم، حداکثر سطح قابل بهره‌برداری هر هکتار آنگوزه کاری ۰/۱۴۳ هکتار در نظر گرفته شد. یکی از روش‌ها برای محاسبه نرخ سود واقعی، کسر نرخ تورم از نرخ سود تسهیلات بانکی است. بدین منظور، با استفاده از آرشيو داده‌های موجود بانک مرکزی، متوسط نرخ تورم و سود سالانه تسهیلات بانکی بین سال‌های ۱۳۵۷ تا ۱۳۹۷ به ترتیب ۱۸/۹ و ۱۲/۵ درصد محاسبه شد. در نهایت اختلاف این دو نرخ عددی کوچک‌تر از صفر و برابر با ۶/۴- درصد است که عملاً محاسبه ارزش مورد انتظار را غیرمنطقی و دشوار می‌کند. همچنین به دلیل دشواری محاسبه نرخ تنزیل واقعی^۱ به‌ویژه در فعالیت‌های بلندمدت، به روش هزینه فرصت سرمایه متناسب با شرایط اقتصادی منطقه پژوهش برآورد شد (Heshmatol Vaezin & Peyron, 2007). هزینه فرصت سرمایه به معنای هزینه ناشی از چشم‌پوشی از اجرای دیگر فعالیت‌های سرمایه‌گذاری جایگزین است (Khoshakhlagh, 2017). به این منظور، برای محاسبه نرخ تنزیل واقعی (r) مطابق با رابطه ۳ از

۱. نرخ تنزیل واقعی یا نرخ سود واقعی نرخ است که اثر تورم از آن کسر شده است.

۲. ابتدای ماه اول یا سال صفر در گندم‌کاری اول آبان ماه هر سال فرض شده است.

۳. برداشت گندم در ماه نهم و در پایان تیرماه هر سال فرض شده است.



شکل ۳- جریان پول نقد در عملیات بیشه‌زراعی جنگل -گندم با دوره برداشت یکساله

صورت و مخرج کسر به ترتیب جمع منافع خالص فعلی (ارزش خالص فعلی^۲) و جمع هزینه‌های فعلی در هر دوره اجرای طرح را نشان می‌دهد. از آنجا که دوره اجرای طرح‌های مختلف یکسان نیست، نرخ بازدهی سرمایه در دوره اجرای طرح ممکن است گمراه‌کننده باشد. از این‌رو، در این پژوهش از نرخ سالانه بازدهی سرمایه به درصد (رابطه ۷) بهره گرفته شد (Oskoonejad, 2006).

$$\text{Annulaized ROI} = \text{رابطه ۷} \left[(1 + \text{Discounted ROI})^{\frac{1}{n}} - 1 \right] * 100$$

نمایه‌های مقدار حفاظت خاک

یکی از پرکاربردترین روش‌های برآورد تأثیر عملیات مدیریتی بر فرسایش خاک، معادله جهانی فرسایش خاک^۳ (USLE) است. مهم‌ترین مزیت این روش این است که شرایط ذاتی خاک و اثر پوشش گیاهی بر فرسایش‌پذیری را در نظر می‌گیرد. شایان ذکر است که در ایران از مدل‌های تجربی متعددی استفاده می‌شود. ولی با توجه به ماهیت کشاورزی در بیشه‌زراعی از یک‌سو و همچنین در نظر گرفتن اثر عملیات خاک‌ورزی و تغییر پوشش گیاهی از معادله جهانی فرسایش خاک بهره‌گیری شد (Refahi, 2006). در این معادله، متوسط سالانه

ارزش یکنواخت سالانه

در این روش با توجه به نابرابر بودن عمر هر عملیات و نیاز به تعیین عمر مشترک، همه درآمدها و هزینه‌های مرتبط با هر عملیات به یک سری یکنواخت سالانه تبدیل می‌شود (Oskoonejad, 2006). مطابق رابطه ۵، ارزش یکنواخت سالانه (AEV) برای هر دو عملیات محاسبه شد. هر عملیاتی که مقدار AEV مثبت بیشتری داشته باشد، دارای توجیه اقتصادی بیشتری است.

$$\text{AEV} = \text{LEV} \times r \quad \text{رابطه ۵}$$

نرخ سالانه بازدهی سرمایه

مقدار سرمایه‌گذاری در پروژه‌ها یا طرح‌های مختلف یکسان نیست. از این‌رو بازدهی سرمایه‌های تنزیل شده^۱ (رابطه ۶) معیار مناسب‌تری به‌ویژه در شرایط محدودیت سرمایه است. این نسبت مقدار سود خالص فعلی ناشی از هر ریال سرمایه‌گذاری را در دوره اجرای طرح (و نه در سال) نشان می‌دهد. حاصل ضرب این نسبت در صد، نرخ بازدهی یا نرخ سوددهی هر ریال سرمایه‌گذاری در دوره اجرای طرح را به درصد نشان می‌دهد. از این‌رو، هرچه این نرخ بیشتر باشد، طرح یا گزینه مورد نظر اقتصادی‌تر و جذاب‌تر است (Oskoonejad, 2006).

$$\text{Discounted ROI} = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}} \quad \text{رابطه ۶}$$

1. The discounted return on Investment; discounted ROI
2. Net present value (NPV)
3. Universal soil loss equation (USLE)

به‌دست می‌آید. طبقه نفوذپذیری خاک براساس نوع بافت خاک و گروه‌های هیدرولوژیک برآورد شد (Mahdavi, 2013).

رابطه ۱۰

$$M = (P_{silt} + P_{vfs}) \times (100 - P_{cl})$$

که در آن، P_{cl} درصد رس، P_{vfs} درصد شن خیلی ریز و P_{silt} درصد سیلت است. اندازه‌گیری اجزای بافت خاک به روش هیدرومتری ۲۴ ساعته و با استفاده از منحنی دانه‌بندی و الک ۵۰ میکرون انجام پذیرفت. طول و درجه شیب با شدت فرسایش رابطه مستقیم دارند و از رابطه ۱۱ به‌دست می‌آیند (Foster et al. 2003).

$$LS = \left(\frac{\lambda}{22.13}\right)^m \times \left(\frac{\sin \theta}{0.0896}\right)^n \quad \text{رابطه ۱۱}$$

که در آن، λ طول شیب برحسب متر، m و n به‌ترتیب طول شیب معادل 0.3 ، $1/3$ و θ درجه شیب زمین است (Foster et al., 2003). برای محاسبه این عامل مقدار شیب هر واحد شکل زمین در محیط GIS و مدل رقومی ارتفاع ۱۰ متری موجود در منطقه با استفاده از نقشه‌های اخذشده از سازمان نقشه‌برداری کشور محاسبه شد. برای مقدار طول دامنه نیز متوسط طول چندضلعی شکل زمین انتخاب شده و مطابق با شیب عمومی دامنه بررسی شدند.

عامل مدیریت پوشش گیاهی (C) با توجه به نقشه پوشش گیاهی و کاربری اراضی منطقه تعیین می‌شود. بدین منظور براساس مقدار پوشش گیاهی و لاشبرگ و همچنین سنگریزه سطحی مطابق با جدول‌های مدل جهانی فرسایش خاک، مقدار عامل مدیریت پوشش گیاهی برآورد شد (Refahi, 2006). در این زمینه شایان ذکر است که با توجه به تغییر در وضعیت پوشش گندم‌زارها سعی شد مقدار پوشش گیاهی در طول دوره فرسایش‌زا (اسفند تا اردیبهشت)

هدررفت خاک^۱ (A) برحسب تن در هکتار در سال ($t \text{ ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$) به‌صورت ترکیبی از شش عامل نیروی فرساینده باران^۲ (R) برحسب مگاژول در هکتار در سال به‌ازای میلی‌متر بر ساعت بارش ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$) ضریب فرسایش‌پذیری خاک^۳ (K) برحسب تن در هکتار به‌ازای واحد فرساینده ($\text{MJ}^{-1} \text{ mm h}^{-1}$) طول (L) و درجه شیب (S) (بدون واحد)، پوشش گیاهی (C) (بدون واحد) و عملیات مدیریتی - حفاظتی (P) (بدون واحد) است که ساختار آن به‌صورت رابطه ۸ نمایش داده شد (Wischmeier & Smith, 1978).

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P \quad \text{رابطه ۸}$$

عامل فرساینده باران (R) شاخص کمی توان باران در فرسایش خاک است که برای منطقه پژوهش (425 MJ mm h-1ha-1y-1) استفاده شد. این مقدار مطابق با یافته‌های (Nikkami 2012) برای این منطقه است. عامل فرسایش‌پذیری خاک (K) به قابلیت جدا شدن و حمل خاک توسط بارش و رواناب گفته می‌شود. برای به‌دست آوردن عامل K به پنج شاخص خاک شامل نفوذپذیری، بافت خاک، درصد شن خیلی ریز، درصد سیلت و درصد مواد آلی مطابق رابطه ۹ نیاز است (Refahi, 2006).

$$\text{رابطه ۹} \quad 100 K = [(2.1 \times 10^{-4}) \times M^{1.14} \times (12 - OM\%) + 3.25 \times (S - 2) + 2.5 \times (P - 3)] \times 0.1317$$

که در آن، S کلاس ساختمان خاک، p مقدار نفوذپذیری خاک، OM% درصد ماده آلی خاک و M شاخص اندازه ذره است. شاخص M از رابطه ۱۰

1. Annual soil loss
2. Rainfall erosivity factor
3. Soil erodibility

عامل عملیات مدیریتی-حفاظتی (P) عبارت است از نسبت مقدار خاک از بین رفته در واحد سطح زمین حفاظت شده، به زمینی که لخت باشد و در جهت تندترین شیب، شخم شود. در این پژوهش با توجه به نبود هیچ گونه حمایت مالی مقدار P مطابق با درجه شیب در هر یک از فعالیت‌های بیشه‌زراعی از یافته‌های Wischmeier & Smith (1978) مطابق جدول ۱ استخراج شد.

مورد توجه باشد و مقدار متوسط آن قرار داده شود. در اراضی دارای آنغوزه مقدار پوشش گیاهی با توجه به چندساله بودن گیاه آنغوزه به کمک نمودار اصلاح اثر ریشه برآورد شد. مقدار اجزای پوشش زمین اعم از گیاهی، سنگ و سنگریزه و لاشبرگ نیز در بازدید میدانی اندازه‌گیری شده و برپایه جدول‌های موجود برای اراضی زراعی و مراتع برآورد شد (Refahi, 2006).

جدول ۱- مقدار P

مقدار P	درصد شیب	مقدار P	درصد شیب
۰/۶	۹-۱۲	۰/۶	۱-۲
۰/۷	۱۳-۱۶	۰/۵	۳-۵
۰/۸	۱۷-۲۰	۰/۵	۶-۸

روش تحلیل

مقایسه آماری ویژگی‌های حفاظتی خاک در دو عملیات بیشه‌زراعی
برای مقایسه ویژگی‌های حفاظتی خاک در دو عملیات از مقایسه میانگین شاخص‌های مختلف مدل جهانی فرسایش خاک، مقادیر میانگین مقاومت به نفوذ و برش خاک در دو عملیات استفاده شد. با توجه به نرمال بودن توزیع داده‌ها، مقایسه آماری میانگین‌ها با استفاده از آزمون t مستقل اجرا شد (Kalantari, 2012).

گردآوری داده‌ها

داده‌های اقتصادی

در این پژوهش کاربران دو عملیات بیشه‌زراعی جنگل- آنغوزه و جنگل- گندم از یک جامعه آماری شامل ۳۸ خانوار در حوزه آبخیز تنگ سرخ تشکیل شدند. با استفاده از پرسشنامه نیمه ساختاریافته و مصاحبه با سرپرست خانوار، اطلاعات اقتصادی لازم مانند تعداد بهره‌برداران، درآمدها و هزینه‌ها در هر دو

مقاومت برشی و نفوذپذیری خاک

این ویژگی فیزیکی خاک بر دیگر ویژگی‌های ذاتی خاک از جمله فرسایش‌پذیری اثرگذار است. به منظور بررسی وضعیت پایداری خاک در برابر تنش‌های محیطی مانند عملیات خاک‌ورزی از شاخص مقاومت برشی و نفوذپذیری خاک استفاده شد (Havaee et al., 2014). برای اندازه‌گیری شاخص‌های مقاومت برشی و نفوذپذیری خاک به ترتیب از ابزارهای سنجش مقاومت برشی^۱ (Torvane قابل حمل) و مقاومت به نفوذ^۲ (قابل حمل) استفاده شد. برای ایجاد شرایط یکسان وضعیت رطوبتی با هدف مقایسه، نمونه‌های خاک قبل از اندازه‌گیری توسط آب اشباع شده و حدود پنج ساعت بعد اندازه‌گیری شدند.

1. Share Vane
2. Penetrometer

داده‌های حفاظت خاک

ابتدا با استفاده از مدل رقومی ارتفاع منطقه، نقشه طبقات واحدهای شکل زمین (شیب، جهت و ارتفاع) به دست آمد. این کار به منظور تهیه واحدهای همگن محیطی و در نظر گرفتن شرایط محیطی برای نمونه برداری‌های خاک انجام گرفت. بدین منظور ابتدا نقشه طبقات شیب، ارتفاع از سطح دریا و جهت جغرافیایی مطابق جدول ۲ به طور جداگانه تهیه و سپس تلفیق شدند. با توجه به سطح کم منطقه و تغییرپذیر نبودن اقلیم و همچنین یکسان بودن جنس سنگ، تغییرات جنس خاک و شرایط زمینی معلوم در نظر گرفته شد. نقشه واحدهای شکل زمین منطقه با حداقل سطح ۰/۴ هکتار تهیه شد.

عملیات و مقدار محصول به دست آمد. در این بررسی، هزینه‌ها شامل کاشت، داشت و برداشت بود. هزینه‌های کاشت و داشت در هکتار شامل هزینه بذر، شخم، بذرکاری، کود، حمل کود و کودپاشی، سموم و علف‌کش‌ها و سمپاشی را در بر می‌گیرد. هزینه‌های برداشت نیز هزینه‌های برداشت و جمع‌آوری محصول، بارگیری و حمل، هزینه کارگری و کمباین را شامل می‌شود. همچنین مقدار بهره مالکانه شیرابه آنگوزه براساس آمارنامه اداره منابع طبیعی استان کهگیلویه و بویراحمد در سال ۱۳۹۳ اخذ شد. مطابق با این آمارنامه، در سال ۱۳۹۳ بهره مالکانه به ازای هر کیلوگرم ۶۰ هزار ریال لحاظ شده بود.

جدول ۲- طبقات شیب، جهت و ارتفاع در منطقه پژوهش

کد	طبقه ارتفاع	کد	طبقه جهت	کد	طبقه شیب (درصد)
۱	< ۲۰۰۰	۱	شمال	۱	۰-۱۰
۲	۲۰۰۰-۲۵۰۰	۲	شرق	۲	۱۰-۱۵
۳	۲۵۰۰-۳۰۰۰	۳	جنوب	۳	۱۵-۳۰
۴	> ۳۰۰۰	۴	غرب	۴	> ۳۰
۵			فاقد جهت		

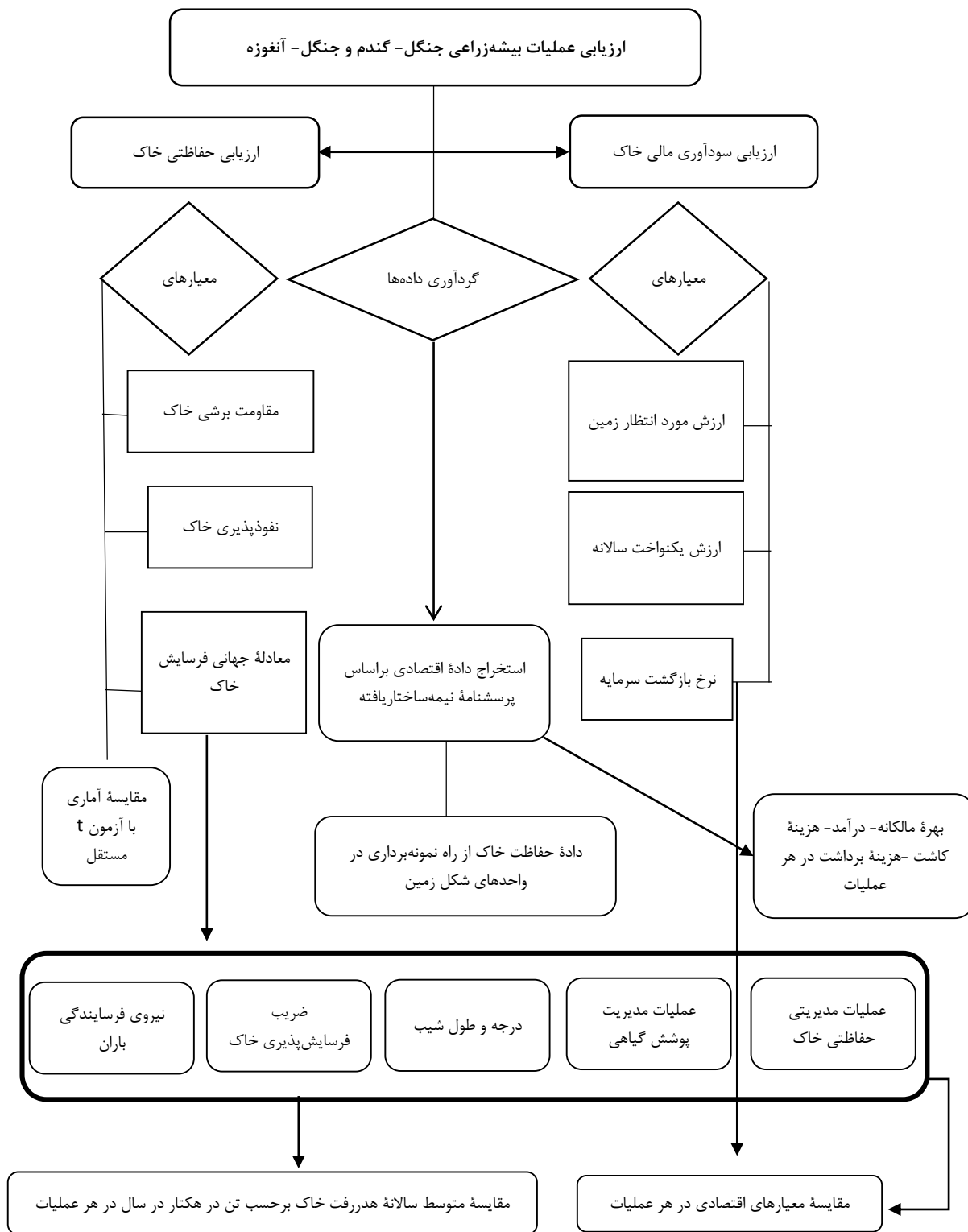
خاک یک کیلوگرمی از دو عمق ۰-۳۰ و ۳۰-۵۰ سانتی‌متری سطح خاک برداشت شد. سپس فاکتورهای دانه بندی، بافت و کربن آلی خاک به ترتیب با روش‌های الک ۲ میلی‌متری، هیدرومتری (۲۴ساعته) و والکلی- بلک^۱ در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد. ساختمان خاک نیز در زمان برداشت نمونه‌های خاک به طور بصری تعیین شد. از بخش خاک‌شناسی گزارش طرح جامع مرتعداری منطقه نیز بهره‌گیری شد.

از ۲۹ واحد شکل زمین حاصل، تنها ۳ واحد دارای هر دو عملیات بیشه‌زراعی بررسی شدند. برای بررسی ویژگی‌های خاک در هر واحد شکل زمین عملیات بیشه‌زراعی به طور تصادفی- سیستماتیک شبکه‌ای با ابعاد ۱۰ متر در نظر گرفته شد. در این شبکه نمونه برداری از خاک سطحی و عمقی صورت گرفت و ویژگی‌های پوشش سطح زمین (گیاه، سنگریزه و لاشبرگ) نیز اندازه‌گیری شد. با توجه به محدودیت هزینه برداشت و آزمایشگاه برای تحلیل آماری از میان قطعات نمونه مورد نظر، سه نمونه در هر واحد شکل زمین- عملیات بیشه‌زراعی (نه قطعه نمونه در هر عملیات) برداشت شد. از هر قطعه نمونه دو نمونه

جمع‌بندی مراحل پژوهش

ساختار شماتیک مراحل این پژوهش به‌منظور

تسهیل در فهم خوانندگان مطابق شکل ۴ ارائه شد.



شکل ۴- نمودار مراحل پژوهش

نتایج

درآمد و هزینه عملیات بیشه‌زراعی جنگل - آنگوزه مطابق جدول ۳ نتایج آماره‌های توصیفی مربوط به درآمدها و هزینه‌های فعالیت هفت خانوار بهره‌بردار نشان داده شد. نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد که به‌طور متوسط

درآمد ناشی از آنگوزه‌کاری در سال هفتم ۹۶/۶ میلیون ریال در هکتار بوده است. بیشترین هزینه در عملیات جنگل - آنگوزه نیز مربوط به فرایند برداشت در سال هفتم و به‌طور متوسط برابر با ۴/۵ میلیون ریال در هکتار بوده است.

جدول ۳- درآمد و هزینه‌های کاشت، برداشت و بهره‌مالکانه در عملیات جنگل-آنگوزه به میلیون ریال در هکتار

میانگین	انحراف معیار	حداکثر	حداقل
۹۶/۶	۶۶/۲	۱۶۳/۵	۱۱/۳
۲/۱	۱۱/۳	۳۲/۱	۰/۲
۴/۵	۵/۸	۱۳/۰	۰/۶
۶/۸	۴/۷	۱۱/۵	۰/۸

* مقدار بهره‌مالکانه به‌ازای هر کیلوگرم آنگوزه در سال ۱۳۹۳ برابر با ۶۰ هزار ریال است.

درآمد و هزینه عملیات بیشه‌زراعی جنگل - گندم نتایج بررسی درآمد و هزینه‌های مربوط به عملیات بیشه‌زراعی جنگل-گندم بر مبنای قیمت‌های جاری سال ۱۳۹۳ نشان می‌دهد که متوسط درآمد ناشی از عملیات جنگل - گندم در یک سال ۷/۶ میلیون ریال در هکتار است. بیشترین هزینه با مبلغ ۶/۴ میلیون ریال در هکتار در عملیات جنگل - گندم مربوط به

فرایند برداشت است (جدول ۴).

برآورد سودآوری مالی دو عملیات بیشه‌زراعی با نرخ تنزیل واقعی ۲ درصد براساس نتایج جدول ۵، مقادیر ارزش مورد انتظار زمین و ارزش یکنواخت سالیانه در دو عملیات بیشه‌زراعی ارائه شد.

جدول ۴- درآمد و هزینه‌های عملیات جنگل - گندم در سال ۱۳۹۳ (میلیون ریال در هکتار)

میانگین	انحراف معیار	حداکثر	حداقل
۷/۶	۰/۵	۲۶/۳	۴/۱
۶/۳	۲/۶	۱۵/۴	۴/۲
۶/۴	۲/۵	۱۱/۷	۲/۳

جدول ۵- نتایج برآورد سودآوری مالی با نرخ واقعی تنزیل ۲ درصد (میلیون ریال در هکتار)

نوع عملیات	ارزش مورد انتظار زمین	ارزش یکنواخت سالانه	نرخ سالانه بازدهی سرمایه (درصد)
جنگل - آنگوزه	۴۳۶/۶	۸/۷	۳۲/۶
جنگل - گندم	-۲۶۰/۶	-۵/۲	-۷

گندم‌کاری است.

مقایسه نقش دو عملیات بیشه زراعی در حفاظت

خاک

جدول ۶ مقادیر ضریب فرسایش‌پذیری و مقادیر فرسایش خاک در دو عملیات بیشه‌زراعی و در عمق‌های مختلف خاک را نشان می‌دهد.

مطابق با نتایج جدول ۵ عملیات جنگل-آنگوزه دارای توجیه مالی است، در حالی که عملیات جنگل-گندم توجیه مالی ندارد. همچنین نرخ سالانه بازدهی سرمایه در عملیات جنگل-آنگوزه (۳۲/۶ درصد) در مقایسه با عملیات جنگل-گندم (۷- درصد) نشان می‌دهد که آنگوزه‌کاری با فاصله بسیار زیاد فعالیت اقتصادی‌تری در مقایسه با

جدول ۶- ضریب فرسایش‌پذیری و فرسایش خاک در مدل فرسایش جهانی خاک برای دو عملیات بیشه‌زراعی همراه با مقایسه آماری

عمق پروفیل	نوع عملیات	ضریب فرسایش‌پذیری خاک (K)	مقدار فرسایش خاک (A) (تن در هکتار در سال)	آماره t	سطح معنی‌داری (p-value < 0.05)
(۳۰-۰)	جنگل-آنگوزه	۰/۲۱	۲/۸۳	-۷/۴۷	۰/۰۰
	جنگل-گندم	۰/۲۱	۱۸/۵۵		
(۵۰-۳۰)	جنگل-آنگوزه	۰/۲۳	۳/۴۰	-۱/۷۲	۰/۱۶
	جنگل-گندم	۰/۳۰	۲۱/۲۴		

جنگل-گندم است. همچنین نتایج نشان داد که مقاومت برشی خاک در عملیات جنگل-آنگوزه ۱۸/۷ درصد بیشتر از عملیات جنگل-گندم است. مقاومت به نفوذ و مقاومت برشی معیارهایی از درجه استحکام خاک به‌شمار می‌آیند و کمتر شدن آنها در عملیات جنگل-گندم نشان‌دهنده تأثیر عملیات خاک‌ورزی بر درجه استحکام خاکدانه‌ها و به هم ریخته شدن ساختمان خاک است.

براساس نتایج جدول ۶، مقدار فرسایش خاک در دو منطقه تحت عملیات بیشه‌زراعی گندم و آنگوزه به ترتیب به‌طور میانگین در واحدهای مختلف شکل زمین ۱۸/۵ و ۲/۸ تن در هکتار در سال برآورد شده است. این تفاوت معنی‌دار در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری خاک حاکی از اختلاف ۶/۶ برابری در تخریب خاک در طی عملیات بیشه‌زراعی جنگل-گندم است.

براساس نتایج جدول ۷، مقاومت به نفوذ در عملیات جنگل-آنگوزه ۴۳ درصد بیشتر از عملیات

جدول ۷- نتایج مقایسه آماری میانگین مقاومت به نفوذ و مقاومت برشی خاک در دو عملیات بیشه‌زراعی

شاخص	نوع عملیات	میانگین	انحراف معیار	آماره t	درصد اختلاف میانگین	سطح معنی‌داری
مقاومت به نفوذ (کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع)	جنگل-گندم	۰/۵۳	۰/۳۹	-۷/۴۷	۴۳	۰/۰۰۰
	جنگل-آنگوزه	۰/۹۳	۰/۷۲			
مقاومت برشی خاک (نیوتن بر سانتی‌متر مربع)	جنگل-گندم	۱/۲۶	۰/۵۷	-۶/۹۱	۱۸/۷	۰/۰۰۰
	جنگل-آنگوزه	۱/۵۵	۰/۳۳			

بحث

بیشه‌زراعی نوعی سیستم کاربری اراضی است که برای تأمین معیشت بلندمدت در مناطق فقیر به‌خصوص در مناطق حاره‌ای و نیمه‌حاره‌ای استفاده می‌شود. عملیات کشاورزی در زیراشکوب جنگل‌های زاگرس از دیرباز رواج داشته است. به‌منظور کاهش تخریب حاصل از این عملیات سال‌هاست که کشت گیاهان چندساله مانند آنگوزه به‌جای گیاهان یکساله مانند گندم توصیه می‌شود. این پژوهش به ارزیابی توأم سودآوری اقتصادی و مزایای حفاظتی خاک در عملیات بیشه‌زراعی جنگل-آنگوزه نسبت به جنگل-گندم پرداخته است. یافته‌های این پژوهش نشان داد که عملیات جنگل-آنگوزه از نظر سودآوری و حفاظت خاک با فاصله بسیار زیاد بر عملیات جنگل-گندم ترجیح دارد. در حقیقت، هزینه کاشت و داشت در عملیات جنگل-آنگوزه با توجه به نوع گونه و دوره هفت‌ساله محصول از هزینه کاشت و داشت گندم کمتر است. برای نمونه عواملی مانند نیاز نداشتن به شخم سالیانه زمین و مدیریت گسترده این محصول (نبود کوددهی و سم‌پاشی) می‌تواند در برتری مالی عملیات بیشه‌زراعی جنگل-آنگوزه نسبت به جنگل-گندم مؤثر باشد. در مقابل، عملکرد و قیمت شیرابه آنگوزه در محل به‌ترتیب ۱۱۴ کیلوگرم در هکتار و ۸۵۰ هزار ریال در کیلوگرم است که در مقایسه با گندم با عملکرد ۷۶۳ کیلوگرم در هکتار و قیمت ۵۵۰۰ ریال در کیلوگرم از گندم‌کاری بیشتر است. کشت تلفیقی گیاهان چندساله در زیراشکوب جنگل می‌تواند سودآوری چشمگیری ایجاد کند. اما در مقابل به نظر می‌رسد که گندم‌کاران با وجود سودآور نبودن این فعالیت در پی تحقق اهداف دیگری مانند خودمصرفی یا حفظ مالکیت زمین در سامان عرفی باشند. از سوی دیگر، به نظر می‌رسد که در عمل ایجاد درآمد مرتب سالانه به‌منظور جبران کمبود

نقدینگی سالانه و لحاظ نکردن برخی از هزینه‌های واقعی مانند هزینه‌های کارگری^۱ گندم‌کاری در مقابل فعالیت هرچند سودآور آنگوزه‌کاری، توجیه مناسبی برای ادامه فعالیت زیان‌ده گندم‌کاری در زیراشکوب جنگل‌های بلوط منطقه پژوهش داشته باشد.

فارغ از منافع ملموس مالی عملیات بیشه‌زراعی، منافع ناملموس اقتصادی این عملیات مانند کاهش فرسایش خاک حائز اهمیت است. قرارگیری ایران روی کمربند خشک و نیمه‌خشک موجب شده است که توجه محققان و سیاستگذاران به کنترل فرسایش و افزایش حاصلخیزی خاک در انواع نظام بیشه‌زراعی جلب شود.

نتایج مقایسه آماری میانگین فرسایش پذیری دو عملیات بیشه‌زراعی در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک نشان داد که مقدار خاک فرسایش یافته منطقه تنگ سرخ در عملیات جنگل-گندم ۱۸/۵ تن در هکتار در سال است که در حدود ۶/۶ برابر عملیات جنگل-آنگوزه (۲/۸ تن در هکتار در سال) و شش برابر متوسط فرسایش خاک (۳/۰۷ تن در هکتار در سال) در اراضی جنگلی بلوط قرق‌نشده با متوسط تاج‌پوشش ۱۰ درصد است (Rousta, 2018). به نظر می‌رسد مهم‌ترین دلیل این اختلاف زیاد بین مقدار فرسایش خاک در بیشه‌زراعی گندم و آنگوزه، به‌هم‌ریختگی ناشی از کاشت گندم و کاهش مقاومت خاک در هر سال باشد. همچنین به‌طور معمول اراضی بعد از برداشت گندم به‌صورت پس‌چر استفاده می‌شوند و بنابراین کوبیدگی خاک و برداشت پوشش گیاهی سطحی بیشتر خواهد شد.

خاک‌ورزی در زراعت‌های یکساله به‌صورت شخم سالانه اغلب عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری را تحت تأثیر قرار می‌دهد. با توجه به کم بودن مقدار تجمع و

۱. اغلب بهره‌برداران در مورد برخی از هزینه‌های گندم‌کاری مانند هزینه کارگری از نیروی کار خانواده استفاده می‌کنند و بنابراین عملاً این دست هزینه‌ها پرداخت نمی‌شود، هرچند این هزینه به‌طور واقعی وجود دارد.

عملیات جنگل- آنگوزه به ترتیب ۴۳ و ۱۸/۷ درصد بیشتر از عملیات جنگل- گندم است. انتظار می‌رود رفع نیاز به شخم سالانه در عملیات جنگل- آنگوزه به ذخیره بیشتر کربن و افزایش مقاومت برشی خاک نسبت به عملیات جنگل- گندم نیز کمک کند.

نتیجه‌گیری

یافته‌های این تحقیق نشان داد نرخ سالانه سودآوری عملیات جنگل- آنگوزه به قیمت‌های جاری سال ۱۳۹۳، (۳۲/۶ درصد) با فاصله زیاد بیش از عملیات جنگل- گندم (۷- درصد) است. با این حال ضروری است که اصرار کشاورزان به زراعت گندم در زیراشکوب جنگل‌های بلوط، با وجود سودآوری منفی و فرسایش خاک در پژوهش‌های آتی بررسی شود. تاکنون پژوهش‌های مشابهی با موضوع مقایسه اقتصادی و حفاظتی خاک در دو عملیات بیشه‌زراعی جنگل- آنگوزه و جنگل- گندم انجام نگرفته است. از این رو مقایسه رقومی این نتایج با منابع علمی موجود میسر نشد. پژوهش‌های بیشتری در زمینه ارزش‌گذاری اجتماعی منافع حاصل از این نظام‌های بیشه‌زراعی باید صورت گیرد تا در رفع موانع توسعه آنها از طریق اعتمادسازی و پذیرش اجتماعی حقوق عرفی راهگشا باشد.

تجزیه مواد آلی در محیط‌های خشک و در نتیجه کاهش حاصلخیزی خاک، مواد آلی خاک می‌تواند به سرعت در موقع عملیات شخم سالانه از بین برود (Owliaie et al., 2011). از این حیث جایگزینی گیاه چندساله آنگوزه به جای گندم می‌تواند نیاز سالانه به شخم را رفع و به کاهش فرسایش خاک کمک کند. همچنین مقدار کربن آلی خاک در اراضی جنگلی یا مرتعی به دلیل ذخیره مقادیر زیادی از زیست‌توده بیشتر از اراضی زراعی است (Freibauer et al., 2004). به نظر می‌رسد با توجه به فزونی مقدار زیست‌توده و نیز باقی ماندن گیاه آنگوزه روی زمین به مدت هفت سال در مقایسه با گیاه یکساله گندم، انتظار می‌رود مقدار ذخیره زیست‌توده در عملیات جنگل- آنگوزه بیشتر از عملیات جنگل- گندم باشد. عدم برداشت طولانی مدت بقایای گیاهی می‌تواند تراکم حجم خاک^۱، رواناب سطحی^۲، فرسایش خاک، نوسان‌های دمایی و موازنه آبی خاک را به‌ویژه در مناطق خشک بهبود بخشد (Sun et al., 2018). شایان ذکر است که عملیات خاک‌ورزی از قبیل شخم، هدررفت کربن را نیز افزایش می‌دهد (Nye, 1981) و موجب کاهش مقاومت برشی خاک می‌شود. نتایج جدول ۷ نشان می‌دهد که مقاومت به نفوذ و مقاومت برشی خاک در

References

- Cerda, R., Deheuvels, O., Calvache, D., Niehaus, L., Saenz, Y., Kent, J., Vilchez, S., Villota, A., Martinez, C., & Somarriba, E. (2014). Contribution of cocoa agroforestry systems to family income and domestic consumption: looking toward intensification. *Agroforestry systems*, 88(6), 957-981.
- Chen, C., Liu, W., Wu, J., Jiang, X., & Zhu, X. (2019). Can intercropping with the cash crop help improve the soil physico-chemical properties of rubber plantations. *Geoderma*, 335, 149-160.
- Chundawat, B.S., & Gautam, S.K. (1993). *Textbook of Agroforestry* (T. Shamekhi Trans.). Tehran: Tehran University Press.
- Foster, G.R., Terrence, E.T., & Renard, K.G. (2003). Comparison of the USLE, RUSLE1.06c, and RUSLE2 for application to highly disturbed lands. *Proceedings First interagency conference on research in watersheds*, Benson, USA, 27(30), 154-160.

1. Soil bulk density
2. Overland flow

- Freibauer, A., Rounsevell, M.D.A., Smith, P., & Verhagen, J. (2004). Carbon sequestration in the agricultural soils of Europe. *Geoderma*, 122(1), 1-23.
- Guo, Z., Zhang, Y., Deegen, P., & Uibrig, H. (2006). Economic analyses of rubber and tea Plantations and rubber-tea intercropping in Hainan, China. *Agroforestry Systems*, 66(2), 117-127.
- Havaee, Sh., Ayoubi, S., & Mosaddeghi, M.R. (2014). Surface shear strength modeling using soil and environmental attributes in landscape scale (Semirrom district, Isfahan province). *Journal of water and soil*, 28(2), 319-329.
- Heshmatol Vaezin, S.M., & Peyron, J.L. (2007). Extension of the Faustman formula for tree economic calculations; illustrations in the case of beech forest in the North-East of France. *Iranian journal of forest and poplar research*, 15(2), 181-194.
- Heshmatol Vaezin, S.M., Peyron, J.L., & Lecocq, F. (2009). A simple generalization of the Faustmann formula to tree level. *Canadian Journal of Forest Research*, 39(4), 699-711.
- Kalantari, Kh. (2012). *Data processing and analysis in socio-economic research*. Tehran: Tehran University Press.
- Khoshakhlagh, R., Farahmand, Sh., Gharakhani, S., & Gharakhani Dehsorkhi, S. (2017). An estimation of housing supply function for urban and rural areas in Isfahan province (1991-2011). *Journal of Urban Economics*, 1(1), 37-53.
- Mahdavi, M. (2013). *Applied hydrology*. Tehran: Tehran University Press.
- Nikkami, D. (2012). *Investigating and determining the most appropriate rain erosion index in different regions of Iran*. Tehran: Soil Conservation and Watershed Management Research Institute.
- Nye, P.H. (1981). Changes of PH across the Rhizosphere induced by roots. *Journal of Plant and Soil*, 61(1-2), 7-26.
- Oskoonejad, M.M. (2006). *Engineering economy*. Tehran: Amirkabir University.
- Owliaie, H.R., Adhami, E., Faraji, H., & Fayyaz, P. (2011). Influence of Oak (*Quercus brantii* Lindl.) on selected soil properties of Oak forests in Yasouj region. *Journal of Water and Soil Science*, 15(56), 193-207.
- Refahi, H. (2006). *Water erosion and soil conservation*. Tehran: Tehran University Press.
- Rousta, T. (2018). Estimating Economic Value of soil Conservation and Water Retention/Storage in Tangh Shoul Oak Forests, Kamfirouz, Fars Province. Ph D. Dissertation in Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resource, University of Tehran, Iran, 129 p.
- Sarhadipour, S., Naghavi, M.R., Baghizadeh, A., & Hasani D. (2015). Genetic diversity of *Ferula assa-foetida* L. germplasm using RAPD analysis in southeast of Iran. *Eco-phytochemical Journal of Medical Plants*, 2(4), 72-82.
- Rasul, G., & Thapa G.B., (2006). Financial and economic suitability of agroforestry as an alternative to shifting cultivation: The case of the Chittagong Hill Tracts, Bangladesh. *Agricultural Systems*, 91 (29-50).
- Schulp, C.J.E., Nabuurs, G.J., & Verburg, P.H. (2008). Future carbon sequestration in Europe-effects of land use change. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 127(3-4), 251-264.
- Sun, D., Zhang, W., Lin, Y., Liu, Z., Shen, W., Zhou, L., Rao, X., Liu, S., Gai, X., He, D., & Fu, S. (2018). Soil erosion and water retention varies with plantation type and age. *Journal of Forest Ecology and Management*, 422, 1-10.
- Wischmeier, W.H., & Smith, D.D. (1978). *Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning*. US: Science and Education Administration, Department of Agriculture Press.



Research Article

The Effects of Agroforestry Practices on Persian oak forests (*Quercus brantii*) in Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad Province; Financial Profitability and Soil Conservation aspects

S.M. Heshmatol Vaezin¹, M. Ghahramani², M. Moftakhar Juybari^{3*}, A.A. Nazari Samani⁴, T. Shamekhi⁵ and M. Avatefi Hemmat⁶

¹Associate Prof., Forestry and forest economic, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj

²Graduate of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj

³Ph.D. Student of Forestry and Forest Economics, University of Tehran, Karaj

⁴Associate Prof., Dept. of Arid & Mountainous Region Reclamation, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj

⁵Retired Prof., Forestry and forest economic, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj

⁶Assistant Prof., Forestry and forest economic, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj

(Received: 13 August 2020; Accepted: 22 July 2021)

Abstract

Agroforestry has been implementing for a long time in Zagros forests. Understory cultivation of Cultivating perennial plants (such as *Ferula assa-foetida*) rather than annual plants (such as *Triticum* spp) may help to reduce the soil loss. This research aims to evaluate the financial profitability and soil loss resulting from two alternative agroforestry practices of forest-asafetida and forest-wheat in Tang-sorkh region of Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad Province. Financial analysis was performed using a cash flow diagram, land expectation value (LEV), equivalent annual value (EAV) and annualized return on investment (ROI) criteria. The annual soil loss was calculated using a universal soil loss equation based on rainfall erosivity, erodibility, the length, and the slope of the land, as well as the type of vegetation management. The soil conservation data were collected and measured in landform units. The soil samples were collected at (0-30cm) and (30-50cm) of landform units within the agroforestry practices areas. Economic information was compiled using the farmers' census method and the semi-structured questionnaire. The results showed that the annualized ROI in the forest- Asafetida practice (32.6 %) is by far much higher than forest-wheat practice (-7 %). In addition, the results indicated that the average of soil erosion in forest-wheat practice (18.5 t ha⁻¹ yr⁻¹) is 6.6 times higher than the forest-assafetida practice (2.8 t ha⁻¹ yr⁻¹). Future research will explain why farmers continue to apply loss-making forest-wheat practice.

Keywords: Annualized return on investment (ROI), Asafetida, Soil loss, Understory cultivation, Wheat.