



ارزیابی سودمندی عملکرد و بهره‌وری اقتصادی صنوبر در تلفیق با محصولات زراعی، علوفه‌ای و دارویی

فاطمه احمدلو^{۱*}، محسن کلاگری^۲، آزاده صالحی^۱ و سعیده اسکندری^۱

مقدمه

تأمین می‌شود، بسیار ناچیز دانستند و بیان کردند، تنها یک نفر در سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور، مجری طرح زراعت چوب است که برای بیان حقایق مشکلات پیش‌روی تولیدکنندگان و

چیش برنامه‌های اصولی و مدون برای کاهش آنها، کافی نیست. از نظر ایشان، استفاده از چوب‌های باغی گزینه دیگری برای تأمین چوب است، در واقع، این چوب‌ها مخلوطی از گونه‌های مختلف است که موجب افزایش ضایعات تولید و کاهش کیفیت تولیدات می‌شود و اوراق تولیدشده با این چوب‌ها به دلیل ماده اولیه نامناسب به هیچ عنوان قابل رقابت با نمونه‌های بین‌المللی نیستند، ایشان ظرفیت استفاده از چوب‌های باغی را بسیار محدود و در حدود ۴ میلیون مترمکعب برآورد کردند و در ادامه به این نکته اشاره کردند که تنها راه نجات صنایع اوراق فشرده چوبی و حفظ اشتغال از

این صنعت گسترده علاوه بر زراعت چوب و ترویج آن در میان کشاورزان، واردات گرده‌بینه با پوست است. مسئولان نیز باید تدابیر بهتری در صدور مجوزهای جدید بیاندیشند و در این شرایط که با این حجم از کمبود ماده اولیه مواجه هستیم، یا در سال ۱۳۹۷ که با ظرفیت بسیار کمی در تولید اوراق فشرده چوبی به تولید ادامه دادیم (ظرفیت ۴۶ درصد در تولید ثویان، ظرفیت ۷۱ درصد در تولید MDF و ظرفیت ۲۸ درصد در تولید کاغذ)، مساعدت بیشتری داشته باشند (رحیمی، ۱۳۹۸). چگونگی اجرای زراعت چوب و تعیین سازوکار خرید، پشتیبانی

با توجه به طرح تنفس جنگل و عدم بهره‌برداری از جنگل‌های طبیعی، مشکلات مربوط به واردات چوب و افزایش نوسانات قیمت در بازار، زراعت چوب با گونه‌های تندرشد، بهترین گزینه برای تأمین مواد اولیه

صنایع چوبی است. نیاز سالانه صنایع چوب و کاغذ کشور به چوب به‌عنوان ماده اولیه، حدود ۱۳ میلیون مترمکعب برآورد شده است (مدیررحمتی و پناهی، ۱۳۹۷) که برای تأمین آن باید تدابیری اساسی اندیشید. از راهکارهای اصولی برای رفع کمبود ماده اولیه صنایع چوب و کاغذ کشور می‌توان به توسعه زراعت چوب، پرهیز از توسعه نامتناسب و ناموزون صنایع چوب، بازیافت فرآورده‌های کاغذی، راه‌اندازی خطوط صنعتی بازیافت، بهینه‌سازی صنایع مستعمل و برنامه‌ریزی بلندمدت جامع و کاربردی اشاره کرد.

کمبود ماده اولیه چوب و کیفیت کم آن، به‌روز نبودن و فرسودگی ماشین‌های تولیدی، تحریم‌های بین‌المللی، واسطه‌گری در امر انتقال مواد و فروش ماده اولیه، قیمت زیاد فرآورده‌های تولیدی با کیفیت کم در کشور، هزینه زیاد حمل ماده اولیه و هزینه زیاد نگهداری در کارخانه‌ها برخی از مواردی است که توسعه صنایع چوب و کاغذ کشور را با چالش‌های اساسی مواجه کرده و رفع آن نیازمند تدبیر و حمایت سازمان‌های مسئول برای برطرف کردن موانع و مشکلات و تدوین برنامه‌های جامع و اصولی است. آقای مغالو، دبیرانجمن صنفی کارفرمایان صنایع چوب ایران، از زراعت چوب به‌عنوان یکی از منابع تولید چوب اشاره کردند، اما در عمل، مقدار ماده اولیه‌ای را که از این طریق

کمبود ماده اولیه چوب و کیفیت کم آن، به‌روز نبودن و فرسودگی ماشین‌های تولیدی، تحریم‌های بین‌المللی، واسطه‌گری در امر انتقال مواد و فروش ماده اولیه، قیمت زیاد فرآورده‌های تولیدی با کیفیت کم در کشور، هزینه زیاد حمل ماده اولیه و هزینه زیاد نگهداری در کارخانه‌ها برخی از مواردی است که توسعه صنایع چوب و کاغذ کشور را با چالش‌های اساسی مواجه کرده و رفع آن نیازمند تدبیر و حمایت سازمان‌های مسئول برای برطرف کردن موانع و مشکلات و تدوین برنامه‌های جامع و اصولی است.

* نویسنده مسئول، استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. پست الکترونیک: ahmadloo@riff-ac.ir و fatemeh_ahmadloo@yahoo.com

۲- دانشیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.



و بیمه محصولات تولیدی با هدف اطمینان، ترغیب و تضمین به کشاورزان و مشارکت جدی از سوی صاحبان صنایع و تشکل‌های ذی‌ربط برای توسعه فراگیر زراعت چوب، مسئولیت‌پذیری و ایفای تکالیف قانونی دستگاه‌های متولی و بهره‌مندی از توانایی و ظرفیت‌های موجود باید سنجیده و برنامه‌ریزی شود.

در برنامه پنج‌ساله ششم توسعه، پرداختن به توسعه زراعت چوب و شتاب‌بخشی در روند اجرای آن برای افزایش بهره‌وری این طرح به‌عنوان یک تکلیف به دستگاه‌های اجرایی ابلاغ شده است. با توجه به ظرفیت‌های کشور و نیز راهبرد توسعه زراعت چوب که در دستور کار دولت قرار گرفته است، می‌توان امید داشت مردم، جوامع محلی و سرمایه‌گذاران برای توسعه این نوع کشت تشویق شوند تا هم نیازهای صنعت چوب و صنایع وابسته به آن، تأمین و هم زمینه اشتغال‌زایی و رونق تولید فراهم شود. در دی ماه ۱۳۹۲، با هدف توسعه زراعت چوب و شتاب‌بخشی در روند اجرای آن، همچنین بهینه‌سازی وضعیت مدیریت منابع طبیعی، از سوی دولت مصوبه‌ای تدوین شد که ماده ۴۸ آن بر ضرورت توسعه زراعت چوب تأکید داشت. در این رابطه، کلن‌های صنوبر اصلاح‌شده با راندمان تولید چوب زیاد در واحد سطح می‌توانند مقدار تولید مواد سلولزی را افزایش دهند، ولیکن نبود توجیه اقتصادی مناسب به‌ویژه در سال‌های اولیه زراعت چوب، ضرورت توجه به کشت‌های تلفیقی را مشخص می‌کند. خطرپذیر بودن سیستم‌های تک‌کشتی از نظر اقتصادی و اکولوژیکی، گرایش به افزایش تنوع محصول را گسترش داده است. کم‌بازده بودن صنوبرکاری در فاصله کاشت کم و استقبال نکردن از فاصله کاشت بیشتر در صنوبرکاری‌های خالص، منجر به درآمدزایی اندک این فعالیت شده است. از سوی دیگر، دیربازده بودن صنوبرکاری نسبت به محصولات زراعی و علوفه‌ای و نیاز کشاورزان به درآمد سالانه از محصولات زراعی، دلیل دیگری بر عدم توسعه صنوبرکاری توسط کشاورزان است. بنابراین، اعمال روش‌هایی که بتوانند در سال‌های اولیه درآمد مناسبی برای کشاورزان داشته باشند و همراه با آن به کشت درخت به‌عنوان یک مؤلفه اصلی بپردازند، بسیار ضروری است (اسدی و کلاگری، ۱۳۹۸). کشت تلفیقی گیاهان زراعی با درختان برای توسعه سیستم‌های پایدار تولید غذا، به‌ویژه در سیستم‌های کاشت با نهاده خارجی کم، از نظر اقتصادی بسیار مهم است و از مؤثرترین راه‌های بهبود وضعیت معیشتی کشاورزان و احیای اراضی تخریب‌شده کشاورزی محسوب می‌شود (اسدی و همکاران، ۱۳۸۳). علاوه بر تولیدات چوبی، درآمد مکمل از زمین نیز یکی از عوامل مؤثر در پذیرش کشت تلفیقی صنوبر محسوب می‌شود که ضرورت اجرای پژوهش‌هایی در زمینه تحقق توسعه پایدار کشاورزی و منابع طبیعی را آشکار می‌سازد. سیاست‌گذاران باید از منافع آگروفارستری برای دستیابی به توسعه اقتصاد روستایی و خدمات محیط‌زیستی آگاه باشند. در همین رابطه، در سال ۱۹۷۷ مرکز بین‌المللی تحقیقات آگروفارستری (ICRAF) در نایروبی پایتخت کنیا تأسیس شد، وظایف این مرکز جمع‌آوری اطلاعات، هدایت تحقیقات و ترویج دیدگاه‌ها و سیستم‌های نوین است، امروزه تحقیقات این مرکز در بسیاری از کشورهای گرمسیری دنبال می‌شود. در آسیا، کشورهای هند، فیلیپین، چین و مالزی از کشورهای پیشرو در زمینه

تحقیقات آگروفارستری هستند (Schroth et al., 2004). در ایران نیز یکی از سیاست‌های وزارت جهاد کشاورزی، گسترش آگروفارستری و کاشت درختان تندرشد است. بنابراین، مروجین و کارشناسان منابع طبیعی باید صنوبرکاران را برای پذیرش آگروفارستری و دستیابی به منافع آن آگاه‌کنند. اطلاعات به‌دست‌آمده از سیستم‌های آگروفارستری سنتی توسط مردم، راهکاری عملی و قابل توجیه برای برآوردهای دقیق در خصوص هزینه‌ها و درآمدهای واقعی کشت تلفیقی درختان همراه با محصولات زیر کشت است. یکی از عمده‌ترین علل به وجود آمدن سیستم‌های آگروفارستری در کشور در پاسخ به نیازهای کشاورزان، خرده‌مالکی است که پیچیده‌ترین سیستم‌های آگروفارستری از جمله بادشکن‌ها، حصارهای زنده و سیستم‌های تانگیا (Taungya) و غیره را در ترکیب با دام به وجود آورده است. همچنین در این سیستم‌ها تولیدات به سمت نیازهای واقعی روستاییان پیش می‌رود که از کیفیت بهتری نیز برخوردارند. عوامل اقتصادی، اجتماعی، نیاز بازار، دانش بومی، راهبردهای اکولوژیک مؤثر در بهبود توان تولیدی و حفاظت از محیط‌زیست باید در این سیستم شناسایی شوند. سیستم‌های آگروفارستری به‌عنوان یکی از روش‌های سنتی در بین مردم روستایی سالیان سال است که به روش‌های زیر استفاده می‌شود:

- کاشت درختان همراه با محصولات زراعی به‌صورت ردیفی روی دامنه‌های شیب‌دار
- کاشت درختان در طول کانال‌های آبیاری
- کاشت درختان در حاشیه مزارع و اراضی کشاورزی
- استفاده از درختان به‌عنوان بادشکن و کاشت آنها در حاشیه رودخانه‌ها به‌عنوان حفاظ مزارع
- کاشت درختان به‌عنوان تعیین‌کننده مرز اراضی
- ترکیب مؤلفه‌های درختی و زراعی در اراضی کشاورزی موجب بهبود منظر و افزایش بهره‌وری (Rivest et al., 2009)، افزایش مقدار رطوبت خاک، گیاه و عناصر تغذیه‌ای خاک خواهد شد (Jiang & Qin, 2007).
- ترکیب گیاهان با ریشه‌های سطحی و عمیق در کشت تلفیقی سبب می‌شود که بیشترین بهره‌برداری را از آب، رطوبت و عناصر تغذیه‌ای موجود در لایه‌های مختلف خاک داشته باشند. وجود درختان در اراضی کشاورزی، در صورتی که با فاصله مشخص کشت شوند و هرس آنها به موقع انجام شود، باعث حاصلخیزی بیشتر خاک و تولید بیشتر و بهتر محصولات زراعی در اراضی آگروفارستری در مقایسه با اراضی بدون این سیستم هستند (Moreno et al., 2007). کشت تلفیقی سبب ایجاد تعادل اکولوژیک، بهره‌برداری بیشتر از منابع محیطی، افزایش کمی و کیفی عملکرد و کاهش خسارت آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز می‌شود. در این کشت، قابلیت انعطاف عرضه‌کنندگان چوب و محصولات زراعی در برابر تنش‌های تغییرات قیمت محصول در بازار و گریز از معایب تک‌محصولی وجود دارد. بهره‌وری سیستم‌های کشت تلفیقی به مجموع تولید هر دو محصول درختی و زراعی بستگی دارد که سبب استفاده کارآمدتر از منابع و کاهش هزینه تولید و افزایش عملکرد می‌شود (Chandra, 2011).
- برای مثال، گیاه یونجه به‌عنوان محصول زیر کشت، سبب افزایش مساحت حفره و قطر آوندها و نفوذپذیری چوب تیریزی می‌شود (Efhami et al., 2010; Tagheyari et al., 2010).

اراضی کشاورزی باید به نوع گونه و کلن مناسب صنوبر، فواصل کاشت پایه‌های صنوبر، جهت جغرافیایی کشت و رعایت اصول علمی و فنی توجه کرد. فاصله ردیف‌ها باید به گونه‌ای طراحی شود که ماشین‌های کشاورزی امکان تردد داشته باشند، فاصله باید ضریبی از عرض ماشین‌آلات (تراکتور) باشد. آزمایش‌های خاک و بررسی نیاز آبی با دوره‌های آبیاری مشخص و تناسب بین نیاز آبی درخت و گونه همراه ضرورت دارد تا براساس آنها بتوان انتظار بیشترین عملکرد گونه‌ها و بهره‌وری اقتصادی آنها را داشت. نمایی از کشت‌های چندمنظوره بومی در سیستم‌های آگروفارستری موجود در شکل‌های ۱ تا ۳ آورده شده‌اند.

اراضی برای نیل به اهداف خودکفایی اقتصادی به‌ویژه در زیربخش‌های کشاورزی، که تأمین منابع غذایی از مهم‌ترین آنهاست، از اهمیت زیادی برخوردار است.

تکنیک کشت ردیفی با اصطلاحاتی مانند Hedgerow Intercropping و Alley Farming از رایج‌ترین تکنیک‌های آگروفارستری است. در این سیستم، نوارهایی از درختان به‌صورت منفرد یا چندتایی با یک فاصله مشخص از همدیگر کاشته می‌شوند و در فاصله بین درختان محصولات زراعی - علوفه‌ای کشت می‌شوند. گونه‌های درختی صنوبر، جایگاه ویژه‌ای در کشت‌های تلفیقی دالانی دارند. برای اجرای سیستم آگروفارستری در



شکل ۱- نمایی از سیستم آگروفارستری تلفیق کشت صنوبر به‌صورت نواری در ردیف اول، درختان باغی در ردیف دوم و گیاه زراعی - دارویی گلپر محلی در ردیف سوم در عجب‌شیر - آذربایجان شرقی (عکس از: فاطمه احمدلو)



شکل ۲- نمایی از کشت صنوبر دلتوئیدس در تلفیق با کدو در روستای بیشه‌گاه بهمبر شهرستان صومعه‌سرای استان گیلان (عکس از: فاطمه احمدلو)



شکل ۳- نمایی از کشت تلفیقی صنوبر به صورت نواری در حاشیه (سیستم بادشکن) با یونجه در صنوبرکاری‌های سنتی شهرستان شازند (عکس از: فاطمه احمدلو)

مروری بر اهمیت آگروفارستری در پژوهش‌های داخل و خارج از کشور

داد، بیشترین رویش ارتفاعی درختان متعلق به تیمارهای مخلوط در فاصله‌های کاشت 3×4 ، 8×3 و $3 \times 6/66$ متر به ترتیب با رویش ۱۵۹، ۱۵۸ و ۱۴۲ سانتی‌متر بود. بیشترین رویش قطری مربوط به فواصل کاشت 8×3 ، 6×3 و 8×3 و 10×3 متر مربع به ترتیب با مقادیر $18/5$ ، $18/1$ و $17/1$ میلی‌متر بود. رویش حجمی برای تیمارهای 4×3 با یونجه، 8×3 ، 6×3 ، 4×3 صنوبر خالص و 10×3 متر به ترتیب بیشترین تا کمترین مقدار را داشتند. همچنین، از نظر تولید ماده خشک یونجه در هر هکتار، بیشترین مقادیر در تیمارهای یونجه خالص در فواصل کاشت 3×10 و 3×8 متر مربع به ترتیب با 7507 و 4788 و 4265 کیلوگرم به دست آمد. به‌عنوان یک نتیجه‌گیری نهایی، مناسب‌ترین تیمار برای اجرای کشت تلفیقی دالانی در شرایط محل اجرای طرح، تیمار آمیخته با فاصله کاشت $6/66 \times 3$ متر مربع صنوبر و یونجه معرفی شد (اسدی و همکاران، ۱۳۹۱). کشت یونجه هفت‌ساله به‌دلیل ضرورت نداشتن شخم در طول هفت سال و نیز نبود آفات مشترک صنوبر و یونجه در کشت تلفیقی دالانی در فواصل کاشت مختلف در شرایط آب‌وهوایی کرج، به‌عنوان گونه مناسب برای زیر کشت صنوبر تشخیص داده شد (اسدی و همکاران، ۱۳۹۱). براساس نتایج فاز اول کشت تلفیقی صنوبر با یونجه در ایستگاه رسول‌آباد میان‌دوآب نیز، بیشترین تولید در کشت همراه صنوبر با یونجه در فاصله کاشت 4×3 متر مربع به دست آمد (خداکریمی، ۱۳۹۴). در اجرای کشت تلفیقی صنوبر کیبوده (*Populus alba*) و یونجه در سال‌های ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۲ توسط اسدی و خداکریمی (۱۳۹۵)، بهترین عملکرد محصول زراعی و رویش حجمی درختان در سال چهارم مشاهده شد. کشت تلفیقی صنوبر دلتوئیدس و بادام زمینی از طریق افزایش ازت خاک و ذخیره بیشتر کربن خاک، رشد ارتفاعی و قطری درختان سه‌ساله را افزایش داد (صادقی و همکاران، ۱۳۹۴). ساداتی و اسدی (۱۴۰۰) با مطالعه

آزمایش‌های میدانی کشت تلفیقی محصولات زراعی با درختان، مشکل‌تر از تحقیقات درباره محصولات کشاورزی یک‌ساله است، ضمن آنکه ارزیابی نتایج چنین آزمایش‌هایی نیز پیچیده است. برای نشان دادن چگونگی آثار متقابل دو گیاه مختلف در یک تحقیق و مقایسه با تک‌کشتی، وجود تیمارهای شاهد از هر دو گونه ضروری است (Stamps & Linit, 1999). بدون تیمار شاهد، امکان بررسی اثر مثبت و منفی دو گونه بر یکدیگر وجود ندارد (Rao & Roger, 1990). در هر حال، صنوبرها با موفقیت، در کشت تلفیقی دالانی با محصولاتی مانند جو، گندم، ذرت، کدو و یونجه در فواصل کاشت مختلف، بررسی شده‌اند. دستیابی به میزان رشد، تولید و درآمد بیشتر با کشت‌های تلفیقی در منابع مختلف علمی به اثبات رسیده است. یخکشی (۱۳۸۵) در اجرای طرحی با عنوان مدیریت تلفیقی برای حفظ جنگل‌های خزری با مشارکت مردم، توانست با اجرای دو سیستم آگروفارستری کشت صنوبر با یونجه برای دامداران و کشت صنوبر با گیاهان دارویی برای کشاورزان، از محل اعتبارات سازمان ملل و استان مازندران در جنوب شهرستان بهشهر، درآمد دامداران را تا ۷۰ درصد و درآمد کشاورزان را تا ۱۷۰ درصد افزایش دهد، ضمن اینکه حفاظت خاک در مقابل فرسایش و جذب آب خاک نیز افزایش یافت.

در مطالعه دیگری در کرج، نهال‌های کلن صنوبر *Populus nigra* در قالب طرح آزمایشی بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و چهار تیمار با فواصل کاشت درختان شامل 4×3 ، $6/66 \times 3$ ، 8×3 و 10×3 متر صنوبر با یونجه به همراه دو تیمار شاهد صنوبر خالص (4×3 متر مربع) و یونجه خالص کاشته شد. نتایج نشان

تولید در کشت تلفیقی صنوبر دلتوئیدس (*P. deltooides* 69/55) و گندم در مازندران نشان دادند، در پنج سال اول علاوه بر تولید متوسط ۴/۵ تن گندم در هکتار می توان درختانی با قطر متوسط ۱۲ سانتی متر و ارتفاع متوسط ۱۱ متر نیز تولید کرد.

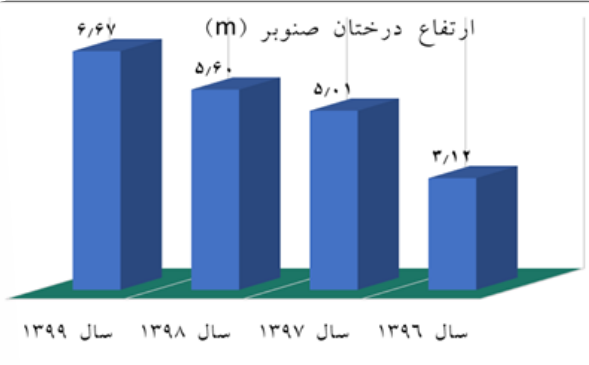
تحقیق پیرامون سیستم آگروفارستری علاوه بر صنوبر در مورد گونه های درختی دیگر نیز انجام شده است. در داخل کشور، آمیقی و همکاران (۱۳۹۲) نشان دادند، تفاوت معنی داری بین منطقه دارای سیستم آگروفارستری (کشت نواری گندم در بین درختان زیتون) و منطقه شاهد (زراعت گندم) وجود دارد و منطقه آگروفارستری سبب بهبود ویژگی های خاک در مقایسه با منطقه زراعی می شود. در بررسی اثر سیستم های آگروفارستری و کشت متداول بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم و جو، نظری و همکاران (۱۳۹۶) پژوهشی در منطقه سامان شهرکرد با سیستم های کشت بادام- گندم، بادام- جو و تک کشتی هر یک از گیاهان گندم و جو انجام دادند. نتایج آنها نشان داد، بیشترین مقدار عملکرد دانه در واحد سطح در سیستم آگروفارستری بادام- جو بود. کاشت جو در سیستم بادام- جو، سبب افزایش ۱۴ درصدی ماده خشک تولیدی و افزایش ۲۸ درصدی عملکرد دانه شد و گیاه جو به دلیل بهره گیری بهتر از منابع، عملکرد و ماده خشک بیشتر در مقایسه با گیاه گندم، گزینه مناسب تری برای مخلوط با درختان بادام برای تولید غلات در منطقه مورد مطالعه بود. در خارج از کشور نیز بررسی هایی در مورد اهمیت آگروفارستری و بازده اقتصادی آن انجام شده است. به عنوان مثال، Ranasingh و Mayhead (۱۹۹۰) در بررسی دو گونه از بقولات در فواصل ۲۵×۲۵ سانتی متر مربع با مخلوط کشت قلمه صنوبر در فواصل ۰/۵×۲ و ۰/۵×۳ به این نتیجه رسیدند که پس از ۲ سال حضور بقولات منجر به افزایش ارتفاع، قطر و تولید ماده خشک صنوبر در هکتار شد و محصولات بقولات در پایان سال دوم در کنار صنوبر کاهش یافت، ولی در سال اول هیچگونه کاهشی مشاهده نشد. Chaturvedi (۱۹۹۲) رشد بیشتر درختان صنوبر را در تلفیق با محصولات زراعی گزارش کردند. افزایش صفات ارتفاع گیاه، تعداد جوانه و برگ، طول و عرض ریزوم و مقدار محصول در *Zingiber officinale* Rosc. (زنجبیل) و طول و عرض برگ و ارتفاع گیاه در *Curcuma longa* L. (زردچوبه) در سیستم تلفیق با توده های پنج ساله *P. deltooides* G-3 Marsh مشاهده شد (Jaswal et al., 1993). در توده *P. deltooides* تلفیق با محصولات زراعی گندم و ذرت، Chaudhry و همکاران (۲۰۰۳) افزایش ۱۳/۴ درصد در قطر برابر سینه، ۱۱ درصد در تراکم تاج پوشش و ۲۹/۴ درصد در تولید چوب را نسبت به کشت خالص صنوبر به دلیل استفاده مؤثر از آب و کود و عناصر تغذیه ای نشان دادند که تا سن ۴ سالگی این سیستم اقتصادی تر از کشت خالص صنوبر است. بیشترین عملکرد علوفه *Cenchrus ciliaris* و *C. seti-gerus* به ترتیب با ۴۳۵۰ و ۳۴۳۰ کیلوگرم در هکتار در زیر درختان *Azadiracta indica* به دست آمد (Rajiv et al., 2003).

در پژوهش Jiang و Qin (۲۰۰۷) مشخصه های سطح برگ درختان، عرض تاج پوشش، تعداد شاخه ها و میانگین طول شاخه ها در تلفیق

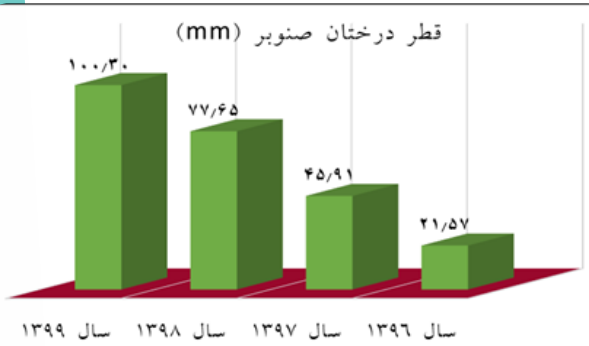
Populus tomentosa با هندوانه و سبزیجات با ۱/۷-۳ برابر، بادام زمینی و گندم با ۲/۴۷-۲/۲۲ برابر و سویا با ۱/۴۱-۱ برابر افزایش بیشتر از کشت این گونه به صورت خالص بود و نتیجه گرفته شد که تلفیق با هندوانه و سبزیجات بیشترین صرفه اقتصادی را دارد. تقریباً ۹۵ درصد صنوبرها در هند به صورت تلفیقی با محصولات کشاورزی در ایالت های پنجاب، هاریانا، اوتارپرادش غربی و اوتراخاند کشت می شوند. پنج درصد بقیه روی اراضی جنگلی در ایالت های هیمالیایی هیمالچال پرادش، جامو و کشمیر و آروناچال پرادش حضور دارند. سالانه بیش از ۲۰ میلیون نهال کاشته و پس از ۵ تا ۱۲ سال بهره برداری می شوند. این درختان سالانه بیش از ۱۲ میلیون مترمکعب چوب تولید می کنند. از سوی دیگر، تولیدات زراعی این عرصه ها منجر به اشتغال ۱۰۰ میلیون نفر در روز می شود (Dhi-man, 2008). در ایالت های پنجاب، هاریانا و اوتارپرادش به دلیل کاهش قیمت چوب طی سال های ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۴، گرایش مردم به کاشت صنوبر کاهش یافته بود، اما با اجرای کشت های آمیخته صنوبر با نیشکر و گندم به صورت دوره ای علاوه بر افزایش درآمد روستاییان، سطح زیر کشت این درختان در سال های اخیر دوباره توسعه یافت (Haque, 2014). همین وضعیت برای سرزمین های شمالی هند توسط Bangarwa (۲۰۱۴) نیز مشاهده شد. همچنین، محققان بیشترین ارتفاع، تعداد جوانه و بیشترین عملکرد گونه *Cym-bopogon flexuosus* (علف لیمو) را در سیستم تلفیق با *P. del-tooides* نشان دادند (Raj et al., 2010). در پژوهش Taghiyari و Efhani (۲۰۱۱) گونه یونجه به عنوان زیر کشت، سبب افزایش رشد قطری و بهبود ویژگی های چوب در توده ۱۰ ساله *P. nigra var. betulifolia* شد. افزایش درآمد دو تا سه برابری محصول *P. del-tooides* ترکیب با *Curcuma longa* (زردچوبه) و *Vigna radiata* (ماش) نسبت به کشت خالص توسط Chauhan و همکاران (۲۰۱۳) گزارش شد. همچنین، پژوهشگران درآمد در هکتار برنج در ترکیب با گندم را ۱۸۹۷ دلار، زردچوبه در ترکیب با محصولات باغی و صنوبر را ۴۸۱۴ دلار و ماش در ترکیب با سیر/پیاز، محصولات باغی و صنوبر را ۵۷۲۵ دلار گزارش کردند.

Rani و همکاران (۲۰۱۵) در کشت خالص و تلفیقی گندم با درختان پنج ساله *P. deltooides* در سال ۲۰۱۴ به ترتیب با ارتفاع ۷۹/۳۳ و ۷۷/۱۷ سانتی متر، تعداد دانه در سنبله ۷۴/۶۷ و ۴۷/۳۳ عدد، عملکرد دانه ۲۰۰۰ و ۱۳۰۰ کیلوگرم در ایکر و عملکرد کاه ۳۰۰۳ و ۱۸۵۰ کیلوگرم در ایکر و در کشت تلفیقی با *P. deltooides* میزان درآمد ناخالص گندم ۱۸۲۰۰ و کاه ۸۳۲۵ روپیه هند و در کشت خالص میزان درآمد گندم ۲۸۰۰۰ و کاه ۱۳۵۰۰ روپیه هند نتیجه گرفتند که با افزایش سن درختان، مقدار محصول کاهش می یابد.

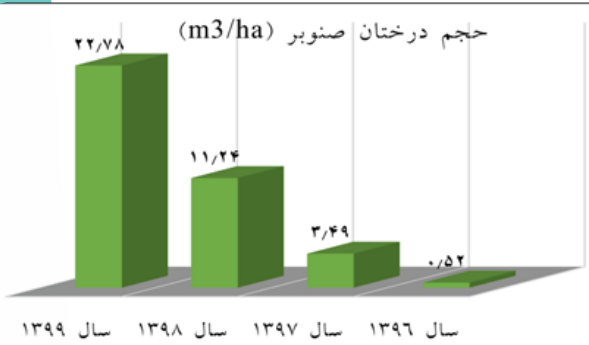
Chavan و Dhillon (۲۰۱۹) در سال ۲۰۰۸، صنوبر (*P. del-tooides* G-3) را در زمین دانشگاه کشاورزی چوداری چاران سین هاریانا، هیسار، هند در سه فاصله کاشت (۵×۴ متر مربع)، (۱۰×۲ متر مربع) و (۱۸×۲ متر مربع) در ردیف های دوتایی با تراکم ثابت ۵۰۰ درخت در هکتار کشت کردند. دو چرخه برداشت محصول (سورگوم-



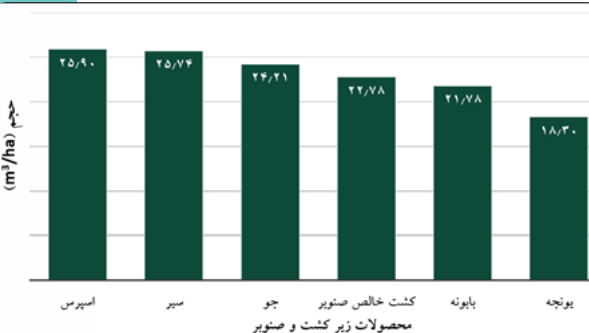
شکل ۴- ارتفاع درختان صنوبر در کشت خالص در سال‌های اجرای تحقیق



شکل ۵- قطر برابر سینه درختان صنوبر در کشت خالص در سال‌های اجرای تحقیق



شکل ۶- حجم درختان صنوبر در کشت خالص در سال‌های اجرای تحقیق



شکل ۷- حجم درختان صنوبر در سال چهارم در کشت تلفیقی با محصولات زراعی، علوفه‌ای و دارویی و کشت خالص

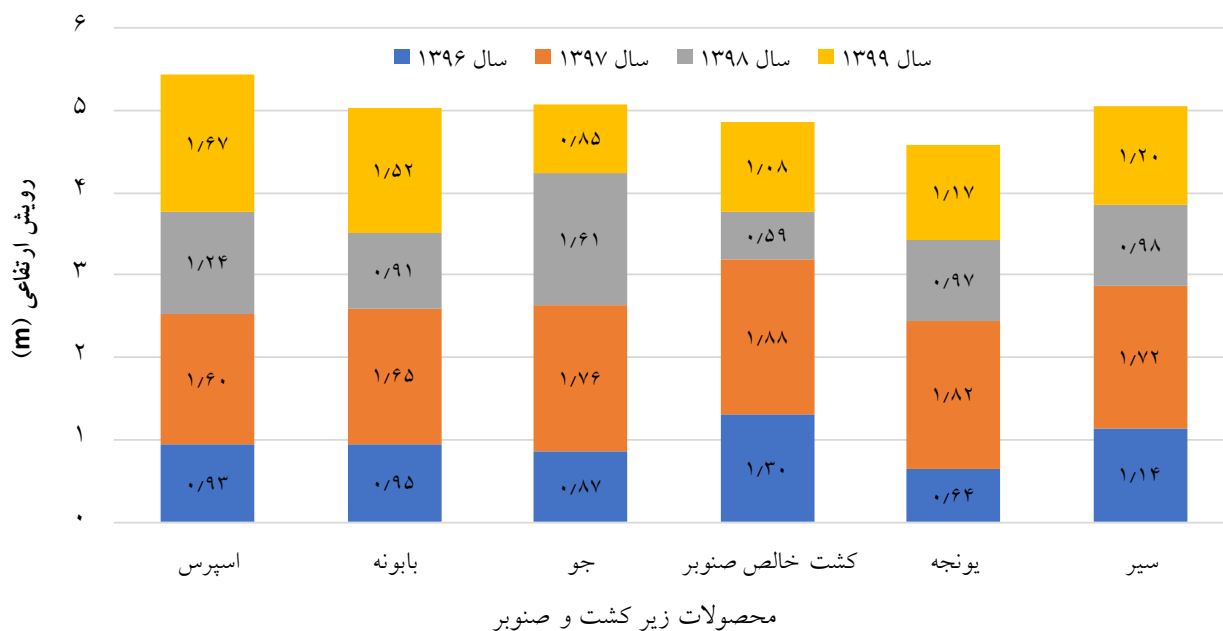
شیدر برسیم و لویبای چشم بلبلی - گندم) به‌عنوان محصول زیر کشت و تلفیقی در هر سه فاصله کاشت با صنوبر و کشت خالص صنوبر در هر یک از فواصل کشت به‌عنوان شاهد طی ۸ سال بررسی شد. نتایج نشان داد، عملکرد محصول سالانه به‌طور چشمگیری طی سال‌ها به‌دلیل رقابت برای نور، رطوبت و تغذیه کاهش یافت. عملکرد کلی محصولات زراعی سالیانه در فواصل کشت مختلف صنوبر به‌میزان ۵/۶۷ درصد در سال دوم تا ۴۵/۵۹ درصد در سال هشتم کشت کاهش یافت. در فاصله کشت ۱۰×۲ متر مربع صنوبر با محصول سورگوم - شیدر برسیم، بیشترین بازده خالص، ارزش فعلی خالص، نسبت سود به هزینه، نرخ بازده داخلی، نرخ نسبت برابری زمین و برآورد ارزش انتظار زمین به‌دست آمد. از مهم‌ترین اهداف اجرای طرح‌های آگروفراستری صنوبر با محصولات زیر کشت می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- مقایسه برآورد رویش و حجم صنوبر در کشت خالص و تلفیقی با گیاهان زراعی، علوفه‌ای و دارویی
- مقایسه رشد و عملکرد محصولات زراعی، علوفه‌ای و دارویی در کشت خالص و تلفیقی با صنوبر
- ارزیابی اقتصادی صنوبر در کشت خالص و کشت تلفیقی با هر یک از محصولات زراعی، علوفه‌ای و دارویی
- افزایش تولید توأم چوب و محصولات زراعی برای دستیابی به درآمد بیشتر در واحد زمان (سطح)
- ترغیب کشاورزان به کشت تلفیقی با کسب نتایج علمی - عملی مبتنی بر مزیت اقتصادی

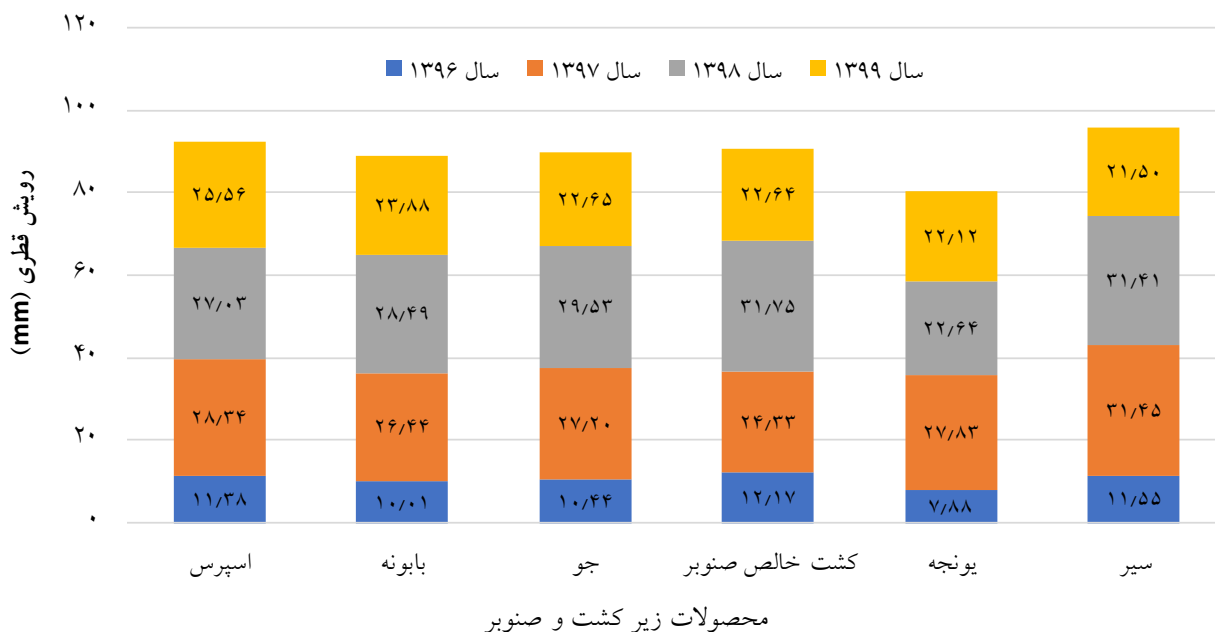
نتایج کشت تلفیقی صنوبر اورامریکن با گونه‌های زراعی، علوفه‌ای و دارویی در مجتمع تحقیقاتی البرز

مجتمع تحقیقاتی البرز واقع در ۵ کیلومتری جنوب شهرستان کرج، از ایستگاه‌های مهم تحقیقاتی در زمینه منابع طبیعی است. در این ایستگاه طی چهار سال در سطح ۱۵۰۰ مترمربع در فاصله کاشت ۳×۴ متر مربع (فاصله بین ردیف‌ها ۴ متر و داخل ردیف‌ها ۳ متر)، صنوبر اورامریکن در تلفیق با محصولات جو (*Hordeum vulgare*)، سیر (*Allium sativum*)، یونجه (*Medicago sativa*)، اسپرس (*Onobrychis viciifolia*) و بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla*) کشت شد. همچنین، صنوبر و هر یک از پنج گونه زراعی، علوفه‌ای و دارویی به‌صورت خالص نیز کاشته شدند. درختان در سال چهارم در کشت خالص به ارتفاع ۶/۶۷ متر (شکل ۴)، قطر برابر سینه ۱۰۰/۳ میلی‌متر (شکل ۵) و حجم ۲۲/۷۸ مترمکعب در هکتار (شکل ۶) رسیدند. هرچه زمان برداشت طولانی‌تر شود، ارتفاع و قطر درختان افزایش چشمگیری خواهد داشت که موجب تولید بیشتر چوب و درآمد زیاد حاصل از فروش آن می‌شود.

حجم درختان در کشت تلفیقی با محصولات زیر کشت اسپرس، سیر و جو نسبت به کشت خالص صنوبر بیشتر شده بود (شکل ۷). رویش ارتفاعی درختان صنوبر در کشت خالص در سال اول که هنوز محصولات کشت نشده بودند، همچنین در سال دوم، از بیشترین



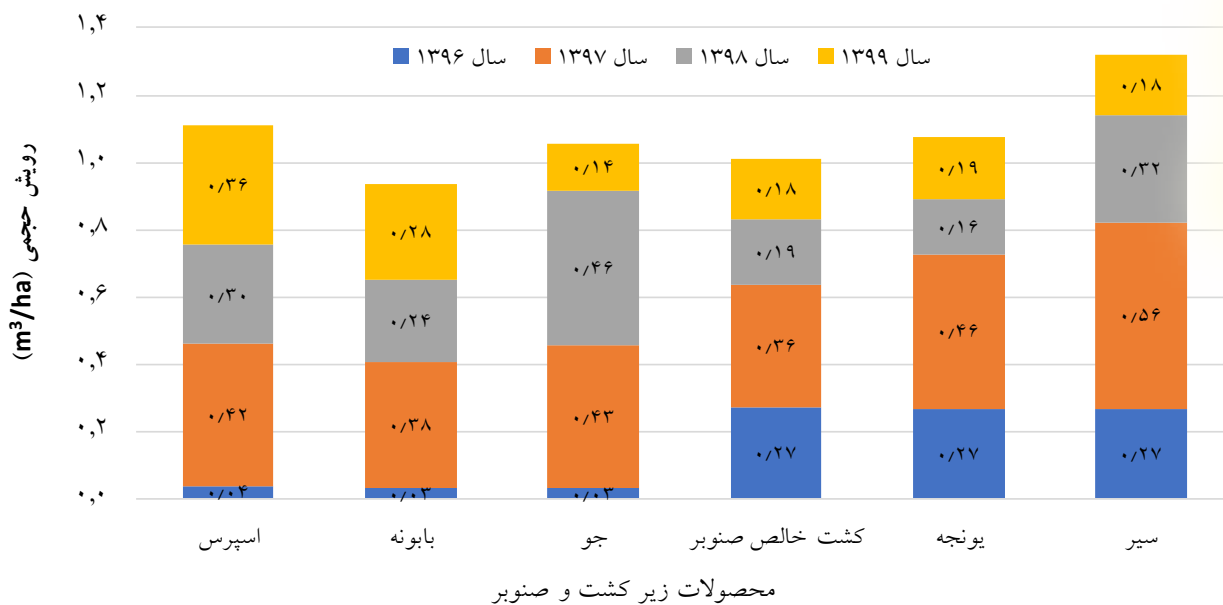
شکل ۸- ریش ارتفاعی درختان صنوبر در کشت تلفیقی با محصولات زراعی، علوفه‌ای و دارویی و کشت خالص طی ۴ سال دوره ریش



شکل ۹- ریش قطری درختان صنوبر در کشت تلفیقی با محصولات زراعی، علوفه‌ای و دارویی و کشت خالص در طی ۴ سال دوره ریش

که هنوز محصولات کشت نشده بودند، همچنین در سال سوم، از بیشترین مقدار برخوردار بود و مقدار ریش کمتری را در سال دوم در مقایسه با مقدار آن در کشت تلفیقی با تمامی محصولات زیر کشت و در سال چهارم با محصولات اسپرس و بابونه داشت. مجموع ریش قطری درختان صنوبر در کشت تلفیقی با اسپرس و سیر بیشتر از کشت خالص آنها بود (شکل ۹).
مجموع ریش حجمی درختان صنوبر در کشت تلفیقی با اسپرس،

مقدار برخوردار بود، اما ریش کمتری را در سال سوم در مقایسه با کشت تلفیقی با تمامی محصولات زیر کشت و در سال چهارم با محصولات اسپرس، بابونه، یونجه و جو داشت. مجموع ریش ارتفاعی درختان صنوبر در کشت تلفیقی با اسپرس، بابونه، جو و سیر بیشتر از کشت خالص آنها بود (شکل ۸).
ریش قطری درختان صنوبر در کشت خالص در سال اول



شکل ۱۰- رویش حجمی درختان صنوبر در کشت تلفیقی با محصولات زراعی، علوفه‌ای و دارویی و کشت خالص طی ۴ سال دوره رویش



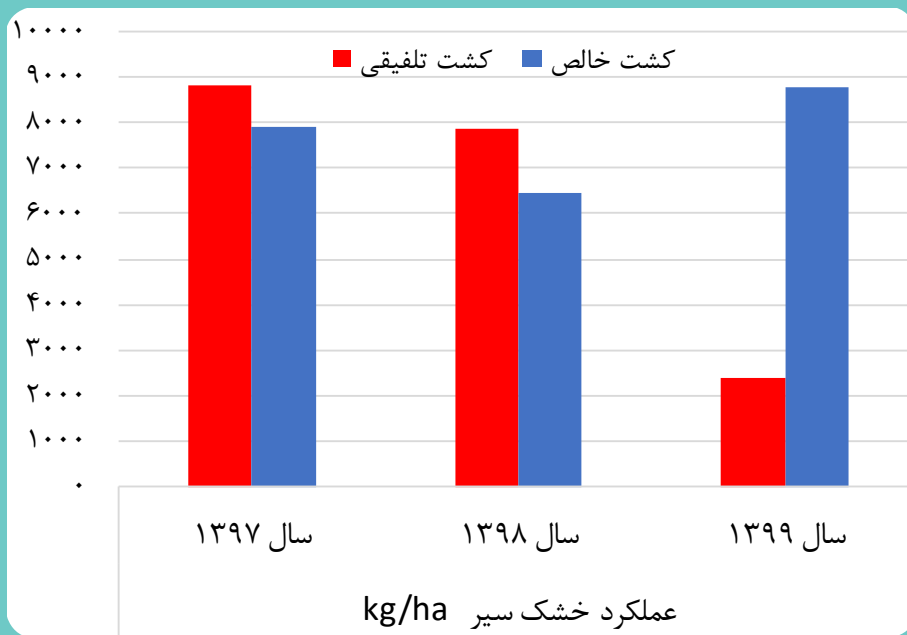
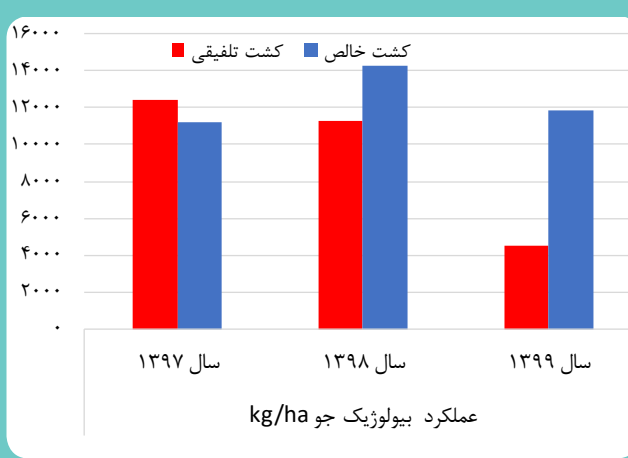
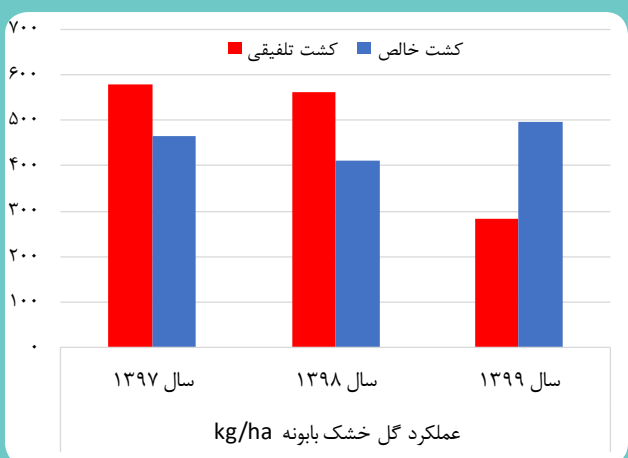
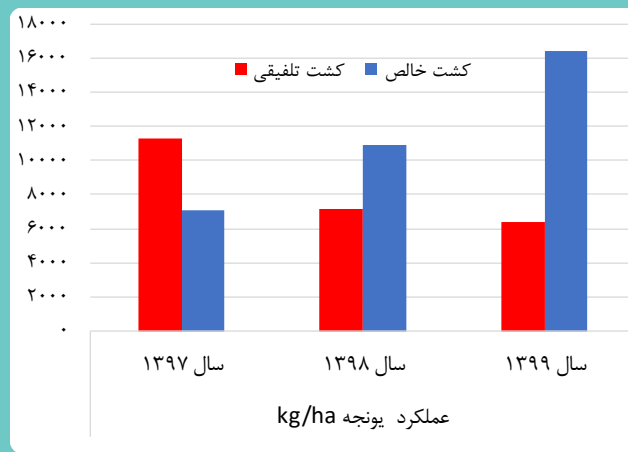
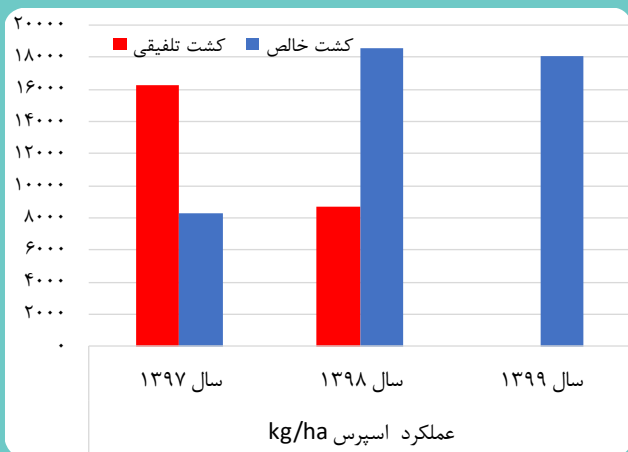
شکل ۱۱- نمایی از رویش درختان صنوبر اورامریکن ۴ ساله در تلفیق با محصولات زراعی، علوفه‌ای و دارویی (عکس از: فاطمه احمدلو)

تلفیقی داشتند (شکل ۱۲). کشت تلفیقی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین سیستم‌های کشاورزی پایدار است که ضمن کنترل علف‌های هرز، سبب افزایش عملکرد و درآمد حاصل از فروش محصولات و افزایش بهره‌وری در واحد سطح و زمان و بهبود راندمان استفاده از منابع می‌شود. در سال سوم، اسپرس هیچگونه عملکردی نداشت که نشان می‌دهد نسبت به سایر گیاهان زیر کشت، نیاز نوری بیشتری دارد. افزایش تاج‌پوشش درختان صنوبر اورامریکن و کاهش میزان نور ورودی به سطح زمین، بر ظرفیت فتوسنتز و رشد اسپرس تأثیر منفی دارد، به‌طوری‌که میزان رشد به‌قدری کم شده بود که محصول، قابلیت برداشت نداشت. محصولات زیر کشت با افزایش تاج‌پوشش درختان، نور کمتری دریافت می‌کنند که سبب کاهش فتوسنتز و نیز

جو، یونجه و سیر بیشتر از کشت خالص آنها بود (شکل ۱۰). نمایی از رویش درختان صنوبر اورامریکن ۴ ساله در تلفیق با محصولات زراعی، علوفه‌ای و دارویی در شکل ۱۱ نشان داده شده است.

عملکرد محصولات زیر کشت در کشتهای خالص و تلفیقی با صنوبر

در سال اول، عملکرد تمامی محصولات زیر کشت در کشت تلفیقی بیشتر از کشت خالص و در سال دوم عملکرد اسپرس، یونجه و جو در کشت تلفیقی کمتر از کشت خالص و عملکرد بابونه و سیر در کشت تلفیقی بیشتر از کشت خالص بود و در سال سوم تمام محصولات در کشت خالص عملکرد بیشتری را نسبت به کشت



شکل ۱۲- مقایسه عملکرد محصولات زیر کشت در دو کشت خالص و تلفیقی طی ۳ سال دوره برداشت



می تواند متفاوت باشد. تصاویری از عملکرد محصولات زیر کشت یونجه، اسپرس، جو، بابونه و سیر در کشت های تلفیقی و خالص به ترتیب در شکل های ۱۳ تا ۱۷ نشان داده شده است.

ناتوانی در انتقال دوباره کربوهیدرات های ذخیره ای و حفظ آنها در میان گره های ساقه می شود که روی عملکرد محصول، تأثیر منفی می گذارد، البته بسته به نوع گونه صنوبر مورد استفاده و نوع تاج پوشش باز یا بسته آنها، میزان عملکرد محصولات



شکل ۱۳- عملکرد یونجه در کشت تلفیقی با درختان صنوبر (سمت راست) و کشت خالص (سمت چپ) (عکس از: فاطمه احمدلو)



شکل ۱۴- عملکرد اسپرس در کشت تلفیقی با درختان صنوبر (سمت راست) و کشت خالص (سمت چپ) (عکس از: فاطمه احمدلو)



شکل ۱۵- عملکرد جو در کشت تلفیقی با درختان صنوبر (سمت راست) و کشت خالص (سمت چپ) (عکس از: فاطمه احمدلو)



شکل ۱۶- عملکرد بابونه در کشت تلفیقی با درختان صنوبر (سمت راست) و کشت خالص (سمت چپ) (عکس از: فاطمه احمدلو)

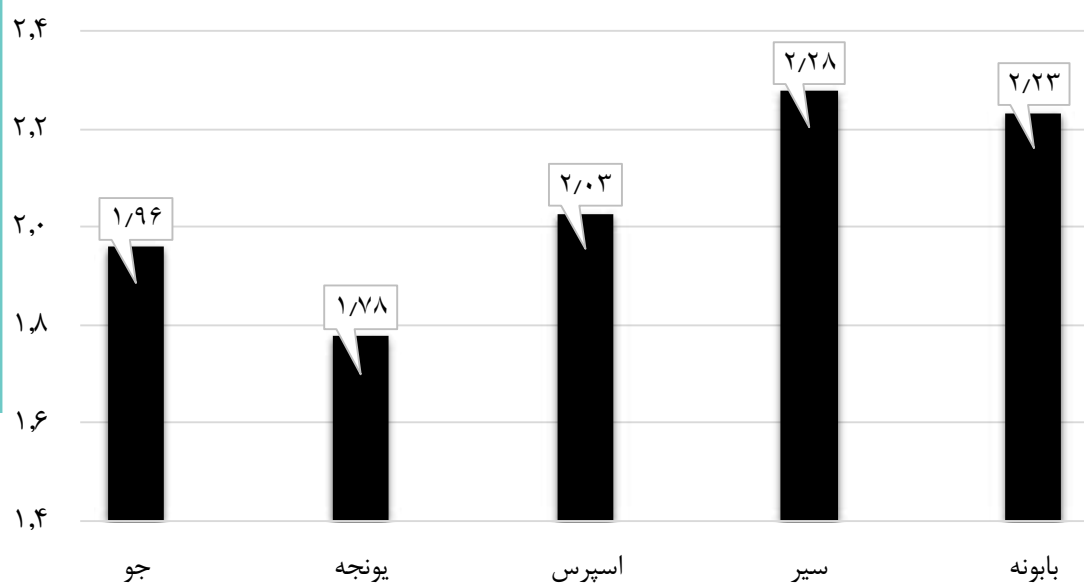


شکل ۱۷- محصول سیر در کشت تلفیقی با درختان صنوبر (سمت راست) و کشت خالص (سمت چپ) (عکس از: فاطمه احمدلو)

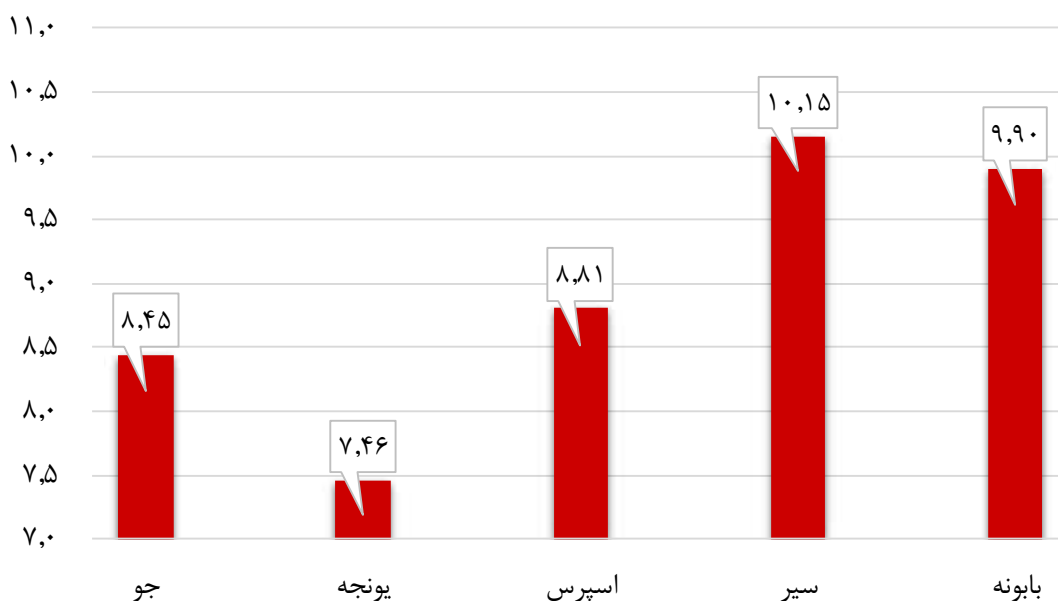
خالص آنها است و بیشترین میزان این نسبت در محصولات سیر و بابونه به دست آمده است. براساس این نسبت، کشت تلفیقی در جو ۹۶ درصد، یونجه ۷۸ درصد، اسپرس ۱۰۳ درصد، سیر ۱۲۸ درصد و بابونه ۱۲۳ درصد کارایی بیشتری نسبت به کشت خالص در استفاده از زمین دارند. به عبارت دیگر، کشت خالص هر یک از گونه‌های جو، یونجه، اسپرس، سیر و بابونه به ترتیب نیاز به ۹۶، ۷۸، ۱۰۳، ۱۲۸ و ۱۲۳ درصد سطح زیر کشت اضافی دارند تا عملکردی معادل یک هکتار کشت تلفیقی تولید کنند. علت برتری کشت تلفیقی می‌تواند به استفاده بهتر از منابع آب و خاک موجود توسط هر دو گیاه و اختلافات ریخت‌شناسی و فیزیولوژیکی بین آنها و در نتیجه ایجاد اشکوب‌های اکولوژیکی مختلف مطابق با اصل تولید رقابتی مرتبط باشد. افزایش راندمان مصرف آب در کشت تلفیقی به‌طور عمده در نتیجه اختلاف در سیستم ریشه‌ای هر یک از اجزا، تحریک توسعه ریشه‌ای و انعطاف‌پذیری فیزیولوژیکی ریشه، پوشش سریع‌تر و مطلوب‌تر سطح خاک و تعدیل تبخیر و تعرق، زیاد بودن رطوبت نسبی محیط، همچنین آثار برهم‌کنشی مثبت و مکملی اجزای کشت در جذب منابع محیطی است.

ارزیابی سودمندی کشت تلفیقی درختان صنوبر در مقایسه با کشت خالص آنها

برای توصیف برتری رقابتی و اقتصادی در کشت‌های تلفیقی از شاخص‌هایی مانند نسبت برابری زمین، میزان کاهش یا افزایش عملکرد واقعی و سودمندی کشت تلفیقی استفاده می‌شود. نسبت عملکرد ماده خشک یک گونه در کشت تلفیقی به عملکرد ماده خشک همان گونه در کشت خالص با نسبت برابری زمین (LER) سنجیده می‌شود. نسبت برابری زمین براساس سطح زیر کشت محاسبه می‌شود و مشخص می‌کند که برای به دست آوردن محصول حاصل از یک هکتار کشت مخلوط، چه مقدار زمین به صورت تک‌کشتی نیاز است تا همان مقدار محصول به دست آید. در صورتی که نسبت برابری زمین بزرگ‌تر از یک باشد، کشت تلفیقی سبب افزایش رشد و عملکرد محصولات زیر کشت شده است، اما اگر این نسبت کمتر از یک باشد، نشان‌دهنده آثار منفی کشت تلفیقی روی رشد و عملکرد محصولات زیر کشت است. براساس شکل ۱۸، نسبت برابری زمین در تمامی محصولات بیشتر از یک است که نشان‌دهنده برتری کشت تلفیقی نسبت به کشت



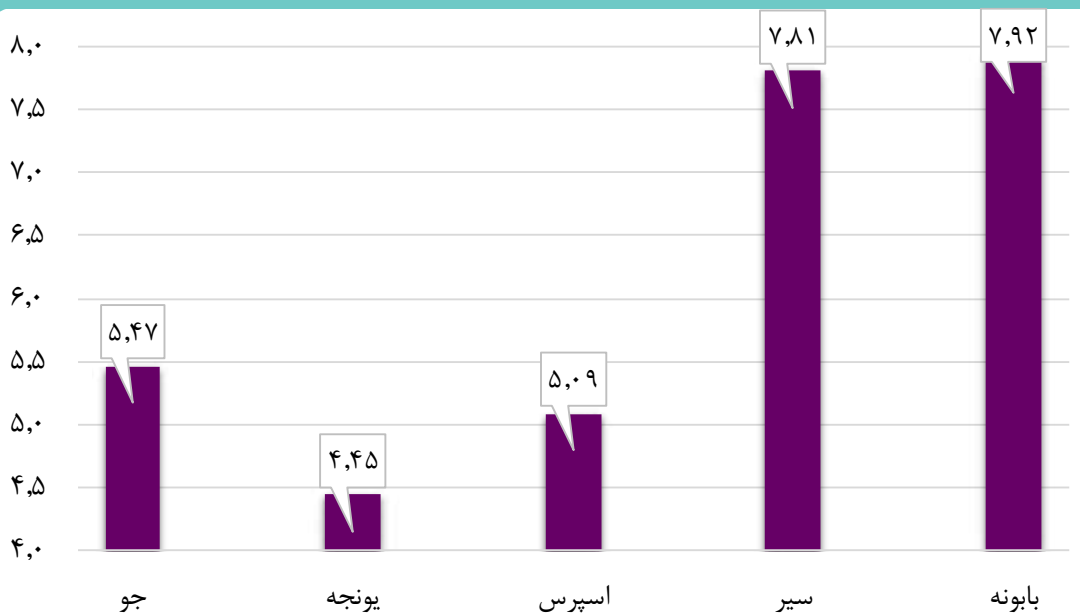
شکل ۱۸- مقایسه نسبت برابری زمین (LER) در کشت‌های تلفیقی محصولات زراعی، علوفه‌ای و دارویی با صنوبر نسبت به کشت خالص آنها



شکل ۱۹- مقایسه عملکرد واقعی در کشت‌های تلفیقی محصولات زراعی، علوفه‌ای و دارویی با صنوبر نسبت به کشت خالص آنها

مثبت بود که گویای سودمندی و مزیت اقتصادی کشت تلفیقی و استفاده بهتر از منابع در دسترس توسط هر دو گیاه نسبت به کشت خالص هر یک از آنها است. بیشترین سودمندی اقتصادی در سیر و بابونه و کمترین آن در یونجه مشاهده شد. یونجه و اسپرس از گیاهان علوفه‌ای چندساله هستند که تا آخر شهریور نیاز به آبیاری دارند، در واقع آنها سودمندی کمتری نسبت به گیاهان یک‌ساله با نیاز آبیاری تا اوایل تیر ماه داشتند. این امر بیانگر توجه بیشتر به کشت گیاهان یک‌ساله نسبت به چندساله است که البته به بازاریابی

براساس شکل ۱۹، مقادیر عملکرد واقعی در همه محصولات، بیانگر تأثیر مفید این گیاهان روی همدیگر و سودمندی کشت تلفیقی است و محصول این گیاهان در کشت تلفیقی بیشتر از محصول کشت خالص آنها است. این شاخص به نوعی افزایش، یا کاهش محصول هر یک از گیاهان را در کشت‌های تلفیقی نسبت به کشت خالص آنها نشان می‌دهد. کشت تلفیقی به دلیل آثار تسهیل تولید و مکملی گیاهان برای هر دو گیاه سودمند بوده است. براساس شکل ۲۰، شاخص سودمندی اقتصادی در همه محصولات



شکل ۲۰- مقایسه شاخص سودمندی کشت تلفیقی در کشت محصولات زراعی، علوفه‌ای و دارویی با صنوبر نسبت به کشت خالص آنها

با توجه به پتانسیل تولیدی عرصه‌هایی که دارای شرایط مناسب اقلیمی، توپوگرافی و اداپیک و قدرت تولیدی بالا در واحد سطح هستند، می‌توان اجرای طرح‌های تلفیقی درختان تندرشد و زودبازده با زیراشکوب تولید علوفه، گیاهان دارویی و صنعتی را به صورت اصولی برنامه‌ریزی کرد تا بدین وسیله گام‌هایی را برای حفظ آب و خاک و تأمین گوشت، چوب و تولید علوفه و استحصال محصولات فرعی برای مصارف گوناگون برداشت. با استفاده از تجارب مفید به دست آمده از سیستم‌های سنتی آگروفارستری، می‌توان بهره‌وری اقتصادی و تولید را افزایش داد. همچنین در رابطه با شفافیت‌سازی هزینه‌ها و میزان تولیدات و فروش محصولات آگروفارستری، می‌توان سامانه اطلاعات بازاریابی و بانک داده‌ها را ایجاد کرد و در آن خدمات معرفی بازارهای هدف، قیمت‌های محصولات، مسیرپایی بازارها و زمان مناسب عرضه محصولات را به شکل مناسبی ارائه کرد. همچنین پیشنهاد می‌شود برای کاهش کمبود زمین‌های قابل کشت و ترویج توسعه پایدار از منابع طبیعی، استفاده از شیوه‌های چندکشتی و بهره‌برداری از زمین در واحد زمان به کار گرفته شود.

منابع

اسدی، ف. و خداکریمی، ع.، ۱۳۹۵. کشت تلفیقی صنوبر گونه *Populus alba* و یونجه در آذربایجان غربی. مجله جنگل ایران، ۱۱(۱): ۶۵-۵۱.

اسدی، ف. و کلاگری، م.، ۱۳۹۸. مزایای کشت تلفیقی صنوبر با محصولات زراعی و علوفه‌ای. حفاظت و بهره‌برداری جنگل‌های هیرکانی، ۱۱(۱): ۱۶-۵.

اسدی، ف.، کلاگری، م.، قاسمی، ر. و باقری، ر.، ۱۳۸۳. بررسی تأثیر

آن محصول نیز بستگی دارد. تفاوت در سودمندی اقتصادی به دلیل اختلاف قیمت اجزای هر یک از محصولات تولیدی براساس آمار وزارت جهاد کشاورزی در سال مربوطه، میزان عملکرد و درصد هر یک از گونه‌ها در کشت تلفیقی است. با توجه به بیشتر بودن شاخص سودمندی گیاهان سیر و بابونه می‌توان این محصولات را به عنوان محصول زیر کشت برتر در تلفیق با صنوبر اورامریکن در شرایط آب‌وهوایی ایستگاه تحقیقات البرز کرج از نظر شاخص‌های زراعی و اقتصادی در نظر گرفت.

جمع‌بندی

انتخاب گونه‌های کشت تلفیقی بسته به شرایط اقلیمی، خاک و عوامل و ویژگی‌های منطقه‌ای، متفاوت است و هنگامی حداکثر عملکرد به دست می‌آید که گیاهان تشکیل‌دهنده از نظر نحوه و میزان استفاده از منابع با یکدیگر کاملاً متفاوت باشند. با توجه به مناسب بودن درختان تندرشد صنوبر برای زراعت چوب می‌توان با تحقیق درمورد کشت تلفیقی صنوبر با گیاهان زراعی، از کمبود هر یک از محصولات جلوگیری و میزان درآمد را افزایش داد. در این رابطه، اولویت با کشت گیاهانی است که در زمان پاییز کشت و در خرداد و تیر برداشت شوند که اتمام زمان آبیاری صنوبرها است. محاسبه شاخص‌های سودمندی اقتصادی (نسبت برابری زمین، عملکرد واقعی و سودمندی کشت تلفیقی)، مزیت اقتصادی سیستم کشت تلفیقی نسبت به تک‌کشتی را نشان می‌دهد که البته به نوع محصول تولیدی نیز بستگی دارد. از آنجایی که رسالت حفظ آب و خاک کشور و تأمین چوب برای مصارف گوناگون و حفظ و احیای مراتع برای تأمین علوفه دام کشور برای تولید گوشت بر عهده سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور است، براین اساس

- ronomic crops under agri-horti-silviculture system. International Journal of Plant Research, 3(1): 1-8.
- Chavan, S.B. and Dhillon, R.S., 2019. Doubling farmers' income through *Populus deltoides*-based agroforestry systems in northwestern India: an economic analysis. Current Science, 117(2): 219-226.
- Dhiman, R.C., 2008. Evolution of poplar-based agroforestry in India. 23rd session of International Poplar Commission. 27-30 October 2008, Beijing, China, 52p.
- Efhami, D., karimi, A., Pourtahmasi, K., Tagheyari, H.R. and Asadi, F., 2010. The Effects of agroforestry practices on vessel properties in *Populus nigra* Var. betulifolia. The IAWA Journal, 31(4): 481487.
- Haque, M., 2014. Highest wood production by poplar (*Populus deltoides*) clones under agroforestry systems in Punjab state of India- a case study. Word Congress on Agroforestry. 10- 14 Feb, Delhi.
- Jaswal, S.C., Mishra, V.K. and Verma, K.S., 1993. Intercropping ginger and turmeric with poplar (*Populus deltoides* G-3 Marsh.). Agroforestry Systems, 22: 111-117.
- Jiang, Y. and Qin, G., 2007. Effect of tree-crop intercropping on a young *Populus tomentosa* plantation. Frontiers of Forestry in China, 2(2): 174-178.
- Moreno, G., Obrader, J.J. and Garcia, A., 2007. Impact of evergreen oaks on soil fertility and crop production in intercropped dehesas. Agriculture, Ecosystems & Environment, 119(3-4): 270-280.
- Raj, A.J., Lal, S.B., Sameer, D. and Vitala, G., 2010. Intercropping of lemon grass with poplar (*Populus deltoides* Bartr. Ex Marsh) in Eastern Uttar Pradesh. Indian Journal of Agroforestry, 12(1): 13-17.
- Rajiv, K., Sinha, K.R., Bhatia, S. and Vishnoi, R., 2003. Desertification control and rangeland management in the Thar desert of India. The Environmentalist, 23(3): 219-227.
- Ranasinghe, O.M.S.H.K., and Mayhead, G.J., 1990. The effect of Intercropping *Populus* 'RAP' With Beans. Forestry, 63(3): 271-277.
- Rani, S., Rajasekaran, A., Benbi, D.K. and Chauhan, S.K., 2015. Cost benefit analysis and yield performance of agricultural crops under poplar and fruit crop in north western zone of Punjab, India. International Journal of Scientific Research, 4(6): 791-793.
- Rivest, D., Coglisatro, A. and Olivier, A., 2009. Tree based intercropping systems increase growth and nutrient status of hybrid poplar: A case study from two Northeastern American experiments. Journal of Environmental management, 91: 432-440.
- Schroth, G., Fonseca, G.A.B. Harvey, C.A., Gascon, C., Vasconcelos, H.L. and Izac, A.M.N., 2004. Agroforestry and biodiversity conservation in tropical landscapes. Island Press, Washington, D.C., 523p.
- Stamps, W.T. and Linit, M.J., 1999. The problem of experimental design in temperate agroforestry. Agroforestry Systems, 44: 187-196.
- Tagheyari, H.R., Efhami, D., karimi, A. and Pourtahmasi, K., 2011. Study on the effect of initial spacing on gas permeability of *Populus nigra* betulifolia. Journal of Tropical Forest Science, 23(3): 305-310.
- Taghiyari, H.R. and Efhami, D., 2011. Diameter increment response of *Populus nigra* var. betulifolia induced by alfalfa. Austrian Journal of Forest Science, 128(2): 113-127.
- فاصله کاشت بر عملکرد صنوبر و یونجه در کشت تلفیقی. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۲(۴): ۴۵۵-۴۸۰.
- اسدی، ف.، کلاگری، م.، قاسمی، ر. و باقری، ر.، ۱۳۹۱. نتایج نهایی کشت تلفیقی صنوبر و یونجه در کرج. مجله جنگل ایران، ۴(۱): ۳۳-۴۴.
- آمیقی، س.ج.، عسکری، ح.ر. و واحد، ب.ش.، ۱۳۹۲. اثر سامانه آگروفارستری بر خصوصیات لایه سطحی خاک (مطالعه موردی منطقه بیارجمند- استان سمنان). بوم‌شناسی گیاهان زراعی، ۹(۳): ۱-۸.
- خداکریمی، ع.، ۱۳۹۴. کشت تلفیقی صنوبر گونه *Populus alba* با یونجه (آگروفارستری) در استان آذربایجان غربی. گزارش نهایی طرح پژوهشی. مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، تهران، ۲۳ صفحه.
- رحیمی، ف.، ۱۳۹۸. پارادکس تلخ این روزهای صنعت اوراق فشرده چوبی؛ کمبود ماده اولیه و صدور مجوزهای جدید تولید. ماهنامه صنایع چوب، میلمان و کاغذ ایران، ۱۹(۱۳۸): ۲۶-۲۲.
- ساداتی، س.ا. و اسدی، ف.، ۱۴۰۰. معرفی کشت تلفیقی صنوبر با گندم در شرایط جلگه‌ای مازندران. حفاظت و بهره‌برداری جنگل‌های هیرکانی، ۳(۱): ۲۷-۳۸.
- صادقی، آ.، صالحی، ع. و موسوی‌کویر، س.ع.، ۱۳۹۴. تأثیر کشت خالص و آمیخته صنوبر و بادام زمینی بر خصوصیات شیمیایی خاک (مطالعه موردی: ایستگاه تحقیقات زراعی فخرآباد لشت نشاء). مجله بوم‌شناسی جنگل‌های ایران، ۳(۶): ۳۵-۲۸.
- نظری، م.، عباسی‌سورکی، ع. و فلاح، س.، ۱۳۹۶. بررسی اثر سیستم‌های آگروفارستری و کشت متداول بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم (*Triticum aestivum* L.) و جو (*Hordeum vul-gare* L.). نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، ۹(۱): ۲۱۶-۱۹۸.
- یخکشی، ع.، ۱۳۸۵. مدیریت تلفیقی در جنگل‌های خزری شمال با مشارکت مردم محلی. انتشارات میرماه، تهران، ۱۰۳ صفحه.
- مدیررحمتی، ع.ر. و پناهی، پ.، ۱۳۹۷. زراعت چوب، راهی مطمئن و پایدار برای تأمین چوب مورد نیاز کشور. نشریه طبیعت ایران، ۳(۲): ۶۲-۷۶.
- Bangarwa, K., 2014. Potential role of exotic poplar in increasing tree cover as an alternative for forest restoration in India. Word Congress on Agroforestry, 10-14 Feb, Delhi.
- Chandra, J P., 2011. Development of poplar-based agroforestry system. Indian Journal of Ecology, 38: 11-14.
- Chaturvedi, A.N., 1992. Optimum rotation of harvest for poplars in farmlands. Indian Forester, 118(2): 81-88.
- Chaudhry, A.K., Khan, G.S., Siddiqui, M.T., Akhtar, M. and Aslam, Z., 2003. Effect of arable crops on the growth of poplar (*Populus deltoides*) tree in agroforestry system. Pakistan Journal of Agricultural Sciences, 40(1-2): 82-85.
- Chauhan, S.K., Dhillon, W.S., Singh, N. and Sharma, R., 2013. Physiological behavior and yield evaluation of ag-