نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۹، شماره ۱، بهار ۱۳۹۶، ص. ۲۱۶-۱۹۸

Journal of Agroecology
Vol. 9, No. 1, Spring 2017, p. 198-216

بررسی اثر سیستم‌های اگروفارستری و کشت متداول بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم (*Triticum aestivam* L.) و جو (*Hordeum vulgare* L.)

منیر نظری[۱]، علی عباسی سورکی[۲*] و سیف‌اله فلاح[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۱/۲۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۸/۲۳

نظری، م.، عباسی سورکی، ع.، و فلاح، س. ۱۳۹۶. بررسی اثر سیستم‌های اگروفارستری و کشت متداول بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم (*Triticum aestivam* L.) و جو (*Hordeum vulgare* L.). بوم‌شناسی کشاورزی، ۹(۱): ۲۱۶-۱۹۸.

چکیده

در سال‌های اخیر پایداری کم سیستم‌های کشت متداول، تخریب زمین و کاهش حاصلخیزی خاک تهدیدی بزرگ برای بهره‌برداری کشاورزی شده است، این امر منجر به توجه بیشتر به سیستم‌های مختلف اگروفارستری از جمله زراعت راهرویی در مناطق مختلف جهان شده است. به منظور بررسی مزایای سیستم‌های کشت مخلوط مبتنی بر درخت، پژوهشی در منطقه سامان شهرکرد در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. تیمارها شامل انواع سیستم‌های کشت: سیستم بادام (*Amygdalus communis* L.)- گندم (*Triticum aestivam* L.)، بادام- جو (*Hordeum vulgare* L.) و تک کشتی گندم و تک کشتی جو بودند. صفات شاخص سطح برگ، ارتفاع بوته، طول سنبله، ماده خشک آخر فصل، تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در مترمربع، وزن هزار دانه و عملکرد دانه (در واحد سطح و واقعی)، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت جو و گندم اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد بیشترین میزان عملکرد دانه در واحد سطح (۴۵۶ گرم در مترمربع) در سیستم اگروفارستری (بادام- جو) و کمترین عملکرد دانه در واحد سطح (۲۳۳ گرم در مترمربع) در اگروفارستری (بادام- گندم) به دست آمد. همچنین ماده خشک، عملکرد بیولوژیک، ارتفاع بوته، تعداد پنجه و طول سنبله در سیستم‌های مختلف کشت در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری داشتند، کاشت جو در سیستم (بادام- جو) سبب افزایش ۱۴ درصدی میزان ماده خشک تولیدی و افزایش ۲۸ درصدی عملکرد دانه شد و میزان ماده خشک برای گندم- بادام چهار درصد بود. طول سنبله نیز در هر دو گیاه در سیستم اگروفارستری افزایش یافت. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که گیاه جو به دلیل بهره‌گیری بهتر از منابع، عملکرد و ماده خشک بیشتر در مقایسه با گیاه گندم، گزینه مناسب‌تری برای مخلوط با درختان بادام برای تولید غلات در منطقه مورد پژوهش می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: تک‌کشتی، درخت بادام، رقابت، زراعت راهرویی، سیستم زراعی

مقدمه

امروزه بخش کشاورزی به منظور پاسخگویی به نیاز روز افزون غذا برای جمعیت رو به رشد کره زمین و فراهم کردن مواد غذایی کافی و مناسب، به میزان زیادی وابسته به مصرف مواد شیمیایی و استفاده از سیستم‌های تک‌کشتی می‌باشد (Hatirli et al., 2005). همچنین تخریب و کاهش حاصلخیزی خاک یک تهدید بزرگ برای بهره‌برداری کشاورزی است و استفاده از کودهای شیمیایی راه حلی برای بازگرداندن مواد غذایی به خاک شده است که خود مشکلات و مخاطراتی را در پی دارد (Dinesh et al., 2014). مجموعه این عوامل سبب گردید تا حفظ محیط زیست و امنیت غذایی به یکی از چالش‌های بشر در عصر حاضر تبدیل شود و جوامع در پی یافتن راهبردهای مناسبی برای حل این معضلات و دستیابی به نظام‌های کشاورزی پایدار باشند.

یکی از این راهبردهای ایجاد پایداری، استفاده از سیستم‌های زراعی چندگانه می‌باشد. این سیستم‌ها شرایط بهینه‌ای را برای مدیریت آفات، چرخش عناصر غذایی، استفاده بهینه از منابع و افزایش

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، استادیار و دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد
(*- نویسنده مسئول: Email: aabasi59@yahoo.com)
DOI:10.22067/jag.v9i1.53658

عملکرد فراهم می‌کنند (Vandermeer, 1989; Daizy et al., 2008) و از نظر تنوع که مهمترین جزء یک نظام با ثبات و پایدار کشاورزی است، غنی هستند (Zhang et al., 2016; Dinesh et al., 2014). اگروفارستری[1] به عنوان یکی از سیستم های چندکشتی، به مفهوم کشت توأم درخت و محصولات زراعتی است. این روش سازگاری زیادی با اکثر نواحی دنیا دارد و در مناطقی که به صورت طبیعی جنگل می‌باشد، کاملاً تطابق دارد. اگروفارستری با تولید گیاهان یک ساله علفی و انواع چند ساله سازگاری نشان می‌دهد. در این سیستم فرسایش خاک حداقل، تهویه اکوسیستم زراعی کاملاً مطلوب و بازدهی استفاده از نور، آب و مواد غذایی خاک حداکثر است (Jose, 2009; Gagliardi et al., 2015). ادغام درختان با گیاهان زراعی ممکن است به طور چشمگیری چرخه غذایی خاک را با تغییر ساختار خاک و زیست توده میکروبی و محیط زیست را بواسطه افزایش کمیت و تنوع بقایای گیاهی و تولیدات تجزیه کنندگان تحت تأثیر قرار دهد (Araujo et al., 2012; Zhang et al., 2016). با این وجود، چندین محدودیت در ارتباط با اگروفارستری نیز وجود دارد که شامل رقابت درختان با محصولات زراعی برای منابع، اثرات آللوپاتی درختان در محصولات کشاورزی، رشد سریع برخی از گونه-های درختان در زمین‌های کشاورزی و اشغال فضای محصولات و ورود گونه‌های مهاجم است. همچنین ممکن است درختان به عنوان زیستگاهی برای آفات و بیماری‌ها مضر باشند (Daizy et al., 2008).

بادام درختی (*Amygdalus communis* L.) متعلق به خانواده رزاسه[2] و زیرخانواده پرونیدا[3]، یکی از محصولات باغی- خشکباری است که ارزش غذایی بالایی در تغذیه انسان دارد. این محصول ارزش صادراتی بالایی نیز دارد و به همین دلیل توجه به توسعه و بهبود روز افزون تولید و فرآوری آن از اهمیت خاصی برخوردار است (FAO, 2013). همچنین امروزه نزدیک به ۶۵ درصد سطح زیر کشت محصولات کشاورزی جهان را غلات اشغال نموده‌اند و تقریباً نیمی از کل نیازهای غذایی انسان به ویژه در آسیا به طور مستقیم از غلات تأمین می‌گردد (Koehler & Wieser, 2013) . گندم (*Triticum aestivam* L.) و جو (*Hordeum vulgare* L.)، از اولین گیاهانی هستند که به وسیله انسان زراعت شده و به همین دلیل مهمترین گیاهان زراعی به شمار می‌آید. گندم گیاهی است متعلق به خانواده غلات که در سطح وسیعی از زمین‌های کشاورزی دنیا کشت و تولید می‌شود. گندم از نظر ارزش غذایی نقش عمده‌ای در تغذیه انسان دارد و به دلیل سهم آن در الگوی غذایی حدود ۷۰ درصد جمعیت جهان، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (FAO, 2015). جو به خانواده گندمیان[4] (غلات) تعلق دارد و به طور غیرمستقیم نقش مهمی در زنجیره غذایی انسان بر عهده دارد. از آن جا که جو به عنوان یک گیاه نسبتا مقاوم به شرایط نامساعد خاک به حساب می‌آید، کشت آن نسبت به سایر محصولات زراعی مزیت نسبی داشته و اقتصادی می‌باشد (Khayamim & Khademi, Koehler & Wieser, 2013; 2010).

ما (Ma, 2005) گزارش نمود که در سیستم کشت راهرویی[5] که درختان سوبابل[6] (*leucaena leucocephala* L.) به فاصله ردیف های چهار متری کاشته شده و در بین آن‌ها ذرت کاشته بودند عملکرد دانه از ۱/۹ تن در هکتار در سیستم سنتی به ۳/۵ تن در هکتار رسید. همچنین دویل و همکاران (Doyle et al., 2005) بیان کردند در نیجریه در سیستم کشت راهرویی که درخت سنا[7] (*Senna siamea* L.) و ذرت (*Zea mays* L.) کاشته شده و عملکرد از ۱/۷۴ تن در هکتار در سیستم کشت سنتی به ۲/۴۲ تن در هکتار رسید. لول (Lvl, 2002) گزارش کرد که عملکرد کرچک (*Ricinus communis* L.)، باقلا (*Vicia faba* L.) و سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) در سیستم کشت راهرویی با درختان لگومینوز با فاصله ردیف درختان ۱۰ متر برای یک دوره چهار ساله بیشتر از حالت کشت سنتی و معمول شد. گزارشات دیگری حاکی از کاهش عملکرد گیاهان در سیستم اگروفارستری می‌باشد، رقابت بر سر نور، آب و موادغذایی از عوامل محدودکننده عملکرد در سیستم‌های کشت اگروفارستری بوده است. مطالعات نشان داد که عملکرد بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.) با درخت لاپسی[8] (*Choerospondias axillaris*) در سیستم اگروفارستری نسبت به کشت خالص عملکرد کاهش یافت که به نظر می‌رسد بر اثر رقابت برای منابع باشد، که این کاهش بین ۸ تا ۶۰

1-Agroforestry
2-Rosacea
3-Prunoideae

4-Gramineae
5-Alley cropping
6-Subabul
7-Cassia
8-Nepali hog plum

درصد متغیر می‌باشد (Nguyen, 2008). همچنین جین گاریت و بیوک (Gene Garrett & Buck, 1997) نیز نشان دادند که در سیستم اگروفارستری (درخت سیب) نسبت به کشت خالص گندم بهاره کاهش عملکرد وجود داشت.

از سیستم‌های اگروفارستری در شرایط خشک و نیمه خشک کشور می‌توان به کشت بادام- غله و بادام- لگوم به خصوص در استان چهار محال و بختیاری اشاره نمود (Bodaghi et al., 2011). این سیستم‌ها اغلب به صورت سنتی و سلیقه‌ای اجرا می‌شوند و تاکنون به صورت مدرن مورد ارزیابی و بررسی قرار نگرفته‌اند. بهره-گیری از پتانسیل موجود در این زمینه و توجه به مزایایی که در زمینه اگروفارستری ذکر شده است و اثبات کارآمدی این سیستم‌ها به ویژه از نظر اکولوژیکی، زیست محیطی، اقتصادی- اجتماعی و گردشگری می‌تواند منجر به حفظ و افزایش عامه‌پسندی این سیستم‌ها در مناطق مذکور گردد. از طرفی، در سال‌های اخیر پایداری کم سیستم‌های تک‌کشتی منجر به توجه بیشتر به سیستم‌های مختلف اگروفارستری از جمله زراعت راهرویی در مناطق مختلف جهان شده است. بنابراین شناسایی پتانسیل سیستم‌های موجود در مناطق خشک و نیمه خشک از نظر رفع اشکالات آن‌ها و هم معرفی آن‌ها به عنوان جایگزین سیستم‌های تک کشتی اهمیت زیادی دارد. از این‌رو، مطالعه حاضر با هدف بررسی اثرات سیستم‌های اگروفارستری و تک‌کشتی بر خصوصیات رشد و عملکرد گندم و جو در منطقه سامان، شهرکرد انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در شهرستان سامان در منطقه شهرکرد با موقعیت جغرافیایی ۳۲ درجه و ۲۹ دقیقه الی ۳۲ درجه و ۴۳ دقیقه عرض شمالی و ۵۰ درجه و ۴۲ دقیقه الی ۵۱ درجه و ۵۹ دقیقه طول شرقی با ارتفاع ۱۰۸۶متری از سطح دریا انجام شد. بر اساس آمار هواشناسی، متوسط بارندگی سالیانه این منطقه ۳۴۶ میلی‌متر و دمای متوسط سالیانه آن ۱۲/۹ درجه سانتی‌گراد و میانگین رطوبت نسبی معادل ۳۱/۷ درصد است (اداره هواشناسی شهرستان سامان، ۱۳۹۳) این منطقه به طور مجزا دو فصل سرد و معتدل دارد که فصل سرمای آن از ماه آبان آغاز و به مدت شش ماه ادامه می‌یابد و فصل معتدل آن از اردیبهشت ماه شروع می‌شود.

اغلب سیستم‌های کشاورزی منطقه مورد مطالعه شامل تک‌کشتی گندم و جو، تک کشتی بادام، اگروفارستری بادام- غله- لگوم است که کشت غلات به صورت پاییزه انجام می‌شود. در این پژوهش دو سیستم اگروفارستری (گندم- بادام، و جو- بادام) که از نظر شرایط توپوگرافی، تراکم، الگوی کاشت و سن درختان همگن بودند، انتخاب شد. در مجاورت این سیستم‌ها، دو سیستم زراعی تک‌کشتی (گندم و جو) نیز انتخاب شد. این سیستم‌های زراعی مختلف به عنوان تیمارهای آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار مورد بررسی قرار گرفتند.

برای انجام این پژوهش در ابتدا با هماهنگی جهاد کشاورزی استان و شهرستان سامان و بررسی‌های متعدد در منطقه مورد مطالعه، چند سیستم از سیستم‌های تک‌کشتی و اگروفارستری که در مجاورت هم قرار گرفته را انتخاب و سپس بررسی روی این سیستم‌ها در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ انجام شد. سیستم‌های اگروفارستری و زراعی انتخابی به لحاظ خصوصیات ذاتی مشابه بوده به صورتی که تنها تفاوت آن‌ها ناشی از نوع کاربری اعمال شده (اگروفارستری یا زراعی) بود. عملیات تهیه بستر برای کشت غلات در همه سیستم‌ها شامل شخم، دیسک، تسطیح و ایجاد فارو بود. هر واحد آزمایشی در بین درختان در سیستم اگروفارستری شامل هفت ردیف کاشت به صورت جوی و پشته با فاصله ۲۵ سانتی‌متر بود. کشت غلات در پاییز به صورت آبی انجام گرفت و آبیاری به صورت غرقاب و کوددهی مطابق نیاز گیاه زراعی از منابع شیمیایی تأمین شد.

صفات اندازه گیری شده در این پژوهش شامل شاخص سطح برگ، ارتفاع بوته، طول سنبله، تعداد پنجه، ماده خشک در اواخر رشد رویشی و اوایل فاز زایشی، عملکرد (در واحد سطح)، عملکرد واقعی (در هکتار) و اجزای عملکرد بود. محاسبه عملکرد واقعی از حاصلضرب سطح مفید زراعی در عملکرد بر مترمربع به دست آمد و به عنوان عملکرد واقعی سیستم در نظر گرفته شد. در پایان دوره رشد همزمان با رسیدگی فیزیولوژیک (زرد شدن برگ‌ها و سنبله) از هر تکرار ۲۰ بوته با در نظر گرفتن اثرات حاشیه‌ای به طور تصادفی انتخاب شد و سپس میانگین ارتفاع بوته، تعداد پنجه، تعداد سنبله در بوته، تعداد دانه در سنبله، وزن خشک اندام‌های هوایی و شاخص سطح برگ اندازه-گیری شد. ماده خشک در مراحل قبل از فاز زایشی اندازه‌گیری گردید، به طوری که در این مرحله یک متر مربع از هر تکرار برداشت گردید و سپس بعد از انتقال به آزمایشگاه در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد داخل آون به مدت ۴۸ ساعت قرار گرفت و با ترازوی دو صفر توزین

گردید. برای تعیین سطح برگ در مرحله اوایل فاز زایشی از دستگاه سطح برگ سنج مدل AM 200 استفاده شد، برای تعیین اجزای عملکرد و عملکرد دانه نیز یک مترمربع توسط کوادرات به طور تصادفی از هر تکرار برای هر گیاه انتخاب و بعد از انتقال به آزمایشگاه اجزای عملکرد ۲۰ بوته از آن‌ها جدا و اندازه گیری گردید و پس از خرمن کوبی و بوجاری کلیه گیاهان برداشت شده در یک مترمربع، عملکرد بر حسب تن در هکتار محاسبه گردید. شاخص برداشت نیز از نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک (کاه کلش + دانه) به صورت درصد محاسبه شد.

تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از آزمایش با نرم افزار 9.12 SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به ارتفاع بوته جو و گندم در سیستم‌های مختلف کشاورزی نشان داد که ارتفاع بوته تحت تأثیر سیستم‌های مختلف کاشت قرار گرفت ($P<0.01$) (جدول۱). مقایسه میانگین داده‌های ارتفاع بوته نشان داد که میزان ارتفاع بوته در سیستم‌های اگروفارستری گندم- بادام (۶۵ سانتی‌متر) و جو- بادام (۶۳ سانتی‌متر) بالاتر از کشت خالص این گیاهان بود (شکل ۱). به نظر می‌رسد که عامل مؤثر در این قضیه می‌تواند بحث رقابت گیاهان بر سر نور باشد، واکنش گیاهان مختلف در مقابل شدت نور بسیار متفاوت است. کمبود نور در زراعت غلات، باعث ضعیف شدن ساقه و افزایش ارتفاع در این گیاهان می‌شود. همچنین نور رشد و نمو میانگره‌ها و در نتیجه رشد طولی ساقه را محدود می‌سازد، ولی انشعابات ساقه را زیادتر می‌کند. چون نور فعالیت هورمون رشد طولی (اکسین) را کاهش می‌دهد (Mazaheri & Majnoun Hosseini., 2011). حسن و همکاران (Hasan et al., 2005) بیان داشتندکه بیشترین ارتفاع گیاه گندم (۸۲/۸۶ سانتی‌متر) بود که در سیستم اگروفارستری با درختان شیشم[1] (*Dalbergia sissoo* L.) و هندوران[2] (*Swietania macrophylla* L.) و کمترین ارتفاع (۷۵ سانتی‌متر) گندم در کشت خالص این گیاه مشاهده گردید، چنین اظهار داشتند افزایش ارتفع گندم در سیستم اگروفارستری احتمالا به دلیل سایه‌اندازی درخت و در سایه قرار گرفتن این گیاه می‌باشد. همچنین ودود (Wadud, 1999) نیز بیان داشتند که ارتفاع گیاه اسفناج هندی (*Basella alba*) زیر درختان بیشترین میزان را دارا بود و تحت تأثیر سایه‌اندازی درختان قرار گرفت. آن ها اظهار داشتند که افزایش ارتفاع زیر سایه درختان ممکن است به علت تحریک توسعه سلولی و تقسیم سلولی تحت این شرایط یعنی سایه باشد و نور بالا باعث کاهش ارتفاع در این گیاه می‌شود. حسن و همکاران (Hasan et al., 2005) نیز در مورد گیاه خلر (*Lathyrus* L. *sativus*) گزارش کردند که بالاترین ارتفاع (۸۳/۳ سانتی‌متر) در سیستم اگروفارستری به دست آمد.

تعداد پنجه در بوته

نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به تعداد پنجه در گیاه جو و گندم در سیستم‌های مختلف کشت نشان می‌دهد که تعداد پنجه تحت تأثیر سیستم‌های مختلف کشت در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول۱). مقایسه میانگین داده‌های تعداد پنجه نشان داد که تعداد پنجه در کشت مخلوط (اگروفارستری) در دو گیاه بالاتر از کشت خالص بود (شکل ۲). علت افزایش تعداد پنجه جو و گندم در کشت مخلوط یا اگروفارستری نسبت به کشت خالص جو را می‌توان به همزیستی مثبت دو جزء مخلوط، وجود رقابت کم از طرف درخت بادام و متفاوت بودن نیازهای رشدی اجزای مخلوط نسبت داد (Nguyen, 2008). به نظر می‌رسد افزایش تعداد پنجه در سیستم اگروفارستری به این دلیل است که درخت تقریبا غیرفعال بوده و از مواد باقیمانده به خصوص نیتروژن اطراف استفاده نکرده و نیتروژن به طرف غله حرکت نموده و پنجه‌ها را افزایش داده است (شکل ۴). (Chauhan et al., 2012) بیان داشتند در پاییز ریزش برگ‌ها بر روی زمین می‌تواند به عنوان یک عامل جوانه‌زنی و در دسترس بودن نور و مواد مغذی گیاهچه در حال رشد را تحت تأثیر قرار داده و در نتیجه پنجه‌زنی تحت تأثیر سیستم اگرو فارستری و درختان قرار گیرد.

شاخص سطح برگ

نتایج نشان داد که اختلاف معنی‌دار ($P<۰/۰۵$) در میزان شاخص سطح برگ بین انواع سیستم‌های کشت از جمله سیستم چند کشتی اگروفارستری و تک‌کشتی وجود دارد (جدول۱). به طوری‌که بیشترین میزان شاخص سطح برگ در سیستم خالص کشت گندم حاصل

1-Sissoo
2-Mahogoni

گردید و سیستم تک‌کشتی جو کمترین میزان را دارا بود (شکل ۳).

سیستم‌های اگروفارستری نسبت متعادل‌تری را از شاخص سطح برگ را سبب شدند که در سیستم جو- بادام میزان شاخص سطح برگ (۵/۵) بوده که نسبت به تک‌کشتی جو میزان بیشتری را دارا بوده است. در مجموع نیز شاخص سطح برگ گندم میزان بالاتری را نشان داد که می‌تواند مربوط به ژنتیک و نحوه تشکیل و آرایش برگ-های این گیاه باشد. مقایسه شاخص سطح برگ گندم در دو سیستم کشت نشان می‌دهد که میزان این صفت در شرایط اگروفارستری کاهش نشان می‌دهد که ممکن است مرتبط با رقابت ناموفق‌تر این گیاه نسبت به جو با درختان بادام باشد، اما گیاه جو موفق عمل کرده و ضمن اینکه شاخص سطح برگ آن افزایش یافته، احتمالا در ابتدای فصل از همراهی درخت بادام بهره بیشتری برده است از سوی دیگر این افزایش شاخص سطح برگ ممکن است با رقابت برای نور و تحریک افزایش سطح پهنک برگ نیز مرتبط باشد (Amin et al., 2010).

با توجه به اینکه گیاهان زراعی گندم و جو فنولوژی متفاوتی دارند و مراحل فنولوژیکی جو مانند پنجه‌زنی، ساقه رفتن، گلدهی، سنبله رفتن و رسیدگی در منطقه قبل از گندم اتفاق می‌افتد، احتمالا جو در سیستم اگروفارستری نسبت به گندم کانوپی خود را زودتر و در زمانی که هنوز برگ‌های بادام به طور کامل رشد نکرده و کانوپی درختی بسته نشده است، تشکیل داده و توانسته زودتر از گندم از منابع محیطی استفاده و سطح برگ بیشتری را تشکیل دهد و لذا از نظر شاخص سطح برگ نسبت به گندم در این سیستم‌ها موفق‌تر عمل می‌کند.

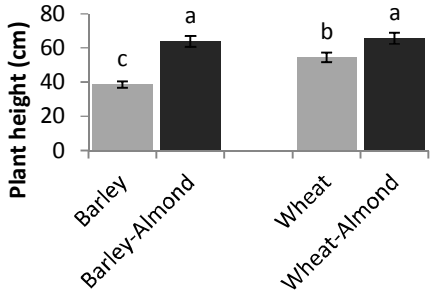
جدول ۱- میانگین مربعات برخی ویژگی‌های رویشی گیاهان گندم و جو در سیستم‌های مختلف کشت (تک کشتی: گندم و جو و اگروفارستری: گندم- درخت بادام و جو- درخت بادام)

Table 1- Mean Squares of some vegetative characteristics of wheat and barley in different systems (monoculture: wheat, barley and agroforestry: barley- almond tree and wheat- almond tree)

منبع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	تعداد پنجه در بوته Number of tiller	شاخص سطح برگ Leaf area index	طول سنبلچه Spike length	ماده خشک در واحد سطح Dry weight per area
تکرار Block	3	31.2^{ns}	0.76^{ns}	2.2*	0.02^{ns}	15477^{ns}
تیمار Treatment	3	614 **	4.4 **	9.4**	2.36**	377311 **
خطای آزمایشی Experimental error	9	20	0.43	0.056	0.31	10756
ضریب تغییرات (٪) CV (%)	–	8.09	15.63	13.8	8.02	10.48

*،** و ns به ترتیب نشان دهنده معنی‌داری در سطح پنج درصد، یک درصد و عدم معنی‌داری

ns, * and ** indicate non- significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

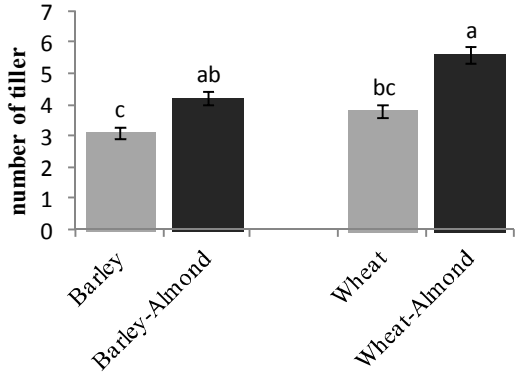


شکل ۱- مقایسه میانگین ارتفاع بوته گندم و جو در سیستم‌های مختلف کشت

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Fig. 1-Mean comparison of plant height of wheat and barley in different cultivation systems

Means which have at least one common letter are not significantly different at the 5% probability level.



شکل ۲- مقایسه میانگین تعداد پنجه گندم و جو در سیستم‌های مختلف کشت

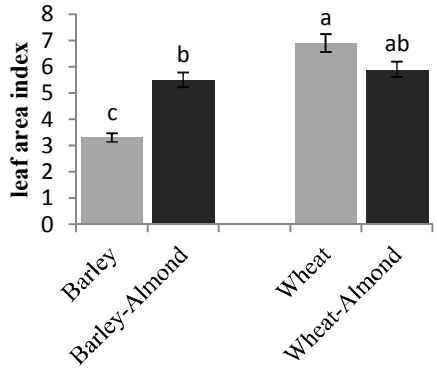
میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Fig 2. Mean comparison of number of tiller of wheat and barley in different cultivation systems

Means which have at least one common letter are not significantly different at the 5% probability level.

در حالی‌که در گندم چنین نیست و اگروفارستری نتوانسته شاخص سطح برگ آن را زیاد کند.

تحقیقات نشان داد که بیشترین شاخص سطح برگ در کشت خالص گندم نسبت به کشت مخلوط گندم با سایر گیاهان به دست می‌آید (Ramyar & Jamnajad, 2010). این موضوع نشان می‌دهد که سطح برگ گیاه زراعی جزء اولین خصوصیاتی است که تحت تأثیر رقابت قرار می‌گیرد (Ramyar & Jamnajad, 2010). گزارش‌ها بیان داشتند که جو نسبت به یولاف دارای قدرت رقابتی بالاتری است. آن‌ها در بین صفات مؤثر در قدرت رقابتی به سطح برگ بیشتر جو اشاره کردند (Lopez et al., 1996). همچنین گزارشات دیگر حاکی از آن است که در سیستم اگروفارستری گندم- صنوبر (*Populus deltoides Marsh* L.) بیشترین میزان شاخص سطح برگ گندم در زیر درخت صنوبر حاصل گردید (Sarvade et al., 2014).



شکل ۳- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ گندم و جو در سیستم‌های مختلف کشت

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

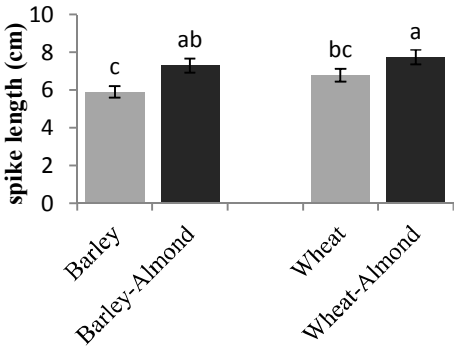
Fig. 3- Mean comparison of leaf area index of wheat and barley in different cultivation systems.

Means which have at least one common letter are not significantly different at the 5% probability level.

طول سنبله

نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به طول سنبله جو و گندم در سیستم‌های مختلف کشاورزی نشان داد که اثر سیستم‌های مختلف روی این صفت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد

(جدول۱). مقایسه میانگین داده‌های طول سنبله نشان داد کـه طـول سنبله در کشت مخلوط (اگروفارستری) برابر بـا (۷/۷ سـانتی‌متـر) و بالاتر از کشت خالص بود (شکل ۴). به نظر می‌رسد که عامل مؤثر در این قضیه می‌تواند بحث رقابت گیاهان بر سر مواد غذایی باشد، باعث افزایش میزان طول سنبله در گیاهان شده اسـت. حسـن و همکـاران (Hasan et al., 2005) گزارش کردند که سایه باعث افزایش طـول سنبله گندم به میزان (۸/۵ سانتی متر) می‌شود ولی تحقیقات امـین و همکاران (Amin et al., 2010) نشان داد که بیشترین میزان طـول خوشه در گیاه برنج (۲۴/۶۲سـانتی متـر) در کشـت بـدون درخـت و کمترین میزان طول سـنبله (۲۲/۸ سـانتی متـر) گیـاه بـرنج در زیـر درختان انبه (*Mangifera indica* L.) حاصل گردید که بیان نمودند طول خوشه برنج به طور قابل توجهی تحت تاثیر سایه درخـت قـرار نگرفت.



شکل ٤- مقایسه میانگین طول سنبله گندم و جو در سیستم‌های مختلف کشت

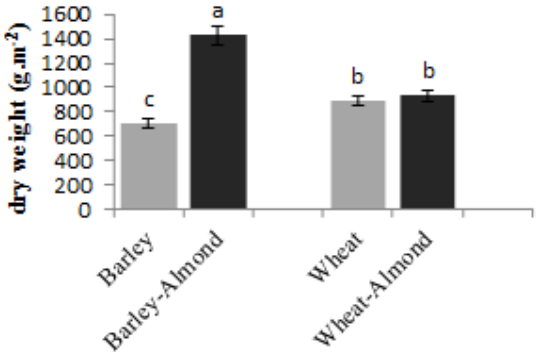
میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Fig. 4- Mean comparison of spike length of wheat and barley in different cultivation systems

Means which have at least one common letter are not significantly different at the 5% probability level.

میزان ماده خشک

نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط بـه ویژگـی میـزان مـاده خشک آخر فصل در گیاه جو و گندم در سیستم‌های مختلف کشاورزی نشان می‌دهد که ماده خشک در واحد سطح تحت تاثیر سیستم‌هـای مختلف قرار گرفت ($P<0.01$) (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که سیستم کشت اگروفارستری جو نسبت به کشت خالص جـو دارای ماده خـشک در واحد سطح بیشتری بود (۱۴ درصد) (شکل ۵)، اما در سیستم‌های دارای گندم ماده خشک کمتری به دست آمد این موضوع می‌تواند به دلیـل بالاتر بودن سرعت رشد جو نسبت به گنـدم در در دمای پایین (Aynehband, 2014) و در نتیجه جـذب بیشتر نـور به دلیل دوره رشد کوتاه‌تر این گیاه باشد که قبل از بسته شدن کـانوپی درخت بادام و سایه‌اندازی درخت، نور بیشـتری جـذب کـرده و مـاده خشک بیشتری را تولید کرده است. همچنین ضریب همبستگی مثبت بین ماده خشک و ارتفاع بوتـه (۰/۷۵**) ، سـطح بـرگ (۰/۷۶**) و تعداد پنجه (۰/۷*) وجود دارد. پس می‌توان بیان داشت کـه افـزایش صفات رویشی و همبستگی مثبتی که بین این صفات و ماده خشـک وجود دارد سبب افزایش مـاده خشـک شـده اسـت. عـلاوه بـر نـور، دسترسی به مواد مغذی نیز بر تولید ماده خشک مؤثر است، به طوری که ورود برگ درختان نیز به خاک در سیستم اگروفارستری می‌تواند مواد مغذی کافی و ماده آلی را برای رشد گیاهان فراهم نموده و باعث افزایش مـاده خشـک در گیاهـان شـود (Lehmann et al., 2002; Bhardwaj et al., 2005). همچنین طی آزمایشی نشان داده شد که در سیستم اگروفارستری انبـه- زنجبیـل (*Zingiber officinale* L.) میزان ماده خشک زنجبیل بیشتری نسبت به کشت خـالص زنجبیـل حاصل گردید (Amin et al., 2010). گزارشات دیگر بیان داشتند که بیشترین ماده خشک گندم در سیستم اگروفارسـتری گنـدم- صـنوبر نسبت به تک‌کشتی گندم حاصل گردید (Hasan et al., 2005).



شکل ۵- مقایسه میانگین ماده خشک گندم و جو در سیستم‌های مختلف کشت

میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Fig. 5- Mean comparison of dry matter of wheat and barley in different cultivation systems

Means which have at least one common letter are not significantly different at the 5% level.

جدول۲- میانگین مربعات ویژگی‌های زایشی گیاهان گندم و جو در سیستم‌های مختلف کشت (تک کشتی: گندم و جو و اگروفارستری: گندم- درخت بادام و جو- درخت بادام)

Table 2- Mean of Squares of reproductive characteristics of wheat and barley in different systems (monoculture: wheat, barley and agroforestry: barley - almond tree and wheat - almond tree)

منبع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	تعدادسنبله درمتر مربع Number of spikes	تعداددانه در سنبله Number of grains per spike	وزن هزار دانه 1000- seed weight	عملکرد دانه درواحدسطح Grain yield	عملکردبیولوژیک Biological yield
تکرار Block	3	3723^{ns}	41.2^{ns}	0.80^{ns}	8364*	13631^{ns}
تیمار Treatment	3	73891**	367**	310 **	33286 **	218383 **
خطای آزمایشی Experimental error	9	2213	19.11	9	1420	26592
ضریب تغییرات CV (٪)	-	7.9	12.6	7.6	10.74	12.1

*،** و ns: به ترتیب نشان دهنده معنی داری در سطح پنج درصد، یک درصد و عدم معنی‌داری

ns, * and ** : indicate non- significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

تعداد سنبله در متر مربع

سیستم‌های مختلف کشت اثر معنی‌داری بر تعداد سنبله در متر مربع داشتند (جدول ۲)، همان‌طور که در شکل ۶ مشاهده می‌شود در بین سیستم‌های کشت جو سیستم مخلوط جو- درخت بادام بیشترین میزان تعداد سنبله را دارا بود که با تک‌کشتی گندم اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۶). سایه‌اندازی درختان در مرحله اوایل فاز زایشی و زمان تولید سنبله ممکن است سبب کاهش تعداد سنبله در گیاه شود، اما درگیاه جو به دلیل اینکه آغازی‌های تولید سنبله قبل از تولید جوانه‌های برگ درخت بادام تشکیل می‌شوند و در آن هنگام کانوپی درخت به طور کامل بسته نشده و سایه‌اندازی زیادی ندارند، پس گیاه زیاد تحت تأثیر سایه‌دهی قرار نگرفته و تعداد سنبله در سیستم اگروفارستری بیشترین میزان را داشت.

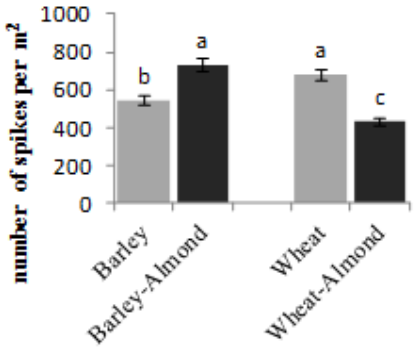
جدول۳- میانگین مربعات عملکردهای واقعی گیاهان گندم و جو در سیستم‌های مختلف کشت (تک کشتی: گندم و جو و اگروفارستری: گندم- درخت بادام و جو- درخت بادام)

Table 3- Mean of Squares of the real yield of wheat and barley in different systems (monoculture: wheat, barley and agroforestry: barley - almond tree and wheat - almond tree.

منبع تغییر S.O.V	درجه آزادی Df	عملکرد دانه واقعی Actual grain yield	شاخص برداشت Harvest index	عملکرد بیولوژیک واقعی Actual biological yield
تکرار Block	3	0.62*	31ns	0.39ns
تیمار Treatment	3	3.6**	234**	3.11*
خطای آزمایشی Experimental error	9	0.10	9	0.77
ضریب تغییرات (٪) CV(٪)	-	10.77	10.74	8.49

*،** و ns: به ترتیب نشان دهنده معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد، یک درصد و عدم معنی‌داری

ns, * and **: indicate non- significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.



شکل ٦- مقایسه میانگین تعداد سنبله گندم و جو در سیستم‌های مختلف کشت

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

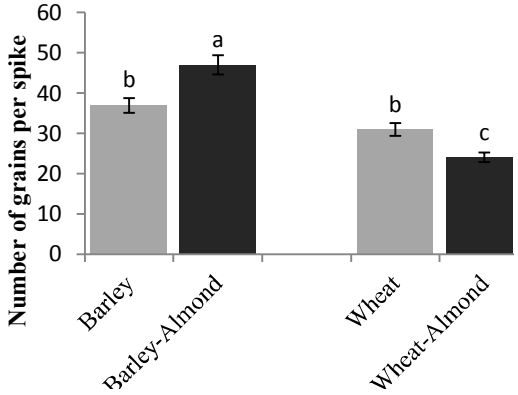
Fig. 6- Mean comparison of number of spikes of wheat and barley in different cultivation systems.

Means which have at least one common letter are not significantly different at the 5% level.

تعداد دانه در سنبله

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر سیستم-های کاشت بر تعداد دانه در سنبله در سطح احتمال یک درصد معنی-دار بود (جدول۲). بیشترین میزان تعداد دانه در سنبله در سیستم‌های حاوی گندم در تک‌کشتی گندم حاصل شد که با سیستم اگروفارستری گندم- بادام اختلاف معنی‌داری داشت (شکل ۷). در سیستم‌های دارای جو میزان تعداد سنبله در بوته بین کشت خالص و مخلوط اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (شکل ۷). تحقیقات نشان داد که قرار گرفتن گیاه گندم قبل از گرده افشانی در سایه بیشترین اثر را بر تعداد دانه در سنبله دارد (McMaster et al., 1987; Fischer, 1985). همچنین محققان اظهار نمودند که قرار گرفتن گیاهان زراعی در مراحل رشد و نمو زیر تاج پوش درختان، اجزای عملکرد گیاهان را به شدت تحت تأثیر قرار داده و می‌تواند روی عملکرد دانه نیز تأثیر بگذارد (Grabau et al., 1990). در گیاهانی نظیر گندم تعداد دانه دو هفته قبل از ظهور گل (گلدهی) تعیین می‌شود و هرچه دسترسی گیاه به شیره پرورده در این مرحله کمتر باشد، تعداد دانه کمتر خواهد شد. عوامل و شرایط نامساعد نظیر سایه یا هر گونه محدودیت منبع (مثل نور) در این مرحله سبب کاهش تعداد دانه در گیاه خواهد شد (Rahnama, 2010). از آن جایی‌که شروع توسعه جوانه برگ‌های بادام با افزایش درجه حرارت در طول فصل فروردین شروع می‌شود و

اثر سایه بر گیاه گندم در طول گلدهی/ سنبله‌دهی (اواسط اردیبهشت) است این عمل ممکن است منجر به کاهش تعداد دانه و کاهش وزن دانه در سنبله‌ها گردد و در نتیجه تعداد دانه تحت تأثیر سایه درختان قرار گرفته و کاهش پیدا کند. همچنین می‌توان در سیستم اگرو فارستری جو که میزان تعداد دانه بیشتری نسبت به کشت خالص جو نشان داده می‌توان بیان داشت که گیاه جو قبل از گندم گرده افشانی انجام داده، پس گرده افشانی جو قبل از توسعه برگ در گیاه بادام انجام شده و تحت تأثیر سایه درختان بادام قرار نگرفته و تعداد دانه در سنبله بیشتری نسبت به کشت خالص را سبب شده است.



شکل ۷- مقایسه میانگین تعداد دانه در سنبله گندم و جو در سیستم‌های مختلف کشت

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند

Fig. 7–Mean comparison of number of grains per spike in wheat and barley in different cultivation systems

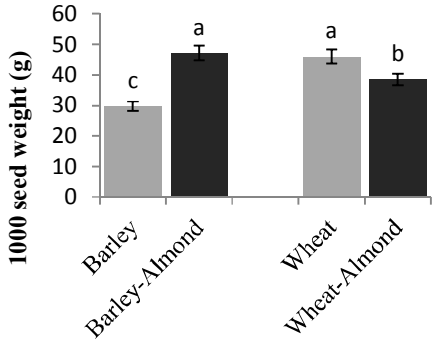
Means which have at least one common letter are not significantly different at the 5% level.

وزن هزار دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس وزن هزار دانه بیانگر اختلاف معنی‌دار این صفت در سیستم‌های مختلف کشاورزی در سطح احتمال یک درصد بود (جدول۲). بیشترین میزان وزن هزار دانه در سیستم‌های حاوی گندم در تک‌کشتی گندم حاصل شد که با سیستم اگروفارستی گندم- بادام اختلاف معنی‌داری داشت (شکل۶). همچنین در سیستم‌های دارای جو میزان وزن هزار دانه بین کشت خالص و مخلوط اختلاف معنی‌داری داشت به طوری‌که سیستم اگروفارستری جو- درخت بادام مقدار بیشتری را دارا بود (شکل۸). از آن‌جایی که توسعه جوانه برگ‌های بادام با افزایش درجه حرارت در طول فصل فروردین شروع می‌شود، اثر سایه بر گیاه گندم در طول دوره پر شدن دانه (اواسط اردیبهشت) ممکن است منجر به کاهش وزن دانه در سنبله‌ها گردد. در نتیجه تعداد دانه و وزن دانه تحت تأثیر سایه درختان قرار گرفته و کاهش پیدا می‌کنند. نابرگ و میلینس (Nuberg & Mylins, 2002) گزارش کردند که گندم‌هایی که در مکان‌هایی قرار دارند که در مجاور درخت هستند دارای وزن هزار دانه کمتری نسبت به گیاهانی هستند که در معرض نور می‌باشند، دلیل این کاهش کم بودن تشعشعات فعال فتوسنتزی بیان شده است. همچنین می‌توان در سیستم اگرو فارستری جو که تعداد دانه بیشتری نسبت به کشت خالص جو نشان داده بیان داشت که چون گیاه جو قبل از گندم گرده‌افشانی می‌کند، پس گرده‌افشانی جو قبل از توسعه جوانه‌های برگ در گیاه بادام انجام شده و تحت تأثیر سایه درختان بادام قرار نگرفته و تعداد دانه و وزن دانه در سنبله بیشتری نسبت به کشت خالص جو نشان داده است که با نتایج چایوهان و همکاران (Chauhan et al., 2012) مطابقت دارد.

عملکرد دانه

همان طور که در جدول تجزیه واریانس مشاهده می‌شود عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر سیستم‌های مختلف کشت قرار گرفت (جدول ۲). عملکرد دانه در واحد سطح در سیستم اگروفارستری جو نسبت به تک‌کشتی میزان بیشتری را دارا بود و بیشترین عملکرد دانه در واحد سطح (۴۵۶ گرم در متر مربع) در سیستم مخلوط جو- درخت بادام به دست آمد (شکل ۹).



شکل ۸- مقایسه میانگین وزن هزار دانه گندم و جو در سیستم‌های مختلف کشت

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Fig. 8-Mean comparison of 1000- seed weight wheat and barley in different cultivation systems.

Means which have at least one common letter are not significantly different at the 5% level.

ضرایب همبستگی بین اجزای عملکرد و عملکرد دانه نشان داد که عملکرد دانه با تعداد دانه در سنبله (۰/۶۶**) و تعداد سنبله (۰/۵*)، همبستگی مثبت و معنی‌دار دارد (جدول ۴). اما عملکرد دانه با وزن هزار دانه (۰/۳-ns) همبستگی منفی و غیر معنی‌داری داشت (جدول ۴). اما عملکرد در گندم در سیستم اگروفارستری کاهش یافت. به نظر می‌رسد که کمتر بودن میزان عملکرد در سیستم مخلوط گندم- بادام به خاطر سایه‌اندازی درختان بر گندم (به دلیل کاهش وزن هزار دانه) و قدرت رقابتی پایین‌تر گندم نسبت به درخت بادام بوده که باعث کاهش عملکرد در گیاه گندم در این سیستم شده است. دیگر محققان اظهار داشتند که طول دوره رسیدگی گیاه گندم همزمان با شروع رشد جوانه‌های برگ در درخت صنوبر می‌باشد که با رشد جوانه‌های برگ و سایه‌اندازی و کاهش تشعشعات فعال فتوسنتزی روی محصول اثر گذاشته و سبب کاهش عملکرد گیاه گندم در زیر کانوپی صنوبر نسبت به کشت خالص گندم می‌شود (Gill et al., 2009). برخی گزارشات در استرالیا حاکی از این است که کاهش عملکرد محصولات زراعی در سیستم‌های اگروفارستری نسبت به کشت خالص گیاهان زراعی بر اثر رقابت بر سر آب می‌باشد (Gao et al., 2013). همچنین جین گارت و بیوک (Gene Garrett & Buck, 1997) نیز نشان دادند که عامل اصلی کاهش عملکرد گندم بهاره در سیستم اگروفارستری (درخت سیب) نسبت به کشت خالص گندم بهاره رقابت برای آب بوده است. با این حال، برخی گزارشات دیگر حاکی از این است که یکی از عوامل اصلی کاهش عملکرد محصولات کشاورزی در سیستم‌های اگروفارستری رقابت برای مواد مغذی در خاک بین درختان و محصولات زراعی می‌باشد که تأثیر منفی بر عملکرد گیاهان می‌گذارد (Newman et al., 1997; Yun et al., 2012). همچنین کاهش عملکرد ذرت (*Zea mays* L.) و سویا (*Glycine max* L.) در کشت مخلوط با درخت صنوبر (*Populus tremula* L.) نیز گزارش شده است (Gao et al., 2013). مطالعات دیگر نشان داد که عملکرد بادام زمینی با درخت لاپسی در اگروفارستری نسبت به کشت خالص دارای عملکرد کمتری بود که به نظر می‌رسد بر اثر رقابت برای منابع بوده است که این کاهش (۸ تا ۶۰ درصد) متغیر بوده است (Nguyen, 2008). چایچی و همکاران (Chaichi et al., 2014) نیز بیان داشتند که عملکرد غده شلغم علوفه‌ای (*Brassica rapa* var.) در سیستم اگروفارستری با درختان مرکبات نسبت به تک کشتی کاهش پیدا کرد.

اما در سیستم‌های حاوی گیاه جو بیشترین میزان عملکرد اقتصادی (۴۵۶ گرم در مترمربع) در سیستم مخلوط گیاه جو- درخت بادام حاصل شد (شکل ۸). به نظر می‌رسد که احتمالا قدرت رقابتی جو بیشتر بوده و یا ممکن است به خاطر کوتاه‌تر بودن دوره رشد جو، گیاه جو قبل از بسته شدن کامل کانوپی درخت بادام به فاز زایشی رفته پس در نتیجه توانسته بیشترین استفاده را از فضا برده و عملکرد بیشتری تولید کرده باشد. همچنین محققان بیان داشتند که افزایش عملکرد شاید به دلیل بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی خاک توسط درختان در سیستم اگروفارستری باشد (Amin et al., 2010).

در برخی مطالعات دیگر نشان داده شد که رقابت بر سر مواد مغذی در سیستم‌های چندکشتی باعث کاهش عملکرد در گیاهان نمی‌شود (Jose et al., 2000; Thevathasan et al., 2004). آزمایشات پنگ و همکاران (Peng et al., 2009) نشان داد که عملکرد محصول گیاه سویا در سیستم اگروفارستری مخلوط با درخت صنوبر افزایش یافته که به خاطر جذب تشعشع بیشتر و همچنین رطوبت مناسب خاک و استفاده بیشتر از منابع مغذی خاک بوده است. همچنین در یک مطالعه ۱۰ ساله کشت ذرت با داکتیلادنیا[۳] *(Dactyladenia cinerea* L.) و سوبابل در سیستم کشت راهرویی در غرب آفریقا نشان داده شد که محصول ذرت در سیستم زراعت راهرویی (۲/۵ تا ۶/۵ تن در هکتار) بود که در مقایسه با تک‌کشتی (۱/۷ تا ۲/۵ تن در هکتار) بیشتر بوده است (Nguyen, 2008).

در یک مطالعه سه ساله در سریلانکا، نشان داده شد که عملکرد لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata*) در زراعت راهرویی به طور مداوم بالاتر از تک‌کشتی آن بوده است (Nguyen, 2008). مطالعات دیگر در مالزی نشان داد که کشت خالص ذرت نسبت به اگروفارستری عملکرد کمتری را دارا بود (Nguyen, 2008). سینگ و همکاران (Singh et al., 2001) بیان داشت که در سیستم‌های اگروفارستری گونه درختان نیز می‌تواند بر میزان عملکرد گندم تأثیر گذار باشند، به طوری‌که روند افزایش عملکرد گندم زیر کانوپی درختان مختلف این چنین است، اکالیپتوس (*Eucalyptus* spp.) بیشتر از صنوبر و این دو بیشتر از اقاقیا (*Robinia pseudoacacia* L.) روی عملکرد دانه تأثیر گذار بوده‌اند.

امین و همکاران (Amin et al., 2010) نیز بیان داشت که بیشترین میزان عملکرد اقتصادی گیاه زنجبیل در زیر درختان انبه به دست آمد. همچنین آزمایشات دیگر نشان داده که گیاه زنجبیل در زیر درختان نارگیل (*Cocos nucifera* L.) نیز بیشترین عملکرد اقتصادی را نسبت به فضای بدون درخت داشته است که این میزان افزایش عملکرد بین ۱۱ تا ۲۷ درصد بوده است (Jayachandran et al., 1998).

همچنین همان طور که در جدول تجزیه واریانس مشاهده می‌شود عملکرد واقعی دانه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر سیستم‌های مختلف کشت قرار گرفت (جدول ۳). به طوری‌که بیشترین میزان عملکرد واقعی دانه در بین سیستم‌های دارای گندم در تک‌کشتی گندم به دست آمد و در سیستم‌های حاوی گیاه جو تفاوت معنی‌داری بین سیستم‌های کشت نشان داده نشد (شکل ۹). می‌توان اظهار داشت که گیاه جو توانایی و قدرت رقابتی و استفاده از منابع بیشتری دارا است که عملکرد واقعی این گیاه در سیستم اگروفارستری با کاهش سطح مفید این گیاه اختلاف معنی‌داری را با کشت خالص نشان نداده است.

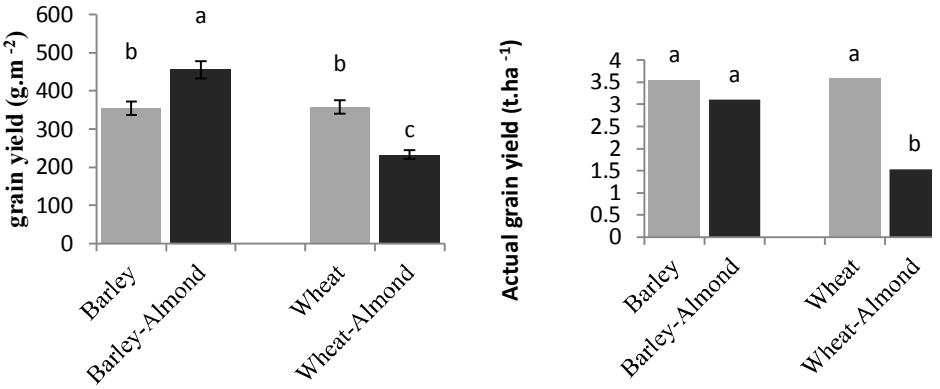
عملکرد بیولوژیک

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بین انواع سیستم‌های چند کشتی اگروفارستری گندم- بادام و جو- بادام و سیستم تک-کشتی این گیاهان از نظر عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌دار وجود داشت (جدول ۲). سیستم چندکشتی اگروفارستری گندم- بادام و جو- بادام بیشترین تأثیر را بر عملکرد بیولوژیک داشتند (شکل ۱۰) که با سیستم تک‌کشتی این گیاهان اختلاف آماری معنی‌داری داشت. بالا بودن عملکرد بیولوژیک (۱۶ درصد) در سیستم‌های اگروفارستری گندم حاکی از آن است که گیاهان زراعی کشت شده در زیر درختان رشد رویشی بیشتری را دارا بوده که با توجه به نتایج قبلی در مورد، ارتفاع بوته، تعداد پنجه و طول سنبلچه (شکل‌های ۱، ۲ و ۳) این امر بدیهی به نظر می‌رسد، در سیستم‌های اگروفارستری بیشترین میزان ارتفاع، تعداد پنجه و طول سنبله وجود داشته و باعث افزایش عملکرد بیولوژیک شده است. حاکی از این نکته است ضریب همبستگی نیز بین عملکرد بیولوژیک و ارتفاع بوته (*۰/۶۱)، طول سنبله (*۰/۴۸) و تعداد پنجه (**۰/۵۵). نتایج حسن و همکاران (Hasan et al., 2005) نیز حاکی از افزایش عملکرد بیولوژیک گندم در سیستم کشت اگروفارستری می‌باشد. همچنین گزارشات دیگر نیز حاکی از افزایش (۱۲ درصد) عملکرد بیولوژیک گندم در سیستم اگرو فارستری گندم- صنوبر نسبت به شاهد (کشت خالص گندم) می‌باشد (Sharma Amin et al., 2010 ;et al 2000).

همچنین نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بین انواع سیستم‌های کشت کشاورزی نظیر سیستم چند کشتی اگروفارستری گندم- بادام و جو- بادام و سیستم تک کشتی این گیاهان از نظر عملکرد بیولوژیک واقعی در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی دار وجود داشت (جدول ۳). بیشترین عملکرد بیولوژیک واقعی در سیستم کشت خالص گندم حاصل شد که با تک‌کشتی جو اختلاف

1-Dactyladenia

معنی‌داری را نشان نداد (شکل ۱۰). اما از بین سیستم‌های دارای جو سیستم اگروفارستری جو با سیستم تک‌کشتی این گیاه اختلاف معنی-داری نداشت، سیستم مخلوط بادام–جو عملکرد بیولوژیک واقعی مشابه تک‌کشتی جو را دارا بود که پتانسیل بالای گیاه جو را در سیستم اگرو فارستری نشان می‌دهد.

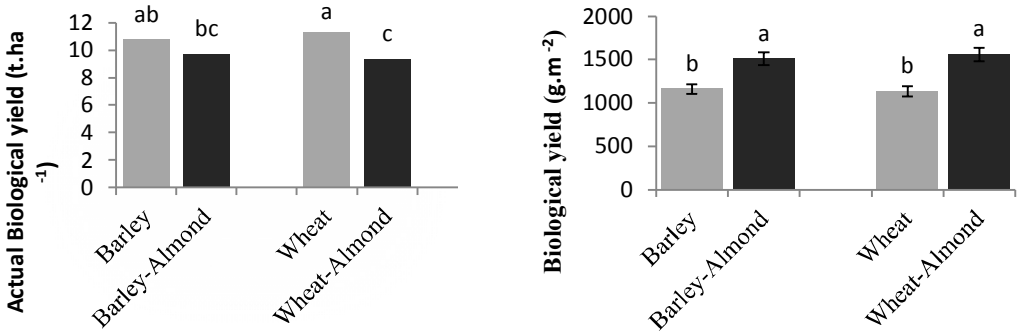


شکل ۹- مقایسه میانگین عملکرد اقتصادی گندم و جو در سیستم‌های مختلف کشت.

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Fig. 9-Mean comparison of grain yield of wheat and barley in different cultivation systems

Means which have at least one common letter are not significantly different at the 5% probability level.



شکل ۱۰- مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک گندم و جو در سیستم‌های مختلف کشت.

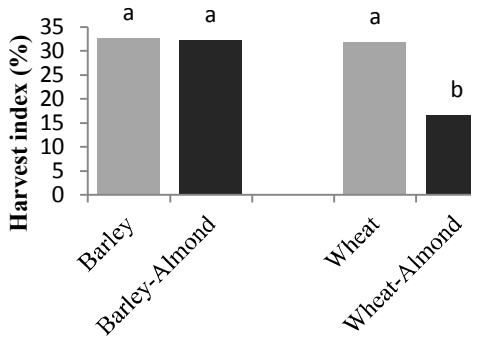
میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Fig. 10- Mean comparison of biological yield of wheat and barley in different cultivation systems

Means which have at least one common letter are not significantly different at the 5% probability level.

شاخص برداشت

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر انواع سیستم‌های کشت بر شاخص برداشت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین میزان شاخص برداشت در سیستم چندکشتی و تک‌کشتی جو با درخت بادام حاصل گردید و همچنین کمترین میزان شاخص برداشت مربوط به سیستم اگروفارستری گندم- بادام به دست آمد (شکل ۱۱). جو به دلیل افزایش میزان عملکرد اقتصادی از شاخص برداشت بالاتری برخوردار بوده است.



شکل ۱۱- مقایسه میانگین شاخص بر داشت گندم و جو در سیستم‌های مختلف کشت

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Fig. 11-Mean comparison of harvest index of wheat and barley in different cultivation systems

Means which have at least one common letter are not significantly different at the 5% probability level.

جدول٤- همبستگی بین صفات عملکردی در سیستم‌های مختلف کشت

Table 4 .The correlation between the yield traits of different systems

	ارتفاع بوته Plant heigh	تعدادپنجه No. of tillers	سطح برگ LAI	طول-سنبلچه Spike length	دانه درسنبله No. of grains	تعداد سنبله N. of spikes	وزن هزار دانه 1000-seed weight	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index
تعدادپنجه No. of tillers	0.76**									
شاخص سطح برگ Leaf area index	0.49*	-0.19 ns								
طول سنبله Spike length	0.88**	0.55**	0.29 ns							
تعداد دانه در سنبله Grains per spike	0.08 ns	0.09 ns	-0.49*	0.12 ns						
تعداد سنبله No. of grains	-0.1 ns	-0.33 ns	-0.46*	-0.19 ns	0.86**					
وزن هزار دانه 1000-seed weight	0.88**	0.79**	0.3 ns	0.79**	0.17 ns	-0.4 ns				
عملکرد دانه Grain yield	-0.02ns	-0.48*	0.6 ns	0.48*	0.5*	0.66**	0.36ns			
عملکرد بیولوژیک Biological yield	0.61*	0.48*	0.003 ns	0.55**	0.32ns	0.17ns	0.79**	0.14 ns		
شاخص برداشت Harvest index	-0.14 ns	-0.3 ns	-0.29 ns	-0.14 ns	0.58*	0.75**	-0.17 ns	0.48*	0.18ns	

**،* و ns: به ترتیب نشان‌دهنده معنی داری در سطح پنج درصد، یک درصد و عدم معنی‌داری

ns, * and **: indicate non- significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که کاربرد سیستم‌های مختلف کشت روی عملکرد و خصوصیات رویشی گیاهان مختلف اثرات متفاوتی دارد، به طوری‌که بیشترین عملکرد دانه در واحد سطح (۴۵۶ گرم در مترمربع) مربوط به چند کشتی جو- درخت بادام بود. به نظر می‌رسد

جو کمتر تحت تأثیر سایه‌اندازی درختان قرار می‌گیرد. علاوه بر این، به نظر می‌رسد سایه درخت و رقابت برای مواد مغذی بین درختان و محصولات کشاورزی نیز می‌تواند تأثیر منفی روی برخی ویژگی های گندم گذاشته و باعث کاهش عملکرد دانه در این گیاه شده باشد (۲۳۳گرم در مترمربع). ضرایب همبستگی بین اجزای عملکرد و عملکرد دانه نشان داد که عملکرد دانه با تعداد دانه در سنبله (۰/۶۶**) و تعداد سنبله (۰/۵*)، همبستگی مثبت و معنی دار دارد (جدول ۴)، اما با وزن هزار دانه (۰/۳ns-) همبستگی منفی و غیر معنی‌داری داشت (جدول ۴). احتمالا سایه‌اندازی درخت بادام روی گندم بیشترین میزان تأثیر را بر وزن هزار دانه گندم داشته چون هنگام پر شدن دانه در گندم همزمان با توسعه برگ بادام بوده و کمبود نور (منبع) باعث کاهش عملکرد دانه این گیاه شده است. همچنین در سیستم‌های اگروفارستری بیشترین میزان ارتفاع، تعداد پنجه و طول سنبله وجود داشته و باعث افزایش عملکرد بیولوژیک شده است. ضریب همبستگی مثبتی نیز بین عملکرد بیولوژیک و ارتفاع بوته (۰/۶۱*)، طول سنبله (۰/۴۸*) و تعداد پنجه (۰/۵۵**) وجود دارد (جدول ۴). نتایج نشان داد که سیستم اگروفارستری جو عملکرد واقعی برابر با سیستم تک‌کشتی جو داشته است، که به این معناست که کشت مخلوط بادام- جو بسیار مناسب می‌باشد و حتی با کاهش سطح مفید و اشغال سطح توسط درخت اما باز هم عملکرد مناسبی را تولید کرده است. به طور کلی، سیستم‌های کشت مخلوط مبتنی بر درخت در استان چهارمحال بختیاری خصوصا در شهرستان سامان به عنوان یک روش مؤثر برای افزایش بهره‌وری استفاده از زمین و بازده اقتصادی گیاهان مثل جو مهم هستند. بنابراین، به منظور از بین بردن کمبود زمین‌های قابل کشت و ترویج توسعه پایدار از منابع طبیعی و استفاده از شیوه‌های چندکشتی و بهره‌برداری از زمین در واحد زمان به کار گرفته شوند. از بین غلات مرسوم منطقه جو گزینه بهتری برای کشت در زیر درختان بادام است.

سپاسگزاری

به این وسیله از حمایت‌های مالی دانشگاه شهرکرد در اجرای این پژوهش سپاسگزاری می‌شود.

منابع

Amin, M.H.A., Miah, M.M.U., and Akter, M.M. 2010. Yield performance of transplanted aman rice under different multipurpose tree species. Journal Agroforestry and Environment 3(2): 91- 94.

Amin, M.R., Ikba, T.M.T., Miah, M.M.U., Hakim, M.A., and Amanullah, A.S.M. 2010. Performance of ginger under agroforestry system. Journal Bangladesh Research Publications 4(3): 208- 217.

Araujo, A.S.F., Leite, L.F.C., Iwata, B.F., Lira, Jr M.A., Xavier, G.R., and Figueiredo, M.V.B. 2012. Microbiological process in agroforestry systems. A review. Agronomy Sustainable Development 32: 215–26.

Aynehband, A. 2014. Ecology of Agricultural Systems. Shahid Chamran University Press, Ahwaz, Iran. Pp600. (In Persian)

Bhardwaj, B.B., Gupta, S.R., Saini, R., Sodhi, J.S., and Singh, A. 2005. Nutrient dynamics in a *populus deltoides* agroforestry system at Kurukshetra. Bulletin of the National Institute of Ecology 15: 99-108.

Bodaghi, V., Rasekh, M., Afkari- Sayyah, A.H., Yaghoubian, B., and Golmohammadi, A. 2011. Some physical and mechanical properties of two varieties of Almond. Journal of Food Science and Technology 8(29): 49-57. (In Persian)

Chauhan, S. K., Brar, M. S., and Sharma, R. 2012. Performance of poplar (*Populus deltoides* bartr.) and its effect on wheat yield under agroforestry system in irrigated agro- ecosystem, India. Caspian Journal of Environmental Sciences 10(1): 53- 60.

Chaichi, MR., Keshavarz afshar, R., and Ghanbarzadeh, S. 2014. The effect of planting date and density on yield and quality of forage turnip (*Brassica rap*a L.) in an agroforestry system in comparison with monoculture. Journal of Agroecology 6(1): 84-96 (In Persian). (In Persian with English Summary)

Daizy, R., Batish, R., Kumar, K., Shibu, J.H., and Pal, S. 2008. Ecological Basis of Agroforestry. 400 pp.

Dinesh, K., Benbi. Kiranvir Brar Amardeep, S., and Toor, P.S. 2014. Total and labile pools of soil organic carbon in cultivated and undisturbed soils in northern India. Journal Geoderma 237–238.

Doyle, U., Von haaren, C., Ott, K., leinweber, T., and Bartholomaus, C. 2005. Noch 5. Jahre bis 2010 – Eine Biodiversitätsstrategie bioiversitatsstrategie fur Deutschland Natur and Landschaft 79: 394-354.

Fischer, R.A. 1985. Number of kernels in wheat crops and the influence of solar radiation and temperature. Journal

of Agricultural Science 105: 447-461.

Gao, L., Xu, H., Bi, H., Xi, W., Bao, B., Wang, X., Bi, C., and Chang, Y. 2013. Intercropping Competition between Apple Trees and Crops in Agroforestry Systems on the Loess Plateau of China. PLOS ONE 8(7): e70739. doi:10.1371/journal.pone.0070739

Gagliardi, S., Adam, R.M., Elias de, M.V.F., Bruno, R., and Marney, E. 2015. Intraspecific leaf economic trait variation partially explains coffee performance across agroforestry management regimes. Agriculture, Ecosystems and Environment 200: 151–160.

Gene Garrett, H.E., and Buck, L. 1997. Agroforestry practice and policy in the United States of America. Forest Ecology and Management 91: 5–15.

Gill, R.I.S., Singh, B., and Kaur, N. 2009. Productivity and nutrient uptake of newly released wheat varieties at different sowing times under poplar plantation in North- western India. Agroforestry Systems 76: 579- 590.

Grabau, L.J., Sanford, D.A., and Meng, Q.W. 1990. Reproductive characteristics of winter wheat cultivars subjected to post- anthesis shading. Crop Science 30: 771- 774.

Ramyar, H., and Jamnajad, M. 2010. Evaluation of volunteer barley interference on growth indices of some wheat cultivars cultivars. Iranian Journal of Field Crops Research 8 (1): 75- 81. (In Persian with English Summary)

Hasan, M.M., Asaduzzaman, S.M., Islam, K.K., and Hossain, M.A. 2005. Effect of organic and inorganic fertilizer on growth and yield of wheat under Agrisilvicurtural system. Journal of Agricultural Science 57(7): 193-205.

Hatirli, S.A., Ozkan, B., and Fert, K. 2005. An econometric analysis of energy input/output in Turkish agriculture. Renewable and Sustainable Energy Reviews 9: 608-623.

Jayachandran, B.K., Ancy, J., Babu, P., Nizam, S.A., and Mridula, K.R. 1998. Under the coconut tree: in India, ginger has it made in the shade. Kerala Agril. Univ., Kerala, India, Agroforestry Today 10 (3): 16- 17.

Jose, S., Gillespie, A.R., Seifert, J.R., and Biehle, D.J. 2000. Defining competition vectors in a temperate alley cropping system in the midwestern USA. Agroforestry Systems 48: 41–59.

Jose, S. 2009. Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview. Agroforestry Systems 76: 1–10.

Khayamim, F., and Khademi, H. 2010. The ability of three plant species to take up potassium from phlogopite. Journal of Plant Production 17(4): 91- 108. (In Persian with English Summary)

Koehler, P., and Wieser, H. 2013. Chemistry of Cereal Grains. Journal German Research Center for Food Chemistry. Chapter 2, p. 11-45.

Lehmann, J., Gebauer, G., and Zech, W. 2002. Nitrogen cycling assessment in a hedgerow intercropping system using 15N enrichment. Nutrient Cycling in Agroecosystems 62: 1-9.

Lopez bellido, L., Fuentes, M., Castilo, J.E., Lopez garrido, F.J., and Fernandes, E.J. 1996. Long term tillage, crop rotation, and nitrogen fertilizer effects on wheat yield under rainfed Mediterranean conditions. Agronomy Journal 88: 783-791.

Lvl (landesamt fur verbraucherschutz und landwirtschaft). 2002. Umsetzung der dungeeverordnung-nahrstoffvergleiche im land Brandenburg. Informationen aus dem referat acker- und pflanzenbau, guterfelde.

Ma (millennium ecosystem assessment). 2005. Biodiversity synthesis report.Island press, Washington, DC.

Mazaheri, D., and Majnoun, N. 2011. Fundamental of Agronomy. University of Tehran Press, Tehran, Iran 412 pp. (In Persian)

McMaster Gregory, S., Morgan, J.A., and Willis, W.O. 1987. Effects of shading on winter wheat yield, spike characteristics and carbohydrate allocation. Journal of Crop Science 27(5): 967-973.

Newman, S.M., Bennett, K., and Wu, Y. 1997. Performance of maize, beans and ginger as intercrops in Paulownia plantations in China. Agroforestry Systems 39: 23-30.

Nguyen, M.L. 2008. Management Agroforestr Systems for Enhancing Resource use Efficiency and Crop Productivity. 244 pp.

Nuberg, I.K., and Mylins, S.J. 2002. Effect of shelter on the yield and water use of wheat. Australian Journal of Experimental Agriculture 42: 773-780.

Peng, X., Zhang, Y., Cai, J., Jiang, Z., and Zhang, S. 2009. Photosynthesis, growth and yield of soybean and maize in a tree- based agroforestry intercropping system on the Loess Plateau. Agroforestry Systems 76: 569-577.

Rahnama, A. 2010. Plant Physiology. Poran Pagohesh. Tehran, Iran 399 pp. (In Persian)

Sarvade, S., Mishra, H.S., Rajesh, K., Sumit, C.H., Salil, T., and Jadhav, T.A. 2014. Performance of wheat (*Triticum aestivum* L.) crop under different spacings of trees and fertility levels. African Journal of Agricultural Research 9 (9): 866-873.

Sharma, N.K., Singh, H.P., and Dadhwa, K.S. 2000. Effect of poplar (*Populus deltoides*) on wheat growth at an early stage. Indian Journal of Soil and Water Conservation 28(3): 221- 225.

Singh, H., Gurbachan, S., Singh, H., and Singh, G. 2001. Performance of turmeric in association with multipurpose tree species. Central Soil Salinity Res. Ins., Karnal, Haryana, India, Journal of Biological Research 3(1- 2): 57-60.

Thevathasan, N.V., Gordon, A.M., Simpson, J.A., Reynolds, P.E., and Price, G. 2004. Biophysical and ecological interactions in a temperate tree- based intercropping system. Journal of Crop Improvement 12: 339-363.

Vandermeer, J. 1989. The Ecology of Intercropping. Cambridge University Press.

Wadud, M.A. 1999. Performance of four summer vegetables, under reduced light condition for Agroforestry systems. M.S. Thesis, BSMRAU, Gazipur, Bangladesh.

Yun, L., Bi, H., Gao, L., Zhu, Q., and Ma, W. 2012. Soil moisture and soil nutrient content in walnut- crop intercropping systems in the Loess Plateau of China. Arid Land Research and Management 26: 285-296.

Zhang, Y., Xiao, Q., and Huang, M. 2016. Temporal stability analysis identifies soil water relations under different land use types in an oasis agroforestry ecosystem. Geoderma 271: 150–160.

Journal of Agroecology
Vol. 9, No. 1, Spring 2017, p. 198-216

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۹، شماره ۱، بهار ۱۳۹۶، ص. ۲۱۶-۱۹۸

Evaluation of the Effect of Agroforestry and Conventional System on Yield and Yield Components of Barley *Hordeum vulgare* L.) and Wheat (*Triticum aestivam* L.)

M. Nazari[4], A. Abbasi Surki[2*] and S. Fallah[3]
Submitted: 17-02-2016
Accepted: 13-11-2016

Nazari, M., Abbasi Surki, A., and Fallah, S. 2017. Evaluation of agroforestry and conventional system's effects on yield and its components of barley and wheath. Journal of Agroecology 9(1): 198-216.

Introduction:

Low sustainability, soil erosion and loss of soil fertility in conventional systems are the major threats to the agricultural production systems. These threats leads researchers towards more attention to different agroforestry systems including alley cropping as a solution in different regions of the world. Agroforestry has attracted considerable attentions because of its potential to maintain or increase productivity in areas with high energy input in which large scale agricultural systems are impractical. It is often assumed that appropriate agroforestry systems can provide the essential ecological functions needed to ensure sustainability and maintain microclimatic and other favorable influences, and that such benefits may outweigh their enhanced use of water in areas of limited water availability. Evidences suggest that diversity in agroecosystems, in particular the integration of different perennial crops or trees (agroforestry), augments nutrient capture and cycling processes; processes that in turn lead to reduced reliance on nutrient or water inputs, abatement of air and water pollution, and enhancement of other ecosystem services across multiple spatial and temporal scales .Agroforestry is viewed as providing ecosystem services, has many environmental benefits and economic advantages as part of a multifunctional agroecosystem. Conventional cultivation of barley and wheat systems in Saman Region has many problems about sustainability of production, erosion of soil, yield stability and soil nutrient properties. On the other hand, planting of Almond is a good option for farmers to make orchards, in compare to Nut. Although some farmers do Agroforestry as an innovative practice, but studying the advantages of these systems and finding their rewards, because of its unique benefits in dry, poor and endangered areas, could help farmers to increase their cultivation area as they wish, particularly in Saman region.

Materials and methods:

In order to evaluate the benefits of a tree-based intercropping system, a study was conducted in an almond-based agroforestry plantation located in Saman region of Shahrekord, Iran (32˚43' N latitude and 50˚49' E longitude, with an altitude of 2085 m) based on a completely randomized design with four replications in 2014-2015.The region is a semi-arid area receives 346 mm precipitation annually distributed only in 5-6 months.. Treatments include different types of cultivation systems: almond - wheat, almond - barley, and sole cropping of Wheat and Barley. Measured traits were leaf area index, plant height, spike length, dry matter, number of grains per spike, number of spikes per m², 1000 grain weight and grain yield (per unit area) and actual yield, biological yield and harvest index of wheat and barley.

Results and discussion:

Results showed that the highest yield (456 $g.m^{-2}$) was acquired from almond-barley agroforestry system and the lowest from almond-wheat (233 $g.m^{-2}$). Cultivation of barley in almond-barley system increased dry matter (14%) and grain yield (28%). Intercropping with almond tree increased leaf area Index, plant height, number of tillers, spike length and dry weight, especially for barley. So Agroforestry may increase morphological characteristics rather than the others. But number of spike, seed number and 1000 seed weight increased just for

4, 2 and 3- PhD student in seed Science and Technology Assistant Professor and Associate Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Shahrekord, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: aabasi59@yahoo.com)

barley and decreased in wheat, However agroforestry increased biological yield in both barley and wheat, but the trend for grain yield was only in barley and some decrement were seen for wheat. It could be due to difference in filling period length and commence, and accordance with crucial developmental stage in almond.

Conclusion:

Results of this study showed that the highest biological and grain yields were obtained from barley at agroforestry system with almond tree, indicating that barley is a more suitable option for multiple cropping compared to wheat. It may be due to higher dry matter accumulation of barley before bud developing and shading of almonds lead to higher dry matter accumulation, the situation that will occur for wheat latter. So barley- almond agroforestry system could be an effective technique to increase productivity and satisfying economical purposes in Saman region, Iran.

Keywords: Agricultural system, Alley cropping, Almond tree, Competition, Monoculture