نشریه تولید گیاهان زراعی
جلد یازدهم، شماره اول، بهار ۹۷
۸۵-۹۹
http://ejcp.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/EJCP.2018.12137.1935

بررسی خصوصیات رشدی و فیزیولوژیکی گندم و جو در سیستم کشت راهرویی در منطقه سامان

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

[۱]دانشجوی دکتری اگرواکولوژی، دانشگاه شهرکرد، [۲]استادیار اگرواکولوژی، دانشگاه شهرکرد،
[۳]استاد اگرواکولوژی، دانشگاه شهرکرد

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۸/۲۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۳/۲۲

چکیده

سابقه و هدف: رشد گیاه در بر گیرنده مجموعه‌ای از فرآیندهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی است که این فرآیندها با یکدیگر اثرات متقابل برقرار و تحت تأثیر عوامل محیطی مختلف از جمله نور قرار می‌گیرند. شناخت و بررسی شاخص‌های رشد، در تجزیه و تحلیل عوامل مؤثر بر تجمع ماده خشک از اهمیت زیادی برخوردار است. از آنجاکه در سیستم‌های مختلف زراعی از جمله کشت راهرویی بیش از یک گونه در کنار هم رشد و نمو می‌کنند، بنابراین بررسی رفتارگیاهان می‌تواند از نظر زراعی بسیار مهم و ضروری باشد. لذا هدف از این تحقیق بررسی ادغام درخت و گیاهان زراعی در سیستم راهرویی به‌منظور حفظ و یا افزایش ماده خشک گیاه، تحت بهره‌وری بهتر از منابع است. ترویج این شیوه‌های چند کشتی می‌تواند سبب پایداری اکوسیستم‌های کشاورزی شود.

مواد و روش‌ها: به‌منظور بررسی آنالیز رشد و صفات فیزیولوژیکی گندم و جو در سیستم‌های مختلف کشت آزمایشی در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ٤ تکرار در سال زراعی ۹٤-۱۳۹۳ در منطقه سامان اجرا گردید. تیمارها شامل: ٤ سیستم مختلف کشت (کشت راهرویی گندم- بادام، کشت راهرویی جو- بادام، تک کشتی گندم و تک کشتی جو) بود. شاخص سطح برگ، میزان ماده خشک تولیدی، میزان کلرفیل (a و b و کلروفیل کل)، میزان پرولین، درصد پروتئین دانه و شاخص‌های رشدی اندازه‌گیری شدند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد بیشترین میزان پرولین، جذب نور، سرعت رشد محصول، سرعت جذب خالص و سرعت رشد نسبی در سیستم کشت راهرویی جو- بادام به‌دست آمد. بالاترین میزان ماده خشک تولیدی در واحد سطح (۱٤۲٤ گرم در مترمربع) مربوط به کشت راهرویی جو- درخت بادام بود، درحالی‌که برای کشت متناظر گندم برابر با ۹۳٤ گرم در مترمربع به‌دست آمد که با تک کشتی تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین میزان هم برای تک کشتی جو برابر با ۷۰۰ گرم در مترمربع بود. به‌نظر می‌رسد جو کمتر تحت تأثیر سایه‌اندازی درخت و رقابت مواد مغذی در این سیستم کشت قرار می‌گیرد و میزان ماده خشک بالاتری نسبت به تک کشتی و نیز کشت راهرویی گندم را سبب می شود. بیشترین جذب نور نیز در این سیستم کشت به‌دست آمد.

نتیجه‌گیری: کشت راهرویی در استان چهارمحال و بختیاری مخصوصا در شهرستان سامان به‌عنوان یک روش مؤثر برای افزایش بهره‌وری و بازده اقتصادی باغات و گیاهانی مثل جو مهم است. بنابراین می‌تواند در جهت ترویج توسعه

*مسئول مکاتبه: aabasi59@yahoo.com

پایدار از منابع طبیعی و بهره‌برداری از فضا در واحد زمان به‌کار گرفته شود. از بین غلات مرسوم منطقه جو گزینه بهتری برای کشت زیر درختان بادام است و بیشترین ماده خشک تولیدی در واحد سطح مربوط به کشت راهرویی آن با درخت بادام بود. کاشت گندم در این سیستم کشت نیز اگرچه میزان تجمع ماده خشک تولیدی را تغییر نداد، اما اضافه شدن آن در باغ گامی در جهت بهره‌وری و جلوگیری از هدر رفت منابع است. گیاه جو از این شرایط بهره بیشتری برده و گزینه مناسب تری برای زیراشکوب درختان بادام است.

واژه‌های کلیدی: تک کشتی، توسعه پایدار، درخت بادام، رقابت، کشت راهرویی

مقدمه

رشد گیاه در برگیرنده مجموعه‌ای از فرآیندهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی است که این فرآیندها اثرات متقابل با یکدیگر برقرار نموده و تحت تأثیر عوامل محیطی مختلف از جمله نور قرار می‌گیرند (۳۲). بررسی شاخص‌های رشد، در تجزیه و تحلیل عوامل مؤثر بر ماده خشک از اهمیت زیادی برخوردار است و میزان مشارکت هر یک از این شاخص‌ها را در عملکرد نهایی مشخص می‌کند. لذا تجزیه و تحلیل کمی رشد، روشی برای توجیه و تفسیر واکنش گیاه نسبت به شرایط محیطی است که گیاه در دوران حیات خود با آن‌ها مواجه می‌گردد (۳۹). تجزیه رشد با بهره‌گیری از معادلات ریاضی ضمن تحلیل و تفسیر رشد و نمو گیاه و تولید محصول، اجزای رشد گیاه و سهم آن‌ها را نیز تعیین می‌نماید (٤١).

در سیستم‌های مختلف زراعی از جمله کشت راهرویی بیش از یک گونه در کنار هم رشد و نمو می‌کنند، بنابراین بررسی رفتارهای گیاهان در کنار هم می‌تواند از نظر زراعی بسیار مهم و ضروری باشد. کشت راهرویی به مفهوم کشت توأم درخت و محصولات زراعی، سازگاری زیادی با اکثر نواحی دنیا دارد. این سیستم با تولید گیاهان یک‌ساله علفی و انواع چندساله سازگاری نشان می‌دهد و سبب بازدهی استفاده از نور، آب و مواد غذایی می‌شود (۳۵). ادغام درخت و گیاه زراعی ابزار مؤثری را برای حفظ و یا حتی افزایش عملکرد گیاه زراعی و درخت، تحت بهره‌وری بهتر از نور ایجاد می‌نماید و ترویج این اکوسیستم‌ها می‌تواند باعث پایداری اکوسیستم‌های کشاورزی شود (۲۷).

بهره‌گیری از پتانسیل موجود در این زمینه و توجه به مزایای جنگل زراعی و اثبات کارآمدی این سیستم‌ها به‌ویژه از نظر حداکثر استفاده از نور می‌تواند منجر به حفظ و افزایش عامه پسندی آن‌ها گردد. مطالعات نشان می‌دهد حضور درختان در یک سیستم کشت راهرویی سبب تغییر عوامل اکولوژیکی نظیر درجه حرارت و جذب نور می‌شود. گیاهانی نظیر پنبه (*Gossypium herbaceum*) و سویا (*Glycin max*) در کشت با درخت از رشد و جوانه‌زنی بهتری نسبت به کشت در فضای بدون درخت برخوردار خواهند بود. به‌عنوان مثال رمزی و خوزه (۲۰۰۲) در مطالعه سیستم کشت راهرویی پنبه- گردو (*Juglans regia*) در شمال غربی فلوریدا نشان دادند که پنبه جوانه‌زنی سریع‌تری داشته که به‌دلیل وجود بقایای بالای ناشی از تاج پوشش گردو و تعدیل حرارت و خنک‌کنندگی آن می‌باشد (۳۰). به‌طور مشابه، یک مطالعه در نبراسکا نشان داد که رشد و عملکرد گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum L.*) و لوبیا سبز (*Phaseolus vulgaris L.*) در سیستم کشت راهرویی با درخت کاج افزایش یافته (۹) و مطالعه دیگر بهبود کیفیت گندم (*Triticum*

aestivum) را از لحاظ پروتئین دانه در کشت راهرویی این گیاه با درخت کاج (*Pinus sp*) گزارش کرده است (۷). مطالعات نشان داده است که در سیستم‌های جنگل زراعی، سایه درختان می‌تواند فتوسنتز و شاخص‌های فیزیولوژیکی گیاهان زراعی مجاور را تحت تأثیر قرار دهد (۷). نور عامل مهمی است که بر فتوسنتز و عملکرد گیاهان در سیستم‌های جنگل‌زراعی اثر می‌گذارد. درختان و گیاهان زراعی نور را به شکل تشعشات فعال فتوسنتزی (PAR) دریافت می‌کنند (طول موج ۷۰۰-٤۰۰ نانومتر). مقدار جذب PAR به نوبه خود تحت تأثیر ساعات روز، دما، سطح CO_2، ترکیب گونه‌ها، ساختار کانوپی، ارتفاع و سن گیاه، زاویه و سطح برگ می‌باشد (۷). به‌طوری‌که سروید و همکاران (۲۰۱٤) بیان داشتند که در سیستم جنگل زراعی گندم- صنوبر (*Populus deltoids marsh*) بیشترین میزان شاخص سطح برگ گندم در زیر درخت صنوبر حاصل گردید (۳٤). جو و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند که در سیستم جنگل زراعی سیب (*Malus domestica*)- سویا (*Glycin max*) بیشترین میزان جذب تشعشعات فعال فتوسنتزی (PAR) نسبت به تک کشتی سویا به‌دست آمد (۱۰). گزارشات دیگر نشان داد که بیشترین جذب تشعشعات فعال فتوسنتزی (PAR) در سیستم جنگل زراعی صنوبر- سویا حاصل گردید که به دنبال افزایش جذب تشعشع، بیشترین میزان جذب خالص (NA) نیز در این سیستم نسبت به تک کشتی به‌دست آمد (۳۱). مطالعات گسترده‌ای در مورد اثر نور بر عملکرد گیاهان صورت گرفته است. وقتی آب و مواد غذایی عوامل محدودکننده نیستند، عملکرد گیاهان ممکن است با میزان PAR که درخت و گیاه علفی می‌تواند دریافت کند، محدود شود. برای مثال، در مطالعه سیستم کشت مخلوط گندم زمستانه و درخت *Paulownia tomentosa* در شمال چین مشخص گردید که سایه‌اندازی درخت سبب دریافت پایین PAR و کاهش عملکرد گندم زمستانه در ردیف‌های نزدیک به درختان می‌گردد (۷). با این حال، محققان دریافتند که فضای بین ردیفی بیشتر، آرایش شمالی- جنوبی درختان می‌تواند سطح بالاتری از PAR در صبح و بعد از ظهر دریافت کند. لین و همکاران (۱۹۹۹) در شرایط گلخانه‌ای در بررسی اثرات سایه بر تولیدات گیاهان علوفه‌ای دریافتند که سایه به‌طور معنی‌داری میانگین وزن خشک گراس‌های مختلف فصل گرم و لگومینوز را کاهش می‌دهد (۲۱). در دیگر گزارشات محتوای پروتئین بعضی گونه‌های گیاهان زراعی تحت تأثیر سایه ۵۰ درصد و ۸۰ درصد نسبت به نور کامل بیشتر بود. به احتمال زیاد، سایه اندازه سلول گیاه را کاهش داده و در نتیجه محتوای نیتروژن در هر سلول بالا می‌رود (۱۵). از آنجاکه بسیاری از گیاهان در سیستم‌های مختلف زراعی از جمله کشت مخلوط و یا سیستم‌های جنگل زراعی در مجاورت یکدیگر رشد می‌کنند، بنابراین بررسی رفتارها و واکنش‌های مختلف و به‌طورکلی انجام وظیفه آنها در کنار یکدیگر می‌تواند از نظر زراعی بسیار مهم و ضروری باشد (۳۲). از بین خصوصیات وابسته به رشد، میزان ماده خشک به‌دلیل اهمیت اقتصادی بیشتر به‌عنوان یک عامل تعیین‌کننده عملکرد محسوب می‌شود. الگوی توزیع ماده خشک بین اندام‌های مختلف تابع مراحل نمو گیاهان زراعی است (۱٦). مطالعه رشد و تجمع ماده خشک در گیاهان زراعی مختلف نشان داده است که تولید ماده خشک به شاخص سطح برگ و مقدار تشعشع دریافت شده در طول دوره رشد (٤۳) و کارآیی گیاه در تبدیل تشعشع دریافت شده (۳٦) وابسته است. توسعه و گسترش سطح برگ در گیاهان زراعی به عوامل مختلفی مانند دما و میزان مواد غذایی در دسترس بستگی دارد، این عوامل باعث به وجود

آمدن تفاوت‌هایی در شاخص سطح برگ می‌گردد (۲۸). سرعت رشد محصول[1] (CGR) به بهترین شکل مفهوم رشد را می‌رساند و سرعت تولید را در واحد سطح زمین در زمان مشخص ساخته و اثر متقابل تنفس و فتوسنتز را نشان می‌دهد. میزان رشد نسبی[2] (RGR) بیان کننده تجمع ماده خشک در واحد زمان است (١٤). سرعت تجمع در واحد سطح برگ در واحد زمان را سرعت جذب خالص[3] (NAR) می‌نامند. لذا تجزیه و تحلیل شاخص‌های رشد به‌منظور تفسیر چگونگی عکس‌العمل گونه‌های گیاهی به شرایط محیطی حائز اهمیت زیادی است (۱۸). با وجود این، بررسی چندانی درباره عوامل بوم شناختی مؤثر بر رشد و تجمع ماده خشک این گیاهان، در سیستم‌های مختلف کشت انجام نشده است. لذا هدف این پژوهش بررسی رشد و تجمع ماده خشک گندم و جو در سیستم‌های مختلف کشت و شرایط مختلف نوری می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در شهرستان سامان در استان چهار محال و بختیاری با موقعیت جغرافیایی ۳۲ درجه و ۲۹ دقیقه الی ۳۲ درجه و ٤٣ دقیقه عرض شمالی و ۵۰ درجه و ٤٢ دقیقه الی ۵۱ درجه و ۵۹ دقیقه طول شرقی با ارتفاع ١٠٨٦ متر از سطح دریا انجام شد. بر اساس آمار هواشناسی، متوسط بارندگی سالیانه منطقه ٣٤٦ میلی‌متر، دمای متوسط آن ۱۲/۹ درجه سانتی‌گراد و میانگین رطوبت نسبی معادل ۳۱/۷ درصد است (اداره هواشناسی شهرستان سامان، ۱۳۹۳). این منطقه به‌طور مجزا ۲ فصل سرد و معتدل دارد که فصل سرد آن از آبان ماه آغاز و به‌مدت ٦ ماه ادامه می‌یابد و فصل معتدل آن از اردیبهشت ماه شروع می‌شود.

در این پژوهش دو سیستم زراعت راهرویی (گندم- بادام، و جو- بادام) که از نظر شرایط توپوگرافی، تراکم، الگوی کاشت و سن درختان همگن بودند، مورد بررسی قرار گرفتند. در مجاورت این سیستم‌ها، دو سیستم زراعی تک کشتی (گندم و جو) نیز به‌منظور مقایسه مورد مطالعه قرار گرفت. این سیستم‌های زراعی به‌عنوان تیمارهای آزمایشی در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ٤ تکرار در نظر گرفته شدند. سیستم‌های زراعت راهرویی و زراعی فوق به لحاظ خصوصیات ذاتی مشابه بوده و تنها تفاوت آن‌ها ناشی از نوع کاربری اعمال شده (زراعت راهرویی یا زراعی) بود. عملیات تهیه بستر برای کشت غلات در همه سیستم‌ها شامل شخم، دیسک، تسطیح و ایجاد جوی و پشته انجام گرفت. هر واحد آزمایشی در بین درختان در سیستم زراعت راهرویی شامل ۷ ردیف کاشت به صورت جوی و پشته با فاصله ۲۵ سانتی‌متر بود. کشت غلات در پاییز به صورت آبی انجام و آبیاری به‌صورت غرقاب و کوددهی مطابق نیاز گیاه زراعی از منابع شیمیایی تأمین شد. صفات شامل شاخص سطح برگ، ماده خشک، میزان کلروفیل (a و b) و کلروفیل کل، میزان پرولین، میزان پروتئین دانه و شاخص‌های رشدی بودند. به‌منظور اندازه‌گیری شاخص سطح برگ (LAI): پس از نمونه‌برداری و جداسازی برگ‌ها برای تعیین سطح برگ از دستگاه سطح برگ‌سنج مدل AM 200 استفاده شد.

برای اندازه‌گیری شاخص‌های رشد، هر ۱۳ روز یک بار از مرحله پنجه‌دهی تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی از مزرعه نمونه‌برداری شد. در هر مرحله یک مترمربع از هر واحد آزمایشی انتخاب و سپس به آزمایشگاه منتقل و در آون تهویه‌دار به‌مدت ۷۲

1- Crop Growth Rate
2- Relative Growth Rate
3- Net Assimilation Rate

ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. وزن خشک با استفاده از ترازو با دقت ۰/۰۱ محاسبه شد. به‌منظور تعیین شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی و سرعت جذب خالص به‌ترتیب از روابط (۱)، (۲)، (۳) و (٤) استفاده گردید (۳۳).

$$LAI = (LA/GA) \quad (۱)$$

$$CGR = 1/ GA (W2-W1)/(T2-T1) \quad (۲)$$

$$RGR = (Ln W2 – Ln W1)/(T2-T1) \quad (۳)$$

$$NAR = CGR \times [(Ln LA2 – Ln LA1)/-(LA2 LA1)] \quad (٤)$$

LA سطح برگ (مترمربع)، W وزن خشک گیاه (گرم)، T زمان نمونه‌برداری و GA سطح زمین (مترمربع) می‌باشد.

درصد جذب تشعشع (LI) نیز از رابطه زیر محاسبه گردید (۲۳).

$$LI\%=(1-I/I_0)\times 100 \quad (۵)$$

در این رابطه I و I_0 به‌ترتیب میزان تشعشع در زیر و بالای کانوپی می‌باشند.

میزان کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل نیز در آغاز گلدهی به کمک روش لیچندالر و ولبایوم (۲۰) اندازه‌گیری شدند. در نهایت با استفاده از روابط زیر میزان کلروفیل a، b و کل بر حسب میکروگرم بر گرم وزن تر نمونه به‌دست آمد.

Chlorophyll a= 12.21 (A663)- 2.81(A646)
Chlorophyll b= 20.13(A646)- 5.03(A663)

جهت اندازه‌گیری پرولین از روش باتز و همکاران (۱۹۷۳) استفاده شد (۳).

تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از آزمایش در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در چهار تکرار توسط نرم‌افزار SAS نسخه ۱۲/۹ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

میزان پرولین: نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به میزان پرولین جو و گندم در سیستم‌های مختلف کشاورزی نشان داد که میزان پرولین تحت تأثیر سیستم‌های مختلف کاشت قرار گرفت ($P<۰/۰۱$) (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که میزان پرولین در کشت راهرویی بالاتر از کشت خالص بود (شکل ۱). به‌طوری‌که بیشترین میزان پرولین در سیستم جنگل‌زراعی بادام- جو و بادام- گندم حاصل گردید (شکل ۱). بالا بودن میزان پرولین در این سیستم‌ها نشان می‌دهد که درخت برای گیاه جو و گندم محدودیت آبی ایجاد نموده و این گیاهان میزان بالایی از پرولین را تولید نموده‌اند تا پتانسیل اسمزی خود را حفظ کرده و بتوانند از میزان آب مصرفی حداکثر استفاده را ببرند و میزان ماده خشک آن‌ها کاهش پیدا نکند. تنظیم اسمزی و در نتیجه توان افزایش جذب آب باعث حفظ فرآیندهای شکل‌گیری عملکرد شده و منجر به بهبود عملکرد می‌گردد (٤۰). تجمع حفاظت‌کننده‌های اسمزی یکی از مهم‌ترین عوامل حفظ گیاهان در مقابل تنش‌های غیرزنده است. در این میان می‌توان به تجمع پرولین و برخی یون‌ها اشاره کرد (۳۸ و ٤٤). سینگ و همکاران (۱۹۸۳) ضمن بررسی مقاومت به خشکی در جو گزارش دادند که جوهایی که پرولین بیش‌تری تجمع می‌دهند، در تنش آبی بقاء بیش‌تری دارند و به دنبال رهایی از تنش، سریع‌تر رشد می‌کنند (۳۷). ماتیون و همکاران (۱۹۸۹) بیان کردند در تنش رطوبتی و شوری بر میزان اسیدهای آمینه افزوده و در این بین افزایش اسیدآمینه پرولین از سایر ترکیبات تنظیم‌کننده اسمزی بیشتر است (۲۰۱٦). نقش پرولین و اثرات مثبت آن به ساختار گیاه و طبیعت، شدت و دوام تنش بستگی دارد (۱۳). همچنین مجدم (۲۰۱٦) بیان داشت با افزایش شدت تنش آب در گیاه افتابگردان، میزان پرولین افزایش چشمگیری یافت، بالاترین میزان

پرولین با میانگین ۷/۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ در تیمار تنش شدید خشکی و پائین‌ترین آن در تیمار آبیاری مطلوب با میانگین ٤/۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ به‌دست آمد (۲٤).

میزان کلروفیل a، b و کل: تجزیه واریانس داده‌های میزان کلروفیل a، b و کل جو و گندم در سیستم‌های مختلف کشاورزی نشان داد که اثر سیستم‌های مختلف بر روی این صفات در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که میزان کلروفیل a، b و کل در کشت راهرویی گندم- بادام بیشتر از کشت خالص گندم بود. اما در سیستم‌های دارای جو تفاوت معنی‌داری بین جنگل زراعی و تک کشتی جو مشاهده نشد. البته جو در هر دو سیستم میزان کلروفیل کل کمتری دارا بود که ممکن است مربوط به خصوصیات ژنتیکی آن باشد (شکل ۲). وقتی گیاه به هر دلیلی نتواند به حد مطلوب تشعشع دریافت کند، به‌منظور جبران این نقصان، در نقاطی که حداقل نور تابیده و جذب می‌شود؛ برگ با افزایش تعداد کلروپلاست و تراکم کلروفیل برگ از سعی می‌کند این کمبود را جبران کند تا بتواند به فتوسنتز فعال خود ادامه دهد (۲٦). فرقانی و همکاران (۲۰۰۹) در بررسی اثر سطوح مختلف نور بر میزان کلروفیل گیاه ذرت مشاهده نمودند که تنش نوری با ۰/٦۷ میلی‌گرم در گرم بیشترین و نور کامل (شاهد) با ۰/٤۱ میلی‌گرم در گرم کمترین میزان تغییر کلروفیل را داشت (۸). کوهن و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که سایه‌اندازی در بعضی از گیاهان و متعاقب آن افزایش کلروفیل، یک مکانیسم سازگاری در مقابل کمبود نور است و ذخیره کلروفیل بیشتر، دریافت نور را افزایش داده و ظرفیت فتوسنتزی را بالا می‌برد. در شدت‌های نوری بالا، مولکول‌های کلروفیل به اکسیداسیون نوری حساس هستند و تعادل در سطوح پایین نوری برقرار می‌شود (٦). بنابراین، برگ‌های موجود در سایه، کلروفیل بیشتری نسبت به برگ‌های رشد کرده در نور کامل خورشید دارا هستند. لاکشمی (۲۰۰٤) عنوان کرد که سایه موجب افزایش کلروفیل برگ برنج می‌شود و افزایش کلروفیل به‌دلیل تقویت ذخیره مواد غذایی از طریق تولیدات فتوسنتزی صورت می‌گیرد (۱۷).

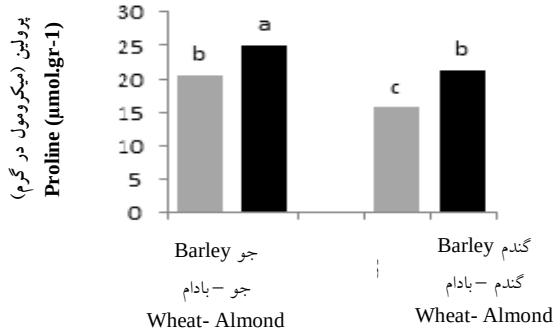
جدول ۱- تجزیه واریانس برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی گیاهان گندم و جو در سیستم‌های مختلف کشت (تک کشتی: گندم و جو و جنگل زراعی: گندم- درخت بادام و جو- درخت‌بادام).

Table 2. Analysis of variance of some physiological characteristics of wheat and barley in different cultivation systems (monoculture: wheat, barley and agroforestry: barley -almond tree and wheat- almond tree).

منبع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات (MS)								
		میزان پروتئین Protein content	میزان کلروفیل a Chlorophyll a content	میزان کلروفیل b Chlorophyll b content	میزان کلروفیل کل total chlorophyll content	میزان پرولین Proline content	ضریب استهلاک نور Light extinction coefficient	جذب نور Absorb light	ماده خشک dry matter	شاخص سطح برگ Leaf area index
تکرار Block	3	0.86	0.04	0.0002	0.02	3.40	0.001	12.80	628000	2.20
سیستم‌های کشت Cultivation systems	3	1.40 *	1.60 **	0.04**	2.30**	57 **	0.003 ns	362.11*	26541800**	4.90 **
خطای آزمایشی Experimental error	9	0.29	0.04	0.008	0.06	0.04	0.003	67.81	361888	0.57
ضریب تغییرات (درصد) (%) CV	-	4.50	4.80	10.40	4.50	3.33	38.08	16.20	9.40	14.20

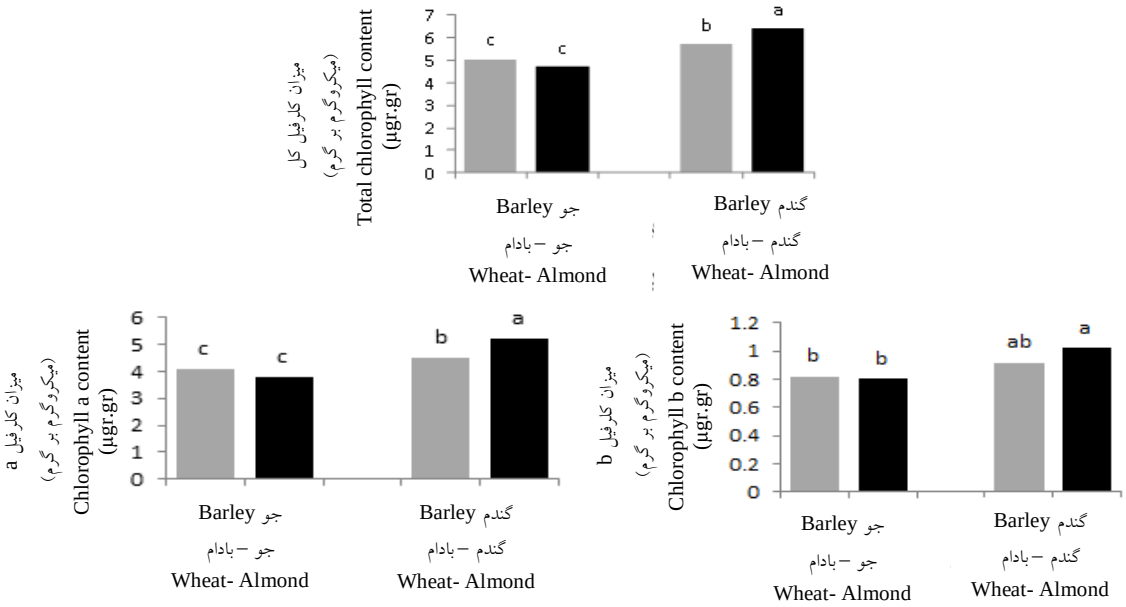
*،** و ns به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح ۰/۰۵، ۰/۰۱ و عدم معنی‌داری می‌باشند.

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



شکل ۱- مقایسه میانگین میزان پرولین گندم و جو در سیستم‌های مختلف کشت. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

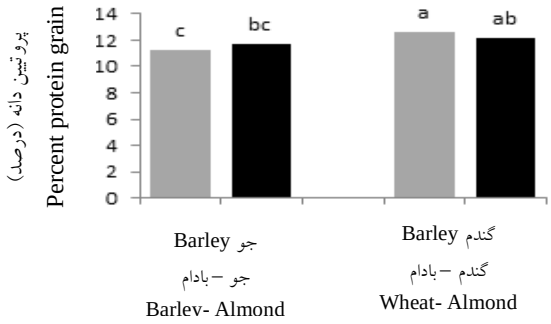
Figure 1. Mean comparison of Proline content of wheat and barley in different cultivation systems. Means which have at least one common letter are not significantly different (LSD test; ≤0.05).



شکل ۲- مقایسه میانگین میزان کلروفیل کل، a و b گندم و جو در سیستم‌های مختلف کشت. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Figure 2. Mean comparison of content of total chlorophyll, a and b of wheat and barley in different cultivation systems Means which have at least one common letter are not significantly different (LSD test; ≤0.05).

درصد پروتئین دانه: درصد پرتئین دانه در گیاه جو و گندم در سیستم‌های مختلف زراعی تحت تأثیر قرار گرفت که در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین داده‌های مربوط به درصد پروتئین نشان داد که درصد پرتئین در کشت خالص گیاه گندم و جو با کشت راهرویی تفاوتی نداشت (شکل ۳). اگر چه میزان پروتئین دانه جو در حد پایین‌تری قرار داشت. گزارشات بیان داشت محتوای پروتئین بعضی گونه‌های زراعی تحت تأثیر سایه ۵۰ و ۸۰ درصد نسبت به نور کامل بیشتر بود. احتمالا سایه اندازه سلول گیاه را کاهش می‌دهد و در نتیجه محتوای نیتروژن در هر سلول تجمع می‌یابد (۷).

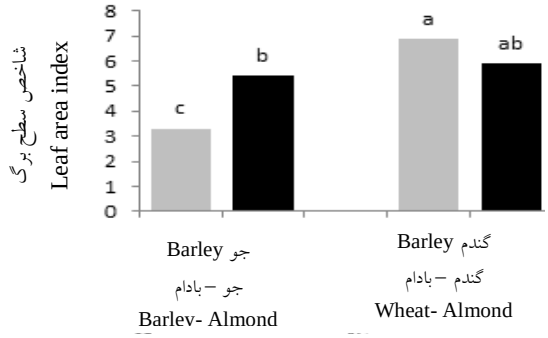


شکل ۳- مقایسه میانگین درصد پروتئین گندم و جو در سیستم‌های مختلف کشت. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Figure 3. Mean comparison of percent protein grain of wheat and barley in different cultivation systems. Means which have at least one common letter are not significantly different (LSD test; ≤0.05).

شاخص سطح برگ: نتایج نشان داد که اختلاف معنی‌دار ($P<۰/۰۵$) در میزان شاخص سطح برگ بین انواع سیستم‌های کشت از جمله سیستم چندکشتی جنگل زراعی و تک کشتی وجود دارد (جدول ۱). به‌طوری‌که بیشترین میزان شاخص سطح برگ در سیستم خالص کشت گندم حاصل گردید و سیستم تک کشتی جو کمترین میزان را دارا بود (شکل ٤) سیستم‌های کشت راهرویی نسبت متعادل‌تری را از شاخص سطح برگ سبب شدند. در مجموع نیز شاخص سطح برگ گندم میزان بالاتری را نشان داد که می‌تواند مربوط به ژنتیک و نحوه تشکیل و آرایش برگ‌های این گیاه باشد. مقایسه شاخص سطح برگ گندم در دو سیستم کشت نشان می‌دهد که میزان این صفت در شرایط کشت راهرویی و کشت خالص تفاوت معنی‌داری ندارد؛ اما گیاه جو در کشت راهرویی موفق‌تر 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 (۲).

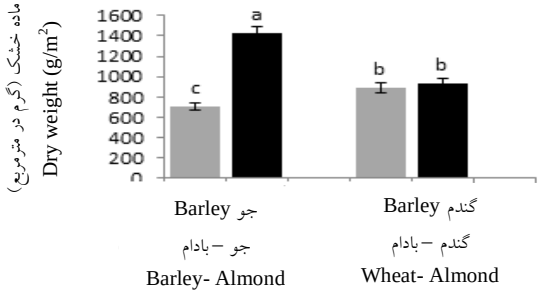
با توجه به این‌که گیاهان زراعی گندم و جو فنولوژی متفاوتی دارند و مراحل فنولوژیکی جو مانند پنجه‌زنی، ساقه‌رفتن، گلدهی و خوشه رفتن و رسیدگی در منطقه قبل از گندم اتفاق می‌افتد، احتمالا جو در سیستم کشت راهرویی نسبت به گندم کانوپی خود را زودتر و در زمانی‌که هنوز برگ‌های بادام به‌طور کامل رشد نکرده و کانوپی درختی بسته نشده است (داده‌ها نشان داده نشده است)، 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. رامیار و جم‌نژاد (۲۰۱۰) نشان دادند بیشترین شاخص سطح برگ در کشت خالص گندم نسبت به کشت مخلوط به‌دست می‌آید (۳۰). این موضوع نشان می‌دهد سطح برگ گیاه زراعی جزء اولین خصوصیاتی است که تحت تأثیر رقابت قرار می‌گیرد. لوپز و همکاران (۱۹۹٦) گزارش کردند جو نسبت به یولاف (*Avena sativa*) دارای قدرت رقابت بالاتری است (۲۲). آن‌ها در بین صفات مؤثر در قدرت رقابتی به سطح برگ بیشتر جو اشاره کردند. همچنین سروید و همکاران (۲۰۱٤) بیان داشتند که در سیستم کشت راهرویی گندم- صنوبر بیشترین میزان شاخص سطح برگ گندم در زیر درخت صنوبر حاصل گردید (۳٤).



شکل ٤- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ گندم و جو در سیستم‌های مختلف کشت. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ٥ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Figure 4. 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 (LSD test; ≤0.05).

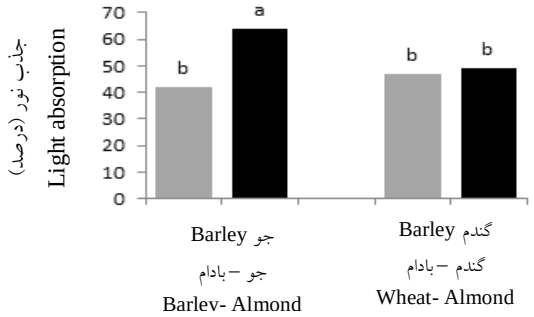
ماده خشک: میزان ماده خشک اول فصل در گیاه جو و گندم در سیستم‌های مختلف کشاورزی نشان می‌دهد که ماده خشک تحت تأثیر سیستم‌های مختلف قرار گرفت ($P<$۰/۰۱) (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که ماده خشک تولیدی در سیستم کشت راهرویی جو بیشترین میزان را داشت (شکل ٥). جو در سیستم کشت راهرویی نسبت به کشت خالص دارای ماده خشک بیشتری بود. این موضوع می‌تواند به‌دلیل طی شدن سریع‌تر مراحل فنولوژیکی جو نسبت به گندم (۳۹)، جذب بیشتر نور قبل از بسته شدن کانوپی درخت بادام و قدرت رقابت بالاتر در استفاده بهتر از منابع باشد (٤٥). همین‌طور ماده خشک به دنبال افزایش ارتفاع و سطح برگ در زیر درختان به بیشترین میزان می‌رسد. در طی زمان رشد گیاهان زراعی عمدتا تحت تأثیر نور و در دسترس بودن مواد مغذی قرار می‌گیرند. ورود برگ درختان به خاک در سیستم کشت راهرویی می‌تواند مواد مغذی کافی را برای رشد گیاهان فراهم نموده و باعث افزایش ماده خشک در گیاهان شود (۱۸ و ٤). امین و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند در سیستم کشت راهرویی انبه (*Mangifera indica*)- زنجبیل (*Zingiber officinale*) بیشترین میزان ماده خشک در سیستم کشت راهرویی حاصل گردید (۲). هنسون و همکاران (۲۰۰۵) نیز این مسأله را در سیستم کشت راهرویی گندم- صنوبر بیان کرد (۱۱).



شکل ٥- مقایسه میانگین ماده خشک گندم و جو در سیستم‌های مختلف کشت. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ٥ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Figure 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 (LSD test; ≤0.05).

میزان جذب نور: نتایج نشان داد که اختلاف معنی‌دار ($P<۰/۰۵$) در میزان جذب نور بین انواع سیستم‌های کشت از جمله سیستم چندکشتی جنگل زراعی و تک کشتی وجود دارد (جدول ۱). به‌طوری‌که بیشترین جذب نور در سیستم مخلوط بادام- جو به‌دست آمد و سیستم تک کشتی جو کمترین میزان را دارا بود (شکل ۱). به‌نظر می‌رسد آرایش برگ مناسب و سرعت بالای رسیدن به حداکثر سطح مطلوب باعث افزایش جذب نور در سیستم کشت راهرویی بادام- جو شده است. اسکولز و همکاران (۱۹۹۷) عنوان کرده‌اند که در حالت مطلوب، یک گیاه زراعی باید دارای شاخص سطح برگ بهینه باشد که اجازه فتوسنتز بهینه را به گیاه بدهد. در شاخص سطح برگ بسیار کم، نور کافی جذب نخواهد شد و اگر شاخص زیاد باشد، برگ‌های پایینی توانایی جذب نور کافی را نداشته و بنابراین نمی‌توانند به وظیفه خود عمل کنند (۳۵). زندگی گیاه بیشتر به قابلیت آن در ادامه فتوسنتز در روشنایی ضعیف بستگی دارد، شدت‌های روشنایی پایین‌تر از نقطه آستانه تحمل سبب بروز خسارت بر گیاه می‌شود که اثر بارز آن کاهش در مقدار مواد قندی است که به دنبال تغییرات متابولیسمی روی می‌دهد (۸). کاویلیگا و همکاران (۲۰۰٤) در آزمایشی که به‌منظور بررسی جذب نور در چندکشتی گندم/ سویا (*Glycin max*) انجام دادند، مشاهده نمودند که میزان تشعشع جذب شده در انواع نظام‌های چندکشتی به مراتب بالاتر از تک کشتی بود (۵). آبراهام و سینگ (۱۹۸٤) با اندازه‌گیری میزان نور جذب شده در کشت خالص سورگوم (*Sorghum vulgare*) و مخلوط آن با لوبیای چشم بلبلی (*Vigna unguiclata*)، ماش (*Vicia sativa*)، بادام‌زمینی (*Arachid hypogaeal*) و سویا دریافتند که میزان نور جذب شده در تمامی مخلوط‌های گیاهی بالاتر از تک کشتی سورگوم بود (۱). ژانگ و همکاران (۲۰۰۸) جذب و مصرف تشعشع را در چندکشتی گندم و پنبه (*Gossypium herbaceum*) با تغییر تعداد ردیف‌های مربوط به هر یک از اجزا (٤:۲، ۳:۲، ۳:۱ و ٦:۲، به‌ترتیب پنبه و گندم) بررسی و گزارش نمودند که جذب تشعشع فعال فتوسنتزی توسط گندم در الگوهای مخلوط به‌ترتیب ۷۳، ۷۱، ۸۳ و ۷۵ درصد بیشتر از تک کشتی گندم بود. پنبه نیز در کشت‌های مخلوط ذکر شده به‌ترتیب ۸٦، ۹۳، ۷۳ و ٦۷ درصد بیشتر از تک کشتی تشعشع فعال فتوسنتزی را جذب کرد (٤۵). ژانگ و همکاران (۲۰۰۸) با بررسی کشت مخلوط کتان (*Linm usitatissimum*) و گندم به‌این نتیجه رسیدند که اگرچه اختلافی میان کارایی مصرف تشعشع در تک کشتی و چندکشتی وجود نداشت، ولی افزایش تشعشعات جذب شده باعث تولید عملکرد بیشتر در چندکشتی شد (٤۵).



شکل ٦- مقایسه میانگین میزان جذب نور گندم و جو در سیستم‌های مختلف کشت. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Figure 6. Mean comparison of light absorption of wheat and barley in different cultivation systems. Means which have at least one common letter are not significantly different (LSD test; ≤ 0.05).

سرعت رشد محصول: سرعت رشد محصول در مرحله گلدهی بین انواع سیستم‌های کشت از جمله سیستم چندکشتی راهرویی و تک کشتی متفاوت بود و تحت تأثیر قرار گرفت (جدول ۲). به‌طوری‌که بیشترین میزان شاخص سرعت رشد محصول در این مرحله در سیستم مخلوط بادام- جو حاصل گردید و سیستم تک کشتی گندم کمترین میزان را دارا بود (شکل ۷). از آنجایی که سرعت رشد محصول با شاخص سطح برگ و میزان جذب نور رابطه مستقیم دارد (۱۲)، وجود شاخص سطح برگ مطلوب و میزان جذب نور در سیستم مخلوط بادام- جو سبب افزایش سرعت رشد محصول گردید.

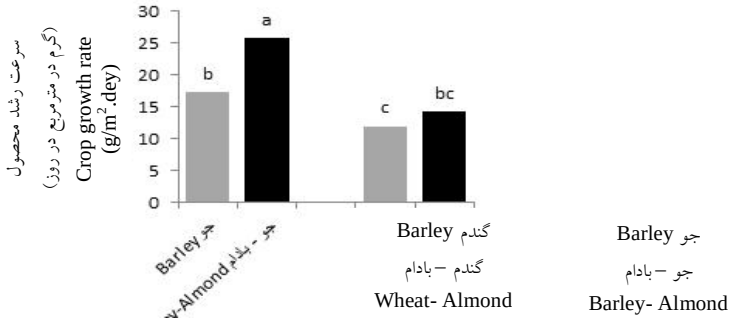
جدول ۲- تجزیه واریانس برخی ویژگی‌های رشدی گیاهان گندم و جو در سیستم‌های مختلف کشت (تک کشتی: گندم و جو و جنگل زراعی: گندم- درخت بادام و جو- درخت بادام).

Table 3. Analysis of variance of some growth characteristics of wheat and barley in different cultivation systems (monoculture: wheat, barley and agroforestry: barley- almond tree and wheat- almond tree).

		میانگین مربعات (MS)		
منبع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میزان رشد نسبی RGR	سرعت جذب خالص NAR	سرعت رشد محصول CGR
تکرار Block	3	0.00008	0.1200	17
سیستم‌های کشت Cultivation systems	3	0.0005**	10.0600**	149.3000 **
خطای آزمایشی Experimental error	9	0.0002	0.3600	8.7000
ضریب تغییرات CV (درصد)	-	14.900	16.400	17.0400

*،** و ns به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح ۰/۰۵، ۰/۰۱ و عدم معنی‌داری می‌باشند.

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



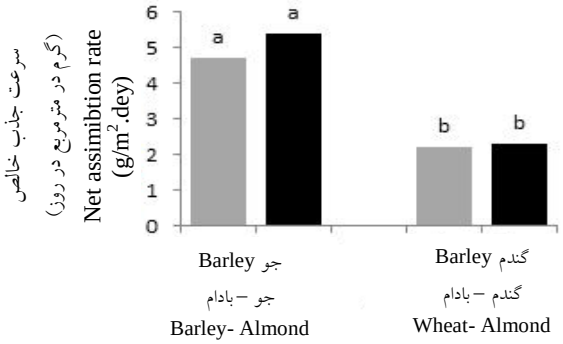
شکل ۷- مقایسه میانگین سرعت رشد محصول گندم و جو در سیستم‌های مختلف کشت. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Figure 7. Mean comparison of crop growth rate in wheat and barley in different cultivation systems. Means which have at least one common letter are not significantly different (LSD test; ≤0.05).

سرعت جذب خالص: نتایج نشان داد اختلاف معنی‌داری (P<۰/۰۵) در میزان سرعت جذب خالص در مرحله گلدهی بین انواع سیستم‌های کشت از جمله سیستم چندکشتی جنگل زراعی و تک کشتی وجود دارد (جدول ۲). بیشترین میزان سرعت جذب خالص در سیستم دارای بادام- جو حاصل گردید و

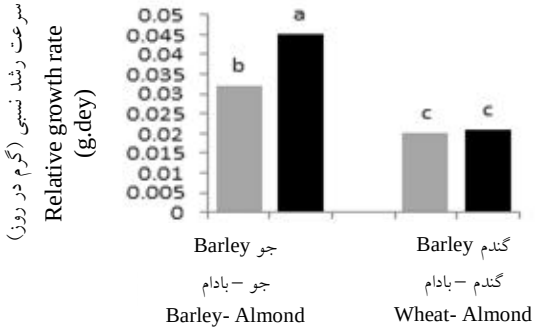
سیستم‌های دارای گندم کمترین میزان را دارا بودند (شکل ۸). احتمالا تکمیل مراحل نموی جو قبل از گندم (٤٠) در منطقه سبب می‌شود تا جو در سیستم کشت راهرویی نسبت به گندم کانوپی خود را زودتر تشکیل داده و قبل از گندم از منابع محیطی استفاده و سطح برگ مطلوب‌تری را تشکیل دهد (داده‌ها نشان داده نشده است). لذا این تیمار ماده خشک بیشتری تجمع داده و از سرعت جذب خالص بیشتری نیز برخوردار بوده است. گزارشات نشان داد که بیشترین میزان جذب خالص (NA) و جذب تشعشعات فعال فتوسنتزی (PAR) در سیستم جنگل زراعی صنوبر- سویا حاصل گردید (۲).

سرعت رشد نسبی: نتایج نشان داد اختلاف معنی‌دار ($P<۰/۰۵$) در میزان سرعت رشد نسبی در مرحله گلدهی بین انواع سیستم‌های کشت از جمله سیستم چندکشتی جنگل زراعی و تک کشتی وجود دارد (جدول ۲). بیشترین میزان شاخص سرعت رشد نسبی در سیستم مخلوط بادام- جو حاصل گردید و کمترین آن در سیستم‌های دارای گندم حاصل گردید (شکل ۹). از آنجا که سرعت رشد نسبی از تقسیم سرعت رشد محصول بر ماده خشک حاصل می شود و تیمار سیستم بادام- جو دارای سرعت رشد و ماده خشک بیشتری است پس بیشترین میزان سرعت رشد نسبی نیز در این تیمار حاصل گردید.



شکل ۸- مقایسه میانگین سرعت جذب خالص گندم و جو در سیستم‌های مختلف کشت. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Figure 8. Mean comparison of net assimilation rate wheat and barley in different cultivation systems. Means which have at least one common letter are not significantly different (LSD test; ≤0.05).



شکل ۹- مقایسه میانگین سرعت رشد نسبی گندم و جو در سیستم‌های مختلف کشت. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Figure 9. Mean comparison of relative growth rate of wheat and barley in different cultivation systems. Means which have at least one common letter are not significantly different (LSD test; ≤0.05).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این تحقیق نشان داد که وجود سیستم‌های مختلف کشت روی تجمع ماده خشک و خصوصیات رشدی گیاهان مختلف اثرات متفاوتی دارد، به‌طوری‌که بیشترین ماده خشک تولیدی در واحد سطح (۱٤۲٤ گرم در مترمربع) مربوط به کشت راهرویی جو- درخت بادام بود. به‌نظر می‌رسد جو کمتر تحت تأثیر سایه‌اندازی درختان قرار می‌گیرد. علاوه بر این، به‌نظر می‌رسد سایه درخت و رقابت برای مواد مغذی بین درختان و محصولات زراعی نیز می‌تواند تأثیر منفی بر روی برخی ویژگی‌های گندم گذاشته و باعث کاهش ماده خشک در این گیاه شده باشد (۹۳٤ گرم در مترمربع). در واقع به‌نظر می‌رسد که این سیستم به‌علت داشتن شاخص سطح برگ مطلوب با افزایش فعالیت فتوسنتزی موجب تجمع بیشتر هیدرات‌های کربن و تجمع ماده خشک، تولید مواد فتوسنتزی بیشتر و افزایش سرعت رشد گیاه می‌گردد. همچنین در سیستم کشت راهرویی جو- بادام بیشترین میزان پرولین، جذب نور، سرعت رشد محصول، سرعت جذب خالص و سرعت رشد نسبی وجود داشته و باعث افزایش ماده خشک شده است. نتایج نشان داد که سیستم کشت راهرویی جو-بادام ماده خشک تولیدی بیشتری نسبت به سیستم تک کشتی 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 ماده خشک مناسبی را تولید کرده است. به‌طورکلی سیستم‌های کشت راهرویی در استان چهارمحال بختیاری مخصوصا در شهرستان سامان به‌عنوان یک روش مؤثر برای افزایش بهره‌وری استفاده از زمین و بازده اقتصادی گیاهانی مثل جو مهم هستند. بنابراین، می‌توانند به منظور از بین بردن کمبود زمین‌های قابل کشت و ترویج توسعه پایدار از منابع طبیعی و استفاده از شیوه‌های چند کشتی 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

به‌این وسیله از حمایت‌های مالی دانشگاه شهرکرد در اجرای این پژوهش سپاسگزاری می‌نماییم.

منابع

1. Abraham, C.T., and Singh, S.P. 1984. Weed management in sorghum legume intercropping system. J. Agri. Scien. Camb., 103: 103-115.
2. Amin, M.H.A., Miah, M.U., and Akter, M.M. 2010. Yield performance of transplanted aman rice under different multipurpose tree species. J. Agrofor Environ., 3(2): 91-94
3. Bates, S., Waldern, R.P., and Teare, I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil., 39: 205-207.
4. 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. Bull. Nat. Instit. Eco., 15: 99-108.
5. Caviglia, O.P., Sadras, V.O., and Andrade, F.H. 2004. Intensification of agriculture in the south-eastern Pampas I. Capture and efficiency in the use of water and radiation in double-cropped wheat- soybean. Field Crop Res., 87: 117-129.
6. Cohen, S., Raveh, E., Grava, Y., and Goldschmid, T. 2005. Physiological responses of leaves, tree growth and fruit yield of grape-fruit trees under reflective shade screens. Scien. Hortic., 107: 25-35.
7. Daizy, R., Batish, R., Kumar, K., Shibu, J.H., and Pal, S. 2008. Ecological Basis of Agroforestry. Taylor and Francis. New York. 400p.

8. Forghani, A., Koda bandeh, N., Habibi, D., and Bankeh, A. 2009. Response of chlorophyll a and b content, proline and grain yield of maize to light stress and different levels of plant density. Agr. Res. J., 2(1): 30-37.
9. Garrett, H.E., and McGraw, R.L. 2000. Alley cropping. In: North American Agroforestry: An Integrated Science and Practice. Agr. Sci. America, Madison. Pp: 149-188.
10. Gao, L., Xu, H., Bi, H., Xi, W., Bao, B., Wang, X., Bi, Ch., 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.
11. 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. J. Agric. Sci., 57(7): 193-205.
12. Javadi, H., Rashed Mohasel, M.H., Zamani, Gh.R., Azari Nasr Abadi, E., and Musavi, Gh.R. 2007. Effect of plant density on growth indices in four grain sorghum cultivars. Iran. J. Field Crops Res., 4: 265- 253. (In Persian)
13. Kameli, A., and Losel, D.M. 1993. Carbohydrates and water status in wheat plants under water stress. New Phytol., 125: 609-614.
14. Karimi, M.M., and Siddique, K.H.M. 1991. Crop growth and relative growth rates of old and modern wheat cultivars. Aust. J. Agric. Res., 42: 13-20.
15. Kephart, K.D., and Buxton, D.R. 1993. Forage quality response of C3 and C4 perennial grasses to shade. Crop Sci., 33: 831–837.
16. Koocheki, A.R., and Khajeh Hosseini, M. 2008. Modern Agronomy. Jihad-eDaneshgahi of Mashhad Press. 704p. (In Persian)
17. Lakshmi Praba, M., Vanangamudi, M., and Thandapani, V. 2004. Effect of low light on yield and physiological attributes of rice. Crop Manag. Physiol., 29(2): 71-73.
18. Lebaschy, M.H., and Sharifi Ashour Abadi, E. 2004. Application of physiological growth indices for suitable harvesting of *Hypericum perforatum*. Pajohesh and Sazandegi J., 65: 65-75. (In Persian)
19. Lehmann, J., Gebauer, G., and Zech, W. 2002. Nitrogen cycling assessment in a hedgerow intercropping system using 15N enrichment. Nutr Cyc Agroecos., 62: 1-9.
20. Lichtenthaler, H.K., and Wellburn, A.R. 1983. Determinations of total carotenoida and chorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. Biochem. Soc. Trans., Pp: 591-592.
21. Lin, C.H., McGraw, R.L., George, M.F., and Garrett, H. 1999. Shade effects on forage crops with potential in temperate agroforestry practices. Agroforest. Syst., 44: 109–119.
22. 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. Agron. J., 88: 783- 791.
23. Maddonni, G.A., and Otegui, M.E. 1996. Leat area, light intetception and crop development in maize. J. Field Crop Res., 18: 81- 87.
24. Mojadam, M. 2016. Effect of drought stress on physiological characteristics and seed yield of sunflower at different levels of nitrogen. J. Crop Product., 9: 4.121-136.
25. Mationn, M.A., Brown, J.H., and Ferguson, H. 1989. Leaf water potential, relative water content and diffusive resistance as screening techniques for drought resistance in barley. Agron. J., 81: 100-105.
26. Muthuchelian, K., Paliwal, K., Gnanam, A., and Paliwalk, A. 1989. Influence of shading on photosynthetic and transpiration rate, stomatal diffusive resistance, nitrate reductase and biomass adaptation of cotton to arid conditins. Geno Res., 11: 1988-1995.
27. Nair, P.K.R., and Garrity, D. 2012. Agroforestry- the Future of Global Land use. University of Florida, Gainesville, Florida, U.S.A. 565p.
28. Ouzuni Douji, A.A., Esfahani, M., Samizadeh Lahiji, H.A., and Rabiei, M. 2008. Effect of planting pattern and plant density on growth indices and radiation use efficiency of apetalous flowers and petalled flowers rapeseed (*Brassica Bapus* L.) cultivars. Iranian J. Crop Sci., 9: 400–328. (In Persian)

29. Ramsey, C.L., and Jose, S. 2002. Management challenges of pecan and pine based alley cropping systems of the Southern United States. In: Schroder W. and Kort J. (eds), Temperate Agroforestry: Adaptive and Mitigative Roles. Plaines and Prairie Forestry Association, Regina, Canada. Pp: 158–163.
30. Ramyar, H., and Jamnajad, M. 2010. Evaluation of Volunteer Barley Interference on Growth Indices of Some Wheat Cultivars. Iran. J. Field Crops Res., 8(1): 75-81. (In Persian)
31. Reynolds, Ph., ESimpson, J., AThevathasan, N.V., and Gordon, A.M. 2007. Effects of tree competition on corn and soybean photosynthesis, growth, and yield in a temperate tree-based agroforestry intercropping system in southern Ontario, Canada. Ecol. Engin., 29: 362–371.
32. Nasrollah-Zadeh, S., Ghassemi-Golezani, K., and Raey, Y. 2010. Evaluation of the Relationship of Shading with Growth and Grain Yield of Faba Bean. J. Agric. Sustain. Prod., 21(3): 7587. (In Persian)
33. Navabpour, S., Latifi, N., Hosseini, S.H., and Kazemi, G. 2011. Evaluation of grain yield in relation to yield components and growth indices in wheat. Electr J. Crop Prod., 4(3): 157-173.
34. 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 J. Agric. Res., 9(9): 866-873.
35. Schuize, E.D., Fuchs, M.L., and Fuchs, M. 1997. Spatial distribution of photosynthetic capacity and performance in a mountain spruce forest of Northern Germany. III, the significance of the evergreen habit. Ecol., 30: 239-248.
36. Sinclair, T.R., and Muchow, R.C. 1999. Radiation use efficiency. Adv. Agron., 35: 215-265.
37. Sing, T.N., Paleg, L.G., and Aspinol, D. 1983. Stress metabolism: III variation in response to water deficit in the barley plant. Aust. J. Biol. Sci., 26: 55-76.
38. Slama, I., Messedi, D., Ghnaya, T., Savoure, A., and Abdelly, C. 2006. Effects of water deficit on growth and proline metabolism in Sesuvium portulacastrum. J. Environ. Exp. Bot., 56: 231-238.
39. Traore, S., Mason, S.C., Martin, A.R., Mortensen, D.A., and Spotanski, J.J. 2003. Velvetleaf interference effects on yield and growth of grain sorghum. Weed Sci., 45: 345-351.
40. White, J.W., and Hoogenboom, G. 2005. A structured procedure for assessing how crop models respond to temperature. Agron. J., 97: 426-439.
41. Wilcox, J.N. 1985. Dry matter partitioning as influenced by competition between soybean isolines. Agron. J., 77: 738-742.
42. Xue, Q., Zhu, Z., Musick, K.J.T., Astewart, B.A., and Dusek, D.A. 2006. Physiological mechanisms contributing to the increased water use efficiency in winter wheat under deficit irrigation. J. Plant Physiol., 163: 154-164.
43. Yano, T., Aydin, M., and Haraguchi, T. 2007. Impact of climate change on irrigation demand and crop growth in a Mediterranean environment of Turkey. Sensors., 7: 2297-2315.
44. Yin, X., and Vyn, T.Y. 2002. Soybean responses to potassium placement and tillage alternatives following no-till. J. Agron., 94: 1367-1374.
45. Zhang, L., Vander werf, W., Bastiaans, L., Zhang, S., Li, B., and Spiertz, J.H. 2008. Light interception and utilization in relay intercrops of wheat and cotton. Field Crops Res., 107: 29-42.