

فیزیولوژی مقایسه‌ای گندم و نخود: شاخص سطح برگ، دریافت و استفاده از تشعشع و توزیع ماده خشک به برگ‌ها

*وحید مداح‌یزدی^۱، افشین سلطانی^۲، بهنام کامکار^۳ و ابراهیم زینلی^۴

^۱دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،

^۲استاد، گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ^۳استادیار گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،

^۴مربی گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۸۶/۲/۲۴؛ تاریخ پذیرش: ۸۷/۲/۷

چکیده

به منظور مقایسه برخی خصوصیات فیزیولوژیکی بین گندم و نخود، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تیمار انجام شد. تیمارها شامل دو رقم گندم (زاگرس و تجن) و دو رقم نخود (هاشم و آرمان) بودند. گندم زودتر از نخود به حداکثر شاخص سطح برگ و به شاخص سطح برگی که بتواند ۹۰ درصد از تشعشع خورشیدی را دریافت کند، رسید. مقدار ضریب خاموشی براساس تشعشع فعال فتوسنتزی و بر اساس تشعشع پراکنده برای رقم‌های زاگرس ۰/۶۸، تجن ۰/۶۲، هاشم ۰/۶۵ و آرمان ۰/۶۶ بود. مقدار کارایی مصرف تشعشع گیاه گندم رقم زاگرس ۳/۰۹، تجن ۳/۰۷، هاشم ۲/۸۵ و آرمان ۲/۵ گرم بر مگاژول تشعشع فعال فتوسنتزی بود. مقدار ماده خشک تخصیص یافته به برگ‌ها قبل از خوشه‌دهی (غلاف‌دهی) در گیاه گندم بیشتر از نخود بود، ولی این مقدار برای ماده خشک ساقه در گیاه گندم کمتر بود. برای بیان توزیع ماده خشک بر اساس شاخص برداشت از مدل رگرسیون سه تکه‌ای استفاده شد. با شروع پر شدن دانه، شاخص برداشت در مقابل زمان پس از کاشت به صورت خطی افزایش پیدا کرد و شیب افزایشی این خط بین گندم و نخود تفاوت معنی‌دار از خود نشان داد. از پارامترهای تخمین زده شده در این تحقیق می‌توان در مدل‌سازی رشد، نمو و عملکرد نخود و گندم استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: گندم، نخود، شاخص سطح برگ، کارایی مصرف نور، توزیع ماده خشک

مقدمه

رتبه اول را در میان حبوبات دارا می‌باشد (فائو، ۲۰۰۵). به نظر می‌رسد با افزایش جمعیت و محدود شدن دسترسی به منابع پروتئین حیوانی، اهمیت این گیاه در آینده بیشتر شود. در شرایط بدون تنش در گرگان عملکرد گندم حدود دو برابر نخود می‌باشد. بدون شک توجه به خصوصیات فیزیولوژیکی نخود و مقایسه آن با گیاه گندم در بالابردن عملکرد گیاه نخود سودمند خواهد بود.

گندم در ایران تأمین‌کننده اصلی غذای مردم کشور است، بنابراین گیاهی استراتژیک محسوب شده و تحقیقات جهت بالابردن عملکرد گندم در واحد سطح، لازم و ضروری می‌باشد. نخود نیز در ایران از لحاظ تولید

*- مسئول مکاتبه: madah_yazd@yahoo.com

بعد از گلدهی با استفاده از یک مدل سه تکه‌ای خطی در نخود بیان کردند، اما استفاده از این مدل برای گندم گزارش نشده است.

در واقع هدف اصلی این تحقیق بررسی علل تفاوت‌های فیزیولوژیک بین دو گیاه گندم و نخود در شرایط آب و هوایی منطقه و تاثیر این تفاوت‌ها بر عملکرد این دو گیاه می‌باشد همچنین نتایج این تحقیق نشان‌دهنده مقادیر پایه ضریب خاموشی و کارایی مصرف تشعشع در دو گیاه گندم و نخود برای تشعشع پراکنده می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۸۵-۱۳۸۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده علوم زراعی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان اجرا گردید. طرح آزمایشی در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با چهار تیمار و چهار تکرار بود. تیمارها عبارت بودند از دو رقم گندم تجن و زاگرس و دو رقم نخود آرمان و هاشم که از رقم‌های متداول در منطقه بودند. تراکم برای گندم ۳۳۳ و برای نخود ۴۰ بوته در متر مربع اعمال شد. تاریخ کاشت برای هر دو گیاه همزمان و ۲۵ آذر ماه، مطابق بر تاریخ کاشت مطلوب گندم و نخود در منطقه انتخاب شد. چون مقرر بود این آزمایش در شرایط عدم محدودیت آب، عناصر غذایی، آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز انجام شود (شرایط مطلوب زراعی)، در مراحل مختلف با توجه به نیاز آبی در مواقع لزوم، آبیاری انجام شد و مبارزه با آفات و بیماری‌ها و علف‌های هرز در مواقع ضروری صورت گرفت. افزودن کودهای مورد نیاز به زمین براساس توصیه کودی آزمایشگاه خاکشناسی از روی نمونه‌های گرفته شده از عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک انجام گرفت. در این تحقیق صفات سطح برگ، نسبت دریافت تشعشع و وزن خشک (به تفکیک اندام از روز ۶۲ پس از کاشت هر ۱۰ روز یکبار در فصل زمستان و پس از شروع فصل بهار به صورت هفتگی)، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه اندازه‌گیری و محاسبه شد. مراحل فنولوژیک طی فصل رشد و با استفاده از ۱۰ بوته مشخص، هر ۳ روز یکبار و

دریسه همکاران (۲۰۰۰) خاطر نشان کردند که تنوع در تولید ماده خشک در دو گیاه گندم و کلزا، مربوط به تفاوت تشعشع دریافتی، کارایی مصرف تشعشع و توزیع ماده خشک و نیتروژن به اندام‌های مختلف گیاه می‌باشد. اوکانل و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند که دریافت تشعشع به وسیله کانوپی، مهم‌ترین علت تفاوت فیزیولوژیکی بین گندم، نخود فرنگی و خردل است. تامسون و سیدیک (۱۹۹۷) گزارش می‌کنند که مقادیر کارایی مصرف نور و ضریب خاموشی متفاوت می‌توانند به خوبی نشان‌دهنده تفاوت‌های فیزیولوژیک بین این گیاهان و در نتیجه تفاوت در تولید ماده خشک در آنها باشد. پنگلی و همکاران (۱۹۹۹) در مقایسه سه لگوم علوفه‌ای یکساله با سویا، نتیجه گرفتند که اصلی‌ترین علت تفاوت بین این گیاهان مربوط به تفاوت در جذب تشعشع یعنی تفاوت در شاخص سطح برگ و ضریب خاموشی است. سینکلر و هوری (۱۹۸۹) اظهار داشتند که چگونگی رابطه بین نیتروژن برگ و میزان فتوسنتز و در نهایت وابستگی آن با مقدار کارایی مصرف تشعشع می‌تواند یکی از دلایل تفاوت‌های فیزیولوژی بین سویا، برنج و ذرت باشد. در نخود ۴۸ تا ۵۱ درصد ماده خشک تولید شده قبل از غلاف‌دهی به برگ‌ها و باقی‌مانده آن به ساقه‌ها اختصاص می‌یابد (سینگ، ۱۹۹۱). سلطانی و همکاران (۲۰۰۶ الف) بیان کردند که در طول دوره رویشی در نخود (قبل از شروع غلاف‌بندی)، تخصیص ماده خشک بین برگ‌ها و ساقه از یک الگوی دوقسمتی پیروی می‌کند. آنها خاطر نشان کردند در مقادیر کمتر ماده خشک کل، بخش عمده‌ای از ماده خشک تولید شده (۵۴/۰) به برگ‌ها اختصاص می‌یابد ولی در مقادیر بالای ماده خشک تولید شده کل، بخش کمی از ماده خشک (۲۸/۰) به برگ‌ها اختصاص می‌یابد.

سلطانی و همکاران (۲۰۰۶ الف) از مفهوم افزایش خطی شاخص برداشت جهت پیش بینی عملکرد دانه در مدل‌های شبیه‌سازی گیاهان زراعی استفاده کردند. آنها تغییرات شاخص برداشت را در مقابل روز فیزیولوژیکی

براساس روش فهر و کاوینس (۱۹۷۷) برای نخود و براساس روش زادوکس (۱۹۷۴) برای گندم انجام شد. سنجش سطح برگ با استفاده از دستگاه سطح برگ سنج مدل دلتا تی^۱ بر روی ۱۰ بوته و به صورت هفتگی، صورت گرفت. سنجش نسبت تشعشع دریافتی از دستگاه اکیوپار مدل ال-پی^۲ ۸۰ و براساس روش ویلهلم و همکاران (۲۰۰۰) در طول فصل رشد و در ظهر خورشیدی انجام شد. به منظور برآورد پارامترهای دریافت و استفاده از تشعشع در شرایط پراکنده از یک پوشش نایلونی سیاه رنگ برای ایجاد شرایط تشعشع پراکنده^۳ استفاده شد. برای تعیین ضریب خاموشی از معادله ۱ استفاده شد:

$$F = 1 - \exp(-k_{PAR}(\text{diffuse radiation}) \times LAI) \quad (1)$$

که در این معادله F نسبت دریافت تشعشع، K_{PAR} ضریب خاموشی براساس تشعشع فعال فتوسنتزی و LAI شاخص سطح برگ می باشد (مانسی و سایکی، ۱۹۵۳). معادله ۱ نیازمند تخمین دقیقی از مقدار تشعشع دریافت شده در تمام طول روز توسط کانوپی می باشد. فوجس و همکاران (۱۹۷۶) پیشنهاد می کنند که میانگین دریافت تشعشع مستقیم و پراکنده در طول روز به صورت تقریبی از طریق تابع دریافت تشعشع پراکنده به دست می آید بنابراین برای محاسبه مقدار دریافت تشعشع توسط کانوپی برای تشعشع پراکنده کافی است که در معادله ۱ به جای ضریب خاموشی برای تشعشع مستقیم از ضریب خاموشی به دست آمده در شرایط تشعشع پراکنده استفاده کرد (کمپل و نورمن، ۱۹۹۸).

کارایی مصرف تشعشع از برآزش رابطه خطی بین تشعشع تجمعی دریافت شده و ماده خشک تجمعی از کاشت تا رسیدگی، به صورت شیب خط حاصله محاسبه شد. تشعشع دریافت شده تجمعی برای هر گیاه با استفاده از آمار هواشناسی برای تشعشع رسیده فعال فتوسنتزی برای هر روز و با استفاده از مقادیر ضریب خاموشی و مقدار عددی شاخص سطح برگ برای هر روز که با

استفاده از درون یابی به دست می آید به صورت حاصل ضربی از دریافت تشعشع در مقدار تشعشع رسیده فعال فتوسنتزی به صورت تجمعی محاسبه شد. تشعشع فعال فتوسنتزی به صورت کسر ۰/۴۵ از کل تشعشع خورشیدی محاسبه شد (کمپل و نورمن، ۱۹۹۸). میانگین ضریب توزیع ماده خشک به برگها با استفاده از شیب خط رابطه خطی بین مقدار ماده خشک برگها در برابر ماده خشک کل به دست آمد. تجزیه و تحلیل صفات مورد ارزیابی از لحاظ برآزش روابط خطی و غیرخطی و همچنین برای بررسی اختلافهای معنی دار بین ضرایب معادلات برآزش داده شده از رویه proc NLIN یا مطلوب سازی تکرارها، در این تحقیق با استفاده از نرم افزار SAS صورت گرفت. مقدار عددی RMSE با جذر گرفتن از مقدار واریانس باقی مانده در جدول رگرسیونی به دست آمد. از نرم افزار EXCEL برای ترسیم نمودارها و گرافها استفاده شد.

نتایج و بحث

تغییرات شاخص سطح برگ و دریافت نور: در شکل (۱-الف) روند تغییرات شاخص سطح برگ، برای ارقام گندم و نخود نشان داده شده است. مقدار حداکثر شاخص سطح برگ در گیاه گندم ۴/۴۲ و ۴/۳۶ به ترتیب برای ارقام زاگرس و تجن بود که ۱۲۹ و ۱۱۲ روز پس از کاشت اتفاق افتاد. در گیاه نخود نیز شاخص سطح برگ حداکثر برای رقم هاشم ۵/۲۳ بود که در ۱۵۷ روز پس از کاشت حاصل شد. برای رقم آرمان حداکثر شاخص سطح برگ ۶/۱ بود که در ۱۵۰ روز بعد از کاشت روی داد.

سلطانی و همکاران (۲۰۰۶) دمای پایه، دمای مطلوب و دمای سقف برای ظهور برگ در گیاه نخود را به ترتیب ۶، ۲۲/۲ و ۳۱ درجه سانتی گراد بیان کردند. با نگاهی به میانگین دمای هوا در طول فصل زمستان (جدول ۱)، این نکته آشکار می شود که در اکثر روزهای این فصل دمای بهینه برای ظهور برگ در گیاه نخود فراهم نبوده که این خود عاملی بر پایین بودن مقدار برگ تولید شده در گیاه نخود و در نتیجه پایین تر بودن مقدار LAI در فصل زمستان نسبت به گندم می باشد.

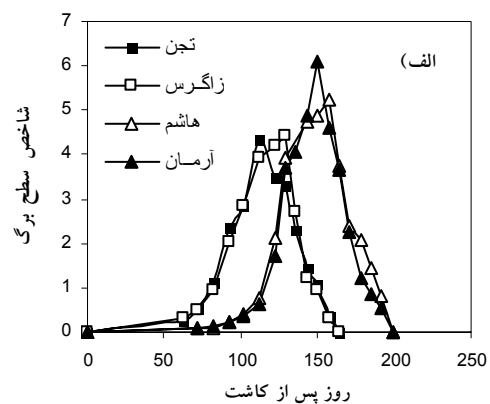
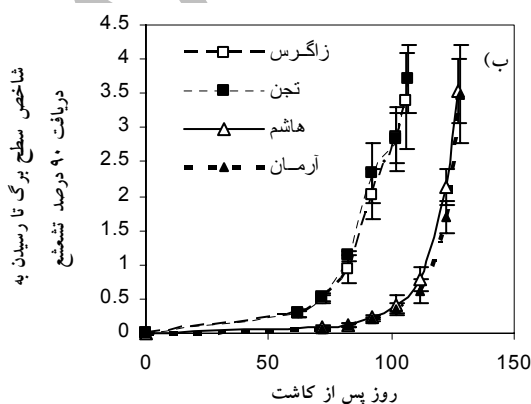
-
- 1- Delta T Device, Ltd
 - 2- AccuPAR, LP 80
 - 3- Diffuse Radiation
 - 4- Leaf Area Index

جدول ۱- میانگین دمای حداکثر، دمای حداقل، تشعشع و مجموع بارندگی در دوره رشد مربوط به گیاه نخود و گندم در مقایسه با آمار بلندمدت در شرایط آب و هوایی گرگان.

ماه	حداکثر دما (درجه سانتی گراد)		حداقل دما (درجه سانتی گراد)		بارندگی (میلی متر)		تشنع (MJ/m ²)	
	بلندمدت	دوره آزمایش	بلندمدت	دوره آزمایش	بلندمدت	دوره آزمایش	بلندمدت	دوره آزمایش
آذر	۱۶	۱۷/۹	۶/۳	۴۱/۱	۵۲/۳	۱۳/۰۶	۲۳/۲	۱۳/۰۶
دی	۱۲/۹	۱۰/۸	۳/۸	۱۴۱/۲	۵۶/۹	۱۱/۳	۹/۴	۱۱/۳
بهمن	۱۲/۴	۱۲/۵	۳/۴	۵۱/۵	۵۷/۶	۸/۳	۱۱/۲	۸/۳
اسفند	۱۴/۵	۱۸/۲	۲/۵	۲۷/۷	۷۳/۳	۹/۱	۱۴/۱	۹/۱
فروردین	۱۹/۳	۲۰	۹/۹	۳۱/۸	۶۰/۳	۸/۷	۱۷/۴	۸/۷
اردیبهشت	۲۴/۹	۲۳/۱	۱۳/۸	۴۸/۴	۴۷/۲	۱۰/۱	۲۰/۱	۱۰/۱
خرداد	۲۹/۶	۳۲/۸	۱۸/۴	۵/۹	۳۵/۷	۱۹/۴	۲۱/۶	۱۹/۴
تیر	۳۲	۳۲/۹	۲۱/۹	۷/۲	۲۳/۱	۱۸/۹	۲۱/۲	۱۸/۹

زمان رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ در گیاه گندم کمتر از نخود بود که در نتیجه باعث دریافت تشعشع خورشیدی بیشتر در زمانهای زودتری نسبت به نخود شد. زمان رسیدن به شاخص سطح برگ که ۹۰ درصد تشعشع خورشیدی را جذب کند در گندم و نخود در شکل (۱-ب)، آمده است. با توجه به نمودار مشخص می شود که گندم در زمان کوتاهتری نسبت به نخود به شاخص سطح برگ می رسد که بتواند ۹۰ درصد تشعشع خورشیدی را جذب کند. این زمان برای گندم رقم زاگرس ۱۰۶ روز در شاخص سطح برگ ۳/۳۸ و برای رقم تجن ۱۰۷ روز در شاخص سطح برگ ۳/۷۱ بود. در نخود رقم هاشم شاخص سطح برگ که بتواند ۹۰ درصد

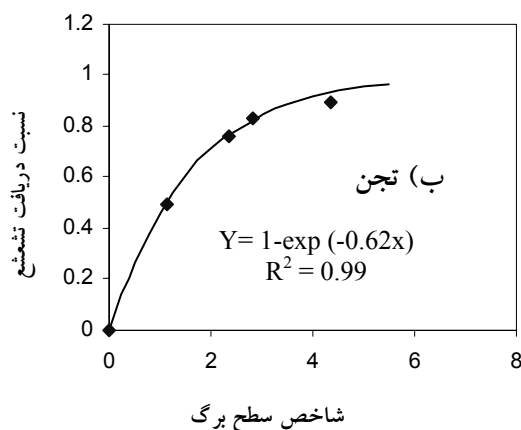
زمان رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ در گیاه گندم کمتر از نخود بود که در نتیجه باعث دریافت تشعشع خورشیدی بیشتر در زمانهای زودتری نسبت به نخود شد. زمان رسیدن به شاخص سطح برگ که ۹۰ درصد تشعشع خورشیدی را جذب کند در گندم و نخود در شکل (۱-ب)، آمده است. با توجه به نمودار مشخص می شود که گندم در زمان کوتاهتری نسبت به نخود به شاخص سطح برگ می رسد که بتواند ۹۰ درصد تشعشع خورشیدی را جذب کند. این زمان برای گندم رقم زاگرس ۱۰۶ روز در شاخص سطح برگ ۳/۳۸ و برای رقم تجن ۱۰۷ روز در شاخص سطح برگ ۳/۷۱ بود. در نخود رقم هاشم شاخص سطح برگ که بتواند ۹۰ درصد



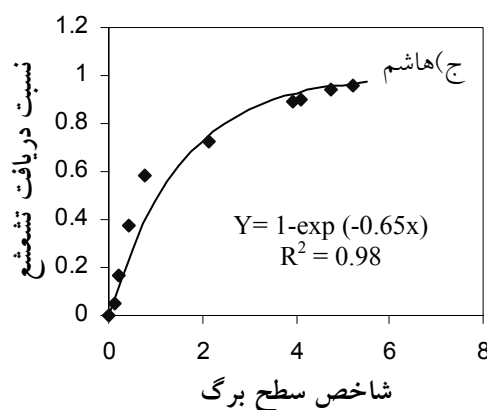
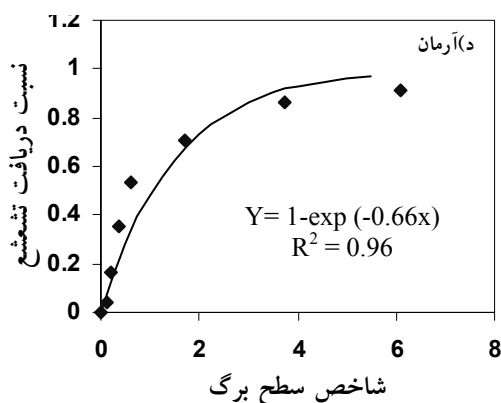
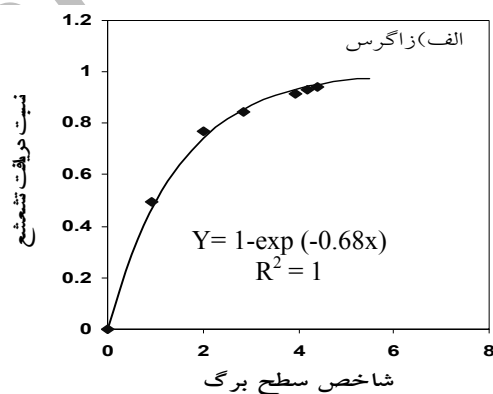
شکل ۱- الف) تغییرات شاخص سطح برگ نسبت به زمان (نام ارقام داخل شکل آمده است).

ب) تغییرات شاخص سطح برگ تا رسیدن به دریافت ۹۰ درصد تشعشع خورشیدی (نام رقم ها داخل شکل آمده است).

برای رقم آرمان 0.101 ± 0.066 بود. این مقادیر برای کل تشعشع خورشیدی به ترتیب برابر با 0.48 و 0.49 می باشد. مقدار ضریب خاموشی محاسبه شده در این تحقیق برای نخود با مقدار $k_s = 0.05$ که توسط سلطانی و همکاران (۲۰۰۶ الف) برای نخود گزارش شده است، مطابقت دارد. در مقایسه بین ارقام با توجه به فواصل اطمینان ۹۵ درصدی مشخص می شود که دو گیاه گندم و نخود از لحاظ مقدار ضریب خاموشی نور اختلاف معنی داری با هم ندارند. علت این امر را می توان در وجود برگ های لوب دار و با حاشیه های بریده بریده در گیاه نخود دانست که حتی با توجه به تیپ رشدی متفاوت در این گیاه نسبت به گیاه گندم که دارای برگ های ایستاده می باشد، ضریب خاموشی نور تفاوت معنی داری با گندم ندارد.



معادله ۱ به خوبی تغییرات نسبت دریافت تشعشع را در مقابل LAI توجیه کرد (شکل ۲). مقدار ضریب خاموشی براساس تشعشع فعال فتوسنتزی براساس تشعشع پراکنده، برای گندم رقم زاگرس 0.16 ± 0.068 و برای رقم تجن 0.28 ± 0.062 بود. این مقادیر برای کل تشعشع خورشیدی براساس معادله ۱ برای ارقام زاگرس و تجن به ترتیب 0.51 و 0.46 محاسبه شد. مقدار ضریب خاموشی محاسبه شده برای گندم از مقدار محاسبه شده توسط اکائل و همکاران (۲۰۰۴) ($K_{PAR} = 0.82$) برای تشعشع فعال فتوسنتزی و یا کینیری و همکاران (۱۹۸۹) که به بررسی مقدار ضریب خاموشی در طیف وسیعی از مطالعات در گندم که این مقدار را برای تشعشع فعال فتوسنتزی حدود 0.73 بیان می کنند، پایین تر بود. مقدار ضریب خاموشی محاسبه شده براساس تشعشع فعال فتوسنتزی برای نخود رقم هاشم 0.63 ± 0.065 و



شکل ۲- رابطه بین نسبت دریافت تشعشع اندازه گیری شده در مقابل شاخص سطح برگ. الف) گندم رقم زاگرس ب) گندم رقم تجن ج) نخود رقم هاشم د) نخود رقم آرمان.

کارایی مصرف نور (RUE): با استفاده از مدل رگرسیون خطی ساده ($Y=ax+b$)، رابطه بین ماده خشک تجمعی گیاه در مقابل تشعشع دریافت شده تجمعی فعال فتوسنتزی^۲ برآزش داده شد و شیب خط حاصله به عنوان کارایی مصرف نور بیان شد (سلطانی و همکاران، ۲۰۰۶ الف)، (شکل ۳). مقدار RUE برای گیاه گندم رقم زاگرس 0.13 ± 0.03 گرم بر مگاژول و برای رقم تاجن 0.22 ± 0.03 گرم بر مگاژول براساس تشعشع فعال فتوسنتزی بود. مقدار RUE برای گیاه نخود رقم هاشم 0.18 ± 0.02 گرم بر مگاژول و برای رقم آرمان 0.14 ± 0.02 گرم بر مگاژول براساس تشعشع فعال فتوسنتزی بود. توجه به حدود اطمینان ۹۵ درصد مشخص می کند که بین ارقام دو گیاه گندم و نخود با درجه اطمینان ۹۵ درصد اختلاف معنی دار وجود دارد و مقدار آن در گیاه گندم بیشتر است.

مقدار RUE محاسبه شده برای گندم در این تحقیق از مقادیر ۱/۸۱ توسط اکائل و همکاران (۲۰۰۴)، ۱/۴۶ توسط جورجی و همکاران (۱۹۹۲)، ۲/۹۳ توسط یونوسا و همکاران (۱۹۹۳)، ۱/۲۵-۱/۰۲ توسط کالدیرینی و همکاران (۱۹۹۷) و ۲/۹۳-۱/۰۲ در مطالعات گسترده کینیری و همکاران (۱۹۸۹) که همگی براساس تشعشع فعال فتوسنتزی می باشد به طور معنی داری بالاتر است (سینکلر و ماکو، ۱۹۹۹).

مقدار RUE براساس تشعشع فعال فتوسنتزی محاسبه شده برای نخود نیز در این تحقیق از مقادیر ۱/۵۳ توسط لیچ و بیچ (۱۹۸۸)، (۲/۱-۳/۲) توسط هیت و هبل ویت (۱۹۸۵) و (۲/۵۰-۰/۹۱) توسط تامسون و سیدیکوآرا (۱۹۹۷) و جانینک و همکاران (۱۹۹۷) (سینکلر و ماکو، ۱۹۹۹) همگی براساس گرم بر مگاژول تشعشع فعال فتوسنتزی دریافتی می باشند، به طور معنی داری بالاتر بود.

علت بالا بودن بیش از حد مقادیر محاسبه شده کارایی مصرف نور برای گندم و نخود در این تحقیق نسبت به مقادیر گزارش شده توسط سایر محققین، به علت تخمین این پارامتر در شرایط تشعشع ابری گرگان می باشد.

براساس تئوری، در روزهای ابری مقدار RUE حدود ۰/۴ گرم بر مگاژول نسبت به روزهای آفتابی افزایش نشان می دهد (سینکلر و ماکو، ۱۹۹۹). استرلینگ (۱۹۹۰) در آزمایشی روی بادام زمینی، حدود ۷۵ درصد سایه در طول مراحل زایشی این گیاه ایجاد کرد و مشاهده کرد که تیمار سایه باعث افزایش مقدار RUE از ۰/۹۳ در تیمار شاهد به ۲/۳۶ گرم بر مگاژول تشعشع دریافت شده در تیمارهای قرار گرفته در سایه شد.

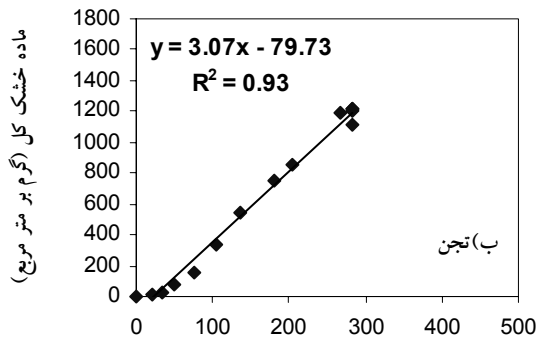
ضرایب توزیع ماده خشک قبل از خوشه دهی در گندم و قبل از غلاف دهی در نخود: سلطانی و همکاران (۲۰۰۶ الف) نشان دادند که دوره تولید موثر برگ در نخود تا حدود مرحله غلاف دهی ادامه می یابد، ولی بسته به دسترسی کربن و نیتروژن، تولید پراکنده برگ می تواند تا رسیدگی ادامه پیدا کند. با توجه به رشد محدود در گندم، دوره تولید برگ موثر در ساقه اصلی همزمان با کامل شدن برگ پرچم خاتمه می یابد و در کل گیاه نیز معمولاً دوره موثر رشد برگ در پنجه ها تا زمان خوشه دهی ادامه می یابد (گاردنر و همکاران، ۱۹۸۵). بنابراین در این مطالعه شروع غلاف دهی در نخود و منطبق با این دوره در گیاه گندم یعنی خوشه دهی به عنوان نقطه تغییر توزیع ماده خشک در نظر گرفته شد. بررسی و برآزش داده های ماده خشک برگ ها در هر دو گیاه در مقابل ماده خشک کل نشان دهنده وجود یک الگوی دو قسمتی بین آنها می باشد.

در سطوح پایین مقدار ماده خشک کل، سهم بیشتری از ماده خشک به برگ ها اختصاص می یابد (فاز اول این رابطه)، اما در سطوح بالاتر کل ماده خشک (در صورت وجود شرایط محیطی مطلوب برای رشد رویشی) مقدار ماده خشک بیشتری به ساقه اختصاص می یابد (فاز دوم این رابطه). این الگوی توزیع ماده خشک توسط معادله ۲ بیان می شود:

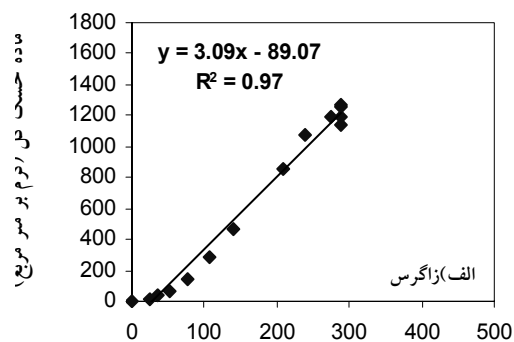
$$(2) \quad y = b_1 x \quad \text{اگر} \quad x \leq x_0$$

$$y = b_1 x_0 + b_2 (x - x_0) \quad \text{اگر} \quad x > x_0$$

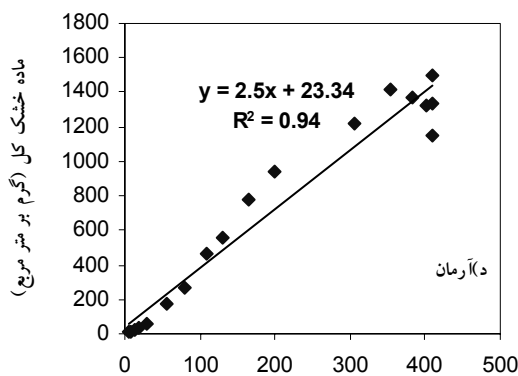
1- Radiation Use Efficiency
2- Cumulative Interception of PAR



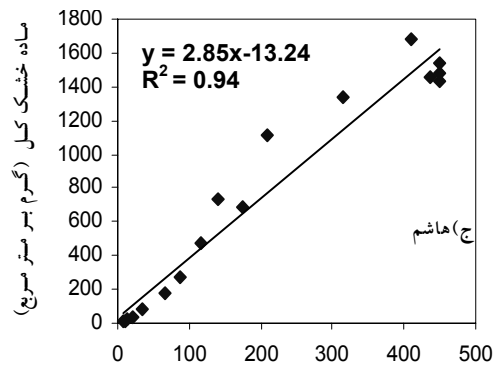
تشعشع دریافت شده تجمعی (مگاژول بر متر مربع)



تشعشع دریافت شده تجمعی (مگاژول بر متر مربع)



تشعشع دریافت شده تجمعی (مگاژول بر متر مربع)



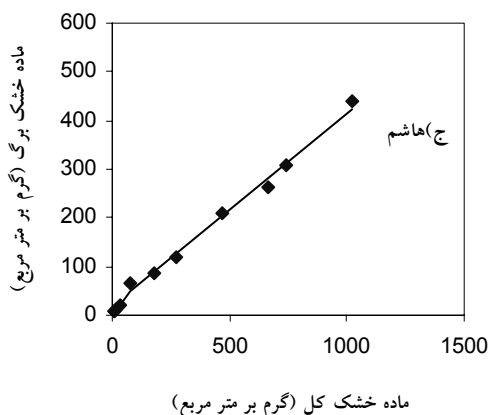
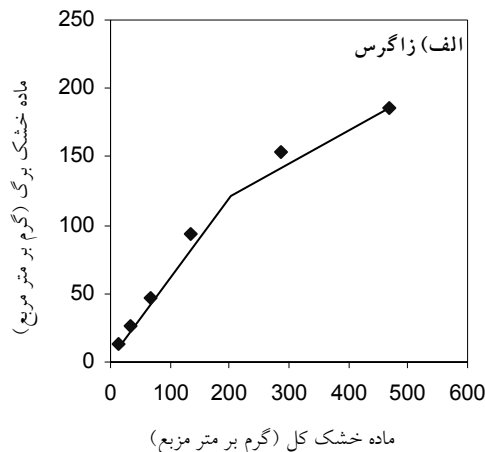
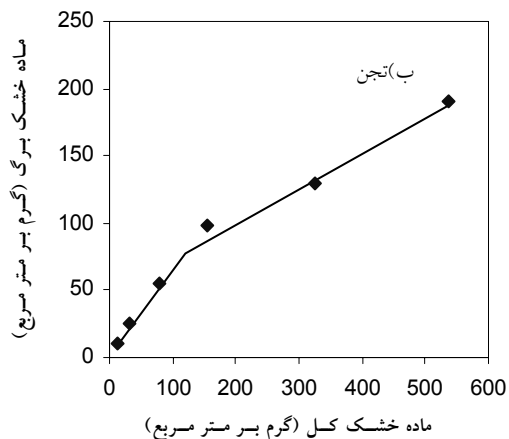
تشعشع دریافت شده تجمعی (مگاژول بر متر مربع)

شکل ۳- برازش رابطه خطی بین ماده خشک کل تجمعی در برابر تشعشع دریافت شده تجمعی در الف) گندم رقم زاگرس، ب) گندم رقم تاجن، ج) نخود رقم هاشم و د) نخود رقم آرمان. (معادله رابطه و مقدار R^2 در داخل اشکال آمده است).

به ترتیب 0.72 ± 0.061 ، $118/8 \pm 18/67$ و 0.24 ± 0.019 بود. همچنین در رقم هاشم نخود، برای تعیین ضریب توزیع برگ در مرحله قبل از خوشه دهی، مقدار ضریب توزیع در بخش اول این رابطه (ضریب b_1)، مقدار X_0 و ضریب توزیع برای بخش دوم این رابطه (ضریب b_2)، به ترتیب برابر 0.59 ± 0.228 ، $80/84 \pm 98/73$ و 0.39 ± 0.01 بود. برای رقم آرمان این مقادیر برای ضریب توزیع در بخش اول این رابطه (ضریب b_1)، مقدار X_0 و ضریب توزیع برای بخش دوم این رابطه (ضریب b_2)، به ترتیب 0.57 ± 0.45 ، $165/4 \pm 40.1$ و 0.38 ± 0.020 بود. توجه به فواصل اطمینان ۹۵ درصدی در این روابط مشخص می کند که بین ارقام گیاه گندم با گیاه نخود، ضریب b_1 بالاتر است هر چند که فواصل اطمینان همپوشانی دارند.

در این مدل y ، ماده خشک کل؛ X ، ماده خشک برگ یا ساقه؛ X_0 ، نقطه چرخش بین دو بخش نمودار توزیع ماده خشک؛ b_1 ضریب توزیع ماده خشک در بخش اول این مدل (فاز اول) و b_2 ضریب توزیع در بخش دوم (فاز دوم) این مدل می باشد.

شکل های ۴، نمودار دو تکه ای حاصل از برازش داده های ماده خشک برگ را برای ارقام گندم و نخود نشان می دهند. مقدار ضریب توزیع در بخش اول این رابطه (ضریب b_1)، مقدار X_0 و ضریب توزیع برای بخش دوم این رابطه (ضریب b_2)، برای برگ گیاه گندم، رقم زاگرس به ترتیب 0.69 ± 0.018 ، $201/7 \pm 11/03$ و 0.39 ± 0.02 بود. مقدار ضریب توزیع در بخش اول این رابطه (ضریب b_1)، مقدار X_0 و ضریب توزیع برای بخش دوم این رابطه (ضریب b_2)، در گیاه گندم، رقم تاجن برای رابطه بین ماده خشک برگ در برابر ماده خشک کل



شکل ۴- رابطه بین ماده خشک برگ تجمعی در برابر ماده خشک کل تجمعی در ارقام الف) گندم رقم زاگرس، ب) گندم رقم تاجن از مرحله سبز شدن تا خوشه دهی و ج) نخود رقم هاشم و د) نخود رقم آرمان از مرحله سبز شدن تا مرحله R3.. فلش‌ها نشان‌دهنده محل چرخش بین دو قسمت نمودار هستند.

که گیاه گندم سطح برگ بیشتری نسبت به کل ماده خشک تولیدی خود در طول دوره رویشی نسبت به نخود دارا می‌باشد و در نتیجه مقدار بیشتر دریافت نور و در نتیجه فتوسنتز بیشتر در واحد سطح در گندم پیش‌بینی می‌شود. بررسی توزیع ماده خشک بر اساس شاخص برداشت درگندم و نخود: به منظور بررسی رابطه بین شاخص برداشت در برابر زمان بعد از گلدهی در ارقام گندم و نخود از یک مدل رگرسیون تکه‌ای استفاده شد.

$$\text{معادله (۳)} \quad y=0 \quad \text{اگر} \quad x < s$$

$$y = b(x-s) \quad \text{اگر} \quad s < x < m$$

$$y = b(m-s) \quad \text{اگر} \quad x > m$$

در این مدل y شاخص برداشت، x روز پس از گلدهی (خوشه‌دهی)، b شیب معادله که نشانگر افزایش

چنین الگوی دو قسمتی قبل از این فقط توسط سلطانی و همکاران (۲۰۰۶، الف) برای نخود گزارش شده بود، اما در گندم گزارش نشده است. سلطانی و همکاران (۲۰۰۶، الف) چنین نسبتی را برای رقم هاشم به دست آوردند. در این تحقیق متوسط نسبت ماده خشک توزیع شده بین برگ و ساقه در طول مرحله رویشی در رقم زاگرس و تاجن حدود ۳۰:۷۰ و در گیاه نخود برای هر دو رقم این نسبت حدود ۵۰:۵۰ به دست آمد که با مقدار گزارش شده توسط سلطانی و همکاران (۲۰۰۶ الف) مطابقت داشت. این نشان‌دهنده این مطلب می‌باشد که در گیاه گندم، بخش بیشتری از ماده خشک در دوره رویشی به برگ اختصاص می‌یابد، در صورتی که در گیاه نخود این مقدار کمتر می‌باشد. بنابراین می‌توان این گونه توجیه کرد

خطی در شاخص برداشت و برابر m و dH/dt زمان توقف افزایش خطی شاخص برداشت می باشد. برآزش این رابطه تکه‌ای برای گندم و نخود در شکل ۴ مشاهده می شود. ضریب b و مقدار s و m در مدل رگرسیون تکه‌ای بین شاخص برداشت در مقابل روز پس از گلدهی در ارقام گندم و نخود در جدول ۲ نشان می دهد. مقدار ضریب تبیین بالا نشان می دهد که استفاده از یک مدل رگرسیون تکه‌ای در بیان الگوی افزایش شاخص برداشت پس از گلدهی در گیاه گندم و نخود مناسب می باشد. همچنین توجه به این مدل بیان می کند که افزایش خطی شاخص برداشت در گیاه گندم از ۱۱۷ روز پس از کاشت شروع و در نقطه ۱۲۹ روز پس از کاشت به صفر می رسد. این زمان در رقم زاگرس از لحاظ فنولوژیکی از مرحله گرده‌افشانی تا رسیدگی فیزیولوژیک می باشد. سلطانی و همکاران (۲۰۰۶ الف) قبلاً از چنین مدل رگرسیون تکه‌ای برای بیان افزایش شاخص برداشت در گیاه نخود رقم هاشم استفاده کردند. همچنین توجه به این مدل بیان می کند که افزایش خطی شاخص برداشت در گیاه رقم هاشم نخود از ۱۷۱ روز پس از کاشت شروع و در ۱۹۰ روز پس از کاشت به صفر می رسد. این زمان در رقم

هاشم از لحاظ فنولوژیکی از مرحله R5 تا رسیدگی فیزیولوژیک می باشد. در رقم آرمان نخود نیز روندی مشابه با رقم هاشم دیده می شود، با این تفاوت که زمان متوقف شدن افزایش خطی در رقم آرمان زودتر از رقم هاشم می باشد. توجه به فواصل اطمینان ۹۵ درصد در معادله رگرسیون تکه‌ای شاخص برداشت نشان می دهد که بین مقدار b برای دو رقم نخود تفاوت معنی داری دیده نمی شود، ولی در مقادیر m ، x_0 بین دو رقم هاشم و آرمان در سطح ۹۵ درصد اختلاف معنی داری وجود دارد که به علت گلدهی زودتر در گیاه آرمان می باشد. در مقایسه بین دو گیاه گندم و نخود مشاهده می شود که شروع افزایش خطی شاخص برداشت در گیاه گندم هر دو رقم نسبت به گیاه نخود زودتر بوده و با این که شیب این نمودار خطی در گیاه گندم کمتر از نخود می باشد (یعنی در هر روز مقدار کمتری به شاخص برداشت افزوده می شود)، اما از آنجا که زمان طی این دوره در ارقام گندم طولانی تر از نخود می باشد در نهایت مقدار ماده خشک بیشتری در دانه در طی این دوره ذخیره می شود و در نهایت شاخص برداشت در گیاه گندم در هر دو رقم بالاتر از نخود می باشد.

جدول ۲- ضریب b و مقدار s و m در مدل رگرسیون تکه‌ای بین شاخص برداشت در مقابل روز پس از گلدهی در ارقام گندم و نخود. n تعداد نمونه، $RMSE$ جذر میانگین مربعات خطا و R^2 ضریب تبیین هستند.

گیاه	n	s±se	b±se	m±se	RMSE	R^2
گندم (زاگرس)	۱۰	۱۶/۲۹±۱/۴۴	۰/۰۱۲۸±۰/۰	۵۴/۲۶±۱/۸۹	۰/۲۴	۰/۹۸
گندم (تجن)	۱۰	۱۵/۲۵±۱/۳۸	۰/۰۱۲۶±۰/۰	۵۱/۰۴±۱/۸۵	۰/۰۶	۰/۹۹
نخود (هاشم)	۱۰	۲۱±۰/۰۱	۰/۰۱۹۵±۰/۰	۲۹/۵۲±۰/۷۰	۰/۰۱	۰/۹۸

نتیجه گیری

نتایج این تحقیق نشان می دهد که بسته شدن سریع تر کانوپی، رسیدن سریع تر به مقدار حداکثر شاخص سطح برگ و اختصاص ماده خشک بیشتر به برگ‌ها باعث بالاتر رفتن مقدار تشعشع دریافت شده در گیاه گندم نسبت به نخود می شود که این خود مهم ترین علت در بالاتر بودن مقدار عملکرد این گیاه نسبت به نخود می باشد. مقدار

بالاتر کارایی مصرف نور نیز از عوامل مهم برتری گیاه گندم نسبت به نخود می باشد. همچنین اختصاص ماده خشک بیشتر به برگ‌ها در فاز اول رشد رویشی گیاه گندم نسبت به نخود باعث بالاتر رفتن سهم برگ‌ها نسبت به کل ماده خشک گیاه گندم می شود که این خود مهم ترین علت در بالاتر بودن مقدار شاخص سطح برگ و دریافت تشعشع و زودتر بسته شدن کانوپی این گیاه نسبت به

افزایش عملکرد محصول می‌توان در نخود به کار برد را می‌توان در کشت زودتر جهت این که برگ‌ها زودتر رشد کنند، کشت بذر به میزانی که در زمان حداکثر نمو، شاخص سطح برگ در حد مطلوب باشد، تاریخ کاشت مناسب به نحوی که در زمان حداکثر تشعشع خورشیدی زمین کاملاً از گیاه پوشیده شده باشد، کشت گیاهان به صورت یکنواخت یا تقریباً یکنواخت در سطح زمین، مصرف کود برای افزایش سرعت رشد و افزایش مدت جذب حداکثر تابش تشعشع خورشید با توجه به دوام سطح برگ‌ها، خلاصه کرد.

نخود می‌باشد. همچنین نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که استفاده از یک رابطه خطی در بیان توزیع ماده خشک به برگ‌ها و ساقه‌ها قبل از شروع دانه‌بندی چندان کارآمد نبوده و استفاده از روابط رگرسیونی غیرخطی توجیه بهتری دارد. همچنین زمان شروع افزایش خطی در شاخص برداشت در گیاه گندم به مراتب زودتر از نخود می‌باشد که این خود می‌تواند مانع از برخورد مرحله پرشدن دانه در گیاه گندم با گرمای انتهای فصل، که خود عاملی در کاهش عملکرد گیاهان است، شود. استراتژی‌هایی که جهت استفاده از حداکثر تشعشع خورشیدی و بالابردن LAI در حد مطلوب و در نهایت

منابع

1. Campbell, G.S., and Norman, J.M. 1998. An introduction to Environmental Biophysics. Springer. P: 286.
2. Dreccer, M.F., Schapendonk, A.H.C.M., Slafer, G.A. and Rabbinge, R. 2000. Comparative response of wheat and oilseed rape to nitrogen supply: absorption and utilisation efficiency of radiation and nitrogen during the reproductive stages determining yield. *Plant and Soil*. 220, 189-205.
3. FAO, 2005. Food and Agriculture Organization of the United Nation (FAO), <http://apps.fao.org>
4. Fehr, W.R., and Caviness, C.E. 1977. Stages of Soybean Development. Iowa State Univ. Ext. Serv. Spec. Rep. 80.
5. Gardner, F.P., Pearce, R.B., Mitchell, R.L. 1985. Physiology of crop plants. Iowa State Univ. press, Ames. P: 187-208.
6. Kiniry, J.R., Jones, C.A., O'toole, J.C., Blanchet, R., Cabelguenne, M., Spanel, D.A. 1989. Radiation-Use Efficiency in biomass accumulation prior to grain-filling for five grain-crop Species. *Field Crops Res*. 20, 51-64.
7. Monsi, M., and Saeki, T. 1953. Uber den lichtfaktor in den pflanzenge sellschaften und seine bedeutung fur die stoffproduktion. *Jpn. J. Bot.* 14, 22-52.
8. O'Connell, M.G., O'Leary, G.J., Whitfield, D.J., and Connor, D.J. 2004. Interception of photosynthetically active radiation and radiation-use efficiency of wheat, field pea and mustard in a semi-arid environment. *Field Crops Res*. 85, 111-124
9. Pengelly, B.C., Muchow, R.C., and Blamey, P.C. 1999. Predicting leaf area development in response to temperature in three tropical annual forage legumes. *Aust. J. Agric. Res*. 50, 253-259.
10. Sinclair, T.R., and Horie, T. 1989. Leaf nitrogen, Photosynthesis, and Crop Use Efficiency: A Review. *Crop Sci*. 29, 90-98.
11. Sinclair, T.R., and Muchow, R.C. 1999. Radiation Use Efficiency, a review. *Adances in Agronomy*. 65, 215-265.
12. Singh, P. 1991. Influence of water deficit on phenology, growth and dry matter allocation in chickpea. *Field Crops Res*. 28, 1-15.
13. Soltani, A., and Galeshi, S. 2002. Importance of rapid canopy closure for wheat production in a temperate sub-humid environment: experimentation and simulation. *Field Crops Res*. 77, 17-30.
14. Soltani, A., Robertson, M.J., Mohammad-Nejad, Y. and Rahemi-Karizaki, A. 2006b. Modeling chickpea growth and development: leaf production and senescence. *Field Crops Res*. 99, 14-23.
15. Soltani, A., Robertson, M.J. Rahemi-Karizaki, A. Poorreza, J. and Zarei, H. 2006a. Modeling Biomass accumulation and partitioning in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *J. Agron. Crop Sci*. 192: 379-389.
16. Stirling, C.M., Williams, J.H., Black, C.R. and Ong, C.K. 1990. The effect of timing of shade on development, dry matter production and light use efficiency in groundnut (*Arachis hypogaea* L.) under field condition. *Aus. J. Agric. Res*. 41, 633-644.
17. Thomson, B.D., and Siddique, K.H.M. 1997. Grain legume species in low rainfall mediterranean-type environments II. Canopy development, radiation interception, and dry matter production. *Field Crops Res*. 54, 189-199.
18. Wilhelm, W.W., Ruwe, K., and Schlemmer, M.R. 2000. Comparison of three leaf area index meters corn canopy. *Crop Science*. 40, 1179-1183.
19. Zadox, J.C., Chang, T.T., and Konzak, C.F. 1974. A decimal code for the growth of Cereals. *Weed Res*. 14, 415-421

Comparative physiology of wheat and chickpea: Leaf area index, Interception and use of radiation and partitioned dry matter to leaves

V. Maddah Yazdi¹, A. Soltani², B. Kamkar³ and E. Zeinali⁴

¹Former M.Sc. student, Dept. of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran, ²Prof., Dept. of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran, ³Assistant Prof., Dept. of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran, ⁴Instructor, Dept. of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran

Abstract

In order to physiological comparison between wheat and chickpea, a randomized complete block design with four replications was conducted. The treatments were two chickpea cultivars (Hashem and 9096c) and two wheat cultivars (Zagros and Tajan). Wheat obtained maximum LAI and so the needed LAI to intercept 90% of radiation, earlier than chickpea. The value of K_{PAR} was estimated as 0.68, 0.62, 0.65 and 0.66 for Zagros, Tajan, Hashem and 9096c, respectively. The value of RUE_{PAR} was estimated as 3.09, 3.07, 2.85 and 2.5 gMJ^{-1} for Zagros, Tajan, Hashem and 9096c, respectively. The value of partitioned dry matter to leaves before heading (podding) in wheat was more than chickpea. The value of partitioned dry matter to leaves before heading (podding) in wheat was more than chickpea, but this value was lesser for stem. A triphasic segmented regression model used to explanation of the biomass partitioning based on harvest index concept. The harvest index linearity increased after grain filling in wheat and chickpea and the slope of this linearity increasing between harvest indices versus time was significant between wheat and chickpea. The estimated parameters and obtained function in this study can be used in chickpea and wheat simulation models to simulate growth, development and yield.

Keywords: wheat; chickpea; leaf area index; radiation use efficiency; dry matter partitioning

*- Corresponding Author; Email: madah_yazd@yahoo.com