دانشگاه گنبد کاووس
نشریه "حفاظت زیست بوم گیاهان"
دوره سوم، شماره هفتم، پاییز و زمستان ۹۴
http://pec.gonbad.ac.ir

مطالعه شاخص‌های اکولوژیکی گندم در زیست بوم زراعی

حوا میرزاده[۱]، عباس بیابانی[*۲]، علی راحمی‌کاریزکی[۳]، حسینعلی فلاح[۴]

[۱]دانشجوی سابق کارشناسی‌ارشد اگرواکولوژی دانشگاه گنبد کاووس، [۲]دانشیار گروه تولیدات گیاهی، دانشگاه گنبد کاووس، [۳]استادیار گروه تولیدات گیاهی، دانشگاه گنبد کاووس، [۴]استادیار پژوهشی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گلستان

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۱/۱۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۴/۵/۲۳

چکیده

به منظور بررسی اثر تراکم بوته و جهت کاشت بر دریافت و استفاده از تشعشع نور خورشید در دو ژنوتیپ گندم آزمایشی در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه گنبد کاووس انجام شد. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. عامل‌های مورد مطالعه شامل جهت کاشت (شمالی- جنوبی، شرقی- غربی، شمال‌شرقی- جنوب‌غربی و شمال‌غربی- جنوب‌شرقی)، تراکم بوته (۲۵۰ (کم)، ۳۰۰ (متوسط) و ۳۵۰ (زیاد) بوته در متر مربع) و دو ژنوتیپ گندم (رقم کوهدشت و لاین ۱۷) بودند. نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تمام شاخص‌های اکولوژیکی مورد بررسی (شاخص سطح برگ، ماده خشک تجمعی ضریب خاموشی و کارآیی مصرف نور) تحت تأثیر اثر متقابل تراکم بوته و جهت کاشت قرار گرفتند؛ این در حالی است که بین این دو ژنوتیپ تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. با افزایش تراکم شاخص سطح برگ (LAI) و حداکثر تجمع ماده خشک، افزایش پیدا کرد به‌گونه‌ای‌که تراکم زیاد در جهت کاشت شرقی- غربی بیشترین شاخص سطح برگ (۸/۳۳) و ماده خشک تجمعی (۳۵۷/۳±۲۲۹۴ گرم بر مترمربع) را داشتند. ضریب خاموشی در تراکم متوسط و زیاد تحت تأثیر جهت کاشت قرار گرفت و در تراکم کم اختلاف معنی‌داری بین جهت‌های کاشت مشاهده نشد. متوسط ضریب خاموشی در این آزمایش ۰/۶۳ محاسبه شد. کارآیی مصرف نور نیز تحت تأثیر اثر متقابل تراکم و جهت کاشت قرار گرفت. با افزایش تراکم کارآیی مصرف نور افزایش یافت. جهت شرقی- غربی و تراکم زیاد بیشترین مقدار را نشان داد.

***واژه‌های کلیدی*: تراکم، جهت کاشت، رقم، دریافت تشعشع، گندم.**

[*]نویسنده مسوول: abs346@yahoo.com

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-15]

مقدمه

گندم در قرن حاضر یکی از راهبردی‌ترین گیاهان زراعی به‌حساب می‌آید، چنانچه تولید گندم افزایش یابد کمبود مواد غذایی می‌تواند رفع شود. گندم به عنوان عمده‌ترین محصول زراعی ایران به طور متوسط سطحی معادل ۷ میلیون و ۳۵ هزار هکتار از اراضی کشور را به خود اختصاص داده است. سطح زیر کشت گندم در جهان ۲۱۷ میلیون و ۲۱۹ هزار هکتار است. میانگین تولید گندم کشور حدود ۱۵ میلیون و ۲۹ هزار تن در سال ۱۳۹۰ بود (Food and agriculture organization, 2012).

تجزیه و تحلیل شاخص‌های رشد به منظور تفسیر چگونگی واکنش گونه‌های گیاهی به شرایط محیطی اهمیت زیادی دارد؛ در این راستا شاخص سطح برگ یکی از معیارهای اساسی و مهم در تعیین قدرت فتوسنتزی گیاه محسوب می‌گردد. یکی از شاخص‌های مهم اکولوژیک، که به‌عنوان یک متغیر کلیدی در فرآیندهای بیولوژیک گیاهان محسوب می‌شود سطح برگ است (Eriksson *et al.,* 2005). شاخص سطح برگ معمولاً بر اساس تعداد بوته در واحد سطح زمین، تعداد برگ در بوته و سطح توسعه برگ‌ها در بوته تعیین می‌شود که این به نوبه خود، میزان جذب تشعشع خورشیدی توسط گیاه را مشخص می‌کند (Zhang *et al.,* 2008). شاخص سطح برگ گندم در طی دوره رشد افزایش می‌یابد و در مرحله گلدهی به بیشترین مقدار خود می‌رسد سپس به‌دلیل پیری و زرد شدن برگ‌های پایینی و فرآیند انتقال مجدد مواد فتوسنتزی به بخش‌های زایشی گیاه کاهش می‌یابد (سعادتیان و همکاران، ۱۳۹۰). در مراحل اولیه رشد، جذب و دریافت نور تا حد زیادی به سرعت گسترش برگ‌ها بستگی دارد علاوه بر این، اندازه و دوام سطح برگ، سرعت و طول مدت تجمع ماده خشک در گیاه را تعیین می‌کند (Carretero *et al.,* 2010). مطالعه رشد و تجمع ماده‌ی خشک در گیاهان زراعی مختلف نشان داده است که تولید ماده‌ی خشک به شاخص سطح برگ و مقدار تشعشع دریافت شده در طول دوره رشد و کارآیی گیاه در تبدیل تشعشع دریافت شده وابسته است (Yano *et al.,* 2007). عملکرد کل ماده خشک که نشان‌دهنده بهره‌گیری جامعه گیاهی از تشعشع نور خورشید در طی فصل رشد می‌باشد در ارتباط با نفوذ و جذب نور است که این عوامل خود به تراکم و جهت کاشت بستگی دارند (ناصر علوی، ۱۳۸۱). در بسیاری از مدل‌های شبیه‌سازی گیاهان زراعی تخمین تولید روزانهٔ بیوماس (مادهٔ خشک) به‌صورت حاصل‌ضرب تشعشع خورشیدی حادث شده (مگاژول بر مترمربع بر روز)، کسر تشعشع دریافت شده توسط محصول و کارایی تبدیل تشعشع دریافت شده به بیوماس (گرم بر مگاژول) یا کارایی استفاده از تشعشع (RUE)[1] محاسبه می‌شود.

1- Radiation Use Efficiency

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-15]

کسر تشعشع دریافت شده از شاخص سطح برگ (LAI)[1] و ضریب خاموشی سایه‌انداز تاج پوشش (K)[2] تعیین می‌شود (Sinclair, 1986; Hammer *et al.*,1995; Robertson *et al.*, 2002). ضریب خاموشی (K) را می‌توان به‌صورت مساحت سایه ایجاد شده توسط برگ به مساحت خود برگ تفسیر کرد. برای یک برگ افقی که روی سطح خاک سایه انداخته است، صرف نظر از این که نور از چه جهتی بتابد، مقدار K برابر یک می‌باشد. در وضعیت‌هایی که برگ افقی نباشد، سایه ایجاد شده توسط برگ روی زمین برابر با مساحت خود برگ نخواهد بود، بلکه متناسب با آن است. بنابراین مقدار K را می‌توان به‌عنوان فاکتور تناسب در نظر گرفت که به جهت تشعشع رسیده و زاویه قرارگیری برگ بستگی دارد (Soltani, 2005). زند و همکاران (زند و همکاران، ۱۳۸۱) متوسط ضریب خاموشی (K) برای ارقام جدید و قدیم گندم زمستانه در شرایط مشهد را به‌ترتیب ۰/۷۲ و ۰/۵۲ گزارش کردند. در مطالعه‌ای که مورینن و پلتونن ساینیو (Muurinen and Peltonen-Sainio, 2006) در طی دو سال زراعی ۲۰۰۲ و ۲۰۰۳ بر روی گندم انجام دادند بیان داشتند که ضریب خاموشی بسته به سال متفاوت است به نحوی‌که متوسط K_{PAR} برای ارقام گندم در سال ۲۰۰۲ بین ۰/۷۹-۰/۶۲ و در سال ۲۰۰۳، ۰/۷۷-۰/۶۹ بود.

در شرایط مطلوب زراعی یک رابطه خطی بین ماده خشک تجمعی و تشعشع دریافت شده وجود دارد که شیب این رابطه خطی، کارایی مصرف نور (RUE) می‌باشد (Zhang *et al.*, 2009). لی و همکاران (Li *et al.*, 2012) طی مطالعه‌ای بر روی برنج گزارش کردند که همبستگی مثبتی بین کارآیی مصرف نور و میزان تابش اشعه خورشیدی وجود دارد و تحت تیمارهای مختلف نوری میزان RUE بسیار متفاوت است. اگر تشعشع بالای کانوپی عمدتاً از نوع پراکنده باشد راندمان مصرف نور کانوپی بالاتر است این به‌دلیل این است که نور پراکنده، یکنواختی و توزیع کارآمدتری بر روی برگ‌های بالغ کانوپی دارد. زمانی که پرتواندازی بر روی کانوپی از نوع پراکنده باشد معمولاً میزان تشعشع کم است لذا، کمیت نور نفوذ کرده با وجود بالا بودن راندمان مصرف نور، کم است. در اکثر موارد عامل غالب مؤثر بر راندمان مصرف نور، میزان تشعشع پراکنده است (Sedigh and benayan, 1995). از لحاظ تئوریک، در روزهای ابری نسبت به روزهای آفتابی مقدار RUE حدود ۰/۴ گرم بر مگاژول افزایش نشان می‌دهد (Sinclair and Muchow, 1999). استرلینگ (Stirling *et al.*, 1990) در آزمایشی با قرار دادن شاخه‌های بامبو در روی کرت‌های بادام زمینی در طول مراحل زایشی این گیاه حدود ۷۵ درصد سایه 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. رودورف و همکاران (Rudorff *et al.*, 1996) میزان RUE را برای گندم‌هایی که در اتاقک‌های رشد روباز رشد کرده بودند

1- Leaf Area Index
2- Canopy extinction coefficient

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-15]

۱/۷۱ بدست آوردند که از مقادیر گزارش شده برای گندم در شرایط مزرعه بالاتر بود. پادان و همکاران (Pathan *et al.,* 2005) با مطالعه تأثیر جهت کاشت بر روی گندم بیان داشتند که در جهت شرقی-غربی تشعشع دریافتی ۵۸-۴۵ درصد بیشتر از سایر جهات بود که این امر به‌دلیل سطح برگ بیشتر در این جهت بود. برای محاسبه تشعشع فعال خورشیدی دریافت شده روزانه از برنامه RLY- calc استفاده شد (سلطانی و مداح، ۱۳۸۹). این برنامه از چهار صفحه جداگانه تشکیل شده است. برای راه‌اندازی این برنامه و محاسبه مقادیر روزانه شاخص سطح برگ و تشعشع فعال فتوسنتزی دریافت شده روزانه و فصلی به مقادیر شاخص سطح برگ اندازه‌گیری شده در زمان‌های متعدد در طول فصل رشد و آمار هواشناسی احتیاج می‌باشد.

این تحقیق با هدف بررسی شاخص‌های اکولوژیکی گندم از جمله شاخص سطح برگ، تشعشع جذب شده، کارآیی مصرف نور و ضریب خاموشی نور و نقش هر کدام از این عوامل تعیین‌کننده عملکرد در تعیین مقدار بیوماس انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه گنبد کاووس واقع در عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۶ دقیقه‌ی شمالی، طول جغرافیایی ۵۵ درجه و ۱۲ دقیقه‌ی شرقی، ارتفاع ۴۵ متر از سطح دریا و متوسط بارندگی سالانه ۴۲۸ میلی‌متر اجرا شد. بافت خاک سیلت لوم رسی بود. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل دو ژنوتیپ گندم (رقم کوهدشت و لاین ۱۷)، چهار جهت کاشت شمالی- جنوبی (N-S)[1]، شرقی-غربی (E-W)[2]، شمال‌شرقی-جنوب‌غربی (NE-SW)[3] و شمال‌غربی- جنوب‌شرقی (NW-SE)[4] و سه تراکم ۲۵۰ (کم)، ۳۰۰ (متوسط) و ۳۵۰ (زیاد) بوته در متر مربع بود. میزان بذر لازم برای کاشت بر اساس تراکم‌های ۲۵۰، ۳۰۰ و ۳۵۰ بوته در متر مربع با توجه به وزن هزار دانه هر رقم تنظیم وسپس بذور با قارچکش کاربوکسین تیرام به نسبت دو در هزار ضدعفونی شدند. این آزمایش در شرایط عدم محدودیت عناصر غذایی، آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز انجام شد؛ بنابراین میزان کود مصرفی بر اساس توصیه‌ی کودی ۱۵۰ کیلوگرم اوره، ۱۰۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل و ۱۰۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم بود با توجه به اینکه بر اساس نتایج حاصل از آزمایش خاک میزان فسفر قابل جذب ۱۲/۳ قسمت در میلیون و پتاسیم قابل جذب ۴۱۴ قسمت در میلیون

1- North-South
2- East- West
3- North East- South West
4- North West- South East

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-15]

بود. کودهای فسفره و پتاسه و یک چهارم کود اوره به صورت پایه مصرف و مابقی کـود اوره بـه صـورت تقسیط در سه مرحله پنجه‌زنی، ساقه‌دهی و سنبله‌دهی مصرف گردید. علف‌کش کلودینافوپ پروپارژیل (تاپیک) به نسبت یک لیتر در هکتار و تری بنورون متیل (گرانستار) به نسبت ۳۰ گرم در هکتار جهـت کنترل علف‌های هرز مصرف شدند. هم‌چنـین جهـت کنتـرل بیمـاری سـفیدک سـطحی از قـارچ‌کـش تبوکونازول (فولیکور) به نسبت یک در هزار و جهت کنترل آفت لما از سم ایمیداکلوپراید (کونفیدور) به نسبت یک در هزار در مرحله سنبله‌دهی استفاده شد.

برای اندازه‌گیری وزن خشک از کاشت تا ابتدای فصل بهار به فواصل هر ۱۰ تـا ۱۵ روز یـک‌بـار و از ابتدای بهار هر ۷ تا ۱۰ روز یک‌بار نمونه برداری انجام و برگ‌های سبز، بـرگ‌هـای زرد و ریـزش یافتـه، ساقه‌ها، سنبله‌ها و دانه‌ها تفکیک شدند و در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن بـه وزن ثابـت درون آون قرار گرفتند و سپس وزن خشک آنها اندازه‌گیری شد. سنجش سـطح بـرگ بـا اسـتفاده از دسـتگاه سطح برگ‌سنج مدل DELTA-T صورت گرفت و در هر مرحله، سطح برگ ۱۰ بوته انـدازه‌گیـری شـد. برای سنجش نسبت تشعشع دریافتی از کوادرات با ابعـاد ۰/۵×۰/۵ متـرمربـع اسـتفاده شـد. بـرای ایـن منظور در هر نمونه‌برداری کوادرات را به‌صورت مستقیم در بالای پوشش گیاهی طوری قرار داده شد که پایه‌های آن بین ردیف‌های کاشت قرار می‌گرفت، سپس تعـداد مربعـات داخـل کـوادرات کـه در آن‌هـا پوشش گیاهی بیش از ۵۰ درصد بود را شمرده تا از این طریق نسبت پوشش گیاهی بدست آید.

برای محاسبه تشعشع فعال خورشـیدی دریافـت شـده روزانـه از برنامـه RLY- calc اسـتفاده شـد (سلطانی و مداح، ۱۳۸۹). به‌منظور توصیف روند تغییرات شاخص سطح برگ نسبت به روزهـای پـس از کاشت از معادله لجستیک زیر استفاده شد که بهترین برازش را نسبت به نقاط واقعی اندازه‌گیـری شـده نشان داد (سلطانی و مداح، ۱۳۷۷).

$$LAI = ((a \times \exp((-a) \times (dap - b) \times c)) \times)) / (1 + \exp((-a) \times (dap - b)))^2) \quad \text{(معادله ۱)}$$

در این معادله LAI شاخص سطح برگ، dap روز پس از کاشت و a، b و c ضرایب معادله می‌باشند.

برای توصیف وزن خشک در طول زمان از معادلهٔ لجستیک ذیل استفاده شد که زمان تا رسیدن به ۵۰ درصد حداکثر مادهٔ خشک و میزان حداکثر ماده خشک تولیدی را نشان می‌دهد (سلطانی و مداح، ۱۳۸۹):

$$Y = DM_{\max} / (1 + \exp(-a * (dap - b))) \quad \text{(معادله ۲)}$$

در معادله لجستیک a ضریب معادله، b مدت زمانی کـه در آن تجمـع مـاده خشـک بـه ۵۰ درصـد حداکثر خود می‌رسد، DM_{max} حداکثر ماده خشک تولید شـده (گـرم در متـر مربـع)، dap روز پـس از کاشت وY تجمع مادهٔ خشک می‌باشد.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-15]

کارآیی مصرف نور (RUE) با استفاده از رگرسیون بیوماس تجمعی (گرم بر متر مربع) در مقابل تشعشع دریافتی تجمعی (مگاژول بر مترمربع) به‌صورت شیب خط حاصله تعیین گردید (Soltani *et al.*, 2006)

برای تعیین ضریب خاموشی از معادله زیر استفاده شد.

$$y = 1 - \exp^{(-k_{PAR} \times LAI)}$$ (معادله ۳)

در این معادله y نسبت پوشش گیاهی، K_{PAR} ضریب خاموشی بر پایهٔ تشعشع فعال فتوسنتزی و LAI شاخص سطح برگ می‌باشد. ضریب خاموشی بدست آمده بر پایهٔ تشعشع فعال فتوسنتزی است (K_{PAR}) که با استفاده از رابطهٔ تجربی اسکوایر (۱۹۹۰) به ضریب خاموشی بر پایهٔ کل تشعشع خورشیدی (Ks) قابل تبدیل است:

$$K_S = 0.75 K_{PAR}$$ (معادله ۴)

تجزیه و تحلیل صفات مورد ارزیابی دراین تحقیق با استفاده از نرم‌افزارهای SAS و MSTATC و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel صورت گرفت (سلطانی، ۱۳۸۶). مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج

به‌منظور مطالعه تغییرات شاخص سطح برگ نسبت به روزهای پس از کاشت از معادله ۱ که بهترین برازش را بر نقاط اندازه‌گیری شده نشان داد، استفاده شد. ضرایب معادله برای شاخص سطح برگ برای تراکم و جهت‌های مختلف کاشت در جدول ۱ نشان داده شده است. بر اساس این جدول، در تراکم ۲۵۰ بوته در مترمربع بین جهت‌های مختلف کاشت اختلاف معنی‌داری دیده شد، به‌گونه‌ای‌که جهت شمال‌غربی- جنوب‌شرقی بالاترین شاخص سطح برگ (۷/۱۶) و جهت شمال‌شرقی- جنوب‌غربی کمترین شاخص سطح برگ (۵/۳۳) را داشت. در تراکم ۳۰۰ بوته در متر مربع جهت کاشت شمال‌شرقی- جنوب‌غربی بیشترین شاخص سطح برگ (۸/۰۶) و جهت شرقی- غربی کمترین (۵/۷۵) شاخص سطح برگ را داشت. در تراکم ۳۵۰ بوته در متر مربع جهت کاشت شرقی- غربی با شاخص سطح برگ ۸/۳۳ بالاترین و جهت کاشت شمال‌شرقی-جنوب‌غربی کمترین شاخص سطح برگ (۵/۸۳) را داشت.

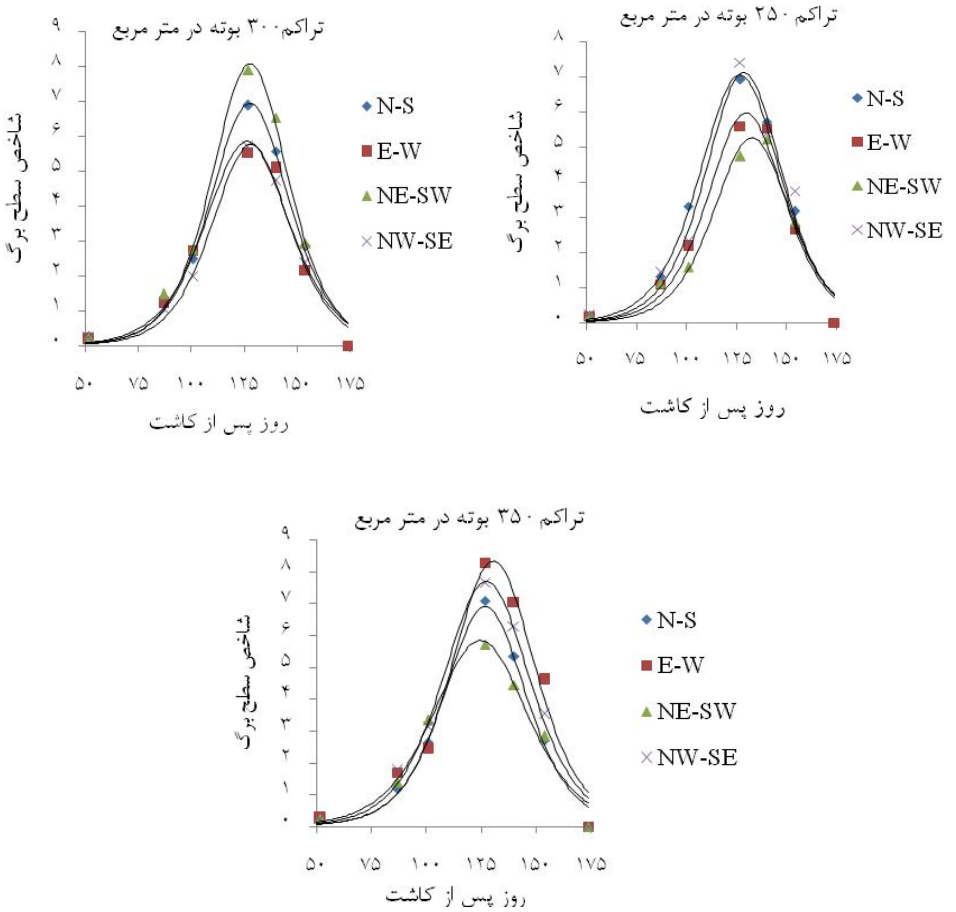
[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-15]

جدول ۱- ضرایب (a، b و c) معادله پیش‌بینی تغییرات شاخص سطح برگ در زمان (معادله ۱)، تعداد مشاهدات (n)، حداکثر LAI (LAI_{max}) و زمان وقوع آن (T_{max})، خطای استاندارد (SE) و ضریب تبیین (R^2).

تیمار	n	a±SE	b± SE	c± SE	LAI_{max}	T_{max}	R^2
تراکم ۲۵۰ بوته در مترمربع							
شمالی- جنوبی	۷	۰/۰۷۴±۰/۰۰۵	۱۲۶/۷±۱/۴۲	۳۸۱/۸±۲۱/۵۹	۷/۱۰	۱۲۷	۰/۹۹
شرقی- غربی	۷	۰/۰۷۸±۰/۰۰۶	۱۲۹/۷±۱/۸۴	۳۰۶/۷±۲۳/۹۰	۵/۹۵	۱۳۰	۰/۹۹
شمال‌شرقی- جنوب‌غربی	۷	۰/۰۷۸±۰/۰۰۹	۱۳۲/۶±۲/۳۰	۲۷۰/۴±۲۷/۵۹	۵/۳۳	۱۳۳	۰/۹۸
شمال‌غربی- جنوب‌شرقی	۷	۰/۰۷۸±۰/۰۰۸	۱۲۸/۶±۲/۱۱	۳۶۵/۸±۳۲/۴۷	۷/۱۶	۱۲۹	۰/۹۸
تراکم ۳۰۰ بوته در مترمربع							
شمالی- جنوبی	۷	۰/۰۸±۰/۰۰۵	۱۲۷/۷±۱/۳۳	۳۴۶/۹±۱۹/۶۴	۶/۵۱	۱۳۴	۰/۹۹
شرقی- غربی	۷	۰/۰۷۵±۰/۰۰۶	۱۲۶/۵±۱/۷۴	۳۱۱/۹±۲۱/۹۱	۵/۸۴	۱۲۷	۰/۹۹
شمال‌شرقی- جنوب‌غربی	۷	۰/۰۸۳±۰/۰۰۵	۱۲۷/۸±۱/۲۲	۳۸۸/۸±۲۰/۸۴	۸/۰۶	۱۲۸	۰/۹۹
شمال‌غربی- جنوب‌شرقی	۷	۰/۰۸۱±۰/۰۰۵	۱۲۸/۲±۱/۲۸	۲۸۴/۳±۱۵/۷۰	۵/۷۵	۱۲۸	۰/۹۹
تراکم ۳۵۰ بوته در مترمربع							
شمالی- جنوبی	۷	۰/۰۸±۰/۰۰۴	۱۲۶/۹±۱/۰۵	۳۴۵/۱±۱۵/۶۵	۶/۹۰	۱۲۷	۰/۹۹
شرقی- غربی	۷	۰/۰۷۸±۰/۰۰۷	۱۳۰/۶±۲	۴۲۶/۹±۳۶/۶۱	۸/۳۳	۱۳۱	۰/۹۹
شمال‌شرقی- جنوب‌غربی	۷	۰/۰۶۹±۰/۰۰۶	۱۲۴/۷±۱/۷۰	۳۳۸/۳±۲۱/۸۶	۵/۸۳	۱۲۵	۰/۹۹
شمال‌غربی- جنوب‌شرقی	۷	۰/۰۷۵±۰/۰۰۵	۱۲۷/۴±۱/۵۱	۴۱۰±۲۵/۱۰	۷/۶۸	۱۲۷	۰/۹۹

روند افزایشی شاخص سطح برگ در همه تراکم‌ها تا مرحله سنبله‌دهی و آغاز مرحله گرده‌افشانی در جهت‌های کاشت مختلف ادامه داشت و پس از آن به علت زرد شدن و ریزش برگ‌های پایین بوته، به‌واسطه سایه‌اندازی و انتقال مجدد مواد از برگ‌ها به دانه‌ها در دوره پر شدن دانه کاهش یافت (شکل ۱).

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-15]



شکل ۱- تغییرات شاخص سطح برگ در زمان در تراکم‌ها و جهت‌های مختلف کاشت

N-S: جهت کاشت شمالی- جنوبی، E-W: جهت کاشت شرقی-غربی،

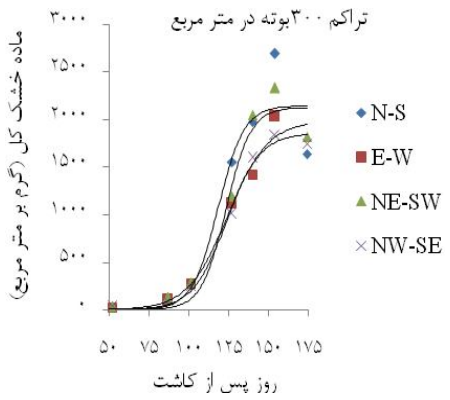
NE-SW: جهت کاشت شمال‌شرقی- جنوب‌غربی و NW-SE: جهت کاشت شمال‌غربی- جنوب‌شرقی

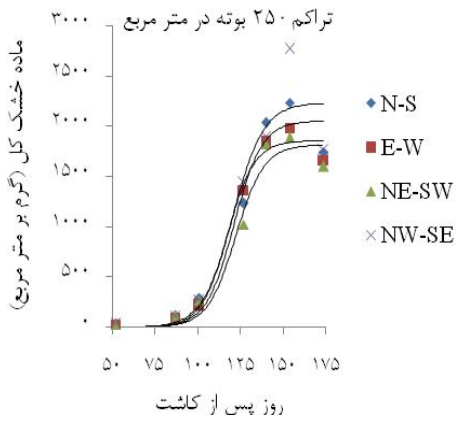
استفاده از معادله لجستیک ۲ که با هدف محاسبه زمان حصول ۵۰ درصد عملکرد ماده خشک و حداکثر ماده خشک تولیدی استفاده شد توصیف خوبی از تجمع ماده خشک به‌دست داد به‌نحوی‌که ضرایب تبیین همگی بزرگتر از ۰/۹۷ بودند (جدول ۲). در مراحل اولیه رشد این انباشته شدن وزن خشک در روز اندک است ولی با گذشت زمان، به طور خطی افزایش پیدا می‌کند و با وارد شدن به مرحله گلدهی، این افزایش وزن خشک کند و آهسته می‌گردد. با افزایش تراکم، مقدار تجمع ماده خشک اضافه می‌گردد (شکل ۲).

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-15]

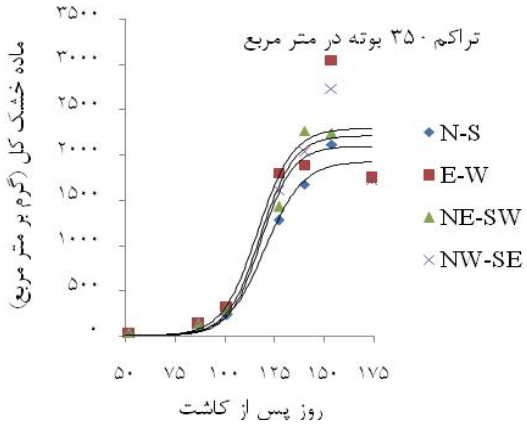
جدول ۲- ضرایب معادله لجستیک جهت پیش‌بینی تجمع ماده خشک در مقابل زمان برای تیمارهای مختلف آزمایش، n تعداد نمونه‌برداری، a ضریب معادله، b مدت زمانی که تجمع ماده خشک به ۵۰ درصد حداکثر خود می‌رسد، DMmax حداکثر ماده خشک تولید شده (گرم در مترمربع)، (SE)، خطای استاندارد و R^2 ضریب تبیین هستند.

تیمار	n	a± SE	b± SE	DM_{max}± SE	R^2
تراکم ۲۵۰ بوته در مترمربع					
شمالی- جنوبی	۷	۰/۱۲۲±۰/۰۵۶	۱۲۱/۴±۴/۵۵	۲۰۵۳/۴±۱۷۴/۳	۰/۹۸
شرقی- غربی	۷	۰/۱۲۷±۰/۰۳۱	۱۱۷/۷±۴/۲۰	۱۸۵۶/۸±۹۴/۲۱	۰/۹۹
شمال‌شرقی- جنوب‌غربی	۷	۰/۱۲۱±۰/۰۵۳	۱۲۲/۴±۴/۱۰	۱۸۱۵/۲±۱۴۶/۳	۰/۹۹
شمال‌غربی- جنوب‌شرقی	۷	۰/۱۱۱±۰/۰۶۹	۱۲۰/۸±۷/۲۴	۲۲۳۲/۶±۲۹۶/۹	۰/۹۷
تراکم ۳۰۰ بوته در مترمربع					
شمالی- جنوبی	۷	۰/۱۲۳±۰/۰۷۶	۱۱۸/۳±۷/۸۸	۲۱۴۵/۴±۲۷۴/۷	۰/۹۷
شرقی- غربی	۷	۰/۰۸±۰/۰۱۸	۱۲۴/۴±۳/۵۷	۱۹۸۵/۲±۱۴۲/۵	۰/۹۹
شمال‌شرقی- جنوب‌غربی	۷	۰/۱۲۹±۰/۰۶۹	۱۲۳/۳±۴/۲۰	۲۱۲۷/۶±۱۸۶/۴	۰/۹۸
شمال‌غربی- جنوب‌شرقی	۷	۰/۰۹۵±۰/۰۱۶	۱۲۳/۵±۲/۱۳	۱۸۵۶/۸±۸۰/۱۹	۰/۹۹
تراکم ۳۵۰ بوته در مترمربع					
شمالی- جنوبی	۷	۰/۱۰۶±۰/۰۳	۱۲۴/۴±۳/۵۷	۱۹۲۵/۹±۱۴۲/۵	۰/۹۹
شرقی- غربی	۷	۰/۱۱۴±۰/۰۷۸	۱۱۶/۵±۹/۸۴	۲۲۹۴±۳۵۷/۳	۰/۹۷
شمال‌شرقی- جنوب‌غربی	۷	۰/۱۲۶±۰/۰۵۵	۱۱۸/۲±۵/۴۰	۲۰۹۴±۱۸۲/۲	۰/۹۸
شمال‌غربی- جنوب‌شرقی	۷	۰/۱۲۰±۰/۰۶۸	۱۱۸±۷/۳۴	۲۲۱۱±۲۶۳/۵	۰/۹۷





[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-15]



شکل ۲- تغییرات تجمع ماده خشک در زمان در تراکم‌ها و جهت‌های مختلف کاشت N-S: جهت کاشت شمالی- جنوبی، E-W: جهت کاشت شرقی- غربی، NE-SW: جهت کاشت شمال‌شرقی- جنوب‌غربی و NW-SE: جهت کاشت شمال‌غربی- جنوب‌شرقی

جدول ۳- تخمین مقدار ضریب خاموشی (K) از معادله $y = 1 - \exp^{(-k_{PAR} \times LAI)}$ در تراکم‌ها و جهت‌های مختلف کاشت. n، تعداد نمونه؛ K_{PAR}، ضریب خاموشی بر اساس تشعشع فعال فتوسنتزی و R^2، ضریب تبیین هستند.

تیمار	n	±SE	K_{PAR}	R^2
تراکم ۲۵۰ بوته در مترمربع				
شمالی- جنوبی	۱۷	±۰/۰۶۹	۰/۶۳	۰/۹۶
شرقی- غربی	۱۷	±۰/۰۷۱	۰/۶۳	۰/۹۴
شمال‌شرقی- جنوب‌غربی	۱۷	±۰/۰۶۷	۰/۸۶	۰/۹۷
شمال‌غربی- جنوب‌شرقی	۱۷	۰/±۰۵۷	۰/۶۱	۰/۹۵
تراکم ۳۰۰ بوته در مترمربع				
شمالی- جنوبی	۱۷	±۰/۰۶۱	۰/۴۸	۰/۸۹
شرقی- غربی	۱۷	±۰/۰۷۸	۰/۵۲	۰/۹۰
شمال‌شرقی- جنوب‌غربی	۱۷	±۰/۰۹۳	۰/۶۴	۰/۹۲
شمال‌غربی- جنوب‌شرقی	۱۷	±۰/۰۷۰	۰/۸۷	۰/۹۸
تراکم ۳۵۰ بوته در مترمربع				
شمالی- جنوبی	۱۷	±۰/۰۴۸	۰/۵۱	۰/۹۵
شرقی- غربی	۱۷	±۰/۰۸۱	۰/۸۰	۰/۹۶
شمال‌شرقی- جنوب‌غربی	۱۷	±۰/۰۹۳	۰/۶۴	۰/۹۲
شمال‌غربی- جنوب‌شرقی	۱۷	±۰/۰۸۲	۰/۶۰	۰/۹۴

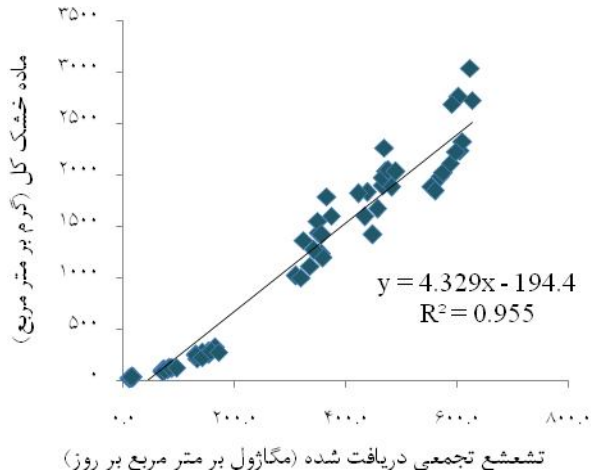
[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-15]

در تراکم ۳۰۰ بوته در مترمربع جهت شمالی- جنوبی بالاترین RUE (۴/۸۸±۰/۳۳) و جهت شرقی- غربی کمترین میزان RUE (۳/۶۳±۰/۱۹) را داشتند. در تراکم۳۵۰ بوته در متر مربع جهت شرقی- غربی بیشترین RUE (۵/۰۷±۰/۴۸) و جهت شمالی- جنوبی کمترین RUE (۳/۹۲±۰/۲۴) را دارا بود (جدول ۴). متوسط RUE در این آزمایش ۴/۲۵ گرم بر مگاژول بر اساس تشعشع فعال فتوسنتزی بود (شکل ۳).

جدول ۴- ضرایب معادله توصیف کننده‌ی ($y = a + bx$) تجمع ماده خشک (گرم در متر مربع) در مقابل تشعشع دریافت شده تجمعی (مگاژول در متر مربع). n، تعداد نمونه؛ RUE، شیب خط (کارآیی استفاده از تشعشع بر حسب گرم بر مگاژول)، SE، خطای استاندارد و R^2، ضریب تبیین هستند.

تیمار	n	a±SE	RUE±SE	R^2
تراکم ۲۵۰ بوته در متر مربع				
شمالی- جنوبی	۶	-۱۸۰/۵۲±۱۲۳/۹۵	۴/۱۷±۰/۳۵	۰/۹۷
شرقی- غربی	۶	-۱۲۳/۱۲±۱۳۳/۰۴	۴/۰۴±۰/۴۰	۰/۹۹
شمال‌شرقی- جنوب‌غربی	۶	-۲۴/۱۲۵±۱۲۵/۱۴	۳/۹۰±۰/۳۹	۰/۹۶
شمال‌غربی- جنوب‌شرقی	۶	-۲۵۸/۸۴±۱۱۳/۲۰	۴/۸۱±۰/۳۲	۰/۹۸
تراکم ۳۰۰ بوته در متر مربع				
شمالی- جنوبی	۶	-۲۴۷/۱۳±۱۱۶/۹۵	۴/۸۸±۰/۳۳	۰/۹۸
شرقی- غربی	۶	-۱۳۱/۹۹±۶۴/۳۸	۳/۶۳±۰/۱۹	۰/۹۹
شمال‌شرقی- جنوب‌غربی	۶	-۲۰۵/۴۹±۱۲۴/۶۴	۴/۲۵±۰/۳۵	۰/۹۷
شمال‌غربی- جنوب‌شرقی	۶	-۱۲۳/۲۹±۷۳/۳۵	۳/۶۳±۰/۲۳	۰/۹۸
تراکم ۳۵۰ بوته در متر مربع				
شمالی- جنوبی	۶	-۱۵۴/۱۸±۸۲/۰۱	۳/۹۲±۰/۲۴	۰/۹۹
شرقی- غربی	۶	-۲۷۸/۵۴±۱۷۶/۷۲	۵/۰۷±۰/۴۸	۰/۹۶
شمال‌شرقی- جنوب‌غربی	۶	-۱۷۸/۲۸±۱۷۶/۷۲	۴/۴۲±۰/۵۰	۰/۹۵
شمال‌غربی- جنوب‌شرقی	۶	-۲۶۳/۳۸±۱۲۷/۳۹	۴/۷۳±۰/۳۴	۰/۹۸

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-15]



شکل ۳- رابطه بین ماده خشک کل و تشعشع تجمعی دریافت شده، شیب خط نشان‌دهنده کارآیی استفاده از تشعشع (گرم بر مگاژل) می‌باشد.

بحث و نتیجه‌گیری

افزایش شاخص سطح برگ با جذب تشعشع ارتباط بسیار نزدیک و مثبتی دارد و تا رسیدن به شاخص سطح برگ بحرانی (جذب حدود ۹۵ درصد نور خورشید توسط کانوپی) ادامه پیدا می‌کند لذا انجام فرآیند فتوسنتز و در نتیجه تولید ماده خشک گیاه وابسته به سطح برگ بوده و برای افزایش ماده خشک گیاه باید شاخص سطح برگ را افزایش داد. یکی از راه‌های افزایش شاخص سطح برگ، افزایش تراکم بوته می‌باشد. با افزایش تراکم در جهت‌های مختلف کاشت شاخص سطح برگ سیر صعودی داشت و حداکثر شاخص سطح برگ در تراکم ۳۵۰ بوته در متر مربع و در جهت شرقی- غربی بود که با نتایج عبدل مکسود (Adb El-Maksoud, 2008) مطابقت داشت. پادان و همکاران (Pathan *et al.*, 2005) بیان داشتند که در جهت شرقی- غربی تشعشع دریافتی ۴۵ الی ۵۸ درصد بیشتر از سایر جهات بود که این امر به‌دلیل سطح برگ بیشتر در این جهت می‌باشد. در تراکم بالا، به علت افزایش تعداد بوته، تعداد برگ زیاد شده و منجر به افزایش شاخص سطح برگ شد.

زمان حادث شدن حداکثر شاخص سطح برگ در تراکم‌های مختلف در این مطالعه منطبق بر شروع گرده‌افشانی بود که برابر با ۱۰۹۸ درجه روز رشد بود. این نتایج با نتایج سعادتیان و همکاران (سعادتیان و همکاران، ۱۳۹۰) مطابقت داشت درصورتی‌که مورینن (Muurinen *et al.*, 2006) زمان رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ در گندم را قبل از مرحله سنبله‌دهی گزارش کرد. متوسط

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-15]

شاخص سطح برگ در این تحقیق ۶/۶۷ بود. این مقدار به‌طور معنی‌داری از مقدار ۴/۵ که توسط مداح یزدی (مداح یزدی، ۱۳۸۵) گزارش شده، بیشتر بود.

دلیل افزایش میزان تجمع ماده خشک با افزایش تراکم را می‌توان به دلیل بالا بودن تعداد بوته در واحد سطح و در نهایت افزایش میزان شاخص سطح برگ ذکر کرد. سید شریفی و همکاران (Seyed Sharifi *et al.,* 2011) نتایج مشابهی را گزارش کردند. اختلاف ارقام از نظر مدت زمان لازم برای رسیدن ماده خشک به ۵۰ درصد حداکثر خود معنی‌دار نبود اما بین تراکم‌ها و جهت‌های مختلف کشت اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۲) به‌نحوی‌که در تراکم ۲۵۰ بوته در متر مربع، جهت شمال‌غربی- جنوب‌شرقی بیشترین ماده خشک تجمعی را داشت (۲۹۶/۹±۲۲۳۲/۶ گرم بر متر مربع). در تراکم ۳۰۰ بوته در مترمربع اختلاف معنی‌داری بین جهت‌های کاشت مشاهده نشد درحالی‌که در تراکم ۳۵۰ بوته در مترمربع جهت کاشت شرقی- غربی بیشترین تجمع ماده خشک را داشت (۳۵۷/۳±۲۲۹۴ گرم بر مترمربع). منعم و همکاران (Monem *et al.,* 2012) و هوزاین و همکاران (Hozayn *et al.,* 2012) نیز نتایج مشابهی را گزارش کردند. علت این امر افزایش شاخص سطح برگ و مقدار تشعشع دریافت شده در طول دوره رشد و کارآیی گیاه در تبدیل تشعشع دریافتی ذکر شده است (Yano *et al.,* 2007). کاترین و همکاران (Catherine *et al.,* 2010) و پادان و همکاران (Pathan *et al.,* 2005) بیان داشتند که دریافت تشعشع فعال فتوسنتزی به‌وسیله کانوپی گیاهی در جهت شرقی- غربی به‌ترتیب ۱۸ الی ۲۸ درصد و ۴۵ الی ۸۵ درصد افزایش می‌یابد. روند تغییرات ماده خشک جهت‌های مختلف کاشت در شکل ۲ نشان داده شده است. چنانچه مشاهده می‌شود تشکیل ماده خشک در جهت‌های مختلف کاشت به‌عنوان معیاری از میزان تولید، از یک منحنی غیر خطی در همه‌ی تراکم‌ها تبعیت می‌کند. به‌طورکلی در اوایل رشد گیاه با توجه به دماهای پایین و همچنین عدم پوشش گیاهی کامل برای دریافت تشعشع خورشیدی، افزایش اولیه ماده خشک کم می‌باشد. به‌علاوه، گیاه جهت ریشه‌دهی بهتر، مواد بیشتری به ریشه اختصاص می‌دهد (Tambussi *et al*., 2005).

در مراحل اولیه رشد از نظر ماده خشک تجمعی اختلاف زیادی بین جهت‌های مختلف کاشت دیده نشد که این امر می‌تواند به دلیل عدم تفاوت قابل ملاحظه در سطح برگ در مراحل اولیه رشدی باشد. اختلاف در روند ماده خشک تجمعی بین جهت‌های مختلف کاشت حدوداً ۱۰۰ روز پس از کاشت تقریباً در زمان ساقه‌دهی مشاهده شد. اختلاف در ماده خشک بین جهت‌های مختلف کاشت در همه تراکم‌ها از مرحله ساقه‌دهی شروع شد و تا انتهای فصل رشد ادامه یافت (شکل-۲). در غلات افزایش ماده خشک بخش‌های هوایی گیاه رابطه مستقیمی با شاخص سطح برگ و ارتفاع گیاه تا مرحله گلدهی دارد (امام، ۱۳۸۶) و معمولاً حداکثر وزن خشک تقریباً ۱۰ تا ۱۵ روز قبل از بلوغ کامل به‌دست می‌آید

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-15]

و سپس یک کاهش جزئی حادث می‌شود که در این آزمایش به دلیل اینکه وزن خشک اجـزای ریختـه شده هم در محاسبات اعمال شد کاهش در وزن خشک مشاهده نشد (شکل ۲).

معادله ۳ به خوبی تغییرات پوشش گیاهی را در مقابل LAI توجیه کرد. بین ارقام از نظر K_{PAR} به دست آمده اختلاف معنی‌داری وجود نداشت اما تراکم‌ها و جهت‌های مختلف کاشت اختلاف معنی‌داری از نظر K_{PAR} نشان دادند. در تراکم کم جهت‌های مختلف کاشت از نظر K_{PAR} اختلاف معنی‌داری نداشتند ولی در تراکم متوسط جهت شمال‌غربی- جنوب‌شرقی نسبت به سایر جهات K_{PAR} بیشتری داشت (۰/۸۷) و در تراکم زیاد جهت شرقی- غربی بیشترین (۰/۸۰) و جهت شمالی- جنوبی کمترین (K_{PAR} ۰/۵۱) را داشتند. مقدار K_{PAR} بین ۰/۴۷±۰/۰۶۱ در جهت شمالی جنوبی و در تراکم متوسط (۳۰۰ بوته در مترمربع) تا ۰/۸۷±۰/۰۷۰ در جهت شمال‌غربی- جنوب‌شرقی در همین تراکم متغیر بود (جدول ۳). متوسط K_{PAR} برای جهت‌های مختلف کاشت در سطوح تراکم ۰/۶۳±۰/۰۷ بود (شکل ۳). این مقدار با مقدار گزارش شده توسط زند و همکاران (زند و همکاران، ۱۳۸۱) و مورینن و پلتونن ساینیو (Muurinen and Peltonen-Sainio, 2006) مطابقت داشت.

مدل رگرسیونی خطی ساده رابطه بین تشعشع تجمعی دریافت شده و بیوماس تجمعی از کاشت تـا رسیدگی را با ضرایب تبیین (R^2) بالاتر از ۰/۹۵ به‌خوبی توصیف کرد (جدول ۴). RUE بـه‌دسـت آمـده برای تراکم‌ها و جهت‌های مختلف کاشت تفاوت معنی‌داری با هم داشتند امـا بـین ارقـام گنـدم تفـاوت معنی‌داری مشاهده نشد. اثر متقابل تراکم و جهت کاشت بر RUE معنی‌دار بود به‌طـوری‌کـه در تـراکم ۲۵۰ بوته در متـر مربـع، جهـت شـمال‌غربـی-جنـوب‌شـرقی بیشـترین RUE (۴/۸۱±۰/۳۲) و جهـت شمال‌شرقی- جنوب‌غربی کمترین میزان RUE را داشت.

مقدار RUE محاسبه شده برای گندم در این تحقیق از مقادیر ۴/۲-۱/۸ گزارش شده توسط اولسن و همکاران (Olesen *et al.,* 2002) و ۲/۰۶ الی ۲/۹۰ توسط گوینتا و همکارن (Giunta *et al.,* 2009) بیشتر بود اما از ۴/۶۳ که توسط مداح‌یزدی (Maddah yazdi, 2007) گزارش شده کمتر بود. علت بالا بودن بیش از حد مقادیر محاسبه شده کارآیی مصرف نور برای گندم در این تحقیق نسبت به مقادیر گزارش شده توسط سایر محققین به‌علت تخمین این پارامتر در شرایط تشعشع پراکنده می‌باشد. یکی از عواملی که باعث تغییر راندمان مصرف نور در کانوپی می‌شود، بخشی از تشعشع است که به صورت مستقیم به کانوپی می‌رسد. اگر تشعشع بالای کانوپی عمدتاً از نوع پراکنده باشد راندمان مصرف نور کانوپی بالاتر است. این امر به دلیل این است که نور پراکنده یکنواختی و توزیع کارآمدتری بر روی برگ‌های بالغ کانوپی دارد. زمانی که پرتواندازی بر روی کانوپی از نوع پراکنده باشد معمولاً میزان تشعشع کم بوده لذا کمیت نور نفوذ کرده با وجود بالا بودن راندمان مصرف نور کم است. در اکثر موارد عامل غالب مؤثر بر راندمان مصرف نور، میزان تشعشع پراکنده است (Sedigh and benayan, 1995).

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-15]

نتایج سینکلر و ماکو (Sinclair and Muchow, 1999) و استرلینگ و همکاران (Stirling *et al.,* 1990) دلیلی بر این ادعا است.

منابع

امام، ی. ۱۳۸۶. زراعت غلات. انتشارات دانشگاه شیراز. ۱۹۰ صفحه.

زند، ا.، کوچکی ع.، رحیمیان مشهدی، ح.، و نصیری، م. ۱۳۸۱. بررسی روند تغییرات ۵۰ ساله خصوصیات مرفولوژیک و فیزیولوژیک در برخی از گندم‌های ایرانی. مجلهٔ علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. ۱۶(۱): ۱۷۱-۱۶۱.

سعادتیان، ب.، احمدوند، گ.، و سلیمانی، ف. ۱۳۹۰. ارزیابی شاخص‌های رشد و عملکرد دو رقم گندم (*Triticum aestivum* L.) در رقابت با علف‌های‌هرز چاودار (*Secale cereale* L.) و خردل وحشی (*Sinapis arvensis* L.). نشریه بوم‌شناسی کشاورزی. ۳(۴): ۴۶۷-۴۵۴.

سلطانی، ا. ۱۳۸۶. کاربرد نرم‌افزار SAS در تجزیه‌های آماری (برای رشته‌های کشاورزی). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۱۸۲ صفحه.

سلطانی، ا.، و مداح، و. ۱۳۸۹. برنامه‌های کاربردی ساده برای آموزش و پژوهش در زراعت. انتشارات نیاک. ۷۸ صفحه.

صدیق، م.، و بنایان، م. ۱۳۷۳. در ترجمه مدل‌سازی فتوسنتز گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۱۵۷ صفحه.

مداح یزدی، و. ۱۳۸۵، فیزیولوژی مقایسه‌ای رشد، نمو و تشکیل عملکرد بین گندم و نخود. پایان‌نامهٔ کارشناسی‌ارشد زراعت. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. ۸۰ صفحه.

ناصرعلوی، م. ۱۳۸۱. بررسی اثر جهت و تراکم‌های مختلف کاشت و خصوصیات رشد و عملکرد سورگوم در منطقه کرمان. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد. دانشگاه تهران. ۱۶۰ صفحه.

Adb El-Maksoud M.F. 2008. Effect of row direction and plant arrangement on growth, yield and yield components of two maize cultivars. Journal of applied Sci. Res. 4:1182-1190.

Carretero R., Serrago R.A., Bancal M.O., Perello A.E., Miralles D.J. 2010. Absorbed radiation and radiation use efficiency as affected by foliar diseases in relation to their vertical position into the canopy in wheat. Field Crop Res. 116: 184-195.

Catherine P.D., Borger A.H., Phathan Sh. 2010. Manipulating crop row orientation to suppress weeds and increase crop yield. Weed Sci. 58:174–178.

Eriksson, H., Eklundh, L., Hall, K., Lindroth, A. 2005. Estimating LAI in deciduous forest stands. Agricultural and Forest Meteorology. 129: 27-37.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-15]

Giunta F., Pruneddu G., Motzo R. 2009. Radiation interception, biomass and nitrogen accumulation in different cereal and grain legume species. Field Crops Rese. 110: 76-84.

Hammer G.L., Sinclair T.R., Boote K.J., Wright G.C., Meinke H., Bell M.J. 1995. A peanut simulation model: I. Model development and testing. Agro. Journal. 87: 1085-1093.

Hozayn M., Tarek, A.E., Ghafar, E.S., Sharara, A. 2012. Implication of crop row orientation and row spacing for controlling weeds and increasing yield in wheat. Field Crops Res. 6: 422-427.

Li Q., Chen Y., Liu M., Zhou X., Yu S., Guo Ch. 2012. Effect of irrigation to winter wheat on the radiation use efficiency and yield of summer maize in a double cropping System. Scientific World Journal, 47627: 1- 6.

Monem R., Mirtaheri M.S., Ahmadi A. 2012. Investigation of row orientation and planting date on yield and yield components of mung bean. Annals of Biological Rec. 3: 1764-1767.

Muurinen S., Peltonen-Sainio P. 2006. Radiation-use efficiency of modern and old spring cereal cultivars and its response to nitrogen in northern growing conditions. Field Crops Rese. 96: 363–373.

Olesen J.E., Berntsen J., Hansen E.M., Petersen B.M., Petersen J. 2002. Crop nitrogen demand and canopy area expansion in winter wheat during vegetative growth. European Journal of Agronomy. 16: 279–294.

Pathan S., Hashem A., Borger C. 2005. Crop row orientation induced photo-sensory effect on the competitive interactions of crops and weeds. Fifteenth Australian Weeds Conference. 15:351-354.

Power J.F., Wills W.O., Grunes D.L., Reichman G.A. 1967. Effect of soil temperature, phosphorus, and plant age on growth analysis of barley. Agro. J. 59: 231-234.

Robertson M.J., Carberry P.S., Huth N.I., Turpin J.E., Probert M.E., Poulton P.L., Bell M., Wright G.C., Yeates S.J., Brinsmead R.B. 2002. Simulation of growth and development of diverse legume species in APSIM. Aust. J. Agric. Res. 53: 429-446.

Rudorff B.F., Muich T., Daughtry C.L., Lee E.H. 1996. Growth, radiation use efficiency, and canopy reflectance of wheat and corn grown under elevated ozone and carbon dioxide atmosphores. Remote Sensing of Environ. 55:163-173.

Seyed Sharifi R., Bigonah Hamabad H., Azimi, J. 2011. Plant population influence on the physiological indices of wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. J. Plant Sci. 2(5): 137-142.

Sinclair T.R. 1986. Water and nitrogen limitations in soybean grain production: I. Model development. Field Crops Res. 15: 125-141.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-15]

Sinclair T.R., Muchow R.C. 1999. Radiation use efficiency. A Review. Adances in Agronomy 65: 215-265.

Soltani A., Robertson M.J., Manschdi A.M. 2006. Modeling chickpea growth and development: Nitrogen accumulation and use. Field Crop

Stirling C.M., Williams J.H., Black C.R., 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.

Tambussi E.A., Ogues, S.N., Ferrio P., Voltas J., Araus J.L. 2005. Does higher yield potential improve barley performance in Mediterranean condition? Field Crop Res. 91: 149-160.

Yano T., Aydin M., Haraguchi T. 2007. Impact of climate change on irrigation demand and crop growth in a Mediterranean environment of Turkey. Sensors. 7: 2297-2315.

Yin X., Gouadrain J., Latinga E.A., Vos J., Spierts J.H. 2003. A flexible sigmoid growth functions of determinate growth. Ann. Bot. 91: 361-371.

Zhang L., Van der Werf W., Bastiaans L., Zhang S., Li B., Spiertz, J.H.J. 2008. Light interception and utilization in relay intercrops of wheat and cotton. Field Crops Res. 107: 29-42.

Zhang Y., Tang Q., Zou Y., Li D., Qin J., Yang S., Chen L., Xia B., Peng, S. 2009 Yield potential and radiation use efficiency of ‘‘super’’ hybrid rice grown under subtropical conditions. Field Crops Research 114: 91–98.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-15]

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-15]