

Evaluation of radiation absorption and use efficiency of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) and wild oat (*Avena ludoviciana* L.) in nitrogen fertilizer levels and wild oat additive densities

Ashkan Jalilian¹, Farzad Mondani^{*2}, Alireza Bagheri³, Mahmud Khoramivafa²

1, 2, 3. Department of Production Engineering and Plant Genetics, Razi University, Kermanshah, Iran.

(Received: February 9, 2022 - Accepted: June 24, 2022)

ABSTRACT

Some essential factors effectively reduce wheat yield; one of the most critical factors is weeds. The effect of this factor can vary at different fertilizer levels. To investigate the effect of different densities of wild oat in different nitrogen fertilizer levels on the wheat traits, an experiment was conducted in the form of split plots and in a randomized complete block design with three replications. Treatments included the application of 30, 60, 100 and 120% of wheat nitrogen fertilizer requirement and densities of zero, 25, 50, 75 and 100 wild oat plants per m². The results showed that the highest wheat grain yield (871.60 g/m²) and radiation use efficiency (1.49 g Mj⁻¹) obtained at 120% fertilizer level and the absence of weeds, and the lowest obtained at 30% nitrogen and 100 plants per m². The highest dry weight yield (381 g/m²) and radiation use efficiency (1.6 g Mj⁻¹) of wild oats were obtained at 100 plants/m² density and at the highest level of nitrogen fertilizer. In general, increasing the presence of wild oats and increasing its density under conditions of improper application of nitrogen can intensify interspecific competition and ultimately lead to yield reduction.

Keywords: Interspecific competition, leaf area index, photosynthesis, weed, wheat grain yield.

ارزیابی کارایی جذب و مصرف تشعشع گندم پاییزه (*Triticum aestivum* L.) و

یولاف وحشی (*Avena ludoviciana* L.) در سطوح کودی نیتروژن و تراکم‌های افزایشی یولاف وحشی

اشکان جلیلیان^۱، فرزاد مندنی^{۲*}، علیرضا باقری^۳، محمود خرمی وفا^۲

۱ و ۲ و ۳. دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشیار و استادیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۲۰ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۴/۳)

چکیده

عوامل مهمی در کاهش عملکرد گندم موثر هستند که از مهم‌ترین آن‌ها علف‌های هرز می‌باشد. این اثرگذاری در سطوح کودی می‌تواند متفاوت باشد. در همین راستا جهت بررسی اثر تراکم‌های مختلف یولاف وحشی در سطوح کودی نیتروژن بر صفات مورد ارزیابی گندم آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل کاربرد ۳۰، ۶۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز گندم به کود نیتروژن و تراکم‌های صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ بوته یولاف وحشی در متر مربع بود. نتایج نشان داد بالاترین عملکرد دانه گندم (۸۷۱/۶۰ گرم در متر مربع) و کارایی مصرف تشعشع (۱/۴۹ گرم بر مگاژول) در سطح کودی ۱۲۰ درصد و عدم حضور علف هرز و کمترین آن نیز در ۳۰ درصد نیتروژن و تراکم ۱۰۰ بوته در متر مربع بود. بالاترین عملکرد ماده خشک (۳۸۱ گرم بر متر مربع) و کارایی مصرف تشعشع (۱/۶ گرم بر مگاژول) یولاف وحشی در تراکم ۱۰۰ بوته در متر مربع و بالاترین سطح کودی نیتروژن بود. به طور کلی افزایش حضور یولاف وحشی و افزایش تراکم آن در شرایط کاربرد بی‌رویه نیتروژن می‌تواند رقابت برون‌گونه‌ای را تشدید کرده و در نهایت منجر به کاهش عملکرد شود.

واژه‌های کلیدی: رقابت برون‌گونه‌ای، سطح برگ گندم، علف هرز، عملکرد دانه گندم، فتوسنتز

* Corresponding author E-mail: f.mondani@razi.ac.ir

مقدمه

گندم یکی از راهبردی‌ترین گیاهان زراعی در قرن حاضر است که در صورت افزایش تولید، می‌تواند کمبود مواد غذایی را برطرف کند (Zhou *et al.*, 2021). حدود ۲۰ درصد از کل کالری و پروتئین رژیم غذایی جهان در بیش از ۸۵ کشور و با ۷۵۰ میلیون تن در سال از گندم تامین می‌شود (Wang *et al.*, 2020). افزایش راندمان تولید محصولات زراعی باید حداقل سالانه ۲/۴ درصد باشد تا پاسخگوی افزایش جمعیت جهان تا سال ۲۰۵۰ میلادی باشد (Robles-Zazueta *et al.*, 2021). گندم بیشترین سطح زیر کشت دنیا را در بین محصولات کشاورزی به خود اختصاص داده است و از نظر تولید نیز بعد از نیشکر و ذرت جایگاه سوم را دارد. ایران نیز با سطح زیر کشت ۸ میلیون هکتاری خود در جایگاه نهم و با تولید ۱۶/۸ میلیون تنی خود در جایگاه سیزدهم جهان قرار دارد (FAO, 2021). در ایران گندم سهم بسیار مهمی در برنامه غذایی دارد، به گونه‌ای که سرانه مصرف آن در ایران حدود ۲۳۲ کیلوگرم در سال می‌باشد که این مقدار بیش از دو برابر میانگین مصرف سرانه آن در دنیا می‌باشد (Jalilian *et al.*, 2018). گیاهان زراعی برای رشد و نمو خود حداقل به ۱۴ عنصر غذایی نیاز دارند که نیتروژن مهم‌ترین آن‌ها می‌باشد که در صورت عدم دسترسی یا کمبود آن، عامل محدود-کننده رشد به شمار می‌رود (Woodward *et al.*, 2021). علف‌های هرز جزو عوامل مهم خسارت‌زا و کاهنده تولید در سیستم‌های کشاورزی محسوب می‌شوند و مصرف کننده‌ی لوکس عناصر غذایی، از جمله کودهای شیمیایی می‌باشند، که می‌تواند رشد و نمو آن‌ها در مقایسه با گیاه زراعی را افزایش دهد (Hassanpour-*et al.*, 2021; Ullah *et al.*, 2021). یولاف

وحشی با دامنه پراکنش وسیع جغرافیایی، پتانسیل بالای تولید بذر و بیوتپ‌های مقاوم به علف‌کش از مهم‌ترین عوامل خسارت‌زا در مزارع گندم و جو به شمار می‌رود (Hasanfard *et al.*, 2021; Hassanpour-Bourkheili *et al.*, 2021).

نور از مهم‌ترین منابع ضروری جهت رشد گیاه است و فرآیند فتوسنتز و تولید ماده خشک تابعی از جذب نور توسط بافت سبز گیاه می‌باشد (Molero *et al.*, 2019; Wang *et al.*, 2020). نور برخلاف آب و مواد غذایی، به دلیل جذب لحظه‌ای و غیر قابل ذخیره بودن یکی از مهم‌ترین عامل‌های رقابت در بوم نظام‌های زراعی است (Bozorgi Hossein Abad *et al.*, 2019; Shakibafar *et al.*, 2014). جذب نور به ساختار کانوپی، یعنی شاخص سطح برگ و توزیع عمودی برگ‌ها، سرعت توسعه و دوام آن، ضریب خاموشی برگ و خصوصیات مورفولوژیکی مانند ارتفاع و نحوه آرایش برگ‌ها بستگی دارد و مقدار جذب آن توسط گیاه می‌تواند نتیجه رقابت گیاه زراعی با علف هرز را به نفع گیاهی که توانایی بالاتری در صفات ذکر شده دارد تغییر دهد (Karimian *et al.*, 2009). در شرایط مطلوب زراعی، یک رابطه خطی بین ماده خشک تجمعی و تشعشع دریافت-شده وجود دارد که شیب این رابطه خطی، کارایی مصرف تشعشع (RUE^۱) می‌باشد (Bonelli & Andrade, 2020; Rattalino Edreira *et al.*, 2020). RUE یکی از پارامترهای اصلی تخمین زیست‌توده گیاه می‌باشد (Ullah *et al.*, 2019; Zhou *et al.*, 2021; Yousefi *et al.*, 2021). RUE عمدتاً از طریق عوامل ژنتیکی کنترل می‌شود ولی عوامل

^۱ Radiation Use Efficiency

فعال فتوسنتزی تجمعی (PAR^2) شد و با افزایش آن به مقدار ۲۸۰ کیلوگرم در هکتار، RUE کاهش یافت (Li *et al.*, 2011). به طور میانگین بیشترین مقادیر گزارش شده از RUE گندم بین ۱/۵۱ تا ۱/۶۲ گرم بر مگاژول می باشد (Ayeneband, 2012).

تغییر در مقدار شاخص سطح برگ در کانوپی مخلوط علف هرز و گیاه زراعی از طریق کاهش در مقدار نور جذب شده، شدت نور و سایه اندازی بر یکدیگر می تواند باعث کاهش RUE و رشد و عملکرد گیاه زراعی شود (Eskandari *et al.*, 2015; Ramesh *et al.*, 2017). علف هرز یولاف وحشی از طریق رقابت در جذب نور و عناصر غذایی منجر به کاهش رشد و عملکرد گندم می شود که میزان خسارت بسته به تراکم یولاف وحشی متفاوت می باشد (Mondani *et al.*, 2015). افزایش تراکم یولاف وحشی از طریق کاهش مقدار تشعشع ورودی به کانوپی گندم باعث کاهش RUE می شود (Abrahimpour *et al.*, 2003). افزایش تراکم یولاف وحشی با شاخص بالاتر سطح برگ و تراکم بیشتر ریشه منجر به بهبود توان رقابت این علف هرز با گندم در جذب نور و مواد غذایی و در نتیجه کاهش کارایی تبدیل مواد و کاهش عملکرد گندم می شود (Dhima & Eleftherohorinos, 2001). برخورداری از ارتفاع بیشتر بوته، تجمع برگ ها در بالای کانوپی گندم و دوام بالاتر سطح برگ به عنوان مهم ترین عوامل برتری در رقابت یولاف وحشی با گندم و کلزا گزارش شده اند (Hassanpour-Bourkheili *et al.*, 2021). علف های هرز و کاهش جذب نور گیاه زراعی نیز یک عامل مهم دیگر در برتری رقابت علف هرز با گیاهان زراعی می باشد (Mhlanga *et al.*, 2016). افزایش تراکم

محیطی و مدیریتی مانند تراکم کاشت، رقابت با علف هرز، تاریخ کاشت و تغییرات حاصلخیزی خاک به ویژه نیتروژن بر این ویژگی تأثیرگذار خواهند بود (Yousefi *et al.*, 2021; Zhou *et al.*, 2021). برآورد دقیق RUE و سایر فعالیت های فتوسنتزی برای نشان دادن فرآیند رشد گیاه، بهره وری و سایر فرآیندهای فیزیولوژیکی در هر سطح رویشی ضروری می باشند (Kukul & Irmak, 2020). کاربرد صحیح مقدار کود مصرفی می تواند به جذب بهتر آن توسط گیاه کمک کند، به طوری که افزایش بیش از حد و کاهش بیش از نیاز گیاهی می تواند خسارت زا باشد (Khodabin *et al.*, 2022; Moghadam *et al.*, 2022). فراهمی نیتروژن می تواند سرعت گسترش سطح برگ را در اوایل فصل رشد بیشتر سازد و باعث زودتر بسته شدن کانوپی شود؛ در نتیجه، RUE و نفوذ نور به درون سایه انداز زیاد می شود که این عامل باعث افزایش سرعت رشد محصول، شاخص سطح برگ، دوام شاخص سطح و در نهایت افزایش عملکرد محصول می شود (Dier *et al.*, 2018; Wang *et al.*, 2020). فراهمی نیتروژن خاک باعث افزایش عملکرد و RUE گندم می شود، به نحوی که افزایش مقدار نیتروژن تا ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار باعث روند افزایشی عملکرد و RUE شد (Akmal *et al.*, 2018). نتایج بررسی تأثیر زمان های مناسب فراهمی نیتروژن در گیاهان گندم، یولاف وحشی و جو نشان داد که فراهمی کامل و مناسب نیتروژن می تواند باعث افزایش RUE و عملکرد محصول شود (Ahmad *et al.*, 2012). نتایج بررسی سطوح متفاوت نیتروژن بر RUE گندم نشان داد که افزایش مقدار نیتروژن از صفر به ۲۱۰ کیلوگرم در هکتار باعث افزایش RUE از ۱/۷۱ به ۳/۸۵ گرم بر مگاژول بر اساس تشعشع

^۲ photosynthetically active radiation

۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره ۴۶ درصد در نظر گرفته شد.

این انتخاب با توجه به مقدار کربن آلی خاک و فسفر قابل جذب خاک صورت گرفت. آماده‌سازی مزرعه شامل شخم نیمه‌عمیق و سپس دیسک و کودپاشی قبل از کاشت بود. کشت بذور گندم و علف هرز یولاف وحشی در تاریخ ۲۰ آبان انجام شد. تراکم گندم ۴۰۰ بوته در متر مربع بود و در خطوطی با فاصله ۲۰ سانتیمتر از یکدیگر کشت شدند. هر کرت آزمایشی شامل ۱۰ ردیف کاشت به طول سه متر بود. بذر علف هرز یولاف وحشی نیز از مزارع اطراف و شرکت‌های بوجاری بذر جمع‌آوری و سپس برای شکستن خواب بذر از پیش‌تیمار نیترات پتاسیم دو درصد و به مدت ۲۴ ساعت استفاده شد. در تمامی تیمارهای مورد بررسی بذر علف هرز یولاف وحشی با تراکم بالاتر در بین ردیف‌های گندم کشت شد و در مرحله چهار تا پنج برگی، برای رسیدن به تراکم‌های مورد نظر، عمل تنک‌کردن بوته‌ها انجام شد. کود نیتروژن نیز در سه مرحله زمان کاشت، اوایل ساقه‌رفتن و ابتدای گلدهی به صورت کود اوره (۸۳ کیلوگرم در هر مرحله) به خاک اضافه شد. آبیاری نیز بر حسب نیاز گیاه و به‌صورت ردیفی صورت گرفت. در طول فصل رشد تمام گیاهان ناخواسته در کرت‌ها به صورت دستی وجین شدند. همچنین در ابتدای ساقه‌رفتن گندم از مقدار توصیه‌شده علف‌کش توفوردی استفاده شد. به منظور تعیین روند و آنالیزهای رشد از اواخر اسفند تا پایان فصل رشد نمونه‌برداری انجام شد. نمونه‌برداری‌ها یک‌بار قبل از پنجه‌دهی و سپس بعد از ساقه‌رفتن به طور منظم به فواصل ۱۴ روز یک‌بار صورت گرفت. نمونه‌برداری از هر کرت به ابعاد ۷۵۰ سانتی‌متر مربع انجام گرفت. نمونه‌های برگ و ساقه به طور مجزا در دمای ۷۵ درجه

علف هرز تاج‌خروس در مزارع کنجد با کاهش سطح برگ و مقدار جذب تشعشع فعال فتوسنتزی موجب کاهش ۲۳ درصدی RUE شد (Shahbazi et al., 2009). افزایش تراکم خردل وحشی با کاهش سطح برگ و مقدار نور جذب‌شده، باعث کاهش RUE و تولید ماده خشک در ارقام گندم شد (Rezvani et al., 2014). با توجه به اهمیت موضوع، این بررسی با هدف ارزیابی شاخص‌های اکوفیزیولوژیکی گندم و یولاف وحشی از جمله RUE، تشعشع جذب‌شده، روند تغییرات سطح برگ و ماده خشک کل تحت شرایط رقابت در تراکم‌های مختلف یولاف وحشی و سطوح متفاوت کود نیتروژن در دانشگاه رازی کرمانشاه اجرا شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و ۲۰ تیمار در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی (طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۹ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۲۱ دقیقه و ارتفاع از سطح دریا ۱۳۱۹ متر) با متوسط بارندگی سالیانه ۴۵۵ میلی-متر و حداکثر و حداقل دمای مطلق سالانه به ترتیب، ۲۲/۶ و ۵/۹ درجه سانتی‌گراد اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل ۴ سطح کود نیتروژن (۰، ۳۰، ۶۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز کودی گندم) به‌عنوان کرت‌های اصلی و تراکم علف هرز یولاف وحشی (۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ بوته در متر مربع) به‌عنوان کرت‌های فرعی بودند. نیاز غذایی گندم به عناصر غذایی با توجه به نتایج آزمایش خاک صورت گرفته (جدول ۱) در مزرعه تحقیقاتی مذکور و همچنین استفاده از راهنمایی توصیه‌نامه کشت گندم آبی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر (۱۳۹۲)، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل و

$$LAI = a + b * 4 * (\exp(-(x-c)/d)) / (1 + \exp(-(x-c)/d))^2$$

معادله (۴)

که در آن a ؛ عرض از مبدأ، b ؛ زمان رسیدن به حداکثر LAI ، c ؛ حداکثر LAI و d ؛ نقطه عطف منحنی است که در آن رشد سطح برگ وارد مرحله خطی می‌شود و x ؛ زمان بر حسب روزهای پس از کاشت است. سپس تشعشع جذب‌شده در هر مرحله از حاصل ضرب نور ورودی شبیه‌سازی شده در درصد نور جذب‌شده بدست آمد. مقدار کل تشعشع جذب‌شده به صورت تجمعی از طریق حاصل ضرب نور ورودی شبیه‌سازی شده در انتگرال کسر تشعشع فعال فتوسنتزی جذب‌شده نسبت به زمان محاسبه شد (Koocheki *et al.*, 2009). کارایی مصرف تشعشع (RUE) بر حسب گرم بر مگاژول، از طریق محاسبه شیب خط رگرسیون بین ماده خشک (گرم بر متر مربع) و مقدار تشعشع جمعی (مگاژول بر متر مربع) محاسبه شد (Zhang *et al.*, 2009). برای برآورد مقادیر تجمع ماده خشک روزانه نیز از برآزش معادله (۵) استفاده شد:

$$TDM = a / (1 + \exp(-b \times (x - c)))$$

معادله (۵)

در اینجا TDM ؛ تجمع ماده خشک بر حسب گرم در متر مربع، a ؛ حداکثر تجمع ماده خشک، b ؛ سرعت رشد نسبی، c ؛ زمانی که تجمع ماده خشک وارد مرحله خطی می‌شود و x ؛ زمان بر حسب روز پس از سبز شدن است. جهت برآزش معادلات و رسم اشکال از نرم‌افزارهای Slid Write 7.01 و Excel 2007 استفاده شد.

سانتی‌گراد آون خشک و سپس با کمک ترازو وزن خشک آن‌ها تعیین شد. سطح برگ نیز توسط دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ مدل LI-3000A (شرکت LI-COR) اندازه‌گیری شد.

مقدار تشعشع روزانه خورشیدی برای عرض جغرافیایی کرمانشاه با روش (Goudriaan and Van Laar, 1994) محاسبه شد. سپس این مقادیر بر اساس تعداد ساعات آفتابی استخراج‌شده از داده‌های ایستگاه هواشناسی مرکز کرمانشاه (شکل ۱) اصلاح و نور جذب روزانه برای هر دو گونه بر اساس معادلات ۱ تا ۳ محاسبه شد (Nassiri Mahallati *et al.*, 2015):

$$PAR_{abs} = PAR_0 \times (1 - P) * (1 - \exp(-K_w \times LAI_w) + (K_o \times LAI_o))$$

معادله (۱)

$$PAR_w = PAR_{abs} \times (K_w \times LAI_w) / ((K_w \times LAI_w) + (K_o \times LAI_o))$$

معادله (۲)

$$PAR_o = PAR_{abs} - PAR_w$$

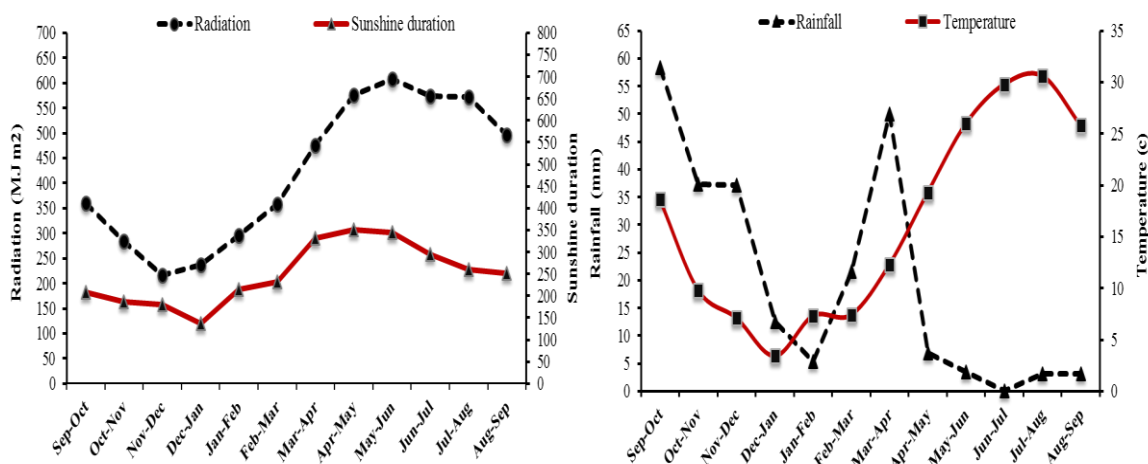
معادله (۳)

که در این معادلات PAR_{abs} ؛ تشعشع جذب‌شده توسط کانوپی مخلوط (مگاژول بر متر مربع)، PAR_0 ؛ تشعشع رسیده به بالای کانوپی (مگاژول بر متر مربع)، P ؛ ضریب انعکاس که برای گندم و یولاف وحشی (۰/۰۵) لحاظ شد، K_w و K_o به ترتیب ضریب خاموشی نور گندم (۰/۶) و یولاف (۰/۵) (Hasanzadeh Delouei *et al.*, 2002; Spitters & Aerts, 1983) به ترتیب شاخص سطح برگ گندم و یولاف وحشی و PAR_o و PAR_w به ترتیب تشعشع جذب‌شده توسط کانوپی یولاف وحشی و گندم پاییزه می‌باشد. همچنین برای برآورد مقادیر شاخص سطح برگ روزانه از برآزش معادله زیر استفاده شد:

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1. Physical and chemical characters of soil

Soil texture	Organic matter (%)	Silt (%)	Sand (%)	Clay (%)	Ec $\times 10^3$	K (ppm)	P (ppm)	N (%)	pH	Sampling Depth (cm)
Silt clay	1.5	43.9	10.7	45.4	0.50	282	20.6	0.15	7.74	30-0
Silt clay	1.3	36.7	16.7	46.6	0.75	246	4.6	0.13	7.76	60-30



شکل ۱- مقدار ساعات آفتابی و مقدار تشعشع در طول دوره آزمایش زراعی

Figure 1. The amount of sunshine duration and radiation during the crop experiment period.

صفر رسید (شکل ۲). روند شاخص سطح برگ یولاف وحشی تا حدود ۱۱۵ روز پس از کاشت (اواخر پنبه‌زنی) به علت سردی هوا و نیاز به فرآیند بهاره‌سازی از رشد بسیار کمی برخوردار بود. با افزایش دما و همچنین رفع نیاز بهاره‌سازی این شاخص به تدریج افزایش یافت و در حدود ۱۶۳ روز پس از کاشت (اندکی قبل از گلدهی) به حداکثر مقدار خود رسید. سپس به علت زوال و ریزش برگ به تدریج کاهش یافت و در نهایت در ۱۹۴ روز پس از کاشت به حدود صفر رسید (شکل ۲). بالاترین سطح برگ گندم و یولاف وحشی در سطح کودی ۱۲۰ درصد و کمترین نیز در سطح کودی ۳۰ درصد نیاز گیاهی

نتایج و بحث

روند تغییرات سطح برگ گندم و یولاف وحشی

روند تغییرات شاخص سطح برگ گندم پاییزه نشان داد که گیاه تا حدود ۱۲۰ روز پس از کاشت (ابتدای ساقه-دهی) به علت سردی هوا و نیاز به فرآیند بهاره‌سازی از رشد بسیار کمی برخوردار بود. با افزایش دما و همچنین رفع نیاز بهاره‌سازی، شاخص سطح برگ به تدریج افزایش یافت و در حدود ۱۷۰ روز پس از کاشت (اندکی بعد از گلدهی) به حداکثر مقدار خود رسید. سپس به علت زوال و ریزش برگ‌ها این شاخص به تدریج کاهش یافت و در نهایت در ۲۰۷ روز پس از کاشت به حدود

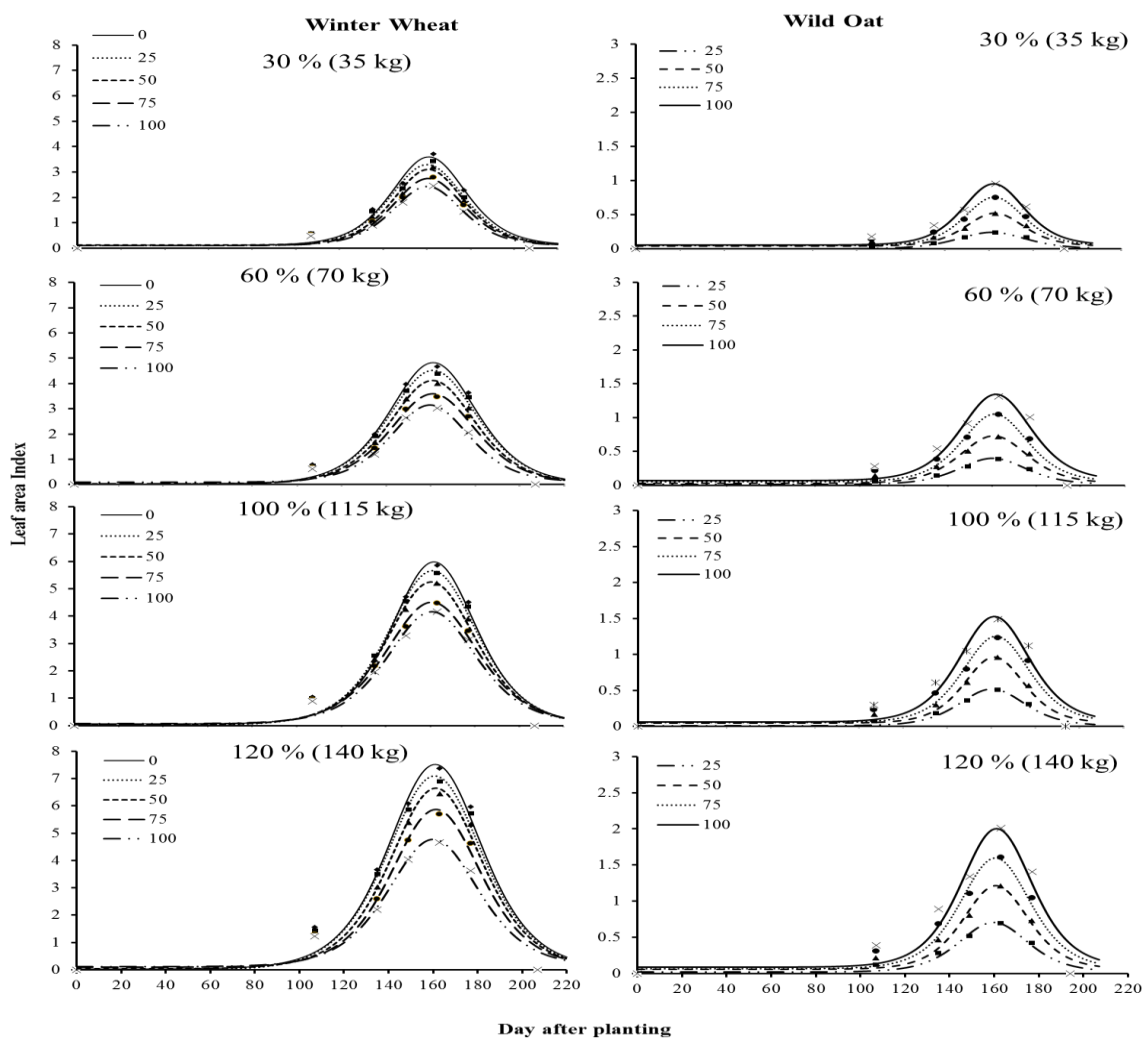
وزن خشک کل یولاف وحشی

وزن خشک کل یولاف وحشی با افزایش مقدار کاربرد کود نیتروژن و تراکم یولاف وحشی تغییرات معنی‌داری ($P < 0.001$) را نشان داد (جدول ۲). برش‌دهی برهمکنش مقدار کاربرد کود نیتروژن و تراکم یولاف وحشی نیز نشان از تغییرات معنی‌دار وزن خشک کل یولاف وحشی، با افزایش تراکم، در هر یک از سطوح کاربرد کود نیتروژن داشت (جدول ۲)؛ به طوری که در سطح کودی ۳۰ درصد نیاز گیاهی گندم، افزایش تراکم از ۲۵ بوته به ۱۰۰ بوته در متر مربع، منجر به افزایش ۶۹/۳۸ درصدی وزن خشک کل یولاف وحشی شد (شکل ۳). این در حالی بود که در سطح کودی ۱۲۰ درصد نیاز گیاهی افزایش تراکم از ۲۵ بوته به ۱۰۰ بوته در متر مربع، منجر به افزایش ۷۶/۱۵ درصدی وزن خشک کل یولاف وحشی شد. نتایج نشان داد که تغییر در تراکم یولاف وحشی، در مقادیر بالاتر کاربرد کود نیتروژن (۱۲۰ درصد نیاز گیاهی) نسبت به مقادیر پایین‌تر (۳۰ درصد نیاز گیاهی)، ۶/۷۷ درصد وزن خشک بیشتری را به همراه داشت (شکل ۳). به نظر می‌رسد فراهمی بیشتر عناصر غذایی به علت کاربرد کود نیتروژن و بهبود جذب آن منجر به افزایش وزن خشک کل یولاف وحشی شد. افزایش ۱۶۶ درصدی وزن خشک کل یولاف وحشی به علت کاربرد ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار توسط محققان دیگر نیز گزارش شده است (Moradi Telavat *et al.*, 2011). افزایش تراکم بوته در واحد سطح ممکن است از طریق بهبود توان رقابت یولاف وحشی با گندم در جذب نور و مواد غذایی به علت افزایش شاخص سطح برگ و تراکم بالاتر ریشه یولاف باشد که در نهایت می‌تواند منجر به کاهش عملکرد گندم شود (Scursoni *et al.*, 2011). به نظر می‌رسد

گندم بود، همچنین با افزایش تراکم یولاف وحشی سطح برگ گندم کاهش و سطح برگ یولاف افزایش یافت (شکل ۲). بررسی‌ها نشان می‌دهد کود نیتروژن با افزایش رشد طولی ساقه، بهبود رشد برگ‌ها و توسعه آن و همچنین افزایش دوام برگ گندم اثر مستقیمی بر افزایش سطح برگ دارد (Ghanbari *et al.*, 2014). نتایج بررسی تاثیر نیتروژن بر ویژگی‌های گندم نیز نشان از معنی‌داری اثر افزایش نیتروژن مصرفی بر افزایش سطح برگ گندم داشت (Dier *et al.*, 2018). کاربرد کود نیتروژن در ارقام گندم نشان داد که بالاترین (۴/۶۵) و کمترین (۲/۶۶) سطح برگ گندم به ترتیب در ۳۶۰ و ۹۰ کیلوگرم در هکتار اوره بدست آمد (Bozorgi Hossein Abad *et al.*, 2019). نتایج مطالعه دیگری نشان داد که افزایش نیتروژن از ۶۰ به ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار، سطح برگ گندم را حدود ۵۰ درصد افزایش داد (Bag *et al.*, 2020). تنش‌های زیستی محیطی با کاهش شاخص برگ و کانوپی بوته مقدار جذب تشعشع فعال فتوسنتزی را کاهش می‌دهد و از این طریق عملکرد گیاه نیز کاسته می‌شود. بررسی‌ها نشان می‌دهد رشد رویشی سطح برگ و ارتفاع بوته و همچنین تعداد برگ در بوته به طور مستقیم با جذب نیتروژن و RUE مرتبط است، بنابراین مدیریت بهتر استفاده از نیتروژن می‌تواند منجر به حداکثر RUE در گیاه شود (Ullah *et al.*, 2019). Siadat & Derakhshan (2019) نشان دادند که مقدار تشعشع جذب‌شده و RUE، به مقدار سطح برگ و دوام آن بستگی دارد و کاربرد نیتروژن با افزایش این دو صفت منجر به بهبود RUE شد. نتایج تداخل علف هرز با برنج نیز نشان داد که رقابت، سطح برگ برنج را به طور معنی‌داری کاهش داد (Ala *et al.*, 2014).

سطح کودی و تراکم تشدید می‌شود. این نتایج با یافته‌های محققان دیگر که نشان دادند یولاف وحشی در جذب نیتروژن در شرایط رقابت توانایی بالاتری دارد هم-خوانی داشت.

علت این اختلاف، واکنش بهتر یولاف وحشی نسبت به گندم در سطح کودی بالاتر در رقابت برای جذب مواد غذایی باشد. همچنین علت پایین بودن مقدار افزایش وزن خشک یولاف وحشی می‌تواند به دلیل افزایش رقابت درون‌گونه‌ای و برون‌گونه‌ای باشد که با افزایش



شکل ۲- اثر تیمارهای مقدار کاربرد کود نیتروژن و تراکم یولاف وحشی بر شاخص سطح برگ گندم و یولاف وحشی. در این ۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ نشان‌دهنده تراکم یولاف وحشی در متر مربع است.

Figure 2. Effect of nitrogen fertilizer amount and wild oat density treatments on wheat and wild oat leaf area index. 0, 25, 50, 75 and 100 show wild oat plant density per square meter.

جدول ۲- تجزیه واریانس (سطوح احتمال) صفات مورد ارزیابی در تیمارهای سطوح کودی نیتروژن و تراکم‌های علف هرز یولاف وحشی
Table 2. Analysis of variance (probability level) for the studied traits that affected by nitrogen fertilizer levels and wild oat density.

S.O.V	df		Wheat grain yield	Wheat dry weight	Wheat radiation use efficiency	Wild oat dry weight	Wild oat radiation use efficiency
	Wheat	Wild oat					
Block	2	2	0.01	0.03	0.0022	0.02	0.032
Nitrogen (N)	3	3	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Error _a	6	6					
Density (D)	4	3	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
N×D	12	9	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.012	<0.0001
Error	32	24					
C.V (%)	-		6.90	4.30	1.30	23.85	8.34

برش دهی تراکم یولاف وحشی در سطوح کودی نیتروژن بر صفات مورد ارزیابی گندم پاییزه و یولاف وحشی

Slicing of wild oat density in nitrogen fertilizer levels for wheat and wild oat evaluated traits

Nitrogen (kg.ha-1)	df		Wheat grain yield	Wheat dry weight	Wheat radiation use efficiency	Wild oat dry weight	Wild oat radiation use efficiency
N2 70 (60%)	4	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	
N3 115 (100%)	4	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	
N4 140 (120%)	4	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	

S.O.V: source of variation, df: degree of freedom. Significant at $p < 0.05$ and $p < 0.01$, respectively.

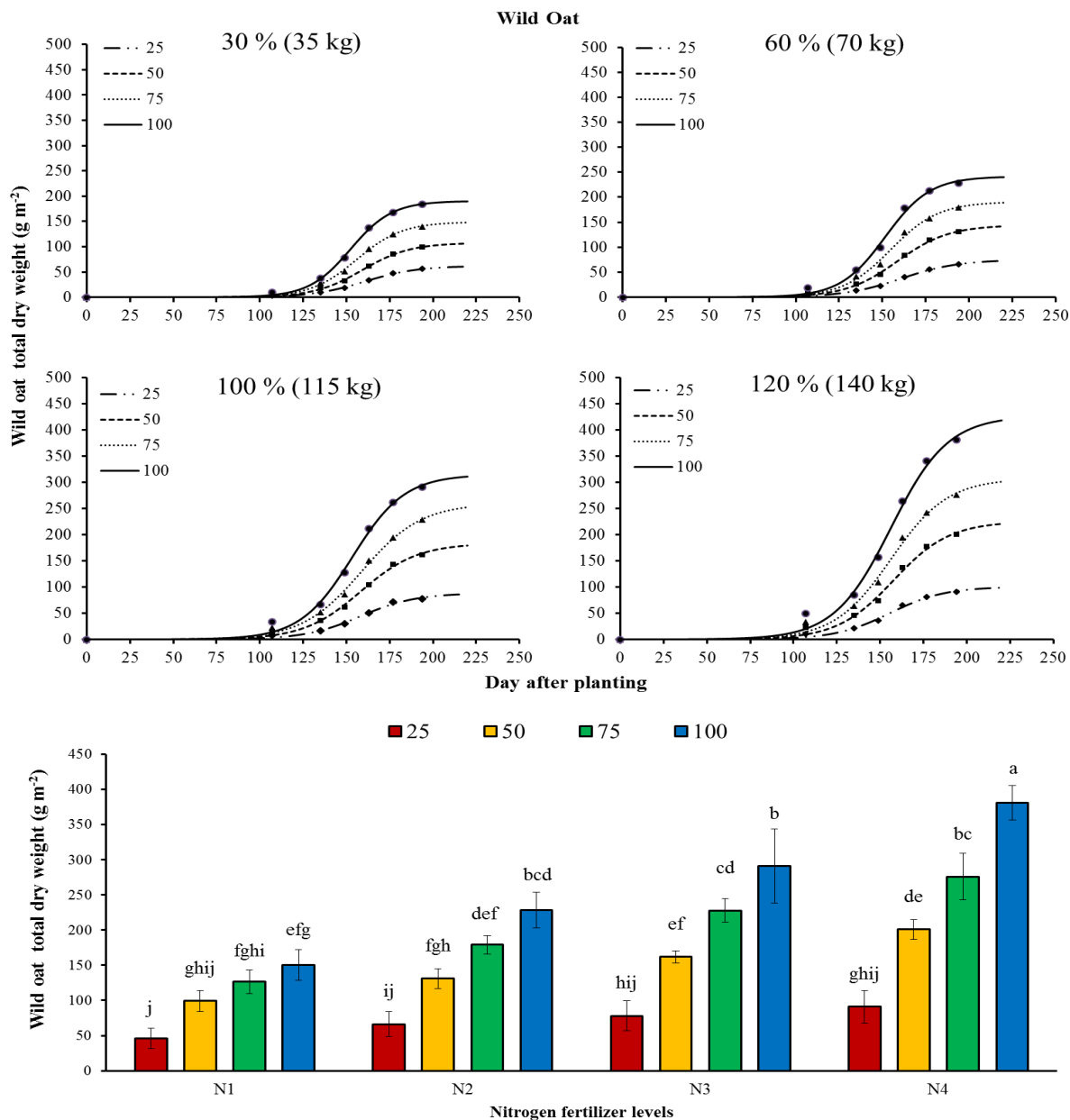
کم بودن سطح برگ فتوسنتزکننده، مقدار وزن خشک در تمامی تیمارها پایین می‌باشد. با افزایش دما و سطح برگ، عملکرد وزن خشک نیز افزایش یافت و در انتها به دلیل کاهش سطح فتوسنتزکننده به روند تقریباً ثابتی رسید (شکل ۴). کاهش بیشتر وزن خشک کل گندم در شرایط کاربرد بیشتر کود نیتروژن ممکن است به دلیل تأثیر مثبت عناصر غذایی بر افزایش توان رقابتی یولاف وحشی باشد. تحقیقات صورت‌گرفته نیز نشان از خسارت بیشتر یولاف وحشی به گندم توأم با افزایش کاربرد کود نیتروژن در تراکم‌های بالاتر این علف هرز داشت، بطوریکه کاهش عملکرد در تراکم‌های مختلف از ۵/۷ تا ۵۹/۳ درصد متغیر بود که با نتایج این تحقیق همخوانی داشت (Mondani *et al.*, 2015; Mousavi *et al.*, 2013; Qasem, 2007). علف‌های هرز با رقابت بر سر منابع مصرفی مشترک همچون آب، عناصر غذایی و نور باعث کاهش عملکرد کمی و کیفی گندم می‌شوند (Ullah *et al.*, 2021). کمترین وزن خشک گندم و بالاترین وزن خشک یولاف وحشی در بالاترین تراکم

وزن خشک کل گندم

نتایج این بررسی نشان داد که اثر کاربرد کود نیتروژن و تراکم یولاف وحشی و همچنین برهمکنش آن‌ها بر وزن خشک کل گندم معنی‌دار (<0.0001) بود (جدول ۲). برهمکنش افزایش کاربرد کود نیتروژن و تراکم یولاف وحشی نیز نشان داد که در سطوح مختلف کود نیتروژن، افزایش تراکم یولاف وحشی تأثیر متفاوتی بر وزن خشک کل گندم داشت (شکل ۴). در شرایط تأمین ۳۰ درصد نیتروژن مورد نیاز گندم، وزن خشک کل گندم در تراکم ۱۰۰ بوته یولاف وحشی در متر مربع نسبت به عدم حضور این علف هرز ۱۸/۸۵ درصد کاهش یافت، در صورتی که در تیمار سطح کودی ۱۲۰ درصد نیاز گیاهی میزان خسارت ۳۸/۵۰ درصد بود (شکل ۴). بالاترین وزن خشک کل گندم با ۱۹۶۶/۰۵ کیلوگرم در متر مربع در سطح کودی ۱۲۰ درصد و عدم حضور یولاف وحشی و کمترین آن نیز با ۶۵۹/۷ کیلوگرم در متر مربع در تراکم ۱۰۰ بوته یولاف وحشی و سطح کودی ۳۰ درصد بود (شکل ۴). بررسی روند تغییرات وزن خشک نیز نشان داد که در ابتدای رشد به دلیل سرمای زمستان و

یولاف وحشی (۷۵ بوته در متر مربع) بدست آمد

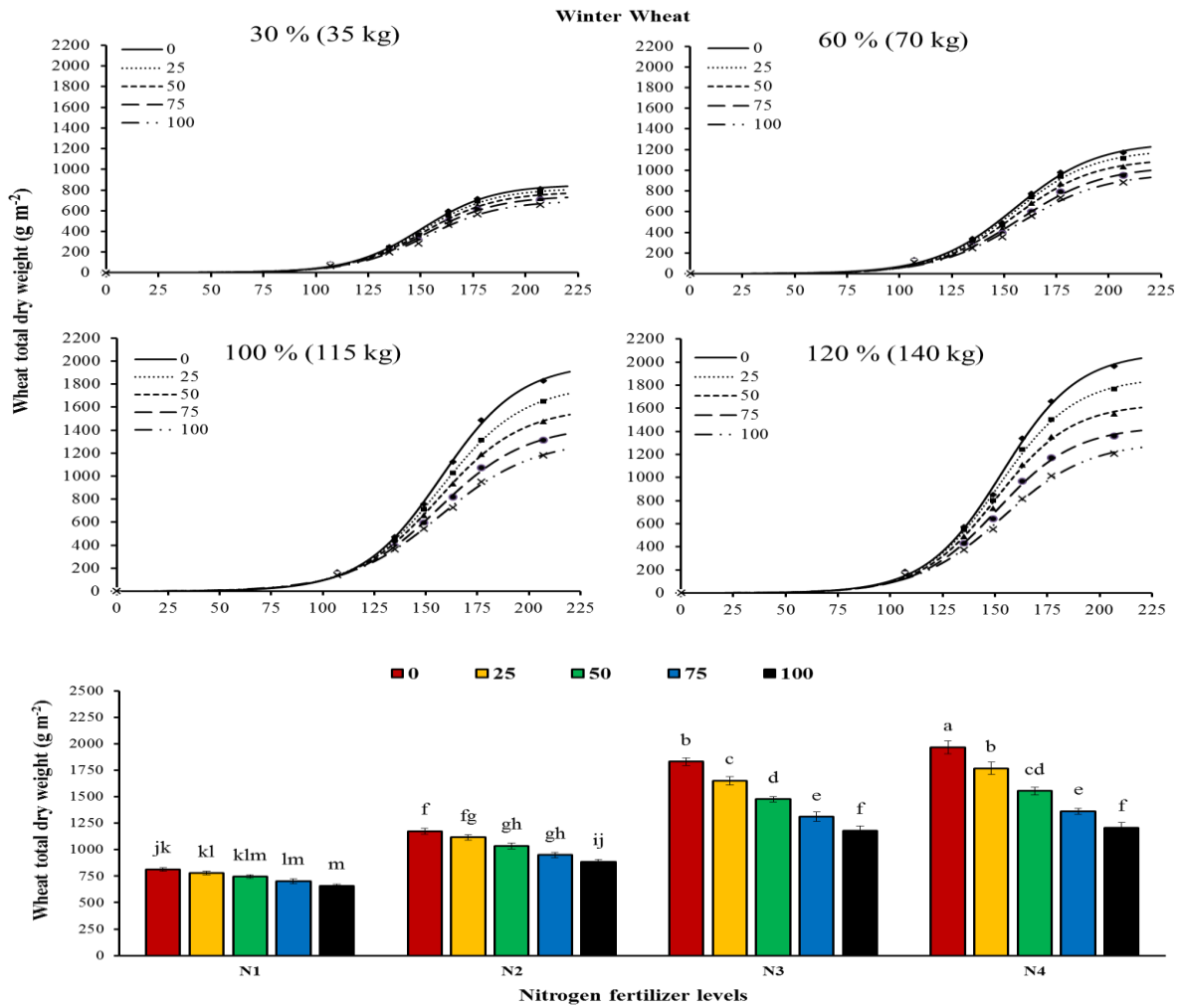
(Armin & Asghripour, 2011)



al.,

شکل ۳- اثر تیمارهای مقدار کاربرد کود نیتروژن و تراکم یولاف وحشی بر وزن خشک کل یولاف وحشی. میله‌های عمودی نشان‌دهنده \pm خطای استاندارد از میانگین (n=3) است. در این شکل N1, N2, N3 و N4 نشان‌دهنده به ترتیب ۳۰، ۶۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز گندم به نیتروژن و ۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ نشان‌دهنده تراکم یولاف وحشی در متر مربع است.

Figure 3. Effect of nitrogen fertilizer amount and wild oat density treatments on wild oat dry weight. Vertical bars represent \pm standard error of the mean (n=3). N1, N2, N3 and N4 show 30, 60, 100 and 120% of wheat demand to nitrogen and 0, 25, 50, 75 and 100 show wild oat plant density per square meter.



شکل ۴- اثر تیمارهای مقدار کاربرد کود نیتروژن و تراکم یولاف وحشی بر وزن خشک گندم. میله‌های عمودی نشان دهنده \pm خطای استاندارد از میانگین (n=3) است. در این شکل N1، N2، N3 و N4 نشان دهنده به ترتیب ۳۰، ۶۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز گندم به نیتروژن و ۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ نشان دهنده تراکم یولاف وحشی در متر مربع است.

Figure 4. Effect of nitrogen fertilizer amount and wild oat density treatments on wheat dry weight. Vertical bars represent \pm standard error of the mean (n = 3). N1, N2, N3 and N4 show 30, 60, 100 and 120% of wheat demand to nitrogen and 0, 25, 50, 75 and 100 show wild oat plant density per square meter.

عملکرد دانه گندم

نتایج این بررسی نمایانگر معنی‌داری (<0.001) اثرات ساده و همچنین برهمکنش سطوح نیتروژن و تراکم یولاف وحشی بر عملکرد دانه گندم بود (جدول ۲). بالاترین عملکرد دانه گندم با $871/60$ کیلوگرم در متر مربع در سطح کودی ۱۲۰ درصد و عدم حضور علف هرز به دست آمد، هرچند با سطح کودی ۱۰۰ درصد و عدم حضور علف هرز ($824/08$ کیلوگرم در هکتار) تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۵). کمترین عملکرد دانه نیز با $274/01$ کیلوگرم در متر مربع در تراکم ۱۰۰ بوته در متر مربع یولاف وحشی و سطح کودی ۳۰ درصد بود (شکل ۵). نتایج نشان داد کاهش عملکرد دانه گندم به علت تداخل یولاف وحشی با افزایش مقدار کاربرد کود نیتروژن تشدید شد، به طوری که در شرایط تأمین ۳۰ درصد نیتروژن مورد نیاز گندم افزایش تراکم یولاف به ۱۰۰ بوته در متر مربع در مقایسه با شرایط عاری از علف هرز به عملکرد دانه، $28/93$ درصد خسارت وارد شد، در حالی که در شرایط تأمین ۱۲۰ درصدی نیتروژن مورد نیاز گیاه افزایش تراکم یولاف تا ۱۰۰ بوته نسبت به شرایط بدون علف هرز $50/37$ درصد به عملکرد دانه خسارت وارد کرد (شکل ۵).

به نظر می‌رسد کاربرد مقادیر بالای کود نیتروژن به علت توانایی بالای ریشه یولاف وحشی در رقابت برای جذب عناصر غذایی و همچنین کارایی بالاتر تبدیل منابع به ماده خشک توسط علف‌های هرز در مقایسه با گیاهان زراعی، باعث بهبود رشد بخش هوایی شده و در نتیجه این موضوع می‌تواند سبب کاهش تعداد سنبله گندم در متر مربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و در نهایت عملکرد دانه گندم شود. از طرفی کاهش عملکرد دانه گندم نشان‌دهنده رقابت یولاف وحشی حتی در مرحله

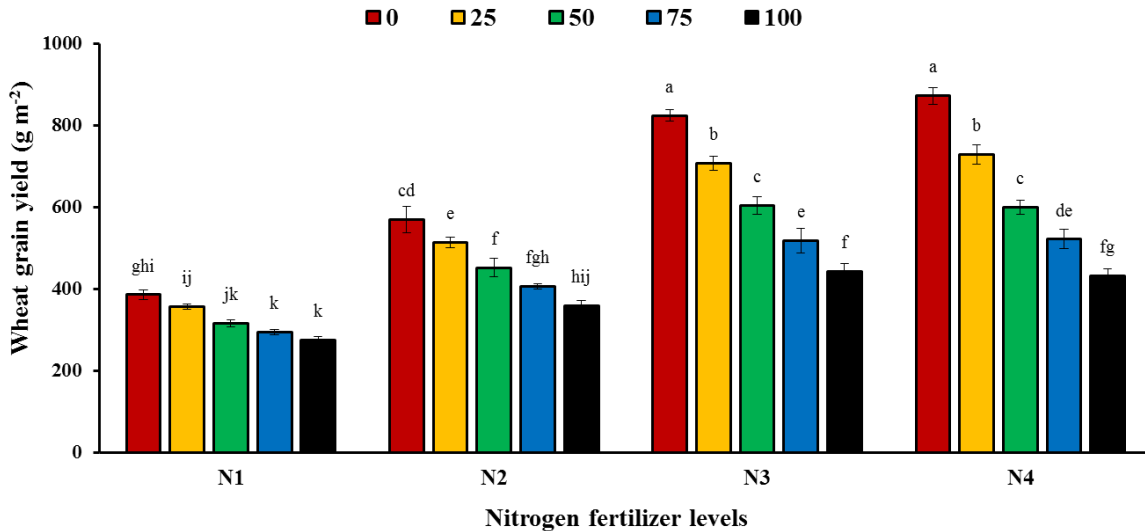
زایشی است که با کاهش فتوسنتز جاری و انتقال مجدد ترکیبات فتوسنتزی گندم و در نتیجه کاهش دانه در سنبله و وزن هزار دانه همراه است که ممکن است به علت سایه‌اندازی شاخسار یولاف وحشی روی برگ پرچم و سنبله گندم باشد (Asadi *et al.*, 2013; Moradi Telavat *et al.*, 2011). دیگر بررسی‌ها نیز نشان دادند که بالاترین و پایین‌ترین عملکرد دانه گندم در سطح کودی ۳۶۰ و ۹۰ کیلوگرم در هکتار اوره بدست آمد (Bozorgi Hossein Abad *et al.*, 2019). کاهش عملکرد گندم در حضور علف هرز بین ۱۰ تا ۶۰ درصد گزارش شده است (Ramesh *et al.*, 2017). یولاف وحشی عملکرد کلزا را نیز تا ۳۲ درصد کاهش داد (Hassanpour-Bourkheili *et al.*, 2021). تراکم ۲۵، ۵۰ و ۷۵ بوته یولاف وحشی در متر مربع منجر به کاهش ۱۰، ۱۹ و ۲۰ درصدی عملکرد گندم می‌شود (Hasanfard *et al.*, 2021).

روند جذب تشعشع

روند جذب تشعشع توسط کانوبی گندم از روند تغییرات شاخص سطح برگ تبعیت کرد، به طوری که در ابتدای فصل رشد، میزان جذب تشعشع پایین بود و در ادامه دوره رشد گیاه با افزایش شاخص سطح برگ جذب تشعشع نیز به تدریج افزایش یافت و در مرحله گلدهی به حداکثر مقدار خود رسید و سپس با کاهش شاخص سطح برگ روند جذب تشعشع نیز کاهش یافت (شکل ۶). همچنین نتایج این بررسی نشان داد که اگرچه از نظر حداکثر میزان شاخص سطح برگ در بین تراکم‌های یولاف وحشی و سطوح کودی تفاوت وجود داشت ولی از نظر حداکثر میزان جذب تشعشع تفاوت معنی‌داری بین آن‌ها مشاهده نشد (شکل ۶). در کانوبی اکثر گیاهان زراعی، حداکثر جذب تشعشع هم‌زمان با بسته‌شدن

نداشته باشند، زیرا در تیمارهای مورد ارزیابی، بالاترین مقدار شاخص سطح برگ گندم و یولاف وحشی در مرحله بسته شدن کانوپی مشاهده شد (شکل ۲).

کانوپی رخ می‌دهد که در این زمان شاخص سطح برگ در بالاترین مقدار خود می‌باشد. بنابراین، این نتیجه دور از ذهن نیست که تراکم‌های مختلف یولاف وحشی از نظر حداکثر جذب تشعشع اختلاف معنی‌داری با یکدیگر



شکل ۵- اثر تیمارهای مقدار کاربرد کود نیتروژن و تراکم یولاف وحشی بر وزن عملکرد دانه گندم. میله‌های عمودی نشان‌دهنده \pm خطای استاندارد از میانگین (n=3) است. در این شکل N1, N2, N3 و N4 نشان‌دهنده به ترتیب ۳۰، ۶۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز گندم به نیتروژن و ۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ نشان‌دهنده تراکم یولاف وحشی در متر مربع است.

Figure 5. Effect of nitrogen fertilizer amount and wild oat density treatments on wheat grain yield. Vertical bars represent \pm standard error of the mean (n=3). N1, N2, N3 and N4 show 30, 60, 100 and 120% of wheat demand to nitrogen and 0, 25, 50, 75 and 100 show wild oat plant density per square meter.

تعداد و سرعت گسترش برگ‌ها توأم با افزایش میزان کاربرد کود نیتروژن می‌باشد. همچنین نیتروژن از طریق تأثیر بر طول عمر برگ و افزایش دوام شاخص سطح برگ باعث بهبود جذب تشعشع می‌شود (Montemurro *et al.*, 2006; Smiciklas & Below, 1992). Kaur *et al.* (2012) نیز گزارش کردند که کاربرد کود نیتروژن از طریق افزایش شاخص سطح برگ باعث بهبود جذب تشعشع شد. افزایش کود مصرفی از طریق افزایش سطح برگ و بافت‌های فتوسنتز کننده منجر به افزایش جذب تشعشع می‌شود، به طوری که بالاترین جذب در

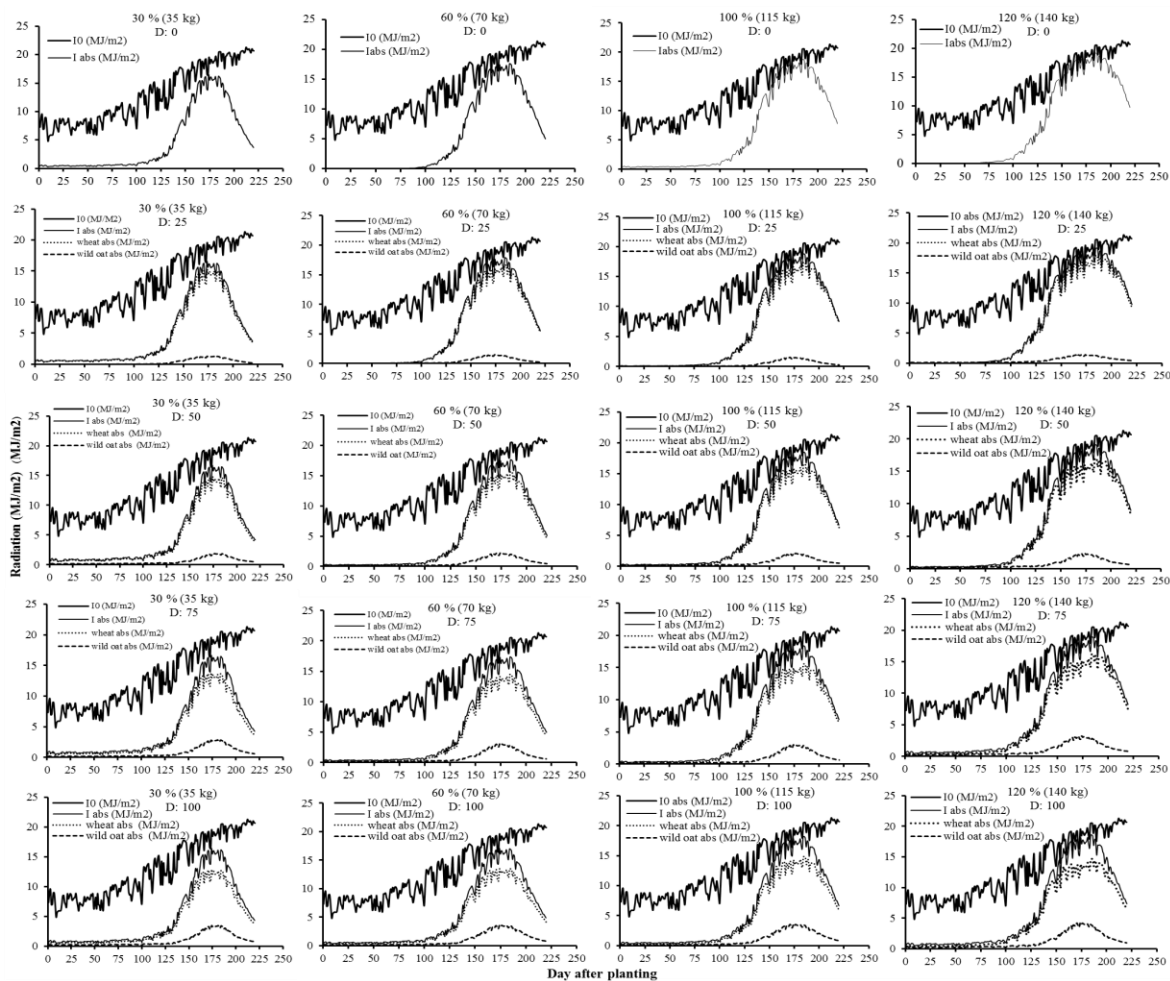
به طور کلی بررسی تشعشع جذب‌شده در گندم و یولاف وحشی نشان داد که با افزایش تراکم یولاف وحشی مقدار جذب تشعشع در گندم کاهش یافت، همچنین با افزایش سطوح کودی نیز مقدار جذب تشعشع گندم (۱۷٪) افزایش یافت (شکل ۶). کمترین مقدار جذب گندم در تراکم ۱۰۰ بوته یولاف وحشی و سطح کودی ۳۰ درصد و کمترین جذب در یولاف وحشی نیز در تراکم ۲۵ بوته و سطح کودی ۳۰ درصد مشاهده شد. به نظر می‌رسد علت بهبود حداکثر میزان جذب تشعشع توسط کانوپی گندم، بهبود شاخص سطح برگ به دنبال افزایش

RUE گندم کاهش یافت و درصد این کاهش با افزایش سطح کودی بیشتر شد. به طوری با افزایش سطح کودی از ۳۰ به ۱۲۰ درصد، RUE گندم در تراکم ۱۰۰ بوته در متر مربع نسبت به کنترل، به ترتیب با کاهش ۱۰، ۱۳/۱۵، ۱۸/۶۲ و ۲۲/۱۴ درصدی همراه بود (شکل ۷). نتایج نشان داد با افزایش تراکم در واحد سطح و افزایش سطح کودی، RUE یولاف وحشی نیز افزایش یافت، به طوری که افزایش تراکم از صفر به ۱۰۰ بوته در متر مربع در سطح کودی ۳۰، ۶۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز گیاهی گندم به ترتیب منجر به افزایش ۲۶/۵۰، ۳۸/۶۳، ۴۸/۰۳ و ۵۶/۸۶ درصدی RUE شد (شکل ۸). بالاترین کارایی مصرف نور یولاف وحشی با ۱/۶ مگاژول در متر مربع در تراکم ۱۰۰ بوته و سطح کودی ۱۲۰ درصد و کمترین آن نیز با ۰/۸۳ گرم بر مگاژول در تراکم ۲۵ و سطح کودی ۳۰ درصد به دست آمد (شکل ۸). به نظر می‌رسد افزایش میزان کاربرد کود نیتروژن از طریق بهبود میزان و سرعت فتوسنتز باعث بهبود سرعت رشد محصول و تجمع ماده خشک کل گندم شد و از این طریق کارایی مصرف تشعشع را افزایش داد. از طرفی دستیابی به یک عملکرد مطلوب، نیازمند توسعه سریع کانوپی، دستیابی سریع‌تر به حداکثر شاخص سطح برگ برای حداکثر جذب نور و تکمیل رشد در زمان مطلوب است. همان‌طور که ملاحظه شد کود نیتروژن با افزایش شاخص سطح برگ باعث جذب حداکثر نور و در نهایت افزایش کارایی مصرف تشعشع گندم شد. از طرفی یولاف وحشی با قدرت رقابت‌پذیری بالای خود می‌تواند از منابع حداکثر استفاده را داشته باشد و با افزایش تراکم در واحد سطح، رقابت‌پذیری خود را افزایش داده و در نهایت منجر به کاهش RUE گندم شود.

گندم در بالاترین سطح کودی بدست آمد (Bozorgi Hossein Abad *et al.*, 2019). افزایش کاربرد کود نیتروژن منجر به جذب بیشتر تشعشع در واحد سطح شد، هرچند در سطوح بالای کود، تفاوت‌ها معنی‌دار نبود (Bag *et al.*, 2020). عملکرد محصول را می‌توان از طریق مقدار جذب تشعشع فعال فتوسنتزی توسط کانوپی گیاه که خود تابعی از سطح برگ است و همچنین راندمان RUE تعیین کرد (Ding *et al.*, 2021). حضور علف هرز و رقابت آن با گیاه زراعی در جذب منابع همچون نور، باعث کاهش جذب نور توسط کانوپی گیاه می‌شود، این رقابت با کاهش عملکرد گیاه همراه بوده و در نهایت RUE نیز کاهش می‌یابد (Ala *et al.*, 2014). ارتفاع گیاه می‌تواند عامل مهمی در جذب تشعشع باشد، همچنین در ارقام جدید گندم ریشه‌ها کوچک‌تر ولیکن جذب نیتروژن آن‌ها بالاتر رفته است که این امر بر کارایی جذب تشعشع مؤثر می‌باشد (Cossani & Sadras, 2021). نتایج مطالعه تداخل علف هرز با سیب‌زمینی نیز نشان داد که با افزایش طول دوره رقابت، درصد جذب تشعشع، شاخص سطح برگ، ضریب خاموشی نور و RUE کاهش یافت (Mondani *et al.*, 2011).

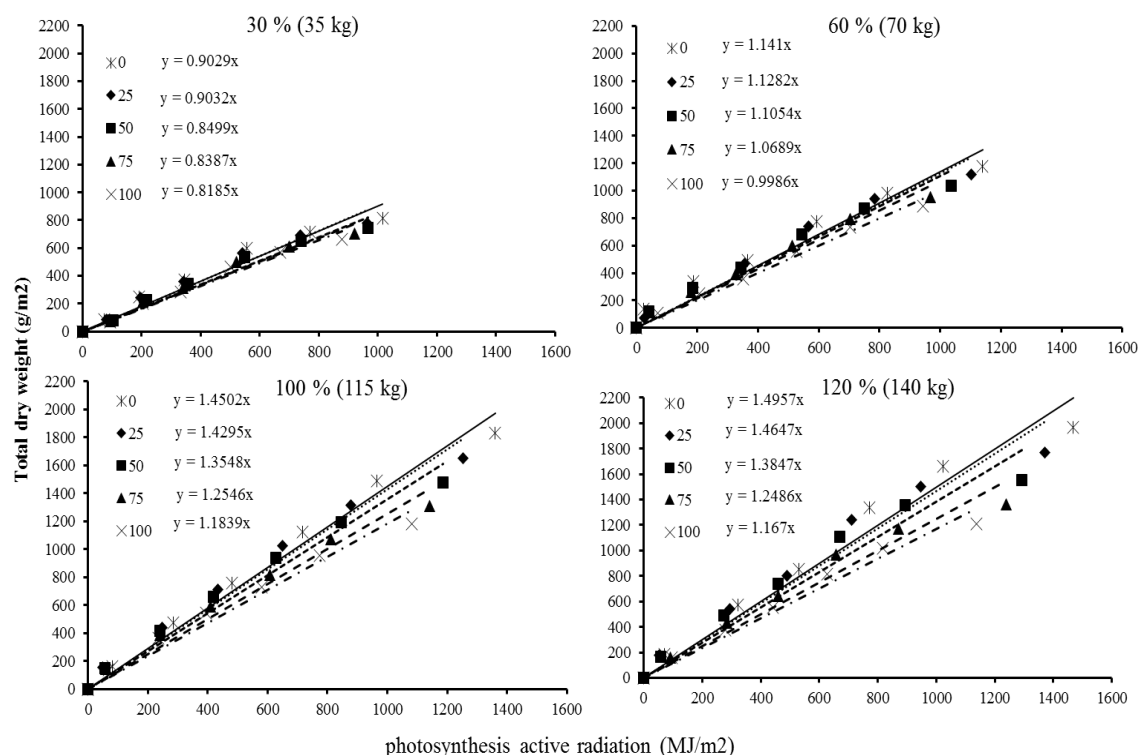
کارایی مصرف تشعشع

نتایج این بررسی نشان داد که اثر نیتروژن، تراکم و برهمکنش آن‌ها بر صفت RUE گندم و یولاف وحشی معنی‌دار بود (جدول ۲). بالاترین RUE در گندم پاییزه با ۱/۴۹ گرم بر مگاژول در عدم حضور یولاف وحشی و سطح کودی ۱۲۰ درصد به دست آمد؛ در حالی که کمترین مقدار با ۰/۸۱ گرم بر مگاژول در تراکم ۱۰۰ بوته در متر مربع یولاف وحشی و سطح کودی ۳۰ درصد بود (شکل ۷). با افزایش تراکم یولاف وحشی مقدار



شکل ۶- اثر تیمارهای مقدار کاربرد کود نیتروژن و تراکم یولاف وحشی بر جذب تشعشع. میله‌های عمودی نشان‌دهنده \pm خطای استاندارد از میانگین (n=3) است. در این شکل N1، N2، N3 و N4 نشان‌دهنده به ترتیب ۳۰، ۶۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز گندم به نیتروژن و ۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ نشان‌دهنده تراکم یولاف وحشی در متر مربع است.

Figure 6. Effect of nitrogen fertilizer amount and wild oat density treatments on radiation absorption. Vertical bars represent \pm standard error of the mean (n=3). N1, N2, N3 and N4 show 30, 60, 100 and 120% of wheat demand to nitrogen and 0, 25, 50, 75 and 100 show wild oat plant density per square meter.

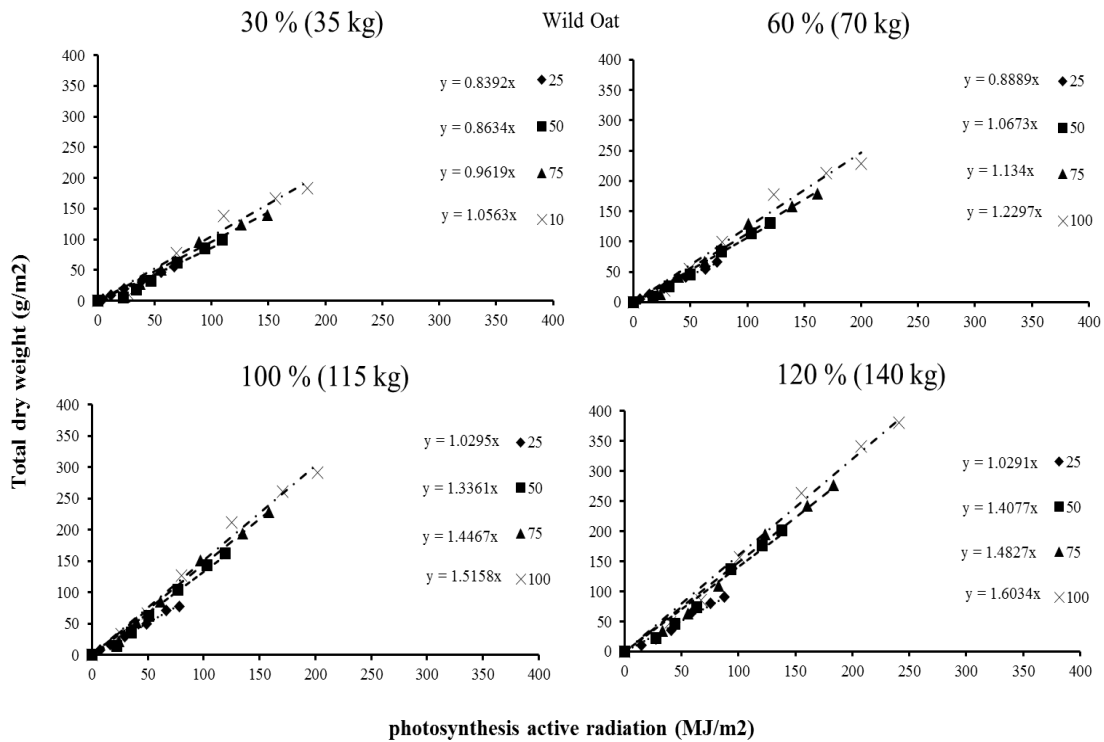


شکل ۷- اثر تیمارهای مقدار کاربرد کود نیتروژن و تراکم یولاف وحشی بر کارایی مصرف نور گندم. میله‌های عمودی نشان‌دهنده \pm خطای استاندارد از میانگین (n=3) است. در این شکل N1, N2, N3 و N4 نشان‌دهنده به ترتیب ۳۰، ۶۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز گندم به نیتروژن و ۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ نشان‌دهنده تراکم یولاف وحشی در متر مربع است.

Figure 7. Effect of nitrogen fertilizer amount and wild oat density treatments on wild oat radiation use efficiency. Vertical bars represent \pm standard error of the mean (n = 3). N1, N2, N3 and N4 show 30, 60, 100 and 120% of wheat demand to nitrogen and 0, 25, 50, 75 and 100 show wild oat plant density per square meter.

بیشترین RUE گندم با ۱/۵۹ گرم بر مگاژول در تیمار ۳۶۰ کیلوگرم اوره و کمترین مقدار آن با ۰/۶۷ گرم بر مگاژول در تیمار ۹۰ کیلوگرم اوره در هکتار بود. محدودیت در کاربرد کود اوره منجر به کاهش معنی‌دار RUE در ارقام کلزا شد (Siadat & Derakhshan, 2019). برخی از پژوهشگران نیز بیان کردند که با افزایش مصرف کود نیتروژن، میزان تشعشع جذب‌شده در لایه‌های بالایی کانوبی افزایش یافت (Bag et al., 2020). Kaur et al. (2012) نیز گزارش کردند که با مصرف ۲۵ و ۵۰ درصد نیتروژن بالاتر از میزان توصیه شده، صفات اکوفیزیولوژی مانند شاخص سطح برگ، تشعشع فعال فتوسنتزی و کارایی مصرف

Ghanbari et al. (2014) نیز در بررسی خود نشان دادند که بالاترین RUE گندم در بالاترین سطح کودی (۲۵۰ کیلوگرم در هکتار) بدست آمد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که کاربرد کود نیتروژن از طریق افزایش بخش رویشی و زایشی گیاه و همچنین افزایش غلظت کلروفیل در بخش‌های فتوسنتزکننده می‌تواند جذب تشعشع فعال فتوسنتزی را بیشتر کرده و در نهایت باعث افزایش RUE گیاه شود (Dier et al., 2018). بررسی‌ها نشان می‌دهد RUE در طیف وسیعی از سطوح نیتروژن تغییری نمی‌کند، با این حال در سطح پایین کاربرد کود، RUE به شدت کاهش می‌یابد (Dier et al., 2018). Bozorgi Hossein Abad et al. (2019) نشان دادند که



شکل ۸- اثر تیمارهای مقدار کاربرد کود نیتروژن و تراکم یولاف وحشی بر کارایی مصرف نور یولاف وحشی. میله‌های عمودی نشان‌دهنده \pm خطای استاندارد از میانگین (n=3) است. در این شکل N1، N2، N3 و N4 نشان‌دهنده به ترتیب ۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ نشان‌دهنده تراکم یولاف وحشی در متر مربع است.

Figure 8. Effect of nitrogen fertilizer amount and wild oat density treatments on wheat radiation use efficiency. Vertical bars represent \pm standard error of the mean (n = 3). N1, N2, N3 and N4 show 30, 60, 100 and 120% of wheat demand to nitrogen and 0, 25, 50, 75 and 100 show wild oat plant density per square meter.

باشد (Wang *et al.*, 2020). تنش‌های محیطی با کاهش

جذب نیتروژن در گیاه و مقدار نیتروژن برگ منجر به کاهش RUE می‌شوند (Ullah *et al.*, 2019). بررسی‌ها نشان می‌دهد رقابت علف‌های هرز با برنج RUE آن را کاهش می‌دهد، به طوری که حضور علف هرز، RUE رقم طارم را از ۲/۶۹ به ۲/۳۵ گرم بر مگازول کاهش داد (Ala *et al.*, 2014). رقابت گندم با گیاه دیگر برای آب، نیتروژن و تشعشع با افزایش کاربرد نیتروژن تشدید می‌شود، این امر همچنین می‌تواند خسارت علف‌های هرز را در شرایط افزایش کود مصرفی بیشتر کند (Cossani & Sadras, 2021). در شرایط کشت مخلوط

تشعشع به طور قابل توجهی افزایش یافت. همچنین گزارش شده است که پارامترهایی مانند شاخص سطح برگ، طول عمر برگ‌ها و استفاده مؤثر از نور تابشی در گندم با کاربرد نیتروژن افزایش یافت (Bozorgi Hossein Abad *et al.*, 2019; Dier *et al.*, 2018). بررسی‌ها نشان می‌دهد هرگونه افزایش RUE در نهایت منجر به بهبود قابل توجه وزن خشک کل و عملکرد دانه گندم می‌شود (Wang *et al.*, 2020). این افزایش می‌تواند از طریق کاهش تنش‌های زیستی و افزایش کاربرد کود نیتروژن

منجر به افزایش خسارت آن به عملکرد گندم می‌شود. کاهش عملکرد گندم در شرایط رقابت به دلیل کاهش کارایی و جذب تشعشع می‌باشد که در این تحقیق میان RUE در یولاف وحشی و گندم رابطه معکوس وجود داشت، به طوری که با افزایش RUE در یولاف وحشی مقدار این صفت در گندم روند کاهشی داشت. به نظر می‌رسد در کاربرد کود نیتروژن و همچنین کنترل علف‌های هرز می‌بایست دقت عمل بیشتری به خرج داد، چون مصرف بی‌رویه کود علاوه بر تحمیل هزینه‌های اقتصادی و آلودگی‌های زیست‌محیطی، باعث افزایش قدرت رقابت‌پذیری علف‌های هرز شده و گیاه زراعی را در جذب منابع محدود می‌کند.

گندم و ذرت نیز RUE ذرت کاهش یافت که این کاهش به دلیل رقابت بر سر منابع می‌باشد (Elhakeem *et al.*, 2021). اختلاف گونه‌های یک محیط می‌تواند هم بر مقدار جذب تشعشع و هم کارایی مصرف آن تأثیرگذار باشد (Van Oort *et al.*, 2020).

نتیجه‌گیری کلی

به طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که حضور علف هرز یولاف وحشی به دلیل رقابت بر سر منابع قابل دسترس، باعث کاهش عملکرد گیاه گندم می‌شود. همچنین افزایش کاربرد کود نیتروژن می‌تواند رقابت برون‌گونه‌ای را به نفع یولاف وحشی تغییر دهد و مقدار خسارت را بیشتر کند. افزایش تراکم یولاف وحشی نیز

منابع

1. Abrahimpour, F., Nourmohamadi, H., Mossavinia, H., & Mesgarbashi, M. (2003). Study of some wheat ecophysiological indices as influenced by wild oat interaction. *Pajouhesh & Sazandegi*, 73(1), 117–125.
2. Ahmad, S., Ali, H., Ismail, M., Shahzad, M., Nadeem, M., & Anjum, M. (2012). Radiation and nitrogen use efficiencies of C3 winter cereals to nitrogen split application. *Pakistan Journal of Botany*, 44(1), 139–149.
3. Akmal, M., Shah, A., & Ali, J. (2018). Growth, radiation use efficiency and grain yield of wheat as influenced by nitrogen, tillage, and crop residue management. *Journal of Plant Nutrition*, 41(16), 2032–2047.
4. Ala, A., Agha Alikhani, M., Amiri Larijani, B., & Soufizadeh, S. (2014). Radiation use efficiency of rice cultivars in direct-sowing and transplanting systems under weed interference. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 45(1), 147–160.
5. Armin, M., & Asghripour, M. (2011). Effect of plant density on wild oat competition with competitive and non-competitive wheat cultivars. *Agricultural Sciences in China*, 10(10), 1554–1561.
6. Asadi, S., Aynehband, A., & Rahnama Ghahfarokhi, A. (2013). Wheat yield response to the competition stress and different levels of nitrogen. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 11(2), 365–376.
7. Ayenehband, A. (2012). *Production efficiency of agroecosystems*. Jahade-e-Daneshgahi Mashhad Press.
8. Bag, K., Bandyopadhyay, K., Sehgal, V., Sarangi, A., & Krishnan, P. (2020). Effect of tillage, residue and nitrogen management on radiation interception, radiation use efficiency and evapotranspiration partitioning. *Journal of Agrometeorology*, 22(3), 285–294.
9. Bonelli, L. E., & Andrade, F. H. (2020). Maize radiation use-efficiency response to optimally distributed foliar-nitrogen-content depends on canopy leaf-area index. *Field Crops Research*, 247, 107557.
10. Bozorgi Hossein Abad, A., Mondani, F., & Saeidi, M. (2019). Study of radiation absorption and use efficiency of wheat cultivars (*Triticum aestivum*) under nitrogen fertilizer effect. *Journal of Plant Ecophysiology*, 11(37), 202–216.
11. Cossani, C. M., & Sadras, V. O. (2021). Symmetric response to competition in binary mixtures of cultivars associates with genetic gain in wheat yield. *Evolutionary Applications*, 14(8), 2064–2078.
12. Dhima, K. V., & Eleftherohorinos, I. G. (2001). Influence of nitrogen on competition between winter

- cereals and sterile oat. *Weed Science*, 49(1), 77–82.
13. Dier, M., Sickora, J., Erbs, M., Weigel, H. J., Zörb, C., & Manderscheid, R. (2018). Decreased wheat grain yield stimulation by free air CO₂ enrichment under N deficiency is strongly related to decreased radiation use efficiency enhancement. *European Journal of Agronomy*, 101, 38–48.
 14. Ding, D., Wang, N., Zhang, X., Zou, Y., Zhao, Y., Xu, Z., Chu, X., Liu, J., Bai, Y., Feng, S., Feng, H., Siddique, K. H. M., & Wendroth, O. (2021). Quantifying the interaction of water and radiation use efficiency under plastic film mulch in winter wheat. *Science of The Total Environment*, 794, 148704.
 15. Elhakeem, A., van der Werf, W., & Bastiaans, L. (2021). Radiation interception and radiation use efficiency in mixtures of winter cover crops. *Field Crops Research*, 264, 108034.
 16. Eskandari, B., Ezati, S., Mandani, F., & Ahmadvand, G. (2015). Evaluation of light absorption and use efficiency of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) in competition with redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*). *Weed Research Journal*, 7(1), 35–48.
 17. Ghanbari, A., Fakheri, B., Amiri, E., & Tavassoli, A. (2014). Evaluation nitrogen and radiation use Efficiency of wheat (*Triticum aestivum*) under irrigation levels. *Journal of Crop Ecophysiology*, 8(29(1)), 41–56.
 18. Goudriaan, J., & Van Laar, H. H. (1994). *Modelling potential crop growth processes* (Vol. 2). Springer Netherlands.
 19. Hasanfard, A., Rastgoo, M., Izadi Darbandi, E., Nezami, A., & Chauhan, B. S. (2021). Regeneration capacity after exposure to freezing in wild oat (*Avena ludoviciana* Durieu.) and turnipweed (*Rapistrum rugosum* (L.) All.) in comparison with winter wheat. *Environmental and Experimental Botany*, 181, 104271.
 20. Hasanzadeh Delouei, M., Rahimian Mashhadi, H. R., Nasiri Mahalati, M., & Nourmohammadi, G. (2002). The Competitive effects of wild oat (*Avena Ludoviciana* L.) on winter wheat (*Triticum aestivum* L.) at different densities. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 4(2), 116–128.
 21. Hassanpour-Bourkheili, S., Gherekhloo, J., Kamkar, B., & Ramezanpour, S. S. (2021). Mechanism and pattern of resistance to some ACCase inhibitors in winter wild oat (*Avena sterilis* subsp. *ludoviciana* (Durieu) Gillet & Magne) biotypes collected within canola fields. *Crop Protection*, 143, 105541.
 22. Jalilian, A., Mondani, F., Khorramivafa, M., & Bagheri, A. (2018). Evaluation of CliPest model in simulation of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) and wild oat (*Avena ludoviciana* L.) competition in Kermanshah. *Journal Of Agroecology*, 10(1), 248–266.
 23. Karimian, elishadrokh M., Kouchaki, A. R., & Nasiri Mahalati, M. (2009). Influence of nitrogen and plant density on light absorption and radiation use efficiency in two spring rapeseed cultivars. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 7(1), 165–174.
 24. Kaur, A., Bedi, S., Gill, G. K., & Kumar, M. (2012). Effect of nitrogen fertilizers on radiation use efficiency, crop growth and yield in some maize (*Zea mays* L) genotypes. *Maydica*, 57(1), 75–82.
 25. Khodabin, G., Lightburn, K., Hashemi, S. M., Moghadam, M. S. K., & Jalilian, A. (2022). Evaluation of nitrate leaching, fatty acids, physiological traits and yield of rapeseed (*Brassica napus*) in response to tillage, irrigation and fertilizer management. *Plant and Soil* 2022, 1–18.
 26. Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Mondani, F., Feizi, H., & Amirmoradi, S. (2009). Evaluation of radiation interception and use by maize and bean intercropping canopy. *Journal of Agroecology*, 1(1).
 27. Kukal, M. S., & Irmak, S. (2020). Light interactions, use and efficiency in row crop canopies under optimal growth conditions. *Agricultural and Forest Meteorology*, 284, 107887.
 28. Li, H. L., Luo, Y., & Ma, J. H. (2011). Radiation-use efficiency and the harvest index of winter wheat at different nitrogen levels and their relationships to canopy spectral reflectance. *Crop and Pasture Science*, 62(3), 208.
 29. Mhlanga, B., Chauhan, B. S., & Thierfelder, C. (2016). Weed management in maize using crop competition: A review. *Crop Protection*, 88, 28–36.
 30. Moghadam, M. S. K., Rad, A. H. S., Khodabin, G., Jalilian, A., & Bakhshandeh, E. (2022). Application of silicon for improving some physiological characteristics, seed yield, and oil quality of rapeseed genotypes under late-season drought stress. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 2022, 1–19.
 31. Molero, G., Joynson, R., Pinera-Chavez, F. J., Gardiner, L. J., Rivera-Amado, C., Hall, A., & Reynolds, M. P. (2019). Elucidating the genetic basis of biomass accumulation and radiation use efficiency in spring wheat and its role in yield potential. *Plant Biotechnology Journal*, 17(7), 1276–1288.
 32. Mondani, F., Golzardi, F., Ahmadvand, G., Ghorbani, R., & Moradi, R. (2011). Influence of weed

- competition on potato growth, production and radiation use efficiency. *Notulae Scientia Biologicae*, 3(3), 42–52.
33. Mondani, F., Nasiri mahalati, M., Koocheki, A., & Hajiyan Shahri, M. (2015). Simulation of wild oat (*Avena ludoviciana* L.) competition on winter wheat (*Triticum aestivum*) growth and yield. I: Model description and validation. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 13(2), 218–231.
34. Montemurro, F., Maiorana, M., Ferri, D., & Convertini, G. (2006). Nitrogen indicators, uptake and utilization efficiency in a maize and barley rotation cropped at different levels and sources of N fertilization. *Field Crops Research*, 99(2–3), 114–124.
35. Moradi Telavat, M. R., Siadat, A. S., Fathi, G., Zand, E., & Alamisaeid, K. (2011). Effect of nitrogen and herbicide application on competition between wheat and wild oat. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 12(4), 364–376.
36. Mousavi, S. H., Siadat, S. A., Alami-Saied, K., Zand, E., & Bakhshandeh, A. M. (2013). Evaluation of competitive performance of spring bread wheat cultivars with wild oat weed. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 14(4), 358–369.
37. Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., Mondani, F., Feizi, H., & Amirmoradi, S. (2015). Determination of optimal strip width in strip intercropping of maize (*Zea mays* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Northeast Iran. *Journal of Cleaner Production*, 106, 343–350.
38. Qasem, J. R. (2007). Chemical control of wild-oat (*Avena sterilis* L.) and other weeds in wheat (*Triticum durum* Desf.) in Jordan. *Crop Protection*, 26(8), 1315–1324.
39. Ramesh, K., Rao, A. N., & Chauhan, B. S. (2017). Role of crop competition in managing weeds in rice, wheat, and maize in India: A review. *Crop Protection*, 95, 14–21.
40. Rattalino Edreira, J. I., Mourtzinis, S., Azzari, G., Andrade, J. F., Conley, S. P., Lobell, D., Specht, J. E., & Grassini, P. (2020). From sunlight to seed: Assessing limits to solar radiation capture and conversion in agro-ecosystems. *Agricultural and Forest Meteorology*, 280, 107775.
41. Rezvani, H., Asghari, J., Ehteshami, S., & Kamkar, B. (2014). The study of reaction of grain yield and its components of wheat cultivars in competition with wild mustard in Gorgan. *Journal of Crop Production*, 6(4), 187–214.
42. Robles-Zazueta, C. A., Molero, G., Pinto, F., Foulkes, M. J., Reynolds, M. P., & Murchie, E. H. (2021). Field-based remote sensing models predict radiation use efficiency in wheat. *Journal of Experimental Botany*, 72(10), 3756–3773.
43. Scursioni, J. A., Martín, A., Catanzaro, M. P., Quiroga, J., & Goldar, F. (2011). Evaluation of post-emergence herbicides for the control of wild oat (*Avena fatua* L.) in wheat and barley in Argentina. *Crop Protection*, 30(1), 18–23.
44. Shahbazi, S., rahimian mashadi, H., & Alizadeh, H. (2009). Light interception and radiation use efficiency (RUE) of sesame cultivars as affected by interference the redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.) different densities. *Iranian Journal of Weed Science*, 4(2), 91–103.
45. Shakibafar, Z., Zaefarian, F., Rezvani, M., & Bagheri-Shirvan, M. (2014). Effect of cover crops on the vertical distribution of leaf area and dry matter of maize (*Zea mays* L.) in competition with weeds. *Journal of Agroecology*, 4(1), 15–32.
46. Siadat, S. A., & Derakhshan, A. (2019). Effect of nitrogen fertilizer on the radiation interception and utilization efficiency of two spring rapeseed cultivars. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 17(2), 291–303.
47. Smiciklas, K. D., & Below, F. E. (1992). Role of nitrogen form in determining yield of field-grown maize. *Crop Science*, 32(5), 1220–1225.
48. Spitters, C. J. T., & Aerts, R. (1983). Simulation of competition for light and water in crop-weed associations. *Aspects of Applied Biology*, 4, 1–18.
49. Ullah, H., Khan, N., & Khan, I. A. (2021). Complementing cultural weed control with plant allelopathy: Implications for improved weed management in wheat crop. *Acta Ecologica Sinica*.
50. Ullah, H., Santiago-Arenas, R., Ferdous, Z., Attia, A., & Datta, A. (2019). Improving water use efficiency, nitrogen use efficiency, and radiation use efficiency in field crops under drought stress: A review. In *Advances in Agronomy* (1st ed., Vol. 156). Elsevier Inc.
51. Van Oort, P. A. J., Gou, F., Stomph, T. J., & van der Werf, W. (2020). Effects of strip width on yields in relay-strip intercropping: A simulation study. *European Journal of Agronomy*, 112, 125936.

52. Wang, X., Christensen, S., Svensgaard, J., Jensen, S. M., & Liu, F. (2020). The effects of cultivar, nitrogen supply and soil type on radiation use efficiency and harvest index in spring wheat. *Agronomy*, 10(9), 1391.
53. Woodward, E. E., Edwards, T. M., Givens, C. E., Kolpin, D. W., & Hladik, M. L. (2021). Widespread use of the nitrification inhibitor nitrapyrin: Assessing benefits and costs to agriculture, ecosystems, and environmental health. *Environmental Science & Technology*, 55(3), 1345–1353.
54. Yousefi, A., Mirzaeitalarposhti, R., Nabati, J., & Soufizadeh, S. (2021). Evaluation radiation use efficiency and growth indicators on two mung bean (*Vigna radiata* L.) genotypes under the influence of biological fertilizers. *Journal of Plant Nutrition*, 44(8), 1095–1106.
55. 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(1), 91–98.
56. Zhou, X. B., Yang, L., Wang, G. Y., Zhao, Y. X., & Wu, H. Y. (2021). Effect of deficit irrigation scheduling and planting pattern on leaf water status and radiation use efficiency of winter wheat. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 207(3), 437–449.