

بررسی کارایی مصرف و ضریب استهلاک نور ارقام گندم (*Triticum aestivum L.*) در رقابت با خردل وحشی (*Sinapis arvensis L.*) در گرگان

حسین رضوانی^۱، جعفر اصغری^۱، *سید محمد رضا احتشامی^۱ و بهنام کامکار^۲

گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان و ^۱عضو هیئت علمی دانشکده کشاورزی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۳/۲۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۹/۰۴)

چکیده:

به منظور مقایسه ضریب استهلاک نوری و کارآئی مصرف نور ارقام گندم در تراکم‌های مختلف خردل وحشی، آزمایشی در دو سال زراعی (۱۳۸۹-۹۰) و (۱۳۹۰-۹۱) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گرگان انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ نکرار اجرا شد. عوامل آزمایش شامل چهار رقم گندم (آرتا، تجن، مغان و مروارید) و پنج تراکم خردل وحشی (صفر، ۴، ۸، ۱۶ و ۳۲ بوته در متر مربع) بود. نتایج تجزیه مرکب نشان داد که اثر سال بر ضریب استهلاک نوری، کارآئی مصرف نور و توزیع عمودی سطح برگ معنی دار نبود. در این پژوهش میانگین ضریب استهلاک نوری در دو سال اجرای آزمایش در حداقل تراکم خردل وحشی در ارقام مروارید، مغان، آرتا و تجن به ترتیب ۰/۲۳، ۰/۵۱، ۰/۶۳ و ۰/۶۵ بود که بیشترین آن به رقم تجن و کمترین آن به رقم مروارید اختصاص یافت. با بررسی توزیع عمودی سطح برگ در ارقام گندم مشخص شد که میزان سطح برگ در تمامی لایه‌های مورد بررسی در رقم مروارید بیشتر از ارقام دیگر در شرایط رقابت و در شرایط خالص بود. میانگین کارآئی مصرف نور در بالاترین تراکم خردل وحشی در هر دو سال اجرای آزمایش در رقم مروارید با (۱/۸۵ گرم بر مگازول) بیشترین و رقم تجن با (۱/۲۱ گرم بر مگازول) دارای کمترین مقدار بودند. در مجموع نتایج حاصل از دو سال آزمایش نشان داد که رقم مروارید به دلیل داشتن توزیع عمودی سطح برگ بهتر، استفاده از کارآئی نور بیشتر و داشتن ضریب استهلاک نوری کمتر، دارای عملکرد دانه بیشتری از سه رقم آرتا، تجن و مغان بوده و در رقابت با خردل وحشی موفق‌تر بود.

کلمات کلیدی: گندم، مدیریت علف‌های هرز، تراکم، ساختار کانوپی، عملکرد دانه

مقدمه:

گسترش روزافزون علف‌های هرز مقاوم به علف‌کش‌های موجود، عدم استفاده از علف‌کش‌های انتخابی و خسارت زیست‌محیطی ناشی از کاربرد علف‌کش‌ها، سبب جهت‌گیری تحقیقات به سمت مدیریت تلفیقی علف‌های هرز شده است (Zimdahl, 2004). در بین گونه‌های زیادی از

در طول تاریخ روش‌های متعددی برای مبارزه با علف‌های هرز تجربه شده است، ولی هنوز اصلی‌ترین روش مبارزه با علف‌های هرز مبارزه شیمیایی می‌باشد (Baghestani *et al.*, 2005).

بین این دو متغیر می‌باشد (Muurinen *et al.*, 2006). ضریب استهلاک نور مفهومی است که بیانگر میزان نفوذ نور در داخل کانوپی گیاه می‌باشد، به طوری که هر چه برگ‌های بالایی کانوپی زاویه کمتری با ساقه داشته باشند، ضریب استهلاک نور، کمتر و هر چه برگ‌ها افقی‌تر باشند، ضریب استهلاک نور، کمتر و بیشتر خواهد بود (Kiniry *et al.*, 2005). عزیزی و آروین (۱۳۸۷) گزارش کردند، کارایی مصرف نور در بین ارقام کلزا تفاوت داشت و مقادیر آن از ۰/۲۴ تا ۱/۸۳ گرم بر مکارژول در بین ارقام متغیر بود. میزان استهلاک نور به شرایط مورفوفیزیولوژیکی گیاه بستگی دارد و در طول فصل زراعی بسته به مرحله رشدی گیاه تغییر می‌یابد. در مدل‌های زراعی، ضریب استهلاک، بیانگر نفوذ نور به داخل کانوپی است و جهت کمی کردن آن از قانون «لامبرت - بیر» استفاده می‌شود (Monsi and Saeki, 1953). در مطالعه انجام شده گزارش گردید که بین ارقام قدیم و جدید گندم از نظر مقادیر ضریب استهلاک نور تفاوت وجود دارد (Muurinen and Peltonen, 2006). در مطالعه دیگر بر روی ارقام مختلف جو گزارش شد که رقم، تراکم و تاریخ کاشت تاثیری بر ضریب استهلاک ندارند (Kemanaian *et al.*, 2004). در مطالعه ساختار کانوپی گیاهان ویژگی‌های متعددی مانند توزیع عمودی سطح برگ، زاویه برگ و تابش فعال فتوستنتری مورد بررسی قرار می‌گیرند (Zhang *et al.*, 2008). برخی از محققان توزیع بهتر نور در کانوپی را به عنوان یکی از راه‌های افزایش جذب تابش ذکر می‌کنند و معتقدند که در گیاهان زراعی می‌توان با تغییر الگوی توزیع نور در کانوپی جذب تابش را افزایش داد (Johanson *et al.*, 2004). توزیع عمودی سطح برگ نشان دهنده میزان سطح برگ به ازای تغییر ارتفاع است. در این مدل‌ها از این عمل برای محاسبه پروفیل نور و جذب نور به وسیله گونه‌های گیاهی مختلف استفاده می‌شود (Muchew, 2008). یکی از اهداف اصلی در مدیریت زراعی به خصوص در شرایط رقابت گیاه زراعی و علف‌هرز، حداکثر بهره برداری از انرژی خورشیدی توسط گیاه زراعی می‌باشد که در این صورت

علف‌های هرز که به مزارع گندم خسارت وارد می‌کنند، خردل وحشی یکی از متدائل‌ترین و شایع‌ترین علف‌های هرز می‌باشد که سبب کاهش عملکرد و افزایش هزینه‌های تولید می‌شود (Safahani *et al.*, 2009). خردل وحشی گیاهی یک‌ساله و از خانواده شب‌بو (Brassicaceae) بوده که فقط توسط بذر تکثیر می‌یابد. حدود ۲/۵ تا ۳ ماه طول می‌کشد تا از یک بذر، گیاه کامل به وجود آید (Warwick *et al.*, 2005). مشکل خردل وحشی در اکثر مناطق دنیا دائمی و پایدار است. در ایران نیز این گیاه به عنوان اصلی‌ترین علف‌هرز کشت‌های پائیزه مطرح است (Baghestani *et al.*, 2005). شناخت چگونگی و مدیریت تأثیر عوامل اکولوژیکی بر تولید گیاهان و نیز واکنش گیاهان به این عوامل، از مهمترین لوازم دستیابی به پایداری در سیستم‌های تولید کشاورزی به شمار می‌روند. از سوی دیگر، استفاده از گیاهان زراعی کارآمد در بهره‌برداری از منابع به ویژه آب و تابش خورشیدی از مهمترین راهکارها جهت نیل به هدف فوق می‌باشد (کامکار و همکاران، ۱۳۸۳). نور از منابع ضروری جهت رشد گیاه است و بررسی‌ها نشان داده است که علف هرز خردل وحشی و گندم قبل از هر چیز برای کسب نور با یکدیگر رقابت می‌کنند (Mennan, 2003). کمیت و چگونگی تثیت انرژی نورانی در گیاهان، از مهمترین شاخص‌های اگروفیزیولوژیکی تعیین‌کننده رشد و عملکرد گیاهان می‌باشد که در اکوسیستم‌های زراعی تحت تأثیر نوع و چگونگی مدیریت اعمال شده قرار می‌گیرند (Zhang *et al.*, 2008). همبستگی نزدیکی بین مقدار تابش دریافتی توسط گیاه و رشد آن وجود دارد (Soltani *et al.*, 2006).

کارآیی جذب نور توسط یک گیاه تا حد زیادی تابع شاخص سطح برگ، دوام سطح برگ و انطباق حداکثر شاخص سطح برگ با حداکثر تابش محیط، ضریب استهلاک نور و در نهایت کارآیی مصرف نور می‌باشد (Holt, 2005). وجود رابطه خطی بین تجمع زیست‌توده و تابش تجمعی در بسیاری از گیاهان زراعی به اثبات رسیده است و کارآیی مصرف نور در واقع شب خط رگرسیون

زراعی انجام شد و پس از آن نقشه آزمایشی تهیه گردید. کود توصیه شده به میزان ۱۶۰ کیلوگرم کود سوپر فسفات تریپل، ۱۶۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم و ۵۰ کیلوگرم اوره قبل از کاشت مصرف شد. همچنین، کود اوره به میزان ۵۰ کیلو گرم در هکتار در مرحله پنجه زنی و ۵۰ کیلوگرم در هکتار در مرحله گرده افسانی به صورت سرک مورد استفاده قرار گرفت. بذور گندم پس از ضد عفونی با قارچ-کش کربوکسین تیرام به نسبت ۲ در هزار توسط ماشین بذر کار مخصوص آزمایش‌های غلات با تراکم کاشت توصیه شده ۳۵۰ بوته در مترمربع و با فواصل ردیف ۲۰ سانتی‌متر در عمق ۵-۳ سانتی‌متر در اوخر آذر ماه ۱۳۸۹ کشت شد. اندازه هر کرت ۲/۴ × ۶/۶۵ متر و متشکل از ۱۲ ردیف بود. همزمان با کاشت گندم، بذرهای خردل وحشی نیز پس از مخلوط کردن با ماسه بادی در مقادیر مورد نظر در بین و روی ردیف‌ها و به صورت کاملاً تصادفی و یکنواخت در هر کرت پخش گردیدند. بذرهای خردل وحشی به دلیل ترکیبات موسیلائزی روی پوسته بذر دارای خواب هستند. به منظور شکستن خواب بذور خردل وحشی و اطمینان از حصول تراکم‌های مورد نظر، بذور به مدت ۲۴ ساعت قبل از کاشت در محلول جیبرلیک اسید با غلظت ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر تیمار شدند (Warwick *et al.*, 2005). پس از اطمینان از درصد سبز مطلوب برای گندم و خردل وحشی عملیات تنک در مرحله سه برگی گندم، برای گیاه و علف هرز انجام شد. علف‌های هرز مزروعه به جز خردل وحشی، به طور مستمر و چین شدند. این آزمایش در شرایط عدم محدودیت آب، عناصر غذایی و کنترل آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز انجام شد. بنابراین در طول فصل رشد به منظور حفظ رطوبت خاک در وضعیت مطلوب، آبیاری به صورت بارانی صورت گرفت. سایر عملیات داشت مانند سمپاشی بر علیه آفات و بیماری گندم به طور یکسان در همه تیمارها انجام شد. همزمان با نمونه‌برداری‌های سطح برگ و ماده خشک نسبت دریافت تابش در بالا و پایین جامعه

عملکرد گیاه زراعی افزایش می‌یابد (Kristensen *et al.*, 2008). توزیع عمودی سطح برگ و ماده خشک نقش عمده‌ای در میزان نور جذب شده توسط گونه گیاهی دارد و از عوامل اساسی موقوفیت در رقابت می‌باشد. در همین راستا پژوهش حاضر به منظور بررسی کارآبی مصرف نور، ضریب استهلاک نوری و اثر آن بر عملکرد دانه چند رقم گندم در واکنش به رقابت با علف هرز خردل وحشی در شرایط آب و هوایی منطقه گرگان انجام شد.

مواد و روش‌ها:

آزمایش در دو سال زراعی (۱۳۸۹-۱۳۹۰) و (۱۳۹۰-۹۱) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گرگان انجام شد. ارتفاع محل آزمایش از سطح دریا ۵ متر و طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۲۵ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴۵ دقیقه شمالی بود. میانگین بارندگی سالیانه ۴۰۰-۴۵۰ میلی‌متر، که بر طبق تقسیم بندی آب و هوایی کوپن دارای اقلیم مدیترانه‌ای گرم و نیمه مرطوب می‌باشد. جهت شناسایی وضعیت خاک محل انجام آزمایش نمونه مرکب از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری تهیه و کلیه خواص فیزیکی و شیمیایی خاک در آزمایشگاه تجزیه خاک مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان تعیین گردید (جدول ۱). بر اساس نتایج حاصله بافت خاک از نوع لوم رسی سیلیتی بود.

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوك-های کامل تصادفی با ۴ تکرار اجرا گردید. عامل اول شامل رقم‌های گندم در چهار سطح شامل آرتا، تجن، مغان و مروارید و عامل دوم تراکم خردل وحشی در پنج سطح شامل صفر، ۴، ۸، ۱۶ و ۳۲ بوته در متر مربع بود. بعلاوه برای این که امکان مقایسه صفات مورد بررسی بین علف هرز خردل وحشی با ارقام گندم در شرایط خالص و مخلوط وجود داشته باشد، کشت خالص خردل وحشی در تراکم‌های مختلف نیز انجام گرفت. عملیات آماده‌سازی شامل شخم، دیسک و تستیح زمین در پاییز همان سال

جدول ۱- خصوصیات فیزیکو شیمیایی خاک محل آزمایش در عمق ۰-۳۰ سانتی متر

هدایت الکتریکی (dS.m ⁻¹)	کربن آلی (درصد)	ازت کل (درصد)	فسفر قابل جذب (ppm)	پتاسیم قابل جذب (ppm)	منگنز قابل جذب (ppm)
۰/۶	۷/۷	۰/۱	۱۴	۱۸۰	۴/۴

استفاده از نرم افزار SAS انجام شد. رسم نمودارها نیز با استفاده از نرم افزارهای Excel و Sigma plot انجام گرفت.

نتایج و بحث:

ضریب استهلاک نوری (K): نتایج تجزیه مرکب نشان داد که بین ارقام از نظر مقادیر تشعشع فعال فتوستزی (K_{PAR}) به دست آمده اختلاف معنی داری وجود داشت، در حالی که بین دو سال تفاوت معنی داری مشاهده نشد. همچنین اثر متقابل سال \times رقم برای تشعشع فعال فتوستزی معنی دار نبود (جدول ۲). مقدار ضریب استهلاک نور بین ۰/۵۶ در رقم آرتا تا ۰/۳۵ در رقم مروارید متغیر بود (جدول ۳). متوسط تشعشع فعال فتوستزی برای چهار رقم گندم در شرایط کشت خالص (عاری از علف هرز خردل و حشی) در دو سال اجرای آزمایش ۰/۵۱ بود. این مقدار با مقدار گزارش شده توسط محققین دیگر مطابقت داشت (Zand *et al.*, 2003) ایشان متوسط ضریب استهلاک نور برای ارقام گندم زمستانه در شرایط مشهد را برابر ۰/۵۲ گزارش کردند. همچنین متوسط ضریب استهلاک نور برای ارقام گندم در شرایط آب و هوایی گرگان ۰/۵۴ گزارش شده است (Rahemi *et al.*, 2010). نتایج مقایسه میانگین اثر بر همکنش رقم و تراکم خردل و حشی نشان داد که با افزایش تراکم خردل و حشی از ۴ بوته به ۳۲ بوته در مترمربع ضریب استهلاک نوری در ارقام مختلف گندم افزایش یافت، به طوری که بیشترین ضریب استهلاک نوری به رقم تجن و آرتا (۰/۹۵ و ۰/۹۴) و کمترین آن به رقم مروارید (۰/۴۸) اختصاص یافت (شکل ۱ و جدول ۳). به عبارت دیگر، با افزایش تراکم خردل و حشی، درصد افزایش ضریب استهلاک نوری در ارقام مختلف نسبت به شاهد متفاوت بود، به طوری که در حداکثر تراکم خردل و حشی

گیاهی، با استفاده از دستگاه SUNSCAN ACCUPAR مدل Lp-80 اندازه گیری شد. عملیات نورسنجی در ظهر خورشیدی (از ۱/۵ ساعت قبل تا ۱/۵ ساعت بعد از ساعت ۱۲ ظهر) در شرایط آسمان بدن ابر صورت گرفت. سپس با داشتن سطح برگ مربوط به هر تیمار، ضریب استهلاک نور (K) با توجه به فرمول زیر محاسبه شد

$$I = I_0 (e^{-K \cdot LAI}) \quad (\text{Monsi and Saeki, 1953})$$

در این معادله I : بیانگر میزان نور در کف کانونی، I_0 : بیانگر میزان نور در بالای کانونی و LAI: بیانگر شاخص سطح برگ گیاه و e : بیانگر پایه لگاریتم طبیعی (۲/۷۱۸) است. مقدار کارایی مصرف نور از برازش رابطه خطی بین تابش تجمعی دریافت شده و ماده خشک تجمعی از کاشت تا رسیدگی محاسبه شد که شب این خط، کارائی مصرف نور میباشد (Lecoeur and Ney, 2003). میزان تابش تجمعی براساس برنامه int-PAR به دست آمد. این برنامه با استفاده از مقادیر اندازه گیری شده شاخص سطح برگ و ضریب استهلاک نور گیاه به همراه اطلاعات هواشناسی مشتمل بر تعداد ساعات آفتابی به محاسبه مقدار روزانه شاخص سطح برگ و مقدار دریافت تابش خورشیدی به صورت روزانه و تجمعی می پردازد (Soltani *et al.*, 2006). در زمان بسته شدن تاج پوشش یعنی زمانی که حداکثر سطح برگ ایجاد شده بود، از سطحی معادل ۰/۳ متر مربع نمونه برداری انجام گردید. نمونه های برداشت شده به فواصل ۲۰ سانتی متری تقسیم و سطح برگ هر لایه به طور جداگانه با استفاده دستگاه سطح برگ سنج مدل Delta-T اندازه گیری شدند. در پایان فصل رشد، اندازه گیری عملکرد دانه پس از حذف حاشیه ها، از مساحتی به اندازه ۱/۲ متر مربع در هر کرت صورت گرفت. پس از انجام آزمون بارتلت، تجزیه و تحلیل آماری داده ها با

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب کارایی مصرف نور ارقام گندم در رقابت با خردل وحشی در دو سال زراعی

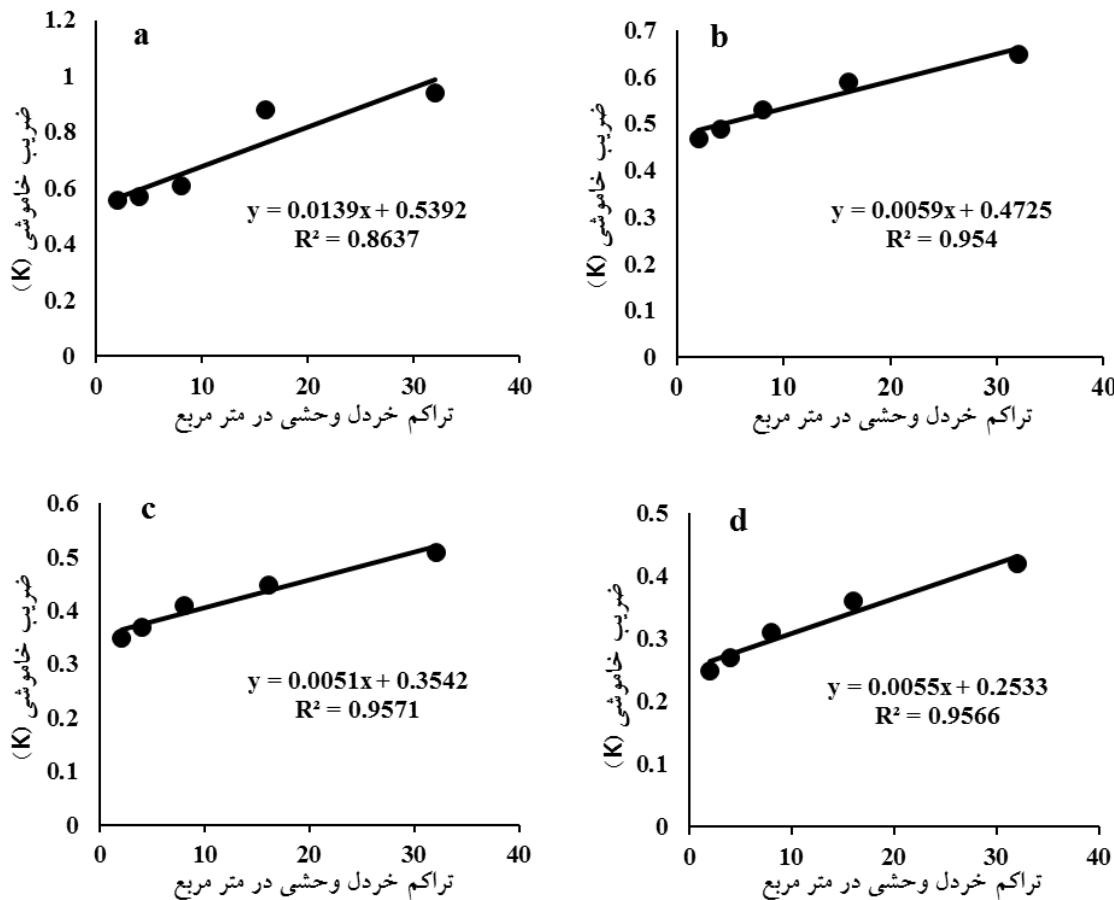
منبع تغییرات	درجه آزادی	ضریب استهلاک نور	کارائی ضریب نور	تشعشع تجمعی	عملکرد دانه	میانگین مربوط
سال	۱	۰/۰۰۰۲۱ ^{ns}	۰/۰۰۰۱۶ ^{ns}	۰/۹۲ ^{ns}	۵۹۰۴۲/۱۲ ^{ns}	
تکرار(سال)	۳	۰/۰۰۰۳۵ ^{ns}	۰/۰۰۰۱۵ ^{ns}	۰/۶۹ ^{ns}	۲۲۵۲۸/۸ ^{ns}	
رقم	۳	۰/۰۱۲۶**	۰/۰۵۴۵**	۷۴۳۲۹/۷۱**	۵۹۲۶۶۸/۴**	
تراکم	۴	۰/۰۱۳۷**	۰/۰۶۲۸**	۳۸۲۸۷/۳۱**	۴۱۷۱۲۳/۱**	
سال×رقم	۳	۰/۰۰۰۳۲ ^{ns}	۰/۰۰۰۷۱ ^{ns}	۰/۰۰۶۵۰ ^{ns}	۲۹۹۴۵۴/۳ ^{ns}	
سال×تراکم	۴	۰/۰۰۰۳۰ ^{ns}	۰/۰۰۰۶۸ ^{ns}	۰/۰۰۷۱ ^{ns}	۹۸۸۸۷/۵ ^{ns}	
رقم×تراکم	۱۲	۰/۰۰۰۶۱**	۰/۰۷۸**	۱۰۷۳۲۹/۷۱**	۲۴۵۴۹۶/۲**	
سال×رقم×تراکم	۱۲	۰/۰۰۰۵۶ ^{ns}	۰/۰۰۰۹۸ ^{ns}	۰/۰۰۱۵۰ ^{ns}	۱۶۰۴۴۲۸۹/۵ ^{ns}	
خطا آزمایشی	۲۷	۰/۰۰۰۳۱	۰/۰۰۰۰۳۹	۰/۰۱۳	۷۸۷۱/۵	
ضریب تغییرات	-	۱/۴	۲/۳۷	۱/۶۷	۵/۹۳	

^{ns}، ** به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی دار، معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۳- مقایسه میانگین کارایی مصرف نور ارقام گندم در رقابت با خردل وحشی در دو سال زراعی

رقم	تراکم	کارایی مصرف نور	ضریب استهلاک نوری	تشعشع دریافت شده تجمعی (مگاژول بر متر مربع)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
مروارید	*	۲/۲۶ ^a	۰/۱۳۵ ^{cd}	۹۶۹ ^a	۶۰۹۸/۲ ^a
	۴	۲/۲۴ ^{ab}	۰/۱۳۷ ^c	۹۵۲ ^a	۵۳۹۶/۲ ^a
	۸	۲/۱۱ ^b	۰/۱۴۱ ^b	۸۶۴ ^b	۴۱۹۲/۲ ^b
	۱۶	۱/۹۲ ^c	۰/۱۴۶ ^{ab}	۷۱۵ ^c	۲۹۰۷/۳ ^c
	۳۲	۱/۵۸ ^d	۰/۱۴۸ ^a	۶۵۶ ^d	۲۱۰۲/۶۵ ^d
مغان	*	۰/۱۴۰ ^{cd}	۲/۱۶ ^a	۸۶۵ ^a	۵۳۰۱/۴ ^a
	۴	۰/۱۴۳ ^c	۲/۱۴ ^{ab}	۸۵۹ ^a	۴۷۰۱/۲۰ ^a
	۸	۰/۰۵۲ ^b	۱/۷۵ ^b	۷۹۸ ^b	۳۲۹۵/۲ ^b
	۱۶	۰/۰۵۸ ^{ab}	۱/۶۲ ^c	۶۴۵ ^c	۲۱۹۲/۳ ^c
	۳۲	۰/۰۶۱ ^a	۱/۰۵۵ ^d	۵۵۰ ^d	۱۵۴۲/۲۲ ^d
تجن	*	۰/۰۵۷ ^{cd}	۱/۱۹۶ ^a	۷۱۰ ^a	۴۶۸۹/۶ ^a
	۴	۰/۰۵۹ ^c	۱/۱۹۴ ^{ab}	۶۹۹ ^{ab}	۴۲۰۰/۶۷ ^a
	۸	۰/۰۶۳ ^b	۱/۱۸۴ ^b	۶۱۰ ^b	۳۰۵۵/۱۲ ^b
	۱۶	۰/۰۱۹ ^{ab}	۱/۰۵۵ ^c	۵۴۰ ^c	۱۸۹۴/۲ ^c
	۳۲	۰/۰۹۵ ^a	۱/۱۲۷ ^d	۴۸۱ ^d	۱۱۱۴/۴۵ ^d
آرتا	*	۰/۰۵۶ ^{cd}	۱/۱۹۸ ^a	۷۰۰ ^a	۴۰۶۳/۲ ^a
	۴	۰/۰۵۷ ^c	۱/۱۹۶ ^{ab}	۶۹۳ ^{ab}	۴۰۰۱/۱۳۷ ^a
	۸	۰/۰۶۱ ^b	۱/۱۸۱ ^b	۶۰۵ ^b	۳۰۹۱/۸۲ ^b
	۱۶	۰/۰۸۸ ^{ab}	۱/۰۵۳ ^c	۵۲۰ ^c	۱۶۹۲/۴ ^c
	۳۲	۰/۰۹۴ ^a	۱/۱۲۵ ^d	۴۸۳ ^d	۸۴۱/۱۹ ^d

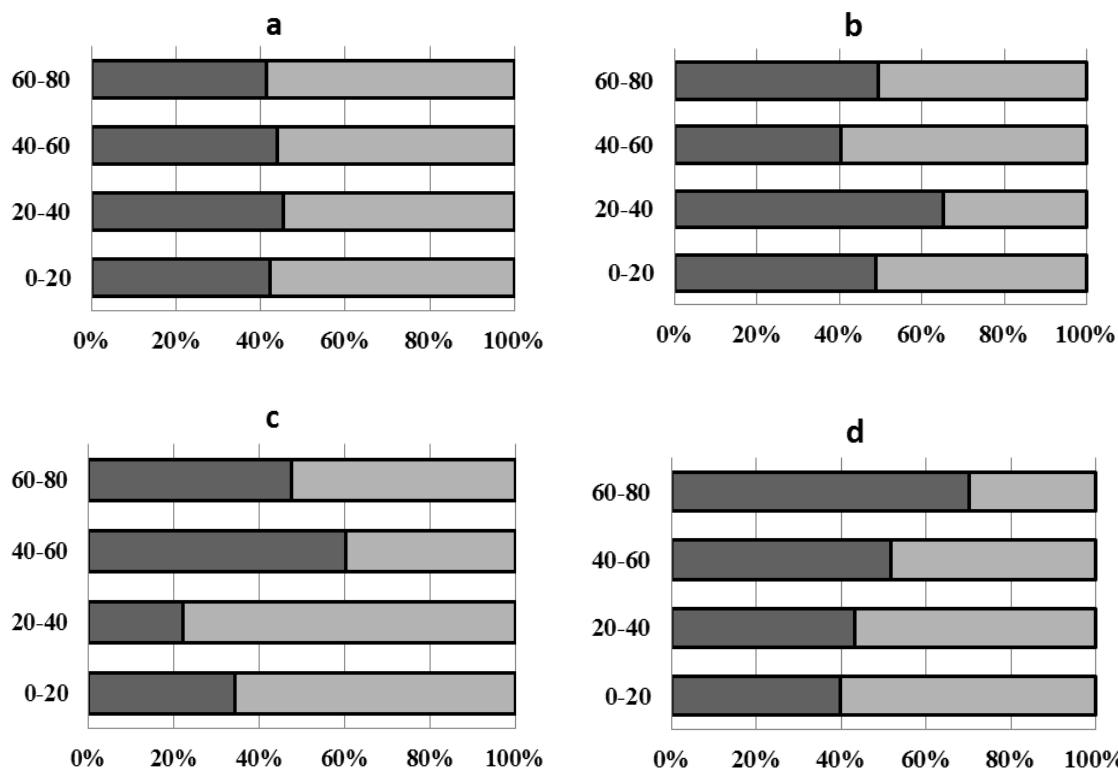
حرروف مشابه نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد می باشد.



شکل ۱- رابطه ضریب استهلاک نور با تراکم های مختلف خردل وحشی در ارقام (a) آرتا، (b) تجن، (c) مغان و (d) مروارید

استهلاک نور بیان می شود، دلایل اختلاف بین ارقام را در کارآیی مصرف نور مشخص نمود (Muurinen *et al.*, 2006). به طور کلی دو عامل مهم که بر تولید ماده خشک در گیاهان اثر می گذارند، دریافت تابش و کارآیی استفاده از آن می باشد (Zhang *et al.*, 2008). مطالعات انجام شده نشان داده است که تراکم علف هرز و گیاه زراعی از طریق تأثیر بر زاویه برگ و اندازه برگ بر ضریب استهلاک نوری موثر واقع می شود (Mennan and Zandstra, 2005). اختلاف بین ضریب استهلاک نوری در گونه های مختلف غلات، می تواند به علت اختلاف ساختار تاج پوشش به ویژه آرایش برگ ها و شاخص سطح برگ در این گیاهان باشد (Zhang *et al.*, 2006). مقدار ضریب استهلاک نور

رقم آرتا با ۴۸ درصد افزایش بیشترین تاثیر، و رقم مروارید با ۲۶ درصد افزایش کمترین تأثیرپذیری را نسبت به شاهد (کشت خالص) نشان دادند. در توجیه این کاهش می توان ذکر کرد، در این تحقیق نحوه آرایش فضایی برگها و توزیع عمودی سطح برگ در اثر افزایش تراکم علف هرز خردل وحشی در رقم مروارید نسبت به ارقام دیگر، تغییر یافته و در نیمه فوقانی کانونی تشکیل شده بود (شکل ۲). از جمله تبعات کاهش ضریب استهلاک نور را می توان به کاهش کارآیی سایه انداز در دریافت تابش در سطوح بالای تراکم گیاه زراعی و علف هرز اشاره کرد. همچنین می توان از اختلاف در آرایش فضایی سایه انداز و توزیع عمودی سطح برگ رقم های مختلف که به وسیله ارزش ضریب



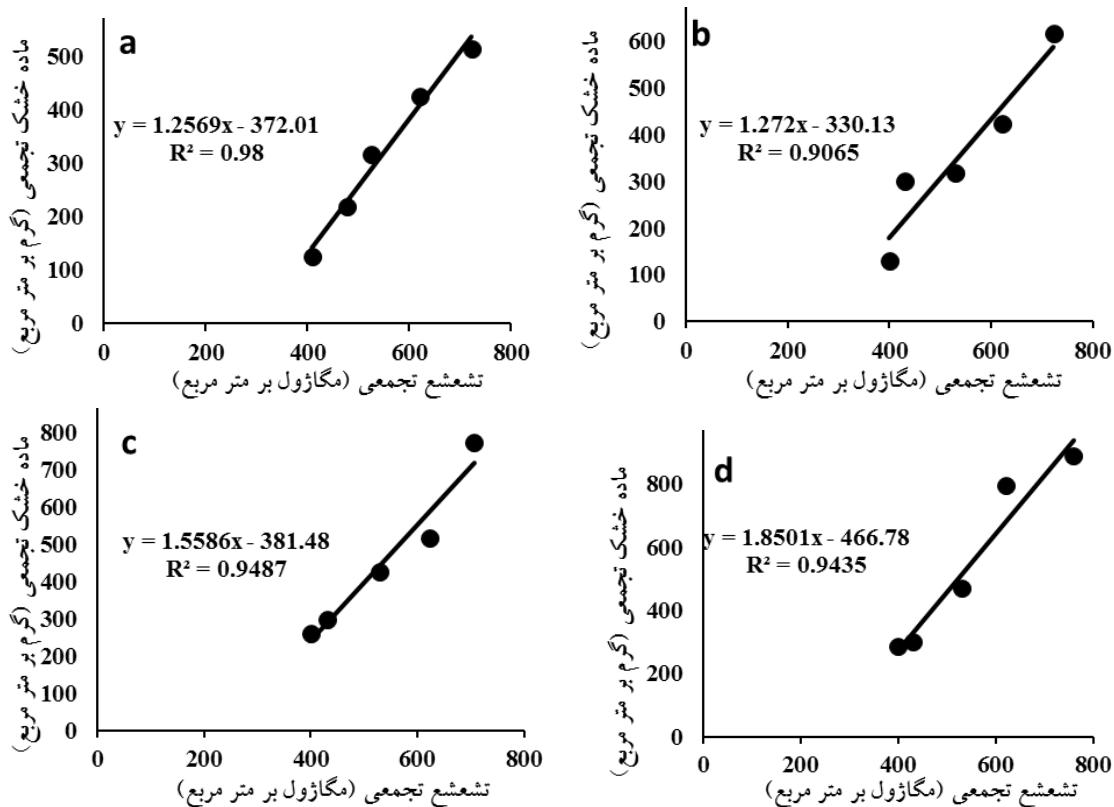
شکل ۲- پروفیل سطح برگ در حالت خالص■ و رقابت با خردل وحشی■ در ارقام (a) آرتا، (b) تجن، (c) مغان و (d) مروارید

بالا و ضریب استهلاک نور کم باعث افزایش کارایی مصرف نور و شاخص سطح برگ کم و ضریب استهلاک نور بالا باعث کاهش کارایی مصرف نور می‌شود. کوچکی و همکاران (۱۳۸۸) بیان داشتند که ضریب استهلاک و کارایی مصرف نور ممکن است تحت تأثیر زئوتیپ، محیط و مدیریت زراعی تغییر کند. به نظر می‌رسد پیدایش، رشد و توسعه و در نهایت پیری اندام هوایی گیاه (شاخ و برگ و ریشه) و نیز عوامل اقلیمی موثر بر ظرفیت فتوستزی گیاه، این الگو را تحت تأثیر قرار می‌دهند. در این پژوهش میانگین این صفت در دو سال اجرای آزمایش در حداقل تراکم خردل وحشی (۳۲ بوته در متر مربع) در ارقام مروارید، مغان، آرتا و تجن به ترتیب معادل ۰/۴۸، ۰/۶۱ و ۰/۹۴ بود.

کارایی مصرف نور (RUE): در این مطالعه از زمان کاشت تا رسیدگی، رابطه بین تابش تجمعی دریافت شده و بیوماس تجمعی از مدل رگرسیون خطی ساده تعیت کرد

بر مبنای تشعشع فعال فتوستزی در گندم بین ۰/۴۴ تا ۱/۳۳ تا تعیین شده است (Akmal and Janssens, 2004). آنها همچنین بیان داشتند مقدار ضریب استهلاک نور ممکن است از ۰/۳ تا ۰/۵ در گیاهان مختلف تغییر کند که این وابستگی به وضعیت قرار گرفتن برگ‌ها و زاویه آنها در تاج پوشش بستگی دارد.

مطالعات انجام شده نشان داد در گیاهان سه‌کرینه سرعت رشد با ضریب استهلاک نور همبستگی منفی دارد (Kiniry *et al.*, 2005). آنها همچنین اظهار داشتند کاهش مقدار ضریب استهلاک نوری (برگ‌های عمودی بیشتر) برای اجازه نفوذ نور به داخل تاج پوشش و برخورد نور به برگ‌های بیشتر در مقادیر کم تابش باعث افزایش سرعت تبادل کربن می‌شود که این عامل باعث افزایش کارایی مصرف نور در گیاهانی که منبع در آنها محدود است خواهد شد. در واکنش‌های مشابه در مورد علف‌های چمنی چهارکرینه مشاهده شد که در این گیاهان شاخص سطح برگ



شکل ۳- رابطه ماده خشک تجمیعی با تشعشع جذب شده در حداکثر تراکم خردل در ارقام (a) آرتا، (b) تجن، (c) معان و (d) مروارید

فتوستزی می‌باشدند، پایین‌تر بود. نتایج مقایسه میانگین (جدول ۳) نشان داد که کارآیی مصرف نور با افزایش تراکم خردل وحشی در ارقام مختلف متغیر است. به طوری که میانگین این صفت در حداکثر تراکم خردل وحشی (۳۲ بوته در مترمربع) برای دو سال زراعی در ارقام مروارید، معان، آرتا و تجن به ترتیب معادل ۱/۸۵، ۱/۵۵، ۱/۲۳ و ۱/۲۱ گرم بر مگاژول بر حسب تشعشع فعال فتوستزی بود. طبق نتایج، با توجه به شرایط آزمایش، شبی افزایش ماده خشک در واحد تابش دریافت شده تجمعی، برای رقم مروارید از سه رقم دیگر بیشتر بود (شکل ۳ و جدول ۳). به عبارتی در تبدیل انرژی نوری به ماده خشک، کارائی رقم مروارید نسبت به رقم تجن و آرتا بالاتر بودن کارآئی مصرف تابش در رقم مروارید، نشان دهنده کارآیی بالاتر انتقال و ذخیره مواد فتوستزی به اندام-

(شکل ۳). کارآیی مصرف نور به دست آمده برای ارقام مختلف تفاوت معنی‌داری با هم داشتند، اما بین دو سال تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید. همچنین اثر مقابله سال بر رقم کارآیی مصرف نور معنی دار نبود (جدول ۲). کارآیی مصرف نور بین ۱/۲۵ در رقم آرتا و ۲/۲۶ گرم بر مگاژول بر اساس تشعشع فعال فتوستزی در رقم مروارید متغیر بود (جدول ۲).

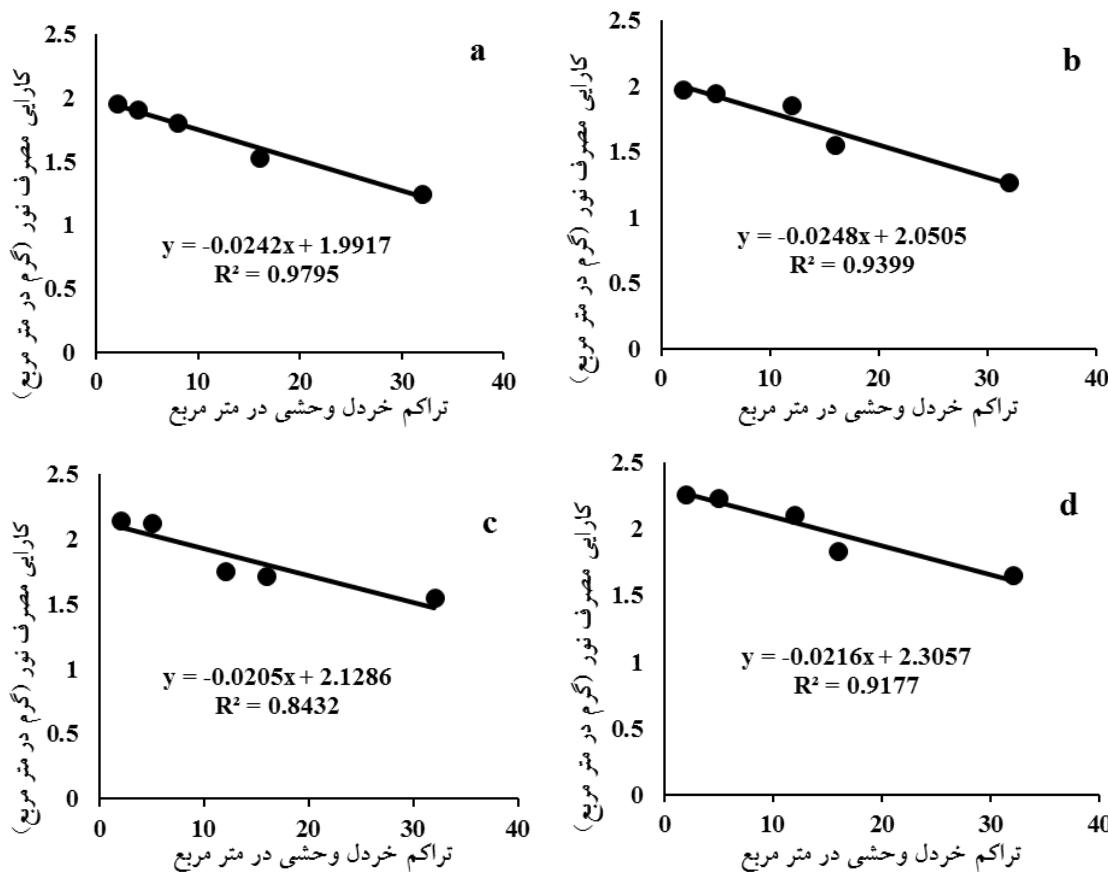
متوسط کارآیی مصرف نور در این آزمایش ۲/۱ گرم بر مگاژول بود. مقدار کارآیی مصرف نور محاسبه شده برای گندم در این تحقیق از مقادیر ۱/۸۱ (Muurinen and Kiniry *et al.*, 2005) و ۱/۴۶ (Peltonen-Sainio, 2006) که بر اساس تشعشع فعال فتوستزی می‌باشدند، به طور معنی‌داری بالاتر است، اما از ۳/۳۶ (Lecoer and Ney, 2003) و ۲/۹۳ مگاژول گرم بر مترمربع (Akmal and Janssens, 2004) که همگی براساس تشعشع فعال

توجه به نتایج به دست آمده در دو سال اجرای آزمایش مشخص گردید، افزایش تراکم خردل وحشی موجب کاهش ماده خشک تجمیعی در واحد سطح شده و این امر نهایتاً باعث کاهش کارآیی استفاده از نور گردید (شکل ۳). توزیع عمودی سطح برگ: نتایج تجزیه مرکب داده‌های دو ساله نشان داد که اثر رقم و تراکم و بر همکنش رقم و تراکم معنی دار، ولی اثر سال بر رقم و تراکم و بر همکنش بین آنها معنی داری نبود (جدول ۴). این بدان معنی است که بین دو سال آزمایش تغییر زیادی در درصد توزیع سطح برگ گندم در لایه‌های مختلف مشاهده نشد. شکل (۲) توزیع عمودی سطح برگ ارقام گندم در دو گروه رقابتی را در شرایط خالص و مخلوط نشان می‌دهد. بر اساس نتایج به دست آمده در تمامی ارقام سطح برگ هر لایه در شرایط مخلوط نسبت به شرایط خالص کاهش یافته است. این موضوع با توجه به کاهش ارتفاع گندم در رقابت با خردل وحشی قابل تأمل است و می‌تواند بیانگر نوعی پاسخ اکوفیزیولوژیکی ارقام گندم نسبت به رقابت باشد. این روند به جز در لایه‌های بالای ۸۰ سانتی‌متری بدليل کاهش ارتفاع نیز کم و بیش مشاهده شد و نشان داد که افزایش رقابت خردل وحشی موجب می‌شود تا گندم درصد سطح برگ بیشتری را به لایه‌های بالاتر کانوپی اختصاص دهد. این نوع رفتار می‌تواند نوعی عکس‌العمل گندم برای دریافت تابش بیشتر باشد که توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (Zand *et al.*, 2003). نتایج نشان داد که در گروه اول که ارقام آرتا و تجن در آن قرار دارند عمدۀ سطح برگ در لایه ۲۰ تا ۶۰ سانتی‌متری و دگروه دوم که رقم مغان و مروارید در آن قرار دارند در لایه ۴۰ تا ۸۰ سانتی‌متری قرار می‌گیرد.

یکی از راههای افزایش کارآیی جذب تابش توسط کانوپی را می‌توان به توزیع بهتر نور در کانوپی دانست که خود وابسته به آرایش برگ‌ها می‌باشد (کوچکی و همکاران, ۱۳۸۸). بیان شده است که به منظور توصیف الگوی جذب نور در کانوپی می‌توان از تغییرات توزیع

های هوایی و کاربرد آنها در تولید ماده خشک کل بوده است که توانست، از یک واحد تابش مقدار بیشتری زیست توده تولید نماید. از طرف دیگر بالاتر بودن شاخص سطح برگ، سرعت رشد جامعه گیاهی و آرایش مناسب و یکنواخت برگ‌ها در کل کانوپی گیاه در رقم مروارید باعث شد که این رقم نسبت به ارقام دیگر از توانایی بالاتری در جذب انرژی خورشیدی برخوردار باشد. مطالعات انجام شده توسط گلستانی و همکاران (۱۳۸۸) در منطقه مشهد نشان داد ضریب خاموشی و کارآیی مصرف نور بسته به مدیریت اعمال شده نظیر رقم مورد استفاده، کنترل و یا عدم کنترل علف‌های هرز، آبیاری، تنش خشکی و نظایر آن تحت تأثیر قرار می‌گیرد و از این‌رو می‌تواند در زمان‌ها و مکان‌های مختلف کمی متفاوت باشد. از طرفی بیان شده است تراکم‌های متفاوت گیاه زراعی و علف‌های هرز نیز می‌تواند بر ضریب استهلاک نوری تأثیر داشته باشد. همچنین برخی از محققان معتقدند که عوامل زیادی در کاهش کارآیی مصرف نور در تراکم‌های بالای گیاهی نقش دارند (Bonhomme, 2000). خوابیدگی بوته‌ها، تسريع پیری برگ‌های پائینی گیاه، محدودیت جذب نیتروژن از خاک و محدودیت آب و عناصر غذایی را از عوامل کاهش دهنده کارآیی مصرف نور در تراکم‌های بالای علف هرز و گیاه زراعی ذکر کرده‌اند (VanAcker and Oree, 2004).

در این پژوهش نیز با توجه به نتایج بدست آمده مشخص شد تراکم علف‌هرز باعث افزایش ضریب استهلاک نوری، کاهش تشعشع دریافت شده تجمیعی و نهایتاً این امر موجب کاهش کارآیی استفاده از نور در تمامی ارقام گردید (شکل ۱، ۲ و ۳). در مجموع در دو سال اجرای آزمایش، بالاترین میزان کارآیی مصرف نور هم در حالت کشت خالص و هم در حالت حداقل تداخل با خردل وحشی در رقم مروارید بدست آمد. به نظر می‌رسد این رقم بعنوان رقم جدید در منطقه توانایی بیشتری در جذب تابش خورشیدی دارد و در نهایت بیوماس بیشتری نیز در هر دو سال آزمایش تولید کرده است (جدول ۳). با

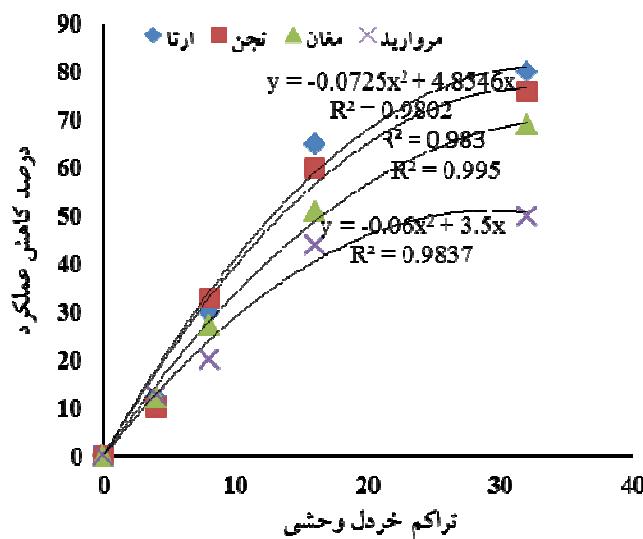


شکل ۴- رابطه کارایی مصرف نور با تراکم های مختلف خردل وحشی در ارقام (a) آرتا، (b) تجن، (c) مغان و (d) مروارید

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس مرکب توزیع عمودی سطح برگ ارقام گندم در رقابت با خردل وحشی

میانگین مربعات						منع تغییرات
درجه آزادی	سطح برگ لایه اول	سطح برگ لایه سوم	سطح برگ لایه دوم	(۸۰ - ۸۰)	(۴۰ - ۶۰)	
۱	۰/۰۰۰۱۱ ^{ns}	۰/۰۰۰۱۵ ^{ns}	۰/۰۰۰۸۱ ^{ns}	۰/۰۰۰۹۲ ^{ns}	۰/۰۰۰۹۷ ^{ns}	سال
۳	۰/۰۰۰۲۱ ^{ns}	۰/۰۰۰۲۷ ^{ns}	۰/۰۰۰۷۶ ^{ns}	۰/۰۰۰۹۷ ^{ns}	۰/۰۰۰۹۷ ^{ns}	تکرار(سال)
۳	۰/۶۰۴**	۳/۵۲**	۴/۲۴**	۰/۰۴**	۷/۴۳**	رقم
۴	۰/۱۹۷**	۱/۱۰۷**	۴/۳۷**	۷/۴۳**	۰/۰۴**	تراکم
۳	۰/۰۰۰۱۳ ^{ns}	۰/۰۰۰۲۹ ^{ns}	۰/۰۰۰۱۱ ^{ns}	۰/۰۰۰۶۹ ^{ns}	۰/۰۰۰۶۹	سال×رقم
۴	۰/۰۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۰۲ ^{ns}	۰/۰۱۲۳ ^{ns}	۰/۰۰۰۶۹	سال×تراکم
۱۲	۰/۰۰۵۶**	۰/۱۴۶**	۰/۰۳۶**	۰/۰۸۶**	۰/۰۰۰۶۹	رقم×تراکم
۱۲	۰/۰۰۰۴۵	۰/۰۰۰۱۸	۰/۰۰۰۲۴	۰/۰۰۰۶۹	۰/۰۰۰۳۷۸	سال×رقم×تراکم
۲۷	۰/۰۰۰۳۰	۰/۰۱۶۷	۰/۰۰۰۹۳۰	۰/۰۳۷۸	۷/۱۵	خط آزمایشی
-	۱/۳۷	۱۲/۲۵	۲/۳۷	۷/۱۵	-	ضریب تغییرات

ns، ** به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی دار، معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد



شکل ۵- اثر تراکم‌های مختلف خردل وحشی بر میانگین کاهش عملکرد دانه ارقام گندم نسبت به شاهد بدون خردل وحشی

مروارید و آرتا، به ترتیب دارای بالاترین و کمترین عملکرد دانه نسبت به افزایش تراکم علف‌هرز خردل وحشی بودند (جدول ۳). دلیل عملکرد پایین رقم آرتا به رقابت با خردل وحشی را می‌توان در ارتفاع کمتر، سطح برگ پایین و آرایش نامناسب کانونپی دانست که در رقابت برای جذب منابع با خردل وحشی مخصوصاً نور، ضعیف عمل می‌کند. اکتساب ضعیف نور در این رقم که ناشی از توزیع نامناسب سطح برگ و افزایش ضریب استهلاک نوری (شکل ۲، ۳، ۴) می‌باشد که سبب می‌شود که برگ‌های پایین پوشش گیاهی حالت انگلی به خود گرفته و متعاقب آن فتوسنتز خالص کاهش یابد. یکی از مواردی که نقش مهمی در تولید ماده خشک و عملکرد دانه گیاه زراعی دارد، مصرف نور می‌باشد. مطالعات انجام شده نشان داد، شرط اول افزایش عملکرد و تولید بالا در نتیجه بهینه سازی جذب از طریق شاخص سطح برگ و کارایی مصرف نور می‌باشد (Zhang et al., 2008). به عبارتی دیگر اگر یک گیاه بتواند ضمن دریافت نور بیشتر، آن را با ضریب بالاتری به بیوماس تبدیل کند، در تولید بیوماس و عملکرد موفق‌تر خواهد بود. به نظر می‌رسد رقابت خردل وحشی در مرحله رشد رویشی، از طریق سایه اندازی روی سنبله‌های گندم و تشدید رقابت برای نور و در نتیجه

عمودی سطح برگ بهره گرفت (Gonzalo et al., 2006) همچنین گزارش گردید، تغییرات توزیع عمودی سطح برگ روی جذب و استفاده از تابش انرژی نورانی در کانونپی و به دنبال آن روی تجمع ماده خشک و عملکرد دانه گندم موثر است (Siyahpoosh et al., 2012). مشاهده شده است تحت شرایط رقابت گیاه زراعی با علف‌هرز و به تبع کاهش بیشتر نفوذ نور به داخل لایه‌های پایینی کانونپی، سطح برگ در لایه‌های پایینی کمتر شده و ماده خشک کمتری هم در این لایه‌ها تولید می‌گردد و از طرف دیگر گیاه زراعی برای افزایش توان رقابتی خود، سطح برگ و ماده خشک را به لایه‌های بالایی کانونپی اختصاص می‌دهد (Beckie et al., 2008).

عملکرد دانه: نتایج تجزیه مركب داده‌های دو ساله نشان داد که اثر رقم و تراکم و بر همکنش رقم و تراکم معنی‌دار، ولی اثر سال بر رقم و تراکم و بر همکنش بین آنها بر روی عملکرد معنی‌دار نبود. اما این صفت از نظر رقم، تراکم و اثر متقابل رقم و تراکم در سطح احتمال یک درصد تفاوت بسیار معنی‌داری نشان داد (جدول ۲). بنابراین می‌توان گفت که ارقام از لحاظ کاهش عملکرد ناشی از رقابت با خردل وحشی عکس‌عمل یکسانی نداشتند (شکل ۵). مقایسه میانگین صفات نشان داد که رقم

ارقام مورد مطالعه شده است. در واقع شدت رقابت برای نور بین گیاه زراعی و علف هرز با آرایش برگ‌ها و توزیع آن در طول پروفیل گیاه ارتباط نزدیک دارد. با بررسی توزیع عمودی سطح برگ مشخص گردید که هرچند افزایش تراکم علف هرز خردل وحشی موجب کاهش سطح برگ در ارقام گندم شده است اما نسبت توزیع سطح برگ در لایه‌های مختلف یکسان نبود. ارقام گندم در رقابت با خردل وحشی از راهبردهای متفاوتی در توزیع سطح برگ و ماده خشک خود استفاده نمودند که نشان می‌دهد توزیع برگ کانوپی با پتانسیل رقابت گیاه زراعی و علف هرز برای دریافت نور در ارتباط می‌باشد. ارقام گندم سطح برگ و ماده خشک خود را به لایه‌های بالاتری منتقل نمودند که در این میان رقم مروارید از کارایی بالاتری برخوردار بود. این امر سبب تولید ماده خشک بیشتر این رقم در شرایط آلودگی مزرعه به علف هرز شد. در ضمن مشخص گردید که رقم مروارید به دلیل داشتن توزیع عمودی سطح برگ بهتر، استفاده از کارائی نور بیشتر و داشتن ضریب استهلاک نوری کمتر در رقابت با خردل وحشی بهتر از ارقام آرتا، تجن و مغان بود.

کاهش وزن دانه و تعداد دانه در سنبله منجر به کاهش عملکرد دانه در ارقام گندم شد. همچنین اظهار شده است که با افزایش تراکم علف هرز به دلیل افزایش رقابت بین گونه‌ای عملکرد گیاه زراعی به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد (Zimdahl, 2004). گزارش شد که در LAI پایین، مقداری کارایی مصرف نور کم می‌باشد زیرا اکثر برگ‌ها از نظر نوری اشباع می‌شوند (Muurinen and Peltonen-Sainio, 2006). بنابراین برگ‌هایی که تحت تأثیر نور قرار گرفتند، در مقایسه با برگ‌هایی که در سایه قرار داشتند، کارایی مصرف نور پایین‌تر و عملکرد اقتصادی کمتری را دارا بودند. در ترکیه گزارش شد خردل وحشی با تراکم ۱۶ و ۳۲ بوته در مترمربع به ترتیب حدود ۴۶٪ و ۷۹٪ موجب کاهش عملکرد دانه گندم پائیزه گردید (Mennan and Zandstra, 2005). نتایج مشابه در مورد رقابت ارقام هیبرید کلزا در برابر یولاف وحشی نشان داده است که بین عملکرد دانه در شرایط خالص و تحمل گیاه زراعی در برابر علف هرز رابطه مثبت وجود دارد (Zand and Beckie, 2002).

نتیجه‌گیری کلی:

نتایج نشان داد که تراکم بالای علف هرز با تأثیر به نحوه آرایش فضایی برگ‌ها موجب کاهش کارایی مصرف نور در

منابع:

- عزیزی، م. و آروین، پ. (۱۳۸۷) اختلاف عملکرد و کارایی مصرف نور در ارقام بهاره کلزا. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان ۱: ۳۵-۵۰.
- کامکار، ب.، کوچکی، ع.، نصیری محلاتی، م. و رضوانی مقدم، پ. و کافی، م. (۱۳۸۸) ارزیابی کارایی مصرف نور و رابطه آن با تولید ماده خشک در سه گونه ارزن، مجله علوم زراعی ایران ۲: ۲۰۷-۱۹۶.
- کوچکی، ع.، نصیری محلاتی، م.، مندانی، ف. و امیرمرادی، ش. (۱۳۸۸) ارزیابی جذب و کارایی مصرف نور Akmal, M., and Janssens, M. J. J. (2004) Productivity and light use efficiency of perennial ryegrass with contrasting water nitrogen supply. *Field Crop Research* 88:143- 155.
- Baghestani, M. A., Zand, E., Rahimian Mashhad, H. and Soufizadeh. S. (2005) Morphological and physiological characteristics which enhance competitiveness of winter wheat (*Triticum*

- efficiency of spring cereal under northern conditions. *Crop Science* 1: 111-126.
- Muchew, R. C. (2008) An analysis of the effect of water deficit on grain legumes grown in a semi-arid tropical environment in term of radiation interception and its efficiency of use. *Field Crop Research* 11: 309-323.
- Olsen, J., Kristensen, L. and Weiner, J. (2006) Influence of sowing density and spatial pattern, of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) on the suppression of different weed species. *Weed Biology and Management* 6: 165-173.
- Rahemi, A., Galeshi, S., Soltani, A. and Kamkar, B. (2010) Variation of nitrogen use efficiency, grain protein concentration and yield in wheat cultivars in temperate sub-humid. *American – Eurasian Journal. Agriculture and Environment Science* 1: 08 – 15.
- Safahani Langeroudi, A. R. and Kamkar, B. (2009) Field screening of canola (*Brassica napus*) cultivars against wild mustard (*Sinapis arvensis*) using competition indices and some empirical yield loss models in Golestan Province, Iran. *Crop Protection* 28: 577–582.
- Soltani, A., Robertson, M. J., Rahemi-Karizaki, A., Poorreza, J. and Zarei, H. (2006) Modeling biomass accumulation and partitioning in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Journal of Agronomy and Crop Science* 192: 379-389.
- Siyahpoosh, A., Zand, E., Bakhshande, A. and Gharineh, M. H. (2012) Competitive of different densities of two wheat cultivars with wild mustard weed species (*Sinapis arvensis*) in different densities. *World Applied Sciences Journal* 20: 748-752.
- Van Acker, R. C. and Oree, R. (2004) Wild oat (*Avena fatua* L.) and wild mustard (*Brassica kabera*) wheller interference in canola (*Brassica napus*). *Weed Science, Society of America*, 39: 101-128.
- Warwick, S. I., Beckie, H. J., Thomas, A. G. and McDonald, T. (2005) The biology of Canadian weeds. 8. *Sinapis arvensis* L. (updated). *Canadian Journal of Plant Science* 55: 171-18.
- Zand, A., Koocheki, A. and Nassiri Mohallati, M. (2003) Canopy structure changes in some Iranian bread wheat. *Agricultural Science* 13: 13-26.
- Zand, E. and Beckie, H. J. (2002) Competitive ability of hybrid and open pollinated canola (*Brassica napus*) with wild oat (*Avena fatua*). *Canadian Journal of Plant Science* 82: 473-480.
- Zhang, L., Vander Werf, W., Bastiaans, L., Zhang, S. B., Spiertz, J. H. (2008) Light interception and utilization in relay intercrops of wheat and cotton. *Field Crop Research* 107: 29-42.
- Zimdahl, R. (1980) Weed crop competition: A review Corvallis. Oregon state university.
- aestivum*) against *Goldbachia laevigata*. *Iranian Journal of Weed Science* 1: 111-126.
- Beckie, H. J., Johnson, E. N. and Blackshaw, R. E. (2008) Weed Suppression by Canola and Mustard Cultivars. *Weed Technology* 22: 182–185.
- Bonhomme, R. (2000) Beware of comparing RUE values calculated from PAR vs. Solar radiation or absorbed vs. intercepted radiation. *Field Crop Research* 68:242-252.
- Blakshaw, R. E., Molnar, L. J. and Janzen, H. H. (2004) Nitrogen fertilizer timing and application method affect weed growth and competition with spring wheat. *Weed Science* 52: 614-622.
- Gonzalo, M., Vyon, T., Holland, J. and McIntyre, M. (2006) Mapping density response in maize: A direct approach for testing genotype and treatment interaction. *Agronomy Journal* 93: 1049-1053.
- Johanson, I. R., Parsons, A. J. and Ludlow, M. M. (2004) Modelling Photosynthesis in mono cultures and mixture. *Australian Journal of Plant Physiology* 16: 501-516.
- Holt, S. J. (2005) Plant response to light: A potential tool for weed management. *Weed Science* 43: 474-482.
- Kemanian, A. R., Stockle, C. O. and Huggins, D. R. (2004) Variability of barley ratification use efficiency. *Crop Science* 44:1662-1672.
- Kiniry, J. R., Mc Cauley, G., Xie, Y. and Arnorl, J. G. (2005) Rice parameters describing crop performance of four U.S. cultivars. *Agronomy Journal* 93:1354-1361.
- Kristensen, L., Olsen, J. and Winer, J. (2008) Sowing pattern, and nitrogen fertilization effects on weed suppression and yield in spring wheat. *Weed Science* 56:97-102.
- Lecoeur, J. and Ney, B. (2003) Change with time in potential radiation use efficiency in field pea. *European Journal of Agronomy* 19: 91-105.
- Mennan, H. and Zandstra, B. H. (2005) Effect of wheat (*Triticum aestivum*) cultivars and seeding rate on yield loss from *Galium aparine* (*cleavers*). Short communication. *Weed Science* 48: 720-727.
- Mennan, H. (2003) Economic thresholds of Wild mustard (*Sinapis arvensis*) in winter wheat field. *Pakistan Journal of Agronomy* 2: 34-39.
- Monsi, M. and Saeki, T. (1953) Über den lichtfaktor in den pflanzengesellschaften und seine bedeutung für die stoffproduktion. *Japanese Journal of Botany* 14: 22-52.
- Muurinen, S. and Peltonen-Sainio, P. (2006) Radiation-use efficiency of modern and old spring cereal cultivars and its response to nitrogen use efficiency in northern growing conditions. *Field Crop Research* 96:363-373.
- Muurinen, S., Slafer, G. and Peltonen-Sainio, P. (2006) Breeding effects on nitrogen use

