

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 محمدرضا احتشامی^۱ و بهنام کامکار^۲

گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان و^۲ عضو 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 کارایی 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 تکرار 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، کارایی مصرف نور و توزیع عمودی سطح برگ معنی دار نبود. در این پژوهش میانگین ضریب استهلاک نوری در دو سال اجرای آزمایش در حداکثر 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 کارایی مصرف نور در بالاترین تراکم خردل وحشی در هر دو سال اجرای آزمایش در رقم مروارید با (۱/۸۵) گرم بر مگاژول) بیشترین و رقم تجن با (۱/۲۱) گرم بر مگاژول) 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 کارایی 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 جهت گیری 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 محصولات کشاورزی در ایران و جهان، 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 بیشتر خواهد بود (Kiniry et al., 2005). عزیززی 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 مگاژول 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 تأثیری بر ضریب استهلاک ندارند (Kemaian et al., 2004). در مطالعه ساختار کانوپی گیاهان ویژگی‌های متعددی مانند توزیع عمودی سطح برگ، زاویه برگ و تابش فعال فتوسنتزی 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 متداول‌ترین 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 تثبیت انرژی نورانی در گیاهان، از مهمترین شاخص‌های آگروفیزیولوژیکی 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).

کارایی 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 کارایی مصرف نور می‌باشد (Holt, 2005). وجود رابطه خطی بین تجمع زیست‌توده و تابش جمعی در بسیاری از گیاهان زراعی به اثبات رسیده است و کارایی مصرف نور در واقع شیب خط رگرسیون

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 موفقیت در رقابت می‌باشد. در همین راستا پژوهش حاضر به منظور بررسی کارایی 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 (۹۱-۱۳۹۰) 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 سالانه ۴۵۰-۴۰۰ 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 سیلتی بود.

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک-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 تسطیح زمین در پاییز همان سال

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 کیلوگرم در هکتار در مرحله پنجه زنی و ۵۰ کیلوگرم در هکتار در مرحله گرده افشانی 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 اواخر آذر ماه ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ کشت شد. اندازه هر کرت $2/4 \times 6/65$ 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 موسیلاژی 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 مزرعه به جز خردل وحشی، به طور مستمر وجین 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

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

| هدایت الکتریکی ($dS.m^{-1}$) | اسیدیته گل اشباع | کربن آلی (درصد) | ازت کل (درصد) | فسفر قابل جذب (ppm) | پتاسیم قابل جذب (ppm) | منگنز قابل جذب (ppm) |
|-----------------------------------|---------------------|--------------------|------------------|------------------------|--------------------------|-------------------------|
| ۰/۶ | ۷/۷ | ۱/۵۵ | ۰/۱ | ۱۴ | ۱۸۰ | ۴/۴ |

استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد. رسم نمودارها نیز با استفاده از نرم‌افزارهای 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 فتوسنتزی (K_{PAR}) به دست آمده اختلاف معنی‌داری وجود داشت، در حالی که بین دو سال تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. همچنین اثر متقابل سال \times رقم برای تشعشع فعال فتوسنتزی معنی‌دار 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 فتوسنتزی برای چهار رقم گندم در شرایط کشت خالص (عاری از علف هرز خردل وحشی) 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 وحشی نشان داد که با افزایش تراکم خردل وحشی 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 وحشی، درصد افزایش ضریب استهلاک نوری در ارقام مختلف نسبت به شاهد متفاوت بود، به طوری که در حداکثر تراکم خردل وحشی

گیاهی، با استفاده از دستگاه SUNSCAN ACCUPAR مدل Lp-80 اندازه‌گیری شد. عملیات نورسنجی در ظهر خورشیدی (از ۱/۵ ساعت قبل تا ۱/۵ ساعت بعد از ساعت ۱۲ ظهر) در شرایط آسمان بدون ابر صورت گرفت. سپس با داشتن سطح برگ مربوط به هر تیمار، ضریب استهلاک نور (K) با توجه به فرمول زیر محاسبه شد (Monsi and Saeki, 1953):

$$I = I_0(e^{-K \cdot LAI})$$

در این معادله I_0 بیانگر میزان نور در کف کانوپی، I بیانگر میزان نور در بالای کانوپی 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 جمعی دریافت شده و ماده خشک جمعی از کاشت تا رسیدگی محاسبه شد که شیب این خط، کارایی مصرف نور می‌باشد (Lecoeur and Ney, 2003). میزان تابش جمعی براساس برنامه int-PAR به دست آمد. این برنامه با استفاده از مقادیر اندازه‌گیری 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 جمعی می‌پردازد (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. نمونه‌های برداشت شده به فواصل ۲۰ سانتی‌متری تقسیم و سطح برگ هر لایه به طور جداگانه با استفاده دستگاه سطح برگ سنج مدل Delta-T اندازه‌گیری شدند. در پایان فصل رشد، اندازه‌گیری عملکرد دانه پس از حذف حاشیه‌ها، از مساحتی به اندازه ۱/۲ متر مربع در هر کرت صورت گرفت. پس از انجام آزمون بارتلت، تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با

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

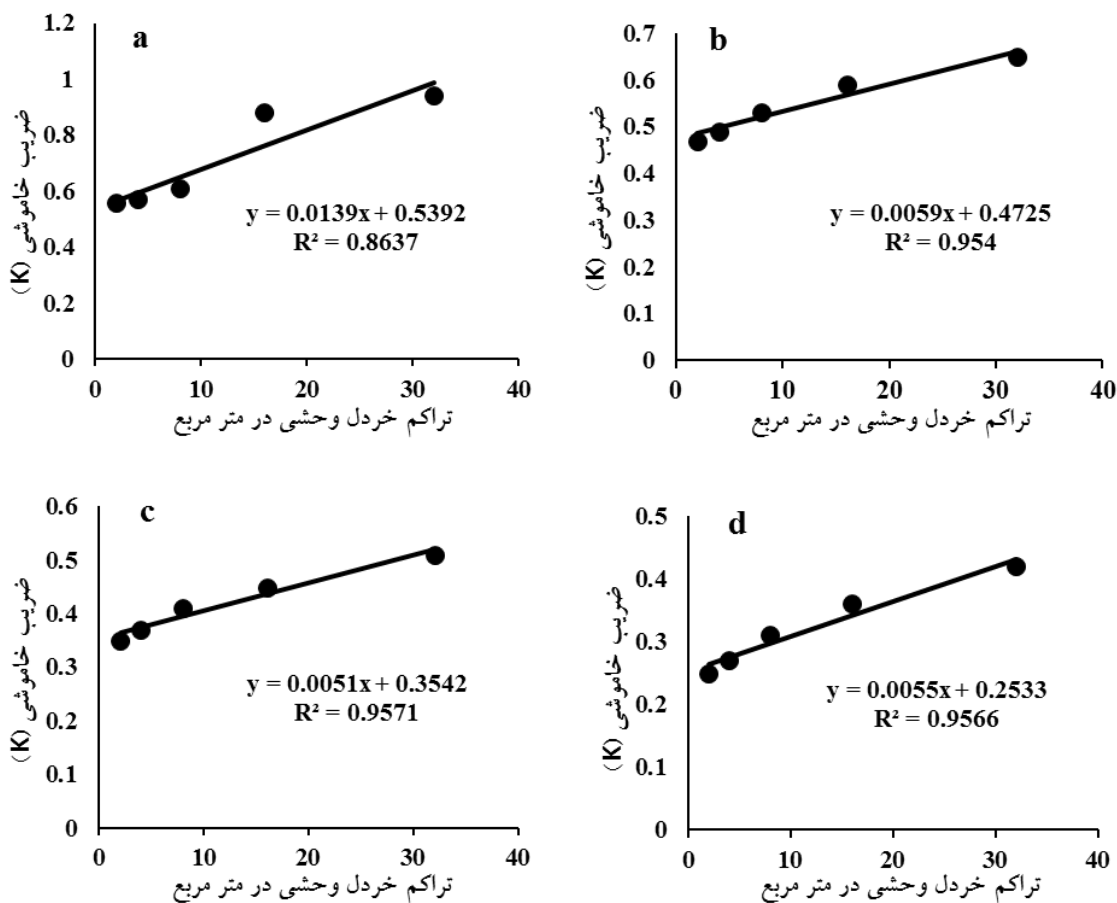
| میانگین مربعات | | | | | |
|-----------------|------------|------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|
| منبع تغییرات | درجه آزادی | ضریب استهلاک نور | کارایی ضریب نور | تشعشع تجمعی | عملکرد دانه |
| سال | ۱ | ۰/۰۰۰۲۱ ^{ns} | ۰/۰۰۰۰۱۶ ^{ns} | ۰/۹۲ ^{ns} | ۵۹۵۴۴/۱۲ ^{ns} |
| تکرار(سال) | ۳ | ۰/۰۰۰۰۳۵ ^{ns} | ۰/۰۰۰۰۱۵ ^{ns} | ۰/۶۹ ^{ns} | ۲۲۵۲۸/۸ ^{ns} |
| رقم | ۳ | ۰/۰۱۲۶ ^{**} | ۰/۰۵۴۵ ^{**} | ۷۴۳۲۹/۷۱ ^{**} | ۵۹۲۶۶۸/۴ ^{**} |
| تراکم | ۴ | ۰/۰۱۱۳۷ ^{**} | ۰/۰۶۲۸ ^{**} | ۳۸۲۸۷/۳۱ ^{**} | ۴۱۷۱۲۳/۱ ^{**} |
| سال× رقم | ۳ | ۰/۰۰۰۰۳۲ ^{ns} | ۰/۰۰۰۰۷۱ ^{ns} | ۰/۰۰۰۶۵ ^{ns} | ۲۹۹۴۵۴/۳ ^{ns} |
| سال× تراکم | ۴ | ۰/۰۰۰۰۳۰ ^{ns} | ۰/۰۰۰۰۶۸ ^{ns} | ۰/۰۰۰۰۷۱ ^{ns} | ۹۸۸۸۷/۵ ^{ns} |
| رقم× تراکم | ۱۲ | ۰/۰۰۰۰۶۱ ^{**} | ۰/۰۰۷۸ ^{**} | ۱۰۷۳۲۹/۷۱ ^{**} | ۲۴۵۴۹۶/۲ ^{**} |
| سال× رقم× تراکم | ۱۲ | ۰/۰۰۰۰۵۶ ^{ns} | ۰/۰۰۰۰۰۹ ^{ns} | ۰/۰۰۰۰۱۵ ^{ns} | ۱۶۰۴۳۸۹/۵ ^{ns} |
| خطا آزمایشی | ۲۷ | ۰/۰۰۰۰۳۱ | ۰/۰۰۰۰۰۳۹ | ۰/۰۱۳ | ۷۸۷۱/۵ |
| ضریب تغییرات | - | ۱/۴ | ۲/۳۷ | ۱/۶۷ | ۵/۹۳ |

^{ns}، * و ** به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار، معنی‌دار 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 | ۰ | ۲/۲۶ ^a | ۰/۳۵ ^{cd} | ۹۶۹ ^a | ۶۰۹۸/۲ ^a |
| | ۴ | ۲/۲۴ ^{ab} | ۰/۳۷ ^c | ۹۵۲ ^a | ۵۳۹۶/۲ ^a |
| | ۸ | ۲/۱۱ ^b | ۰/۴۱ ^b | ۸۶۴ ^b | ۴۱۹۲/۲ ^b |
| | ۱۶ | ۱/۹۲ ^c | ۰/۴۶ ^{ab} | ۷۱۵ ^c | ۲۹۰۷/۳ ^c |
| | ۳۲ | ۱/۵۸ ^d | ۰/۴۸ ^a | ۶۵۶ ^d | ۲۱۰۲/۶۵ ^d |
| مغان | ۰ | ۰/۴۰ ^{cd} | ۲/۱۶ ^a | ۸۶۵ ^a | ۵۳۰۱/۴ ^a |
| | ۴ | ۰/۴۳ ^c | ۲/۱۴ ^{ab} | ۸۵۹ ^a | ۴۷۰۱/۲ ^a |
| | ۸ | ۰/۵۲ ^b | ۱/۷۵ ^b | ۷۹۸ ^b | ۳۲۹۵/۲ ^b |
| | ۱۶ | ۰/۵۸ ^{ab} | ۱/۶۲ ^c | ۶۴۵ ^c | ۲۱۹۲/۳ ^c |
| | ۳۲ | ۰/۶۱ ^a | ۱/۵۵ ^d | ۵۵۰ ^d | ۱۵۴۲/۲۲ ^d |
| تجن | ۰ | ۰/۵۷ ^{cd} | ۱/۹۶ ^a | ۷۱۰ ^a | ۴۶۸۹/۶ ^a |
| | ۴ | ۰/۵۹ ^c | ۱/۹۴ ^{ab} | ۶۹۹ ^{ab} | ۴۲۰۰/۶۷ ^a |
| | ۸ | ۰/۶۳ ^b | ۱/۸۴ ^b | ۶۱۰ ^b | ۳۰۵۵/۱۲ ^b |
| | ۱۶ | ۰/۸۹ ^{ab} | ۱/۵۵ ^c | ۵۴۰ ^c | ۱۸۹۴/۲ ^c |
| | ۳۲ | ۰/۹۵ ^a | ۱/۲۷ ^d | ۴۸۱ ^d | ۱۱۱۴/۴۵ ^d |
| آرتا | ۰ | ۰/۵۶ ^{cd} | ۱/۹۸ ^a | ۷۰۵ ^a | ۴۰۶۳/۲ ^a |
| | ۴ | ۰/۵۷ ^c | ۱/۹۶ ^{ab} | ۶۹۳ ^{ab} | ۴۰۰۱/۳۷ ^a |
| | ۸ | ۰/۶۱ ^b | ۱/۸۱ ^b | ۶۰۵ ^b | ۳۰۹۱/۸۲ ^b |
| | ۱۶ | ۰/۸۸ ^{ab} | ۱/۵۳ ^c | ۵۲۰ ^c | ۱۶۹۲/۴ ^c |
| | ۳۲ | ۰/۹۴ ^a | ۱/۲۵ ^d | ۴۸۳ ^d | ۸۴۱/۱۹ ^d |

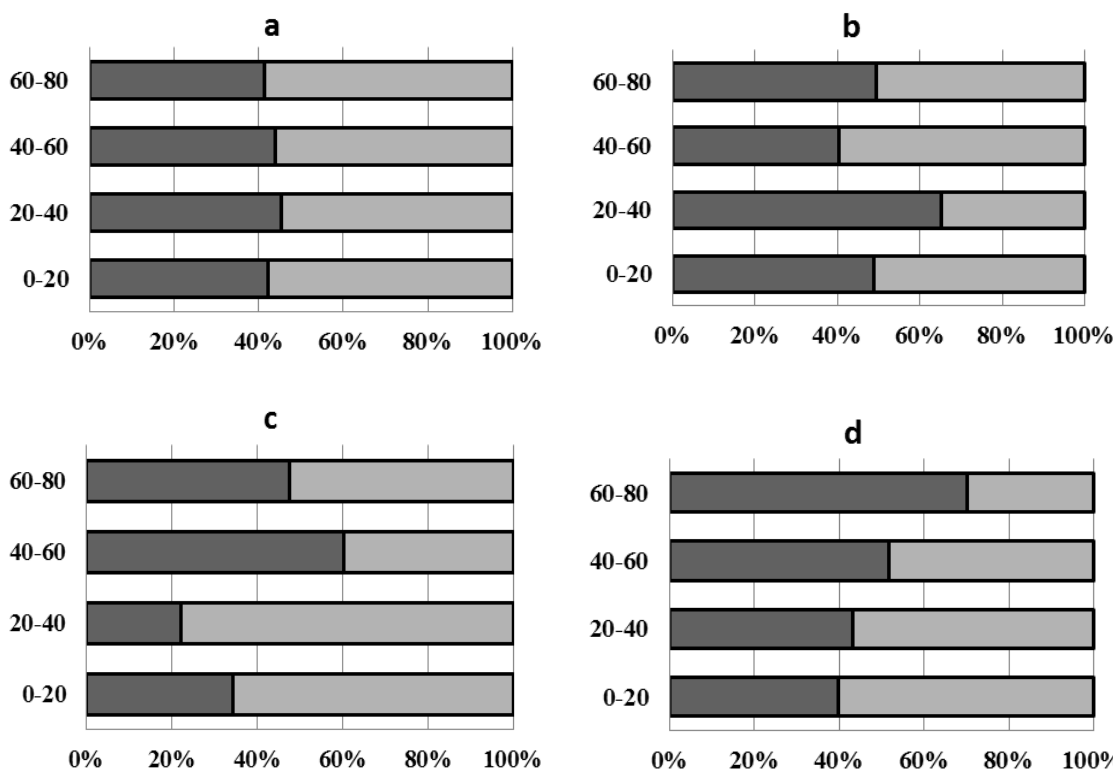
حروف مشابه نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.



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

استهلاک نور بیان می‌شود، دلایل اختلاف بین ارقام را در کارایی مصرف نور مشخص نمود (Muurinen *et al.*, 2006). به طور کلی دو عامل مهم که بر تولید ماده خشک در گیاهان اثر می‌گذارند، دریافت تابش و کارایی استفاده از آن می‌باشد (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 ضرب استهلاک نوری موثر واقع می‌شود (Mennan and Zandstra, 2005). اختلاف بین ضرب استهلاک نوری در گونه‌های مختلف غلات، می‌تواند به علت اختلاف ساختار تاج پوشش به ویژه آرایش برگ‌ها و شاخص سطح برگ در این گیاهان باشد (Zhang *et al.*, 2006). مقدار ضرب استهلاک نور

رقم آرتا با ۴۸ درصد افزایش بیشترین تأثیر، و رقم مروارید با ۲۶ درصد افزایش کمترین تأثیرپذیری را نسبت به شاهد (کشت خالص) نشان دادند. در توجیه این کاهش می‌توان 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 کانوپی تشکیل شده بود (شکل ۲). از جمله تبعات کاهش ضرب استهلاک نور را می‌توان به کاهش کارایی سایه‌انداز در دریافت تابش در سطوح بالای تراکم گیاه زراعی و علف هرز اشاره کرد. همچنین می‌توان از اختلاف در آرایش فضایی سایه‌انداز و توزیع عمودی سطح برگ رقم‌های مختلف که به وسیله ارزش ضرب



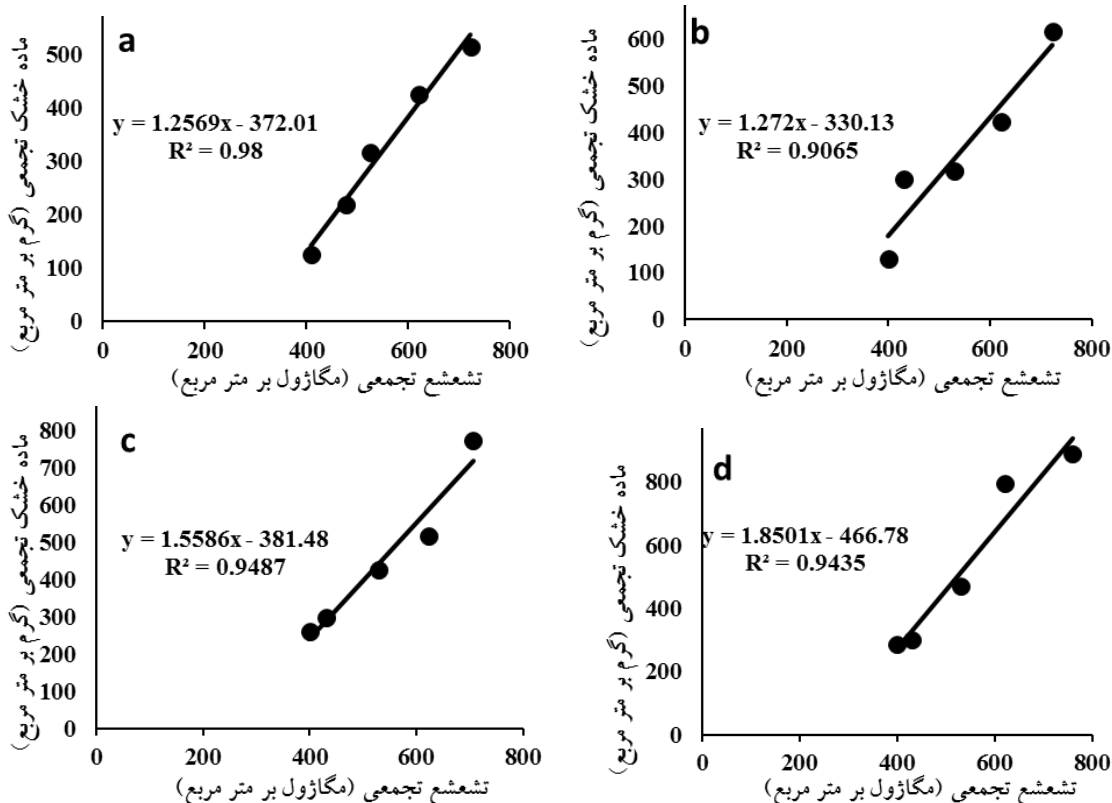
شکل ۲- پروفیل سطح برگ در حالت خالص (■) و رقابت با خردل وحشی (■) در ارقام (a) آرتا، (b) تاجن، (c) مغان و (d) مروارید

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 ژنوتیپ، 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 فتوسنتزی گیاه، این الگو را تحت تأثیر قرار می‌دهند. در این پژوهش میانگین این صفت در دو سال اجرای آزمایش در حداکثر تراکم خردل وحشی (۳۲ بوته در متر مربع) در ارقام مروارید، مغان، آرتا و تاجن به ترتیب معادل ۰/۴۸، ۰/۶۱، ۰/۹۵ 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 تبعیت کرد

بر مبنای تشعشع فعال فتوسنتزی در گندم بین ۰/۴۴ تا ۱/۳۳ تعیین شده است (Akmal and Janssens, 2004). آنها همچنین بیان داشتند مقدار ضریب استهلاک نور ممکن است از ۰/۳ تا ۱/۵ 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 سه‌کرنه 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 چهارکرنه مشاهده شد که در این گیاهان شاخص سطح برگ



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

فتوستتزی می‌باشند، پایین‌تر بود. نتایج مقایسه میانگین (جدول ۳) نشان داد که کارایی مصرف نور با افزایش تراکم خردل وحشی در ارقام مختلف متفاوت بود، به طوری که میانگین این صفت در حداکثر تراکم خردل وحشی (۳۲ بوته در مترمربع) برای دو سال زراعی در ارقام مروارید، مغان، آرتا و تجن به ترتیب معادل ۱/۸۵، ۱/۵۵، ۱/۲۳ و ۱/۲۱ گرم بر مگاژول برحسب تشعشع فعال فتوستتزی بود. طبق نتایج، با توجه به شرایط آزمایش، شیب 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، کارایی رقم مروارید نسبت به رقم تجن و آرتا در حدود ۳۵ درصد بیشتر بود.

بالتر بودن کارایی مصرف تابش در رقم مروارید، نشان دهنده کارایی بالاتر انتقال و ذخیره مواد فتوستتزی به اندام-

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

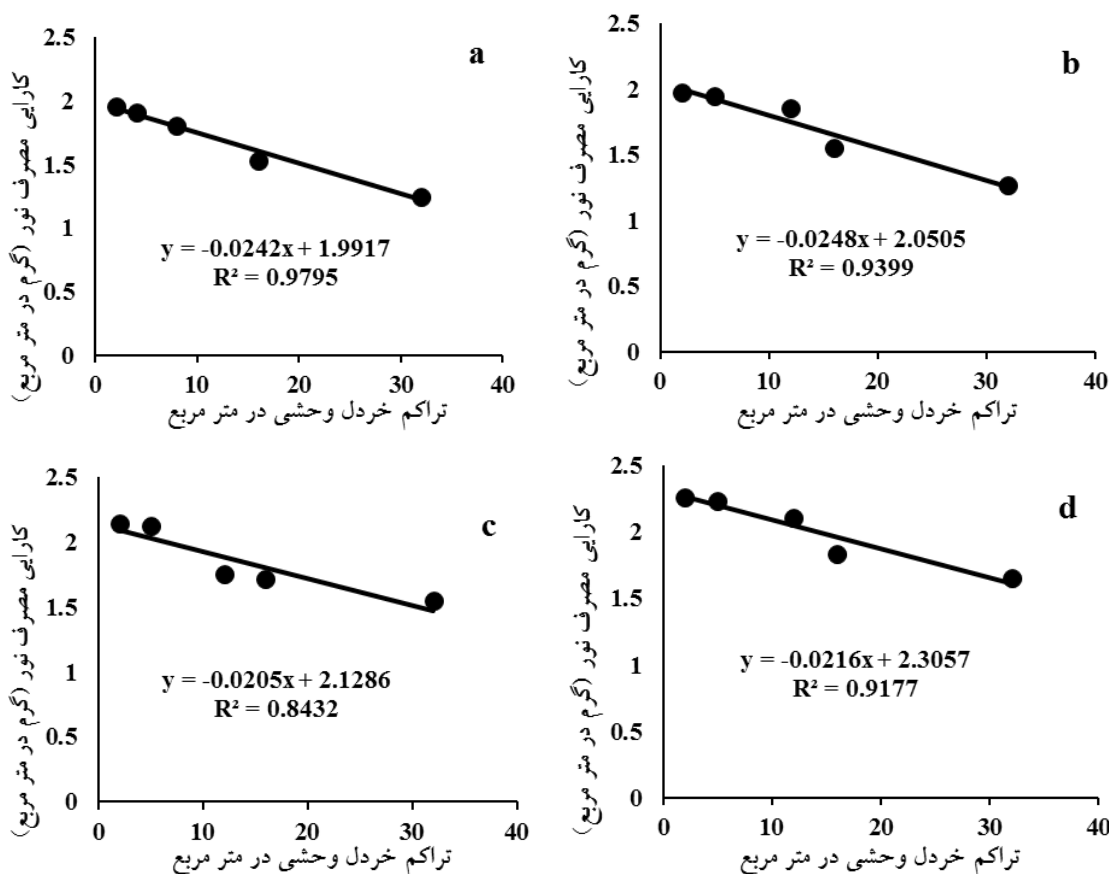
متوسط کارایی مصرف نور در این آزمایش ۲/۱ گرم بر مگاژول بود. مقدار کارایی مصرف نور محاسبه شده برای گندم در این تحقیق از مقادیر ۱/۸۱ (Muurinen and Peltonen-Sainio, 2006) و ۱/۴۶ (Kiniry et al., 2005) که بر اساس تشعشع فعال فتوستتزی می‌باشند، به طور معنی‌داری بالاتر است، اما از ۳/۳۶ (Lecoeur and Ney, 2003)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

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 گلدانی و همکاران (۱۳۸۸) در منطقه مشهد نشان داد ضریب خاموشی و کارایی 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 این رو 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 کارایی مصرف نور در تراکم‌های بالای گیاهی نقش دارند (Bonhomme, 2000). خوابیدگی بوته‌ها، تسریع پیری برگ‌های پائینی گیاه، محدودیت جذب نیتروژن از خاک و محدودیت آب و عناصر غذایی را از عوامل کاهش دهنده کارایی 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 جمعی و نهایتاً این امر موجب کاهش کارایی استفاده از نور در تمامی ارقام گردید (شکل ۱، ۳ و ۴). در مجموع در دو سال اجرای آزمایش، بالاترین میزان کارایی مصرف نور هم در حالت کشت خالص و هم در حالت حداکثر 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

توجه به نتایج به دست آمده در دو سال اجرای آزمایش مشخص گردید، افزایش تراکم خردل وحشی موجب کاهش ماده خشک جمعی در واحد سطح شده و این امر نهایتاً باعث کاهش کارایی 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 معنی‌دار، ولی اثر سال بر رقم و تراکم و بر همکنش بین آنها معنی‌داری 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 در لایه‌های بالای ۸۰ سانتی‌متری بدلیل 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 عمده سطح برگ در لایه ۲۰ تا ۶۰ سانتی‌متری و در گروه دوم که رقم مغان و مروارید در آن قرار دارند در لایه ۴۰ تا ۸۰ سانتی‌متری قرار می‌گیرد.

یکی از راه‌های افزایش کارایی 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

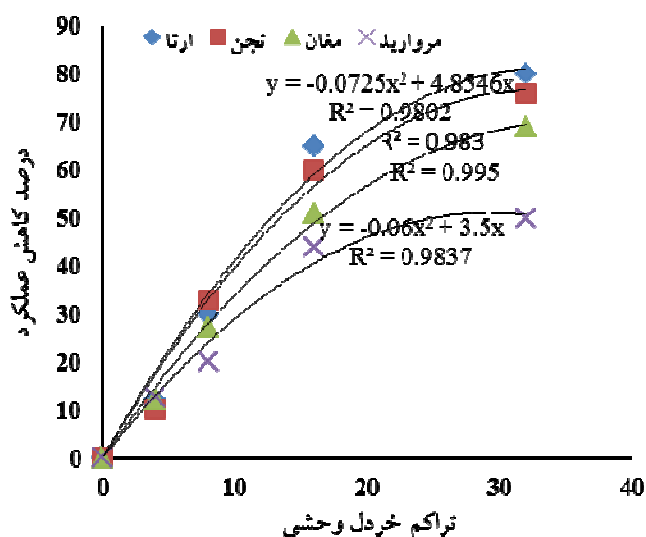


شکل ۴- رابطه کارایی مصرف نور با تراکم های مختلف خردل وحشی در ارقام (a) آرتا، (b) تاجن، (c) مغان و (d) مروارید

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

| میانگین مربعات | | | | درجه آزادی | منبع تغییرات |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|------------|-------------------|
| سطح برگ لایه سوم (۶۰-۸۰) | سطح برگ لایه دوم (۴۰-۶۰) | سطح برگ لایه اول (۲۰-۴۰) | سطح برگ لایه اول (۰-۲۰) | | |
| ۰/۰۰۰۹۳ ^{ns} | ۰/۰۰۸۱ ^{ns} | ۰/۰۰۰۱۵ ^{ns} | ۰/۰۰۰۱۱ ^{ns} | ۱ | سال |
| ۰/۰۰۰۹۷ ^{ns} | ۰/۰۰۰۷ ^{ns} | ۰/۰۱۷۲ ^{ns} | ۰/۰۰۰۲۱ ^{ns} | ۳ | تکرار (سال) |
| ۵/۵۴ ^{**} | ۴/۲۴ ^{**} | ۳/۵۴ ^{**} | ۰/۶۰۴ ^{**} | ۳ | رقم |
| ۷/۴۳ ^{**} | ۴/۳۷ ^{**} | ۱/۱۰۷ ^{**} | ۰/۱۹۷ ^{**} | ۴ | تراکم |
| ۰/۰۰۰۶۹ ^{ns} | ۰/۰۰۰۱ ^{ns} | ۰/۰۰۰۲۹ ^{ns} | ۰/۰۰۰۱۳ ^{ns} | ۳ | سال × رقم |
| ۰/۰۱۲۳ ^{ns} | ۰/۰۰۰۲ ^{ns} | ۰/۰۰۰۱ ^{ns} | ۰/۰۰۰۱ ^{ns} | ۴ | سال × تراکم |
| ۰/۰۸۶ ^{**} | ۰/۰۳۶ ^{**} | ۰/۱۴۶ ^{**} | ۰/۰۵۶ ^{**} | ۱۲ | رقم × تراکم |
| ۰/۰۰۰۶۹ | ۰/۰۰۰۲۴ | ۰/۰۰۰۱۸ | ۰/۰۰۰۴۵ | ۱۲ | سال × رقم × تراکم |
| ۰/۰۳۷۸ | ۰/۰۰۰۹۳۰ | ۰/۰۱۶۷ | ۰/۰۰۰۳۰ | ۲۷ | خطا آزمایشی |
| ۷/۱۵ | ۲/۳۷ | ۱۲/۲۵ | ۱/۳۷ | - | ضریب تغییرات |

^{ns}، * و ** 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 کانوپی 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 کانوپی 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 علف هرز و به تبع کاهش بیشتر نفوذ نور به داخل لایه‌های پایینی کانوپی، 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 کانوپی اختصاص می‌دهد (Beckie et al., 2008).

عملکرد دانه: نتایج تجزیه مرکب داده‌های دو ساله نشان داد که اثر رقم و تراکم و برهمکنش رقم و تراکم معنی‌دار، ولی اثر سال بر رقم و تراکم و برهمکنش 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 عکس‌العمل 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 کانوبی 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 کارایی 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 گونه ای عملکرد گیاه زراعی به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد (Zimdahl, 2004). گزارش شد که در LAI پایین، مقادیر 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 علف‌هرز 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. (۱۳۸۳) 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 امیرمردی، ش. (۱۳۸۸) ارزیابی جذب و کارایی مصرف نور
- کانوبی کشت مخلوط ذرت و لوبیا. مجله بوم‌شناسی کشاورزی ۱: ۲۳-۱۳.
- گلدانی، م.، کوچکی، ع.، نصیری محلاتی، م.، رضوانی مقدم، پ. و کافی، م. (۱۳۸۸) کارایی مصرف نور در هیبریدهای ذرت با گروه‌های مختلف رسیدگی در پاسخ به تراکم. مجله پژوهش‌های زراعی ایران ۷: ۶۰۴-۵۹۵.
- 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 Mashhadi, 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., Poorreze, 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 kaber*) 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 breed 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.
- Blackshaw, 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.
- Kemanaian, A. R., Stockle, C. O. and Huggins, D. R. (2004) Variability of barley ratiqation use efficiency. *Crop Science* 44:1662-1672.
- Kiniry, J. R., Mc Cauley, G., Xie, Y. and Armori, 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.
- Lecoecur, 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) Uber den lichtfaktor in den pflanzengesellschaften und seine bedeutung fur 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

