اثر تراکم گیاهی و کود نیتروژن بر جذب نور و عملکرد ماده خشک در گیاه شاهدانه (*Cannabis sativa* L.)

محمد رضا اصغری پور [۱]، محمد حسن راشد محصل [۲]، مجید رفیعی [۳]

چکیده

در این مطالعه اثرات تراکم گیاهی و کود نیتروژن بر جذب نور و زمان گلدهی در شاهدانه (*Cannabis sativa* L.) واریته کمپولتی در قالب طرح آزمایشی کرت‌های خرد شده که در آن مقادیر مختلف کود در کرت‌های اصلی و تراکم در کرت‌های فرعی قرار گرفته بودند، در ۳ تکرار اجرا شد. تراکم‌های ۵۰، ۱۵۰ و ۲۵۰ بوته در متر مربع در مشهد و ۳۰، ۹۰ و ۱۵۰ بوته در متر مربع در شیروان مورد استفاده قرار گرفت. کود نیتروژن در دو مقدار ۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار در مشهد و سه مقدار ۵۰، ۱۵۰ و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار درشیروان به شکل اوره و در دو مقدار مساوی قبل از کاشت و ۴۵ روز پس از کاشت به صورت سرک به زمین داده شد. نتایج نشان داد سرعت توسعهٔ کانوپی در هر دو منطقه با افزایش تراک گیاهی و کود نیتروژن افزایش یافت. جذب ۹۰٪ تشعشع در مشهد در تراکم‌های مختلف بین ۳۸۰ تا ۶۶۵ درجه روز و در شیروان بین۵۸۶ تا ۷۱۲ درجه روز از زمان سبز شدن حاصل شد. کود نیتروژن نیز تأثیر مشابهی داشت، به طوریکه با افزایش کود نیتروژن جذب نور افزایش یافت. حداکثر جذب نور در تمام تیمارها حدود ۹۵٪ بود. تاریخ گلدهی با افزایش تراکم گیاهی در هر دو مکان به تأخیر افتاد. تاریخ ۷۵٪ گلدهی در بوته‌های ماده در تراکم‌های ۵۰، ۱۵۰ و ۲۵۰ بوته در متر مربع در مشهد به ترتیب ۴، ۱۰، ۱۵ شهریور و در شیروان در تراکم‌های ۳۰، ۹۰ و ۱۵۰ گیاه در متر مربع به ترتیب ۱۵، ۲۰ و ۲۱ شهریور بود. در تمام تراکم‌ها و در تمام مقادیر نیتروژن جذب نور بوسیله کانوپی شاهدانه در ۱۵۰ درجه روز پس از گلدهی شروع به کاهش کرد و ۷۰۰ درجه روز پس از گلدهی در تراکم‌های مختلف به ۵۸ تا ۷۵ درجه روز رسید. خصوصیات مورفولوژیکی در هر دو منطقه با جنسیت گیاه، تراکم گیاهی و کود نیتروژن به طور معنی داری مرتبط بود. بیشترین عملکرد ساقه، برگ و گل آذین در مشهد در تراکم ۲۵۰ بوته و در شیروان در تراکم ۱۵۰ بوته در متر مربع زمانیکه در مشهد و شیروان به ترتیب ۲۰۰ و۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به کار رفت، به دست آمد. ماده خشک بالای سطح خاک در هر دو منطقه، با افزایش تراکم گیاهی و فراهمی نیتروژن افزایش یافت. این نتایج می‌تواند برای بررسی تأثیر دامنه وسیعی از تراکم‌های گیاهی و کود نیتروژن بر جذب نور و عملکرد شاهدانه در مکان‌های مختلف به کار رود.

واژه های کلیدی: شاهدانه، جذب نور، تراکم گیاهی، کود نیتروژن، گلدهی و پیری.

مقدمه

زمانیکه عوامل مربوط به خاک در حد مطلوب بوده و هیچگونه عامل کاهش دهنده محصول یا آلودگی هوا وجود نداشته باشد، تولید ماده خشک با مقدار نور جذب شده بوسیله کانوپی گیاهی متناسب است (۱۷). در اغلب نواحی ایران تشعشع ورودی در ماه‌های خرداد و تیر حداکثر است (۱). اما جذب تشعشع خورشیدی بوسیله محصولات کاشته شده در بهار به علت عدم استقرار کامل کانوپی در این زمان حداکثر نیست. استقرار سریع محصول، به علت نقشی که در افزایش جذب نور در طول فصل و همچنین کنترل مؤثر علف‌های هرز بوسیله محصول دارد با اهمیت است (۱۵). تراکم گیاهی و کود ازت دو عامل مهم در استقرار کانوپی

۱ و ۳ اعضاء هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیروان، ۲ عضو هیأت علمی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد (قطب علمی گیاهان زراعی ویژه).

گیاهان زراعی و در نتیجه جذب نور بوسیله جامعه گیاهی است (۱۲ و ۲۷).

رشد و نمو محصول می‌تواند با استفاده از زمان دمایی[1]، که درجه حرارت تجمعی بالای یک دمای مبنا است، با درجه حرارت مرتبط باشد. دمای مبنا درجه حرارتی است که پایین تر از آن فعالیت‌های حیاتی گیاه متوقف می‌شود. در گیاهان زراعی جذب نور بوسیله کانوپی از سبز شدن تا پوشش کامل زمین می‌تواند بوسیله یک تابع لجستیک بر حسب زمان دمایی توصیف شود (۲۰). مطالعات قبلی (۶ و ۲۴) این رهیافت را برای توصیف استقرار کانوپی شاهدانه کارآمد نشان داده اند. اما اثر تراکم‌های مختلف گیاهی و مقادیر مختلف کود نیتروژن بر روی این نتایج باید تأیید شود.

در نقطه ای پس از گلدهی، مقدار جذب نور بوسیله کانوپی شاهدانه در اثر پیری شروع به کاهش می‌کند (۲۴)، مرحله نموی آغاز پیری برای شاهدانه به خوبی روشن نشده است، و مشخص نیست که تراکم بوته و وضعیت نیتروژن خاک بر شروع مرحله رسیدگی و پیری و میزان کاهش جذب نور که به دنبال آن اتفاق می‌افتد چگونه تأثیری دارد. برخی منابع به این نکته اشاره کرده اند که مهمترین عوامل اثر گذار بر شروع زمان پیری، تراکم و کود نیتروژن است (۱۲ و ۲۷).

شاهدانه در گستره وسیعی از تراکم، بسته به هدف تولید و شرایط رشدی، کاشته می‌شود. برای تولید کنابینوییید[2] تراکم ۱۰ بوته در متر مربع ممکن است از نقطه نظر اقتصادی مطلوب باشد (۱۸)، برای تولید بذر تراکم ۳۰ بوته در متر مربع به کار می‌رود (۱۱ و ۲۳)، در حالیکه برای تولید الیاف ساقه تراکم‌های بین ۵۰ و ۷۵۰ بوته در متر مربع توصیه شده است (۷). مطالعات بر روی گیاهانی نظیر سویا (۵ و ۱۳)، کلزا (۴) و آفتابگردان (۱۰) نشان می‌دهد که با افزایش تراکم گیاهی کانوپی زودتر بسته می‌شود و زمان کمتری برای شروع تجمع خطی بیوماس لازم است. کارپنتر و بورد (۵) در آزمایشی که بر روی سویا انجام دادند ملاحظه کردند که تراکم‌های بالا منجر به کاهش کارآیی مصرف نور می‌شود. این محققین دلایل این کاهش را پیری برگ‌های تحتانی و محدودیت جذب نیتروژن در خاک ذکر کرده اند. بهشتی (۲) در آزمایشی که بر روی ارقام هیبرید ذرت انجام داد ملاحظه کرد که دریافت تشعشع فعال فتوسنتزی (PAR) توسط کانوپی در طول فصل رشد از طریق بهبود توزیع آن در میان برگ‌ها با تغییر در ساختار کانوپی، به همراه بهبود کارآیی جذب از جمله عواملی هستند که در افزایش میزان فتوسنتز و تولید ماده خشک نقش بسزایی دارند و فقدان نور کافی دریافت شده توسط برگ‌ها دلیل اصلی پیری آن هاست. تراکم مطلوب می‌تواند از طریق تأثیر بر میزان تشعشع دریافت شده توسط برگ‌ها پیری آن‌ها را به تأخیر اندازد.

بر اساس منابع، اثر کود ازت بر عملکرد دانه و الیاف شاهدانه نسبت به اثر فسفر و پتاسیم بیشتر است. در هلند، لهستان و ایتالیا مقادیر کود بین ۱۵۰ و ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد ماده خشک را موجب شد، در حالیکه بیشترین عملکرد الیاف در میزان ازت بین ۵۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار حاصل می‌شود (۱۲). در تراکم‌های بالا نیتروژن در سطح برگ بیشتری توزیع می‌شود که کاهش نیتروژن ویژه برگ را به دنبال دارد و کاهش محتوای نیتروژن ویژه برگ می‌تواند کارآیی مصرف نور را کاهش دهد (۴). در این مطالعه اثر تراکم گیاهی و کود نیتروژن بر جذب نور، ارتفاع گیاه و عملکرد ماده خشک در گیاه شاهدانه بررسی شده است.

1-Thermal time
2 -Cannabinoid

مواد و روش ها

این مطالعه در دو منطقه مشهد و شیروان به طور همزمان اجرا شد. آزمایش اول در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در طرق (عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی؛ ارتفاع از سطح دریا ۹۸۵ متر) و آزمایش دوم در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیروان واقع در ۵ کیلومتری شیروان (عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۹ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۸ درجه و ۷ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۱۳۱ متر از سطح دریا) اجرا گردید. اطلاعات هواشناسی مورد نیاز از ایستگاه هواشناسی طرق و ایستگاه هواشناسی مرکز تحقیقات دیم شیروان گرفته شد. درجه حرارت میانگین هوا به شکل میانگین روزانه حداقل و حداکثر درجه حرارت‌های هوا محاسبه شد. زمان دمایی روزانه با استفاده از معادلهٔ ۱ محاسبه گردید:

$$t = \{(T_a - T_b)\} \qquad (۱)$$

که T_a میانگین درجه حرات هوا و T_b درجه حرارت مبنا است. برای دوره بین کاشت و سبز شدن از T_b صفر درجه سانتیگراد و برای دوره پس از آن تا انتهای رشد از T_b، $۲^{o}c$ استفاده گردید. تحقیقات محققین این درجات حرارت مبنا را مناسبترین برای این گیاه نشان داده است (۲۳). در شرایطی که T_a از T_b بزرگتر باشد دمای روزانه صفر منظور می‌شود.

تیمارهای آزمایش شامل دو مقدار کود ازت (۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) در مشهد و سه مقدار کود ازت (۵۰، ۱۵۰ و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار) در شیروان می‌باشد. شاهدانه در مشهد با تراکم‌های ۵۰، ۱۵۰ و ۲۵۰ بوته در متر مربع و در شیروان در تراکم‌های ۳۰، ۹۰ و ۱۵۰ بوته در متر مربع کاشته شد.

کشت در مشهد و شیروان به ترتیب در تاریخ‌های ۱۵ و ۲۳ اردیبهشت ۱۳۸۳ و در عمق ۳ تا۴ سانتی متری (۲۳) انجام شد. کود ازت به شکل اوره در دو مقدار مساوی قبل از کاشت و ۴۵ روز پس از کاشت به صورت سرک به زمین داده شد. طرح آزمایشی مورد استفاده کرتهای خرد شده با سه تکرار بود که مقادیر مختلف کود به عنوان فاکتور اصلی و تراکم گیاهی به عنوان فاکتور فرعی منظور شد. بذور قبل از کاشت با قارچ کش (تیرام،۳ گرم در هر کیلوگرم بذر) تیمار شدند.

کاشت به روش جوی و پشته ای در کرت‌هایی به ابعاد ۶ متر در ۴ متر بر روی ردیف هایی به عرض ۵۰ سانتیمتر انجام شد. برای تراکم‌های ۱۵۰ گیاه در متر مربع و بیشتر بذور به صورت دو خط بر روی هر پشته کاشته شدند. در هر کرت ۰/۵ متر از جوانب به عنوان اثر حاشیه ای حذف شد و از ۱۸ متر باقیمانده ۶ متر مربع جهت عملکرد ماده خشک و ساقه و وزن برگ و گل آذین، همچنین اندازه گیری ارتفاع و قطر قاعده ساقه و ۹ متر دیگر جهت نمونه برداری تخریبی و اندازه گیری تشعشع مورد استفاده قرار گرفت.

اندازه‌گیری تشعشع فعال فتوسنتزی (طول موج‌های بین ۴۰۰ تا ۷۰۰ میکرون) با فواصل یک هفته‌ای در بالا و پایین کانوپی انجام شد. در هر تاریخ ۳ اندازه گیری در هر کرت با استفاده از یک تشعشع سنج لوله ای و بین ساعت ۱۱ تا ۱۳ انجام گرفت (۲۳).

برای هر کرت بخشی از نور که بوسیله محصول جذب می‌شود با معادلهٔ ۲ محاسبه شد:

$$Q_I = (P_0 - P_T) / P_0 \qquad (۲)$$

که در آن P_0 و P_T به ترتیب تشعشع فعال فتوسنتزی[1] اندازه گیری شده در بالا و پایین کانوپی می‌باشند.

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزارهایMSTAT-C و SAS و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن انجام شد.

[1] -Photosynthetically Active Radiation

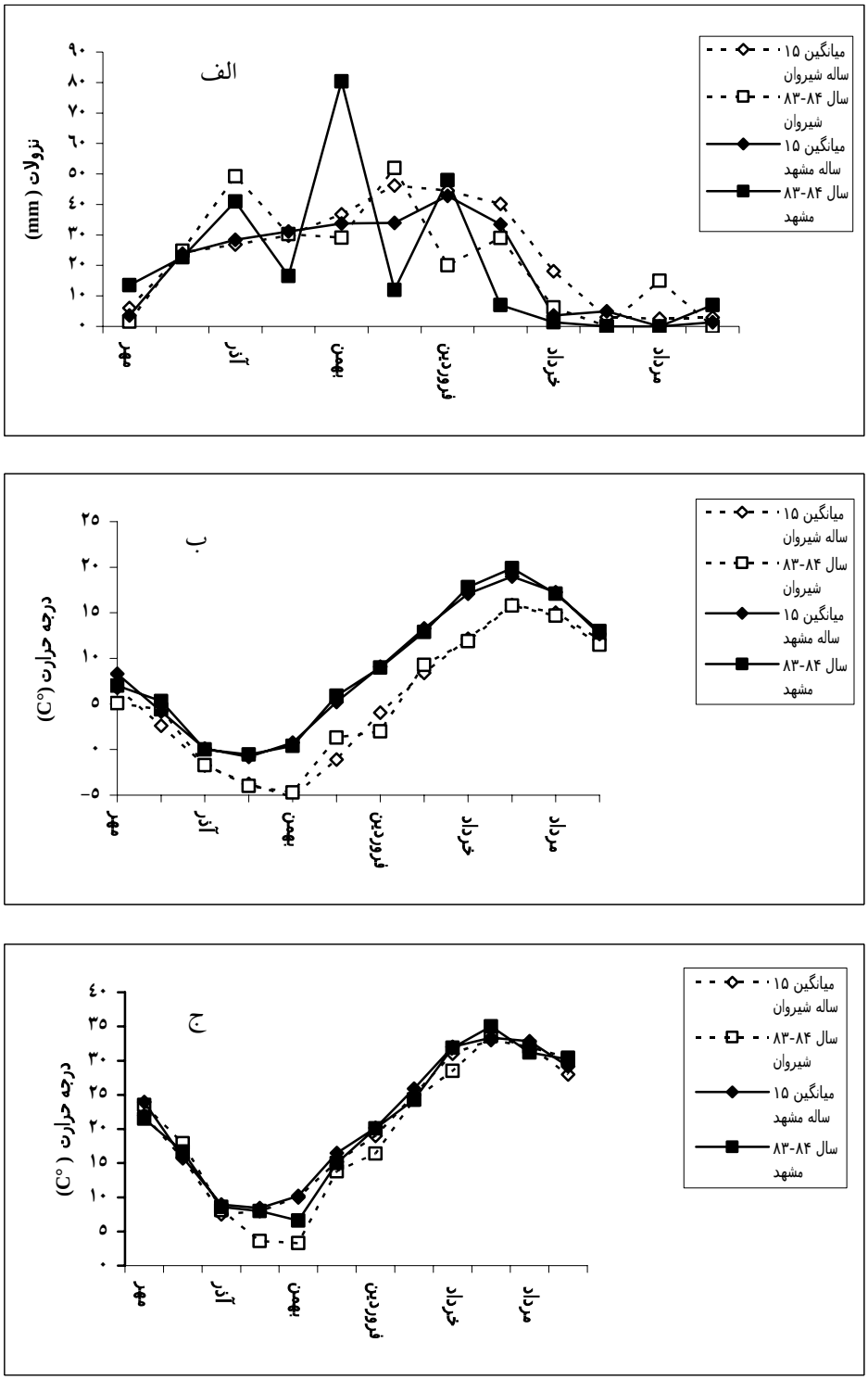
نتایج و بحث

عواملی نظیر شرایط آب و هوایی (شکل ۱)، خصوصیات خاک و طول دوره رشد که می‌توانند بر رشد گیاه و در نتیجه جذب نور مؤثر باشند، بین دو شهر مشهد و شیروان تا اندازه زیادی تفاوت داشت. بنابراین مقایسه نتایج به دست آمده در مشهد با شیروان مشکل می‌باشد. با این حال این اطلاعات می‌تواند برای تعیین اثرات تراکم و کود نیتروژن در دو منطقه بر روی جذب نور و زمان آغاز پیری، همینطور عملکرد ماده خشک و خصوصیات مورفولوژیک گیاه شاهدانه سودمند باشد.

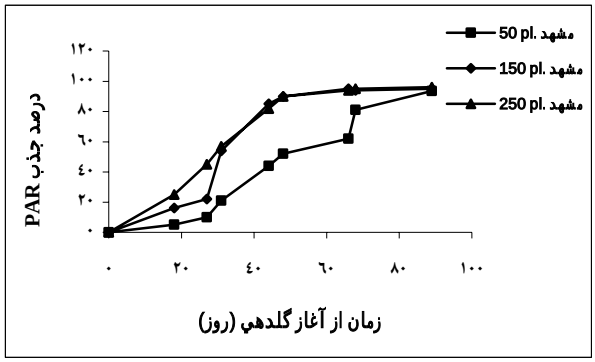
تراکم گیاهی

جذب نور - زمان دمایی (بر اساس درجه حرارت مبنا صفر درجه سانتیگراد) بین کاشت و سبز شدن در مشهد $۷۲/۱^{\circ}C d^{-1}$ و در شیروان $۸۱/۰^{\circ}C\ d^{-1}$ بود. این نتایج با یافته‌های آزمایشات تاریخ کاشت (۲۵) و تراکم (۲۳) انجام شده که زمان دمایی بین کاشت تا سبز شدن را در دامنه بین $۶۸\ ^{\circ}C\ d^{-1}$ تا $۱۰۹^{\circ}C\ d^{-1}$ گزارش کرده بودند مطابقت دارد.

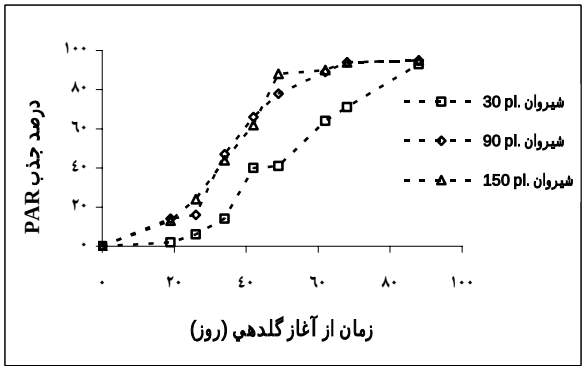
در هر دو مکان آزمایش تعداد روزهای مورد نیاز برای جذب ۹۰٪ تشعشع فعال فتوسنتزی (PAR) با افزایش تراکم گیاهی کاهش یافت (شکل های ۲ و ۳) تعداد روزهای مورد نیاز برای جذب ۹۰٪ تشعشع در مشهد از ۴۲ تا ۸۴ روز و در شیروان از ۴۹ تا ۸۸ روز بود. این زمان برای تراکم‌های ۲۵۰ و ۱۵۰ بوته در متر مربع در مشهد و ۱۵۰ و ۹۰ بوته در متر مربع در شیروان تا اندازه زیادی مشابه بود. اما برای تراکم‌های ۵۰ بوته در متر مربع در مشهد و ۳۰ بوته در متر مربع در شیروان جذب ۹۰٪ تشعشع حدود ۲۰ روز دیرتر اتفاق افتاد (شکل های۲ و ۳). به نظر می‌رسد گیاهان در تراکم‌های ۳۰ و ۵۰ بوته در متر مربع قادر به بهره برداری مؤثر از تشعشع خورشیدی تابیده شده به کانوپی نبودند. در حالیکه درصد جذب نور در بین سطوح دیگر تراکم تفاوت چندانی را نشان نداد. میزان جذب نور در مشهد بیشتر از شیروان و حداکثر میزان جذب نور در تراکم ۲۵۰ گیاه در متر مربع در مشهد حاصل شد (شکل های ۲ و ۳). این روند تغییرات به خوبی از روند تغییرات شاخص سطح برگ گیاهان پیروی می‌کند (۲۲ و ۲۳). حداکثر جذب نور در هر دو مکان ۹۵٪ بود و به تراکم گیاهی ارتباطی نداشت (داده‌ها نشان داده نشده است). لومیس و کنر (۱۴) در گیاه سویا پایین بودن تجمع ماده خشک در تراکم‌های پایین تر از حد مطلوب را به دلیل کاهش جذب نور در گیاه سویا ذکر کردند. ولز (۲۹) نیز رابطه خطی مثبتی بین افزایش تراکم گیاهی و جذب نور در گیاه سویا گزارش کرد.



شکل ۱- مجموع نزولات (الف)، درجه حرارت حداقل (ب) و حداکثر (ج) برای سال زراعی ۸۳-۸۴ و میانگین ۱۵ ساله در مشهد وشیروان.

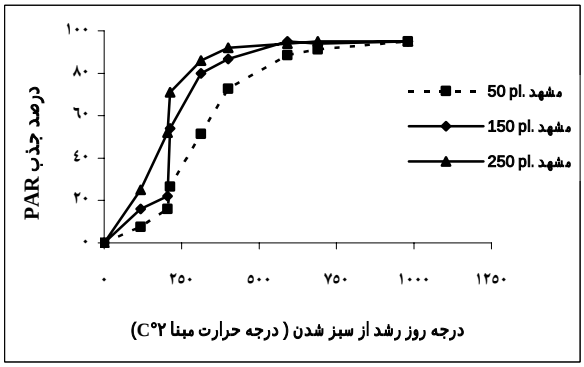


شکل ۲- درصد جذب PAR بوسیله کانوپی شاهدانه در روزهای پس از سبز شدن در تراکم‌های مختلف در مشهد

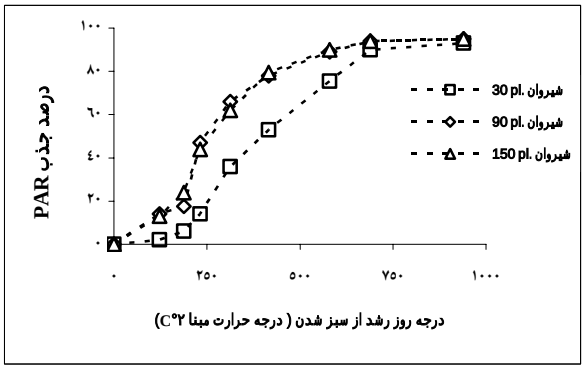


شکل ۳- درصد جذب PAR بوسیله کانوپی شاهدانه در روزهای پس از سبز شدن در تراکم‌های مختلف در شیروان

بیان استقرار کانوپی گیاهی از زمان سبز شدن به شکل تابعی از زمان دمایی میان تراکم‌های مختلف در دو منطقه مشهد و شیروان تفاوت زیادی را نشان داد. زمان دمایی (بر اساس درجه حرارت مبنای $2^{\circ}C$) مورد نیاز برای جذب ۹۰٪ تشعشعات فعال فتوسنتزی در مشهد از $381^{\circ}C\ d^{-1}$ تا $654^{\circ}C\ d^{-1}$ و در شیروان از $574\ ^{\circ}C\ d^{-1}$ تا $683\ ^{\circ}C\ d^{-1}$ بود (شکل های ۴ و ۵).



شکل ۴- درصد جذب PAR بوسیله کانوپی شاهدانه در زمان دمایی پس از سبز شدن (بر اساس درجه حرارت مبنای $^{\circ}C$ ۲) در تراکم‌های مختلف در مشهد



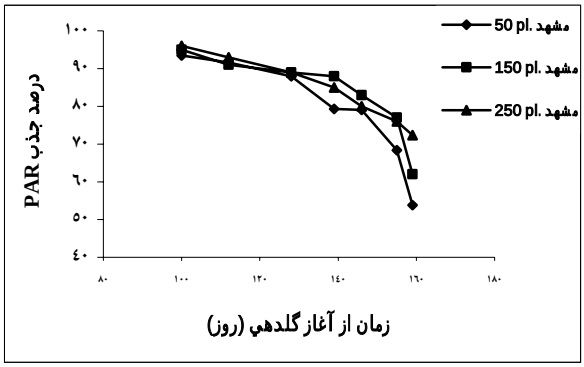
شکل ۵- درصد جذب PAR بوسیله کانوپی شاهدانه در زمان دمایی پس از سبز شدن (بر اساس درجه حرارت مبنای $^{\circ}C$ ۲) در تراکم‌های مختلف در شیروان

در هر دو مکان مطالعه، تاریخ گلدهی با افزایش تراکم گیاهی به تأخیر افتاد. تاریخ ۷۵٪ گلدهی در پایه‌های ماده به ترتیب در تراکم‌های ۵۰، ۱۵۰ و ۲۵۰ بوته در متر مربع در مشهد ۴، ۱۰ و ۱۵ شهریور و در تراکم‌های ۳۰، ۹۰ و ۱۵۰ بوته در متر مربع در شیروان به ترتیب ۱۵، ۲۰ و ۲۱ شهریور بود.

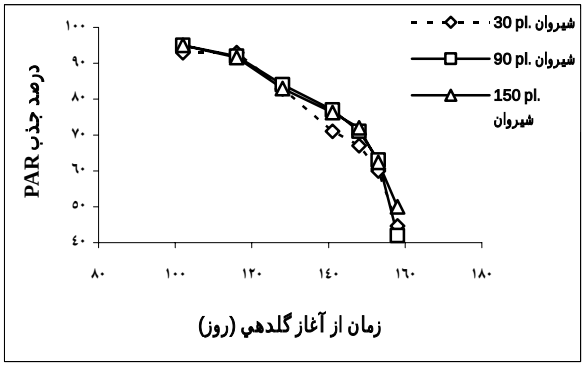
بررسی جذب نور پس از ۷۵٪ گلدهی در گیاهان ماده نشان داد که در هر دو منطقه مشهد و شیروان کاهش جذب نور به تراکم گیاهی بستگی دارد، یعنی با افزایش تراکم گیاهی جذب نور در کانوپی کاهش می‌یابد (شکل های ۶ و ۷). زمانیکه جذب نور در کانوپی به عنوان تابعی از زمان

دمایی بیان شد، اختلافات موجود در جذب نور بین تراکم‌های مختلف تا اندازه زیادی از بین رفت (شکل های ۸ و ۹). به نظر می‌رسد تأثیر تراکم گیاهی بر زمان آغاز پیری عمدتاً ناشی از اثر تراکم بر زمان آغاز گلدهی می‌باشد. در $400^{\circ}Cd^{-1}$ پس از گلدهی، جذب نور در تمام تیمارها (به استثنای ۵۰ بوته در متر مربع در شیروان) ۹۰٪ یا بیشتر بود، ولی پس از آن جذب نور کاهش یافت و در تقریباً $700^{\circ}Cd^{-1}$ پس از گلدهی به حدود ۷۰٪ رسید.

ارتفاع و قطر ساقه – تراکم‌های مختلف بر ارتفاع ساقه و قطر قاعده ساقه تأثیر داشتند ($P< ۰/۰۵$)، به طوریکه با افزایش تراکم و کود نیتروژن ارتفاع ساقه به تدریج افزایش و قطر قاعده ساقه به تدریج کاهش یافت (جدول ۲). میانگین ارتفاع ساقه در سه تراکم مورد بررسی در مشهد ۱۶۴/۹، ۱۷۲/۴ و ۱۸۵/۹ و در شیروان ۱۷۲/۸، ۱۵۳/۹ و ۱۵۶/۶ سانتی متر و قطر قاعده ساقه در سه تراکم در مشهد۷/۲، ۷/۸ و ۷/۸ و در شیروان ۷/۴، ۷/۴ و ۶ سانتی متر بود (جدول ۱). ارتفاع ساقه در هر دو منطقه در این مطالعه نسبت به مقادیر گزارش شده در آزمایشات اجرا شده در نواحی مختلف اروپا که ارتفاع گیاهی را در دامنه بین ۱۷۹ تا ۲۱۰ سانتی مترگزارش کرده بودند، کمتر بود (۳، ۲۳ و ۲۶). البته به علت اینکه ساقه‌ها از ۵ سانتیمتری سطح خاک قطع شدند، ارتفاع گیاهان ۵ سانتیمتر بیشتر از این مقادیر بود.



شکل ۶– درصد جذب PAR بوسیله کانوپی شاهدانه در روزهای پس از ۷۵٪ گلدهی در گیاهان ماده در تراکم‌های مختلف در مشهد



شکل ۷– درصد جذب PAR بوسیله کانوپی شاهدانه در روزهای پس از ۷۵٪ گلدهی در گیاهان ماده در تراکم‌های مختلف در شیروان

خصوصیات مورفولوژیک مورد بررسی شامل ارتفاع و قطر قاعده ساقه میان پایه‌های نر و ماده به طور معنی داری متفاوت بود ($P< ۰/۰۵$). ارتفاع ساقه در پایه‌های نر و قطر قاعده ساقه در پایه‌های ماده بیشتر بود (داده‌ها نشان داده نشده است).

عملکرد ساقه و وزن برگ و گل آذین – اختلافات میان تیمارهای مختلف تراکم و مقادیر کود معنی دار بود. به طور کلی وزن ساقه و برگ و گل آذین با افزایش تراکم و کود نیتروژن به تدریج افزایش یافت (جدول ۱).

جدول ۱- میانگین ارتفاع ساقه، عملکرد ساقه، برگ و گل آذین و عملکرد کل ماده خشک بالای سطح خاک در تراکم‌های مختلف

	مشهد				شیروان			
تراکم (بوته در متر مربع)	۵۰	۱۵۰	۲۵۰	میانگین	۳۰	۹۰	۱۵۰	میانگین
ارتفاع ساقه (cm)	a۱۶۴/۹	a۱۷۲/۴	a۱۸۵/۹	۱۷۴/۴	۱۷۲/۸a	۱۵۳/۹b	۱۵۶/۶b	۱۶۱/۱
قطر قاعده ساقه (cm)	b۷/۲	a۷/۸	a۷/۸	۷/۶	۷/۴a	۷/۴a	۶/۰b	۶/۸
عملکرد ساقه (ton. ha^{-1})	b۹/۱	a۱۱/۴	a۱۲/۲	۱۰/۹	۷/۵c	۹/۳b	۱۰/۵a	۹/۱
عملکرد برگ و گل آذین (ton. ha^{-1})	b۲/۷	a۳/۱	a۳/۲	۳/۰	۲/۲c	۲/۵b	۲/۹a	۲/۵
عملکرد کل ماده خشک (ton. ha^{-1})	۱۱/۸b	۱۴/۵a	۱۵/۴a	۱۳/۹	۹/۶c	۱۱/۸b	۱۳/۴a	۱۱/۶

* در هر ردیف و برای هر شهر، میانگین های دارای حروف مشترک اختلاف معنی داری ندارند ($P<0.05$)

جدول ۱- میانگین ارتفاع ساقه، عملکرد ساقه، برگ و گل آذین و عملکرد کل ماده خشک بالای سطح خاک در مقادیر مختلف کود نیتروژن

	مشهد				شیروان			
کود نیتروژن kg ha^{-1}	۵۰	۲۰۰	میانگین	۵۰	۱۵۰	۲۵۰	میانگین
ارتفاع ساقه (cm)	b۱۵۹/۴	a۱۸۹/۴	۱۷۴/۴	۱۴۶/۵b	۱۵۹/۶ab	۱۷۷/۲a	۱۶۱/۱
قطر قاعده ساقه (cm)	a۷/۲	a۸/۰	۷/۶	۶/۷ab	۷/۱a	۶/۶b	۶/۸
عملکرد ساقه (ton. ha^{-1})	b۹/۹	a۱۱/۹	۱۰/۹	۷/۵b	۹/۵a	۱۰/۳a	۹/۱
عملکرد برگ و گل آذین (ton. ha^{-1})	b۲/۸	a۳/۲	۳/۰	۲/۱c	۲/۵b	۲/۹a	۲/۵
عملکرد کل ماده خشک (ton. ha^{-1})	۱۲/۷b	۱۵/۱a	۱۳/۹	۹/۶c	۱۲/۰b	۱۳/۲a	۱۱/۶

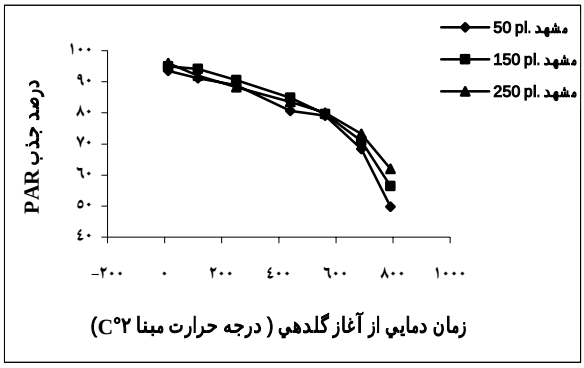
* در هر ردیف و برای هر شهر، میانگین های دارای حروف مشترک اختلاف معنی داری ندارند ($P<0.05$)

عملکرد ساقه صفت مهمی برای به دست آوردن عملکرد بالای الیاف است. میانگین عملکرد ساقه در پایه‌های نر، ماده و مجموع گیاهان در این بررسی به ترتیب ۴/۱ و ۵ و ۹/۱ تن در هکتار بود (جدول ۱). عملکرد ساقه در این مطالعه در مقایسه با سایر مطالعات صورت گرفته روی رقم کمپولتی کمتر بود. به عنوان مثال میدیاویلا و همکاران (۱۶) در

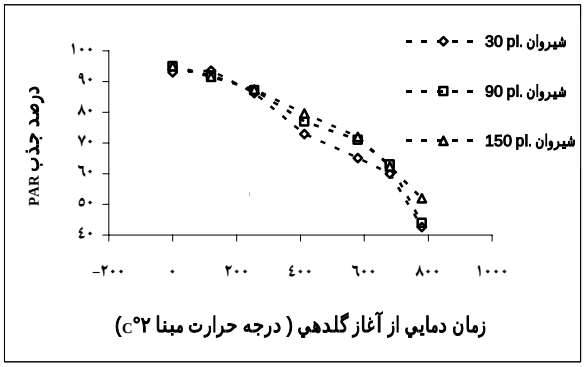
سوئیس عملکرد ساقه را در برداشت‌های مختلف بین ۱۱۷۰۰ تا ۱۴۶۰۰ کیلوگرم در هکتار گزارش کردند. احتمالاً یکی از دلایل کمتر بودن عملکرد ساقه نسبت به سایر مطالعات به علت کوتاه بودن ارتفاع گیاهان در این مطالعه بود که به شرایط آب و هوایی مشهد و شیروان مربوط می‌شود. میانگین عملکرد ساقه و برگ و گل آذین میان پایه‌های نر و ماده تفاوت معنی داری را نشان داد (داده‌ها نشان داده نشده است).

عملکرد ماده خشک کل - سهم پایه‌های ماده در عملکرد ماده خشک کل بالای سطح خاک بیشتر از پایه‌های نر بود (۵۵/۵٪ وزن پایه‌های ماده به ۴۵/۵٪ وزن پایه‌های نر). ماده خشک کل بالای سطح خاک بیشتر در پایه‌های ماده نسبت به پایه‌های نر نه به علت تعداد بیشتر این بوته‌ها بلکه به علت وزن بیشتر بوته‌های ماده بود (داده‌ها نشان داده نشده است).

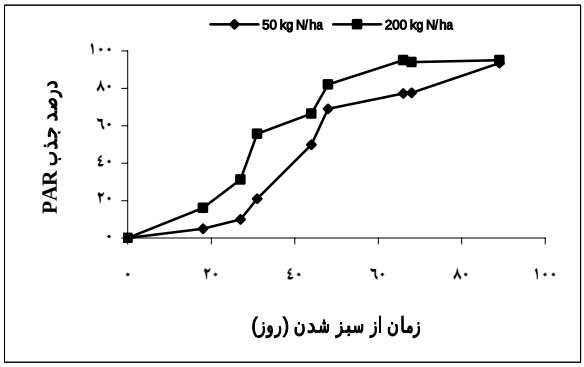
اثر تراکم گیاهی بر عملکرد محصول در هر دو منطقه معنی دار بود و تمام تیمارها به استثنای تراکم ۱۵۰ و ۲۵۰ بوته در مشهد با هم اختلاف معنی دار داشتند. تنها عملکرد ماده خشک بالای سطح خاک در کمترین تراکم به لحاظ آماری با دو تراکم دیگر تفاوت داشت. با این وجود استرایک و همکاران (۲۱) نیز اثر ناچیز تراکم را بر عملکرد ساقه و عملکرد بالای سطح خاک در دامنه وسیعی از تراکم گزارش کردند. در آزمایش مذکور تنها اثر تراکم تنها در تراکم‌های بسیار بالا یا تراکم‌های بسیار پایین معنی دار بود. در زراعت شاهدانه تراکم ابزار مهمی برای به دست آوردن کیفیت مناسب الیاف است (۲۵ و۲۶). زارعین شاهدانه می‌بایست برای افزایش سهم پوسته نسبت به قسمت‌های مرکزی از طریق افزایش تراکم، نسبت سطح به حجم گیاهان را افزایش دهند. کیفیت الیاف در پوسته (عمدتاً الیاف اولیه و مقداری الیاف ثانویه) نسبت به کیفیت الیاف قسمت‌های مرکزی (عمدتاً الیاف ثانویه با کیفیت پایین) بالاتر است (۲۳). لذا تولید الیاف با کیفیت که مهمترین هدف از تولید شاهدانه است در تراکم‌های بالا حاصل می‌شود.



شکل ۸- درصد جذب PAR بوسیله کانوپی شاهدانه در زمان دمایی پس از ۷۵٪ گلدهی در گیاهان ماده در تراکم‌های مختلف در مشهد



شکل ۹- درصد جذب PAR بوسیله کانوپی شاهدانه در زمان دمایی پس از ۷۵٪ گلدهی در گیاهان ماده در تراکم‌های مختلف در شیروان

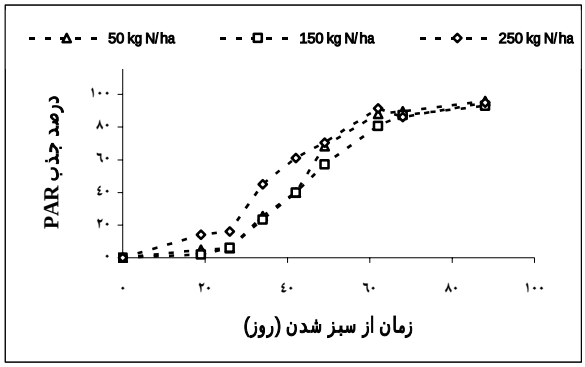


شکل ۱۰- جذب PAR بوسیله کانوپی شاهدانه در روزهای پس از سبز شدن به ازای مقادیر مختلف نیتروژن در مشهد

کود نیتروژن

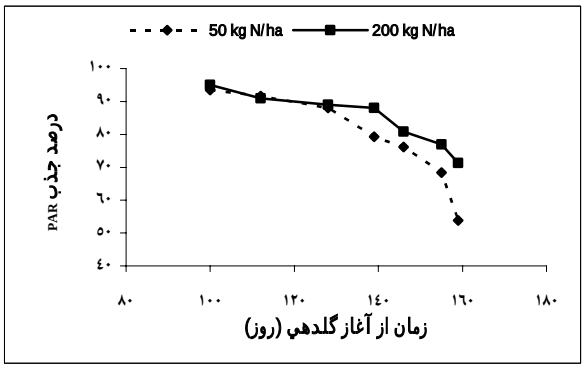
جذب نور – شکل های ۱۰ و ۱۱ به ترتیب روند کسر نور جذب شده در طی فصل رشد و در سطوح مختلف نیتروژن در دو منطقه مشهد و شیروان را نشان می‌دهند. گیاهان در مقادیر بیشتر نیتروژن سرعت گسترش سطح برگ بیشتری در اوایل فصل داشته و کانوپی خود را زودتر بستند. بالاتر بودن درصد جذب تشعشع در تراکم‌های زیاد در اوایل و اواسط فصل به دلیل سطح برگ بیشتر آن‌ها در این زمان‌ها می‌باشد.

استفاده از درجه روز برای بیان طول دوره رشد گیاه نیز روند مشابهی را نشان داد (اطلاعات نشان داده نشده است). یعنی مقادیر بیشتر نیتروژن به سبب پوشش سریع تر کانوپی و به حداکثر رسیدن زود هنگام دریافت نور است.

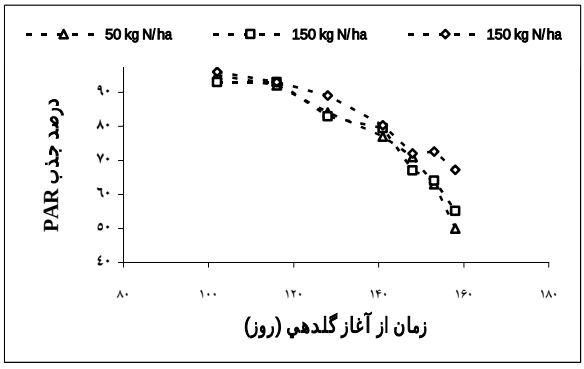


شکل ۱۱– جذب PAR بوسیله کانوپی شاهدانه در روزهای پس از سبز شدن به ازای مقادیر مختلف نیتروژن در شیروان

با زیاد شدن مقدار نیتروژن، جذب نور در دوره زمانی طولانی تری در مقادیر بالا حفظ شد (شکل های ۱۲ و ۱۳). در مقادیر کم نیتروژن پس از گلدهی به علت انتقال مواد غذایی به بذور گیاه با کمبود عناصر غذایی، به خصوص نیتروژن در برگ‌ها مواجه می‌شود، و این منجر به زرد شدن و ریزش برگ‌ها و در نتیجه کاهش جذب نور می‌شود. از این رو به نظر می‌رسد وجود نیتروژن طی دوره رشد گیاه موجب افزایش دوام سطح برگ و در نتیجه افزایش جذب نور بوسیله کانوپی گیاهی می‌شود (۱۴).



شکل ۱۲– جذب PAR بوسیله کانوپی شاهدانه در روزهای پس از گلدهی به ازای مقادیر مختلف نیتروژن در مشهد



شکل ۱۳– جذب PAR بوسیله کانوپی شاهدانه در روزهای پس از گلدهی به ازای مقادیر مختلف نیتروژن در شیروان

اشمیت و ادوارد (۱۹) با انجام آزمایشی بر روی دو رقم گندم در اتاقک رشد، خاطر نشان کردند که کمبود ازت موجب تسریع در پیر شدن اندام‌های رویشی به ویژه برگ به عنوان اندام فتوسنتز کننده می‌شود. لذا کمبود نیتروژن جذب نور بوسیله کانوپی را کاهش می‌دهد. وس و همکاران (۲۸) نشان دادند که کود نیتروژن سبب افزایش

ارتفاع گیاه، تعداد برگ و شاخص سطح برگ و جذب نور در گیاه ذرت می‌شود. در تحقیقی دیگر اکمل و جنسن (۳) نیز کاهش جذب نور را به کاهش مقدار کود ازت در گیاه علف چاودار گزارش کردند. نتیجه این آزمایش بوسیله تحقیقات فریرا و آبرئو در گیاه آفتابگردان تأیید شد (۹).

ارتفاع و قطر ساقه - مقادیر کود نیتروژن بر ارتفاع و قطر قاعده ساقه تأثیر داشتند، به طوریکه با افزایش تراکم و کود نیتروژن ارتفاع ساقه به تدریج افزایش و قطر قاعده ساقه به تدریج کاهش یافت (جدول ۲). میانگین ارتفاع ساقه در دو مقدار کودی ۵۰ و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار در مشهد به ترتیب ۱۵۹/۴ و ۱۸۹/۴ سانتی متر و در سه مقدار کودی ۵۰، ۱۵۰ و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار در شیروان به ترتیب ۱۴۶/۵، ۱۵۹/۶ و ۱۷۷/۲ سانتی متر بود. همچنین قطر قاعده ساقه در تیمارهای کودی در مشهد ۷/۲و ۸/۰ سانتی متر و در شیروان ۶/۷، ۷/۱ و ۶/۶ سانتی متر بود. افزایش ارتفاع گیاه با افزایش فراهمی نیتروژن قابل انتظار بود، چرا که نیتروژن به طورکلی موجب تحریک رشد رویشی و بنابراین افزایش ارتفاع گیاه می‌شود (۸). قطر قاعده ساقه با ا فزایش فراهمی نیتروژن کاهش یافت. کاهش قطر ساقه در مقادیر بالاتر نیتروژن حاکی از باریک شدن ساقه و کاهش تعداد شاخه‌های فرعی متناسب با افزایش ارتفاع گیاهی در گیاه شاهدانه است.

عملکرد ساقه و وزن برگ و گل آذین - اختلافات عملکرد ساقه و وزن برگ و گل آذین در میان تیمارهای مختلف کودی معنی‌دار بود. به طور کلی وزن ساقه و برگ و گل آذین با افزایش کود نیتروژن به تدریج افزایش یافت (جدول ۲). افزایش وزن ساقه و برگ و گل آذین را می‌توان به بهبود شرایط تغذیه ای و رشد گیاه در مقادیر بالای نیتروژن نسبت داد، که سبب افزایش رشد اندام‌های گردیده است.

عملکرد ماده خشک کل- تأثیر تیمارهای کود نیتروژن بر عملکرد ماده خشک کل روندی مشابه با وزن ساقه داشت (جدول ۲). افزایش عملکرد ماده خشک به بهبود وضعیت نیتروژن خاک به دنبال کاربرد مقادیر بالای کود نسبت داده شد. اثر منفی کود نیتروژن بر تعداد گیاهان در واحد سطح در زمان برداشت نتوانست اثر مثبت کود نیتروژن بر وزن گیاهان را جبران کند و ترکیب اثرات کود نیتروژن بر وزن بوته‌ها و تعداد نهایی گیاهان منجر به افزایش قابل ملاحظه عملکرد ماده خشک و عملکرد ساقه با افزایش فراهمی نیتروژن شد (جدول ۲). همچنین اثرات متقابل بین کود نیتروژن و تراکم بر عملکرد ماده خشک بالای سطح خاک معنی دار نشد (داده‌ها نشان داده نشده است).

منابع

۱- خلیلی، ع.، و ح. رضایی صدر. ۱۳۷۶. برآورد تابش کلی تابش خورشید در گستره ایران بر مبنای داده‌های اقلیمی. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. ۸۴: ۱۵-۳۵.

۲- بهشتی، س. ع. ۱۳۸۱. اثرات تغییرات ساختار کانوپی بر جنبه‌های اکوفیزیولوژیکی ارقام هیبرید ذرت در ارتباط با کارآیی مصرف تشعشع و جذب نیتروژن. رسالهٔ دکتری زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

3- Akmal, M., and M. J. J. Janssens. 2004. Productivity and light use efficiency of perennial ryegrass with contrasting water and nitrogen supply. Field Crops Research. 88: 143-155.

4- Andersen, M. N., T. Heidmann, and F. Plauborg. 1996. The effects of drought and nitrogen on light interception, growth and yield of winter oilseed rape. Acta Agricultural Scandinavian. 46:

55-67.

5- Carpenter, A. C., and J. E. Board. 1997. Growth dynamic factors controlling soybean yield stabling across plant population. Crop Science. 37: 1520- 1526.
6- De Meijer, E. P. M. 1995. Fiber hemp (*Cannabis sativa* L.) cultivation: A survey of origin, ancestry, availability, and brief agronomic characteristics. Journal of the International Hemp Association. 2: 66-76.
7- Dempsey, J. M. 1975. Hemp. In: Van der Werf, H. M. G. (Ed.). Fibre Crops. University of Florida Press, Gainesville, Florida, USA.
8- Farnham, D. E. 2001. Row spacing, plant density, and nitrogen effect on corn grain yield and moisture. Agronomy Journal. 93: 1049- 1053.
9- Ferreira, A. M., and F. G. Abreu. 2001. Description of development, light interception and growth of sunflower at two sowing date and two densities. Mathematics and Computers in Simulation. 56: 369-384.
10- Guillermo, A. A. D., A. N. A. Luis, F. H. Andrede, and V. I. Pereyra. 2000. Solar radiation intercepted during seed filling and oil production in the sunflower hybrids. Crop Science. 40: 1637- 1644.
11- Hennik, S., E. P. M. de Meijer, and H. M. G, Van der Werf, 1994. Fibre hemp at the Ukraine, In E. Rosenthal. (eds.) Hemp Today. Quick American Publishing Company, San Francisco, USA.
12- Ivonyi, I., Z. Izsoki, and H. M. G. Van der Werf. 1997. Influence of nitrogen supply and P and K levels of the soil on dry matter and nutrient accumulation of fiber hemp (*Cannabis sativa* L.). Journal of the International Hemp Association. 4: 82-87.
13- James, E. R. 2004. Soybean difference on light interception and leaf area index during seed filling. Agronomy Journal. 96: 305- 310.
14- Loomise, R. S., and D. J. Connor. 1992. Community concepts in crop ecology, Productivity and Management in Agriculture Encyclopedia of Horticulture. Vol. 8, Garland Publishing Inc. New York and London.
15- Lotz L, A. R. M. W. Groeneveld, and H. B. Van Oene. 1991. Reduction of growth and reproduction of *Cyperus esculentus* by specific crops. Weed Research. 31: 153-160.
16- Mediavilla, V., P. Basseti, and M. Leupin. 1999. Agronomic characteristics of some hemp genotypes. Journal of the International Hemp Association. 6: 45-53.
17- Monteith, J. L. 1977. Climate and the efficiency of crop production in Britain. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. 281: 277-294.
18- Rosenthal, E. 1987. Marijuana Growers Handbook. Quick American Publishing Company, San Francisco, USA.
19- Schmitt, M. R., and G. E. Edwards. 1981. Photosynthetic capacity and nitrogen use efficiency in maize, wheat and rice: A comparative between C_3 and C_4 photosynthesis. Journal of Experimental Botany. 32: 459-466.
20- Spitters, C. J. T. 1990. Crop growth models, their usefulness and limitations. Acta

Horticulture. 267: 349-368.

21- Struik, P. C., S. Amaducci, M. J. Bullard, N. C. Stutterheim, G. Venturi, and H. T. H. Cromack. 2000. Agronomy of fibre hemp in Europe. Industrial Crops and Products. 11: 107-118.

22- Van der Werf, H. M. G. 1997. The effect of plant density on light interception in hemp (*Cannabis sativa* L.). Journal of the International Hemp Association. 4: 8-13.

23- Van der Werf, H. M. G., 1994. Fibre hemp in France. In: Rosenthal, E. (Ed.). Hemp Today. Quick American Publishing Company, San Francisco, USA.

24- Van der Werf, H. M. G., and M. D. S. Wijlhuizen. 1995. Plant density and self-thinning affect yield and quality of fiber hemp (*Cannabis sativa* L.). Field Crops Research. 40: 153-164.

25- Van der Werf, H. M. G., K. Brouwer, M. Wijlhuizen and J. C. M. Withagen. 1995. The effect of temperature on leaf appearance and canopy establishment in fiber hemp (*Cannabis sativa* L.). Annals of Applied Biology. 126: 551-561.

26- Van der Werf, H. M. G., W. C. A. Van Geel, and A.J.Haverkort. 1995. Nitrogen fertilization and row width affect self-thinning and productivity of fiber hemp *(Cannabis sativa* L.). Field Crops Research, 42: 27-37.

27- Van der Werf, H. M. G., W. C. A. Van Geel, and M. Wijlhuizen. 1995. Agronomic research on hemp *(Cannabis sativa L.)* in The Netherlands, 1987-1993. Journal of the International Hemp Association, 2: 14-17.

28- Vos. J., P. E. L. Van der Putten, and C. J. Birch. 2004. Effect of nitrogen supply on leaf appearance, leaf growth, leaf nitrogen economy and photosynthetic capacity in maize (*Zea mayz* L.). Field Crops Research.

29- Weels, R. 1991. Soybean growth response to plant density: relationships among canopy photosynthesis, leaf area and interception. Crop Science. 31: 755-761.

The effect of plant density and nitrogen fertilizer on light interception and dry matter yield in hemp (*Cannabis sativa* L.)

M. R. Asghari pour, M. H. Rashed, M. Rafie[1]

Abstract

The effect of plant density and nitrogen fertilizer on canopy light interception and on flowering was investigated in hemp (*Cannabis sativa* L.) cv. 'Kompolti' Crop grown at initial densities of 50, 150 and 250 plants/m^2 at the Mashhad and 30, 90 and 150 plants/m^2 at the Shirvan. Nitrogen fertilizer was applied before and 45 days after sowing at a rates of 50 and 200 kg/ha at the Mashhad, and 50, 150 and 250 kg/ha at the Shirvan. Rate of canopy development increased with increasing plant density and nitrogen fertilizer in both sites. At the Mashhad, interception of 90% of light was attained at 380 to 665 degree days (base 2°C) from emergence for the crop grown at different densities. At Shirvan, rate of canopy development was slower. Interception of 90% of light was attained at 586 degree days from emergence for the crop grown at 30 plants/m^2 and at 712 degree days for the crop grown at 150 plants/m^2, probably as a result of cold weather. Nitrogen fertilizer in a similar way as plant density increased light interception. Maximum light interception did not depend on plant density and nitrogen fertilizer and was about 95%. In both sites, the flowering date was later with increasing plant density. Dates of 75% flowering for the initial densities of 50, 150 and 250 plants/m^2 in Mashhad and 30, 90 and 150 plants/m^2 in Shirvan were, respectively 26 August, 1, 6, 6, 11 and 12 September. Independent of plant density, canopy light interception started to decline at about 150 degree days after flowering, reaching 58 to 75% at about 700 degree days post-flowering. Morphological characteristics at both sites were highly correlated with plant sexual, plant population and nitrogen fertilizer. Highest stem, leaf and inflorescence yield were obtained in Mashhad at 250 plant/m^{-2} and in Shirvan at 150 plant m^{-2} when 200 kg N ha^{-1} in Mashhad and 250 kg N/ha in Shirvan was used. Above ground dry matter increased at both sites with increasing plant density and nitrogen supply. The results presented here can be used to account for the effect of a wide range of plant densities and nitrogen fertilizer for simulation of the course of light interception by a hemp crop.

Keywords: Hemp, light interception, plant density, nitrogen fertilizer, flowering date and senescence.

[1] Contribution from Shirvan Azad University and Ferdowsi University of Mashhad (CESC).