اثر تراکم کاشت بر شاخص‌های رشدی چهار رقم سورگوم دانه‌ای

حامد جوادی، محمد حسن راشد محصل، غلامرضا زمانی، علی آذری نصرآباد، غلامرضا موسوی[1]

چکیده

به منظور مطالعهٔ اثر تراکم کاشت بر شاخص‌های رشدی چهار رقم سورگوم دانه ای آزمایشی در سال ۱۳۸۲ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی بیرجند به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام گرفت. فاکتورهای مورد مطالعه شامل چهار رقم سپیده ،محلی سراوان، پیام و کیمیا و سه تراکم ۱۰۰، ۱۸۰ و ۲۶۰ هزار بوته در هکتار بودند. نتایج نشان داد که رقم محلی سراوان به دلیل داشتن حداکثر مادهٔ خشک کل (TDM) ، شاخص سطح برگ (LAI)، سرعت رشد محصول (CGR)، سرعت رشد نسبی (RGR) و سرعت جذب خالص (NAR) نسبت به دیگر ارقام برتر بود اما بالاترین نسبت سطح برگ (LAR) و سطح ویژه برگ (SLA) به ترتیب از رقم کیمیا و پیام بدست آمد. با افزایش تراکم کلیه شاخص های رشدی بجز سرعت رشد نسبی و سرعت جذب خالص افزایش یافت. بیشترین سرعت رشد نسبی و سرعت جذب خالص از پایین ترین تراکم حاصل شد. بر اساس نتایج حاصل از این آزمایش حداکثر عملکرد دانه از رقم محلی سراوان با تراکم ۲۶۰ هزار بوته در هکتار بدست آمد.

واژه‌های کلیدی : تراکم، شاخص‌های رشدی، سورگوم دانه ای

مقدمه

آنالیز رشد ابزار با ارزشی در تجزیه و تحلیل کمی رشد و نمو گیاه و تولید محصولات است. تولید و تجمع مادهٔ خشک با دو شاخص سرعت رشد محصول[2] (CGR) و سرعت رشد نسبی[3] (RGR) تجزیه و تحلیل می گردد (۴). سرعت رشد محصول مناسب‌ترین شاخص برای تجزیه و تحلیل رشد گیاه است به طوری که محققان زیادی از آن به عنوان بهترین شاخص برای تخمین عملکرد یاد نموده‌اند (۴و۷). متوسط CGR برای گیاهان سه کربنه و چهار کربنه به ترتیب ۲۰ و ۳۰ گرم در متر مربع در روز گزارش شده است (۴). لومیس و ویلیامز (۱۸) حداکثر سرعت رشد محصول را برای سورگوم ۵۱ گرم بر متر مربع زمین در روز گزارش کرده اند. بنو و آتکینز (۱۱) اظهار داشتند که حداکثر سرعت رشد محصول در هیبریدهای سورگوم دانه ای در مرحلهٔ قبل از گل دهی اتفاق می‌افتد. این در حالی است که گزارشات محققان دیگر (۴ و ۵) بیانگر آن است که حداکثر سرعت رشد محصول با شروع گل دهی منطبق می‌باشد. برخی از محققان (۴) معتقدند ارقامی از لحاظ عملکرد برتر خواهند بود که در مرحلهٔ ۵۰٪ گلدهی از بالاترین میزان سرعت رشد برخوردار باشند. بولاک و همکاران (۱۳) افزایش تعداد بوته در واحد سطح را عاملی در جهت افزایش سرعت رشد محصول معرفی نموده است. سرعت رشد نسبی بیان کنندهٔ وزن خشک اضافه شده به وزن

۱ـ به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت دانشگاه آزاد اسلامی بیرجند ، استاد دانشگاه فردوسی مشهد ، استادیار دانشگاه بیرجند ، مربی پژوهش مرکز تحقیقات کشاورزی بیرجند ، مربی دانشگاه آزاد اسلامی بیرجند

2-Crop Growth Rate

3-Relative Growth Rate

اولیه در یک فاصلهٔ زمانی معین است (۳). گزارشات متعددی نشان داده است که سرعت رشد نسبی در طول فصل رشد در اثر سایه اندازی و افزایش سن برگ‌ها کاهش می یابد (۴، ۵ و ۹). جیبسون و شرتز (۱۷) گزارش نموده اند که سرعت رشد نسبی در ارقام سورگوم تفاوتی ندارد. یکی از شاخص‌های مهم رشد که از آن به عنوان معیار اندازه گیری سیستم فتوسنتزی استفاده می‌کنند، شاخص سطح برگ است (۶).گزارشات متعددی حاکی از آن است که LAI با افزایش سن گیاه تا یک حد خاص افزایش یافته و سپس کاهش می‌یابد (۳، ۱۱ و ۱۵). در تعدادی از مطالعات بر روی رشد گیاهان زراعی، شاخص سطح برگ را با عملکرد بیولوژیک و اقتصادی مربوط دانسته و افزایش آن را باعث دستیابی به عملکرد بالاتر ذکرکرده اند (۶ و۱۱). ساده ترین روش افزایش LAI ،افزایش تراکم در واحد سطح است (۱۳). برخی محققان (۱۵ و ۱۹) گزارش کردند که افزایش تراکم باعث افزایش شاخص سطح برگ می‌شود .اسکاراسیا و لوساویو (۲۱) در مطالعه تجزیه رشد سورگوم بیان کردند که سرعت جذب خالص با افزایش سن گیاه کاهش می‌یابد. اداویس (۱۵) از سوی دیگر تولید حداکثر مادهٔ خشک در واحد سطح زمین را منوط به توسعهٔ سریع و زود هنگام سطح برگ دانست تا از سرعت جذب خالص ابتدای فصل استفاده شود. بولاک و همکاران (۱۲) سرعت جذب خالص را در دو هیبرید ذرت و والدینشان مقایسه کردند و نتیجه گرفتند که سرعت رشد زود هنگام و سریع هیبریدها به علت سرعت جذب خالص بالاتر آنها بوده است. نسبت سطح برگ [۱] (LAR) بیان کنندهٔ نسبت سطح پهنک برگ یا بافتهای فتوسنتز کننده به وزن کل بافت‌ها یا وزن گیاه است. این نسبت نشان دهندهٔ میزان پر برگی یک گیاه است (۳و۱۰). روند تغییرات نسبت برگ نزولی بوده و بالاترین مقدار آن در اوایل رشد مشاهده می‌شود و به مرور زمان کاهش می‌یابد (۳، ۵ و۱۳). یکی دیگر از شاخص‌های رشد سطح ویژهٔ برگ [۲] (SLA) است که بیانگر نسبت سطح برگ به وزن خشک آن بوده و نشان دهنده میزان ضخامت برگ می‌باشد به طوری که هر قدر این نسبت بیشتر باشد نشانهٔ ظرافت برگها است (۱۰). بولاک و همکاران (۱۲) گزارش کردند که سایه اندازی گیاه منجر به افزایش SLA گردیده و باعث نازکتر شدن و گسترش بیشتر برگ‌ها می‌شود.

این پژوهش با هدف مطالعه تغییرات شاخص‌های مهم فیزیولوژیکی در ارقام و تراکم‌های مختلف سورگوم دانه ای طراحی و به اجرا در آمد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۸۲ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی بیرجند واقع در ۱۵ کیلومتری جادهٔ بیرجند ـ زاهدان با عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۵۲ دقیقهٔ شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۱۳ دقیقهٔ شرقی و با ارتفاع ۱۴۸۰ متر از سطح دریا به اجرا در آمد. تجزیه خاک نشان داد خاک منطقهٔ مورد نظر دارای بافت لوم رسی شنی، هدایت الکتریکی ۲/۷۴ میلی موس بر سانتی متر و pH آن ۸/۳۸ می باشد. این تحقیق به صورت آزمایش فاکتوریل و در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد که در آن تیمارها شامل چهار رقم سپیده ،محلی سراوان، پیام و کیمیا و سه تراکم ۱۸۰،۱۰۰ و ۲۶۰ هزار بوته در هکتار بودند. هر کرت دارای ۶ خط کاشت به طول ۶ متر و با فاصلهٔ ردیف ۰/۷۵ متر بود که دو ردیف کناری هر کرت به عنوان حاشیه در نظر گرفته شد. عملیات آماده سازی زمین در اوایل اردیبهشت انجام گرفت و کاشت در تاریخ ۳ خرداد با دست و به صورت ردیفی و خشکه کاری انجام گردید. جهت دستیابی به تراکم مورد نظر ابتدا بذرها با تراکم زیاد کشت

6-Leaf Area Ratio

7-Specific Leaf Area

شد، سپس با عمل تنک کردن در مرحلهٔ ۵ برگی تراکم مورد نظر حاصل شد. آبیاری طبق عرف منطقه و با توجه به شرایط اقلیمی و نیاز آبی گیاه پس از هر ۸ تا ۱۲ روز انجام شد. در این آزمایش براساس آزمون خاک ۲۰۷ کیلوگرم در هکتار ازت خالص از منبع اوره (یک سوم قبل از کاشت، یک سوم یک ماه پس از سبز شدن و یک سوم در مرحلهٔ قبل از گلدهی)، ۵۷/۶ کیلوگرم در هکتار فسفر خالص از منبع سوپر فسفات تریپل و ۶۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم خالص از منبع سولفات پتاسیم قبل از کاشت استفاده شد. عملیات مبارزه با علف‌های هرز در دو نوبت با وجین دستی صورت گرفت. برای جلوگیری از خسارت گنجشک پانیکول‌ها بلافاصله بعد از گرده افشانی و تشکیل دانه با پاکت پوشانده شدند. در هر واحد آزمایشی دو ردیف از هر طرف و ۰/۵ متر از ابتدا و انتهای کرت به عنوان حاشیه در نظر گرفته شد. به منظور اندازه گیری شاخص‌های رشد، سه بوته از هر کرت برای هر نمونه برداری در طول فصل رشد اختصاص یافت. نمونه برداری به روش تخریبی [1] و به فاصلهٔ هر ۱۵ روز یکبار و در ۵ نوبت انجام گرفت. در هر نمونه برداری گیاه پس از تفکیک به اجزاء مختلف، به مدت ۴۸ ساعت در آون الکتریکی تهویه دار در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد خشک و سپس توزین گردید. جهت اندازه گیری سطح برگ از رابطه زیر (۱) استفاده شد :

$$LA = (L \times W) \times 0.75$$

که در آن LA سطح برگ، L طول برگ و W عرض برگ می‌باشند.

برای برآورد شاخص رشد از مقادیر وزن خشک اندام‌های هوایی بدست آمده در واحد سطح (مترمربع) برای هر تیمار در هر نمونه برداری استفاده گردید و با توجه به اینکه بین نمو گیاه و دما رابطهٔ نزدیکی وجود دارد (۲۰) محاسبهٔ شاخص‌های رشد با استفاده از درجه- روز رشد به جای تقویم زمانی توسط رابطه زیر انجام پذیرفت:

$$GDD=\sum[(T_{max} + T_{min})/2 - T_b]$$

که در آن GDD، جمع حرارت‌های مؤثر طی فصل رشد، T_{max} و T_{min} به ترتیب حداقل و حداکثر درجه حرارت روزانه با حد بالایی ۴۵ و حد پایینی ۱۲ درجه سانتی گراد و T_b درجه حرارت پایه که برای سورگوم ۱۲ درجه سانتی گراد در نظر گرفته شد (۸).

برای تعیین تغییرات میزان شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی، سرعت اسیمیلاسیون خالص، نسبت سطح برگ و سطح ویژهٔ برگ به ترتیب از روابط (۱)، (۲)، (۳)، (۴)، (۵) و (۶) استفاده شد (۷).

$$LAI = [(LA_2 + LA_1)/2] (1/GA) \qquad (۱)$$

$$CGR = (W_2 - W_1)/(T_2 - T_1)GA \qquad (۲)$$

$$RGR = (\ln W_2 - \ln W_1)/(T_2 - T_1) \qquad (۳)$$

$$NAR= [(\ln W2 - \ln W_1)/ (T_2 - T_1)] [(\ln LA_2 - \ln LA_1)/ (LA_2 - LA_1)] \qquad (٤)$$

$$LAR = (LA_1/W_1 + LA_2/W_2)/2 \qquad (٥)$$

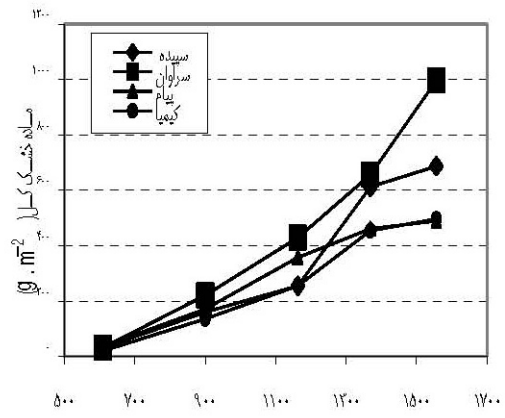
$$SLA= (LA_1/LW_1 + LA_2/LW_2)/2 \qquad (٦)$$

در روابط فوق LA سطح برگ (متر مربع)، LW وزن خشک برگ (گرم)، W وزن خشک گیاه (گرم)، T زمان نمونه برداری بر حسب درجه روز رشد و GA سطح زمین (متر مربع) می‌باشند. در این پژوهش برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده گردید.

1-Destructive method

نتایج و بحث

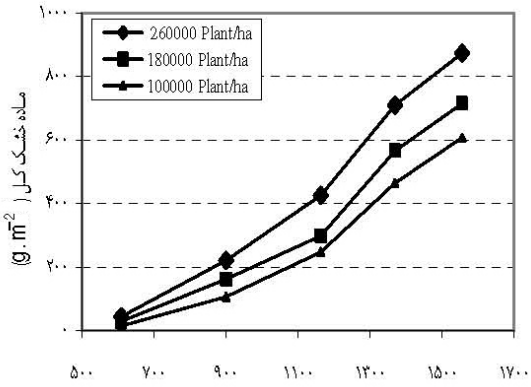
ماده خشک کل (TDM) در شکل ۱ روند تغییرات مادهٔ خشک در ارقام سپیده، پیام و کیمیا نشان داده شده است. رقم محلی سراوان در مقایسه با سایر ارقام روند رو به افزایشی را به نمایش گذاشته است که دلیل آن بالا بودن شاخص سطح برگ و دیررس‌تر بودن این رقم نسبت به سایر ارقام می‌باشد. از لحاظ میزان مادهٔ خشک کل رقم سراوان نسبت به دیگر ارقام برتری نشان داد و به ترتیب ارقام سپیده، کیمیا و پیام پس از گذراندن ۱۵۵۵/۸ درجه روز رشد در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. براساس نتایج بدست آمده فوق همانطور که انتظار می‌رفت بالاترین عملکرد دانه نیز به ترتیب از ارقام محلی سراوان، سپیده، کیمیا و پیام بدست آمد (شکل ۱۵).



شکل۱- روند تغییرات ماده خشک کل در ارقام سورگوم دانه ای

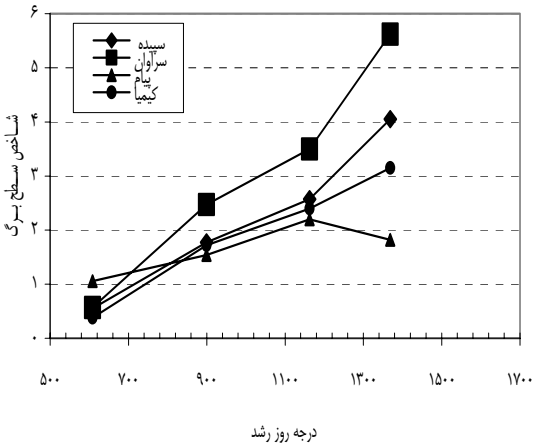
شکل ۲ روند تغییرات مادهٔ خشک کل در تراکم‌های مختلف سورگوم دانه‌ای را نشان می‌دهد. همانطور که در شکل نیز مشاهده می‌شود در تمامی تراکم‌های مورد مطالعه با افزایش سن گیاه میزان مادهٔ خشک کل افزایش می‌یابد ولی روند تغییرات مادهٔ خشک کل سیگموئیدی نیست و دلیل آن عدم نمونه برداری تا آخر دورهٔ رشد گیاه می‌باشد. عبدی و همکاران (۴) در مطالعه بر روی سورگوم دانه‌ای دریافتند که کاهش وزن خشک در دو هفته آخر رشد گیاه اتفاق می‌افتد. بطور کلی وزن خشک کل گیاه زراعی به وزن خشک اولیه، دوام رشد و سرعت رشد محصول بستگی دارد (۴). در این مطالعه به دلیل بالا بودن شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول در تراکم ۲۶۰ هزار بوته در هکتار بیشترین مادهٔ خشک کل از این تراکم بدست آمد و تراکم‌های ۱۸۰ هزار و ۱۰۰ هزار بوته در هکتار به ترتیب در مکان‌های بعدی قرار گرفتند. در این مطالعه بالاترین عملکرد دانه از تراکم ۲۶۰ هزار بوته در هکتار که دارای بیشترین مادهٔ خشک بود بدست آمد (شکل ۱۶).

شاخص سطح برگ (LAI) به طور کلی سطح برگ به عنوان معیار اندازه گیری سیستم فتوسنتزی پذیرفته شده است در حالی که قسمت‌های دیگری از گیاه نیز قادر به فتوسنتز بوده و ممکن است سهم قابل ملاحظه ای در تولید مادهٔ خشک کل داشته باشند. از آنجایی که تعیین اندازهٔ سطوح فتوسنتزی غیر از برگ‌های گیاه مشکل می باشد، لذا برآورد مجموع سطح پهنک برگ‌ها به صورت روش پذیرفته شده برای بیان سطوح فتوسنتزی در آمده است (۶). تغییرات شاخص سطح برگ از روند سیگموئیدی پیروی می‌نماید. به این صورت که در ابتدا شاخص سطح برگ به آرامی افزایش می‌یابد و سپس دورهٔ رشد سریع آن شروع می‌شود.



شکل ۲- روند تغییرات ماده خشک کل در تراکم های سورگوم دانه ای

شکل ۳ روند تغییرات شاخص سطح برگ در ارقام سورگوم دانه ای را نشان می دهد.

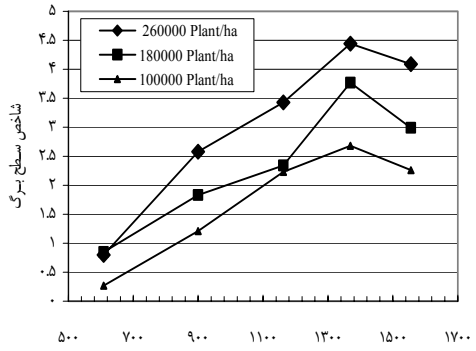


شکل ۳- روند تغییرات شاخص سطح برگ در ارقام سورگوم دانه ای

با افزایش سن گیاه شاخص سطح برگ در تمامی ارقام افزایش یافت که این افزایش در ارقام محلی سراوان، سپیده و کیمیا در ۱۳۶۸/۸ درجه روز رشد و در رقم پیام در ۱۱۶۲/۷ درجه روز رشد اتفاق افتاد. بالاترین شاخص سطح برگ که معادل ۵/۶۲ بود از رقم محلی سراوان بدست آمد و به ترتیب ارقام سپیده، کیمیا و پیام با شاخص سطح برگ ۴/۰۵، ۳/۱۵ و ۲/۲ پس از آن در مکان‌های بعدی قرار داشتند. پس از گذشتن از ۱۳۶۸/۸ درجه روز رشد، شاخص سطح برگ در تمامی ارقام کاهش یافت که دلیل آن می تواند پیر شدن و ریزش برگ‌ها در آخر فصل رشد به علت کاهش مواد غذایی و نفوذ کم نور به داخل کانوپی باشد. روند این کاهش در رقم سراوان نسبت به دیگر ارقام با شدت کمتری ادامه داشت که شاید دلیل آن سطح کمتر برگ پرچم و نفوذ بهتر نور به داخل کانوپی باشد. از آنجایی که شاخص سطح برگ با عملکرد دانه ارتباط دارد (۱۴) حداکثر عملکرد دانه از رقم محلی سراوان بدست آمد و ارقام سپیده، کیمیا و پیام به ترتیب در مکان‌های بعدی قرار گرفتند (شکل ۱۵).

شکل ۴ روند تغییرات شاخص سطح برگ در تراکم‌های سورگوم دانه ای را نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌شود روند تغییرات شاخص سطح برگ در تراکم‌های مختلف نیز سیگموئیدی می‌باشد. با افزایش سن گیاه تا ۱۳۶۸/۸ درجه روز رشد شاخص سطح برگ در تمامی تراکم‌ها افزایش و سپس کاهش می‌یابد. برخی محققان (۳، ۱۱ و ۱۵) نیز گزارش کرده اند که با افزایش سن گیاه شاخص سطح برگ تا یک حد خاص افزایش یافته و سپس کاهش می‌یابد. بالاترین شاخص سطح برگ معادل ۴/۴ از تراکم ۲۶۰ هزار بوته در هکتار حاصل شد و تراکم‌های ۱۸۰ و ۱۰۰ هزار بوته در هکتار که دارای شاخص سطح برگ ۳/۷۷ و ۲/۶۸ بودند در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. بررسی محققان دیگر (۱۳، ۱۵، ۱۶ و ۱۹) نیز نشان داده است که ساده ترین روش افزایش شاخص سطح برگ، افزایش تراکم است. افزایش شاخص سطح برگ در تراکم‌های بالا می‌تواند به دلیل رشد رویشی بوته در اثر رقابت برای جذب نور باشد (۱۷). با افزایش شاخص سطح برگ جذب نور و شدت تولید مادهٔ خشک تا زمانی که برگ در اثر تراکم زیاد روی یکدیگر سایه اندازی کنند، افزایش می‌یابد در این حالت مقدار نور کمتری به برگ‌های تحتانی نفوذ می‌کند و باعث کاهش تنفس رشد و افزایش تنفس نگهداری در برگ‌های تحتانی گیاه می‌شود. مجموع این عوامل باعث کاهش فعالیت فتوسنتزی و پیری برگ‌های پایین گیاه می‌گردد. برگ‌های پیر که به صورت انگل برای گیاه در

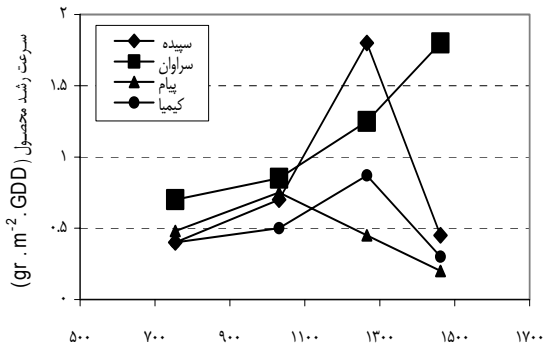
آمده‌اند پس از انتقال مواد معدنی به برگ‌های فوقانی ریزش می کنند و این مهمترین دلیل کاهش سطح برگ در آخر فصل رشد بویژه در تراکم‌های بالاست. ادوویس (۱۵) نیز کاهش شاخص سطح برگ پس از گل دهی را ناشی از پیری برگ‌های پایین ذکر نمود. در این مطالعه بالاترین عملکرد دانه از تراکمی بدست آمد که بیشترین شاخص سطح برگ را دارا بود (شکل ۱۶).



شکل ۴ - روند تغییرات شاخص سطح برگ در تراکم های سورگوم دانه ای

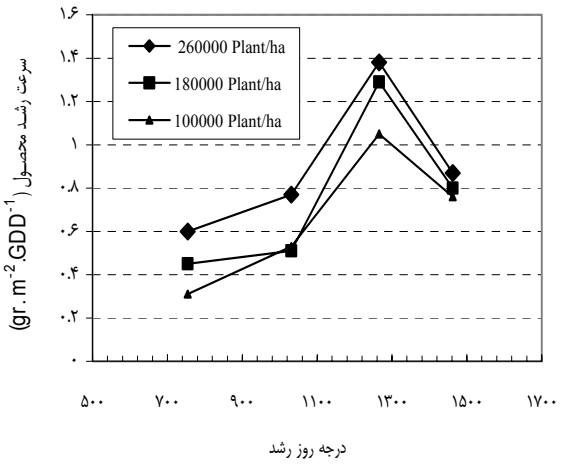
سرعت رشد محصول (CGR) نتایج نشان می‌دهد که سرعت رشد محصول در مراحل اولیه به دلیل کامل نبودن پوشش گیاهی و درصد کم نور خورشید که توسط گیاهان جذب می‌شود کم می‌باشد اما با نمو گیاهان زراعی افزایش می‌یابد. زیرا سطح برگ‌ها توسعه یافته و نور کمتری از میان جامعه گیاهی به سطح خاک نفوذ می‌کند. حداکثر سرعت رشد محصول معمولاً با شروع گل دهی مطابق می‌باشد و با رسیدن بیشتر گیاه به دلیل توقف رشد رویشی و اتلاف و پیر شدن برگ‌ها کاهش می‌یابد. مطالعهٔ سرعت رشد محصول برای تفسیر تفاوت عملکرد در میان واریته‌های محصولات زراعی و بکارگیری عملیات زراعی مختلف اهمیت زیادی دارد (۵).

همانطور که در شکل ۵ دیده می‌شود در ابتدای فصل رشد سرعت رشد محصول در ارقام مختلف متفاوت است به طوری که رقم محلی سراوان نسبت به سایر ارقام برتری نشان می‌دهد. از آنجایی که سرعت رشد محصول با شاخص سطح برگ و سرعت جذب خالص رابطهٔ مستقیم دارد (۵) افزایش شاخص سطح برگ و سرعت جذب خالص در رقم سراوان سبب افزایش سرعت رشد محصول در ابتدای رشد گیاه بوده است. با گذشت زمان و افزایش سن گیاه سرعت رشد محصول افزایش یافت که در ارقام سپیده و کیمیا با دریافت ۱۲۶۵/۷۵ درجه روز رشد و در رقم پیام با دریافت ۱۰۳۱/۱۵ درجه روز رشد به حداکثر سرعت رشد محصول رسید. اما در رقم محلی سراوان به دلیل ادامه نیافتن نمونه‌برداری تا پایان دورهٔ رشد حداکثر سرعت رشد محصول مشخص نشد که انتظار می‌رود در صورت ادامه نمونه‌برداری نمودار سیر نزولی طی کند. پس از این مرحله سرعت رشد محصول در ارقام سپیده، کیمیا و پیام کاهش یافت که دلیل آن کاهش شاخص سطح برگ و سرعت جذب خالص در این ارقام بود. با توجه به اینکه محققان زیادی (۱۳،۴،۱ و ۱۷) به ارتباط مثبت و معنی دار سرعت رشد محصول با عملکرد اشاره نموده اند همانطور که انتظار می‌رفت حداکثر عملکرد دانه از رقم محلی سراوان بدست آمد و ارقام سپیده، کیمیا و پیام در مکان‌های بعدی قرار داشتند (شکل ۱۵).



شکل ۵ – روند تغییرات سرعت رشد محصول در ارقام سورگوم دانه ای

شکل ۶ روند تغییرات سرعت رشد محصول در تراکم‌های سورگوم دانه ای را نشان می‌دهد.

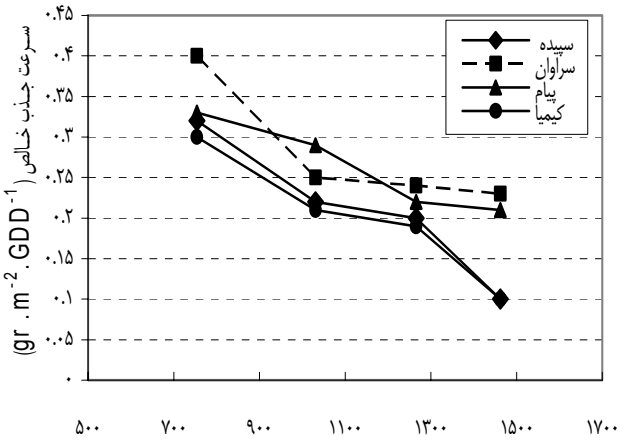


شکل ۶ – روند تغییرات سرعت رشد محصول در تراکم های سورگوم دانه ای

همانطور که در این شکل مشاهده می‌شود با افزایش سن گیاه سرعت رشد محصول در تمامی تراکم‌ها تا رسیدن به ۱۲۶۶ درجه روز رشد افزایش یافت که این افزایش ناشی از شاخص سطح برگ بالا و استفاده بهتر از تشعشع خورشیدی در تمامی تراکم‌ها بود .بالاترین سرعت رشد محصول در تراکم ۲۶۰ هزار بوته در هکتار اتفاق افتاد و تراکم‌های ۱۸۰ و ۱۰۰ هزار بوته در هکتار در رتبه‌های بعدی قرار داشتند. نتایج بررسی‌های متعدد در ذرت، سورگوم و دیگر گیاهان زراعی نشان داده است که با افزایش تراکم تا حدود ۲۵۰ هزار بوته در هکتار به دلیل افزایش شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول افزایش می‌یابد (۱۳،۱۵،۱۶ و۱۹). سرعت رشد محصول پس از رسیدن به اوج خود به دلیل کاهش سطح برگ و سرعت جذب خالص کاهش یافت. در این مطالعه حداکثر عملکرد دانه از تراکم ۲۶۰ هزار بوته در هکتار بدست آمد که بالاترین سرعت رشد محصول را نیز داشت و پس از آن تراکم‌های ۱۸۰ و ۱۰۰ هزار بوته در هکتار قرار داشتند (شکل۱۶).

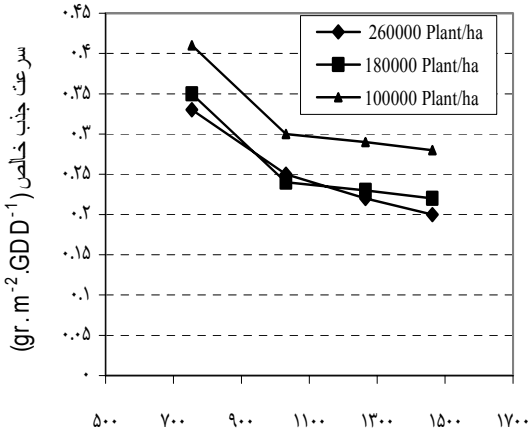
سرعت جذب خالص (NAR) سرعت جذب خالص زمانی به بالاترین مقدار خود می‌رسد که تمام برگ‌ها در معرض نور کامل خورشید قرار گرفته باشند. با افزایش رشد، برگ‌های گیاه افزوده شده و برگ‌های بالایی جامعهٔ گیاهی موجب سایه اندازی بر روی برگهای پایین‌تر شده و هر قدر سایه اندازی بیشتر شود مقدار سرعت جذب خالص کاهش بیشتری نشان می‌دهد. با افزایش سن برگ از فتوسنتز نیز کاسته می‌شود که این امر به نوبهٔ خود موجب افزایش شیب نزولی سرعت جذب خالص خواهد شد (۲ و ۱۵).

شکل ۷ روند تغییرات سرعت جذب خالص در ارقام سورگوم دانه ای را نشان می‌دهد. بالاترین سرعت جذب خالص در ابتدای فصل رشد متعلق به رقم محلی سراوان است و پس از آن رقم پیام در جایگاه دوم قرار دارد ولی تفاوت چندانی بین ارقام سپیده و کیمیا از این لحاظ وجود ندارد. رقم محلی سراوان در ابتدای فصل رشد نسبت به رقم پیام از شاخص سطح برگ بالایی برخوردار نبود ولی احتمالاً آرایش برگی مناسب این رقم باعث سرعت جذب خالص بیشتر گردیده است. با گذشت زمان و افزایش سن گیاه به دلایل ذکر شده سرعت جذب خالص در تمامی ارقام کاهش یافت.



شکل۷ – روند تغییرات سرعت جذب خالص در ارقام سورگوم دانه ای

شکل ۸ روند تغییرات سرعت جذب خالص در تراکم‌های سورگوم دانه ای را نشان می‌دهد.

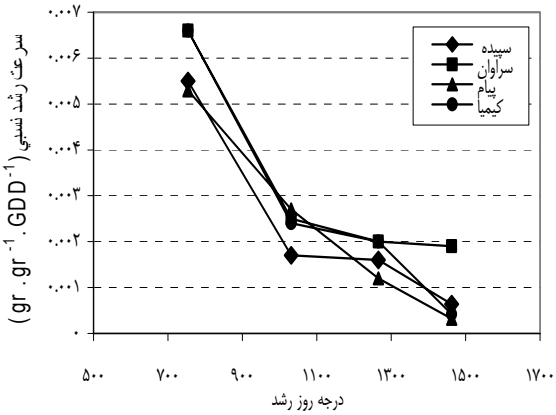


شکل ۸ – روند تغییرات سرعت جذب خالص در تراکم های سورگوم دانه ای

همانطور که مشاهده می‌شود بالاترین سرعت جذب خالص در ابتدای فصل رشد از پایین ترین تراکم یعنی ۱۰۰ هزار بوته در هکتار بدست آمد و تراکم ۱۸۰ و ۲۶۰ هزار بوته در هکتار پس از آن قرار داشتند. دلیل پایین بودن سرعت جذب خالص در تراکم‌های بالا افزایش شاخص سطح برگ و سایه اندازی بیشتر برگ‌ها بر روی یکدیگر است. با افزایش دورهٔ رشد و سن گیاه سرعت جذب خالص در تمامی تراکم‌ها کاهش یافت که افزایش شاخص سطح برگ، سایه اندازی بیشتر برگ‌ها بر روی یکدیگر و افزایش سن برگ‌ها دلیلی بر این مدعاست. اسکاراسیا و لوساویو (۲۱) نیز در مطالعه بر روی سورگوم و سویا بیان کردند که سرعت جذب خالص با افزایش سن گیاه کاهش می‌یابد.

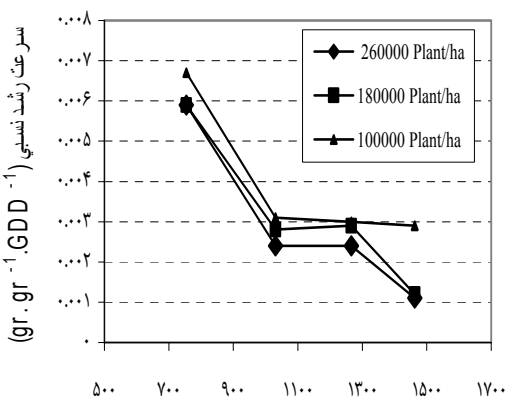
سرعت رشد نسبی (RGR) این شاخص رشد نشان دهندهٔ نسبت بافت‌های تقسیم شونده (مریستمی) به بافتهای تقسیم نشونده (بالغ) است. بنابراین این نسبت همواره روند کاهشی را خواهدداشت (۳ و۵). میزان سرعت رشد نسبی با بالا رفتن سن گیاه رو به کاهش می‌گذارد. علت کاهش در سرعت رشد نسبی را می‌توان به افزایش سن برگ‌های پایین تر، در سایه قرار گرفتن آنها و همچنین افزایش بافت‌های ساختمانی که در فتوسنتز نقشی ندارند نسبت داد (۳، ۵ و ۱۰).

شکل ۹ روند تغییرات سرعت رشد نسبی در ارقام سورگوم دانه ای را نشان می‌دهد. بالاترین میزان سرعت رشد نسبی در اوایل فصل رشد اتفاق می‌افتد که با گذشت زمان و افزایش سن گیاه به دلایل ذکر شده این شاخص کاهش می‌یابد. واکنش ارقام مورد مطالعه از نظر سرعت رشد نسبی متفاوت بود به طوری که بالاترین سرعت رشد نسبی مشترکاً به ارقام محلی سراوان و کیمیا تعلق دارد و ارقام سپیده و پیام در رتبه‌های بعدی قرار داشتند. از آنجایی که سرعت رشد نسبی با سرعت جذب خالص و نسبت سطح برگ ارتباط دارد (۱۲)، رقم محلی سراوان به دلیل سرعت جذب خالص بالا و نسبت سطح برگ پایین و رقم کیمیا به علت سرعت جذب پایین و نسبت سطح برگ بالا در یک جایگاه قرار گرفتند.



شکل۹- روند تغییرات سرعت رشد نسبی در ارقام سورگوم دانه ای

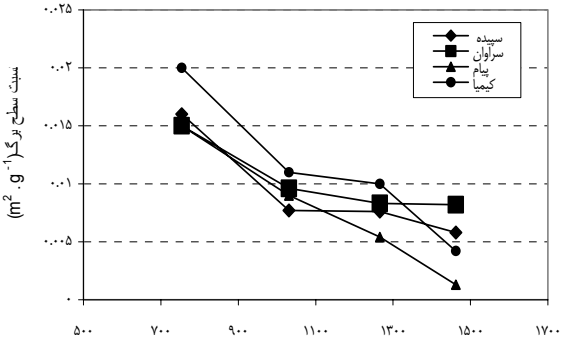
شکل ۱۰ روند تغییرات سرعت رشد نسبی در تراکم‌های سورگوم دانه ای را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود بالاترین سرعت رشد نسبی از تراکم ۱۰۰ هزار بوته در هکتار حاصل شد و تراکم‌های ۱۸۰ و ۲۶۰ هزار بوته در هکتار در مکان‌های بعدی قرار داشتند. دلیل افزایش سرعت رشد نسبی در تراکم‌های پایین سرعت جذب خالص بالای آنها در ابتدای فصل شد می‌باشد. میزان سرعت رشد نسبی با بالا رفتن سن گیاه در تمامی تراکم‌ها رو به کاهش گذاشت. دلیل این کاهش را می‌توان در افزایش بافت‌های بالغ، افزایش سن برگ‌های پایین‌تر و در سایه قرار گرفتن آنها جستجو نمود. هوش (۹) نیز اعلام داشت که با افزایش تعداد روزهای پس از کاشت، RGR در اثر افزایش میزان بافت های بالغ، کاهش می‌یابد.



شکل ۱۰ - روند تغییرات سرعت رشد نسبی در تراکم های سورگوم دانه ای

نسبت سطح برگ (LAR) نسبت سطح برگ بیان کنندهٔ نسبت سطح پهنک برگ یا بافت‌های فتوسنتز کننده به وزن کل بافت‌های تنفس کننده یا وزن کل گیاه است. نسبت سطح برگ نشان دهندهٔ میزان پربرگی یک گیاه است (۳ و ۱۰). روند تغییرات نسبت سطح برگ نزولی بوده و بالاترین مقدار آن در اوایل رشد مشاهده می‌شود و به مرور زمان کاهش می‌یابد. اداویس (۱۶) چنین روندی را بیانگر این واقعیت دانست که در مراحل اولیه رشد اکثر مواد فتوسنتزی ساخته شده صرف رشد و گسترش برگ شده و سپس با آغاز رشد سریع سایر اندام‌های گیاهی مواد فتوسنتزی بیشتری به اندام‌های غیر برگی اختصاص می‌یابد.

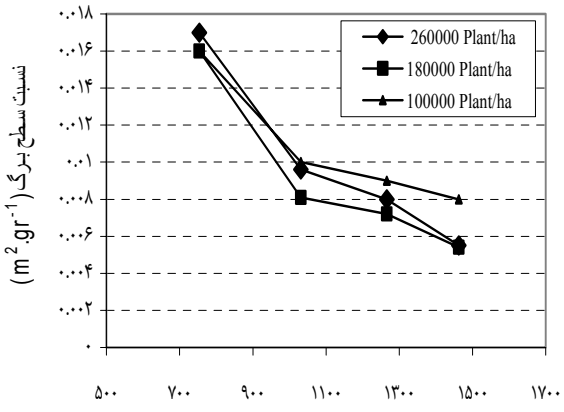
شکل ۱۱ روند تغییرات نسبت سطح برگ در ارقام سورگوم دانه ای را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود بالاترین میزان نسبت سطح برگ در ابتدای رشد به رقم کیمیا تعلق دارد و دیگر ارقام از این لحاظ تفاوت چندانی با هم ندارند. احتمالاً این رقم در مراحل اولیه رشد قسمت زیادی از مواد فتوسنتزی را صرف رشد و گسترش برگ نموده است. با گذشت زمان و افزایش سن گیاه به دلیل اختصاص بیشتر مواد فتوسنتزی به اندام‌های غیر برگی میزان مادهٔ خشک کل افزایش یافته و نسبت سطح برگ در تمامی ارقام از روند نزولی برخوردار بوده است.



شکل۱۱– روند تغییرات نسبت سطح برگ در ارقام سورگوم دانه ای

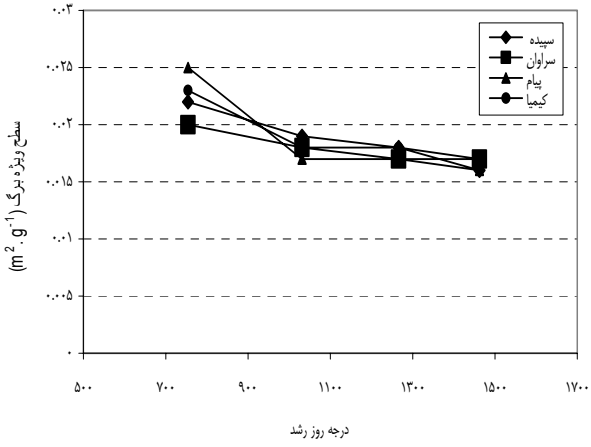
شکل ۱۲ روند تغییرات نسبت سطح برگ در تراکم‌های سورگوم دانه ای را نشان می‌دهد. همانطوری که در شکل دیده می‌شود بالاترین نسبت سطح برگ در ابتدای فصل رشد به تراکم ۲۶۰ هزار بوته در هکتار تعلق دارد و دیگر تراکم‌ها از این لحاظ تفاوت چندانی با هم نداشتند. با توجه به اینکه نسبت سطح برگ بیانگر سطح کل برگ به میزان کل مادهٔ خشک گیاه می‌باشد لذا در تراکم‌های بالا وجود سطح برگ بیشتر باعث افزایش نسبت سطح برگ گردیده است.

سطح ویژه برگ (SLA) نسبت سطح برگ به وزن برگ را سطح ویژه برگ می‌نامند. این شاخص رشد در واقع ضخامت برگ را نشان می‌دهد به عبارتی هر قدر این نسبت بیشتر باشد نشانه ظرافت برگها است. به طور کلی بعد از گل دهی به دلیل اینکه برگ‌های جدیدی بوجود نمی آید گیاه مواد فتوسنتزی را در اندام‌های مختلف از جمله برگ‌ها ذخیره کرده که موجب افزایش ضخامت برگ و کاهش سطح ویژهٔ برگ می‌گردد (۱۰).



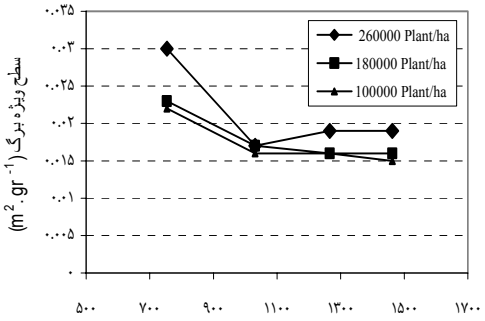
شکل ۱۲ – روند تغییرات نسبت سطح برگ در تراکم های سورگوم دانه ای

شکل ۱۳ روند تغییرات سطح ویژهٔ برگ در ارقام سورگوم دانه ای را نشان می‌دهد. همانطور که در شکل مشاهده می‌گردد بالاترین میزان سطح ویژهٔ برگ در اوایل رشد اتفاق می‌افتد که در رقم پیام بالاتر از ارقام کیمیا، سپیده ومحلی سراوان است. دلیل افزایش سطح ویژهٔ برگ در رقم پیام بالا بودن سطح برگ در اوایل فصل رشد در این رقم می‌باشد. با افزایش سن گیاه سطح ویژه برگ به دلایل فوق الذکر در تمام ارقام کاهش یافت.



شکل۱۳ – روند تغییرات سطح ویژه برگ در ارقام سورگوم دانه ای

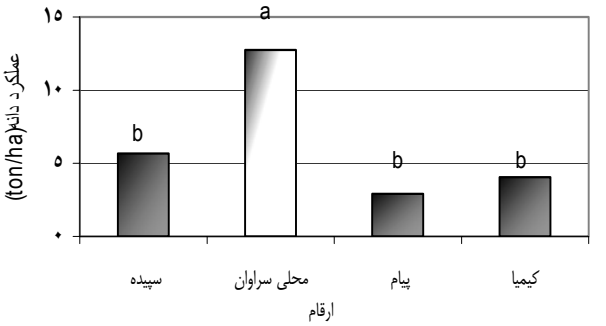
همانطور که در شکل ۱۴ مشاهده می‌شود واکنش تراکم‌های سورگوم دانه ای به سطح ویژهٔ برگ متفاوت بود.



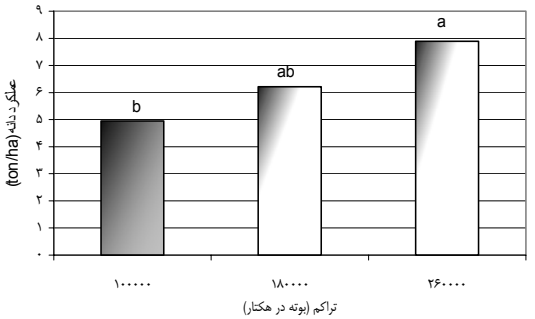
شکل ۱۴ – روند تغییرات سطح ویژه برگ در تراکم های سورگوم دانه ای

بالاترین سطح ویژهٔ برگ از تراکم ۲۶۰ هزار بوته در هکتار حاصل شد و تراکم ۱۸۰ و ۱۰۰ هزار بوته در هکتار در مکانهای بعدی قرار گرفتند. دلیل افزایش سطح ویژهٔ برگ در تراکم‌های بالا افزایش شاخص سطح برگ و سایه اندازی بر روی یکدیگر می‌باشد. بولاک و همکاران (۱۲) نیز سایه را عاملی در جهت نازکتر شدن و گسترش برگها و افزایش سطح ویژه برگ گزارش نمودند. با افزایش سن گیاه به دلایل ذکر شده برگها ضخیم‌تر شده و سطح ویژهٔ برگ کاهش می‌یابد.

براساس نتایج بدست آمده از پژوهش حاضر رقم محلی سراوان به دلیل داشتن حداکثر مادهٔ خشک کل، شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی و سرعت جذب خالص بالاترین عملکرد دانه بیشتری را نسبت به سایر ارقام تولید نمود (شکل۱۵). همچنین عملکرد در تراکم ۲۶۰ هزار بوته در هکتار به دلیل دارا بودن حداکثر مادهٔ خشک کل، شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول، نسبت سطح برگ و سطح برگ ویژه نسبت به دیگر تراکم‌ها برتر بود و بالاترین عملکرد دانه را به خود اختصاص داد (شکل ۱۶).



شکل ۱۵ – میانگین عملکرد دانه در ارقام سورگوم دانه ای



شکل۱۶ – میانگین عملکرد دانه درتراکم های مختلف سورگوم دانه ای

منابع

۱ـ سلطانی، ا.، ع. م. رضایی، و م. ر. خواجه پور. ۱۳۸۰. تنوع ژنتیکی برای برخی از صفات فیزیولوژیک و زراعی در سورگوم دانه ای. مجلهٔ علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ج. ۵، ش. ۱. ص ۱۲۷ تا ۱۳۷.

۲ـ سرمدنیا، غ.، و ع. کوچکی. ۱۳۷۱. جنبه‌های فیزیولوژیکی زراعت دیم. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۴۲۸ صفحه.

۳ـ سرمدنیا، غ.، و ع. کوچکی. ۱۳۷۲. فیزیولوژیکی گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد .۴۰۳ صفحه.

۴ـ عبدی، م.، ع. م. رضایی، و م. کریمی. ۱۳۷۱. ارزیابی سرعت رشد سه گروه از ارقام زودرس، میان رس و دیررس سورگوم در منطقهٔ اصفهان. مجلهٔ علوم کشاورزی ایران، ج. ۲۵، ش. ۲. ص۳۳ تا ۴۳.

۵ـ کوچکی، ع.، م. ح. راشد محصل، م. نصیری، و ر. صدرآبادی. ۱۳۷۰. مبانی فیزیولوژیکی رشد و نمو گیاهان زراعی. انتشارات آستان قدس رضوی. ۴۰۴ صفحه.

۶ـ کوچکی، ع.، و ج. خلقانی. ۱۳۷۴. شناخت مبانی تولید محصولات زراعی.(نگرش اکوفیزیولوژیک). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۴۵۷ صفحه.

۷ـ کوچکی، ع.، و ع. م. سرمدنیا. ۱۳۷۷. فیزیولوژی گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۴۰۳ صفحه

۸ـ نورمحمدی، ق.، س. ع. سیادت، و ع. کاشانی. ۱۳۷۶. زراعت غلات. انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز. ۴۴۶صفحه.

۹ـ هوش، م. ۱۳۷۶. بررسی الگوی کاشت و تراکم بر روی روند رشد و عملکرد ذرت شیرین رقم KSC405. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت دانشگاه آزاد اسلامی اهواز. ۱۰ـ یزدی صمدی، ب.، و ک. پوستینی. ۱۳۷۳. اصول تولید گیاهان زراعی. مرکز نشر دانشگاهی تهران. ۳۸۹ صفحه.

11- Bueno, A., and R. Atkins. 1982. Growth analysis of grain sorghum hybrids, Iowa State Journal of Research. 56: 367-381.

12- Bullock, D. G., R. L. Niclson., and W. E. Nyquist. 1988. A growth analysis comparison of corn grown in convertional and equidstant plant spacing.Crop Sci. 28: 254-258.

13-Bullock, D. G., F. W. Simmons, I. M. Chung, and G. I. Johnson. 1993. Growth analysis of corn grown with or without starter fertilizer. Crop Sci. 33: 112-117.

14-Chinnamuthu, C. R., C. R. Kallasam, and S. Sankran. 1989. Sorghum leaf area as a function of sixth leaf area. J. Agron. Crop Sci. 162: 300-304.

15-Eddowes, M. 1962. Physiological studies of competition in *Zea mays* L. I. Vegetative growth and ear development in maize. J. Agric. Sci. (Camb.). 72: 85-193.

16-Fisher, K. S., and G. L. Wilson. 1975. Studies of grain production in *Sorghum bicoler* L. *Moench.* 5. Effect of planting density on growth and yield. Aust. J. of. Agric. Res. 26: 31-41.

17-Gibson, P. T. and K. F. Schertz. 1977. Growth analysis of a sorghum hybrid and it's parents. Crop Sci. 17:387-391.

18-Lommis, R. S., and W. A. Williams. 1963. Maximum crop productivity, an estimate. Crop Sci. 3: 67-72.

19-Rosenthal, W. D., T. J. Gerik., and L. J. Wad. 1993. Radiation–use efficiency among grain sorghum cultivars and plant densities. Agron. J. 85: 703-705.

20-Russelle, M. P., W. W. Wilhelm., R. A. Olson., and J. F. Power. 1984. Growth analysis based on degree day. Crop Sci. 24: 28-32.

21-Scarascia, M., and N. Losavio. 1977. Gorwth analysis of 2 crops with different photosynthetic efficiencies, sorghum and soya, in southern Italy. Annal dell Istituo Spermental Agronomic. 8: 183-198.

Effect of plant density on growth indices of four grain sorghum cultivars

H. Javadi, M. H. Rashed Mohassle, Gh. R. Zamani, A. Azari Nasrabad, Gh. R. Mossavi[1]

Abstract

To study the effect of plant density on growth indices of four grain sorghum cultivars an experiment was conducted as factorial based on Compelete Randomized Block Design with 3 replications at Experimental Field of Birjand Azad University in 2003 growing season. In this study 4 grain sorghum cultivars including Sepideh , Saravan local , Payam and Kimia and 3 plant densities 100000 , 180000 and 260000 plant/ha were investigated. The results showed superiority of Saravan local compare to other cultivars because of having maximum total dry matter, leaf area index, crop growth rate, relative growth rate, and net assimilation rate. The highest amount of leaf area ratio and specific leaf area were in Kimia and Payam cultivars, respectively. All of the above mentioned growth parameters were increased by increasing population denseity with exception of relative growth rate and net assimilation rate. From the obtained results Saravan local cultivar in density of 260000 plant /ha had the highest grain yield. The maximum relative growth rate and net assimilation rate were obtained in lowest density.

KeyWords: Density, growth indices, grain sorghum.

1- Contribution from Birjand Azad University, Ferdowsi University of Mashhad, Birjand University, Agriculture Resarch Station of Birjand and Birjand Azad University, respectively.