نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۸، شماره۳ ، مرداد - شهریور ۱۳۸۹، ص ۴۶۴-۴۵۵

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 8, No. 3, July – Aug. 2010, p. 455-464

تأثیر افزایش تراکم گیاهی بر عملکرد ساقه و ذخیره ساکارز در ساقه دو رقم سورگوم شیرین

علی سلیمانی[۱*] – عباس المدرس[۲]- لیلا نارنجانی[۳]

تاریخ دریافت: ۸۷/۱۱/۱۹
تاریخ پذیرش: ۸۸/۷/۱۲

چکیده

به منظور بررسی تأثیر افزایش تراکم گیاهی بر عملکرد ساقه و ذخیره ساکارز در ساقه دو رقم سورگوم شیرین آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه اصفهان واقع در روستای زغمار پیاده گردید. آزمایش به صورت کرت های یک بار خرد شده در قالب بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. شش تراکم کاشت ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰، ۵۰۰ و ۶۰۰ هزار بوته در هکتار با فاصله ردیف ۵۰ سانتی متر به عنوان فاکتور اصلی و دو رقم ریو و کلر به عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شد. اثر تراکم گیاهی در مرحله خمیری سخت دانه بر ارتفاع گیاه، قطر ساقه، تعداد پنجه در بوته، وزن تر ساقه، عملکرد عصاره استخراج شده از ساقه معنی دار بود ولی تأثیر معنی داری بر درصد بریکس، درصد ساکارز و درصد خلوص نداشت. تراکم گیاهی ۴۰۰ هزار بوته در هکتار بیشترین عملکرد عصاره استخراج شده از ساقه و درصد خلوص شربت را حاصل نمود. در مرحله خمیری سخت دانه رقم کلر به طور معنی داری از نظر ارتفاع گیاه، قطر ساقه، وزن تر ساقه و عملکرد عصاره استخراج شده از ساقه و درصد بریکس نسبت به رقم ریو برتری داشت. تعداد پنجه در بوته در رقم ریو به طور معنی داری بیشتر از رقم کلر بود. با وجود اینکه میزان درصد ساکارز در رقم کلر نسبت به رقم ریو بیشتر بود اما تفاوت معنی داری از نظر این صفت و همچنین درصد خلوص بین ارقام وجود نداشت. در سه مرحله برداشت محصول خمیری نرم، خمیری سخت و رسیدگی فیزیولوژیکی بیشترین وزن تر ساقه، عملکرد عصاره استخراج شده از ساقه، درصد قند و درصد خلوص در مرحله خمیری سخت دانه حاصل شد. براساس نتایج این مطالعه ممکن است تراکم گیاهی ۴۰۰ هزار بوته در هکتار، رقم کلر و مرحله برداشت محصول خمیری سخت در شرایط مشابه با مطالعه حاضر مناسب باشد.

واژه های کلیدی : سورگوم شیرین، عملکرد ساقه، درصد ساکارز، مراحل برداشت محصول

مقدمه

قند یکی از ابتدایی ترین نیاز های بشر بوده و وفور یا کمبود آن در بین جوامع جهان سوم که اغلب از سایر منابع انرژی محروم هستند تأثیر بسزایی دارد، لذا تحقیق در مورد آن از اهمیت خاصی برخوردار است. با توجه به اینکه تولیدات شکر در داخل کشور جوابگوی مصرف نمی باشد و در حال حاضر سطح زیر کشت و تولید شکر از طریق گیاه چغندر قند کاهش یافته است (۲)، برای جلوگیری از واردات شکر و خروج ارز از کشور باید میزان تولید داخلی همزمان با رشد جمعیت افزایش یابد (۴). بدین منظور در مناطقی که شرایط رشد برای گیاه چغندر قند مهیا نبوده و یا امکان کشت آن وجود ندارد باید گیاهانی که از نظر تولید شکر راندمان بالائی دارند معرفی شوند (۱۴). سورگوم شیرین از نظر فتوسنتزی جزو گیاهان C4 می باشد و فاقد تنفس نوری بوده و از کارائی فتوسنتزی بالایی نسبت به گروه C3 برخوردار است (۱۸). این گیاه بیشترین دامنه سازگاری برای فراهم کردن یک منبع خوب کربوهیدارات را در سرتا سر یک منطقه جغرافیائی وسیع دارا می باشد و تنها گیاه زراعی است که تقریبا نزدیگ به گیاهان زیروفیت می باشد (۲۳). لذا به لحاظ مقاومت به کم آبی و شوری، دارا بودن عملکرد مناسب در انواع خاک ها از شنی تا رسی و کمتر بودن طول دوره رشد آن نسبت به چغندر قند در مناطقی که متوسط درجه حرارت تابستان ۱۸ درجه سانتی گراد باشد امکان کشت آن وجود دارد (۱ و ۲۱). این گیاه در مقایسه با اکثر غلات درجه حرارت های بالا را بهتر تحمل می کند. اهمیت اصلی گیاه سورگوم در این است که در مناطقی که برای کشت ذرت بسیار گرم و خشک می باشد امکان

۱ – استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد خوراسگان
(*- نویسنده مسئول: Email: A_Soleymani@khuisf.ac.ir)
۲ - دانشیار گروه زیست شناسی دانشکده علوم، دانشگاه اصفهان
۳ - مربی گروه علوم پایه دانشگاه آزاد اسلامی، واحد دولت آباد

کشت آن وجود دارد (۵). عملکرد شکر در سورگوم شیرین بوسیله وزن تر ساقه خالص، وزن عصاره استخراج شده از ساقه، درصد بریکس، درجه خلوص، درصد ساکارز و قند های احیاء مورد ارزیابی قرار می گیرد (۸، ۹ و ۲۳). تراکم های مختلف با ایجاد تغییر در این موارد اثرات متفاوتی را بر عملکرد عصاره استخراج شده از ساقه و عملکرد شکر می گذارند که رابطه مستقیمی با محیط و ژنوتیپ دارد، همچنین زمان برداشت محصول نیز بر میزان قند ذخیره شده در ساقه تأثیر دارد. در این ارتباط سه مرحله برداشت خمیری نرم، خمیری سخت و رسیدگی فیزیولوژیکی مورد بررسی قرار گرفته است (۳، ۸ و۲۴). وزن تر ساقه خالص گیاه سورگوم شیرین تحت تأثیر ارتفاع و قطر ساقه قرار می گیرد که نتیجتاً عصاره استخراج شده از ساقه را تحت تأثیر قرار می دهد. برودهد و همکاران (۸) اثر فاصله کاشت را بر روی دو رقم سورگوم شیرین مورد آزمایش قرار دادند آنان دریافتند که با افزایش تراکم گیاهی وزن تر ساقه افزایش یافت ولی عملکرد عصاره استخراج شده از ساقه صرفا تا تراکم گیاهی ۴۵۰ هزار بوته در هکتار افزایش یافت و پس از آن با افزایش تراکم گیاهی عملکرد عصاره کاهش یافت. آنان بیان داشتند که این کاهش در عملکرد عصاره به علت کاهش قطر ساقه در اثر افزایش تراکم گیاهی می باشد. کلمباچر و مارتین (۱۵) در مطالعه ای روی اثر تراکم بر عملکرد و پنجه زنی سورگوم شیرین نشان داند که پنجه ها سبب کاهش کربوهیدارت ها در ساقه و کاهش عملکرد شکر می گردد. بنابراین افزایش تراکم گیاهی ممکن است از طریق کاهش پنجه زنی موجب افزایش عملکرد شکر شود. نتایج حاصل از مطالعات متعددی (۸، ۹، ۲۵ و۲۰) حاکی از آن است که اثر تراکم گیاهی بر درصد بریکس، ساکارز و درجه خلوص معنی دار نمی باشد. در حالیکه عملکرد عصاره استخراج شده از ساقه با افزایش تراکم گیاهی افزایش می یابد. زانی نی (۲۵) به این نتیجه دست یافت که مقدار قند احیاء در هنگام رسیدن گیاه کاهش می یابد ولی مقدار قند کل و بخصوص ساکارز پس از گلدهی افزایش پیدا می کند. لینگله (۱۷) علت افزایش ساکارز تا مرحله خمیری سخت دانه را کاهش آنزیم انورتاز اسیدی و افزایش انورتاز خنثی و اثر آن بر متوقف شدن رشد طولی ساقه اعلام کرد. همچنین علت کاهش ساکارز از مرحله خمیری سخت تا رسیدگی فیزیولوژیکی را کاهش فتوسنتز در نتیجه ریزش برگ ها و انتقال کربوهیدارت ها از ساقه به دانه و تبدیل آن به نشاسته گزارش نمود. با توجه به عکس العمل متفاوت ارقام سورگوم شیرین به تراکم های مختلف گیاهی، تلفیق مناسب رقم و تراکم گیاهی جهت حصول حداکثر عملکرد شکر حائز اهمیت است. بدلیل اینکه درصد مواد جامد محلول در عصاره، درصد ساکارز و درجه خلوص عصاره در اکثر مطالعات تحت تأثیر تراکم گیاهی قرار نگرفته است و بیشتر تحت تأثیر زمان برداشت قرار دارد. بنابراین افزایش تراکم گیاهی تا رسیدن به حداکثر عصاره استحصالی از ساقه جهت دستیابی به حداکثر عملکرد شکر از اهمیت خاصی برخوردار است. لذا هدف از اجرای این آزمایش، بررسی اثر افزایش تراکم گیاهی بر عملکرد ساقه و ذخیره ساکارز در ساقه دو رقم سورگوم شیرین در سه مرحله برداشت خمیری نرم، خمیری سخت و رسیدگی فیزیولوژیکی جهت تعیین مناسب ترین تراکم گیاهی و رقم سورگوم شیرین در منطقه زغمار اصفهان است.

مواد و روش ها

این تحقیق در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه اصفهان واقع در روستای زغمار اصفهان اجرا شد. از نظر موقعیت جغرافیایی این مزرعه در ۲۶ کیلومتری جنوب شرقی اصفهان با طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۵۱ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۳۱ دقیقه شمالی با ۱۵۴۵ متر ارتفاع از سطح دریا واقع گردیده است. خاک محل آزمایش دارای بافت لومی رسی و PH برابر ۷/۵ بود. برای انجام این تحقیق از طرح آماری کرت های یک بار خرد شده در قالب بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار استفاده شد. شش تراکم گیاهی ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰، ۵۰۰ و ۶۰۰ هزار بوته در هکتار به عنوان فاکتور اصلی و دو رقم پر محصول ریو و کلر به عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شد. هر کرت آزمایشی دارای ۴ خط کاشت به طول ۱۰ متر بود. زمین محل آزمایش در سال قبل از کشت به صورت آیش بود. جهت تهیه زمین در پاییز سال قبل شخم نسبتا عمیقی زده شد. فسفر مورد نیاز از منبع سوپر فسفات با توجه به تجزیه خاک به صورت یکنواخت و پس از شخم عمیق به میزان ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار مصرف شد. همچنین در بهار معادل ۹۰ کیلوگرم در هکتار ازت خالص از منبع اوره به صورت قبل از کاشت مصرف شد و به وسیله دیسک با خاک مخلوط گردید. سپس ردیف هایی به فاصله ۵۰ سانتی متر تهیه گردید. کاشت در ۳ خرداد ماه به صورت دستی و متراکم و با دقت کامل صورت گرفت و بلافاصله اقدام به آبیاری شد. در مرحله انتقال از رشد رویشی به زایشی که مصادف با مرحله شش برگی گیاه بود، با توجه به فاصله بوته ها در روی ردیف، جهت حصول به تراکم های مربوطه اقدام به تنک شد. در این زمان به هر کرت آزمایشی معادل ۲۵ کیلوگرم در هکتار ازت خالص از منبع اوره اضافه گردید. برای کنترل علف های هرز همراه با اولین آبیاری از علف کش آترازین استفاده شد. آبیاری ها تا پایان شهریور ماه هر ۸ روز یکبار و پس از آن هر ۱۲ روز یکبار صورت گرفت.

از ابتدا و انتهای هر کرت آزمایشی ۰/۵ متر و خطوط کاشت ۱ و ۴ به منظور اثرات حاشیه ای حذف شدند و قسمت باقیمانده جامعه آماری آزمایش را تشکیل داد. ارتفاع گیاه، قطر ساقه و تعداد پنجه در بوته بر روی ۱۰ بوته که از خطوط کاشت ۲ و ۳ با رعایت حاشیه نمونه برداری شدند اندازه گیری شد. برای تعیین وزن تر ساقه در مراحل خمیری نرم، خمیری سخت و رسیدگی فیزیولوژیکی از هر

کرت آزمایشی یک متر طولی به طور تصادفی و با رعایت حاشیه از دو ردیف میانی برداشت شد. پس از توزین نمونه ها جهت استحصال عصاره دوبار از غلطک مخصوص عبور داده شد. در نهایت پس از استخراج عصاره ساقه از هر نمونه و توزین آن درصد ساکارز و درصد بریکس اندازه گیری شد. درصد ساکارز به وسیله دستگاه پلاریمتر و با استفاده از جدول اسمیت (۲۳) و میزان بریکس بوسیله دستگاه رفراکتومتر تعیین شد. درجه خلوص عصاره از نسبت درصد ساکارز به درصد بریکس حاصل شد.

خصوصیات اندازه گیری شده برای هر کرت و میانگین خصوصیات اندازه گیری شده روی ده بوته مورد تجزیه واریانس قرار گرفتند و میانگین ها با آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند. همچنین ضرایب همبستگی بین صفات محاسبه شدند. برای تجزیه و تحلیل آماری و رسم نمودار ها به ترتیب از نرم افزار های Mstatc و Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

ارتفاع گیاه

اثر تراکم گیاهی بر ارتفاع گیاه در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار بود (جدول ۱). بیشترین ارتفاع گیاه توسط تراکم ۴۰۰ هزار بوته در هکتار حاصل شد که اختلاف آن با تراکم های ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ هزار بوته در هکتار معنی دار نبود. با افزایش تراکم از ۴۰۰ تا ۶۰۰ هزار بوته در هکتار ارتفاع گیاه به طور معنی داری کاهش یافت و اختلاف معنی داری بین تراکم های ۵۰۰ و ۶۰۰ هزار بوته در هکتار مشاهده نشد (جدول ۲). این عکس العمل به دلیل محدودیت مواد غذایی و رقابت شدید در کسب عوامل محیطی در تراکم های بالا می باشد. رابینسون و همکاران (۲۲) و ملافیلابی (۶) نیز کاهش ارتفاع گیاه را در تراکم های بالاتر از ۴۰۰ هزار بوته در هکتار گزارش کردند.

جدول ۱-تجزیه واریانس ارتفاع گیاه ، قطر ساقه و تعداد پنجه در بوته در مرحله خمیری سخت برای دو رقم ریو و کلر در تراکم های مختلف کاشت

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		ارتفاع گیاه	قطر ساقه	تعداد پنجه در بوته
تکرار	۲	۸۵۷/۴	۰/۰۳۳	۰/۰۱۱
تراکم گیاهی	۵	۵۵۳/۰*	۰/۲۲۹**	۰/۰۳۳*
خطای الف	۱۰	۱۲۲/۴	۰/۰۱۵	۰/۰۰۷
رقم	۱	۹۶۱/۰**	۰/۱۰۰*	۰/۰۱۳*
تراکم گیاهی × رقم	۵	۱۴۳/۴	۰/۰۰۵	۰/۰۰۷
خطای ب	۱۲	۵۵/۸	۰/۰۱۵	۰/۰۰۳

* و ** به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول۲ : مقایسه میانگین های ارتفاع گیاه ، قطر ساقه و تعداد پنجه در بوته در مرحله خمیری سخت برای دو رقم ریو و کلر در تراکم های مختلف کاشت

منابع تغییرات	ارتفاع گیاه (سانتی متر)	قطر ساقه (میلی متر)	تعداد پنجه در بوته
تراکم (هزار بوته در هکتار)			
۱۰۰	۲۵۸/۳ a	۱۹/۴۷ a	۰/۲۱۶۷ a
۲۰۰	۲۵۷/۰ a	۱۷/۸۲ B	۰/۱۵۸۳ b
۳۰۰	۲۴۹/۳ abc	۱۷/۷۸ b	۰/۱۳۵۰ bc
۴۰۰	۲۵۲/۷ ab	۱۷/۷۵ B	۰/۱۱۸۳ c
۵۰۰	۲۳۹/۲ bc	۱۴/۷۲ C	۰/۱۱۶۶ c
۶۰۰	۲۳۴/۸ c	۱۴/۵۷ C	۰/۱۰۵۰ c
رقم			
ریو	۲۴۳/۴ b	۱۶/۴۹ b	۰/۱۱۳۳ a
کلر	۲۵۳/۷ a	۱۷/۵۵ a	۰/۰۶۵۰ b

+ : میانگین های هر گروه به طور جداگانه با آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند و تفاوت هر دو میانگینی که دارای حرف مشترک می باشند از نظر آماری معنی دار نیست.

اثر رقم بر ارتفاع گیاه در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بود (جدول ۱). رقم کلر به طور معنی داری ارتفاع گیاه بیشتری در مقایسه با رقم ریو داشت (جدول ۲). کارت و همکاران (۱۲) نیز بیان داشتند که رقم کلر در مقایسه با سایر ارقام پر محصول سورگوم شیرین از ارتفاع بیشتری برخوردار می باشد. آنان بیان داشتند که رقم کلر در مقایسه با سایر ارقام بیشترین سازگاری را نسبت به شرایط مختلف آب و هوایی دارا می باشد. اثر متقابل تراکم و رقم بر ارتفاع گیاه معنی‌دار نبود (جدول ۱) و روند خاصی مشاهده نگردید.

قطر ساقه

اثر تراکم گیاهی بر قطر ساقه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین قطر ساقه توسط تراکم ۱۰۰ هزار بوته در هکتار حاصل شد که اختلاف آن با سایر تراکم های گیاهی معنی دار بود. با افزایش تراکم گیاهی از ۱۰۰ تا ۶۰۰ هزار بوته در هکتار قطر ساقه به طور معنی داری کاهش یافت، البته اختلاف بین تراکم های ۲۰۰ تا ۴۰۰ هزار بوته در هکتار معنی دار نبود. کمترین قطر ساقه در تراکم۶۰۰ هزار بوته در هکتار حاصل شد که اختلاف آن با تراکم ۵۰۰ هزار بوته در هکتار معنی دار نبود ولی با سایر تراکم‌های گیاهی اختلاف معنی داری داشت (جدول ۲). نتایج نتایج برگر و کمپبل (۱۰) و کاراوتا و همکاران (۱۱) حاکی از آن است که در اثر افزایش تراکم گیاهی نفوذ نور به داخل پوشش گیاهی کاهش یافته و همچنین رقابت شدید در کسب عناصر غذایی و عوامل رشدی موجب کاهش قطر ساقه می شود.

اثر رقم بر قطر ساقه در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار بود (جدول ۱). رقم کلر به طور معنی داری قطر ساقه بیشتری را نسبت به رقم ریو حاصل نمود (جدول ۲). این عکس العمل حاکی از آن است که پتانسیل ژنتیکی رقم کلر سبب شده است که این رقم علاوه بر ارتفاع بیشتر، ساقه قطور تری را نیز تولید کند. کاواداکیس و همکاران (۱۶) نیز نتایج مشابهی را گزارش کردند و بیان داشتند که رقم کلر در مقایسه با سایر ارقام سورگوم شیرین از قطر ساقه بیشتری برخوردار بود. اثر متقابل تراکم و رقم بر قطر ساقه معنی دار نبود (جدول ۱). همچنین همبستگی مثبت و معنی داری بین ارتفاع گیاه با قطر ساقه (r = ۰/۵۵۸**) مشاهده شد که به نظر می رسد به علت کاهش معنی دار ارتفاع گیاه و قطر ساقه در اثر افزایش تراکم گیاهی می باشد که منجر به بوجود آمدن همبستگی مثبت شده است.

تعداد پنجه در بوته

اثر تراکم گیاهی بر تعداد پنجه در بوته در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار بود (جدول ۱). بیشترین تعداد پنجه در بوته در تراکم ۱۰۰ هزار بوته در هکتار حاصل شد که اختلاف آن با سایر تراکم های گیاهی معنی دار بود. با افزایش تراکم گیاهی از ۱۰۰ تا ۶۰۰ هزار بوته در هکتار تعداد پنجه در بوته به طور معنی داری کاهش یافت ولی با این وجود اختلاف معنی داری بین تراکم های ۲۰۰ و ۳۰۰ هزار بوته در هکتار از نظر این صفت مشاهده نشد. کمترین تعداد پنجه در بوته توسط تراکم ۶۰۰ هزار بوته در هکتار حاصل شد که اختلاف آن با تراکم های ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ هزار بوته در هکتار معنی دار نبود (جدول ۲). مطالعات متعددی (۶، ۱۰ و۱۱) نیز کاهش تعداد پنجه در بوته را در اثر افزایش تراکم گیاهی نیز گزارش کرده اند.

اثر رقم بر تعداد پنجه در بوته در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار بود (جدول ۱). رقم ریو به طور معنی داری تعداد پنجه بیشتری در مقایسه با رقم کلر داشت (جدول ۲). ارتفاع گیاه و قطر ساقه رقم ریو به طور معنی داری کمتر از رقم کلر بود (جدول ۲). این عکس العمل حاکی از آن است که تولید پنجه بیشتر در رقم ریو باعث شده است که رقم ریو انرژی لازم جهت افزایش ارتفاع گیاه و قطر ساقه را در تولید پنجه ها مصرف نماید بنابراین به طور معنی داری ارتفاع و قطر ساقه آن نسبت به رقم کلر کاهش یافت (جدول ۲). دالیانیس و همکاران (۱۳) نیز بیان داشتند که رقم کلر در مقایسه با سایر ارقام سورگوم شیرین از پنجه زنی کمتر ولی از ارتفاع و قطر ساقه بیشتری برخوردار بود.

وزن تر ساقه

اثر تراکم گیاهی بر وزن تر ساقه در واحد سطح در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بود (جدول ۳). بیشترین وزن تر ساقه در تراکم گیاهی ۴۰۰ هزار بوته در هکتار حاصل شد که تفاوت معنی داری با تراکم های بالاتر نداشت (جدول ۴). علت را می توان احتمالا در کاهش ارتفاع گیاه و قطر ساقه از تراکم ۴۰۰ تا ۶۰۰ هزار بوته در هکتار دانست به نحوی که افزایش تراکم گیاهی نتوانست جبران کننده کاهش وزن تر ساقه شود همچنین مشاهده شد که با افزایش تراکم از ۴۰۰ تا ۶۰۰ هزار بوته در هکتار وزن تر ساقه اندکی کاهش یافت. این عکس العمل حاکی از آن است که از تراکم ۴۰۰ هزار بوته در هکتار با افزایش تراکم گیاهی رقابت شدیدی بین بوته ها در جذب مواد غذایی، نور و فضای رشدی ایجاد شده است. برودهد و همکاران (۸) نیز نتایج مشابهی را گزارش کردند و بیان داشتند که کاهش فضای رشدی و وجود رقابت شدید در اثر افزایش تراکم گیاهی موجب می شود تا وزن تر ساقه افزایش قابل ملاحظه ای را نشان ندهد.

اثر رقم بر وزن تر ساقه در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۳). رقم کلر به طور معنی داری وزن تر ساقه بیشتری را نسبت به رقم ریو تولید نمود (جدول ۴). بیشتر بودن ارتفاع، قطر ساقه و تعداد پنجه در بوته کمتر در این رقم تایید کننده این عکس العمل می

باشد. توانایی زیاد رقم کلر در تولید عملکرد ساقه زیاد توسط ماکرانتوناکی و همکاران (۱۹) نیز گزارش شده است. اثر متقابل تراکم و رقم بر وزن تر ساقه معنی دار نبود (جدول ۳). همچنین همبستگی منفی و معنی داری بین وزن تر ساقه با تعداد پنجه در بوته (r = -۰/۵۲۶*) مشاهده شد که نشان دهنده افزایش وزن تر ساقه توام با کاهش تعداد پنجه در بوته در اثر افزایش تراکم گیاهی می‌باشد.

روند تغییرات وزن تر ساقه ارقام ریو و کلر در مراحل مختلف برداشت محصول حاکی از آن است که از مرحله خمیری نرم تا مرحله خمیری سخت، وزن تر ساقه افزایش یافت و پس از آن با نزدیک شدن به مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی به دلیل انتقال مواد فتوسنتزی از ساقه به سوی دانه ها، وزن تر ساقه کاهش یافت (شکل ۱). لذا بهترین زمان برداشت ساقه جهت استحصال قند مرحله خمیری سخت می باشد. عادلی (۳) نیز بیشترین وزن تر ساقه را در مرحله خمیری سخت دانه گزارش کرد که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد.

عملکرد عصاره استخراج شده از ساقه

اثر تراکم گیاهی بر عملکرد عصاره استخراج شده از ساقه در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار بود (جدول ۳). بیشترین میزان عصاره استخراج شده از ساقه توسط تراکم گیاهی ۴۰۰ هزار بوته در هکتار حاصل شد که با تراکم های ۳۰۰، ۴۰۰، ۵۰۰ و ۶۰۰ هزار بوته در هکتار اختلاف معنی داری نداشت ولی اختلاف آن با سایر تراکم های گیاهی معنی دار بود (جدول ۴). نتایج حاکی از آن است که با افزایش تراکم از ۱۰۰ تا ۴۰۰ هزار بوته در هکتار عملکرد عصاره استخراج شده از ساقه افزایش یافت ولی با افزایش تراکم گیاهی از ۴۰۰ تا ۶۰۰ هزار بوته در هکتار عملکرد عصاره استخراج شده از ساقه کاهش یافت.

جدول ۳ - تجزیه واریانس وزن تر ساقه، عملکرد عصاره، درصد خلوص و اجزاء آن در مرحله خمیری سخت برای دو رقم ریو و کلر در تراکم های مختلف کاشت

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		وزن تر ساقه	عملکرد عصاره ساقه	درصد بریکس	درصد ساکارز	درصد خلوص
تکرار	۲	۵/۱۷	۱۰۶۶۷۳۶/۱	۲/۲۵۷	۳/۹۴۷	۲۸/۶۴۱
تراکم گیاهی	۵	۶۸/۶۷**	۳۲۸۹۴۰۲/۷*	۰/۹۲۸	۱/۴۳۷	۱۶/۳۰۷
خطای الف	۱۰	۴/۹۰	۷۱۲۵۶۹/۴	۰/۸۷۴	۲/۲۵۷	۲۳/۲۲۲
رقم	۱	۵۱/۸۴**	۶۶۳۰۶۲۵/۰**	۹/۰۰۰**	۱/۸۸۱	۱۴/۸۴۷
تراکم گیاهی × رقم	۵	۴/۴۶	۷۷۴۲۹۱/۶	۰/۱۸۳	۰/۹۸۴	۶/۳۸۲
خطای ب	۱۲	۴/۱۹	۳۶۰۳۴۷/۲	۰/۲۵۷	۰/۷۳۹	۱۱/۵۴۲

* و ** به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ٤ - مقایسه میانگین های + وزن تر ساقه، عملکرد عصاره، درصد خلوص و اجزاء آن در مرحله خمیری سخت برای دو رقم ریو و کلر در تراکم های مختلف کاشت

منابع تغییرات	وزن تر ساقه (کیلوگرم بر مترمربع)	عملکرد عصاره ساقه (کیلوگرم بر متر مربع)	درصد بریکس	درصد ساکارز	درصد خلوص
تراکم (هزار بوته در هکتار)					
۱۰۰	۴/۷۱۷ c	۱/۱۳۳ c	۱۹/۰۸ a	۱۳/۳۱ a	۶۹/۷۶ a
۲۰۰	۸/۷۰۰ b	۱/۹۶۶ bc	۱۸/۸۳ a	۱۲/۶۰ a	۶۶/۹۱ a
۳۰۰	۱۱/۰۱۷ ab	۲/۵۴۱ ab	۱۹/۵۰ a	۱۳/۷۳ a	۷۰/۴۱ a
۴۰۰	۱۳/۸۳۴ a	۳/۳۵۰ a	۱۸/۵۰ a	۱۳/۶۳ a	۷۳/۶۸ a
۵۰۰	۱۱/۵۶۷ ab	۲/۶۳۳ ab	۱۸/۹۱ a	۱۳/۲۹ a	۷۰/۲۸ a
۶۰۰	۱۱/۵۴۵ ab	۲/۳۳۳ ab	۱۹/۵۰ a	۱۳/۷۰ a	۷۰/۲۵ a
رقم					
ریو	۹/۳۲۸ b	۱/۸۹۷ b	۱۸/۵۵ b	۱۳/۱۲ a	۷۰/۷۲ a
کلر	۱۱/۷۲۸ a	۲/۷۵۵ a	۱۹/۵۵ a	۱۳/۵۸ a	۶۹/۴۶ a

+ : میانگین های هر گروه به طور جداگانه با آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند و تفاوت هر دو میانگینی که دارای حرف مشترک می باشند از نظر آماری معنی دار نیست.

این عکس العمل با نتایج حاصل از وزن تر ساقه هماهنگی کاملی دارد (جدول ۴) به طوری که حداکثر وزن تر ساقه نیز در تراکم ۴۰۰ هزار بوته در هکتار حاصل شد و از طرفی قطر ساقه از تراکم ۴۰۰ تا ۶۰۰ هزار بوته در هکتار بوته در هکتار به طور معنی داری کاهش یافت (جدول ۳) که عصاره استخراج شده از ساقه را تحت تأثیر قرار داد و منجر شد تا عملکرد عصاره از تراکم ۴۰۰ تا ۶۰۰ هزار بوته در هکتار کاهش یابد. برودهد و همکاران (۸) نیز کاهش عملکرد عصاره استحصالی از ساقه را در تراکم های گیاهی بالا گزارش کردند و بیان داشتند که کاهش قطر ساقه در تراکم های زیاد باعث می شود تا ساقه های نازک تری حاصل شده که عصاره استحصالی و راندمان استحصال را کاهش می دهد.

اثر رقم بر عملکرد عصاره استخراج شده از ساقه در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بود (جدول ۳). رقم کلر به طور معنی داری عملکرد عصاره بیشتری را نسبت به رقم ریو تولید نمود (جدول ۴). این عکس العمل به دلیل ارتفاع، قطر ساقه و وزن تر ساقه بیشتر رقم کلر نسبت به رقم ریو می باشد (جداول ۲ و ۴).

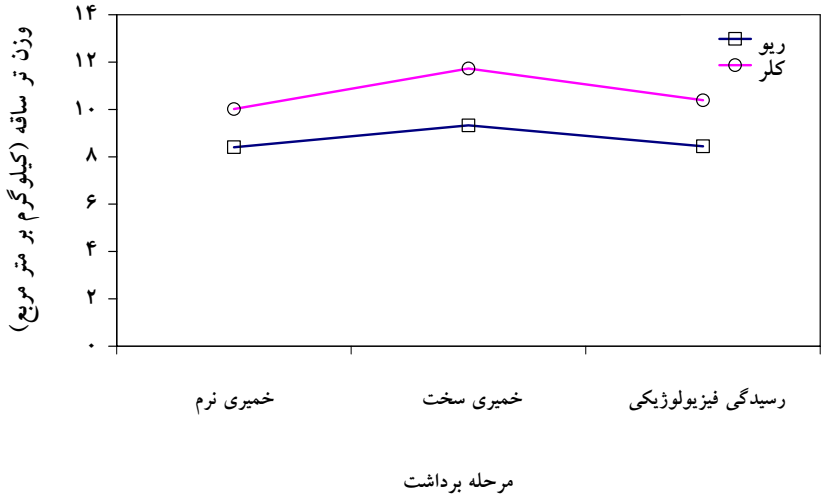
اثر متقابل تراکم و رقم بر عملکرد عصاره استخراج شده از ساقه معنی دار نبود (جدول ۳).

همبستگی مثبت و معنی داری بین عملکرد عصاره استخراج شده از ساقه با وزن تر ساقه ($r = ۰/۸۵۷^{**}$) مشاهده شد که نشان دهنده همروندی این صفات تحت تأثیر عوامل آزمایشی می باشد.

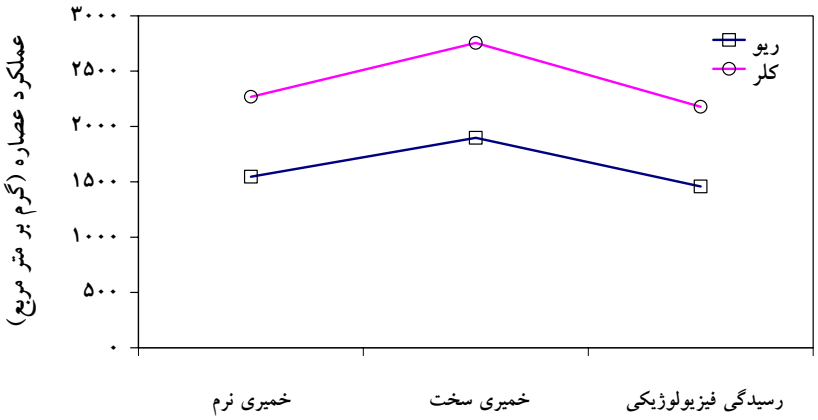
روند تغییرات عملکرد عصاره استخراج شده از ساقه ارقام ریو و کلر در مراحل مختلف برداشت محصول حاکی از آن است که حداکثر وزن عصاره استخراج شده از ساقه در مرحله خمیری سخت دانه حاصل می شود که علت آن حداکثر بودن وزن تر ساقه در این مرحله می باشد. از مرحله خمیری سخت تا رسیدگی فیزیولوژیکی عملکرد عصاره کاهش یافت. این عکس العمل به دلیل انتقال مواد فتوسنتزی ساقه به دانه ها و افزایش نشاسته دانه در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی می باشد (شکل ۲). برودهد (۹) و عادلی (۳) نیز بیان داشتند که انتقال مواد فتوسنتزی ساقه به دانه ها از مرحله خمیری سخت تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی نقش ویژه ای در کاهش عملکرد عصاره استخراج شده از ساقه دارد. آنان نیز بیشترین عملکرد عصاره استخراج شده از ساقه را در مرحله خمیری سخت دانه بدست آوردند.

درصد ساکارز، بریکس و خلوص

اثر تراکم گیاهی بر درصد ساکارز، درصد بریکس و درصد خلوص شربت معنی دار نبود (جدول ۳). ولی با این وجود درصد خلوص شربت در تراکم ۴۰۰ هزار بوته در هکتار از سایر تراکم های گیاهی بیشتر بود. علت این امر کمتر بودن درصد مواد جامد محلول در عصاره (درصد بریکس) تراکم گیاهی ۴۰۰ هزار بوته در هکتار در مقایسه با سایر تراکم های گیاهی می باشد ضمن اینکه این تراکم گیاهی از درصد قند نسبتا خوبی برخوردار بود (جدول ۴). برودهد و همکاران (۸) نیز بیان داشتند که با افزایش تراکم گیاهی میزان مواد محلول در عصاره کاهش می یابد و منجر به افزایش میزان خلوص می شود.



شکل ۱ – روند تغییرات وزن تر ساقه دو رقم ریو و کلر در مراحل مختلف برداشت محصول



شکل ۲ – روند تغییرات عملکرد عصاره استخراج شده از ساقه دو رقم ریو و کلر در مراحل مختلف برداشت محصول

اثر رقم صرفا بر درصد بریکس معنی دار بود و تأثیر معنی داری را بر درصد ساکارز و درصد خلوص نداشت (جدول ۳). درصد بریکس رقم کلر به طور معنی داری بیشتر از رقم ریو بود ولی ارقام از نظر درصد ساکارز و درصد خلوص اختلاف معنی داری با یکدیگر نداشتند با این وجود درصد ساکارز رقم کلر از رقم ریو بیشتر بود. این امر سبب شده تا رقم کلر بتواند بیشتر بودن درصد بریکس خود را نسبت به رقم ریو جبران نماید و بدین ترتیب درصد خلوص رقم کلر تفاوت چندانی با رقم ریو نداشت که موجب گردید اختلاف بین ارقام از نظر درصد خلوص معنی دار نشود (جدول ۴). اثر متقابل تراکم گیاهی و رقم بر درصد بریکس، درصد ساکارز و درصد خلوص معنی دار نبود (جدول۳).

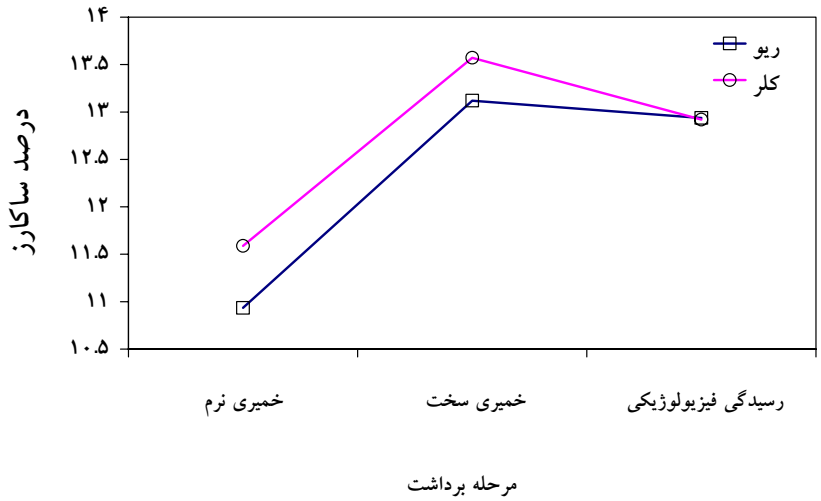
روند تغییرات درصد ساکارز دو رقم ریو و کلر در سه مرحله برداشت محصول نشان می دهد که حداکثر درصد ساکارز در مرحله خمیری سخت دانه حاصل شده است (شکل ۳). از مرحله خمیری سخت تا رسیدگی فیزیولوژیکی ریزش برگ ها و در نتیجه کاهش فتوسنتز و انتقال کربوهیدرات ها از ساقه به دانه و تبدیل آنها به نشاسته موجب کاهش درصد ساکارز شده است . لینگله (۱۷) نیز علت بیشتر بودن درصد ساکارز در مرحله خیمری سخت دانه را کاهش غلظت آنزیم انورتاز اسیدی و کند شدن رشد طولی ساقه در این مرحله بیان داشت.

روند تغییرات درصد بریکس و درصد خلوص شربت ارقام ریو و کلر در مراحل مختلف برداشت محصول نیز با روند تغییرات درصد ساکارز در سه مرحله برداشت محصول خمیری نرم، خمیری سخت و رسیدگی فیزیولوژیکی دانه هماهنگی کاملی دارد (شکل های ۴ و ۵). بیشترین میزان درصد بریکس در مرحله خمیری سخت دانه حاصل شد و پس از آن با نزدیک شدن به مرحله رسیدگی میزان درصد بریکس کاهش یافت (شکل ۴). درصد خلوص شربت نیز چنین روندی داشت (شکل ۵) ولی با توجه به اینکه خلوص شربت از نسبت درصد ساکارز به درصد بریکس حاصل می شود از مرحله خمیری سخت دانه تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی درصد بریکس افت قابل ملاحظه ای نداشت (شکل ۴) در صورتی که افت

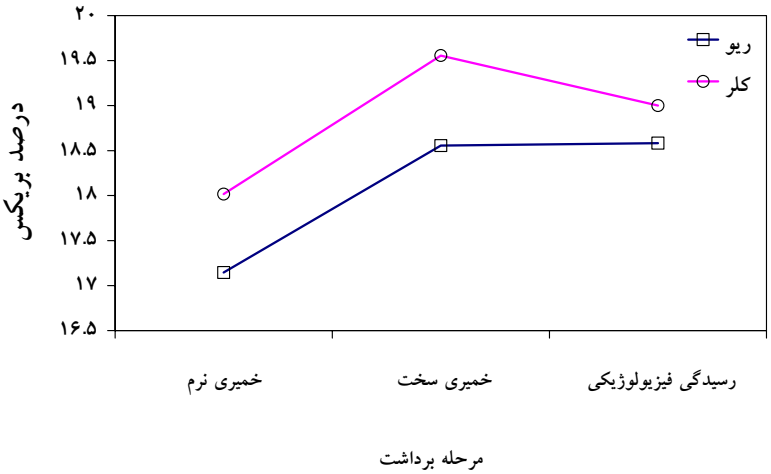
درصد ساکارز در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی قابل توجه بود (شکل ۳). لذا سبب شد تا درصد خلوص شربت در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی نسبت به مرحله خمیری سخت دانه به طور قابل ملاحظه ای کاهش یابد. وجود همبستگی مثبت و معنی دار بین درصد خلوص با درصد ساکارز (r = ۰/۸۶۱**) و درصد بریکس (r ۰/۴۵۱* =) تایید کننده این عکس العمل می باشد. عادلی (۳) و المدرس و همکاران (۷) نیز همبستگی مثبت و معنی داری را بین درصد خلوص با درصد ساکارز گزارش کردند.

نتیجه گیری

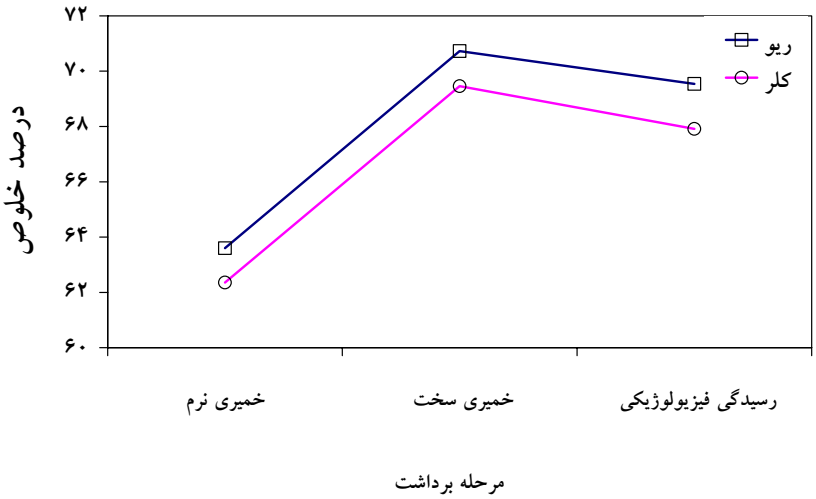
نتایج حاصل از این مطالعه حاکی از آن است که تراکم گیاهی ۴۰۰ هزار بوته در هکتار با دارا بودن بیشترین عملکرد عصاره استخراج شده از ساقه، درصد ساکارز و درصد خلوص شربت بالا مناسبترین تراکم گیاهی جهت دستیابی به حداکثر عملکرد عصاره می‌باشد. اگر چه اختلاف تراکم ۴۰۰ هزار بوته در هکتار از نظر عملکرد عصاره استخراج شده از ساقه با تراکم های ۳۰۰، ۵۰۰ و ۶۰۰ هزار بوته در هکتار معنی دار نبود و درصد ساکارز و درصد خلوص شربت کلیه تراکم های مورد بررسی با یکدیگر اختلاف معنی داری نداشتند ولی در عین حال تراکم گیاهی ۴۰۰ هزار بوته در هکتار بیشترین عملکرد عصاره استخراج شده از ساقه و درصد خلوص شربت را نسبت سایر تراکم های گیاهی حاصل نمود.



شکل ۳ – روند تغییرات درصد ساکارز عصاره دو رقم ریو و کلر در مراحل مختلف برداشت محصول



شکل ٤ – روند تغییرات درصد بریکس عصاره دو رقم ریو و کلر در مراحل مختلف برداشت محصول



شکل ۵ – روند تغییرات درصد خلوص شربت دو رقم ریو و کلر در مراحل مختلف برداشت محصول

در بین ارقام مورد بررسی رقم کلر نیز از نظر صفات ذکر شده از برتری بیشتری نسبت به رقم ریو برخوردار بود. با توجه به اینکه در مرحله خمیری سخت دانه عملکرد عصاره استخراج شده از ساقه ، درصد ساکارز و درصد خلوص در بیشترین مقدار خود قرار دارد لذا بهترین زمان برداشت سورگوم شیرین جهت استحصال حداکثر میزان قند می باشد.

منابع

۱ – المدرس، ع. ۱۳۶۶. گزارش طرح مشترک بررسی سازگاری، به نژادی و به زراعی سورگوم درسالهای ۶۳ تا ۶۵ انتشارات اداره کل کشاورزی استان اصفهان.

۲ – بی نام. ۱۳۸۶. ماهنامه شکر. انجمن صنفی کارخانه های قند و شکر ایران. شماره ۶۰.

۳ – عادلی، س. ۱۳۷۴. رابطه شاخص های رشد و میزان قندهای ساقه در مراحل مختلف نمو در ارقام و لاین های سورگوم شیرین. پایان نامه کارشناسی ارشد علوم گیاهی. دانشکده علوم. دانشگاه اصفهان.

۴ – عبدالهیان نوقابی م.، ج. نظری، بابایی ب. و س. صادق زاده. ۱۳۸۶. بررسی وضعیت جابجایی چغندرقند، روند تغییرات خرید، افت عیار، درجه خلوص و مصرف چغندر قند در بهره برداری سال ۱۳۸۵. بیست و نهمین سمینار کارخانه های قند و شکر ایران. یکم تا سوم خرداد، مشهد. صفحات ۳۲ تا ۴۲.

۵ – کوچکی، ع. ۱۳۶۸. زراعت در مناطق خشک (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه فردوسی مشهد.

۶ – ملافیلابی، ع. ۱۳۶۶. بررسی اثر تراکم و ازت بر میزان عملکرد و بعضی از خواص کمی و کیفی در سورگوم علوفه ای. پایان نامه کارشناسی ارشد رشته زراعت. دانشکده کشاورزی. دانشگاه تهران.

7 - Almodares, A., M.R. Hadi, M. Ranjbar, and R. Taheri. 2007. The effect of nitrogen treatments, cultivars and harvest stage on stalk yield and sugar content of Sweet Sorghum. Asian Journal of Plant Science. 6:423-427.

8 - Broadhead, D.M., I.E. Stokes, and K.C. Freeman. 1963. Sorgo spacing experiment in Mississipi. Agronomy Journal 55:164-166.

9 - Broadhead, D.M. 1972. Effect of planting date and maturity on juice quality of Rio Sweet Sorghum. Agronomy Journal 64:389-390.

10 - Burger, A.W., and W.F. Campbell. 1961. Effect of rate and methods of seedling on the original stand, tillering, stem diamater, leaf stem ratio and yield of Sudangrass. Agronomy Journal. 53:289-291.

11 - Caraveta, G.J., J.H. Cherney, and K.D. Johnson. 1990. Within - row spacing influences on divers Sorghum genotype: I, Morphology. Agronomy Journal. 82:210-215.

12 – Curt, M.D., J. Fernandez, J. Gonzalez, and J.L. Gil. 2000. Comparative growth analysis of two Sorghum cultivars in Badajoz. In: proceedings of the First World Conference on biomass for energy and Industry. Sevilla, Spain, 5-9 June. pp. 1877-1880.

13 - Dalianis, C., M.Christou, S. Sooter, S. Kyritsis, C. Zafiris, and G. Samiotakis. 1994. Growth and productivity of Sweet Sorghum in Greece. In: Hall, et al (Eds), Proceedings of the Seventh E.U. Biomass Conference on Biomass for Energy and Industry. Ponte Press, Bochum, Germany: 636-642.

14 - Dogget, H. 1997. Sorghum. John Wiley and Sons. Inc., New York, USA.

15 - Kalambacher, R.S., and F.G. Martin. 1986. Plant density effects on Sorghum yield and tillering. Soil and Crop Science Society of Florida. 45:122-125.

16 - kavadakis, G., A. Alexopoulou, E. Natioti, H. Mitsiou, C. Panoutsou, and N. Danalatos. 2000. Growth productivity and sugar yield of Sweet Sorghum (Var Keller) in central Greece, pp. 205-212 Second National Conference of Agricultural Engineers, Volos, Greece.

17 - Lingle, S.E. 1987. Sucrose metabolism in the primary culm of Sweet Sorghum during development. Crop Science. 27:1214-1219.

18 - Loomis, S.R., and W.A. Williams. 1963. Maximum crop production: An estimate. Crop Science. 3:67-72.

19 - Makrantonaki, M.S., D. Papalexis, N. Nakos, and I.K. Kalavrouziotis. 2007. Effect of modern irrigation on growth and energy production of Sweet Sorghum (Var. Keller) on a dry year in central Greece. Agricultural Water Management. 90:181-189.

20 - Olalla, L., D.E. Leon, R. Morillo, and E. Navarro. 1983. Sweet Sorghum : Contribution to the study of its cultivation for sugar and alcohol in Andalucia, Spain. Agricola. 23:9-20.

21 - Rice, J.R., and J.D. Eastin. 1989. Grain Sorghum root responses water and temperature during reproductive. Crop Science. 26:547-550.

22 - Robinson, R.G., L.A. Bernat, W.W. Nelson, R.L. Thompson, and J.R. Thompson. 1964. Row Spacing and plant population for grain Sorghum in the humid North. Agronomy Journal 56:189-191.

23 - Smith, G.A., M.O. Bagby, R.T. Lewellan, D.L. Doney, P.H. Moore, F.J. Hills, L.G. Campbell, G.J. Hogaboam, G.E. Coe, and K. Freeman. 1987. Evaluation of Sweet Sorghum for fermentable sugar productioin potential. Crop Science. 27:788-793.
24 - Vietor, D.M., F.R. Miller, and H.T. Carde. 1990. Nonstructural carbohydrates in auxilary branches and main stem of senescent and nonsenescent Sorghum type. Crop Science. 30:97-100.
25 - Zanini, J.R. 1990. Influence of physiological maturation on production and quality of seed on the industrial yield of Sweet Sorghum. Agronomy Brasileira. 25:881-888.