مجله به‌زراعی نهال و بذر
جلد ۲-۲۵، شماره ۱، سال ۱۳۸۸

اثر رقابتی علف هرز تاج خروس (*Amaranthus retroflexus* L.) بر عملکرد و بیوماس سورگوم دانه‌ای (*Sorghum bicolor* L. Moench)

Pigweed(*Amaranthus retroflexus* L.) Competition Effects on Grain and Biomass Yield of Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench)

سیدعلیرضا بهشتی[۱] و سیدرضا موسوی سروینه باغی[۲]

۱- استادیار، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، مشهد
۲- استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی تربت جام

تاریخ دریافت: ۱۳۸٦/۷/٦ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۷/۷/۲۷

چکیده

بهشتی، س. ع.، و موسوی سروینه باغی، س. ر. ۱۳۸۸. اثر رقابتی علف هرز تاج خروس (*Amaranthus retroflexus* L.) بر عملکرد و بیوماس سورگوم دانه‌ای (*Sorghum bicolor* L. Moench). **مجله به‌زراعی نهال و بذر ۲-۲۵:** ۴۹ - ۳۳.

به منظور بررسی اثر رقابتی تاج خروس و سورگوم در سطوح مختلف تراکم گیاهی، آزمایشی در سال ۱۳۸٤ در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی مشهد به اجرا در آمد. این مطالعه بر اساس روش سری‌های افزایشی (مدل واکنش) به صورت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. آزمایش دارای دوعامل تراکم تاج خروس در چهار سطح (۰، ۲، ۸ و ۱٦ بوته در متر مربع) و تراکم سورگوم در سه سطح (۱۰، ۱۵ و ۳۰ بوته در متر مربع) بود. نتایج نشان داد که تراکم تاج خروس اثر معنی‌داری ($p<0.01$) بر بیوماس و عملکرد اقتصادی سورگوم داشت و با افزایش تراکم تاج‌خروس بیوماس و عملکرد اقتصادی سورگوم کاهش نشان داد. بالاترین کاهش عملکرد بیوماس و دانه سورگوم در تراکم ۱٦ بوته در متر مربع تاج‌خروس مشاهده شد. با افزایش تراکم در واحد سطح رقابت بین گونه‌ای شدت یافت که منجر به کاهش بیوماس سورگوم شد. تراکم سورگوم اثر معنی‌داری بر رقابت سورگوم و تاج‌خروس داشت و افزایش تراکم سورگوم، توان رقابتی سورگوم را افزایش و موجب کاهش خسارت ناشی از تاج خروس شد. افزایش تراکم سورگوم همچنین رقابت درون گونه‌ای تاج خروس را کاهش داد.

واژه‌های کلیدی: سورگوم دانه‌ای، تاج خروس، رقابت درون و بین گونه‌ای، مدل واکنش.

مقدمه

علف‌های هرز از زمان شروع کشاورزی همراه بوده‌اند. عمده‌ترین هدف انسان از کنترل علف‌های هرز آن است که بتواند بدین وسیله یعنی حدود ده هزارسال پیش همواره با انسان بارآوری محصول را در سال‌های مختلف حفظ

نویسنده مسئول: arbeheshti81@yahoo.com

کند. بر اساس برآوردهای انجام شده حدود ۱۰تا۱۵ در صد کل ارزش تجاری تولیدات مزرعه بر اثر خسارت علف‌های هرز از دست می‌رود. برای مثال این خسارت برای ذرت حتی تا ۹۵ درصد نیز گزارش شده است (Dalley *et al.*, 2006).

اگر علف‌های هرز مزارع کنترل نشوند، عملکرد گیاهان زراعی بسته به توانایی رقابتی علف‌های هرز، بین ۱۰ تا ۱۰۰ در صد کاهش می‌یابد. از طرف دیگر علی‌رغم کنترل شدیدی که در بیشتر سیستم‌های کشاورزی انجام می‌شود، رقابت علف‌های هرز باعث ۱۰درصد کاهش در تولیدات کشاورزی می‌شود (Kropff and Wanlaar, 1993).

رقابت از موضوعات کلیدی در مباحث اکوفیزیولوژیک جوامع گیاهی است. در این نوع تداخل علف‌های هرز از طریق همجواری با گیاه زراعی، برای جذب منابع نور، آب و مواد غذایی به رقابت پرداخته و رشد ونمو و عملکرد گیاهان زراعی را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Evans *et al.*, 2003؛ Knezevic *et al.*, 2002).

بدیهی است که فشار تداخل علف‌های هرز بسته به تراکم و توان رقابتی گونه علف هرز در مراحل مختلف نمو گیاه زراعی متفاوت است (Kropff *et al.*, 1992؛ Aldrich and Kermer, 1997؛ Sangakkara and Stamp, 2006).

سورگوم در بین غلات بعد از گندم، برنج، ذرت و جو در تولید جهانی مقام پنجم را داراست. در نواحی خشک، در کشورهای توسعه نیافته سورگوم مهم‌ترین غذای مردم به خصوص کشاورزان است و برای تهیه غذا و نان از آن استفاده می‌شود. در کشورهای هند، چین، نیجریه هم از سورگوم نوشیدنی‌های مختلف تهیه می‌کنند. از سورگوم برای تولید اتانل نیز استفاده می‌شود. به طور معمول ۱۲درصد از سورگوم تولید شده در آمریکا صرف تولید اتانل می‌شود (Hani *et al.*, 1996)).

گیاهچه‌های سورگوم دانه‌ای به آهستگی رشد می‌کنند و رقیب ضعیفی برای اغلب علف‌های هرز هستند بنابراین برای کنترل علف‌های هرز در سورگوم دانه‌ای نسبت به ذرت، پنبه و سویا گزینه‌های محدودتری وجود دارد. سورگوم دانه‌ای تحمل کمتری نسبت به علف‌کش‌های باریک و پهن برگ کش نشان می‌دهد. حتی به میزان کمی از علف‌کش‌های توصیه شده برای سورگوم نیز آسیب می‌بینند (Hani *et al.*, 1996).

تاج خروس یکی از مهم‌ترین و اصلی‌ترین علف‌های هرز جهان است و در اکثر مناطق معتدله و گرمسیری دنیا یافت می‌شود. تاج خروس عملکرد گیاهان زراعی را از طریق رقابت کاهش می‌دهد. گزارش شده است که تاج خروس با تراکم ۱۴ بوته در متر ردیف سویا موجب خسارتی معادل ۵۵ درصد شده و یک بوته تاج خروس ریشه قرمز به تنهایی باعث کاهش عملکرد سویا به میزان ۱۸ درصد شده

است (Santenlman *et al.*, 1971).

درصد اُفت عملکرد ذرت در تراکم‌های مختلف ۰/۵، ۱، ۲، ۴ و ۸ بوته در متر ردیف تاج خروس وقتی که همزمان با ذرت کشت شده بود، به طور متوسط بین ۵ تا ۳۴ در صد گزارش شده است (Knezevic *et al.*, 1994a,b).

رشد سریع ریشه تاج خروس در مقایسه با سورگوم در توانایی آن برای رقابت موثر با سورگوم سهیم است. در آزمایشی که به منظور اثر رقابت تاج خروس در سورگوم دانه‌ای انجام شد، سطوح مختلف رقابت از طریق کشت تاج خروس درتراکم‌های ۰/۵ ، ۲ ، ۳ ، ۴ و ۱۲ بوته در متر ردیف که به طور همزمان با کشت سورگوم و در مرحله ۳ تا ۵ برگی سورگوم اعمال شد، نشان داد که متوسط کاهش عملکرد سورگوم در تراکم ها و زمان‌های سبز شدن مختلف و در دو محل متفاوت اجرای آزمایش بین ۳ تا ۴۶ درصد بود (Knezevic *et al.*, 1994a).

تحقیقات نشان می‌دهد که یک بوته تاج خروس با ۳۰ سانتی‌متر فاصله از سورگوم اگر تا مرحله ۳ برگی سورگوم کنترل نشود تا ۱۰ درصد عملکرد این گیاه را کاهش می‌دهد. هجوم سنگین این علف هرز در دو هفته اول بعد از جوانه‌زنی سورگوم قادر به کاهش تا ۲۰ درصد عملکرد است. هجوم علف هرزدر اواخر فصل رشد تاثیر کمتری بر عملکرد داردامما ممکن است تاحدی بیوماس را کاهش دهد (Hani *et al.*, 1996).

زیزکا (Ziska, 2003) گزارش کرد در حضور تاج‌خروس ریشه قرمز و در غلظت معمول دی‌اکسیدکربن جو بیوماس سرپای سورگوم کاهش معنی‌داری یافت، اما کاهش عملکرد دانه معنی‌دار نبود. در غلظت بالای CO_2(۲۵۰ ppm)بیشتر از حد معمول) این کاهش برای هر دو صفت یاد شده معنی‌دار بود.

آزمایش‌های سیستماتیک مبنای بهتری برای کمی کردن رقابت در مقایسه با روش جایگزینی فراهم آورده است. دو طرح برای توصیف پاسخ به تراکم‌های نسبی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد که شامل سری متمم و سری‌های افزایشی (مدل واکنش) یا طرح فاکتوریل است. بیش از هر چیز این طرح‌ها بیانگر رهیافتی برای ارزیابی روابط رقابتی با بهره‌گیری از گستره‌ای از تراکم‌ها و نسبت‌ها هستند (Kropff and Vanlaar, 1993؛ Kropff *et al.*, 1992) این مطالعه با هدف ارائه شاخص‌های کمی در ارتباط با وضعیت و توان رقابتی تاج‌خروس و اثر آن بر کاهش عملکرد بیولوژیک و اقتصادی سورگوم دانه‌ای به اجرا در آمد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در سال زراعی ۱۳۸۴ در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی مشهد واقع در منطقه طرق در شش کیلومتری جنوب شرقی مشهد در عرض جغرافیایی °۳۶ وَ ۱۶ شمالی و طول جغرافیایی

°۵۹ وَ ۳۸ شرقی با ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا به اجرا در آمد. متوسط بارندگی ۲۸۶ میلی‌متر و آب و هوای آن براساس روش آمبرژه خشک و سرد است. بافت خاک سیلتی‌لوم و زمین در سال قبل از اجرای طرح آیش بود. آزمایش براساس طرح سری‌های افزایشی (مدل واکنش) و به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. آزمایش دارای دو عامل شامل تراکم تاج‌خروس در چهار سطح (۰، ۲، ۸ و ۱۶بوته در متر مربع) و تراکم سورگوم دانه‌ای در سه سطح (۱۰، ۱۵ و ۳۰ بوته در متر مربع) بود.

پس از آماده‌سازی زمین به روال معمول ایستگاه تحقیقاتی شامل شخم سبک، دیسک و لولر، عملیات کاشت بذر سورگوم دانه‌ای (لاین امید بخش M5 حاصل آزمایش‌های به نژادی در مشهد) و تاج خروس در یک مرحله و در تاریخ ۲۶ اردیبهشت ماه ۱۳۸۴ به صورت خشکه‌کاری و با دست در عمق پنج سانتی‌متری برای سورگوم و عمق دو سانتی‌متری برای تاج‌خروس با فواصل بین ردیف ۶۵ سانتی‌متردر چهار خط به طول شش متر انجام شد. مصرف کود بر اساس آزمون خاک از طریق نمونه‌برداری مرکب به ترتیب به میزان ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفات آمونیوم و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم به عنوان کود پایه قبل ازکاشت و میزان ۱۰۰ کیلوگرم کود اوره در دو مرحله ۴ برگی و ۹ برگی سورگوم به عنوان سرک انجام شد. بر روی هر پشته بذر سورگوم در یک ردیف (وسط پشته) کاشته شد. بذر تاج خروس نیز، در همان روز بر روی پشته به شکل نامنظم کاشته شد. عملیات داشت از جمله آبیاری به صورت نشتی با استفاده از سیفون در دوره‌هایی ۷ تا ۹ روزه اعمال شد. تراکم‌های مطلوب بر اساس تیمارهای مورد نظر در مراحل دو برگی و چهار برگی سورگوم از طریق تنک به وسیله دست برای سورگوم و تاج خروس با شمارش بوته در کرت تنظیم شد. عملیات برداشت سورگوم و تاج خروس در تاریخ ۱۶ مهر در طول سه متر از هر دو ردیف میانی هر کرت انجام شد. طی آن وزن کل بوته‌ها و وزن دانه در بوته‌های سورگوم و تاج خروس اندازه‌گیری شد. وزن بیوماس سورگوم و تاج‌خروس براساس وزن خشک سه بوته که در آون به مدت ۴۸ ساعت در درجه حرارت ۷۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری شده بود توزین و محاسبه شد. عملکرد دانه سورگوم نیز بر اساس رطوبت ۱۲ درصد تصحیح و محاسبه شد.

برای بررسی اثر رقابتی علف هرز تاج‌خروس و پیش‌بینی کاهش عملکرد سورگوم، مدل رگرسیون سه پارامتره کوزنس (Cousens *et al.*, 1988) به داده‌های آزمایشی بر اساس معادله (۱) برازش شد.

$$Y = Y_{wf}\left[1-\frac{ID}{100\left(1+\frac{ID}{A}\right)}\right] \qquad \text{معادله (۱)}$$

که در آن Y عملکرد برآورد شده، Y_{wf}

عملکـرد در شـرایط عـاری از علـف هـرز، D تراکم علف هرز، I درصد کـاهش عملکـرد به ازای هر بوته علف هرز زمانی که تراکم علف هـرز بـه سـمت صـفر میـل مـی‌کنـد، A درصـد کاهش عملکرد زمانی که تراکم علـف هـرز بـه بی‌نهایت میل می‌کند.

بـرای بـه دسـت آوردن تلفـات عملکـرد از بـرازش داده‌هـا توسـط مـدل دو پـارامتره کـوزینس (Cousens *et al.*, 1988) در معادله(۲) استفاده شد.

معادله(۲)
$$YL = \frac{ID}{\left(1+\frac{ID}{A}\right)}$$

در ایـن معادلـه YL تلفـات عملکـرد محصول زراعی است.

شـاخص رقابـت درون گونـه‌ای برابـر معادلـه (۳) توصـیف شـد (Aldrich *et al.*, 1987).

معادله(۳)
$$S = \frac{I}{A}$$

کـه در آن S شـاخص رقابـت درون گونـه‌ای، I تلفـات عملکـرد گیـاه زراعـی هنگامی که تراکم علف هرز به سـمت صـفر میل می‌کند، A حـداکثرتلفات عملکردگیـاه زراعی هنگامی که تراکم علف هرزبه سمت بی‌نهایت میل می‌کند. برای به دسـت آوردن پارامترهـای A وI در مـدل فـوق از بـرازش داده‌هـا توسـط مـدل دو پـارامتره کـوزینس معادله (۲) استفاده شد.

برای محاسبه شاخص برداشـت از معادلـه (۴) استفاده شد.

معادله(۴)
$$HI = \frac{YA}{YB} \times 100$$

HI شاخص برداشت، YA عملکرداقتـصادی در واحـد سـطح و YB عملکـرد بیولوژیـک در واحد سطح است. در این آزمـایش بـرای آنـالیز واریـانس داده‌هـا از نـرم‌افـزار MSTAT-C و جهـت آنـالیز رگرسـیون از نـرم افـزار Sigmaplot ver 7 استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌هـا بـرای صفات عملکرد دانه، عملکرد بیوماس وشـاخص برداشـت سـورگوم در جـدول (۱) آورده شـده است. نتایج نشان داد که اثر تراکم تاج‌خروس بر عملکـرد بیومـاس سـورگوم معنـی‌دار($p<0.01$) بـود. زیمیـدال (Zimdahl, 1980) نیـز اظهـار داشت با افزایش تراکم تاج‌خروس در سـورگوم عملکرد سورگوم کاهش یافت که مطـابق نتـایج به دست آمده از این آزمایش بود.

اثر تراکم سورگوم نیـز بـر عملکـرد بیومـاس سـورگوم معنـی‌دار ($p<0.01$) بـود (جـدول ۱). نتایج به دست آمده از معادلات بـرازش یافتـه از طریق مدل سه پارامتری کوزنس (معادلـه ۱) اثـر رقابتی تاج‌خروس بر بیوماس سـورگوم را تبیـین واین معـادلات نیـز نـشان دادنـد کـه بـا افـزایش تراکم تـاج‌خـروس عملکـرد بیومـاس سـورگوم کاهش یافت (جدول ۲).

ملاحظـه مـی‌شـود کـه بـا افـزایش تـراکم سورگوم حداکثر عملکرد بیومـاس سـورگوم در

جدول۱-تجزیه واریانس عملکرد دانه ، بیوماس و شاخص برداشت سورگوم در تراکم‌های مختلف سورگوم و تاج خروس

Table 1. Analysis of variance for grain yield, biomass and harvest index of sorghum in different sorghum and pigweed densities

S.O.V.	منابع تغیرات	درجه آزادی df.	میانگین مربعات M S		
			عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیوماس Biomass yield	شاخص برداشت Harvest index
Replication	تکرار	2	0.017^{ns}	0.448^{**}	1.378^{ns}
Sorghum density (S)	تراکم سورگوم	2	0.151^{**}	5.631^{**}	14.699^{ns}
Pigweed density (P)	تراکم تاج خروس	3	0.099^{**}	1.973^{**}	9.220^{ns}
S×P	تراکم تاج خروس×تراکم سورگوم	6	0.024^{ns}	0.257^{*}	15.932^{ns}
Error	خطا	22	0.014	0.094	15.608
C. V.%	ضریب تغییرات		24.63	12.09	20.57

ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.

ns, * and **: Not significant, significant at 5% and 1% levels of probability, respectively.

جدول ۲-پارامترهای معادله هذلولی به کار رفته شده برای تعیین عملکرد اقتصادی و بیوماس سورگوم دانه ای در سطوح مختلف تراکم سورگوم

Table 2. Parameters of parabolic equation used for determination of sorghum biomass and economic yield in different sorghum densities

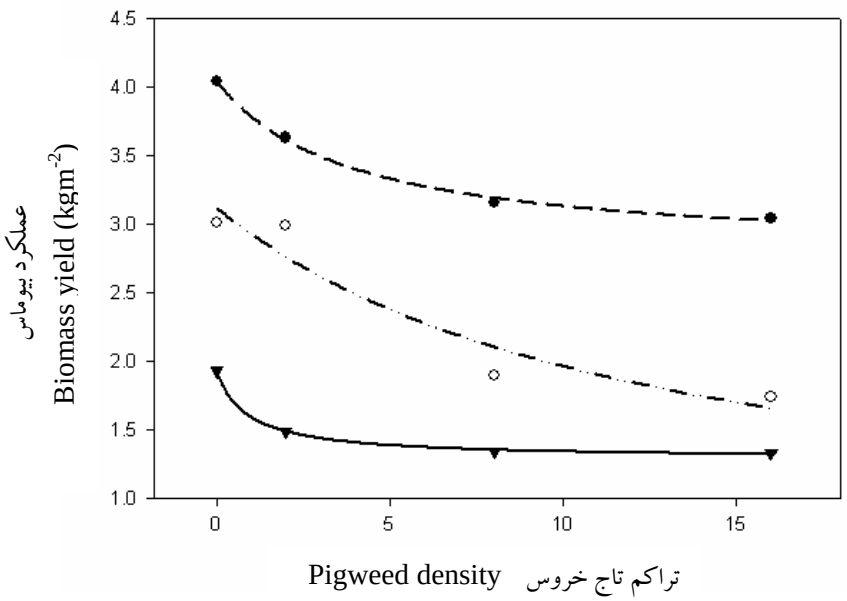
Index	Density	YWF (kgm^2)	I %	A %	R^2	Probability level
بیوماس Biomass (kgm^{-2})	30	4.045 (0.01)*	8.10 (0.68)	31.43 (0.68)	0.99	P<0.0001
	15	3.12 (0.1)	6.68 (2.53)	83.70 (26.41)	0.91	P<0.0001
	10	1.93 (0.018)	14.02 (1.93)	38.24 (1.60)	0.98	P<0.0001
	Total	3.02 (0.04)	7.24 (1.55)	48.22 (5.32)	0.99	P<0.0001
عملکرد دانه Grain yield (kgm^{-2})	30	0.764 (0.01)	3.59 (0.87)	69.70 (21.24)	0.96	P<0.0001
	15	0.648 (0.002)	8.33 (0.25)	103.90 (2.72)	0.99	P<0.0001
	10	0.380 (0.002)	11.20 (0.75)	35.52 (0.77)	0.99	P<0.0001
	Total	0.593 (0.003)	5.99 (0.44)	68.06 (3.96)	0.99	P<0.0001

Standard Error

شرایط عاری از علف هرز (YWF) بر مبنای مدل، افزایش نشان داد و مقدار آن برای تراکم‌های ۳۰، ۱۵ و ۱۰ بوته در مترمربع سورگوم به ترتیب ۴/۰۵، ۳/۱۲ و ۱/۹۳ کیلوگرم در متر مربع بود. افزایش تراکم سورگوم از ۱۰ به ۳۰ بوته موجب افزایش ۵۳ درصد در عملکرد بیوماس شد. کاهش عملکرد بیوماس سورگوم در اثر رقابت تاج‌خروس در هر سه تراکم سورگوم بر مبنای مدل ذکر شده معنی‌دار ($p<0.0001$) بود. کاهش بیوماس سورگوم نسبت به تک بوته تاج‌خروس هنگامی که تراکم تاج‌خروس به سمت صفر میل می‌کند (پارامتر I در معادله هذلولی) تحت تاثیر تراکم سورگوم قرار گرفت و میزان تغییرات آن در تراکم‌های ۱۰، ۱۵ و ۳۰ به ترتیب ۱۴/۰۲، ۶/۶۸ و ۸/۱ بود. بیشترین میزان I در تراکم ۱۰ سورگوم دیده شد. این امر حاکی است که در تراکم‌های پایین گیاه زراعی در مقایسه با تراکم مطلوب میزان خسارت علف‌های هرز به ازای هر تک بوته علف هرز افزایش می‌یابد.

حداکثر تلفات بیوماس سورگوم در تراکم‌های بالای تاج‌خروس (پارامتر A) نیز بیانگر برتری سورگوم در رقابت با تاج‌خروس در تراکم بالا نسبت به تراکم پائین و به ویژه تراکم ۱۵ بوته در متر مربع (تراکم مطلوب) این گیاه بود. مقدار پارامتر A در تراکم‌های ۱۰، ۱۵ و ۳۰ سورگوم به ترتیب از ۳۸/۲۴، ۸۳/۷ و ۳۱/۴۳ متغیر بود. بین دو تراکم ۱۰ و ۳۰ بوته در مترمربع حداکثر تلفات بیوماس سورگوم تفاوت چندانی مشاهده نشد، اما بیشترین میزان پارامتر A در تراکم ۱۵ بوته بود. میزان اختلاف این پارامتر با پارامتر I دراین تراکم موید بالا رفتن نقش رقابت بین گونه‌ای تاج‌خروس در این تراکم بود. این امر حاکی است که در غیاب علف هرز و در تراکم مطلوب سورگوم، تلفات بیوماس بسیار کمتر از حضور علف هرز به ویژه در تراکم‌های بالای علف هرز تاج‌خروس است (مقایسه ۶/۶۸ و ۸۳/۷).

شکل ۱ رابطه بین بیوماس سورگوم و تراکم تاج‌خروس را بر مبنای مدل هذلولی سه پارامتره، در سه تراکم سورگوم نشان می‌دهد با افزایش تراکم تاج‌خروس میزان بیوماس سورگوم کاهش یافته است و در تراکم ۱۵ سورگوم درصد کاهش شدیدتری نسبت به تراکم بالا و پایین سورگوم نشان می‌دهد. به نظر می‌رسد در تراکم بالا به دلیل قدرت رقابت بیشتر سورگوم نسبت به تاج خروس (رقابت بین گونه‌ای) و در تراکم پایین به دلیل وجود فضا و مواد غذایی کافی برای رشد تاج‌خروس و سورگوم شیب کاهش بیوماس سورگوم نسبت به تراکم ۱۵ بوته در مترمربع تاج خروس کمتر بوده است). زیمدال (Zimdahl *et al.*, 1980) نیز اظهار داشتند با افزایش تراکم تاج‌خروس در سورگوم عملکرد سورگوم کاهش یافت که با نتایج کسب شده از این بررسی مطابقت دارد. اثر تراکم تاج‌خروس و تراکم سورگوم برعملکرد دانه سورگم نیز معنی‌دار ($p<0.01$) بود (جدول ۱).



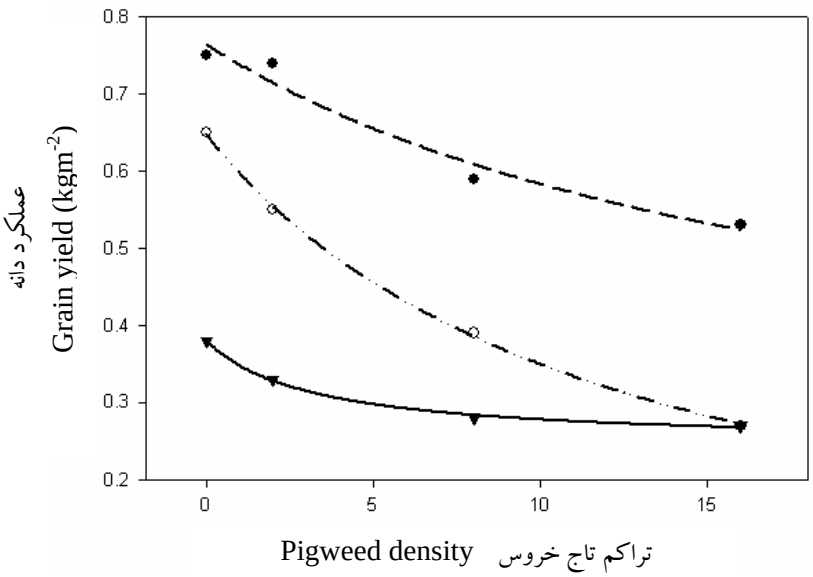
شکل ۱- رابطه بین عملکرد بیوماس سورگوم و تراکم تاج‌خروس بر مبنای معادله سه پارامتری هذلولی در تراکم‌های ۳۰ (—●—)، ۱۵ (-○-) و ۱۰ (—▼—)بوته در مترمربع سورگوم (نشانه‌ها اعداد واقعی و خطوط معادلات برازش داده شده هستند)

Fig. 1. Relationship between sorghum biomass yield and density of pigweed in three parameter of parabolic equation at 30(—●—),15(-○-) and 10(—▼—) pm^{-2} sorghum density (simbols shown real data and lines are fitted equation)

افزایش تراکم تاج‌خروس عملکرد دانه سورگوم را به طور معنی‌داری ($p<0.01$) کاهش داد و از طرفی افزایش تراکم سورگوم نیز موجب افزایش عملکرد دانه شد. اثر متقابل تراکم سورگوم در تاج‌خروس بر عملکرد بیوماس ($p<0.05$) معنی‌دار بود هر چند این اثر بر عملکرد دانه معنی‌دار نبود (جدول ۱). محققین زیادی کاهش عملکرد دانه گیاهان زراعی را در شرایط رقابت با تاج‌خروس تایید کرده‌اند(Kropff *et al.*, 1992؛ Knezevic *et al.*, 1994a,b).

همانند عملکرد بیوماس برای تبیین اثر رقابتی تاج‌خروس بر روی عملکرد دانه سورگوم از معادله سه پارامتری هذلولی کوزنس استفاده شد (جدول ۲). حداکثر عملکرد دانه بر آورد شده در شرایط عاری از علف هرز (YWF) با افزایش تراکم از ۱۰ به ۳۰ بوته ۵۰/۲ درصد افزایش نشان داد. افزایش تراکم سورگوم از ۱۰ به ۳۰ بوته سبب کاهش ۶۷/۹۵ درصدی پارامتر I شد که نشان‌دهنده کاهش تلفات عملکرد سورگوم مربوط به تک بوته تاج‌خروس در تراکم بالای سورگوم است. همچنین به همراه افزایش تراکم تاج‌خروس دامنه اختلاف عملکرد بین تراکم‌های مطلوب و پایین سورگوم کاهش یافت وهمانند آنچه برای زیست توده (بیوماس) در سورگوم قبلاً عنوان شد در تراکم

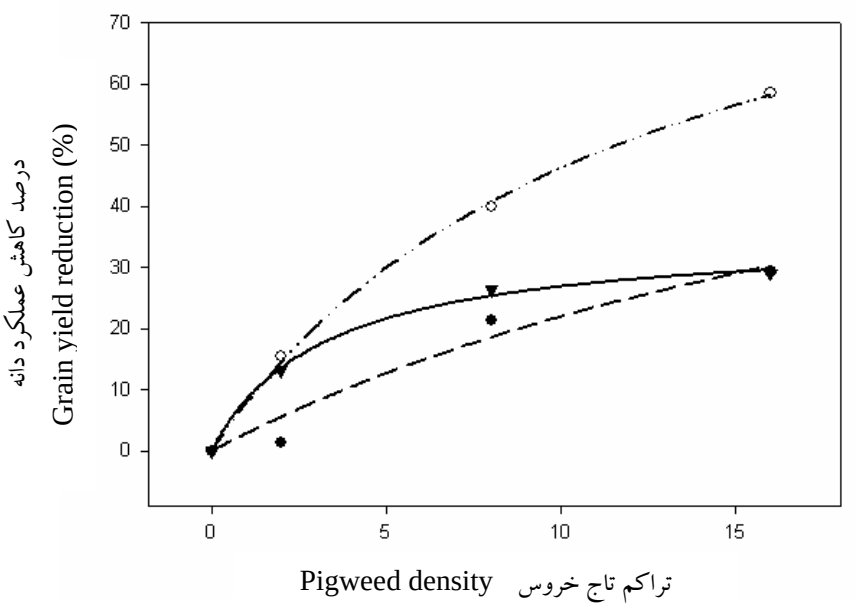
مطلوب تلفات عملکرد دانه در مقایسه با تراکم بالای سورگوم، به دلیل رقابت بین گونه‌ای بیشتر سورگوم در تراکم بالای این محصول، بیشتر است و در تراکم با لای تاج‌خروس وتراکم مطلوب سورگوم کاهش عملکرد در حد تراکم پایین سورگوم افزایش نشان داد (شکل ۲).



شکل ۲-رابطه بین عملکرد دانه سورگوم و تراکم تاج‌خروس بر مبنای معادله سه پارامتری هذلولی در تراکم‌های ۳۰ (—●—)، ۱۵ (-○-) و ۱۰ (—▼—)بوته در متر مربع سورگوم (نشانه‌ها اعداد واقعی و خطوط معادلات برازش داده شده هستند)

Fig. 2. Relationship between sorghum grain yield and pigweed density on parabolic three parameter of parabolic equation at 30(—●—),15(-○-) and 10(—▼—) pm^{-2} sorghum density (simbols shown real data and lines are fitted equation)

درصد کاهش عملکرد دانه سورگوم در هر سطح از تراکم سورگوم نسبت به عملکرد آن در شرایط عاری از علف هرز با استفاده از معادله دو پارامتری کوزنس (معادله ۲) محاسبه شد و داده‌های حاصل از آن به معادله مذکور برازش داده شدند. نتایج نشان داد که تلفات عملکرد دانه سورگوم با افزایش تراکم تاج‌خروس افزایش یافت.رابطه تراکم تاج‌خروس و درصد تلفات عملکرد دانه سورگوم نسبت به شاهد در سه تراکم سورگوم در شکل ۳ نشان داده شده است. همان‌طور که دراین شکل پیداست با افزایش تراکم تاج‌خروس میزان کاهش تلفات عملکرد دانه سورگوم نسبت به کشت خالص آن در هر سه تراکم سورگوم افزایش یافت که میزان این افزایش در تراکم ۱۵ سورگوم بیشتر از مقدار آن در دیگر تراکم‌های سورگوم است. این امر نشان‌دهنده کاهش اثر رقابتی تاج‌خروس و



شکل۳-رابطه تراکم تاج‌خروس و درصد تلفات عملکرد دانه سورگوم نسبت به شاهد در سطوح مختلف تراکم سورگوم منطبق بر معادله دوپارامتری کوزنس در تراکم‌های ۳۰ (–●–)، ۱۵ (–○–) و ۱۰ (–▼–)بوته در متر مربع سورگوم (نشانه‌ها اعداد واقعی و خطوط معادلات برازش داده شده هستند)

Fig. 3. Sorghum grain yield loss percent and pigweed density relationship compared with check on different sorghum density basis on cousens two parameter equation at 30(–●–),15(–○–) and 10(–▼–) pm^{-2} sorghum density (simbols shown real data and lines are fitted equation)

تعدیل آن در تراکم ۳۰ و ۱۰ سورگوم است.

با توجه به جدول ۳ درصد تلفات عملکرد در تراکم پایین تاج‌خروس (پارامتر I)، در تراکم پایین سورگوم بیش از سایر تراکم‌ها بود،که با افزایش تراکم سورگوم از ۱۰ به ۳۰ بوته موجب کاهش ۷۲/۸۳ درصدی در پارامتر I شد.درصد بالاتر پارامتر I در تراکم پایین تاج‌خروس نشان‌دهنده فشار رقابتی بالای تاج‌خروس در تراکم‌های پایین گیاه زراعی است و با افزایش تراکم سورگوم فشار ناشی از علف هرز کاهش یافته و درصد تلفات عملکرد دانه سورگوم در تراکم‌های پائین علف هرز کاهش می‌یابد.

حداکثر تلفات عملکرد دانه سورگوم در واحد سطح (پارامترA) نیز تحت تاثیر تراکم قرار گرفت. به طوری که با افزایش تراکم سورگوم حداکثر تلفات در واحد سطح نسبت به تراکم پایین افزایش یافت. در تراکم‌های ۱۰ و ۱۵ سورگوم به ترتیب از ۳۵/۴۸ به ۱۰۱/۶ افزایش وسپس در تراکم ۳۰ به ۸۰/۹۵ درصد کاهش یافت. بیشترین میزان پارامتر a مربوط به تراکم ۱۵ سورگوم است که نشان‌دهنده رقابت بین گونه‌ای بالای تاج‌خروس با سورگوم در این تراکم است. با افزایش تراکم سورگوم از ۱۰ به ۳۰ بوته این پارامتر ۵۶/۱۷ در صد افزایش نشان

جدول ۳- پارامترهای معادله هذلولی به کار گرفته شده برای تبیین رابطه بین درصد کاهش عملکرد دانه سورگوم و تراکم تاج‌خروس در سطوح مختلف تراکم سورگوم

Table 3. Parabolic equation parameter for determined sorghum yield loss and pigweed density relation in different sorghum densities

Sorghum density	I %	A %	R^2	Probability level	S
30	3.01 (0.61)*	80.95 (32.09)	0.95	P<0.0001	0.037
15	8.5 (0.2)	101.6 (2.39)	0.99	P<0.0001	0.084
10	11.08 (0.58)	35.48 (0.73)	0.99	P<0.0001	0.312

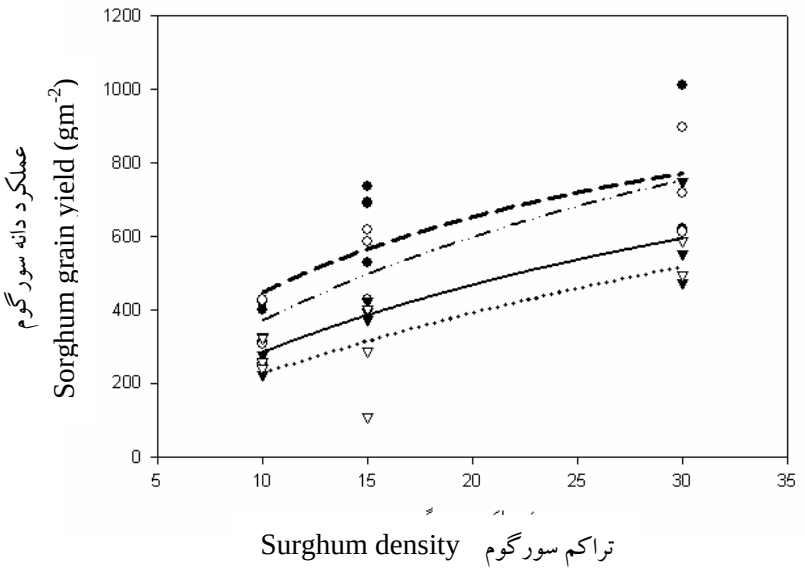
* Standard Error

داد. این پارامتر از این جهت که خسارت علف هرز در تراکم بالا را نشان می‌دهد حائز اهمیت است. به نظر می‌رسد با افزایش تراکم سورگوم به تنهایی نمی‌توان اثر منفی علف هرز را کاهش داد و اهمیت مدیریت تلفیقی بیشتر محسوس است. استولر و همکاران (Stoller *et al.*, 1987) همین نتیجه را در تداخل علف هرز با سویا گزارش کردند.

پارامتر s (معادله ۳) که شاخص تداخل درون گونه‌ای تاج‌خروس است نیز این نتایج را تایید می‌کند. همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود با افزایش تراکم سورگوم از ۱۰ به ۳۰ بوته مقدار این پارامتر کاهش یافت و از ۰/۳۱۲ در تراکم ۱۰ سورگوم به ۰/۰۳۷ در تراکم ۳۰ سورگوم رسید که نشان‌دهنده بالا بودن رقابت درون گونه‌ای تاج خروس در تراکم پایین سورگوم است.

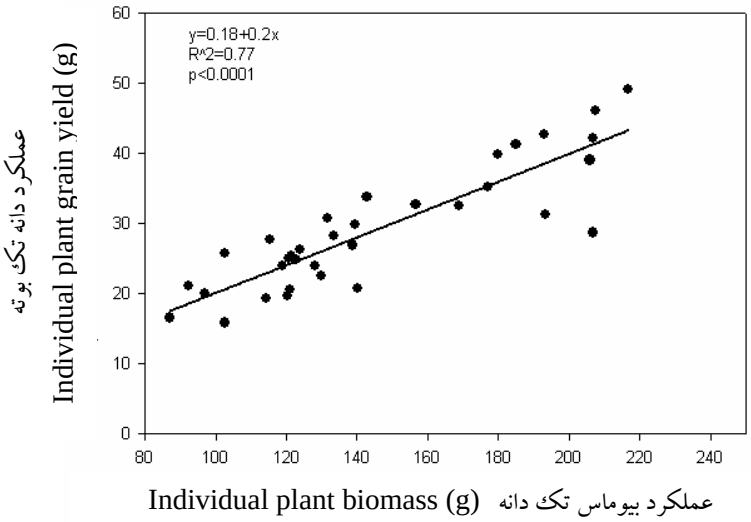
شکل ۴ افزایش عملکرد دانه سورگوم را با افزایش تراکم در حالت آلوده به علف هرز و عاری از علف هرز نشان می‌دهد. عملکرد دانه سورگوم در هر دو حالت آلوده به علف هرز و عاری از علف هرز با افزایش تراکم سورگوم افزایش یافت. افزایش تراکم علف هرز یا رقابت تاج‌خروس سبب تشدید اثر آن بر تولید دانه در واحد سطح شد، هر چند. شیب منحنی افزایش عملکرد مربوط به تراکم‌های سورگوم در شرایط عاری از علف هرزو آلوده به تاج خروس تقریباً یکسان بود. در همه تیمارهای آلوده به علف هرز میزان عملکرد دانه در واحد سطح کمتر از کشت خالص بود. اسواوتون و همکاران (Swavton *et al.*, 1994) اظهار داشتند با بالا بردن تراکم گیاه زراعی عملکرد در واحد سطح در حضور علف هرز افزایش می‌یابد که مطابق نتایج به دست آمده در این مطالعه بود.

شکل ۵ همبستگی بین بیوماس تک بوته و



شکل ۴- واکنش عملکرد دانه سورگوم به افزایش تراکم گیاهی در شرایط عاری از علف هرز(–●–)و تراکم‌های ۲ بوته (–○–)، ۸ بوته (–▼–) و ۱۶ بوته(••▽••) تاج‌خروس (نشانه‌ها اعداد واقعی و خطوط معادلات برازش داده شده هستند)

Fig. 4. Response of sorghum grain yield to sorghum density increasing on weed free (–●–),2(–○–),8(–▼–) and 16(••▽••) pigweed pm^{-2}(simbols shown real data and lines are fitted equation)

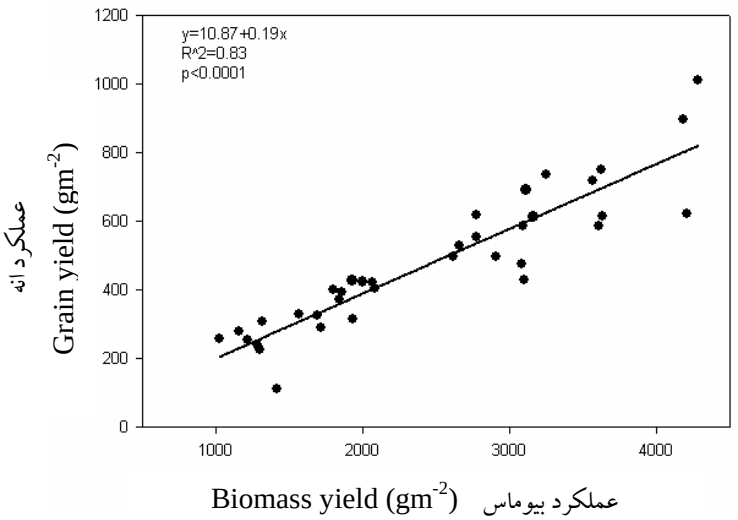


شکل ۵- رابطه بین بیوماس تک بوته و عملکرد تک بوته سورگوم (نشانه‌ها اعداد واقعی و خطوط معادلات برازش داده شده هستند)

Fig. 5. Relationship between sorghum individual plant biomass and individual plant grain yield (simbols shown real data and lines are fitted equation)

عملکرد دانه تک بوته را در سورگوم نشان می‌دهد. بیوماس اندام هوایی سورگوم در مرحله رسیدگی با عملکرد تک بوته در هر سه تراکم سورگوم همبستگی خطی مثبت و معنی‌داری ($p<0.0001$) داشت. بر این اساس همزمان با افزایش بیوماس تک بوته سورگوم مقدار بذر تولیدی تک بوته افزایش یافت.

رابطه معنی‌داری ($p<0.0001$) بین تولید دانه

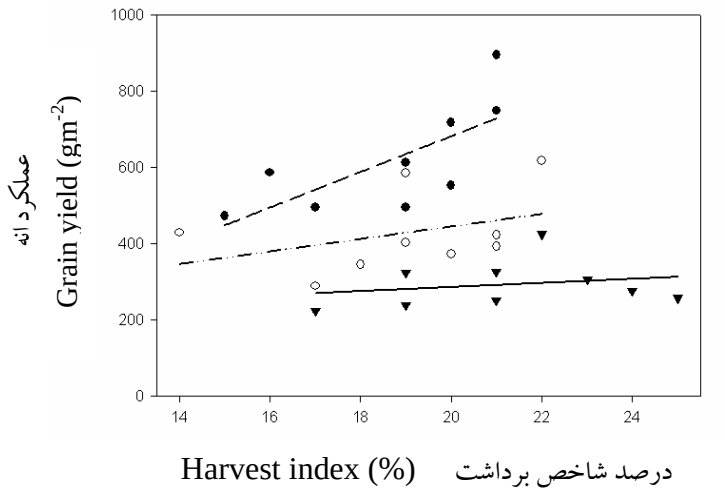


شکل ۶- رابطه بین بیوماس وعملکرد سورگوم در واحد سطح (نشانه‌ها اعداد واقعی و خطوط معادلات برازش داده شده هستند)

Fig. 6. Relationship between biomass and sorghum yield per metter/square (simbols shown real data and lines are fitted equation)

و بیوماس سورگوم در واحد سطح در تراکم‌های تاج‌خروس مشاهده شد و این برازش به خوبی توصیف شد (R^2=۰/۸۳). شکل ۶ شیب خط میزان تخصیص مواد برای تولید دانه را نشان می‌دهد. به عبارتی نشان‌دهنده سهمی از بیوماس است که به تولید بذر اختصاص یافته است.

اگرچه اثر هیچ‌کدام از منابع تغییر (تراکم سورگوم،تراکم تاج‌خروس و اثر متقابل تراکم سورگوم و تاج‌خروس)ج بر روی شاخص برداشت معنی‌دار نبود (جدول ۱)، اما با افزایش تراکم سورگوم ضریب شاخص برداشت کاهش و عملکرد بیوماس در واحد سطح افزایش یافت. کمترین میزان ضریب برداشت در واحد سطح متعلق به تراکم ۳۰ بوته سورگوم در متر مربع بود (شکل ۷). به نظر می‌رسد اثر رقابتی تاج‌خروس بر سورگوم سبب شده است که اختصاص مواد حاصل از فرایند فتوسنتز اگرچه موجب افزایش تجمع ماده خشک به صورت بیولوژیک شده است اما این مواد در مقصد به صورت دانه (عملکرد اقتصادی) تجمع نیافته است و در نهایت اثر رقابتی سبب کاهش شاخص برداشت در تراکم بالای گیاه زراعی شده است.



شکل ۷ – روند تغییرات شاخص برداشت در تراکم‌های ۳۰ (–●–)، ۱۵ (–○–) و ۱۰ (–▼–)بوته در متر مربع سورگوم (نشانه‌ها اعداد واقعی و خطوط معادلات برازش داده شده در شرایط رقابت با علف هرز هستند)

Fig. 7. Harvest index variation at 30(–●–),15(–○–) and 10(–▼–) pm^{-2} sorghum density (simbols shown real data and lines are fitted equation)

سپاسگزاری

آزمایش همکـا ری زیـادی داشـتند، قـدردانی و تشکر می‌شود. از آقای مهندس جعفریانی که در اجرای این

References

Aldrich, R. J. 1987. Perdicting crop yield reduction from weeds.Weed Technology 1: 199-206.

Aldrich, R. J., and Kermer, J. 1997. Prencipels of Weed Management . Iowa State University Press. Second edition. Iowa, USA.

Cousens, R., Firbank, L. G., Mortimer, A. M., and Smith, R. G. R. 1988. Variability in the relationship between crop yield and weed density for winter wheat and *Bromus sterilis*. Journal of Applied Ecology 25: 1033-1044.

Dalley, D. C., Bernards,L. M., and Kells, J. J. 2006. Effect of removal timing and row spacing on soil moisture in corn *(Zea mays* L*).*Weed Technology 20: 399-409.

Evans, P. S., Knezevic, Z. S., Lindquist, J. L., Shapiro, A. C. and Blankenship, E. E. 2003. Nitrogen application influences on the critical period for weed control in corn . Weed Science 51: 408-412.

Hani, Z., Ghosheh, D., and Jams, M. 1996. Influence of *Sorghum halepens* interference in field corn(*Zea mays*). Weed Science 44: 879-883.

Knezevic, Z. S., Evans, P. S., Van Acker,R. C., and Lindquist, J. L. 2002. Critical period for weed control: the concept and data analysis .Weed Science 50:773-786.

Knezevic, Z. S., Horak,M., and Vanderlip, R. 1994a. Relative time of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.) emergence is critical in pigweed-sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] competition. Weed Science 42: 502-508.

Knezevic, Z. S., Weise,S. D., and Swanton, C. J. 1994b. Interference of redroot pigweed(*Amaranthus retroflexus*) in corn(*Zea mays*).Weed Science 42: 568-573.

Kropff, M. J., and Vanlaar, H. H. 1993. Modeling Crop-Weed Interaction. CAB. International. Publishing. Wallingford, UK.

Kropff, M. J., Weaveer, S. S.,and Smils, M. A. 1992. Use of ecophysiological models for crop-weed interference: Relation among weed density, relative time of weed emergence, relative leaf area, and yield loss. Weed Science 40:296-301.

Sangakkara,V. R. and Stamp, P. 2006. Influence of different weed categories on growth and yields of maize (*Zea mays* L.) grown in a minor (dry) season of the humid. Journal of Plant Diseases and Protection 113: 81-85.

Santenlman, P. W., and Events L. 1971. Germination and herbicide susceptibility of six pigweed species. Weed Science 19: 51-59.

Stoller, E. W., Harrison, S. K.,Wax, L. W., Regnier, E. E.,and Nafziger, E. D. 1987. Weed interference in soybean (*Glycin max* L.). Weed Science 3: 155-181.

Swavton, S. M., Buhler, D. D., Forcella, F., Gunsolus, J. L., and King, R. P. 1994. Estimation of crop yield loss due to interference by multiple weed species. Weed Science 42: 103-109.

Zimdahl, R. L. 1980. Weed-Crop Competition:A Review. International Plant Protection Center, Corvallis, OR. 196 pp.

Ziska, L. H. 2003. Evaluation of yield loss in field-grown sorghum from a c3 and c4 weed as a function of increasing atmospheric carbon dioxide. Weed Science 51: 914-918.