

ارزیابی مدل‌های تجربی رقابت مبتنی بر تراکم، زمان نسبی سبز شدن و سطح برگ نسبی علف هرز، در شبیه سازی کاهش عملکرد ذرت (*Zea mays* L.) ناشی از تداخل سلمه تره (*Chenopodium album* L.).

سهراب محمودی^۱، داریوش مظاهری^۱، حمید رحیمیان مشهدی^۲، محمد رضا چایی‌چی^۲ و محمد علی باغستانی^۳

^۱گروه زراعت دانشگاه بیرجند، ^۲گروه زراعت دانشگاه تهران، ^۳مؤسسه تحقیقات آفات و بیماریهای گیاهی کرج

تاریخ دریافت: ۸۱/۱۲/۳؛ تاریخ پذیرش: ۸۲/۱۲/۱۰

چکیده

به منظور ارزیابی چهار مدل مختلف تجربی رقابت علف هرز با گیاه زراعی در مطالعه کاهش عملکرد ذرت ناشی از تداخل سلمه تره با آن، آزمایشی در سال ۱۳۸۰ در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی در مزرعه مؤسسه تحقیقات آفات و بیماریهای گیاهی کرج با ۳ تکرار به مرحله اجرا در آمد. تیمارها شامل ترکیب ۵ تراکم سلمه تره (۰، ۲، ۵، ۱۰ و ۱۵ بوته در متر مربع) در ۳ زمان سبز شدن آن (سبز شدن در مراحل V_2-V_3 ، V_4-V_5 و V_4-V_5 ذرت) بود. نتایج نشان داد که در تعیین درصد کاهش عملکرد ذرت، زمان سبز شدن سلمه تره از تراکم آن مهمتر می‌باشد. لذا مدل تراکم علف هرز نتوانست کاهش عملکرد ذرت را به خوبی برآورد کند و از خطای بالایی برخوردار بود ($R^2=0/38$ و $RMS=469/8$). کارایی این مدل در حالت کلی (همه زمانهای سبز شدن سلمه تره) رد شد ولی برآورد قابل قبولی در هر یک از زمانهای سبز شدن علف هرز داشت. پارامترهای این مدل نشان داد که رابطه بین تراکم سلمه تره و کاهش عملکرد ذرت، با تأخیر در زمان سبز شدن آن، از حالت هذلولی مستطیلی به حالت خطی گرایش می‌یابد. در مدل تراکم- زمان نسبی سبز شدن علف هرز، خطا به میزان زیادی کاهش یافت ($R^2=0/88$ و $RMS=91/3$) و قابلیت آن در شرایط آزمایش مورد تأیید قرار گرفت. بررسی این مدل نشان داد که سبز شدن سلمه تره پس از مرحله ۸ برگی ذرت (۴۵ DAE) نمی‌تواند عملکرد را کاهش دهد. بین مدل‌های مورد بررسی مدل دو پارامتری سطح برگ نسبی علف هرز، بهترین مدل شناخته شد ($R^2=0/91$ و $RMS=0/006$). نتایج حاصل از بررسی پارامتر ضریب خسارت نسبی این مدل (q) نیز نشان داد که در رقابت سلمه تره با ذرت، علف هرز رقیب قوی‌تری می‌باشد ($q=1/81$).

واژه‌های کلیدی: مدل‌های تجربی، رقابت، ذرت (*Zea mays* L.)، سلمه تره (*Chenopodium album* L.)

مقدمه

امروزه ضرورت کاربرد روشهای زراعی کم هزینه و سازگار با محیط زیست، دانشمندان علوم علف هرز را به یافتن روشهای مناسبتر مدیریت این گیاهان سوق داده و

سبب جهت‌گیری این علم به سوی روشهای تلفیقی پایدار شده است و عقیده بر این است که با استفاده از سیستم مدیریت تلفیقی علفهای هرز^۱ (IWM) می‌توان تولید را

1- Integrated weed management



ذرت^۲، در مرحله ۳-۲ برگی ذرت^۳ و در مرحله ۵-۴ برگی ذرت^۴ بود. بدین ترتیب امکان اعمال رقابت این علف هرز با تراکمهای ۰/۳، ۰/۷۵، ۱/۵ و ۲/۲۵ برابر تراکم ذرت در تاریخهای مختلف سبز شدن فراهم شد. هر کرت با عرض ۳ متر و طول ۱۰ متر مشتمل بر ۴ ردیف کاشت ذرت با فاصله ۷۵ سانتی متر بود.

رقم ذرت مورد استفاده، سینگل کراس ۷۰۴ بود. عملیات شخم عمیق و نیمه عمیق بترتیب در پاییز ۷۹ و فروردین ۸۰ در زمین محل اجرای آزمایش انجام شد و همراه با دو بار دیسک زدن، مقدار ۱۱۲/۵ کیلوگرم در هکتار فسفر (از طریق کودفسفات آمونیوم) و ۱۱۴ کیلوگرم نیتروژن خالص (از طریق کود اوره و فسفات آمونیوم بکار رفته) در مزرعه پخش شد. کاشت بذر ذرت با دست و به صورت خشکه کاری و کپه ای با فواصل ۲۰ سانتی متر روی ردیف در ۲۰ اردیبهشت انجام شد. اولین کاشت بذور سلمه تره، همزمان با ذرت و در دو نوار به فاصله ۱۵ سانتی متر از طرفین خط کاشت ذرت انجام شد. بذور سلمه تره در این تیمار، همزمان با ذرت و در ۲۹ اردیبهشت سبز شدند. دومین و سومین کاشت سلمه تره نیز به همین روش و بترتیب در ۴ و ۱۸ خرداد انجام شد که سبز شدن آنها بترتیب در ۱۲ خرداد (مرحله V₂-V₃ ذرت) و ۲۵ خرداد (مرحله V₄-V₅ ذرت) رخ داد. در مرحله ۸-۷ برگی ذرت نیز کوددهی سرک با کود اوره به میزان ۹۲ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار انجام گرفت. عملیات وجین علفهای هرز (که شامل گیاهچه های سلمه تره سبز شده از بانک بذر مزرعه نیز بود) توسط کارگر و با دقت انجام شد به گونه ای که در هر تیمار فقط گیاهان سلمه تره سبز شده در زمانهای مورد نظر با ذرت در رقابت بودند. تعیین سطح برگ نسبی علف هرز یک هفته پس از سومین زمان سبز شدن سلمه تره (مرحله ۶-۵ برگی ذرت) انجام شد. برداشت نهایی ذرت به منظور تعیین عملکرد آن در تاریخ ۱۰ مهر از سطحی معادل ۴/۵

با حداقل نتایج سوء بر محیط زیست افزایش داد. در این سیستم، کاهش مصرف علفکشها با تکیه بر استفاده از ابزارهای تصمیم گیری مناسب، در اولویت قرار دارد و از مدل‌های تجربی^۱ رقابت علفهای هرز با گیاهان زراعی به عنوان ابزاری مناسب جهت پیش بینی کاهش عملکرد گیاهان زراعی استفاده می شود. تا کنون مدل‌های تجربی متعددی به منظور پیش بینی کاهش عملکرد گیاهان زراعی در مقالات ارائه شده است. این مدلها قادرند کاهش عملکرد گیاه زراعی را بر اساس تراکم علف هرز (کوزنس، ۱۹۸۵b)، تراکم و زمان نسبی سبز شدن علف هرز (کوزنس و همکاران، ۱۹۸۷) و یا سطح برگ نسبی علف هرز (کراف و اسپیتز، ۱۹۹۱) شبیه سازی کنند.

اگر چه مدل‌های تجربی رقابت، توانایی توصیف مستقیم پاسخ های اکوفیزیولوژیکی گیاه زراعی و علف هرز را ندارند ولی به دلیل کاربردی بودن و عدم نیاز به پارامترهای فراوان، در مدلسازی رقابت بیشتر مورد توجه و استفاده محققان قرار می گیرند (کنزویک و همکاران، ۱۹۹۵). وابستگی عملکرد مدل‌های تجربی به شرایط محیطی و گونه های گیاه زراعی و علف هرز، تأکیدی بر این موضوع است که پارامترهای این مدلها بایستی بر اساس شرایط محیطی منطقه و نوع گیاه زراعی و علف هرز به صورت اختصاصی برآورد شوند و تحقیق حاضر کوششی است در جهت حصول به این هدف ضمن آنکه ارزیابی کارایی این مدلها را در پیش بینی کاهش عملکرد ذرت بر اثر تداخل سلمه تره، مد نظر دارد.

مواد و روشها

این تحقیق در بهار سال ۱۳۸۰ در مزرعه مؤسسه تحقیقات آفات و بیماریهای گیاهی کرج در طرح آزمایشی با قالب بلوکهای کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل ترکیب ۵ تراکم سلمه تره (۰، ۲، ۵، ۱۰ و ۱۵ بوته در متر مربع) در ۳ زمان سبز شدن آن (همزمان با

2- VE
3- V2 - V3
4- V4 - V5

1- Empirical models



$$Y_L = qL_w / [1 + (q-1)L_w] \quad \text{معادله (۳)}$$

$$Y_L = qL_w / \{1 + [(q/m)-1]L_w\} \quad \text{معادله (۴)}$$

که در آن Y_L در صد کاهش عملکرد ذرت، q شاخص خسارت نسبی^۱ و m (در معادله ۴) حداکثر کاهش عملکرد ذرت می باشد. q و m به عنوان پارامتر وارد مدل و برآورد شدند. L_w نیز سطح برگ نسبی سلمه تره است که از طریق رابطه زیر محاسبه شد:

$$L_w = LAI_{\text{سلمه تره}} / (LAI_{\text{ذرت}} + LAI_{\text{سلمه تره}}) \quad \text{معادله (۵)}$$

برای برآورد پارامترهای مدلها از رویه رگرسیون غیرخطی^۲ نرم افزار آماری SAS استفاده شد. به منظور ارزیابی کارایی هر مدل در شبیه سازی کاهش عملکرد، ضمن استفاده از آزمون معنی دار بودن ضریب همبستگی پیرسون^۳، رگرسیونی خطی بین عملکرد مشاهده شده و شبیه سازی شده برآزش داده شد و کارایی هر مدل هنگامی که شیب و عرض از مبدأ خط مذکور بترتیب با یک و صفر اختلاف معنی داری (در سطح احتمال ۹۵ درصد) نداشتند مناسب تشخیص داده شد (کراف و همکاران، ۱۹۹۲). برای مقایسه مدلها در تخمین کاهش عملکرد نیز، از ضریب همبستگی و میانگین مربعات باقیمانده (RMS)^۴ استفاده گردید (نگواچیو و همکاران، ۱۹۹۹).

متر مربع (۳ متر طولی از دو ردیف میانی هر کرت) انجام گرفت. به دلیل تفاوت درصد رطوبت دانه ذرت در تیمارهای مختلف، از وزن خشک دانه برای مقایسه عملکرد استفاده گردید و عملکرد بر اساس درصد رطوبت مینا (۱۴ درصد) گزارش شد.

داده های آزمایش توسط ۴ مدل رگرسیونی غیر خطی مورد تجزیه قرار گرفت. برای تعیین رابطه بین تراکم سلمه تره و عملکرد ذرت، از مدل هذلولی مستطیلی کوزنس (۱۹۸۵a) استفاده شد:

$$Y_L = Id / (1 + Id/A) \quad \text{معادله (۱)}$$

که در آن Y_L در صد کاهش عملکرد ذرت و d تراکم علف هرز سلمه تره (گیاه در مترمربع) می باشد. I و A پارامترهای مدل بوده که بترتیب عبارتند از شیب منحنی (درصد کاهش عملکرد ذرت به ازاء هر واحد تراکم سلمه تره هنگامی که این تراکم به سمت صفر میل می کند) و معنای منحنی (درصد کاهش عملکرد ذرت هنگامیکه تراکم سلمه تره به سمت بی نهایت میل می کند یا به عبارت دیگر حداکثر کاهش عملکرد ذرت ناشی از تداخل سلمه تره). این مدل، در هر یک از زمانهای سبز شدن سلمه تره به صورت جداگانه نیز به کار رفت.

برای تعیین رابطه بین کاهش عملکرد ذرت با هر دو عامل تراکم و زمان نسبی سبز شدن سلمه تره از مدل کوزنس و همکاران (۱۹۸۷) استفاده شد:

$$Y_L = Id / [\exp^{(CT)} + Id/A] \quad \text{معادله (۲)}$$

که در آن Y_L درصد کاهش عملکرد ذرت، d تراکم سلمه تره (گیاه در متر مربع)، T اختلاف زمان سبز شدن سلمه تره نسبت به ذرت (روز) و A ، I و C ضرایب رگرسیون غیرخطی می باشند. I عبارت است از شیب منحنی در A ، $T=0$ ، $T=0$ معنای منحنی همراه با افزایش T است.

از مدلهای یک پارامتری کراف و اسپیتز (۱۹۹۱) و دو پارامتری کراف و لوتز (۱۹۹۲) نیز برای تعیین رابطه بین کاهش عملکرد ذرت و سطح برگ نسبی سلمه تره استفاده شد:

نتایج و بحث

مدل هذلولی مستطیلی تراکم علف هرز کوزنس (۱۹۸۵a)، به داده های مربوط به هر سه زمان سبز شدن سلمه تره برآزش داده شد و پارامترهای آن برآورد گردید (جدول ۱). در این حالت شیب منحنی (I) $10/78 (\pm 5/46)$ درصد و معنای آن (A) در سطح $78 (\pm 21)$ درصدی محاسبه شد. با این وجود پایین بودن ضریب تشخیص^۵ ($R^2 = 0/38$) و بالا بودن خطای استاندارد پارامترها، بیانگر توانایی پایین این مدل در

- 1- Relative damage coefficient
- 2- Nonlinear regression procedure
- 3- Pearson correlation coefficient (r)
- 4- Residual mean square
- 5- Coefficient of determination



سبز شدن تاج خروس در ذرت، برآوردهای متفاوتی از پارامترهای این مدل ارائه دادند. لذا به منظور ارزیابی کارایی مدل در هر یک از زمانهای سبز شدن علف هرز، این مدل به داده های مربوط به هر یک از زمانهای سبز شدن سلمه تره به صورت جداگانه برازش داده شد. با این کار دقت پیش بینی مدل در شبیه سازی کاهش عملکرد بهبود یافت (ضریب تشخیص مدل افزایش و میانگین مربعات باقیمانده آن کاهش یافت) (جدول ۱). این موضوع مؤید اهمیت زمان سبز شدن سلمه تره در قدرت رقابتی آن با ذرت بود.

مقایسه ضریب تشخیص، نشان داد که مدل تراکم علف هرز، بهترین کارایی خود را هنگامی دارد که سلمه تره همزمان با ذرت سبز شده و از همان ابتدا با آن در رقابت باشد. در این حالت، مدل، کاهش عملکرد (۸۵/۱۲ ± ۸/۹۲) درصدی را برای ذرت در بالاترین تراکم متصور برای سلمه تره پیش بینی نمود. در عمل نیز در بالاترین سطح تراکم مورد آزمایش سلمه تره (۱۵ بوته در مترمربع) هنگامی که این علف هرز همزمان با ذرت سبز شد، کاهش عملکردی معادل ۷۴/۹۳ درصد در ذرت مشاهده شد. هارتلی (۱۹۹۲) گزارش کرد که در آزمایش وی تراکم ۴ بوته در متر مربع سلمه تره که از ابتدای رشد ذرت با آن در رقابت بودند، باعث کاهش ۹۰ درصدی عملکرد آن گردید. در تحقیق بکت و همکاران (۱۹۸۸) نیز عملکرد ذرت با افزایش تراکم سلمه تره به صورت غیر خطی کاهش یافت. آنها کاهش عملکرد ذرت را هنگامیکه تراکم سلمه تره ۴۹ بوته در ۱۰ متر ردیف بود، معادل ۱۲ درصد گزارش کردند.

تخمین کاهش عملکرد بود. بوسنیک و سواتون (۱۹۹۷) معتقدند اگر خطای استاندارد هر یک از پارامترهای مدل بیش از نصف مقدار عددی آن باشد، مدل از درجه اعتبار برای تخمین صحیح خارج می شود. لذا به منظور تعیین کارایی این مدل در شبیه سازی کاهش عملکرد ذرت، از آزمون همبستگی بین مقادیر عملکرد برآورد شده و مشاهده شده استفاده شد (جدول ۴) و مشخص گردید رگرسیون مقادیر شبیه سازی شده توسط این مدل در مقابل مقادیر واقعی کاهش عملکرد، یک رابطه ۱:۱ نمی باشد بلکه از رابطه $Y=3/95+0/42X$ پیروی می کند که عرض از مبدأ و شیب آن به ترتیب اختلاف معنی داری با صفر و یک دارند. بدین ترتیب مشخص شد که این مدل در حالت کلی (ترکیب زمانهای سبز شدن سلمه تره) توانایی کافی برای تخمین کاهش عملکرد ذرت را ندارد و دارای اریب می باشد. نتایج حاصل همچنین نشان داد که این مدل در تعیین درصد کاهش عملکرد ذرت در زمان اول سبز شدن سلمه تره (مرحله V_E ذرت) دارای تخمین کمتر از حد^۱ و در زمان سوم سبز شدن سلمه تره (مرحله $V_4 - V_5$ ذرت) دارای تخمین بیش از حد^۲ می باشد.

بوسنیک و سواتون (۱۹۹۷) نیز ضمن تأکید بر تفاوت قدرت رقابت علفهای هرز هنگامی که در زمانهای مختلف سبز می شوند، بر کارایی کم این مدل در تخمین کاهش عملکرد ذرت هنگامیکه علفهای هرز سوروف در آزمایش آنها در طول زمان سبز شدند اشاره داشتند. کنزویک و همکاران (۱۹۹۵) نیز در هر یک از زمانهای



جدول ۱- پارامترهای برآورد شده (± خطای استاندارد)، ضریب تشخیص (R^2) و میانگین مربعات باقیمانده (RMS) برای مدل تراکم علف هرز (معادله ۱) در حالت ترکیب و تفکیک هر یک از زمانهای سبز شدن سلمه تره.

RMS	R^2	A	I	df	زمان سبز شدن سلمه تره
۶۹/۸۳	۰/۳۸	۶۵/۴۴ (±۲۱/۶۸)	۱۰/۷۸ (±۵/۴۶)	۴۳	ترکیب هر سه زمان سبز شدن
۱۱۳/۸۴	۰/۸۸	۸۵/۱۲ (±۸/۹۲)	۳۸/۲۳ (±۱۲/۱۱)	۱۳	سبز شدن در مرحله V_E ذرت
۱۱۰/۲۹	۰/۷۵	۱۱۳/۱۶ (±۷۸/۲۰)	۵/۵۹ (±۲/۲۲)	۱۳	سبز شدن در مرحله $V_2 - V_3$
۶۰/۹۳	۰/۵۶	∞	۱/۳۱ (±۰/۲۳)	۱۳	سبز شدن در مرحله $V_4 - V_5$

1- Under estimation

2- Over estimation

با بررسی شیب و مجانب این مدل در هر یک از زمانهای سبز شدن علف هرز، مشخص شد که با تأخیر در زمان سبز شدن سلمه تره، شیب منحنی کاهش یافته و سطح مجانبی آن افزایش می یابد یعنی مدل به سمت یک رابطه نسبتاً خطی با شیب کم گرایش می یابد به گونه ای که این رابطه در زمان سوم سبز شدن سلمه تره (مرحله $V_4 - V_5$ ذرت) عملاً از حالت هذلولی خارج شد ($A = \infty$) و رابطه خطی $Y = -2/25 + 1/51X$ بین تراکم سلمه تره و کاهش عملکرد ذرت برقرار گردید. کاهش شیب مدل بیانگر این واقعیت است که در هر یک از تراکمهای علف هرز، با تأخیر در سبز شدن علف هرز، کاهش عملکرد کمتری در ذرت رخ می دهد و گرایش مدل به سمت رابطه خطی مؤید کاهش رقابت درون گونه ای علف هرز همراه با تأخیر در زمان سبز شدن آن است. این موضوع با توجه به اینکه علف های هرزی که دیر سبز می شوند اندازه کوچکتری داشته و رقابت برون گونه ای (سلمه تره - ذرت) در آنها غالب بر رقابت درون گونه ای (سلمه تره - سلمه تره) است توجیه پذیر می باشد. لذا در این شرایط رابطه بین تراکم علف هرز و کاهش عملکرد گیاه زراعی به سمت یک رابطه خطی گرایش می یابد. در واقع تأکید محققان بر وجود رابطه غیرخطی بین تراکم علف هرز و عملکرد گیاه زراعی به دلیل وجود رقابت درون گونه ای علف های هرز است و هر عاملی که این نوع رقابت را کاهش دهد انحراف از خطی این رابطه را کاهش می دهد. کوزنس (۱۹۹۱) و لیندکویست و همکاران (۱۹۹۶) نیز بر وجود رابطه خطی در صورت کاهش رقابت درون گونه ای علف هرز (در آزمایش آنها تراکم پایین) تأکید داشتند. در تحقیق حاضر مشخص گردید که تأخیر در سبز شدن علف هرز نیز می تواند این روند را به سمت یک رابطه خطی سوق دهد.

با توجه به تأثیر زیاد زمان سبز شدن سلمه تره بر عملکرد ذرت که از اختلاف فاحش پارامترهای مدل تراکم در زمان های مختلف سبز شدن سلمه تره استنباط می گردد، انتظار می رود مدل تراکم - زمان سبز شدن علف هرز

کوزنس و همکاران (۱۹۸۷) توانایی بالاتری در شبیه سازی عملکرد ذرت داشته باشد. لذا کاهش عملکرد مشاهده شده ذرت توسط این مدل (معادله ۲) شبیه سازی شد. نتایج حاکی از افزایش ضریب تشخیص مدل به $0/88$ و کاهش چشمگیر میانگین مربعات باقیمانده بود (جدول ۲). این مدل حداکثر کاهش عملکردی معادل $(\pm 7/96)$ $86/38$ درصد را برای ذرت متصور است که با نتایج عملی آزمایش مطابقت دارد و نشان می دهد تراکم ۱۵ بوته در متر مربع سلمه تره (بالاترین سطح تراکم بکار رفته در آزمایش) در محدوده تراکم هایی است که در بالاتر از آن کاهش عملکرد ذرت چشمگیر نخواهد بود مگر آنکه سلمه تره زودتر از ذرت سبز شود (T منفی باشد). همچنین نتایج حاصل از این مدل مؤید فرضیه قبلی ما مبنی بر این است که با تأخیر در سبز شدن سلمه تره رابطه کاهش عملکرد ذرت با تراکم از حالت هذلولی به حالت خطی گرایش می یابد. نتایج تجزیه رگرسیون خطی مقادیر مشاهده شده عملکرد در مقابل مقادیر شبیه سازی شده آن برای این مدل نشان داد که عرض از مبدأ و شیب خط رگرسیون حاصل بترتیب اختلاف معنی داری با صفر و یک ندارند (جدول ۴). لذا کارایی این مدل جهت تخمین کاهش عملکرد ذرت در اثر تداخل سلمه تره در شرایط مورد آزمایش تأیید شد.

در صد پایین کاهش عملکرد ذرت در زمانی که سلمه تره ۲۷ روز پس از آن سبز شد (زمان سوم سبز شدن آن) نشان داد که در بحث تداخل این علف هرز در ذرت، زمان سبز شدن سلمه تره عامل مهمتری از تراکم آن می باشد. مدل نیز هنگامی که زمان سبز شدن سلمه تره تا ۴۵ روز (مرحله ۸-۷ برگی ذرت) به تأخیر بیافتد، کاهش عملکردی را برای ذرت متصور نمی شود. در تحقیق حاضر کاهش عملکرد ذرت (در میانگین تراکم های سلمه تره) هنگامی که این علف هرز در مرحله ۴ تا ۵ برگی ذرت سبز شد $9/3$ درصد بود، در حالیکه این کاهش عملکرد در سبز شدن همزمان آنها به $60/62$ درصد رسید. هارتلی و پاپی (۱۹۹۲) نیز گزارش کردند که



کاهش دهد که این معادل کاهش عملکرد ناشی از تداخل ۲۵ بوته آن هنگامی است که در مرحله ۴ تا ۵ برگگی ذرت سبز شوند. در تحقیق ماسینگا و همکاران (۲۰۰۱) نیز اثر ۰/۵ بوته تاج خروس در متر ردیف، هنگامی که همزمان با ذرت سبز شد، بیشتر از اثر ۸ بوته آن هنگامی بود که در مرحله ۴ برگگی ذرت سبز گردید.

تراکم‌های بیش از یک بوته در متر مربع سلمه تره که همزمان با ذرت سبز شدند عملکرد اقتصادی ذرت را تا ۵۰٪ کاهش دادند، ولی هنگامیکه سبز شدن آنها در ذرت ۵ هفته به تعویق افتاد، تأثیری بر عملکرد ذرت نداشتند. شبیه سازی عملکرد ذرت توسط این مدل همچنین نشان داد که یک بوته سلمه تره در مترمربع هنگامیکه همزمان با ذرت سبز شود میتواند عملکرد این گیاه زراعی را ۲۵٪

جدول ۲- مقادیر برآورد شده، انحراف معیار و فاصله اطمینان ۹۵ درصد پارامترها برای مدل تراکم- زمان نسبی سبز شدن علف هرز (معادله ۲).

پارامتر	مقدار	خطای استاندارد	فاصله اطمینان ۹۵ درصد مجانبی	
			حد پایینی	حد بالایی
A	۸۶/۴۷	۷/۶۹	۷۰/۳۱	۱۰۲/۴۶
I	۳۷/۲۱	۹/۲۷	۱۷/۵۰	۵۴/۹۲
C	۰/۱۱	۰/۰۱	۰/۰۹	۰/۱۴

$$df=42 \quad R^2=0/88 \quad RMS=91/34$$

بالا (۰/۹۰) و میانگین مربعات باقیمانده بسیار پایین، کاهش عملکرد ذرت را به خوبی پیش‌بینی کردند (جدول ۳).

با برآزش داده‌های مربوط به سطح برگ نسبی سلمه تره به مدل‌های یک و دو پارامتری سطح برگ نسبی (معادلات ۳ و ۴) مشخص شد که این دو مدل اختلاف معنی داری با یکدیگر ندارند و هر دو با ضریب تشخیص

جدول ۳- پارامترهای برآورد شده (\pm خطای استاندارد)، ضریب تشخیص (R^2) و میانگین مربعات باقیمانده (RMS) برای مدل‌های یک پارامتری و دو پارامتری سطح برگ نسبی علف‌هرز (معادلات ۳ و ۴).

RMS	R^2	m	q	df	مدل
۰/۰۰۶	۰/۹۰	-	۱/۶۶ ($\pm 0/12$)	۳۵	یک پارامتری (معادله ۳)
۰/۰۰۶	۰/۹۱	۰/۹۳ ($\pm 0/06$)	۱/۸۱ ($\pm 0/19$)	۳۴	دو پارامتری (معادله ۴)

باشد. همچنین مقدار ضریب خسارت نسبی علف هرز (q) در نسخه دو پارامتری این مدل بیشتر از نسخه یک پارامتری آن پیش‌بینی شد که از این نظر با نتایج کنزویک و همکاران (۱۹۹۵) مطابقت دارد. در واقع q بیانگر توانایی نسبی رقابت علف هرز در مقابل گیاه زراعی است و مقدار عددی بیشتر آن بیانگر قدرت رقابت بیشتر علف هرز و در نتیجه کاهش عملکرد بیشتر گیاه زراعی است. کراف و اسپیترز (۱۹۹۱) نشان دادند که در مورد ضریب خسارت نسبی، مقادیر بزرگتر از یک، برتری علف هرز و

در آزمایش کنزویک و همکاران (۱۹۹۵) مدل دو پارامتری سطح برگ نسبی، تخمین دقیق‌تری از کاهش عملکرد ذرت در تداخل با تاج خروس ارائه داد. آنها علت کارایی بهتر نسخه دو پارامتری مدل در آزمایش خود را حداکثر کاهش عملکرد نه چندان زیاد ذرت ذکر کردند که توسط این مدل به میزان ۲۴ تا ۴۱ درصد در نظر گرفته شد. لذا در تحقیق حاضر به نظر می‌رسد که عدم برتری معنی دار نسخه دو پارامتری این مدل مرتبط با سطح بالای کاهش عملکرد ذرت در اثر تداخل سلمه تره



مقادیر کمتر از یک، برتری گیاه زراعی را در رقابت نشان می‌دهد در تحقیق حاضر با توجه به مقدار عددی q برآورد شده توسط مدل دو پارامتری $(0.19 \pm 0.1/81)$ ، مشخص شد که بطور کلی، سلمه‌تره رقیب قوی‌تری نسبت به ذرت بوده است. نگواجیو و همکاران (۱۹۹۹) در آزمایش خود مقدار ضریب خسارت نسبی سلمه‌تره

در رقابت با ذرت را بین ۰/۱۴ تا ۵/۰۵ گزارش کردند. مطالعه آنها کاهش عملکرد ذرت در رقابت با سلمه‌تره، توسط مدل سطح برگ نسبی علف هرز به خوبی توجیه نشد. آنها کارایی کم این مدل را با تفاوت موجود در اندازه نهایی گیاهان سلمه‌تره مرتبط دانستند.

جدول ۴- نتایج تجزیه رگرسیون خطی مقادیر مشاهده شده عملکرد در مقابل مقادیر شبیه‌سازی شده آن برای مدل‌های مختلف.

مدل	df	عرض از مبدأ ^۱	شیب ^۲	R ²	P
مدل تراکم علف هرز (معادله ۱)	۱۴	۳/۹۵ *	۰/۴۲ *	۰/۴۲	۰/۰۰۸
مدل تراکم - زمان نسبی سبز شدن علف هرز (معادله ۲)	۱۴	۰/۲۳	۰/۹۷	۰/۹۷	۰/۰۰۰۱
مدل سطح برگ نسبی علف هرز (معادله ۴)	۳۵	۰/۷۰	۰/۸۹	۰/۹۱	۰/۰۰۰۱

۱- مقادیری که اختلاف معنی‌داری با صفر دارند با علامت * مشخص شده‌اند.

۲- مقادیری که اختلاف معنی‌داری با یک دارند با علامت * مشخص شده‌اند.

بطور کلی با مقایسه سه مدل تراکم، تراکم- زمان نسبی سبز شدن و سطح برگ نسبی علف هرز مشخص شد که مدل سطح برگ نسبی علف هرز کراف و لوتر (۱۹۹۲) بیشترین ضریب تشخیص و کمترین میانگین مربعات باقیمانده (RMS) را دارد. لذا در صورت دسترسی به تجهیزات اندازه‌گیری سطح برگ، استفاده از این مدل جهت پیش بینی کاهش عملکرد ذرت در اثر تداخل سلمه‌تره توصیه می‌شود. در این مورد مرحله ۵ تا ۶ برگی ذرت زمانی مناسب برای اندازه‌گیری شاخص سطح برگ نسبی سلمه‌تره می‌باشد. مدل تراکم - زمان نسبی سبز شدن علف هرز کوزنس و همکاران (۱۹۸۷) نیز اگر چه قابلیت خوبی در شبیه‌سازی عملکرد ذرت در

شرایط آزمایش داشت ولی با توجه به توانایی جوانه زنی سلمه‌تره در طول زمان که ناشی از وجود پدیده چند شکلی در بذور و خصوصیات خاص بیولوژیکی آن می‌باشد (هاریسون، ۱۹۹۰)، تعیین تراکم این گیاه به تفکیک هر یک از زمانهای سبزشدنش (که بر خلاف شرایط آزمایش، متغیری پیوسته است) دشوار و در بعضی موارد غیرممکن است. لذا استفاده عملی از این مدل در سیستم‌های تصمیم‌گیری با محدودیت مواجه است. ضمن اینکه باید توجه داشت ارزیابی و تعیین پارامترهای هر مدل جهت توصیه آن در سیستم‌های تصمیم‌گیری در هر منطقه، مستلزم تکرار آزمایش در چندین سال می‌باشد.

منابع

1. Beckett, T. H., E. W. Stoller, and L. M. Wax. 1988. Interference of four annual weeds in corn (*Zea mays*). Weed Sci. 36: 764-769.
2. Bosnic, A., and C. J. Swanton. 1997. Influence of barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) time of emergence and density on corn (*Zea mays*). Weed Sci. 45: 276-282.
3. Cousens, R. 1985a. A simple model relating yield loss to density. Annals of Applied Biology. 107: 239-252.
4. Cousens, R. 1985b. An empirical model relating crop yield to weed and crop density and a statistical comparison with other models. J. Agric. Sci. 105: 513-521.
5. Cousens, R. 1991. Aspects of the design and interpretation of competition (interference) experiments. Weed Tech. 5: 664-673.



6. Cousens, R., P. Brain, J. T. O'Donovan, and P.A. O'Sullivan. 1987. The use of biologically realistic equations to describe the effects of weed density and relative time of emergence on crop yield. *Weed Sci.* 35: 720-725.
7. Harrison, S. K. 1990. Interference and seed production by common lambsquarters (*Chenopodium album*) in soybean (*Glycine max*). *Weed Sci.* 38: 113-118.
8. Hartley, M. J. 1992. Competition between three species and two crops. *Proceedings of the 1st International weed control congress.* 1992. 2: 203-207.
9. Hartley, M. J. and A. J. Popay. 1992. Yield losses due to weeds in sugar beet, corn and dwarf beans. *Proceeding of the forty fifth Newzeland plant protection conferences, Wellington, Newzeland,* 11-13 August 1992, 52-54.
10. Knezevic, S. Z., S. F. Weise, and C. J. Swanton. 1995. Comparison of empirical models depicting density of *Amaranthus retroflexus* L. and relative leaf area as predictors of yield loss in maize (*Zea mays*). *Weed res.* 35: 207-215.
11. Kropff, M. J., and C. J. T. Spitters. 1991. A simple model of crop loss by weed competition from early observations on relative leaf area of the weeds. *Weed Res.* 31: 97-105.
12. Kropff, M. J., and L. A. P. Lotz. 1992. System approach to quantify crop-weed interactions and their application to weed management. *Agricultural Sys.* 40: 256-282.
13. Kropff, M. J., S. E. Weaver, and M. A. Smits. 1992. Use of ecophysiological models for crop-weed interference: relations amongst weed density, relative time of weed emergence, relative leaf area and yield loss. *Weed Sci.* 40: 296-301.
14. Lindquist, J. L., D. A. Martensen, S. A. Clay, R. Schemenk, and J. J. Kells. 1996. Stability of corn (*Zea mays*) velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) interference relationships. *Weed Sci.* 44: 309-313.
15. Massinga, R. A., R. S. Currie, M. J. Horak, and J. Boyer. 2001. Interference of palmer amaranth in corn. *Weed Sci.* 49: 202-208.
16. Ngouajio, M., C. Lemieux, and G. D. Leroux. 1999. Prediction of corn (*Zea mays*) yield loss from early observation of the relative leaf area and the relative leaf cover of weeds. *Weed Sci.* 47:297-304.



Evaluation of empirical models based upon weed density, time of emergence and relative leaf area to predict corn (*Zea mays* L.) yield loss caused by common lambsquarters (*Chenopodium album* L.) interference.

S. Mahmoodi¹, D. Mazaheri², H. Rahimian Mashhadi², M. R. Chaichi² and M. A. Baghestani³

¹Department of Agronomy, University of Birjand, ²Department of Agronomy University of Tehran, ³Pest and Plant Diseases Research Institute, Karaj, Iran.

Abstract

The performances of four empirical models of weed-crop competition were evaluated to simulate corn (*Zea mays* L.) yield losses caused by interference from common lambsquarters (*Chenopodium album* L.) in 2001 in Karaj. The experiment was conducted in a complete randomized block design with three replications. Treatments were chosen to provide five different weed densities (0, 2, 5, 10 and 15 plants m⁻¹) and three times of weed emergence (V_E, V₂-V₃ and V₄-V₅ of corn growth stage). Results showed time of weed emergence was more important than weed density, when describing the impact of common lambsquarters on corn yield. Therefore, the model based upon weed density couldn't simulate reduction in crop yield due to weed competition accurately. (R²=0.38, RMS=469.8). Although the potential and ability of this model was rejected, this model had an acceptable performance in each time of weed emergence. Parameter estimates of this model showed the relationship between weed density and crop yield loss had a tendency from rectangular hyperbola into linear, with delay in weed emergence. The model incorporating common lambsquarters density and time of emergence gave a better description of corn yield loss (R²=0.88, RMS=91.3). This model showed that common lambsquarters emergence after V₈ of corn growth stage (45 DAE), couldn't reduce corn yield. Relationship between corn yield loss and common lambsquarters competition was best described by the two-parameter model of relative leaf area (R²= 0.91, RMS=0.006). The relative damage coefficient (q) of this model showed that common lambsquarters was more competitive than corn (q=1.81).

Keywords: Empirical models; Competition, Corn (*Zea mays* L.); Common lambsquarters (*Chenopodium album* L.)

