

کارایی مدل‌های تجربی رقابت در شبیه‌سازی عملکرد چغندر قند در تداخل با علف‌هرز تاج‌خروس ریشه قرمز

Efficiency of empirical competition models for simulation of sugar
beet (*Beta vulgaris* L.) yield at interference with redroot pigweed
(*Amaranthus retroflexus* L.)

بهرام میرشکاری^۱

تاریخ دریافت: ۸۶/۹/۱۰؛ تاریخ پذیرش: ۸۷/۱۱/۱۷

ب. میرشکاری. ۱۳۸۷. کارایی مدل‌های تجربی رقابت در شبیه‌سازی عملکرد چغندر قند در تداخل با علف‌هرز تاج‌خروس ریشه قرمز. مجله چغندر قند
۷۳-۹۱: (۲)۲۴

چکیده

به منظور ارزیابی کارایی مدل‌های تجربی رقابت در شبیه‌سازی عملکرد چغندر قند در تداخل با تاج‌خروس، آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. فاکتورها شامل پنج تراکم تاج‌خروس (۱، ۴، ۸، ۱۲ و ۱۶ بوته در هر متر طول از هر ردیف کشت) و زمان سبزشدن تاج‌خروس شامل چهار سطح (همزمان، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ روز پس از سبزشدن چغندر قند) به همراه شاهد بدون علف‌هرز بود. داده‌های عملکرد ریشه توسط چهار مدل رگرسیونی غیرخطی تجزیه و تحلیل شدند. نتایج نشان داد که با افزایش تراکم و سبزشدن زودتر علف‌هرز، LAI چغندر قند کاهش یافت و تأثیر تراکم علف‌هرز مهم‌تر بود. در تمام تیمارهای برخوردار از چغندرهای با کمترین LAI، تاج‌خروس بیشترین LAI را داشت. حضور تمام فصل ۱۶ بوته تاج‌خروس در هر متر طول، عملکرد ریشه چغندر قند را از ۷۵ تن در هکتار در شاهد به ۵۸ تن در هکتار کاهش داد. افزایش هر واحد علف‌هرز مازاد بر تراکم هشت بوته در هر متر طول توانست عملکرد قند را ۱/۳ تن در هکتار در فاصله تراکمی ۱۲-۸ و ۳/۰ تن در هکتار در فاصله تراکمی ۱۶-۱۲ بوته در هر متر طول کاهش دهد. در بین مدل‌های تجربی رقابت، مدل دو پارامتری کوزنس از کارایی بالاتری در شبیه‌سازی عملکرد ریشه چغندر قند برخوردار بود. در مدل اخیر، میانگین درصد خطا از ۱/۴ درصد بر مبنای عملکرد ریشه به ۹/۳۶ درصد بر مبنای عملکرد قند افزایش یافت.

واژه‌های کلیدی: تاج‌خروس، تداخل، چغندر قند، رقابت، رگرسیون، شبیه‌سازی عملکرد، LAI

مقدمه

مقدار بهینه آن شود، عملکرد را به طور مستقیم تحت تأثیر قرار می دهد.

تصمیم‌گیری برای کنترل علف‌های هرز به مدل‌های تجربی رقابت نیاز دارد که به‌توانند به خوبی و با اطمینان کافی میزان افت عملکرد را هنگامی که هنوز فرصت کافی برای کنترل آن وجود دارد، پیشگویی کنند. این پیش‌بینی، بخشی از مدیریت تلفیقی علف‌های هرز را تشکیل می‌دهد (Cousens et al. 1987). نتایج مطالعات افت عملکرد گیاهان زراعی در اثر رقابت با علف‌های هرز نشان می‌دهند که رابطه بین تراکم علف‌های هرز و عملکرد گیاه زراعی به صورت خطی و یا درجه دو نیست (Knezevic et al. 1998). رابطه خطی برای تراکم‌های پایین علف‌های هرز صدق می‌کند (Lindquist et al. 1996) و بین کاهش عملکرد گیاه زراعی و تراکم علف‌های هرز نوعی رابطه سیگموئیدی وجود دارد که این منحنی دارای یک خط مجانب است. به طوری که در تراکم‌های پایین علف‌هرز، سرعت کاهش محصول گیاه زراعی کندتر است، در حالی که با افزایش تراکم، کاهش سریع در عملکرد گیاه زراعی مشاهده می‌شود و در نهایت نقطه‌ای فرا می‌رسد که با افزایش بیشتر تراکم علف هرز از آن به بعد، به دلیل افزایش رقابت درون گونه‌ای در علف‌های هرز، سرعت کاهش عملکرد گیاه زراعی کمتر می‌شود (Velman and Marlander 1996)؛ (Beckett et al. 1988). بر اساس گزارش ولمن و

چغندرقد (*Beta vulgaris* L.) یکی از گیاهان قندی است که خسارت علف‌های هرز در آن قابل توجه بوده و زارع با کنترل علف‌های هرز از طریق علف‌کش‌ها هزینه زیادی را متحمل می‌شود (Kavaliauskaite and Bobinas 2006). به‌علاوه، تاج‌خروس (*Amaranthus retroflexus* L.) به دلیل سازگاری زیاد، یکی از فراوان‌ترین علف‌های هرز در ایران است و به دلیل دارا بودن مسیر فتوسنتزی C_4 قدرت رقابت زیادی از خود نشان می‌دهد و لذا یکی از علف‌های هرز مشکل‌ساز است (Ronald 2000).

اجرای عملیات کنترل علف‌های هرز با مطالعات مبنی بر روابط متقابل بین گیاه زراعی و علف‌هرز، شروع می‌شود (Horak 1997). طبق نظر تولنار و همکاران (Tollenaar et al. 1994) و بوسنیک و سوانتون (Bosnic and Swanton 1997)، شاخص سطح برگ (LAI) یکی از صفات مهم در فرآیند تداخل علف‌های هرز با گیاهان زراعی و نشان‌دهنده شدت رقابت است و از آن می‌توان به عنوان ابزاری برای پیشگویی کاهش عملکرد گیاهان زراعی بهره گرفت. مطالعات لومیس و همکاران (Loomis et al. 1968) نیز نتیجه داد که عوامل رشد مرتبط با جثه گیاه و سطح برگ از بهترین معیارهای پیشگویی قابلیت رقابت در کانوپی‌های مخلوط علف هرز- گیاه زراعی هستند. به عقیده این محقق، هر عاملی که موجب کاهش LAI به کمتر از

مدلهایی که تنها دارای تراکم هستند، نمی‌توانند دقت خوبی را در شبیه‌سازی عملکرد داشته باشند. در واقع، اگرچه عملکرد گیاهان زراعی با افزایش تراکم علف‌های هرز کاهش پیدا می‌کند، ولی بایستی توجه داشت که علف‌های هرز سبزشده در زمان‌های مختلف قدرت رقابت متفاوتی دارند (Bosnic and Swanton 1997). برخی از محققان اثر زمان سبزشدن را مهم‌تر از اثر تراکم علف‌هرز می‌دانند و عقیده دارند که با در نظر گرفتن آن بهتر می‌توان در مورد ضرورت کنترل علف‌های هرز تصمیمات لازم را اتخاذ کرد (Hall et al. 1992; Swanton and Murphy 1996; Bosnic Swanton; Knezevic et al. 1997). به همین دلیل انتظار می‌رود که با وارد کردن متغیر زمان نسبی سبزشدن علف هرز به مدل‌های تراکمی، دقت پیش‌بینی عملکرد و کارایی مدل افزایش یابد (Kropff and Spitters 1991; Knezevic et al. 1994). این موضوع موجب شد تا کوزنس و همکاران (1987) یک مدل رگرسیونی ارائه دهند که در آن عملکرد گیاه زراعی به عنوان تابعی از دو عامل تراکم و زمان نسبی سبزشدن علف‌هرز تخمین زده می‌شود. این مدل که از نوع توابع هذلولی مستطیلی است، در پیش‌بینی عملکرد گیاهان زراعی توسط بسیاری از محققان مورد استفاده قرار گرفته است (Wilkerson et al. 2002).

مارلاندر (1996)، با افزایش فاصله زمانی بین سبزشدن سلمه‌تره و چغندرقد، تأثیر منفی علف‌هرز بر گیاه زراعی کاهش یافت. به طوری که افت عملکرد ناشی از کمترین سطح تراکم سلمه‌تره‌های سبزشده در مرحله دو تا چهار برگی چغندرقد معنی‌دار بود، حال آن‌که بالاترین سطح تراکم سلمه‌تره‌های سبزشده در مرحله شش تا هشت برگی چغندرقد روی عملکرد تأثیری نداشت. دایلمن و همکاران (Dieleman et al. 1995) گزارش کرده‌اند که سبزشدن همزمان دو بوته تاج‌خروس در هر متر طول از ردیف کاشت سویا، ۱۳/۵ درصد کاهش عملکرد را موجب شد، در حالی که با تأخیر در سبزشدن تاج‌خروس تا مرحله ظهور دومین و سومین برگ سه برگچه‌ای سویا، کاهش عملکرد مشاهده نگردید. کوزنس و همکاران (1987)، کراف و اسپیترز (Kropff and Spitters 1991)، کراف و لوتز (Kropff and Lotz 1992) و کوزنس (Cousens 1985) معادلات هذلولی (hyperbolic equations) را برای بیان رابطه بین تراکم علف‌های هرز و کاهش عملکرد گیاه زراعی به کار برده‌اند.

با در نظر گرفتن توأم دو عامل تراکم و زمان سبزشدن علف هرز نسبت به گیاه زراعی مطالعه دقیق‌تر رقابت برون گونه‌ای و درون گونه‌ای ممکن می‌شود (Zimdahl 1980). به نقل از محمودی (۱۳۸۲). به دلیل وجود اختلاف در اندازه علف‌های هرز یک گونه خاص، که از تفاوت در زمان سبزشدن آن‌ها ناشی می‌شود،

اجرا شد. بافت خاک محل اجرای آزمایش لومی‌شنی، EC کمتر از یک دسی‌زیمنس بر متر و pH در محدوده ۷/۵ تا ۸/۲ است. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و فاکتورهای تراکم تاج‌خروس ($d_1=1$ ، $d_2=4$ ، $d_3=8$ ، $d_4=12$ و $d_5=16$ بوته در هر متر طول از ردیف کاشت) و زمان سبزشدن تاج‌خروس (همزمان $i_1=10$ ، $i_2=20$ و $i_3=30$ روز پس از سبزشدن چغندر قند) به همراه شاهد عاری از علف‌هرز بود. در این مطالعه از طرح افزایشی استفاده شد که در آن تراکم گیاه‌زراعی ثابت بوده، ولی تراکم علف‌هرز تغییر می‌کند. این روش در سطح وسیع برای برآورد خسارت علف‌های هرز بر روی گیاهان زراعی مورد استفاده قرار می‌گیرد (کوچکی و همکاران ۱۳۸۰).

زمین محل اجرای آزمایش سال قبل زیر کشت ذرت بود. عملیات تهیه زمین شامل افزودن ۲۰ تن در هکتار کود دامی و شخم ۳۰ سانتی‌متری در پاییز و شخم سطحی و اضافه کردن ۱۵۰ کیلوگرم فسفات آمونیم و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم (براساس نتایج تجزیه خاک) و دیسک‌زنی در اوایل بهار بودند. کود نیتروژنه نیز به شکل اوره و به مقدار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار در دو قسمت مساوی به هنگام کاشت و بعد از تنک به خاک اضافه گردید. کشت چغندر قند رقم پلی‌ژرم IC در ۱۶ اردیبهشت ماه در عمق دو تا سه سانتی‌متری خاک و به صورت کپه‌ای و

به عقیده کراف و لوتز (1992) و دایلمن و همکاران (1995)، از آنجایی که اثر مجموعه عوامل شکل دهنده رقابت، در رشد کانوپی انعکاس پیدا می‌کند، بنابراین روش پیش‌بینی عملکرد براساس سطح نسبی برگ علف‌های هرز دقیق‌تر از سایر روش‌ها است و بخش عمده‌ای از اجزای مؤثر بر رقابت از جمله گونه، تراکم و زمان نسبی سبزشدن علف‌هرز را در بر می‌گیرد. بین کاهش عملکرد گیاه زراعی و سطح نسبی برگ علف‌های هرز ارتباط نزدیک وجود دارد. کراف و اسپیتز (1991) یک مدل رگرسیونی ساده براساس سطح نسبی برگ علف‌هرز را برای پیش‌بینی میزان کاهش عملکرد ناشی از رقابت علف‌های هرز در اوایل فصل رشد ارائه کرده‌اند. این مدل افت عملکرد را به سطح نسبی برگ علف‌هرز و ضریب خسارت نسبی (q) مربوط می‌سازد.

این تحقیق به منظور سنجش اعتبار و کارایی مدل‌های تجربی رقابت در شبیه‌سازی عملکرد چغندر قند در رقابت با تاج‌خروس در شرایط آب و هوایی تبریز به اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۸۵ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز واقع در ۱۵ کیلومتری شرق تبریز و با مختصات جغرافیایی $38^{\circ} 5'$ عرض شمالی و $46^{\circ} 17'$ طول شرقی و

فاکتوریل و با نرم‌افزار آماری MSTAT-C انجام شد و برای مقایسه تیمارهای تداخل با شاهد تجزیه جداگانه- ای نیز به صورت بلوک‌های کامل تصادفی با ۲۱ تیمار انجام گرفت. مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن صورت پذیرفت.

به منظور بررسی کارایی مدل‌های تجربی - رقابت در شبیه‌سازی عملکرد ریشه چغندرقد، داده‌های عملکرد توسط چهار مدل رگرسیونی غیرخطی تجزیه و تحلیل شدند. برای تعیین رابطه بین تراکم تاج‌خروس و عملکرد ریشه چغندرقد، از مدل هذلول مستطیلی کوزنس (1985) استفاده شد:

$$Y = Y_{WF} [1 - Id / 100(1 + Id/A)] \quad (1)$$

که در آن، Y عملکرد گیاه زراعی در شرایط رقابت بر حسب کیلوگرم در هکتار، Y_{WF} عملکرد برآورد شده در کرت‌های فاقد علف‌هرز بر حسب کیلوگرم در هکتار، d تراکم علف‌هرز بر حسب بوته در هر متر از طول ردیف، I شیب منحنی و A خط مجانب منحنی است.

برای تعیین رابطه بین عملکرد ریشه با دو عامل تراکم و زمان نسی سبزشدن علف‌هرز از مدل کوزنس و همکاران (1987) استفاده شد:

$$Y = Y_{WF} [1 - Id / 100(e^{ct} + Id/A)] \quad (2)$$

که در آن، Y عملکرد مشاهده شده گیاه زراعی در شرایط رقابت بر حسب کیلوگرم در هکتار، Y_{WF} عملکرد برآورد شده در کرت‌های فاقد علف‌هرز بر حسب کیلوگرم در هکتار، d تراکم علف‌هرز بر حسب

با الگوی 60×20 سانتی‌متر مربع انجام شد و در ۲۵ روز پس از سبزشدن (مرحله ۳-۴ برگ) با انجام تنک تراکم نهایی در حد ۸۳ هزار بوته در هکتار تنظیم گردید. زمان ۵۰ درصد سبزشدن چغندرقد ۱۶ روز بعد از کاشت بود. با توجه به سابقه مزرعه در سال‌های قبل، قطعه زمین انتخاب شده برای انجام تحقیق دارای تراکم قابل توجهی از دو علف‌هرز تاج‌خروس و سلمه- تره بود. برای تأمین تراکم‌های مورد نیاز تاج‌خروس از بانک بذر خاک استفاده شد و آرایش استقرار بوته‌های علف‌هرز نیز در دو طرف ردیف‌های کاشت چغندرقد و با فاصله ۱۰ سانتی‌متر از وسط ردیف بود. نحوه تنظیم زمان‌های مختلف سبزشدن تاج‌خروس نسبت به چغندرقد به این ترتیب بود که تا زمان‌های مربوط به سطح فاکتور موردنظر (۱۰، ۲۰ و ۳۰ روز پس از سبزشدن چغندرقد) کلیه علف‌های هرز سبزشده و جین گردیده و فقط به تاج‌خروس‌های سبز شده در بعد از زمان‌های فوق اجازه رشد داده شد. تنظیم تراکم علف‌هرز نیز توسط و جین دستی انجام گردید. شاخص سطح برگ با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (Area meter AM100, ADC England) و با نمونه‌برداری تعداد دو و سه بوته به ترتیب از چغندرقد و تاج‌خروس انجام شد. برای تعیین عملکرد ریشه از ۱۰ بوته علامت‌گذاری شده در مراحل اولیه رشد استفاده شد. تعیین درصد قند ریشه در کارخانه قند میان‌دوآب انجام گردید. تجزیه واریانس داده‌ها به صورت

مقدار عددی این آماره بین -۱ و +۱ متغیر است و معنی‌دار بودن آن توسط آزمون F مشخص می‌شود. این آماره از رابطه ۶ به دست آمد:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})(P_i - \bar{P})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \times \sqrt{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2}} \quad (6)$$

که در آن، \bar{O}_i درصد افت عملکرد مشاهده شده، O میانگین افت عملکرد مشاهده شده، P_i مقدار افت عملکرد تخمین زده شده و P میانگین افت عملکرد تخمین زده شده است.

۲- درصد خطا = Mean Percentage Error (MPE)

با در نظر گرفتن قدر مطلق تفاوت مقادیر مشاهده شده و شبیه‌سازی شده عملکرد برای هر یک از تیمارها، درصد خطای پیشگویی طبق رابطه ۷ محاسبه گردید:

$$MPE = \left[\sum_{i=1}^n \left(\frac{|obs_i - sim_i|}{obs_i} \right) \times 100 \right] / n \quad (7)$$

که در آن، obs_y و sim_y به ترتیب عملکردهای مشاهده شده و شبیه‌سازی شده و N تعداد تیمارها هستند.

۳- جذر میانگین مربعات خطا

(Root Mean Square Error = RSME)

برای محاسبه RMSE ضمن در نظر داشتن قدرمطلق تفاوت مقادیر عملکردهای مشاهده شده و شبیه‌سازی شده از رابطه ۸ استفاده شد:

بوته در هر متر از طول ردیف، t فاصله زمانی بین سبز شدن گیاه زراعی و علف هرز بر حسب روز، I شیب منحنی، A مجانب منحنی و C نسبت کاهش شیب منحنی به ازای افزایش زمان t است.

از مدل تک پارامتری کراف و اسپیتزر (1991) (رابطه ۳) و مدل دو پارامتری لوتز و همکاران (1992) (رابطه ۵) برای تعیین ارتباط بین کاهش عملکرد چغندر قند و سطح نسبی برگ علف هرز استفاده شد:

$$YL = qL_w / [1 + (q-1)L_w] \quad (3)$$

که در آن، YL درصد کاهش عملکرد گیاه زراعی و q ضریب خسارت نسبی است. L_w نیز سطح نسبی برگ علف هرز است که با استفاده از رابطه ۴ محاسبه شد:

$$L_w = LAI_r / (LAI_{su} + LAI_r) \quad (4)$$

که در آن، اندیس‌های r و su به ترتیب نشان‌دهنده تاج‌خروس و چغندر قند هستند.

$$YL = qL_w / [1 + (q/m-1)L_w] \quad (5)$$

مدل فوق دارای یک پارامتر دیگر به نام m است که حداکثر کاهش عملکرد گیاه زراعی را بر اثر رقابت علف‌هرز نشان می‌دهد. سایر نمادهای این رابطه همانند رابطه ۳ تعریف می‌شود.

به منظور سنجش اعتبار مدل‌های پیشگویی عملکرد از چهار آماره به شرح زیر استفاده شد (Thornley and Johnson 1990):

۱- ضریب همبستگی بین مقادیر برآورد شده و شبیه‌سازی شده

بود. LAI چغندرقد از حداقل ۲/۳۵ در تیمار شدیدترین حالت رقابت (d_{5i1}) تا حداکثر ۳/۷ در ضعیف‌ترین حالت رقابت (d_{1i4}) تغییر یافت، و برعکس، LAI تاج‌خروس از حداکثر ۲ در d_{5i1} تا حداقل ۰/۱۹ در d_{1i4} تغییر پیدا کرد (جدول ۵). نتایج نشان داد، در تمام تیمارهایی که سطح برگ چغندرقد‌های در تداخل با علف‌هرز در حداقل بود، تاج‌خروس بیشترین سطح برگ را به خود اختصاص داد و برعکس (جدول ۵)، که با در نظر گرفتن نحوه تأثیرپذیری صفت درصد پوشش سبز از رقابت با تاج‌خروس در تیمارهای مورد مطالعه (اطلاعات منتشر نشده‌اند) دور از انتظار نبوده است. بیشترین اختلاف بین سطوح مختلف تراکم تاج‌خروس از نظر این صفت موقعی مشهود بود که تراکم از ۱۲ بوته در هر متر از ردیف بیشتر باشد، که نشان می‌دهد تاج‌خروس در تراکم‌های بالا از قدرت رقابت بیشتری با چغندرقد برخوردار است و با افزایش تراکم تاج‌خروس بر تأثیر منفی آن روی LAI چغندرقد افزوده می‌شود. به طوری که افزایش ۴ و ۸ بوته به تراکم تاج‌خروس (به ترتیب اختلاف بین d₃ با d₄ و d₅) توانست شاخص سطح برگ چغندرقد را در مقایسه با شاهد به ترتیب حدود ۲۸ و ۳۳ درصد (معادل ۵۶۰۰ و ۷۴۰۰ سانتی‌مترمربع در واحد سطح) کاهش دهد، در حالی که حضور علف هرز در تراکم‌های ۱، ۴ و ۸ بوته در هر متر از ردیف کاشت فقط کاهشی به ترتیب برابر ۱، ۴ و ۱۳ درصد را در LAI چغندرقد ایجاد کرد، ولی این کاهش در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار نبود

$$RMSE = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (sim_i - obs_i)^2}{n} \right]^{0.5} \quad (8)$$

هر چه مقدار عددی RMSE کمتر باشد، دقت پیش‌بینی مدل بیشتر خواهد بود.

$$-4 \text{ جهت میانگین خطا (Mean Bias Error = MBE)}$$

این پارامتر که برای نشان دادن جهت خطای پیشگویی مورد استفاده قرار می‌گیرد، طبق رابطه ۹ برآورد شد:

$$MBE = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (sim_i - obs_i)}{n} \right] \quad (9)$$

MBE مثبت نشان‌دهنده تخمین بیش‌از حد (Overestimation) و MBE منفی حاکی از تخمین کمتر از حد (Underestimation) صفت موردنظر توسط مدل می‌باشد.

نمادهای روابط ۸ و ۹ همچون رابطه ۷ تعریف می‌شوند.

نتایج و بحث

اثر متقابل بین دو عامل تراکم و زمان سبزشدن علف هرز از نظر تأثیر بر روی شاخص سطح برگ تاج‌خروس در ۱۰۰ روز پس از سبزشدن چغندرقد معنی‌دار گردید. LAI چغندرقد در این مرحله از رشد فقط از تراکم تاج‌خروس متأثر شد (جدول ۱). این امر موجب گردید که از نظر این صفت اختلاف بین شاهد با تیمارهای در تداخل با تاج‌خروس نیز معنی‌دار شود (جدول ۲). با افزایش تراکم و سبزشدن زودتر تاج‌خروس، LAI چغندرقد کاهش یافت و تأثیر تراکم علف‌هرز مهم‌تر

سطح برگ گیاه زراعی بر اثر رقابت با علف‌های هرز گزارش شده است (Graham et al. 1988; Kenzevic et al. 1994; Tollenaar et al. 1994; Bosnic and Swanton 1997).

تأثیر تراکم و زمان سبز شدن تاج خروس بر روی عملکرد ریشه معنی‌دار بود (جدول ۱) و بین شاهد با سایر تیمارها نیز تفاوت معنی‌دار مشاهده شد (جدول ۲). تأثیر منفی علف‌هرز بر روی عملکرد ریشه موقعی شدت گرفت که تراکم علف‌هرز از ۸ بوته در هر متر از ردیف کاشت چغندرقدن بیشتر باشد.

(جدول ۳). به نظر می‌رسد که تأثیرپذیری بیشتر LAI چغندرقدن از تراکم‌های بالای تاج‌خروس به دلیل آن باشد که در تراکم‌های بالا، بوته‌های علف‌هرز از رشد رویشی بیشتری برخوردار شده و شاخ و برگ زیاد تولید می‌کنند و به همان نسبت سطح برگ چغندرقدن را کاهش می‌دهند. این نوع روند تغییر در LAI با محاسبه شاخص سطح برگ نسبی تاج‌خروس نیز تأیید شد (شکل ۱). این امر، اهمیت استقرار سریع تاج‌خروس با تراکم‌های بالا را در گسترش سطح برگ آن و تصمیم‌گیری در جهت حذف آن از محیط رشد گیاه زراعی مشخص می‌کند. در بسیاری از تحقیقات کاهش

جدول ۱ تحلیل واریانس تأثیر تراکم بوته تاج‌خروس و زمان سبز شدن آن بر روی صفات مورد مطالعه

منبع تغییرات	درجه آزادی	LAI تاج‌خروس در ۱۰۰ روز پس از سبز شدن چغندرقدن	LAI چغندرقدن در ۱۰۰ روز پس از سبز شدن آن	عملکرد ریشه	درصدقدن	عملکردقدن	درصد کاهش عملکرد ریشه نسبت به شاهد
میانگین مربعات							
تکرار	۲	۰/۰۰۲	۱/۱۳۲	۵۹/۰۱۶	۱/۸۳۸	۲/۷۳۱	۵/۸۳۲
تراکم	۴	۳/۳۳۷**	۳/۲۰۳***	۳۱۴/۵۹۶**	۱۰/۹۱۹	۲۵/۶۶۷***	۵۴۷/۹۱۶**
زمان سبز شدن	۳	۰/۵۶۷**	۰/۳۵۵	۲۲۳/۵۹۸**	۰/۷۷۱	۱۵/۲۶۲**	۲۱۳/۳۹۷**
تراکم × زمان سبز شدن	۱۲	۰/۰۴۷**	۰/۰۷۱	۴/۸۰۷	۰/۱۷۲	۰/۲۴۶	۸/۸۹۱**
اشتباه	۳۸	۰/۰۱۶	۰/۵۵۳	۷۹/۱۹۱	۵/۶۶۱	۲/۶۰۴	۱/۸۹۵
ضریب تغییرات	-	۱۳/۲۹	۲۳/۸۶	۱۳/۱۸	۱۴/۹۳	۱۴/۹۴	۱۳/۴۰

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد را نشان می‌دهند.

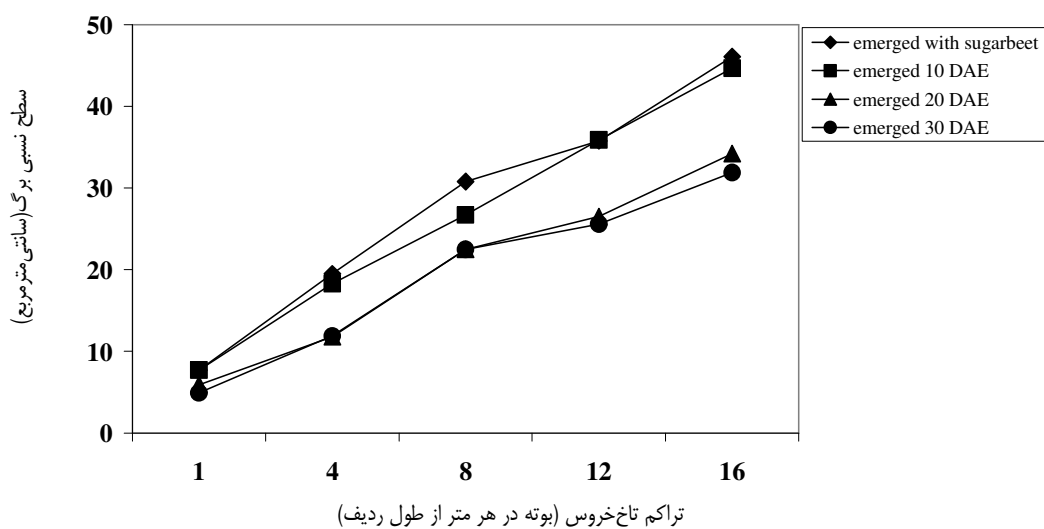
جدول ۲ تحلیل واریانس تأثیر تراکم بوته و زمان سبز شدن تاج خروس همراه با تیمار شاهد بر روی صفات مورد مطالعه

منبع تغییرات	درجه آزادی	LAI چغندر قند در ۱۰۰ روز پس از سبز شدن	عملکرد ریشه	درصد قند	عملکرد قند
میانگین مربعات					
تکرار	۲	۰/۷۹۵	۱۰۹/۷۹۲	۳/۰۰۳	۲/۸۷۶
تیمار	۲۰	۸/۷۸۵*	۲۳۰/۷۸۷*	۲/۵۹۶	۶/۶۷۴**
اشتباه	۴۰	۰/۵۶۶	۴۳/۱۸۶	۵/۵۰۱	۲/۴۸۳
ضریب تغییرات	-	۲۳/۹۳	۱۳/۴۴	۱۴/۶۷	۱۴/۴۵

* و ** به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال ۵٪ و ۱٪ را نشان می‌دهند.

باشد که در تراکم‌های بالای تاج خروس به علت وقوع رقابت درون گونه‌ای، علف‌هرز قدرت خودنمایی زیادی نداشته و از درجه رقابت آن با چغندر قند کاسته می‌شود. بدون شک، تراکم علف‌های هرز در رقابت با گیاهان زراعی نقش مهمی دارد و با افزایش تراکم، میزان خسارت حاصله فزونی پیدا می‌کند. به همین دلیل است که تراکم علف‌هرز به عنوان یک عامل مهم در مطالعات آستانه خسارت علف‌های هرز مورد توجه قرار دارد (عباس‌دخت ۱۳۸۲).

از سطح سوم تراکم به بعد، افزایش هر یک بوته تاج خروس به سطوح تراکم ۸ و ۱۲ بوته در هر متر از ردیف (در میانگین زمان‌های سبز شدن آن) کاهش به ترتیب معادل ۱/۳ و ۰/۳ تن در هکتار در عملکرد ریشه به وجود آورد و همان‌طور که مشخص است، بیشترین کاهش به محدوده تراکمی ۸-۱۲ بوته در هر متر از ردیف مربوط می‌شود و با افزایش تراکم از ۱۲ به ۱۶ بوته کاهش قابل ملاحظه‌ای در میزان عملکرد ریشه چغندر قند مشاهده نشد (جدول ۳). دلیل امر شاید آن



شکل ۱ تأثیر تراکم بوته و زمان سبز شدن تاج خروس روی سطح برگ علف‌هرز

آزمایش، حضور یک بوته تاج‌خروس در زمان‌های مختلف سبزشدن (d_{1-4}) و حضور چهار بوته تاج‌خروس در ۳۰ روز پس از سبزشدن گیاه زراعی (d_{2-4}) را بدون کاهش معنی‌دار در عملکردیسه تحمل کرد. نتایج فوق نشان می‌دهند که با کاهش تراکم و تأخیر در زمان سبزشدن تاج‌خروس از تأثیر منفی آن بر روی عملکردیسه کاسته می‌شود. با در نظر گرفتن درصد کاهش عملکردیسه در تیمارهای مختلف نسبت به شاهد (جدول ۵) و ۵ درصد کاهش مجاز عملکرد (Kavaliauskaite and Bobinas 2006)، می‌توان اظهار داشت که خسارت اقتصادی تاج‌خروس بر روی چغندرقد از مرحله‌ای شروع می‌شود که حداقل چهار بوته علف‌هرز از ۲۰ روز پس از سبزشدن چغندرقد به قبل در مزرعه ظاهر شده و رشد کند.

درصدقدن توسط تراکم و زمان سبزشدن تاج‌خروس تحت تأثیر قرار نگرفت، ولی عملکردقدن به تبع از عملکردیسه تحت تأثیر هر دو عامل مورد بررسی در آزمایش قرار گرفت، ولی اثر متقابل بین این دو عامل معنی‌دار نگردید (جدول ۱). همچنین تیمارهای در تداخل با تاج‌خروس با شاهد بدون علف‌هرز از نظر عملکردقدن اختلاف معنی‌دار داشتند (جدول ۲).

فقط سبزشدن همزمان تاج‌خروس با چغندرقد توانست عملکردیسه را به‌طور معنی‌دار کاهش دهد و در صورت سبزشدن همزمان تاج‌خروس با چغندرقد و رشد توأم با گیاه زراعی تا انتهای فصل رویش بایستی کاهش‌هایی به ترتیب حدود ۳/۵، ۵/۵ و ۶/۵ تن در هکتار در عملکردیسه نسبت به سبزشدن علف‌هرز در ۱۰، ۲۰ و ۳۰ روز پس از چغندرقدن را انتظار داشت (جدول ۴). اختلاف قابل توجه در کاهش عملکرد با زودتر سبزشدن تاج‌خروس مورد انتظار بود (جدول ۵). زیرا زمان سبزشدن علف‌هرز نسبت به گیاه زراعی همان‌طوری که بسیاری از محققان (Kropff et al. 1992; Rajcan and Swanton 2001) بر آن تأکید دارند، یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در کاهش عملکرد است. حضور تمام فصل ۱۶ بوته تاج‌خروس در هر متر از ردیف کاشت عملکردیسه چغندرقدن را از حدود ۷۵ تن در هکتار در شاهد تا ۵۸ تن در هکتار (معادل ۲۳٪ افت) کاهش داد (جدول ۵)، که با توجه به کاهش قابل توجه LAI گیاه زراعی و افزایش معنی‌دار LAI علف‌هرز در تیمار موردنظر دور از انتظار نبوده است. نتایج مشابهی نیز توسط لومیس و همکاران (1968)، تولنار و همکاران (1994) و بوسنیک و سوانتون (1997) گزارش شده است. چغندرقدن در شرایط

جدول ۳ مقایسه میانگین‌های برخی از صفات مورد مطالعه در سطوح مختلف تراکم تاج خروس به روش دانکن

عملکرد قند	عملکرد ریشه	LAI چغندر قند در ۱۰۰ روز پس از سبز شدن	تراکم علف هرز (بوته در هر متر طول از ردیف)
۱۲/۷۳a	۷۴/۳۷a	۳/۶۶a	۱
۱۱/۶۵a	۷۰/۰۹ab	۳/۵۴a	۴
۱۰/۸۸ab	۶۸/۱۱ab	۳/۲۳ab	۸
۹/۵۵b	۶۲/۹۸b	۲/۶۷b	۱۲
۹/۲۱b	۶۲/۰۱b	۲/۴۹b	۱۶

میانگین‌های با حروف یکسان در سطح ۵ درصد اختلاف معنی دار ندارند.

جدول ۴ مقایسه میانگین‌های برخی از صفات مورد مطالعه در سطوح مختلف زمان سبز شدن تاج خروس

۳۰	۲۰	۱۰	همزمان	زمان سبز شدن تاج خروس (روز پس از سبز شدن چغندر قند)
۷۰/۲۱a	۶۹/۱۱ab	۶۷/۰۴ab	۶۳/۶۸b	عملکرد ریشه
۱۱/۴۳a	۱۱/۰۹ab	۱۰/۶۳ab	۱۰/۰۶b	عملکرد قند

حروف غیرمشابه در هر دو جدول نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد در آزمون دانکن است.

کوچکی و همکاران (۱۳۸۰، داوسون (1965) نیز از مطالعه روی رقابت چغندر قند با سلمه تره به نتیجه رسید که اگر محدودیتی از نظر منابع وجود نداشته باشد، هر دو گیاه بدون تأثیر رقابتی زیاد روی یکدیگر به رشد خود تداوم می‌بخشند.

سبز شدن چهار بوته تاج خروس در هر متر ردیف در یک ماه پس از چغندر قند (d_{214}) و نیز رقابت تمام فصل یک بوته تاج خروس با چغندر قند (d_{111}) افزایش به ترتیب ۰/۱۵ و ۰/۰۵ درصدی قند ریشه را موجب گردید، ولی این افزایش در سطح یک درصد معنی دار نشد (اطلاعات منتشر نشده اند).

علف‌های هرز در تراکم‌های پایین بر روی عملکرد - گیاهان زراعی تأثیری ندارند و در برخی موارد رشد گیاه زراعی را تحریک می‌کنند. در هندوستان، با افزایش تراکم علف‌هرز *Triponeo polycersta*، وزن خشک گندم افزایش یافت و فقط تراکم‌های بسیار زیاد این علف‌هرز بر روی عملکرد گندم تأثیر منفی گذاشت (Kapoor and Ramakrishnan 1975)، به نقل از

جدول ۵ مقایسه میانگین‌های برخی از صفات مورد مطالعه در سطوح مختلف تراکم و زمان‌های سبز شدن تاج خروس همراه با شاهد

تیمار	d _{1i1}	d _{1i2}	d _{1i3}	d _{1i4}	d _{2i1}	d _{2i2}	d _{2i3}	d _{2i4}	d _{3i1}	d _{3i2}	d _{3i3}	d _{3i4}
LAI چندرقتند در ۱۰۰ روز	۳/۶۱a	۳/۶۱a	۳/۷a	۳/۷a	۳/۵۲ab	۳/۵ab	۳/۵۸a	۳/۶a	۲/۷cd	۳/۳b	۳/۵ab	۳/۵ab
پس از سبز شدن	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LAI تاج خروس در ۱۰۰ روز	۰/۳g	۰/۳g	۰/۲۳g	۰/۱۹g	۰/۷۹e	۰/۸۵e	۰/۴۸f	۰/۴۸f	۱/۳c	۱/۳c	۱/۰d	۱/۰d
پس از سبز شدن	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
عملکرد ریشه	۷۲/۳abc	۷۴/۶a	۷۵/۲۵a	۷۵/۲۳a	۷۰/۱۸abcd	۶۶/۹۹cde	۷۰/۰۷abcd	۷۳/۲ab	۶۳/۱efg	۶۸/۱bcde	۷۰/۳abcd	۷۱abcd
عملکرد قند	۱۲/۴abc	۱۲/۷۶a	۱۲/۸۷a	۱۲/۸۸a	۱۱/۵abede	۱۷۹bcdef	۱۱/۷abcd	۱۲/۶ab	۹/۸defg	۱۰/۷cdef	۱۱/۵abcde	۱۱/۶abcde
درصد کاهش عملکرد ریشه	۳/۹	۰/۸	۰/۳	۰/۲	۱۰/۹	۶/۸	۶/۸	۲/۷	۱۶	۹/۵	۶/۶	۵/۶

تیمار	d _{4i1}	d _{4i2}	d _{4i3}	d _{4i4}	d _{5i1}	d _{5i1}	d _{5i2}	d _{5i3}	d _{5i4}	شاهد
LAI چندرقتند در ۱۰۰ روز	۲/۵de	۲/۵de	۲/۸c	۲/۹c	۲/۳e	۲/۳e	۲/۴e	۲/۵de	۲/۸c	۳/۷a
پس از سبز شدن	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LAI تاج خروس در ۱۰۰ روز	۱/۴b	۱/۴b	۱/۰d	۱/۰d	۲/۰a	۲/۰a	۱/۹a	۱/۳bc	۱/۳c	-
پس از سبز شدن	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
عملکرد ریشه	۵۸g	۶۲/۴efg	۶۵def	۶۶/۵cde	۵۸g	۵۸g	۶۰fg	۶۵def	۶۵def	۷۵a/۳
عملکرد قند	۸/۷g	۹/۴fg	۹/۸efg	۱۷defg	۸/۶g	۸/۶g	۸/۹fg	۹/۷efg	۹/۷efg	۱۲/۹a
درصد کاهش عملکرد ریشه	۲۲/۹	۱۷	۱۳/۶	۱۱/۶	۲۲/۹	۲۲/۹	۲۰/۲	۱۳/۶	۱۳/۶	-

تمام فصل یک بوته تاج خروس (d_1i_1)، رقابت چهار بوته تاج خروس از ۱۰ روز پس از سبزشدن چغندرقد تا انتهای فصل رشد (d_2i_2) و رقابت هشت بوته تاج خروس از ۲۰ روز پس از سبزشدن چغندرقد تا انتهای فصل رویش (d_3i_3) بر روی عملکردقد تأثیر معنی دار نخواهد داشت.

ارزیابی کارایی مدل‌های شبیه‌سازی عملکرد

۱- سنجش اعتبار مدل تک پارامتری کراف و اسپیتزر (1991) و مدل دو پارامتری کراف و لوتز (1992) مطالعات شبیه‌سازی نشان داده است که بین کاهش عملکرد گیاه‌زراعی و سطح نسبی برگ علف‌های هرز که به فاصله کوتاهی پس از سبزشدن گیاه زراعی اندازه‌گیری می‌شود، ارتباط نزدیک وجود دارد (Kropff and Spitters 1991). برآزش این مدل‌ها به داده‌های آزمایش نشان داد که هر دو مدل به دلیل دارا بودن ضریب تشخیص بسیار پایین (کمتر از ۰/۲۵) به هیچ عنوان در پیشگویی کاهش عملکرد ناشی از تاج خروس در رقم مورد مطالعه چغندرقد از کارآمدی کافی برخوردار نیستند.

۲- سنجش اعتبار مدل تک پارامتری کوزنس (1985) این مدل به داده‌های آزمایش در حالت ترکیب زمان‌های سبزشدن تاج خروس برآزش داده شد و پارامترهای آن برآورد گردید. در این حالت شیب منحنی (I) برابر $1/15 (\pm 0/39)$ درصد و مجانب منحنی (A) در سطح بالاتر از ۱۰۰ درصد محاسبه شد. به عقیده بوسنیک و سوانتون (1997)، در صورتی که خطای

با افزایش تراکم به‌ویژه از سطح سوم آن به بعد، عملکردقد به‌طور معنی‌دار کاهش یافت و افزایش هر واحد علف هرز مازاد بر تراکم هشت بوته در هر متر از ردیف توانست عملکرد قد را $1/3$ تن در هکتار در فاصله تراکمی d_3 تا d_4 و $0/3$ تن در هکتار در فاصله تراکمی d_4 تا d_5 کاهش دهد، ولی اثر کاهشی هر واحد علف هرز بر روی عملکرد قد در فاصله تراکمی ۱-۸ بوته در هر متر از ردیف ($0/8$ تن در هکتار) معنی‌دار نبود. همانند نحوه تأثیرپذیری عملکرد ریشه از سطوح مختلف تراکم تاج خروس، کاهش عملکرد قد ناشی از تراکم علف‌هرز نیز از سطح سوم تراکم به بعد شدت گرفت، که به دلیل مشابه آن را می‌توان ناشی از رقابت درون گونه‌ای تاج خروس دانست. هر چه تاج خروس نسبت به چغندرقد زودتر سبز شد، عملکردقد بیشتر کاهش یافت و به ازای هریک روز سبزشدن زودتر علف‌هرز نسبت به سطح چهارم زمان سبزشدن آن، عملکردقد حدود $0/34$ ، $0/8$ و $1/37$ تن در هکتار به ترتیب در سطوح سوم، دوم و اول زمان سبزشدن کاهش پیدا کرد و بیشترین افت موقعی حاصل شد که رقابت علف‌هرز و گیاه زراعی به‌صورت تمام‌فصل باشد (جدول ۴). عملکردقد در بین تیمارها از حداکثر $12/88$ تن در هکتار در تیمار سبزشدن یک بوته تاج خروس در هر متر ردیف در یک ماه پس از چغندرقد (d_1i_4) تا حداقل $8/58$ تن در هکتار در تیمار رقابت تمام فصل ۱۶ بوته تاج خروس با چغندرقد (d_5i_1) متغیر بود و عملکرد قد تیمار d_1i_4 برابر با شاهد بود. سایر نتایج تحقیق نشان می‌دهند که رقابت

همچنین با توجه به این‌که خطای استاندارد پارامتر A (۴۲۸/۴۲) بیش از نصف مقدار عددی آن پارامتر (۵۸/۲۵) بود، می‌توان اظهار داشت که این مدل در حالت مذکور نیز از قدرت بالایی در پیشگویی عملکرد چغندر قند برخوردار نیست. بوسنیک و سواتون (1997) ضمن تأکید بر تفاوت قدرت رقابت علف‌های هرز هنگامی که در زمان‌های مختلف سبز می‌شوند، بر کارایی کمتر این مدل در تخمین کاهش عملکرد گیاهان زراعی اشاره داشته‌اند. کنزویچ و همکاران (1994) نیز در هریک از زمان‌های سبز شدن تاج‌خروس در ذرت، برآوردهای متفاوتی را از پارامترهای این مدل ارائه نموده‌اند.

۳- سنجش اعتبار مدل دو پارامتری کوزنس و همکاران (1987) براساس عملکرد ریشه با برآزش مدل دو پارامتری کوزنس و همکاران (1987) به داده‌های عملکرد ریشه چغندر قند در تیمارهای مختلف، پارامترهای آن برآورد گردید (جدول ۶). همچنین مقادیر عملکرد مشاهده شده چغندر قند توسط این مدل شبیه‌سازی شد. به منظور تعیین کارایی مدل در شبیه‌سازی عملکرد ریشه، از آزمون همبستگی بین مقادیر عملکرد پیش‌بینی شده و مشاهده شده استفاده شد و با توجه به بالابودن ضریب همبستگی بین این دو گروه داده (**۰/۹۸) و نمودار پراکنش عملکرد شبیه‌سازی شده چغندر قند توسط این مدل در مقابل عملکرد واقعی آن، مشخص گردید که رگرسیون مقادیر پیش‌بینی شده توسط این مدل در مقابل مقادیر واقعی عملکرد رابطه ۱:۱ می‌باشد و عرض از مبدا و

استاندارد پارامترهای مدل بیش از نصف مقدار عددی آن باشد، مدل از درجه اعتبار برای تخمین صحیح خارج می‌شود. باتوجه به بالا بودن خطای استاندارد هر دو پارامتر I و A (به ترتیب برابر ۸۶/۴۱ و ۱۵۲۰۰/۴۴)، می‌توان نتیجه گرفت که مدل فوق در حالت ترکیب زمان‌های سبز شدن تاج‌خروس توانایی کافی برای شبیه‌سازی عملکرد چغندر قند را ندارد.

به منظور ارزیابی کارایی مدل در هریک از زمان‌های سبز شدن علف‌هرز، این مدل به داده‌های مربوط به هریک از زمان‌های سبز شدن تاج‌خروس به صورت جداگانه برآزش داده شد. با این کار، دقت پیش‌بینی مدل در شبیه‌سازی عملکرد چغندر قند با کاهش میانگین مربعات باقیمانده (RMS) به ۰/۶۶ در زمان چهارم سبز شدن تاج‌خروس (سبز شدن در یک ماه بعد از چغندر قند) تا حدی بهبود یافت. با این حال، محاسبه مقدار بیش از ۱۰۰ درصد برای پارامتر A در زمان چهارم سبز شدن علف‌هرز (۱۱۶/۵٪) بیانگر تخمین ضعیف پارامتر I در این مدل در زمان چهارم سبز شدن علف‌هرز بود. اگر چه کاهش عملکرد بیش از ۱۰۰ درصد امکان‌پذیر نیست، ولی مقادیر بالاتر از ۱۰۰ برای پارامتر A قبلاً نیز گزارش شده است (Swinton et al. 1994 و محمودی ۱۳۸۲). به عقیده کوزنس (1985)، این حالت بیشتر زمانی رخ می‌دهد که محدوده کمی از تراکم علف‌هرز مورد استفاده قرار گرفته باشد. این موضوع (تخمین A بیش از ۱۰۰٪) ممکن است موجب تخمین ضعیف سایر پارامترهای مدل شود.

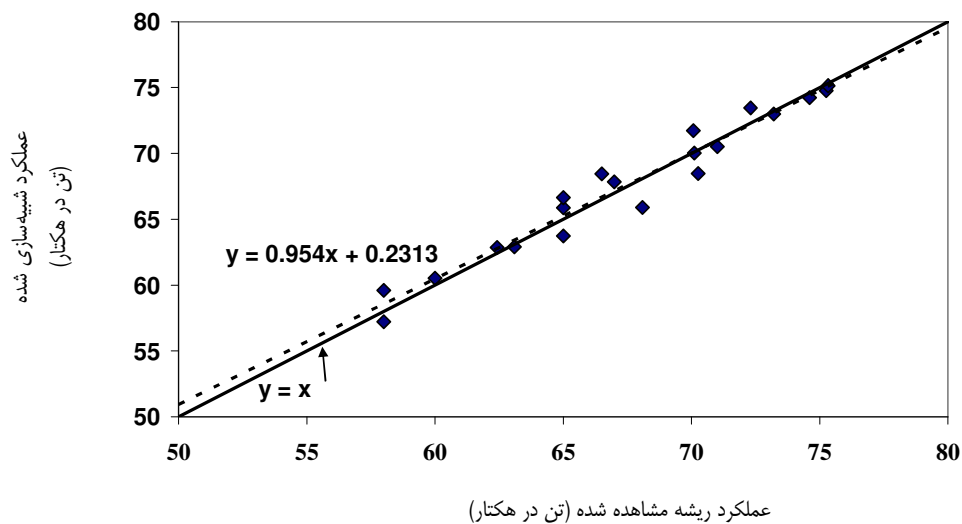
۴- سنجش اعتبار مدل دو پارامتری کوزنس و همکاران (1987) براساس عملکردقد بررسی کارایی مدل دو پارامتری کوزنس و همکاران (1987) در شبیه‌سازی عملکردقد و مقایسه مقادیر پیش‌بینی شده و مشاهده شده عملکردقد در تیمارهای مختلف توسط همین مدل نشان داد که ضریب تشخیص مدل در این حالت از مقدار ۰/۹۶ بر مبنای عملکرد ریشه به ۰/۲۸ بر مبنای عملکردقد کاهش یافت. همچنین تحت این شرایط مقدار عددی درصد خطای پیشگویی از ۱/۴ بر مبنای عملکرد ریشه به ۹/۳۶ بر مبنای عملکردقد (معادل ۶/۷ برابر) افزایش پیدا کرد. با توجه به موارد مذکور، به نظر می‌رسد که مدل فوق در تخمین عملکردقد چغندرقد در شرایط آزمایش از دقت پایینی برخوردار بوده و دارای اریب است (شکل ۳).

شیب خط اختلاف معنی‌داری به ترتیب با صفر و یک ندارند. براساس داده‌های پیش‌بینی شده و واقعی عملکرد، مقادیر آماره‌های درصد خطای پیشگویی، جذر میانگین مربعات خطا و جهت میانگین خطا نیز به ترتیب برابر ۱/۴٪، ۱/۰۸ و ۰/۰۵+ بودند. مثبت بودن مقدار عددی جهت میانگین خطا نشان‌دهنده آن است که مدل فوق میزان عملکرد چغندرقد را اندکی بیشتر از مقدار واقعی آن تخمین می‌زند. با توجه به بالا بودن ضریب تشخیص مدل (۰/۹۶)، پایین بودن خطای استاندارد پارامترهای A، I و C (کمتر از نصف مقدار عددی همان پارامتر) و این‌که هر اندازه مقدار عددی درصد خطای پیشگویی و جذر میانگین مربعات خطا کمتر باشد، دقت پیش‌بینی مدل بیشتر خواهد بود، می‌توان اظهار داشت که مدل دو پارامتری کوزنس و همکاران (1987) از دقت و کارایی بالاتری در شبیه‌سازی عملکرد ریشه چغندرقد تحت شرایط آزمایش برخوردار است (شکل ۲).

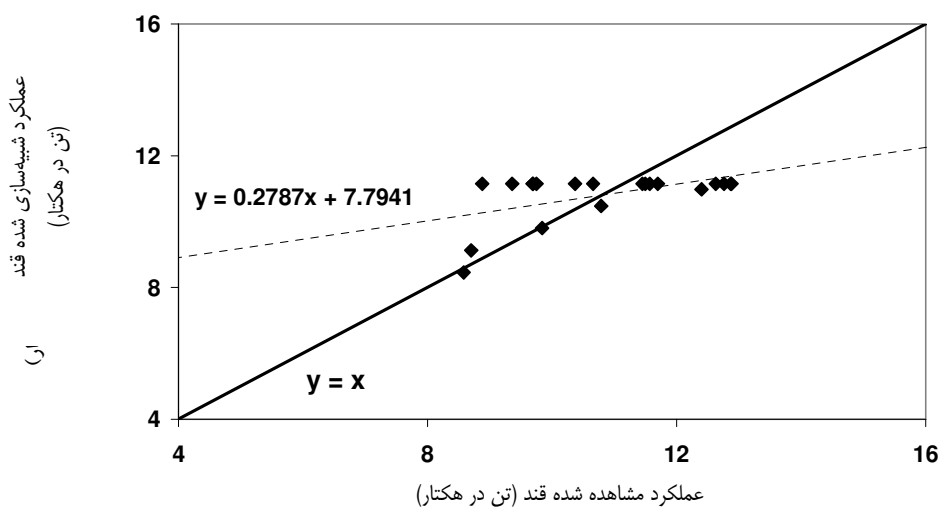
جدول ۶ مقادیر برآورد شده خطای استاندارد و فاصله اطمینان ۹۵ درصد پارامترها برای مدل دو پارامتری کوزنس و همکاران (1987) براساس عملکرد ریشه

ضریب (پارامتر)	مقدار	خطای استاندارد	فاصله اطمینان ۹۵٪ مجانبی	
			حد پایین	حد بالا
I	۳/۵۳	۰/۸۶	۱/۷۱	۵/۳۵
A	۴۳/۷۳	۹/۳۲	۲۳/۹۸	۶۳/۴۹
C	۰/۰۴	۰/۰۰۶	۰/۰۲۶	۰/۰۵

$$3.53d/100(\text{Exp}(0.04*t)+(3.53d)/43.73))-Y=75.11(1)$$



شکل ۲ مقایسه مقادیر شبیه‌سازی شده و مشاهده شده عملکرد ریشه چغندر قند توسط مدل کوزنس و همکاران (۱۹۸۷)



شکل ۳ مقایسه مقادیر شبیه‌سازی شده و مشاهده شده عملکرد قند چغندر قند توسط مدل کوزنس و همکاران (۱۹۸۷)

References:**منابع مورد استفاده:**

- عباس دخت، ح. ۱۳۸۲. بررسی اکوفیزولوژی یک رقابت تاج-خروس (*Amaranthus retroflexus* L.) با سویا (*Glycine max* L.). رساله تحصیلی دکتری تخصصی زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران، ۲۱۰ صفحه.
- کوچکی، ع. ظریف کتابی، ح و نخ فروش، ع. ۱۳۸۰. رهیافت‌های اکولوژیکی مدیریت علف‌های هرز (ترجمه). انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۴۵۸ صفحه.
- محمودی، س. ۱۳۸۲. بررسی اکوفیزولوژی یک رقابت سلمه‌تره (*Chenopodium album* L.) با ذرت (*Zea mays* L.). رساله تحصیلی دکتری تخصصی زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران. ۲۱۰ صفحه.
- Aldrich RJ (1984) Weed crop ecology: Principles in weed management. Berton Publishers, 465p.
- Beckett TH, Stooller EW, Wax LM (1988) Interference of four annual weeds in corn (*Zea mays*). Weed Sci. 36:764-769.
- Bhandari DC, Sen DN (1979) Agro-ecosystem analysis of the Indian arid zone. I: *Indigofera cordiflora* as a weed, Agro-ecosystems, 5:257.
- Bosnic AC, Swanton CJ (1997) Influence of barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) time of emergence and density on corn (*Zea mays* L.). Weed Sci. 43:276-282.
- Cousens R (1985) An empirical model relating crop yield to weed and crop density and a statistical comparison with other models. J. of Agri. Sci. 105:513-521
- Cousens R, Brain P, O'Donovan JT, O'Sullivan PA (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
- Dawson JH (1965) Competition between irrigated sugarbeets and annual weeds. Weeds Res. 13: 245-249
- Dieleman A, Hamill AS, Weise SF, Swanton CJ (1995) Empirical models of pigweed (*Amaranthus spp.*) interference in soybean (*Glycine max* L.). Weed Sci. 43:612- 618
- Graham PL, Steiner JL, Weise AF (1988) Light absorption and competition in mix soybean-pigweed communities. Agron. J. 80:415-418

- Hall MR, Swanton CJ, Anderson GW (1992) The critical period of weed control in corn (*Zea mays L.*). *Weed Sci.* 40:441-447
- Harper F (1983) Inter-specific competition. In: Principle of arable crop production. Granada Publ., New York, pp:198-229
- Horak MJ (1997) The changing nature of palmer amaranth: A case study. *Proc. of North Cent. Weed Sci.* 52:161-168
- Kavaliauskaite D, Bobinas C (2006) Determination of weed competition critical period in red beet. *Agronomy Research*, 4:217-220
- Knezevic SZ, Horak MJ, Vanderlip RL (1997) Relative time of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus L.*) emergence is critical in pigweed-sorghum (*Sorghum bicolor (L.) Moench.*) competition. *Weed Sci.* 45:502-505
- Knezevic SZ, Weise SF, Swanton CJ (1994) Interference of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus L.*) in corn (*Zea mays L.*). *Weed Sci.* 42:568-573
- Knezevic SZ, Weise SF, Swanton CJ (1998) Comparison of empirical models depicting density of *Amaranthus retroflexus L.* and relative leaf area as predictors of yield loss in maize (*Zea mays L.*). *Weed Sci.* 14(3):1-13.
- Kropff MJ, Spitters CJT (1991) A simple model of crop loss by weed competition from early observation on relative leaf area of the weed. *Weed Res.* 31:97-105.
- Kropff MJ, Lotz LAP (1992) System approaches to quantify crop-weed interactions and their application in weed management. *Agricultural Systems.* 40:265-282.
- Kropff MJ, Weaver SE, Smits MA (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.
- Lindquist JL, Martensen DA, Clay SA, Schmenk R, Kells JJ (1996) Stability of corn (*Zea mays*)-velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) interference relationships. *Weed Sci.* 44: 309-313.

- Loomis RS, Williams WA, Duncan WJ, Dovrat A, Nunez F (1968) Quantitative descriptions of foliage display and light absorption in field communities of corn plants. *Crop Sci.* 8:352-356.
- Rajcan I, Swanton CJ (2001) Understanding maize-weed competition: Resource competition, light quality and the whole plant. *Field Crops Res.* 71(2):139-150.
- Ronald AE (2000) *Amaranthus retroflexus* / pigweed. U.S. Department of Agriculture. Rang Publ., 224 PP.
- Spitters CJT, Vandenberg JP (1982) Competition between crop and weeds: A system approach. In biology and ecology of weeds. Junk Publ. Belmont Univ., Wadsworth. 301 PP.
- Swanton CJ, Murphy SD (1996) Weed science beyond the weeds: The role of integrated weed management (IWM) in agro-ecosystem health. *Weed Sci.* 44:437-445.
- Swinton SM, Buhler DD, Forcella F, Gunsolus JL, King RP (1994) Estimation of crop yield loss due to influence by multiple weed species. *Weed Sci.* 42:103-109.
- Tollenaar M, Dibo AA, Aguilera A, Weise SF, Swanton CJ (1994) Effect of crop density on weed interference in maize. *Agro. J.* 86:591-595.
- Thornley JHM, Johnson IR (1990) Plant and crop modeling: A mathematical approach to plant and crop physiology. Clarendon Press, Oxford.
- Velman RJ, Marlander W (1996) Evaluation of competitive power of four weeds in sugar beet. *Field Crops Res.* 59(3):223-342.
- Wilkerson GG, Wiles LJ, Bennett AC (2002) Weed management decision models: Pitfalls, perceptions and possibilities of the economic threshold approach. *Weed Sci.* 50:411-424.