

مدلسازی برهمکنش کود نیتروژن و علف‌کش بر علف‌های هرز

تاتوره (*Datura stramonium* L.) و تاج‌خروس ریشه قرمز (*Amaranthus retroflexus* L.)

رحمت عباسی^۱، حسن محمد علیزاده^{۲*}، داریوش مظاهری^۲، حمید رحیمیان مشهدی^۲ و محمد علی باغستانی^۳

۱- دانشجوی دکتری علف‌های هرز پردیس کشاورزی دانشگاه تهران-کرج ۲-اعضاء هیئت علمی پردیس کشاورزی دانشگاه تهران-کرج، ۳-مؤسسه تحقیقات گیاهپزشکی، گروه علف‌های هرز، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۸۹/۱/۲۰

تاریخ پذیرش: ۸۹/۸/۱۵

چکیده

به منظور انتخاب مدل ترکیبی مناسب در توصیف ارتباط بین واکنش به دز علف‌کش نیکوسولفورون و سطوح کودی نیتروژن در پیش‌بینی کنترل علف‌های هرز تاتوره و تاج‌خروس ریشه قرمز، آزمایشی در قالب طرح فاکتوریل بر پایه کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران (کرج) در سال ۱۳۸۸ انجام شد. نیتروژن در چهار سطح (۰، ۹۰، ۱۸۰ و ۳۶۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره) و علف‌کش نیکوسولفورون در پنج سطح (۰، ۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ لیتر در هکتار) بکار برده شدند. آنالیز واریانس حاکی از تفاوت معنی‌دار تیمارهای کود، علف‌کش و اثرات متقابل بین کود و علف‌کش بر روی زیست توده هر دو علف‌هرز بود. منحنی استاندارد واکنش به دز بعنوان مدل پایه در نظر گرفته شد و سپس کارایی این مدل در تعیین زیست توده علف‌هرز با کاربرد سطوح علف‌کش در هر سطح کودی بررسی گردید تا صحت این انتخاب تأیید گردد. برای تعیین ارتباط هر یک از پارامترهای مدل پایه با سطوح کودی، مدل‌های ممکن مورد بررسی قرار گرفت و مدل‌های مناسب بعنوان زیر مدل در مدل پایه قرار داده شدند تا در نهایت، مدل ترکیبی نهایی ارائه گردید. زیست توده این دو علف‌هرز در تیمار بدون علف‌کش با افزایش کود، رفتار متفاوتی از خود نشان داد. روند این تغییرات در سطوح مختلف کودی با مدل‌های خطی و کوآدراتیک، بترتیب در مورد تاج‌خروس و تاتوره توصیف شده بود. افزایش نیتروژن در تاتوره، واکنش به دز علف‌کش را تغییری نداد، زیرا پارامترهای شیب منحنی و دز مورد نیاز برای ۵۰٪ کاهش زیست توده علف‌هرز تاتوره رفتار مشخصی با افزایش کود نیتروژن از خود نشان نداده و لذا منحنی استاندارد واکنش به دز با این دو پارامتر ثابت، بهترین توصیف زیست توده تاتوره زمانیکه تحت تأثیر کود و علف‌کش قرار می‌گیرند، می‌باشد. ولی منحنی استاندارد واکنش به دز تاج‌خروس با جایگذاری پارامترهای شیب منحنی و دز مورد نیاز برای ۵۰٪ کاهش زیست توده این علف‌هرز، بترتیب با مدل نمایی و خطی تصحیح شده بود. مدل‌های نهایی ارائه شده قادر به پیش‌بینی زیست توده این دو علف‌هرز زمانیکه تحت تأثیر دزهای علف‌کش و کود نیتروژن قرار دارند، می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: مدلسازی، واکنش به دز، علف‌کش نیکوسولفورون، کود نیتروژن، تاتوره و تاج‌خروس ریشه قرمز.

* Correspondence to: rabasi@ut.ac.ir

مقدمه

به فاکتورهای محیطی نظیر شرایط اقلیمی و خاکی وابسته می‌باشد. مطالعه اثرات شرایط اقلیمی روی رقابت گیاه زراعی با علف هرز بسیار مشکل بوده و لذا اکثر مطالعات روی شرایط خاکی نظیر رطوبت (Wright et al., 1999)، نیتروژن (Rooney et al., 1990; Jornsgard et al., 1996) و ... متمرکز شده‌اند.

اهمیت کودهای شیمیایی بویژه کود نیتروژن در بالا بردن عملکرد گیاهان زراعی بخوبی شناخته شده است. لذا برای دستیابی به حداکثر عملکرد و کنترل علف‌های هرز، مصرف نهاده‌هایی چون علف‌کش‌ها و کودهای شیمیایی در کشاورزی امری اجتناب‌ناپذیر محسوب می‌شوند. کاربرد دو نهاده اخیر در دهه‌های گذشته امکان ایجاد کشاورزی فشرده را فراهم آورده‌اند. از طرفی خطرات ناشی از کاربرد آنها بر کسی پوشیده نیست، بطوری که امروزه نگرانی‌های جدی زیست محیطی از جمله خطرات آلودگی سفره‌های آب زیر زمینی در مورد آنها نیز رو به گسترش است. این نگرانی‌ها در کنار افزایش بروز مقاومت علف‌های هرز به علف‌کش‌ها و نیز ضرورت کاهش هزینه هر دو نهاده از سوی متخصصان کشاورزی و کشاورزان، بعنوان اهرم‌هایی در جهت اصرار بر کاهش مصرف آنها عمل می‌نماید تا بدین وسیله افزایشی پایدار در سود حاصل از نظام‌های کشاورزی را فراهم آورد (Blackshaw, 2006). از طرفی با توجه به محاسن و تأثیرات فوق العاده آنها در دستیابی به حداکثر عملکرد، داعیه حذف کامل آنها از برنامه‌های مدیریتی، معقولانه و عملی نبوده و لذا باید تدابیری اتخاذ نمود تا مصرف این نهاده‌ها را تعدیل و از تبعات مخرب آنها کاست. لذا در راستای تعیین میزان حداقل این نهاده‌ها تحقیقات زیادی صورت گرفته است.

تحقیقات چندی در مورد بررسی اثر دزهای کاهش یافته علف‌کش‌ها بر رقابت علف‌های هرز با غلات صورت گرفته است (Christensen, 1994; Lemerle et al., 1996; Brain et al., 1992; Salonen, 1999). همچنین مطالعاتی با هدف تأثیر مقادیر کاهش یافته نیتروژن بر رقابت علف‌های هرز با گیاهان زراعی

علف‌های هرز بصورت موجوداتی بسیار موفق و کارآمد در تمام اراضی جهان پراکنده شده‌اند. در حال حاضر یک مطالعه همه جانبه قابل اعتمادی که بتواند خسارات ناشی از آنها را در سطح جهانی ارزیابی نماید، وجود ندارد. ولی بر اساس نظرات متخصصین گیاهپزشکی، خسارت علف‌های هرز به تنهایی تقریباً با مجموع خسارات آفات و بیماری‌ها برابری می‌کند (Nojavan, 2001). بدون عملیات کنترل علف‌های هرز، کاهش عملکردی بین ۱۰-۱۰۰٪ بسته به قدرت رقابتی گیاه زراعی گزارش شده است (Heemst, 1985). علف‌هرز تاتوره (*Datura stramonium* L.) متعلق به تیره Solanaceae می‌باشد و باعث بروز مشکلات متعددی چون کاهش عملکرد، ایجاد مشکل در برداشت، پناهگاه برای حشرات آفت (Fitt, 1989) و بیمارگرها (Hearn & Fitt, 1992) می‌گردد. این علف‌هرز در بیش از ۴۰ گیاه زراعی و تقریباً در ۱۰۰ کشور پراکنش جهانی دارد (Holm et al., 1996). رقابت تاتوره با محصولاتی چون ذرت، سویا، گوجه‌فرنگی، پنبه و آفتاب‌گردان بررسی شده است (Weaver & Warwick, 1984). علف‌هرز تاج‌خروس (*Amaranthus retroflexus* L.) متعلق به تیره Amaranthaceae می‌باشد و پراکنش جهانی آن در ۷۰ کشور دنیا و در ۶۰ گیاه زراعی گزارش شده است (Holm et al., 1996). بررسی رقابت این گیاه نیز با محصولاتی چون سویا، ذرت، چغندر، یونجه و سیب‌زمینی صورت گرفته است (Costea et al., 2003).

اساس مدیریت علف‌های هرز در نظام‌های کشاورزی پایدار استفاده از اصول مدیریت تلفیقی علف‌های هرز (IWM) می‌باشد که بستگی به شناخت دقیق و کامل از جنبه‌های مختلف اکوفیزیولوژیک رقابت علف‌هرز با گیاه زراعی دارد (Tollenaar et al., 1994). توانایی رقابتی علف هرز از بخش‌های کلیدی توصیف اثرات متقابل گیاهان زراعی با علف هرز و پیش‌بینی افت عملکرد گیاه زراعی می‌باشد. این توانایی

دز علف‌کش و سطوح کودی نیتروژن قرار گیرند مورد استفاده قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

آزمایش گلخانه‌ای در قالب طرح فاکتوریل بر پایه کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده علوم زراعی و دامی دانشگاه تهران (کرج) در بهار و تابستان سال ۱۳۸۸ انجام شد. نیتروژن در چهار سطح (۰، ۹۰، ۱۸۰ و ۳۶۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره) و دزهای علف‌کش نیکوسولفورون با فرمولاسیون ۴٪ SC و دز توصیه شده ۲ لیتر در هکتار (Baghestani et al., 2007) در پنج سطح (۰، ۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ لیتر در هکتار) اعمال شدند.

خاک مورد استفاده دارای بافت لومی رسی (شن ۲۹/۶٪، سیلت ۴۰٪، رس ۳۰/۴٪)، pH = ۷/۶۸، ماده آلی و ۰/۰۷٪ نیتروژن خاک بود. بذرهای تاتوره (*Datura stramonium* L.) و تاج‌خروس ریشه‌قرمز (*Amaranthus retroflexus* L.) جمع‌آوری شده از پاییز سال گذشته که تا قبل از کشت در سردخانه‌ای با دمای ۴ °C نگهداری شدند، در گلدان‌های پلاستیکی به قطر دهانه ۱۵ سانتیمتر و ارتفاع ۲۰ سانتیمتر کشت شده و در مرحله دو برگی حقیقی، تعدادشان به دو بوته در هر گلدان رسانده شد. سطوح کودی (بر اساس ۰/۱۸ متر مربع که برابر مساحت هر گلدان می‌باشد) در دو مرحله (۵۰٪ بلافاصله پس از تنک بوته‌ها و ۵۰٪ دیگر در مرحله ۶ برگی گیاهچه‌ها) و سطوح علف‌کش در مرحله ۴ برگی گیاهچه‌ها با استفاده از سمپاش پستی MATABI (Elegans 18 plus) مجهز به نازل بادبزی یکنواخت ۸۰۰۲ با فشار ۲/۸ بار و با خروجی ۰/۷۳ لیتر بر دقیقه بود، اعمال شد. هر گلدان در یک سینی قرار داده شد تا از هدر رفت کود از گلدان‌ها جلوگیری شود. گیاهان تحت نور طبیعی و دمای ۲۲-۲۷/۱۷-۲۲ شب/روز نگهداری شدند. سایر کودهای مورد نیاز (سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم) به میزان مساوی به گلدان‌ها داده شد و آبیاری گلدان‌ها بطریق نشتی از

نیز صورت گرفته است (Wright & Wilson, 1992). ولی بر همکنش کود و علف‌کش، کمتر مورد توجه بوده و بیشتر تحقیقات، مقدار، نوع و روش کاربرد کودها را مورد بررسی قرار داده‌اند. Cathcart et al., 2004 اثر کود نیتروژن و واکنش علف‌های هرز به علف‌کش‌ها را مورد بررسی قرار دادند و گزارش دادند برای کنترل علف‌های هرز رشد یافته در مقادیر کودی پائین به میزان بیشتری علف‌کش نیاز بود. از سوی دیگر (Richards 1993) اذعان داشت که دزهای کاهش یافته علف‌کش‌ها در ترکیب با مقادیر کاهش یافته نیتروژن ممکن است منجر به شکست در کنترل علف‌هرز و افت عملکرد گردند. لذا درک صحیحی از تأثیر نیتروژن بر رشد علف‌های هرز و کارایی علف‌کش‌ها ضروری به نظر می‌رسد.

بهرحال اطلاعات اندکی راجع به تعیین دز علف‌کش و مقدار نیتروژن جهت کنترل مناسب علف‌های هرز در اختیار می‌باشد. علاوه بر این اطلاعات کمی در خصوص اثرات کود نیتروژن بر علف‌کش‌های سولفونیل اوره که اخیراً کاربرد آنها رو به گسترش است، وجود دارد. علف‌کش نیکوسولفورون از ترکیبات سولفونیل اوره بوده و بازدارنده آنزیم استولاکتات سنتتاز می‌باشد و اثر کنترلی آن بر علف‌های هرز تاتوره و تاج‌خروس ریشه‌قرمز، بترتیب ۸ و ۹ گزارش شد (DuPunt Agricultural Products, 1995). همچنین بیشتر مطالعات اثرات نیتروژن را بر رقابت گیاه زراعی با علف‌هرز بررسی کرده‌اند، لذا لازم است اثرات متقابل بین علف‌کش و نیتروژن و تأثیرشان بر رشد علف‌هرز در شرایط بدون رقابت با گیاه زراعی نیز مورد بررسی قرار گیرد تا این اطلاعات به توصیف روابط واکنش به دز علف‌کش با نیتروژن کمک کند.

این مطالعه جهت انتخاب مدل ترکیبی مناسب برای توصیف رابطه واکنش به دز علف‌کش و کود نیتروژن در مورد دو گونه علف‌هرز انجام شد. اگر تغییرات در پارامترهای مدل واکنش به دز علف‌کش با سطوح نیتروژن با مدل‌های تجربی توصیف شوند، مدل ترکیبی حاصل می‌تواند در پیش‌بینی زیست توده علف‌های هرز بررسی شده زمانیکه تحت تأثیر هر دو عامل

منحنی استاندارد واکنش به دز (رابطه ۱) به منظور توصیف رابطه زیست توده علف‌هرز (W) و دز علف‌کش بعنوان مدل پایه می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد (Streibig, ۱۹۸۰).

$$W = \frac{W_o}{1 + \left(\frac{Dose}{\exp(LD_{50})}\right)^B} \quad [1]$$

علف‌هرز با کاربرد سطوح علف‌کش در هر سطح کودی بررسی گردد تا در صورت عدم کارآیی، مدل پایه مناسب‌تری انتخاب گردد. لذا رابطه (۲) برای زیست توده هر علف‌هرز در هر سطح دز علف‌کش (i) ($i = 1, 2, 3, 4, 5$) برای هر یک از سطوح کودی بررسی می‌گردد.

$$W_i = \frac{W_{oi}}{1 + \left(\frac{Dose}{ED_{50i}}\right)^{B_i}} \quad [2]$$

کودی، مدل‌های ممکن مورد بررسی قرار گرفته و مدل‌های مناسب بعنوان زیر مدل در مدل پایه قرار دادند تا در نهایت، مدل ترکیبی نهایی که قادر به پیش‌بینی زیست توده علف‌های‌هرز مورد بررسی در مقادیر مختلف کود و علف‌کش باشد، ارائه گردید.

مدل‌ها مورد استفاده قرار گرفت. ارزیابی برازش مدل‌ها (مدل‌های پایه و مدل نهایی) با کمک شاخص ریشه دوم میانگین مربعات خطا ($RMSE$) و R^2_{adj} (رابطه‌های ۳ و ۴) انجام گرفت.

سینی‌ها و بفواصل زمانی ۳ روز انجام گرفت. هشت هفته پس از اعمال علف‌کش، نمونه‌برداری انجام شد و بوته‌ها پس از کف‌بردن در آن $80^\circ C$ به مدت سه روز خشک و سپس برای تعیین زیست توده، وزن شدند.

که W_o ، زیست توده علف‌هرز در تیمار بدون مصرف علف‌کش، LD_{50} ، لگاریتم دز مورد نیاز برای ۵۰٪ کاهش زیست توده علف‌هرز (از این پس $\exp(LD_{50})$ با ED_{50} نشان داده می‌شود) و B ، شیب منحنی واکنش به دز است. بنابراین ابتدا لازم است دقت و کارآیی این مدل در تعیین زیست توده

که W_{oi} ، ED_{50i} و B_i ، پارامترهای سطح نام دز علف‌کش می‌باشند. پس از انتخاب مدل پایه، این مسأله پیش می‌آید که احتمال تغییر پارامترهای اخیر در صورت کاربرد سطوح متفاوت کود نیتروژن وجود خواهد داشت، لذا ضرورت دارد که تغییرات هر پارامتر در هر یک از سطوح کودی بررسی گردد. به منظور تعیین ارتباط هر یک از این پارامترها با سطوح

آنالیز آماری:

با اطمینان از نرمال بودن داده‌های زیست توده علف‌های‌هرز تاتوره و تاج‌خروس با Minitab (ver 11)، این داده‌ها با SAS (ver 9.1) مورد آنالیز واریانس (ANOVA) قرار گرفتند. سپس رگرسیون غیر خطی با کمک SigmaPlot (ver 11) برای برازش

$$RMSE = \sqrt{\left(\frac{1}{n}\right) \sum (Y_{observed} - Y_{predicted})^2} \quad [3]$$

$$R^2_{adj} = 1 - \left(\frac{\sum (Y_{observed} - Y_{predicted})^2}{\sum (Y_{observed} - \bar{Y}_{observed})^2} \right) \quad [4]$$

انتخاب بهترین مدل با کمک شاخص آکائیک تصحیح شده (AICc) (رابطه ۵) صورت گرفت (Burnham & Anderson, 2002).

$$AICc = n \ln \left(\frac{RSS}{n} \right) + 2k + \left(\frac{2k(k+1)}{n-k-1} \right) \quad [5]$$

وجود دارد که می‌توان مدل‌ها را بر اساس توان توصیف و برازش، رتبه‌بندی کرد. رتبه‌بندی مدل‌ها با کمک شاخص Δi (رابطه ۶) انجام شد.

$$\Delta i = AICc - \min AICc \quad [6]$$

نتایج و بحث

آنالیز اولیه داده‌های زیست توده علف‌هرز:

نتایج آنالیز واریانس حاکی از تفاوت معنی‌دار ($P = 0.01$) تیمارهای کود و علف‌کش روی زیست توده هر دو علف‌هرز بود (جدول ۱). همچنین اثرات متقابل بین کود و علف‌کش بر روی هر دو گونه نیز معنی‌دار شد که حکایت از این دارد که واکنش به دز علف‌کش هر یک از گونه‌ها تحت تأثیر تیمار کودی قرار گرفتند.

که $Y_{observed}$ و $Y_{predicted}$ بترتیب مقادیر مشاهده شده و پیش‌بینی شده و n تعداد نقاط یا نمونه می‌باشد. $RMSE$ کوچکتر و R^2_{adj} نزدیک‌تر به یک نشانگر برازش بهتر مدل به داده‌ها می‌باشد.

که RSS ، جمع مربعات باقیمانده، n تعداد نمونه و k ، تعداد پارمتر مدل مورد نظر می‌باشد. بهترین مدل، مدلی است که کمترین میزان $AICc$ محاسبه شده را داشته باشد، ولی روشی

که $\min AICc$ کمترین مقدار $AICc$ محاسبه شده از بین مدل‌ها است که بهترین برازش را نشان داده است. اگر $\Delta i < 2$ باشد به مفهوم عدم اختلاف در برازش مدل‌هاست و لذا هر دو مدل برازش و پیش‌بینی بسیار خوبی ارائه خواهند داد. ولی اگر $10 < \Delta i < 2$ باشد مدل با $AICc$ بزرگتر نیز برازش خوبی ارائه خواهد داد و این مدل می‌تواند پذیرفته شود. در صورتیکه $\Delta i > 10$ باشد مدل با $AICc$ بزرگتر، مدل مناسبی نبوده و برازش خوبی ارائه نخواهد داد (Burnham & Anderson, 2002).

جدول ۱- نتایج مقدار F بدست آمده از آنالیز واریانس زیست توده تانوره و تاج‌خروس‌ریشه قرمز

Table 1. Summary of F-values from the analysis of variance of jimsonweed and redroot pigweed biomass

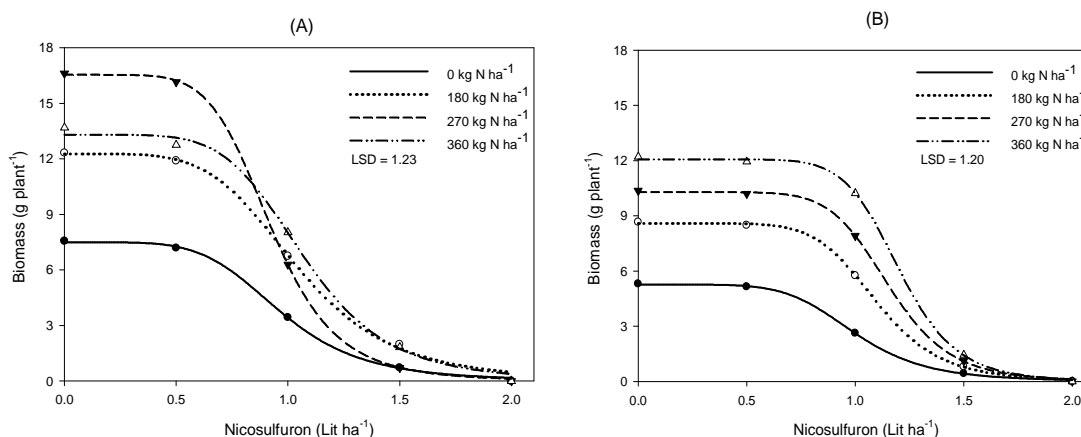
Weed species	Source of variation		
	Fertilizer	Herbicide	Herbicide × Fertilizer
Jimsonweed	18.13 **	147.45 **	2.47 *
Redroot pigweed	20.39 **	86.93 **	4.17 **

* = معنی‌دار در سطح ۵٪ و ** = معنی‌دار در سطح ۱٪

* = significant at 5% and ** = significant at 1%

منحنی استاندارد واکنش به دز، برازش خوبی به داده‌های زیست توده هر دو علف‌هرز در هر سطح نیتروژن داد (شکل ۱).

جهت دستیابی روابط بین زیست توده علف‌هرز و دز علف‌کش در هر سطح کودی، رابطه (۲) به داده‌های زیست توده علف‌هرز در سطوح کودی مختلف برازش داده شد.



شکل ۱- واکنش به دز علف‌کش بر زیست توده تاتوره (A) و تاج‌خروس (B) در سطوح مختلف کودی

Figure 1. Herbicide dose-responses in biomasses of jimsonweed (A) and redroot pigweed (B) to nicosulfuron at different levels of nitrogen

از برازش مناسب مدل پایه (رابطه ۲) به داده‌های زیست توده هر دو علف‌هرز در هر یک از سطوح کودی می‌باشد.

پارامترهای ارزیابی شده توسط این رابطه که در جدول (۲) آمده است، تغییرات هر پارامتر را با افزایش سطح کودی نشان می‌دهد. مقادیر $RMSE$ و R^2_{adj} ارائه شده در جدول (۲) حاکی

جدول ۲- پارامترهای برآورد شده منحنی‌های استاندارد واکنش به دز علف‌کش نیکوسولفورون در سطوح کودی مختلف برای علف‌های هرز تاتوره و تاج‌خروس ریشه قرمز

Table 2. Parameter estimates for the standard dose-response curves of jimsonweed and redroot pigweed to nicosulfuron at different levels of nitrogen

Weed species	Urea fertilizer levels (kg ha ⁻¹)	Parameter estimates			RMSE	R ² _{adj}
		W ₀	ED ₅₀	B		
Jimsonweed	0	7.49 (0.71)	0.966 (0.106)	5.19 (3.08)	0.744	0.94
	180	12.26 (0.68)	1.104 (0.064)	4.93 (1.42)	1.168	0.94
	270	16.54 (0.71)	0.926 (0.051)	6.39 (2.71)	1.918	0.93
	360	13.30 (0.65)	1.075 (0.052)	5.69 (1.49)	1.393	0.94
Redroot pigweed	0	5.26 (0.32)	0.998 (0.120)	5.99 (2.65)	0.672	0.91
	180	8.59 (0.29)	1.100 (0.071)	7.44 (1.17)	0.496	0.98
	270	10.28 (0.68)	1.158 (0.167)	8.23 (2.78)	1.499	0.89
	360	12.07 (0.93)	1.204 (0.063)	9.20 (3.43)	2.032	0.87

W_0 ، زیست توده علف‌هرز در تیمار بدون مصرف علف‌کش، ED_{50} ، دز مورد نیاز برای ۵۰٪ کاهش زیست توده علف‌هرز و B ، شیب منحنی واکنش به دز است.

مقادیر داخل پرانتزها بیانگر خطای استاندارد پارامترهاست. $RMSE$ کوچکتر و R^2_{adj} نزدیک‌تر به یک نشانگر برازش بهتر مدل به داده‌هاست.

W_0 ، weed biomass at no-herbicide treatment, ED_{50} ، the dose required to reduce weed biomass by 50%, B ، steepness of the dose-response curve. The numbers in parenthesis are standard errors. Lower amount of $RMSE$ and R^2_{adj} closer to 1 show better fit of model to data.

در تاتوره تا کاربرد ۲۷۰ kg/ha کود، افزایش و سپس کاهش نشان داد (شکل ۱ و جدول ۲). برای دستیابی به رابطه بین پارامتر W_0 در سطوح کودی برای هر یک از علف‌های هرز، چندین مدل بررسی و پارامترهای برآورد شده در جدول (۳) ارائه شده‌اند.

مدل‌سازی زیست توده علف‌هرز در تیمار بدون علف‌کش (W_0) با نیتروژن:

زیست توده این دو علف‌هرز در تیمار بدون علف‌کش با افزایش کود، رفتار متفاوتی از خود نشان داد. این پارامتر در تاج‌خروس با افزایش کود، افزایش معنی‌داری نشان داد، ولی

جدول ۳- پارامترهای برآورد شده مدل‌های تست شده برای توصیف روابط بین W_0 با نیتروژنTable 3. Parameter estimates for the models tested to describe the relationship between weed biomass at no-herbicide treatment (W_0) and nitrogen

Weed species	Model tested	Parameter estimates			r^2
		a	b	c	
Jimsonweed	Linear	8.35 (2.38)	0.02 (0.01)	-	0.67
	Quadratic	7.26 (2.50)	0.05 (0.03)	-9×10^{-5} (8×10^{-5})	0.85
Redroot pigweed	Linear	5.23 (0.05)	0.02 (0.0002)	-	≈ 1

مدل‌های تست شده، مدل‌های خطی ($a+bN$) و کوآدراتیک ($a+bN+cN^2$) بودند. مقادیر داخل پرانتزها بیانگر خطای استاندارد پارامترهاست.

Model tested were Linear model ($a+bN$) and Quadratic model ($a+bN+cN^2$). The numbers in parenthesis are standard errors.

درون‌یابی میزان زیست توده در مقادیر کودهای بالا در برخی گونه‌ها (نظیر تاتوره در این مطالعه) ممکن است دچار مشکل شود و قادر به تخمین کاهش زیست توده علف‌هرز در سطوح بالای نیتروژن نخواهد بود که در این موارد مدلی همچون کوآدراتیک ممکن است مناسب بوده و برازش خوبی به داده‌ها دهد. Zare (2009) رابطه بین زیست توده (در تیمار بدون علف‌کش) علف‌های هرز تاج‌خروس ریشه‌قرمز، *Sorghum* با *Convolvulus arvensis* و *Acroptilon repens* با نیتروژن را کوآدراتیک و Kim et al., 2006 رابطه بین زیست توده (در تیمار بدون علف‌کش) *Brassica napus*، *Matricaria perforata*، *Papaver rhoeas* و *Galium aparine* با نیتروژن را خطی گزارش دادند.

مدل‌سازی پارامتر ED_{50} با نیتروژن:

پس از انتخاب زیر مدل‌های مناسب برای پارامتر W_0 ، مدل‌های امکان‌پذیر برای توصیف رفتار پارامتر ED_{50} در سطوح مختلف کود نیتروژن مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت و خلاصه نتایج آن در جدول (۴) آمده است.

روند تغییرات این پارامتر در سطوح مختلف کودی با مدل‌های خطی ($r^2 \approx 1$) و کوآدراتیک ($r^2 = 0.85$)، بترتیب در مورد تاج‌خروس و تاتوره توصیف شده بود. لذا پارامتر W_0 رابطه (۱) با زیر مدل‌های خطی و کوآدراتیک بترتیب در مورد تاج‌خروس و تاتوره می‌تواند جایگزین شوند.

نیتروژن می‌تواند رشد گیاه و زیست توده را با تغییرات بر روی سطح برگ و ظرفیت فتوسنتزی تحت تأثیر قرار دهد (Lindquist et al., 2007; Frederick & Camberato, 1995). اشاره کردند که علف‌های هرز برای دسترسی به منابع مورد نیاز، واکنش‌های ویژه‌ای نسبت به محیط پیرامون از خود نشان می‌دهند، ولی بطور کلی در سطوح مختلف نیتروژن، واکنش علف‌های هرز بصورت خطی است. Nelder 1996، روابط خطی، کوآدراتیک، کوآدراتیک معکوس و خطی بر چند جمله‌ای کوآدراتیک را برای برازش به داده‌های پاسخ به کود نیتروژن پیشنهاد داده بود. روابط بین زیست توده علف‌هرز در تیمار بدون علف‌کش و نیتروژن در این مطالعه برای تاج‌خروس با مدل خطی توصیف شده بود، ولی این مدل در

جدول ۴- پارامترهای برآورد شده مدل‌های تست شده برای توصیف روابط بین پارامتر ED_{50} با نیتروژنTable 4. Parameter estimates for the models tested to describe the relationship between ED_{50} and nitrogen

Weed species	Model tested	Parameter estimates			r^2
		d	e	f	
Jimsonweed	Linear	0.966 (0.07)	1.8×10^{-4} (2.8×10^{-4})	-	0.16
	Quadratic	0.976 (0.106)	-1.1×10^{-4} (0.001)	8×10^{-7} (3×10^{-6})	0.20
Redroot pigweed	Linear	0.998 (0.003)	5.8×10^{-4} (1.3×10^{-5})	-	0.99

مدل‌های تست شده، مدل‌های خطی ($d+eN$) و کوآدراتیک ($d+eN+fN^2$) بودند. مقادیر داخل پرانتز، خطای استاندارد می‌باشند.

Model tested were Linear model ($d+eN$) and Quadratic model ($d+eN+fN^2$). The numbers in parenthesis are standard errors.

مقادیر ED_{50} تاج‌خروس با افزایش نیتروژن افزایش داشت، مدل خطی توصیف بهتری ($r^2 = 0/99$) از افزایش ED_{50} تاج‌خروس با افزایش سطح نیتروژن نسبت به سایر مدل‌های بررسی شده داشت (جدول ۴). پارامتر ED_{50} تاتوره تحت تأثیر نیتروژن قرار نگرفت، لذا بنظر می‌رسد که این پارامتر باید ثابت در نظر گرفته شود (جدول ۴). مدل‌های خطی و کوآدراتیک رابطه بین پارامتر ED_{50} و نیتروژن را بطور ضعیفی قادر بودند توصیف نمایند، چون از یک طرف r^2 محاسبه شده، مقدارش پائین بود و از طرف دیگر بالا بودن مقدار خطای استاندارد شیب خط این مدل‌ها (پارامتر e) حاکی از این است که شیب خط با مقدار صفر، تفاوت معنی‌داری نداشته و لذا این پارامتر باید ثابت در نظر گرفته شود. در مطالعه Kim et al., 2006، پارامتر ED_{50} منحنی واکنش به دز علف‌کش در سطوح مختلف نیتروژن برای علف‌هرز *Brassica napus* ثابت در نظر گرفته شد، ولی در علف‌های هرز *Matricaria perforata* و *Papaver rhoeas*، مدل لجستیک، تغییرات این پارامتر در برابر نیتروژن را توصیف کرده بود.

کود نیتروژن، حساسیت گیاهان زراعی سویا (Wolf et al., 1950)، جو (Pfeiffer & Holmes, 1961) و علف‌هرز قیاق (McWhorter, 1971) را بترتیب به علف‌کش‌های 2,4-D، باربان و دالاپون افزایش داد. (Griffiths, 1968) گزارش داد که نیتروژن بالا منجر به افزایش کنترل چچم چند ساله (*Lolium perenne*) گشت. (Lutman et al., 1974) نیز گزارش دادند که چندین علف‌هرز تیره گندم رشد یافته در سطوح بالای نیتروژن نسبت به زمانیکه در سطوح پائین نیتروژن رشد یافته بودند به پاراکوات حساس‌تر شده بودند و دلیل این امر به نگهداری، نفوذ، جذب برگ و انتقال علف‌کش نسبت داده شده بود.

نکته قابل ذکر در این بررسی، کاهش کارایی علف‌کش در سطوح بالای کود نیتروژن بود، دلیل این امر احتمالاً رشد بالا و زیست توده بیشتر گیاه در مقادیر بالای کودی بود که برای کاهش این مقدار زیست توده به مقدار بیشتری از علف‌کش نیاز بود. تغییر کارایی علف‌کش با مقایسه مقادیر ED_{50} در سطوح کودی مختلف قابل بررسی است. با افزایش کود نیتروژن، مقدار ED_{50} ، افزایش و لذا کارایی علف‌کش کاهش یافته بود. بنابراین دزهای کاهش یافته دز سطوح بالای کودی منجر به شکست عملیات کنترل این علف‌هرز خواهد گشت. با توجه به اینکه علف‌کش مورد نظر از دسته بازدارنده سنتز آمینو اسیدهای شاخه‌دار است، شاید کاربرد نیتروژن سبب اسیمیلایون بالای این اسیدها در گیاه شده باشد و به نوعی تحمل گیاه به علف‌کش در مقادیر بالای نیتروژن افزایش یافته باشد. همچنین بیان شده که کود نیتروژن ممکن است طول تریکوم‌ها و مقدار واکس اپی‌کوتیکولاری برگ‌ها را تغییر دهد که این تغییر می‌تواند بر قابلیت خیس شدن برگ‌ها و لذا جذب علف‌کش‌ها موثر باشد (Holloway et al., 1980). لذا شاید بتوان دلیل کاهش کارایی علف‌کش در سطوح بالای کودی را با آزمایشاتی در خصوص نگهداری، نفوذ، جذب برگ و علف‌کش و انتقال آن، اسیمیلایون آمینو اسیدهای شاخه‌دار، طول تریکوم‌ها و مقدار واکس اپی‌کوتیکولاری برگ‌ها در تیمارهای مختلف کودی توجیه نمود.

مدل‌سازی پارامتر B با نیتروژن:

مقادیر برآورد شده پارامتر B مربوط به هر علف‌هرز (جدول ۲) در هر سطح کودی رسم شدند تا روابط این پارامتر با کود مشخص گردد. مدل‌های امکان‌پذیر برای توصیف رفتار این پارامتر با نیتروژن مقایسه شدند که خلاصه نتایج آن در جدول (۵) آمده است.

جدول ۵- پارامترهای برآورد شده مدل‌های تست شده برای توصیف روابط بین پارامتر B با نیتروژنTable 5. Parameter estimates for the models tested to describe the relationship between B and nitrogen

Weed species	Model tested	Parameter estimates			
		g	h	i	r ²
Jimsonweed	Linear	5.08 (0.59)	0.002 (0.002)	-	0.31
	Quadratic	5.11 (0.92)	0.002 (0.012)	2×10^{-6} (3×10^{-5})	0.32
Redroot pigweed	Exponential	5.99 (0.02)	1.001 (0.00001)	-	≈ 1

مدل‌های تست شده، مدل‌های خطی (g+hN)، کوآدراتیک (g+hN+iN²) و نمایی (gh^N) بودند. مقادیر داخل پرانتز، خطای استاندارد می‌باشند.

Model tested were Linear model (g+hN), Quadratic model (g+hN+iN²) and Exponential model (gh^N). The numbers in parenthesis are standard errors.

نیتروژن بررسی گردید و بعنوان زیر مدل در مدل پایه ادغام گردید و شاخص‌های آکائیک و Δi برای هر مدل محاسبه شد که این مقادیر در شکل (۲) آمده است. برای پارامترهای W_{oi} ، ED_{50i} و B_i تاتوره، بترتیب زیر مدل‌های کوآدراتیک، کوآدراتیک و خطی و برای تاج‌خروس، زیر مدل‌های خطی، خطی و نمایی در مدل پایه جایگزین شدند.

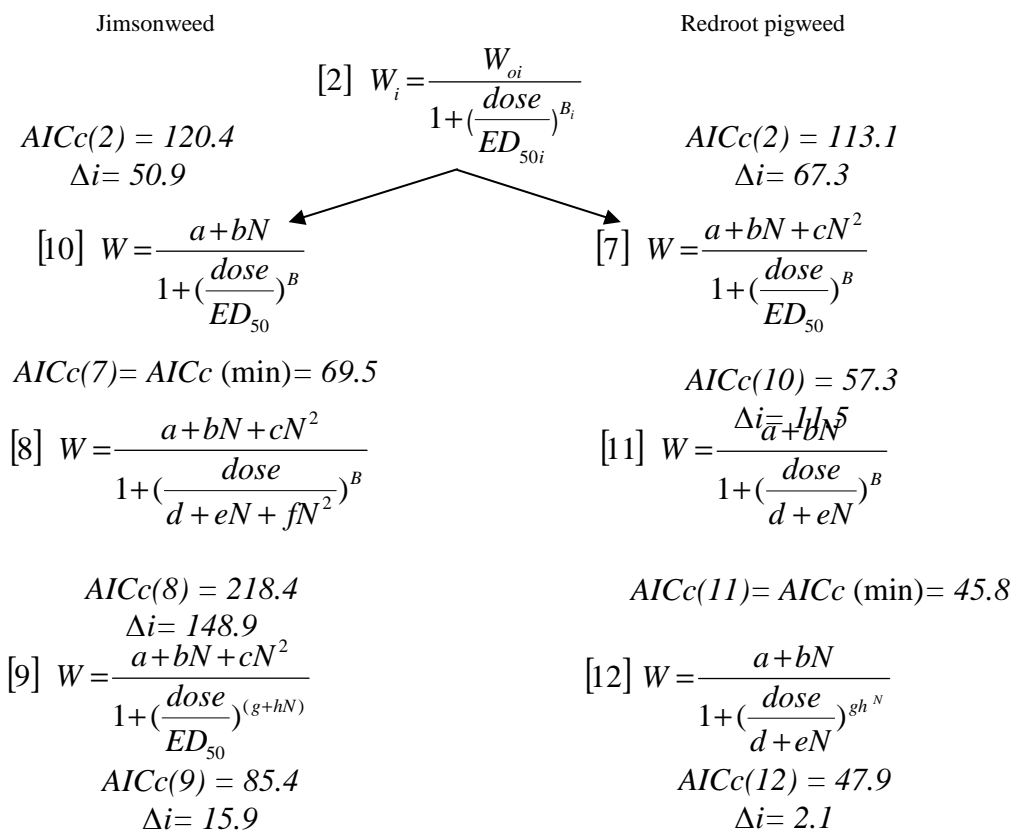
برای علف‌هرز تاتوره، رابطه (۷) کمترین مقدار آکائیک را داشت و از آنجائیکه مقادیر شاخص Δi محاسبه شده برای سایر مدل‌ها از مقدار ۱۰ بزرگتر بودند، لذا مدلی که پائین‌ترین مقدار آکائیک را داشت، مدل مناسب برای این علف‌هرز می‌باشد که قادر خواهد بود برازش مناسب و با دقت بالایی ارائه دهد (شکل ۲). کمترین مقدار آکائیک برای علف‌هرز تاج‌خروس را رابطه (۱۱) داشت و از آنجائیکه مقدار شاخص Δi محاسبه شده برای مدل (۱۲) بین مقادیر ۲ و ۱۰ بود، لذ مدلی که آکائیک بزرگتری داشت (رابطه ۱۲) نیز قادر است برازش مناسبی ارائه دهد (شکل ۲). اگرچه تعداد پارامتر مدل (۱۲) نسبت به مدل (۱۱) بیشتر است و مدل پیچیده‌تر شده است، اما مدل اخیر نقاط بیشتری را تحت پوشش قرار می‌دهد و از مجموع مربعات خطای مدل کم می‌شود و r^2 مدل نیز افزایش می‌یابد، در عین حال از درجه آزادی خطای مدل کم می‌شود. شاخص آکائیک بیان می‌کند که مقدار کاهش مجموع مربعات خطا، ارزش کم شدن از درجه آزادی خطا و پیچیده شدن مدل را دارد.

این پارامتر در تاتوره، رفتار مشخصی با افزایش نیتروژن از خود نشان نداد و مدل‌های مورد بررسی نتوانستند رفتار این پارامتر را در سطوح کودی با دقت مناسبی توجیه نمایند، لذا بنظر می‌رسد که این پارامتر باید ثابت در نظر گرفته شود (جدول ۵). مدل‌های بررسی شده رابطه این پارامتر و نیتروژن را بطور ضعیفی توصیف نمودند، چون از یک طرف مقدار r^2 محاسبه شده، پائین بوده و از طرف دیگر بالا بودن مقدار خطای استاندارد شیب خط این مدل‌ها (پارامتر h) حاکی از این است که این ضرایب با مقدار صفر، تفاوت معنی‌داری ندارند. ولی رفتار این پارامتر در تاج‌خروس نسبت به تاتوره متفاوت بود، طوریکه این پارامتر با افزایش سطح کودی افزایش نشان داد و بالاترین مقدار آن در بالاترین سطح کودی بدست آمد. از بین مدل‌های مورد بررسی، بالاترین برازش را مدل نمایی ($r^2 \approx 1$) به این داده‌ها داد.

Kim و همکاران (2006) اشاره کردند که نیتروژن در *Brassica napus* واکنش به دز علف‌کش را تحت تأثیر قرار نداد و لذا در مدل نهایی، پارامتر B را ثابت در نظر گرفتند. ولی واکنش به دز علف‌کش در *Papaver rhoeas* و *Matricaria perforata* تحت تأثیر کود نیتروژن قرار گرفت و پارامتر B با مدل نمایی، تغییرات در برابر نیتروژن را توصیف کرده بود.

مقایسه مدل‌ها:

پس از اینکه مدل پایه (رابطه ۲) برای هر دو علف‌هرز مناسب تشخیص داده شد، روابط بین هر یک از پارامترها با کود



شکل ۲- مقادیر شاخص‌های آکائیک و Δi برای رتبه‌بندی توان برازش مدل‌ها.

Figure 2. Akaike and Δi indexes-values for ranking of models based on fitting potentiality.

شاخص‌های Δi و $AICc$ برای مقایسه و انتخاب مدل‌هاست و مقدار پائین‌تر $AICc$ معرف برازش بهتر مدل به داده‌ها می‌باشد. اختلاف آکائیک بزرگتر از ۱۰ ($\Delta i > 10$) به مفهوم اختلاف در برازش مدل‌هاست.

$AICc$ and Δi indexes are used for comparison and selection of the model and lower amount of $AICc$ indicate the model better fit to data. $AICc$ difference upper than 10 ($\Delta i > 10$) means variance in models' fit.

از آنجائیکه نیتروژن، واکنش به دز علف‌کش را تغییر نداد، این دو پارامتر ثابت در نظر گرفته شدند. بنابراین زیر مدل‌های ادغام شده در مدل ترکیبی نهایی تاتوره، برای پارامترهای W_0 ، ED_{50} و B بترتیب کوآدراتیک، ثابت و ثابت بودند و در مدل ترکیبی نهایی تاج‌خروس برای پارامترهای اخیر، بترتیب خطی، خطی و نمایی بودند. با برازش مدل‌های (۷) و (۱۲)، بترتیب به هر یک از داده‌های زیست توده علف‌های هرز تاتوره و تاج‌خروس، پارامترهای برآورد شده توسط این مدل‌ها محاسبه شدند (جدول ۶).

مدل‌های نهایی و نتیجه‌گیری نهایی:

بر اساس نتایج مقایسه مدل‌ها، مدل مناسب برای دو علف‌هرز مورد بررسی تعیین گردید. مدل‌های ترکیبی نهایی برای علف‌های هرز تاتوره و تاج‌خروس، بترتیب مدل‌های (۷) و (۱۲) می‌باشند. رابطه کوآدراتیک برای پارامتر W_0 قادر به توصیف اندک کاهش زیست توده علف‌هرز تاتوره در سطوح بالای کودی می‌باشد، ولی این پارامتر در تاج‌خروس با افزایش سطح کودی روند تقریباً خطی داشت. همچنین در مدل نهایی تاج‌خروس، پارامترهای B و ED_{50} در سطوح کودی بترتیب با روابط نمایی و خطی تغییر پیدا کردند. برای علف‌هرز تاتوره

جدول ۶- پارامترهای برآورد شده توسط مدل‌های نهایی برای علف‌های هرز تاتوره و تاج‌خروس ریشه‌قرمز

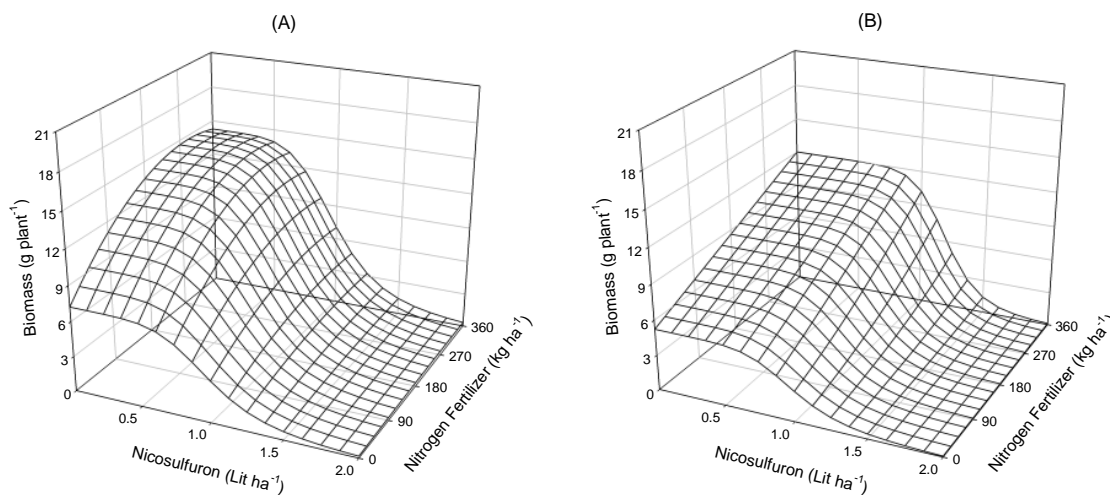
Table 6. Parameter estimates for the final models for jimsonweed and redroot pigweed

Weed species	Parameter estimates							RMSE	R^2_{adj}
	W_0			ED_{50}		B			
	a	b	c	d	e	g	h		
Jimsonweed	7.228 (0.67)	0.051 (0.008)	-8.7×10^{-5} (2.3×10^{-5})	0.995 (0.032)	-	5.367 (0.991)	-	1.627	0.922
Redroot pigweed	5.239 (0.54)	0.019 (0.002)	-	0.996 (0.085)	5.8×10^{-4} (3.1×10^{-5})	5.916 (1.117)	1.001 (0.002)	1.330	0.917

W_0 ، زیست توده علف‌هرز در تیمار بدون مصرف علف‌کش، ED_{50} ، دز مورد نیاز برای ۵۰٪ کاهش زیست توده علف‌هرز و B ، شیب منحنی واکنش به دز است. مقادیر داخل پرانتزها بیانگر خطای استاندارد پارامترهاست. $RMSE$ کوچکتر و R^2_{adj} نزدیک‌تر به یک نشانگر برازش بهتر مدل به داده‌هاست.

W_0 ، weed biomass with no-herbicide treatment, ED_{50} ، the dose required to reduce weed biomass by 50%, B ، steepness of the dose-response curve. The numbers in parenthesis are standard errors. Lower amount of $RMSE$ and R^2_{adj} closer to 1 show better fit of model to data.

شبیه‌سازی زیست توده هر یک از علف‌های هرز با کمک مدل نهایی مربوط به هر یک از گونه‌ها و پارامترهای ارزیابی شده ارائه شده در جدول ۶ در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۳- پیش‌بینی زیست توده علف‌های هرز تاتوره (A) و تاج‌خروس ریشه قرمز (B) با استفاده

از مدل نهایی در سطوح مختلف کود نیتروژن و دزهای علف‌کش نیکوسولفورون

Figure 3. Predicted biomass of jimsonweed (A) and redroot pigweed (B) using the final models at nitrogen fertilizer levels and herbicide dosage of nicosulfuron.

بترتیب با مدل نمایی و خطی تصحیح شده بود (معادله ۱۲). تیمار کودی در تاج‌خروس، منحنی واکنش به دز نیکوسولفورون را با افزایش پارامترهای B و ED_{50} تحت تأثیر قرار داد (شکل ۳ سمت راست).

کاربرد مقادیر مناسب کود در مزارع، مزایای قابل توجهی خواهد داشت. ولی با حضور علف‌های هرز در مزارع باید

منحنی استاندارد واکنش به دز با پارامترهای ثابت B و ED_{50} (معادله ۷)، بهترین توصیف زیست توده تاتوره زمانیکه تحت تأثیر کود و علف‌کش قرار می‌گیرد، می‌باشد. در تاتوره افزایش نیتروژن، واکنش به دز نیکوسولفورون را تغییری نداد (شکل ۳ سمت چپ). ولی منحنی استاندارد واکنش به دز علف‌کش برای تاج‌خروس با جایگذاری پارامترهای B و ED_{50}

مقادیر بالای کودی خودداری کرد. نتایج این بررسی نشان داد که با عدم کاربرد مقادیر بالای کودی، دزهای کمتری از علف‌کش برای کنترل علف‌های هرز نیاز خواهد بود. البته باید واکنش سایر علف‌های هرز موجود در هر زراعت بررسی گردند. لذا توصیه می‌شود با انجام یک تحقیق مزرعه‌ای جهت ارزیابی مدل‌های کنونی بدست آمده در خصوص انتخاب مقادیر کود و علف‌کش، تصمیم‌گیری مناسب‌تری صورت گیرد. روابط ریاضی بین واکنش به دز علف‌کش و سطوح نیتروژن می‌تواند برای مدل‌های رقابتی گیاهان زراعی با علف‌های هرز و نتیجتاً بعنوان رهیافتی در جهت کاهش مصرف نهاده‌هایی چون کود و علف‌کش در مدیریت گیاهان زراعی بکار گرفته شوند.

پاسخ این علف‌های هرز به نیتروژن نیز بررسی گردد. همچنین نیتروژن ممکن است کارایی علف‌کش‌ها را در عملیات مدیریت علف‌های هرز تغییر دهند. این مطالعه در خصوص ارتباط بین پاسخ نیتروژن و پاسخ به دز علف‌کش به این علف‌های هرز، دیدگاه خوبی ارائه می‌دهد. نتایج این تحقیق نشان داد که علف‌های هرز رشد یافته در سطوح بالای کودی به علف‌کش مورد بررسی متحمل‌تر بودند و برای کنترلشان به دزهای بالاتر علف‌کش نیاز بود. لذا در سطوح بالای کودی برای جلوگیری از کاهش کارایی علف‌کش دو راهکار قابل توصیه است. یکی از راهکارها، بالا بردن دز علف‌کش است و راهکار دیگر، اجتناب از مصرف بالای کود است که می‌باشد که بنظر می‌رسد بهتر است بسته به گیاه زراعی از بکار بردن

منابع:

- Baghestani, M. A., Zand, E., Soufizadeh, S., Eskandari, A., Pourazar, R., Veysi, M., and Nassirzadeh, N. 2007. Efficacy evaluation of some dual purpose herbicide to control weeds in mays (*Zea mays* L.). *Crop Prot.* 26: 939-942.
- Blackshaw, R. E., O'Donovan, J.T., Harker, K.N., Clayton, G.W., and Stougaard, R.N. 2006. Reduced herbicide doses in field crops: a review. *Weed Biol. Manag.* 6: 10-17.
- Brain, P., Wilson, B. J., Wright, K. J., Seavers, G. P. and Caseley, J. C. 1999. Modelling the effect of crop and weed on herbicide efficacy in wheat. *Weed Res.* 39: 21-35.
- Burnham, K.P., and D.R. Anderson. 2002. Model Selection and Inference: A Practical Information-Theoretical Approach. New York: Springer-Verlag.
- Cathcart, R. J., Chandler, K., and Swanton, C. J. 2004. Fertilizer nitrogen rate and the response of weeds to herbicides. *Weed Sci.* 52: 291-296.
- Christensen, S. 1994. Crop:weed competition and herbicide performance in cereal species and varieties. *Weed Res.* 34: 29-36.
- Costea, M., Weaver, S. E. and Tardif, J.F., 2003. The biology of Canadian weeds. 130. *Amaranthus retroflexus* L., *A. powellii* S.Watson and *A. hybridus* L. Canadian J. of Plant Sci.
- DuPont Agricultural Products (Basic manufacturer), 1995. Toxicology Network: Nicosulfuron. Pesticide Information Project of Cooperative Extension Offices of Cornell University, Michigan State, University, Oregon State University, and University of California at Davis the Extension, www.pnep.com
- Fitt, G. P. 1989. The ecology of heliothis species in relation to agroecosystems. *Annu. Rev. Entomol.* 34: 17-52.
- Frederick, J. R. and Camberato, J.J. 1995. Water and nitrogen effects on winter wheat in the south-eastern coastal plain. II. Physiological responses. *Agron. J.* 87: 527- 533.
- Griffiths, G. P. 1968. The effect of nitrogenous fertilizer upon the selective use of herbicides as an aid to influencing sward composition. In: Proceedings of the 1968 Ninth British Weed Control Conference. London, UK. 461-465.
- Hearn, A. B. and Fitt, G. P. 1992. Cotton cropping systems. Page 85-142. In C. J. Pearson, ed. Ecosystems of the world. 18: Field Crop Ecosystems. Amsterdam: Elsevier.
- Heemst, H. D. 1985. The influence of weed competition on crop yield. *Agricultural systems.* 18: 81-93.
- Holloway, P.J., D. Bowdler, and J.C. Caseley. 1980. Effect of environment on the physicochemical properties of couch grass (*Agropyron repens*). In: Long Ashton Report 1979, (ed. Abbot, A.J.), 100-102. Long Ashton Research Station, Bristol, UK.

- Holm, L., Doll, J., Holm, E., Pancho, J. and Herberger J. 1996. World weeds, Natural histories and Distribution. John Wiley & sons, Ins.
- Jornsgard, B., Rasmussen, K., Hill, J. and Christiansen, J.L. 1996. Influence of nitrogen on competition between cereals and their natural weed population. *Weed Res.* 36: 461–470.
- Kim, D.S., Marshall, E. J. P., Caseley, J. C., and Brain, P. 2006. Modelling interactions between herbicide and nitrogen in terms of weed response. *Weed Res.* 46: 490–501.
- Lemerle, D., Verbeek, B., and Coombes, N. E. 1996. Interaction between wheat (*Triticum aestivum*) and diclofop to reduce the cost of annual ryegrass (*Lolium rigidum*) control. *Weed Sci.* 44: 634–639.
- Lindquist, J. L., Barker, D. C., Knezevic, S.Z., Martin, A. R., and Walters, D.T. 2007. Comparative nitrogen uptake and distribution in corn and velvetleaf (*Abutilon theophrasti*). *Weed Sci.* 55: 102–110.
- Lutman, P. J. W., Sagar, G. R., Marshall, C. and Headford, D.W. R. 1974. The influence of nutrient status on paraquat activity. *Weed Res.* 14: 355–363.
- McWhorter, C.G. 1971. Control of johnsongrass ecotypes. *Weed Sci.* 19: 229–239.
- Nelder, J. A. 1966. Inverse polynomials, a useful group of multifactor response functions. *Biometrics.* 22: 128–141.
- Nojavan, M. 2001. Principles of weed control. Urmia University Publisher, Urmia, Iran. 340 pp. (In Persian).
- Pfeiffer, R. K. and Holmes, H. M. 1961. A study of the competition between barley and oats as influenced by barley seed rate, nitrogen level and barban treatment. *Weed Res.* 1: 5–18.
- Richards, M. C. 1993. The effects of agronomic factors on competition between cereals and weeds: the implications in integrated crop production. In: Proceedings 1993 Brighton Crop Protection Conference-Weeds, Brighton, UK. 991–996.
- Rooney, J. M., Clarkson, D. T., Highett, M., Hoar, J. J. and Purves, J.V. 1990. Growth of *Galium aparine* L. (cleavers) and competition with *Triticum aestivum* L. (wheat) for N. In: Proceedings of EWRS Symposium 1990: Integrated weed management in cereals. Helsinki, Finland. 271–280.
- Salonen, J. 1992. Efficacy of reduced herbicide doses in spring cereals of different competitive ability. *Weed Res.* 32: 483–491.
- Streibig, J. C. 1980. Models for curve fitting herbicide dose response data. *Acta Agriculturae Scandinavica.* 30: 59–64.
- Tollenaar, M., Nissanka, S. P., Aguilera, A., Weise, S. F., and Swanton, C. J. 1994. Effect of weed interference and soil nitrogen on four corn hybrids. *Agron. J.* 86: 596–601.
- Weaver, S. E., Warwick, S. I. 1984. The biology of Canadian weeds. 64. *Datura stramonium* L. Canadian J. of Plant Sci.
- Wolf, D. E., Vermillion, G., Wallace, A. and Ahlgren, G.H. 1950. Effects of 2,4-D on carbohydrate and nutrient-element content, and on rapidity of kill of soybean plants growing at different nitrogen levels. *Botanical Gazette.* 112: 188–197.
- Wright, K. J. and Wilson, B. J. 1992. Effects of nitrogen on competition and seed production of *Avena fatua* and *Galium aparine* in winter wheat. *Aspects of Applied Biology.* 30: 1051–1058.
- Wright, K. J., Seavers, G. P., Peters, N.C.B. and Marshall, M.A. 1999. Influence of soil moisture on the competitive ability and seed dormancy of *Sinapis arvensis* in spring wheat. *Weed Res.* 39: 309–318.
- Zareh, A. 2009. Evaluation of the integrated weed management systems in Maize (*Zea mays*). M.Sc. dissertation, University of Tehran, Iran (In Persian with English Abstract).

Modelling Interactions between Nitrogen Fertilizer and Herbicide in Jimsonweed (*Datura stramonium* L.) and Redroot Pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.)

Rahmat abbasi¹, Hassan Alizadeh², Daryoush Mazaheri², Hamid Rahimian Mashhadi² and Mohammad Ali Baghestani²

¹Weed Science student (Ph.D.), Karaj Paradise of Agriculture, Tehran Univ. ²Department of Agronomy, Karaj Paradise of Agriculture, Tehran Univ. ³Department of Weed Research, Plant Protection Research Institute, Tehran, Iran.

Abstract:

In order to select appropriate combined model to describe the relationship between herbicide dose–response and nitrogen fertilizer levels in predicting jimsonweed and redroot pigweed control a experiment was laid out in a factorial design based on complete randomized design (CRD) with three replicates in research greenhouses of Agriculture Campus of Tehran University, Karaj in 2009. The four levels of nitrogen (0, 90, 180 and 360 kg ha⁻¹ urea fertilizer) and five levels of Nicosulfuron (0, 0.5, 1, 1.5 and 2 L.ha⁻¹) were applied. Analysis of variance demonstrated the there were significant effects of fertilizer and herbicide treatment and interaction between herbicide and nitrogen on both of weed biomass. The standard dose–response curve was considered for base model. Then efficiency of this model assesses to weed biomass determination at each nitrogen level that accuracy of this model confirms. For determination of relation each of parameters of base model with fertilizer levels, possible models were considered and appropriate models as sub-model were settled at base model, ultimately final combined model presented. The biomass of both weeds at no-herbicide treatment (W_0) showed a different behavior with increasing nitrogen. Trend of these changes at nitrogen levels was well described by the linear and quadratic models for redroot pigweed and jimsonweed, respectively. Increasing nitrogen didn't change herbicide dose-response of jimsonweed, because steepness of the curve (β) and the effective dose required to reduce weed biomass by 50% (ED_{50}) parameters of this weed not showed a clear behavior with increasing nitrogen. Therefore standard dose–response curve with constant β and ED_{50} parameters was best describing of jimsonweed biomass as affected by both the herbicide dose and nitrogen level. But standard dose–response curve of redroot pigweed was modified by replacing the parameter β and ED_{50} with the exponential and linear curves, respectively. The final presented models can be used to predict weed control by an herbicide as affected by both the herbicide dose and nitrogen level.

Keywords: Modelling, Dose-response, Nicosulfuron herbicide, nitrogen fertilizer, Jimsonweed, and Redroot pigweed