

بررسی امکان کاهش دُز علف‌کش بروموکسینیل+توفوردی و کود نیتروژن در زراعت گندم (*Triticum aestivum* L.) در شرایط رقابت با علف هرز پنیرک (*Malva spp.*)

کاظم بوعدار^۱، الهام الهی فرد^{۲*}، عبدالرضا سیاهپوش^۲

تاریخ دریافت: ۹۸/۶/۲۸ تاریخ پذیرش: ۹۸/۹/۱۱

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، باوی، ملاثانی، خوزستان، ایران
 ۲- استادیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، باوی، ملاثانی، خوزستان، ایران
 *مسئول مکاتبه: Email: e.elahifard@asnrukh.ac.ir

چکیده

اهداف: توانایی رقابتی علف‌هرز از بخش‌های کلیدی توصیف اثرات متقابل گیاهان زراعی با علف‌هرز و پیش‌بینی افت عملکرد گیاه زراعی در سیستم‌های کشاورزی پایدار می‌باشد. این پژوهش با هدف کمی‌سازی برهمکنش دز علف‌کش بروموکسینیل+توفوردی و کود نیتروژن بر رقابت بین گندم و علف‌هرز پنیرک اجرا شد.

مواد و روش‌ها: آزمایش مزرعه‌ای به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار، در پاییز سال ۱۳۹۵ در مزرعه پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل سطوح مختلف نیتروژن (صفر، ۷۵، ۱۵۰، ۲۲۵ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره) به عنوان کرت‌های اصلی و دُزهای کاهش یافته علف‌کش بروموکسینیل+توفوردی [صفر، ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱ نسبت از دز توصیه شده (۱/۵ لیتر در هکتار)] به عنوان کرت فرعی در نظر گرفته شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که زیست‌توده گندم در شرایط مصرف مقادیر بیشتر کود نیتروژن و دُزهای بالاتر بروموکسینیل+توفوردی در حداکثر و در شرایط مصرف مقادیر کم کود نیتروژن و عدم مصرف علف‌کش در حداقل بود. دستیابی به زیست‌توده گندم در حدود ۶۰۰ گرم در متر مربع با کاربرد ۱۳۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار به همراه ۱۰۰ درصد دز توصیه شده علف‌کش یا کاربرد ۲۲۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار و ۵۰ درصد دُز توصیه شده علف‌کش و یا کاربرد ۳۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار با ۵۵ درصد دز توصیه شده علف‌کش مقدور شد. حداکثر زیست‌توده پنیرک (۴۳۷/۵۰ گرم در متر مربع) در رقابت با گندم در شرایط بدون کاربرد علف‌کش و مصرف ۳۰۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار به دست آمد. توان رقابتی پنیرک (μ) با افزایش مصرف کود نیتروژن افزایش و با مصرف ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار به حداکثر رسید و مصرف کود بیشتر از این حد باعث کاهش توان رقابتی پنیرک شد.

نتیجه‌گیری: در پژوهش حاضر، زیست‌توده گندم در رقابت با پنیرک به طور معنی‌داری کاهش یافت که این کاهش در تیمار عدم مصرف علف‌کش چشمگیرتر بود. بنابراین، افزایش مصرف اوره بدون مهار پنیرک باعث کاهش معنی‌دار زیست‌توده گندم خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: برهمکنش، توان رقابتی، دُز علف‌کش، کود نیتروژن، شاخص برداشت

Investigating the Possibility of Reducing dose of Bromoxynil+2,4-D and Nitrogen Fertilizer in wheat (*Triticum aestivum* L.) in Competition with Mallow (*Malva* spp.)

Kazem Boazar¹, Elham Elahifard^{2*}, Abdolreza Siahpoosh²

Received: September 19, 2019 Accepted: December 2, 2019

1-MSc Graduated Student, Dept. of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources, University of Khuzestan, Bavi, Mollasani, Iran.

2-Assost. Prof., Dept. of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources, University of Khuzestan, Bavi, Mollasani, Iran.

*Corresponding Author Email: e.elahifard@asnrukh.ac.ir

Abstract

Background & objective: The competitive ability of weed is one of the key elements in describing the interactions of crops with weeds and predicting crop yield loss in sustainable agricultural systems. The aim of this study was to quantify the interactive effects of nitrogen fertilizer and reduced dose of bromoxynil+2,4-D on the competition of wheat-mallow.

Materials & Methods: An experiment was conducted in the research field of Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan during 2016-2017 growing season. Experimental design was split block based on completely randomized block design with three replications. Experimental factors consisted of nitrogen level (0, 75, 150, 225 and 300 kg.ha⁻¹ of urea fertilizer) as main plot and reduced dose of bromoxynil+2,4-D (0, 0.25, 0.5, 0.75 and 1 time of recommended dose (1.5 L.ha⁻¹)) as sub plots.

Results: Results showed that wheat biomass was the most in case of applying more doses of herbicide plus nitrogen fertilizer. However, it was the least without herbicide and fertilizer application. Nitrogen fertilizer (130 Kg.ha⁻¹)+recommended dose of herbicide (1.5 L.ha⁻¹) or 220 Kg.ha⁻¹ nitrogen fertilizer+50% recommended dose of herbicide and/or 300 Kg.ha⁻¹ nitrogen fertilizer+55% recommended dose of herbicide can be used to achieve wheat biomass about 600 (g m⁻²). Mallow biomass was greatest without herbicide application and use of 300 kg ha⁻¹ of urea fertilizer. Competitive ability of mallow (μ) increased with increasing nitrogen fertilizer use and reached maximum with applying of 150 (kg h⁻¹of urea), but the use of more than this, reduced the competitive ability of mallow.

Conclusion: In this study, wheat biomass was significantly reduced in competition with mallow, which was significantly higher in non-herbicide treatment than other treatments. Therefore, increasing urea consumption without mallow control will significantly reduce wheat biomass.

Keywords: Competitive Ability, Harvest Index, Herbicide Dose, Interaction, Nitrogen Fertilizer

مقدمه

اساس مدیریت علف‌های‌هرز در نظام‌های کشاورزی پایدار، استفاده از اصول مدیریت تلفیقی علف‌های‌هرز (IWM^1) است که بستگی به شناخت دقیق و کامل از جنبه‌های مختلف اکوفیزیولوژیک رقابت علف‌هرز با گیاه زراعی دارد (تولنار و همکاران ۱۹۹۴؛ نصرتی و همکاران ۲۰۱۸). توانایی رقابتی علف‌هرز به فاکتورهای محیطی نظیر شرایط اقلیمی و خاکی وابسته است. مطالعه اثرات شرایط اقلیمی روی رقابت گیاه زراعی با علف‌هرز بسیار مشکل بوده و لذا اکثر مطالعات روی شرایط خاکی نظیر رطوبت (رایت و همکاران ۱۹۹۹)، و نیتروژن (جورنسگارد و همکاران ۱۹۹۶؛ رونی و همکاران ۱۹۹۰) متمرکز شده است. مدیریت کود یکی از عملیاتی است که نقش قابل ملاحظه‌ای در تداخل علف‌های‌هرز و محصول زراعی دارد (دیتوماسو و همکاران ۱۹۹۵). مقدار نیتروژن خاک می‌تواند بر رقابت گیاه زراعی و علف‌هرز تأثیرگذار باشد (بلک شاو و برادنت ۲۰۰۸). بسیاری از مطالعات نشان داده است که عملکرد محصول به دنبال اضافه کردن مواد غذایی به خاک مانند نیتروژن، پتاسیم و فسفر افزایش می‌یابد (لومیس و کانر ۱۹۹۲)؛ در این میان، نیتروژن از مهمترین مواد غذایی مورد نیاز گیاهان زراعی و همچنین، علف‌های‌هرز می‌باشد (محمدی و همکاران ۲۰۱۶). اما درحالی‌که، مواد غذایی به طور آشکار رشد محصول را افزایش می‌دهند، بسیاری از مطالعات نشان داده است که علف‌های‌هرز نسبت به محصول ممکن است بیشتر از کود سود ببرند و این شاید به علت افزایش توانایی علف‌های‌هرز در جذب این عناصر باشد (امپنگ نایرکو و دی داتا ۱۹۹۳؛ تیکر و همکاران ۱۹۹۱). علف‌های‌هرز از طریق رقابت با گیاهان زراعی مجاور خود بر سر نور، آب و مواد غذایی، عملکرد گیاه زراعی را تحت تأثیر قرار می‌دهند (راجکان و سانتون ۲۰۰۱). به طوری که

علی‌رغم اعمال روش‌های مختلف برای کنترل علف‌های‌هرز، کاهش عملکردی در حدود ۱۰ درصد در گیاهان زراعی گزارش شده است (کروپف و وانلر ۱۹۹۳). در صورت عدم کنترل علف‌های‌هرز بسته به توان رقابتی گیاه زراعی، این خسارت بین ۱۰۰-۱۰ درصد متغیر است (کروپف و وانلر ۱۹۹۳). در بررسی اثرات روش کاربرد، مقدار و زمان کاربرد نیتروژن بر رقابت علف‌های‌هرز باگندم مشاهده شد که روش کاربرد نیتروژن نسبت به سایر عوامل، تأثیر بیشتری در افزایش توان رقابتی گندم با علف‌های‌هرز داشت (بلک‌شاو و همکاران ۲۰۰۴). بر اساس این گزارش عملکرد گندم در کاربرد نواری نیتروژن نسبت به کاربرد سراسری آن، چه در رقابت و چه در شرایط عدم رقابت با علف‌های‌هرز بیشتر بود. مدیریت مصرف کودهای نیتروژن‌دار به عنوان جزئی از مدیریت تلفیقی علف‌های‌هرز محصولات زراعی معرفی شده است (پترسون و همکاران ۲۰۰۳). ترکیب مقادیر کاهش یافته علف‌کش و نیتروژن ممکن است باعث شکست در کنترل علف‌های‌هرز و در نتیجه کاهش عملکرد گیاه زراعی گردد (عباسی و همکاران ۲۰۱۰). در آزمایشی بر روی ارزیابی مقادیر مختلف علف‌کش و سطوح مختلف نیتروژن گزارش شد عملکرد ماده خشک گندم زمستانه با افزایش نیتروژن تا حدی افزایش یافت و از ۱۸۰ کیلوگرم تا ۳۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار افزایشی دیده نشد (کیم و همکاران ۲۰۰۶)؛ در حالی که توانایی رقابت علف‌های‌هرز در تیمار بدون علف‌کش تغییرات کمی تا ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار پذیرفت، ولی پس از آن رو به فزونی گذاشت (کیم و همکاران ۲۰۰۶). دُز توصیه شده برای کاربرد علف‌کش‌ها به گونه‌ای تنظیم می‌شود که تضمین کننده کنترل علف‌های‌هرز در شرایط مختلف باشد؛ اما در بسیاری از موارد امکان کاهش دز علف‌کش و کنترل مطلوب علف‌های‌هرز با دُزهای کاهش یافته آن وجود دارد. با این وجود، کاربرد

کمی‌سازی ضریب رقابتی پنیرک برای پیش‌بینی عملکرد گندم بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در پاییز سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، اجرا شد. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. کود نیتروژن به عنوان کرت‌های اصلی در ۵ سطح صفر، ۷۵، ۱۵۰، ۲۲۵ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار از منبع کود اوره (۶۱ درصد نیتروژن) و دُز علف‌کش تو، فوردی+بروموکسینیل (بوکتریل، EC56%) به عنوان کرت‌های فرعی در پنج سطح ۰، ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱ برابر دز توصیه شده (۱/۵ لیتر در هکتار) بود. آماده‌سازی زمین جهت کاشت با انجام ماخار و سپس شخم برگردان‌دار و تسطیح مزرعه انجام شد. مقدار ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کودهای فسفر (سوپر فسفات تریپل) و پتاس (سولفات پتاسیم) مورد نیاز هنگام آماده‌سازی مزرعه اعمال شد. برای یکنواخت سبز شدن تراکم بوته‌ها، بذر مربوط به هر خط کشت برای هر یک از دو گیاه گندم (رقم چمران ۲) و پنیرک به صورت ضریبی از تراکم مورد نیاز (به ترتیب ۳۵۰ و ۵۰ بوته در متر مربع) محاسبه و در پاکت جداگانه قرار داده شد. یک روز قبل از کشت با شیار بازکن، شیارهایی به فواصل ۲۰ سانتی‌متر در کرت‌های مربوط ایجاد گردید، سپس بذور گندم به صورت دستی و به فواصل دو سانتی‌متری در داخل شیارها قرار داده شدند و همچنین بذور پنیرک به صورت دستی در بین خطوط کشت پخش شد و پس از سبز شدن، تراکم پنیرک به تعداد ۵۰ بوته در متر مربع در تمامی کرت‌ها ثابت نگه داشته شد. سمپاشی با استفاده از سمپاش پشتی ۲۰ لیتری شارژی مدل *Matabi* مجهز به نازل تی‌جت (۱۱۰۰۳) و با فشار ۲ بار (کالیبره شده بر اساس مصرف ۲۰۰ تا ۳۰۰ لیتر آب در هکتار) به صورت پس

علف‌کش به مقدار کمتر از دز توصیه شده ممکن است منجر به کنترل ناکارآمد علف‌های هرز و یا افزایش احتمال بروز مقاومت شود و بنابراین رقابت بین گیاه زراعی و علف‌های هرز تداوم یابد و در نهایت به کاهش عملکرد منتج گردد؛ بنابراین لازم است که اثرات دُزهای کاهش یافته کاربرد علف‌کش بر رقابت بین گیاه زراعی و علف‌های هرز کمی‌سازی شود و بدین ترتیب امکان کاربرد دزهای کاهش‌یافته علف‌کش به دقت بررسی شود. همچنین، فهم چگونگی تغییر تعامل گیاه زراعی- علف هرز با مصرف کودهای نیتروژن، در بسیاری موارد ممکن است به توصیه کاهش مصرف کودهای مذکور منجر شود. چرا که نیتروژن از طریق تغییر تراکم و زیست توده علف‌های هرز بر تعادل رقابتی بین گیاه زراعی- علف هرز موثر است (درخشان و همکاران ۲۰۱۸). بنابراین، به نظر می‌رسد کاهش مصرف کودهای نیتروژنی در زمانی‌که مزرعه آلوده به علف‌های هرز باشد هم از نظر مدیریت مناسب علف‌های هرز و هم از نظر کاهش اثرات منفی زیست محیطی، مفید واقع شود (درخشان و همکاران ۲۰۱۸).

پنیرک، علف‌هرزی پهن برگ با ریشه‌های راست و عمیق می‌باشد که قادر است به خوبی عناصر غذایی به ویژه نیتروژن را از خاک جذب نموده و با افزایش سریع زیست توده خود، منجر به افت شدید عملکرد گیاهان زراعی شود (ماکوسکی ۱۹۹۵). تاکنون ۲۴ علف‌کش برای گندم و جو در ایران ثبت شده است که شامل نه باریک‌برگ‌کش، هشت پهن‌برگ‌کش و هفت علف‌کش دو منظوره می‌باشند (زند و همکاران ۲۰۱۷) که علف‌کش بروموکسینیل+ تو، فور-دی با نام تجاری بوکتریل (۱/۵ لیتر در هکتار) ترکیبی از دو پهن‌برگ‌کش توصیه شده در مزارع گندم می‌باشد که به تازگی ثبت شده است. از این رو، هدف از این آزمایش، بررسی امکان کاهش دُز مصرفی علف‌کش بروموکسینیل+ تو، فور-دی در سطوح مختلف کود نیتروژن در مزرعه گندم و

مدل دُز-پاسخ (ریتز و استریبیگ ۲۰۰۵) کمی شد (رابطه ۲):

$$W = \frac{d}{1 + \exp(b * (\ln(\text{Dose}) - \ln(\text{ED}_{50})))} \quad (\text{رابطه ۲})$$

که در این مدل ED_{50} دز موردنیاز برای کاهش ۵۰٪ زیست‌توده علف‌هرز، d زیست‌توده علف‌های هرز در شرایط آلوده به علف‌هرز (بدون علف‌کش) و b شیب منحنی است.

توان رقابتی علف‌هرز

رابطه بین زیست‌توده پنی‌رک (W) و گندم (Y) در هر سطح از مصرف کود آورده با استفاده از مدل هذلولی راست‌گوشه (مون و همکاران ۲۰۱۴) توصیف شد (رابطه ۳).

$$Y = \frac{Y_{wf}}{(1 + \mu * W)} \quad (\text{رابطه ۳})$$

که در اینجا μ توانایی رقابتی علف‌هرز در برابر گیاه زراعی است. داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS9.2 تجزیه و تحلیل و همچنین به منظور رسم نمودارها از نرم افزار SAS9.2 و SigmaPlot 11 استفاده شد.

نتایج و بحث

زیست‌توده گندم

اثر ساده کود نیتروژن و دُز علف‌کش و برهمکنش این دو به‌طور معنی‌داری میزان زیست‌توده گندم را تحت تأثیر قرار داد ($P < 0.01$) (داده‌ها نشان داده نشد). برای ارائه یک مدل ترکیبی که قادر به توصیف اثر هر دو عامل مصرف کود نیتروژن و دز علف‌کش بر زیست‌توده گندم باشد، ابتدا با استفاده از یک تابع مناسب تغییرات زیست‌توده گندم در پاسخ به دُز علف‌کش توصیف شد و سپس تغییرات هر یک از پارامترهای آن در پاسخ به مقدار مصرف کود نیتروژن با روابط دیگری توصیف شد. در نهایت، مدل ترکیبی با جایگذاری روابط مختلف بجای پارامترهای مدل اولیه به دست آمد.

زیست‌توده گندم در پاسخ به افزایش دز علف‌کش و کاهش توان رقابتی پنی‌رک در سطوح مختلف مصرف

رویشی در اواسط مرحله پنجه‌زنی گندم (۶-۴ برگی پنی‌رک) انجام شد. نیمی از کود نیتروژن به‌صورت پیش‌کاشت و نیم دیگر در اواسط مرحله پنجه‌زنی گندم توزیع شد. با توجه به آلوده بودن مزرعه به سایر علف‌های هرز به ویژه کشیده برگ‌هایی مانند چچم (*Lolium rigidum* Gaud.) عملیات سمپاشی با استفاده از علف‌کش کلودینافپ پروپارگیل (تاپیک، EC8%، ۰/۸ لیتر در هکتار) به‌طور جداگانه انجام شد. همچنین، سایر علف‌های هرز پهن‌برگ در صورت رویش در کرت‌های آزمایشی به‌صورت دستی وجین شدند. پس از سمپاشی، نمونه‌برداری تخریبی، در اوایل تا اواسط مرحله ساقه‌روی گندم، از هر کرت با استفاده از کادر ۵۰×۵۰ سانتیمتر مربع انجام شد. نمونه‌های گیاهی پس از خشک شدن در آونی با دمای ۷۵ درجه سانتیگراد توزین شدند. عملیات برداشت گندم در تاریخ ۳۰ فروردین تا پنجم اردیبهشت ۱۳۹۶ به‌صورت دستی در مساحتی معادل یک متر مربع انجام شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک، نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری و سپس توزین شدند.

در هر سطح از مصرف کود نیتروژن، تغییرات زیست‌توده گندم در پاسخ به دُز مصرف علف‌کش با استفاده از مدل سیگموئیدی چهار پارامتری (رابطه ۱) توصیف شد (ین و همکاران ۲۰۰۳):

$$Y = Y_{wf} + \frac{Y_{wf} - Y_{wi}}{1 + \exp\left(-\left(\frac{\text{dose} - \text{CD}_{50}}{B}\right)\right)} \quad (\text{رابطه ۱})$$

که در این مدل، پارامتر Y_{wf} ، زیست‌توده گندم در شرایط عاری از علف‌هرز، Y_{wi} ، زیست‌توده گندم در شرایط آلوده به علف‌هرز، CD_{50} ، دز مؤثر موردنیاز برای کاهش ۵۰ درصد از تأثیر رقابت علف‌های هرز بر زیست‌توده گندم و B ، شیب منحنی سیگموئیدی است. همچنین، تغییرات زیست‌توده علف هرز (W) در پاسخ به دُز علف‌کش در هر سطح از مصرف کود نیتروژن با

در نظر گرفتن مقادیر خطای استاندارد برآورد با یکدیگر تفاوت معنی‌داری داشتند. برآورد Y_{wi} (زیست‌توده گندم در شرایط آلوده به پنیرک) نیز بسته به مقدار مصرف کود بین ۲۰۵/۵۸ تا ۲۸۱/۹۰ (گرم در متر مربع) متغیر بود. همچنین بسته به میزان مصرف کود نیتروژن، مقدار CD_{50} (دز مؤثر موردنیاز برای کاهش ۰/۵۰ از تأثیر رقابت پنیرک بر زیست‌توده گندم) بین ۰/۰۹ و ۰/۲۸ و شیب منحنی سیگموئید (پارامتر B) بین ۰/۰۸ و ۰/۲۸ برآورد شد (جدول ۱). با توجه به اینکه برآوردهای متفاوتی از پارامترهای مدل سیگموئیدی توصیف‌کننده تغییرات زیست‌توده گندم در مقابل دُز علف‌کش برای هر سطح از مصرف کود نیتروژن به دست آمد. در مرحله بعد، با مشاهده نمودار پراکنش تغییرات هر یک از پارامترهای مدل سیگموئیدی در مقابل سطوح کود نیتروژن و برازش روابط رگرسیونی مختلف، تابع مناسبی برای توصیف تغییرات هر یک انتخاب شد.

کود نیتروژن افزایش نشان داد (شکل ۱). با این حال شیب و شکل منحنی افزایش ماده خشک برای سطوح مختلف مصرف نیتروژن متفاوت بود. برای توصیف این پاسخ، منحنی سیگموئیدی چهار پارامتری (رابطه ۱) در هر سطح کودی به داده‌های زیست‌توده گندم در مقابل دُز علف‌کش برازش داده شد (شکل ۱). تجزیه واریانس رگرسیون نشان داد پارامترهای برآورد شده توسط برازش مدل سیگموئید به داده‌های زیست‌توده گندم در برابر دُزهای کاهش‌یافته بروموکسینیل + تو، فور-دی در هر سطح کودی از نظر آماری معنی‌دار بود (جدول ۱). این مدل به خوبی تغییرات زیست‌توده گندم با افزایش دُز علف‌کش را توجیه کرد؛ به طوری که ضریب تبیین مدل برای سطوح مختلف علف‌کش بیشتر از ۰/۹۶ برآورده شد. بر اساس پیش‌بینی‌های این مدل، پارامتر Y_{wf} (زیست‌توده گندم در شرایط عاری از پنیرک) در شرایط مصرف مقادیر مختلف کود نیتروژن بین ۲۶۸/۳۵ تا ۶۳۱/۰۱ (گرم در متر مربع) برآورد شد که با

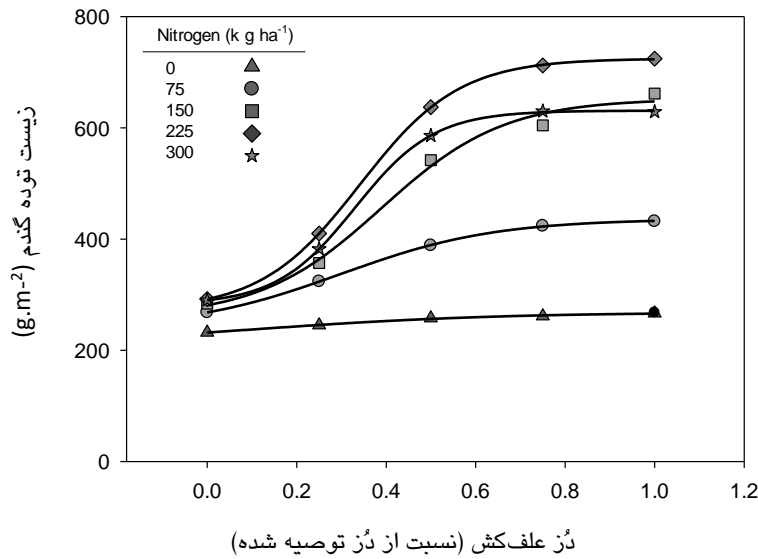
جدول ۱- پارامترهای مربوط به مدل سیگموئیدی برهمکنش سطوح مختلف کود نیتروژن و بروموکسینیل + تو، فور-دی

بر زیست‌توده گندم

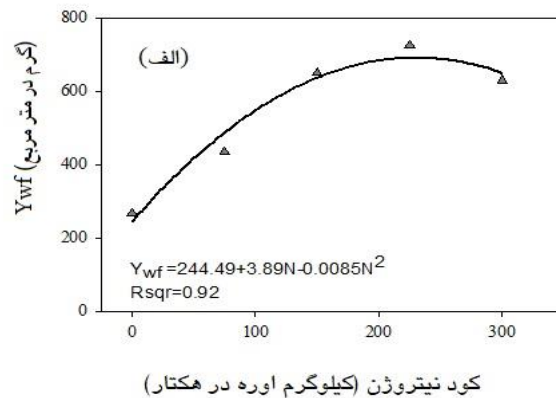
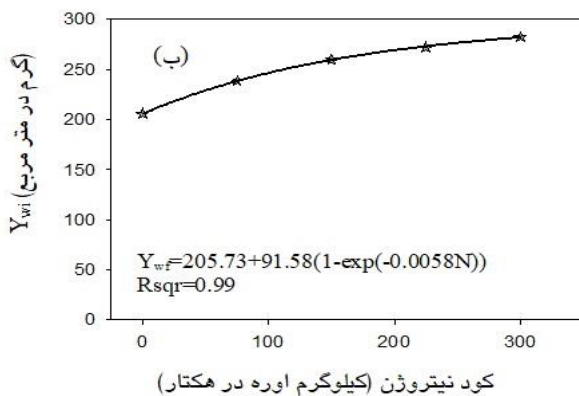
P	R ²	استاندارد اشتباه از برآورد ± پارامتر				نیتروژن (کیلوگرم اوره در هکتار)
		B	CD ₅₀	Y _{wi} (g.m ⁻²)	Y _{wf} (g.m ⁻²)	
۰/۰۴۹۴	۰/۹۷	۰/۲۸±۰/۰۲	۰/۰۹±۰/۰۲	۲۰۵/۵۸±۵۹/۰۳	۲۶۸/۳۵±۶/۰۹	۰
۰/۰۱۴۸	۰/۹۹	۰/۱۷±۰/۰۱	۰/۲۹±۰/۰۱	۲۳۸/۵۵±۶/۳۳	۴۳۶/۱۰±۲/۰۷	۷۵
۰/۰۱۱۸	۰/۹۶	۰/۱۳±۰/۰۵	۰/۳۸±۰/۰۶	۲۵۹/۱۸±۵۲/۰۶	۶۵۲/۲۳±۳۰/۳۹	۱۵۰
۰/۰۰۵۲	۰/۹۹	۰/۱۱±۰/۰۱	۰/۳۴±۰/۰۲	۲۷۱/۷۹±۲/۴۵	۷۲۵/۶۲±۱/۳۵	۲۲۵
۰/۰۱۱۸	۰/۹۹	۰/۰۸±۰/۰۳	۰/۳۳±۰/۰۱	۲۸۱/۹۰±۳/۶۳	۶۳۱/۰۱±۲/۲۳	۳۰۰

Y_{wf} زیست‌توده گندم در شرایط عاری از پنیرک؛ Y_{wi} زیست‌توده گندم در شرایط آلوده به پنیرک؛ CD_{50} دز مؤثر موردنیاز برای کاهش ۰/۵۰ از تأثیر رقابت پنیرک بر زیست‌توده گندم؛ B شیب منحنی سیگموئیدی

تغییرات Y_{wf} در پاسخ به افزایش مصرف کود نیتروژن با استفاده از یک رابطه‌ی درجه دو توصیف شد (شکل الف). بر اساس این مدل، Y_{wf} با افزایش مصرف کود نیتروژن افزایش و با مصرف ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به حداکثر رسید و مصرف کود بیشتر از این حد منجر به کاهش زیست‌توده گندم در شرایط عاری از علف هرز شد (شکل الف). تغییرات پارامتر Y_{wi} در پاسخ به افزایش مصرف کود نیتروژن با استفاده از یک رابطه‌ی نمایی افزایشی توصیف شد. به طوری که این مدل تغییرات Y_{wi} را با افزایش مصرف کود نیتروژن با خطای بسیار کوچکی توصیف کرد (شکل ب).



شکل ۱- منحنی سیگموئیدی برازش داده شده به زیست توده گندم در پاسخ به افزایش دُز بروموکسینیل +تو، فور-دی در سطوح کود نیتروژن

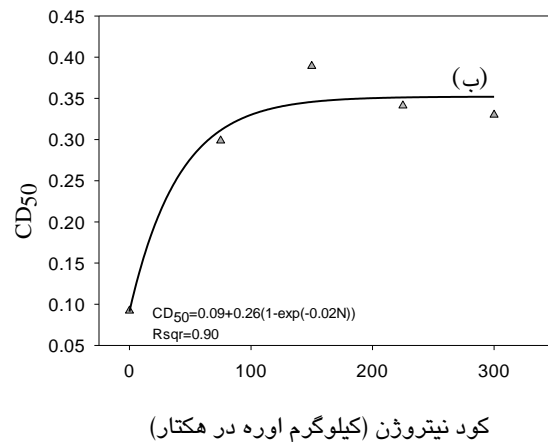
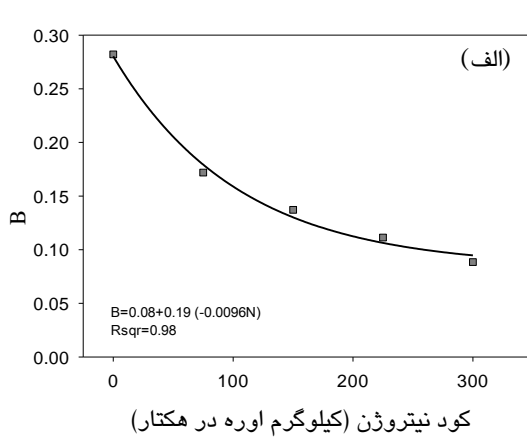


شکل ۲- تغییرات زیست توده گندم در شرایط عاری از علف‌هرز (Y_{wf}) (الف) و آلوده به علف‌هرز (Y_{wi}) (ب) در پاسخ به افزایش مصرف کود نیتروژن

افزایشی، توصیف بهتری از افزایش CD_{50} گندم با افزایش سطح کود نیتروژن نسبت به سایر مدل‌های بررسی شده داشت. تغییرات پارامتر B در پاسخ به افزایش مصرف کود نیتروژن با استفاده از یک رابطه‌ی نمایی کاهش‌ی توصیف شد (شکل ۲ب). به نظر می‌رسد که افزایش مصرف کود نیتروژن در رقابت گیاه زراعی- علف‌های هرز می‌تواند از طریق فراهم ساختن شرایط مناسب برای تأثیر بهتر علف‌کش و ایجاد شرایط

بر اساس پیش‌بینی‌های این مدل، Y_{wi} در شرایط بدون مصرف کود معادل ۲۰۵/۷۳ برآورده شد و در شرایط مصرف ۲۲۵ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب حدود ۲۶۸/۶۰ و ۲۸۱/۲۴ پیش‌بینی شد.

تغییرات پارامتر CD_{50} در پاسخ به افزایش مصرف کود نیتروژن نیز با یک رابطه‌ی نمایی توصیف شد (شکل ۲الف). مقادیر CD_{50} گندم با افزایش مقدار کود نیتروژن (تا ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) افزایش نشان داد. مدل نمایی



شکل ۳- تغییرات CD_{50} (دُز مؤثر مورد نیاز برای کاهش ۵۰٪ از تأثیر رقابت پنیروک بر زیست توده گندم) (الف) و B شیب منحنی دز-پاسخ در پاسخ به افزایش مصرف کود نیتروژن (ب)

علفکش شدیدتر از شرایط مصرف مقادیر کم نیتروژن بود. همچنین، دُز مورد نیاز از بروموکسینیل + تو، فور-دی برای دستیابی به میزان معینی از زیست توده گندم تحت تأثیر رقابت علف‌های هرز در شرایط متفاوت مدیریت کود نیتروژن در قالب نمودار کانتور در شکل ۵ ارائه شده است. بر اساس پیش‌بینی مدل ترکیبی، دستیابی به زیست توده‌ای در حدود ۶۰۰ گرم در متر مربع با کاربرد ۱۳۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار به همراه ۱۰۰ درصد دُز توصیه شده علفکش یا کاربرد ۲۲۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار و ۵۰ درصد دُز توصیه شده علفکش و یا کاربرد ۳۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار با ۵۵ درصد دُز توصیه شده علفکش مقدور بود (شکل ۵).

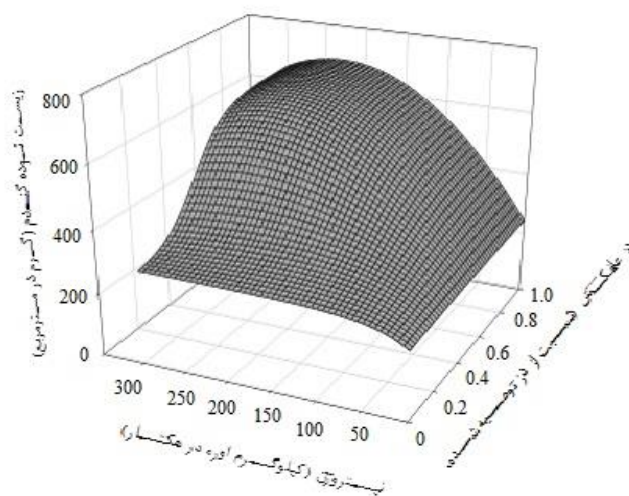
زیست توده گندم در شرایط مصرف مقادیر کم نیتروژن به‌طور قابل‌توجهی پایین بود. برای دستیابی به عملکردهای بهینه در گندم بسته به ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک و گیاه زراعی کاشته شده در سال قبل بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار نیاز است (کیم و همکاران ۲۰۰۶). در این آزمایش، زیست توده گندم با مصرف ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار کود اوره، حداکثر (۷۲۵/۶۲ گرم در متر مربع) بود. البته،

نامناسب برای رشد مجدد علف‌های هرز سمپاشی شده منجر به تغییر دُز-پاسخ علفکش و کاهش ED_{50} گرد (درخشان و همکاران ۲۰۱۸).

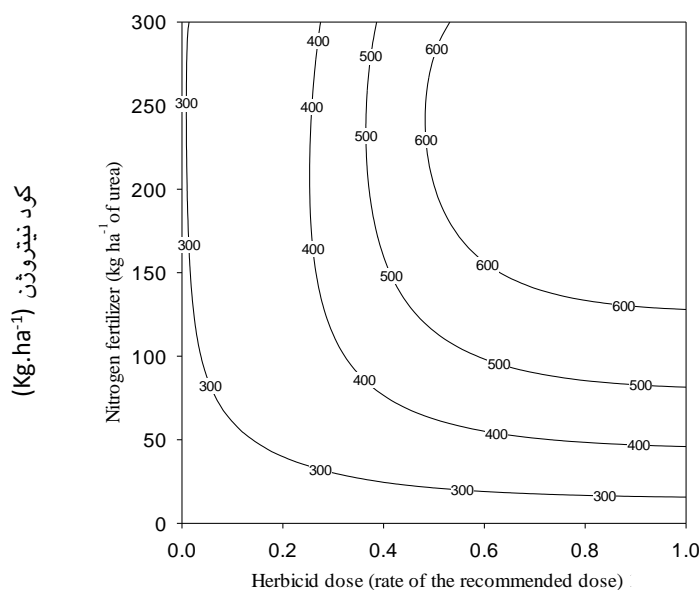
با جایگذاری روابط توصیف‌کننده Y_{wi} ، Y_{wf} و B در پاسخ به افزایش مصرف کود نیتروژن در مدل سیگموئیدی توصیف‌کننده تغییرات زیست توده گندم در واکنش به دُز بروموکسینیل + تو، فور-دی مدلی ترکیبی (رابطه ۴) برای پیش‌بینی برهمکنش کود نیتروژن و دز علفکش بر زیست توده گندم به دست آمد.

$$Y = \alpha N + \rho N^2 \delta_0 + \frac{\delta_0 + \alpha N + \rho N^2 - w_0 + \theta(1 - \exp(-b^N))}{1 + \exp\left(-\left(\frac{\text{dose} - Y_0 + \delta(1 - \exp(-\sigma^N))}{\theta_0 + \tau \exp \rho N_B}\right)\right)} \quad (\text{رابطه } 4)$$

پیش‌بینی زیست توده گندم در پاسخ به برهمکنش دز بروموکسینیل + تو، فور-دی و کود نیتروژن با استفاده از این رابطه در قالب نمودار سه بعدی ارائه شده است (شکل ۴). بر اساس پیش‌بینی این مدل، زیست توده گندم در شرایط مصرف مقادیر بیشتر کود نیتروژن و دُزهای بالاتر بروموکسینیل + تو، فور-دی در حداکثر و در شرایط مصرف مقادیر کم کود نیتروژن و علفکش در حداقل بود. همچنین، در شرایط مصرف مقادیر بیشتر کود نیتروژن تندی کاهش زیست توده گندم در اثر رقابت با علف‌های هرز با کاربرد دُزهای کاهش یافته



شکل ۴- پیش بینی زیست توده گندم در شرایط رقابت با پنیرک تحت تأثیر دُزهای کاهش یافته بروموکسینیل + تو، فور-دی و کود نیتروژن



دُز علف کش (نسبت از دُز توصیه شده)

شکل ۵- دُز بروموکسینیل+تو، فور-دی و میزان نیتروژن مورد نیاز برای حفظ سطح معینی از زیست توده گندم در شرایط رقابت با پنیرک

۲۰۰۶) و افزایش رقابت درون گونه‌ای برای نور (رایان و همکاران ۲۰۰۹) تحت تأثیر قرار گیرد. به نظر می‌رسد که سطوح مختلف نیتروژن اثرات متفاوتی بر رقابت گیاه زراعی-علف‌هرز داشته باشد؛ به طوری که در پژوهشی

دستیابی به زیست توده بالاتر در این مرحله به معنای رسیدن به عملکرد دانه بالاتر نیست چراکه عملکرد دانه ممکن است در اثر سایه‌اندازی بیشتر (وانس و ناوی ۲۰۰۷)، کاهش تعداد پنجه‌های بارور (کیم و همکاران

هرچه بیشتر گیاه زراعی در برابر هجوم علف‌های هرز استفاده از دزهای کاهش یافته علف‌کش می‌تواند مفید واقع شود.

زیست‌توده پنی‌ریک

اثر ساده کود نیتروژن و دز علف‌کش و برهمکنش این دو به‌طور معنی‌داری میزان زیست‌توده علف‌هرز پنی‌ریک را تحت تاثیر قرار داد ($P < 0.01$). زیست‌توده پنی‌ریک در همه سطوح مصرف نیتروژن در پاسخ به افزایش دز بروموکسینیل+ تو، فور-دی کاهش یافت. برازش منحنی دُز-پاسخ به تغییرات زیست‌توده پنی‌ریک با افزایش دُز علف‌کش در هر سطح از مصرف کود نیتروژن در شکل ۶ و پارامترهای برآورد شده در جدول ۲ ارائه شده است. این مدل به‌خوبی تغییرات زیست‌توده پنی‌ریک با افزایش دُز علف‌کش را توجیه کرد؛ به‌طوری‌که ضریب تبیین مدل برای سطوح مختلف علف‌کش، بالاتر از ۰/۹۷ برآورده شد و همچنین تجزیه واریانس رگرسیون نیز برای همه‌ی سطوح کودی معنی‌دار بود (جدول ۲).

مشاهده شد که نیتروژن اثری بر توان رقابت غلات زمستانه با یولاف وحشی نداشت (دیما و همکاران ۲۰۰۱)؛ در حالی‌که در پژوهشی دیگر گزارش شد که در سطوح بالای نیتروژن، توان رقابت گندم در برابر علف‌های هرز کاهش می‌یابد (کیم و همکاران ۲۰۰۶). بنا به گزارش محققین از جمله چالش‌هایی که در زمینه کاهش عملکرد محصولات زراعی در حضور علف‌های هرز مطرح است رقابت بر سر منابع غذایی به‌ویژه نیتروژن است و با توجه به مصرف لوکس علف‌های هرز، در صورت آلوده بودن مزرعه به علف‌های هرز، افزایش مصرف کود نیتروژن به نفع علف‌های هرز تمام خواهد شد (محمدی و همکاران ۲۰۱۶). بنابراین، این امر منجر به افزایش تداخل و قابلیت رقابت علف‌های هرز در برابر گیاه زراعی می‌شود. یکی از راه‌های پیشگیری از بروز این حالت، افزایش زیست‌توده و درصد پوشش گیاه زراعی می‌باشد که می‌تواند نقش مهمی در برتری رقابتی ارقام و سرکوب کردن علف‌های هرز داشته باشد و در مدیریت علف‌های هرز در سیستم‌های کشاورزی پایدار مورد استفاده قرار گیرد (محمد دوست چمن آباد و همکاران ۲۰۱۸). همچنین، به منظور تقویت

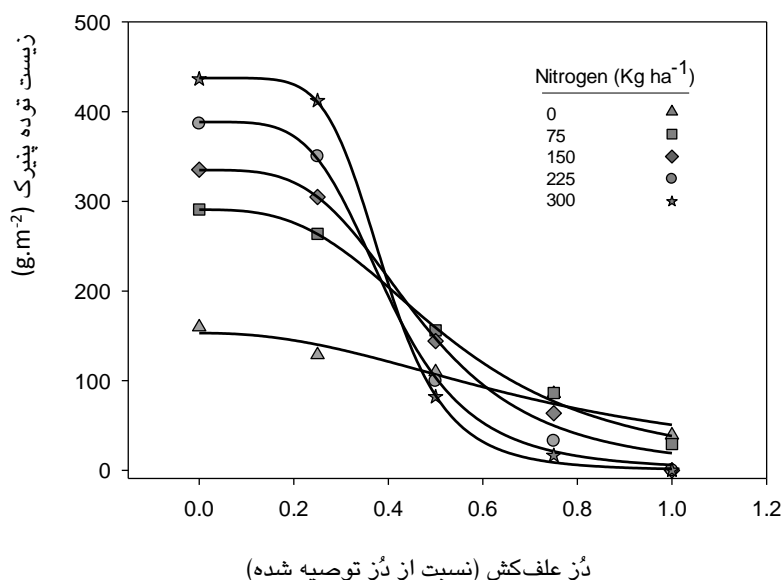
جدول ۲- پارامترهای مربوط به مدل دُز- پاسخ برهمکنش سطوح مختلف نیتروژن و بروموکسینیل+ تو، فور-دی بر زیست‌توده پنی‌ریک

P	R ²	استاندارد اشتباه از برآورد \pm پارامتر			نیتروژن (kg.ha ⁻¹)
		ED ₅₀	b	d (g.m ⁻²)	
۰/۰۵۳۹	۰/۸۹	۰/۷۲±۰/۱۰	۲/۲۲±۰/۸۶	۱۵۲/۹۹±۱۳/۸۳	۰
۰/۰۰۳۵	۰/۹۹	۰/۵۳±۰/۰۲	۲/۹۹±۰/۳۲	۲۹۰/۷۰±۸/۶۰	۷۵
۰/۰۰۶۵	۰/۹۸	۰/۴۶±۰/۰۲	۳/۶۹±۰/۶۸	۳۳۴/۸۸±۱۵/۳۲	۱۵۰
۰/۰۰۱۵	۰/۹۹	۰/۴±۰/۰۱	۴/۵۴±۰/۴۵	۳۸۸/۴۹±۹/۶۴	۲۲۵
۰/۰۰۰۴	۰/۹۹	۰/۳۹±۰/۰۱	۶/۰۲±۰/۴۳	۴۳۷/۵۰±۵/۷۴	۳۰۰

d، زیست‌توده علف‌های هرز در شرایط آلوده به علف‌هرز؛ b، شیب منحنی دُز-پاسخ؛ ED₅₀، دُز موردنیاز برای کاهش ۰/۵۰ زیست‌توده پنی‌ریک

و ۴۳۷/۵۰، برآورد b (شیب منحنی دُز-پاسخ) بین ۲/۲۲ تا ۶/۰۲ و برآورد ED₅₀ (دُز موردنیاز برای کاهش ۰/۵۰ زیست‌توده پنی‌ریک) بین ۰/۷۲ و ۰/۳۹ متغیر بود.

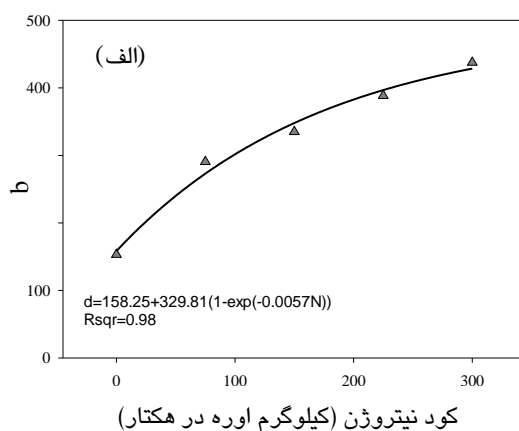
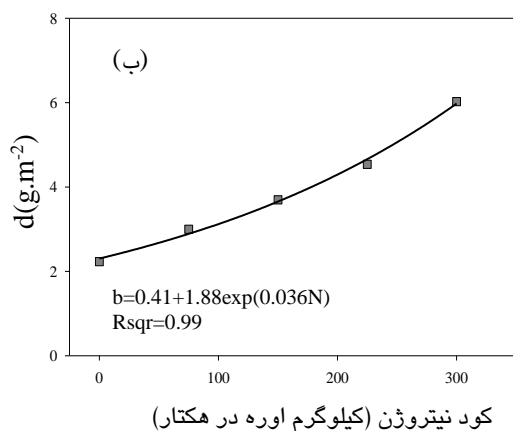
بر اساس پیش‌بینی‌های مدل، بسته به میزان مصرف کود نیتروژن، برآورد پارامتر d (زیست‌توده علف‌های هرز در شرایط آلوده به علف‌هرز) بین ۱۵۲/۹۹



شکل ۶- منحنی دُز-پاسخ برآزش داده شده به زیست توده پنیترک در برابر دُزهای کاهش یافته بروموکسینیل + تو، فور-دی در سطوح مختلف کود نیتروژن

کمترین خطای ممکن توصیف کرد (شکل ۷الف). بر اساس پیش بینی های این مدل، مقادیر پارامتر d در شرایط بدون مصرف کود معادل ۱۵۲/۹۹ برآورده شد و در شرایط مصرف ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب حدود ۳۸۲/۵۸ و ۴۳۷/۵۰ پیش بینی شد. تغییرات پارامتر b در پاسخ به افزایش مصرف کود نیتروژن نیز با استفاده از یک رابطه ی نمایی توصیف شد (شکل ۷ب).

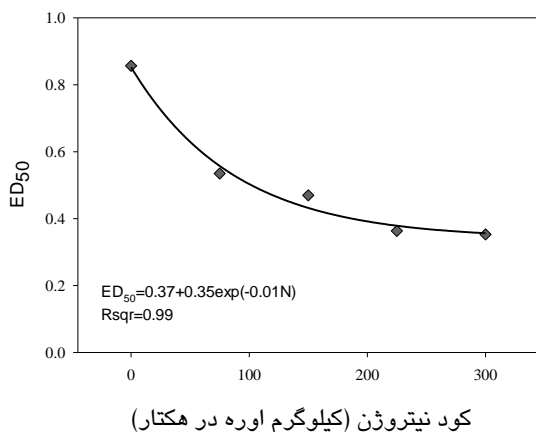
با ارزیابی روابط رگرسیونی مختلف، تابع مناسبی برای توصیف تغییرات هر یک از سه پارامتر رابطه دُز- پاسخ در پاسخ به افزایش مصرف کود نیتروژن و علف کش انتخاب شد. تغییرات پارامتر d در پاسخ به افزایش مصرف کود نیتروژن با استفاده از یک رابطه ی نمایی افزایشی توصیف شد (شکل ۷الف). این مدل تغییرات پارامتر d با افزایش مصرف کود نیتروژن را با



شکل ۷- تغییرات پارامتر b (الف) و تغییرات زیست توده پنیترک (d) در شرایط آلوده (عدم کنترل) (ب) در پاسخ به افزایش مصرف کود نیتروژن

افزایش کود نیتروژن منجر به کاهش ED₅₀ شد. به طوری که با مصرف ۱۵۰، ۲۲۵ و ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به ۰/۶۷، ۰/۶۵ و ۰/۶۳ رسید.

تغییرات ED₅₀ در پاسخ به افزایش مصرف کود نیتروژن با تابعیت از یک رابطه‌ی نمایی کاهش‌ی توصیف شد (شکل ۸). ضریب ED₅₀ در شرایط بدون مصرف کود معادل ۰/۸۲ گرم ماده موثر در هکتار پیش‌بینی شد.



شکل ۸- تغییرات دُز مورد نیاز برای ۵۰ درصد کاهش زیست‌توده پنی‌رک (ED₅₀) در پاسخ به افزایش مصرف کود نیتروژن

بروموکسینیل + تو، فور-دی به دست آمد (شکل ۹). درحالی‌که، زیست‌توده پنی‌رک در شرایط عدم سمپاشی و مصرف مقادیر بیشتر سطوح کودی مورد ارزیابی در حداکثر بود (شکل ۹). مجموع زیست‌توده علف‌هرز با افزایش دُز بروموکسینیل + تو، فور-دی در تمام سطوح مصرف کود کاهش یافت، اما دُزهای کمتری از این علف‌کش جهت به حداقل رساندن زیست‌توده پنی‌رک در سطوح بالاتر مصرف کود لازم بود. برای مثال، زیست‌توده علف‌هرز با کاربرد نیمی از دُز توصیه‌شده بروموکسینیل + تو، فور-دی در شرایط مصرف ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰، ۲۵۰، ۳۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار به ترتیب در حدود ۱۱۴/۱، ۱۴۷/۰، ۱۵۶/۵، ۱۴۴/۵، ۱۲۲/۷، ۱۰۷/۶ و ۱۱۲/۷ گرم در متر مربع پیش‌بینی شد (شکل ۹). هر یک از خطوط نمودار کانتور، دُز مورد نیاز از بروموکسینیل + تو، فور-دی برای کاهش زیست‌توده پنی‌رک به کمتر از یک حد معین را در شرایط مدیریت

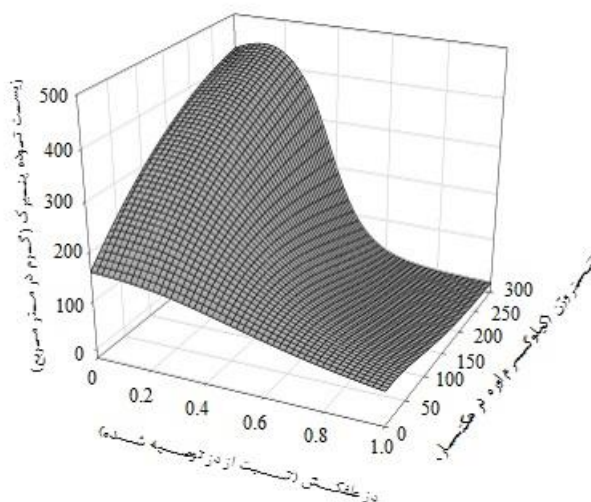
با جایگذاری روابط توصیف‌کننده b، d و ED₅₀ در پاسخ به افزایش مصرف کود نیتروژن در مدل دُز- پاسخ توصیف‌کننده تغییرات زیست‌توده پنی‌رک در واکنش به دُز بروموکسینیل + تو، فور-دی، مدلی (رابطه ۵) ترکیبی برای پیش‌بینی برهمکنش کود نیتروژن و دُز علف‌کش بر زیست‌توده پنی‌رک به شکل زیر به دست آمد.

$$W = \frac{Y_0 + \mu(1 - \exp(-\epsilon^X))}{1 + \exp(\bar{B} \times (\ln(\text{dose}) - \ln(\text{Im}^N)))} \quad (\text{رابطه ۵})$$

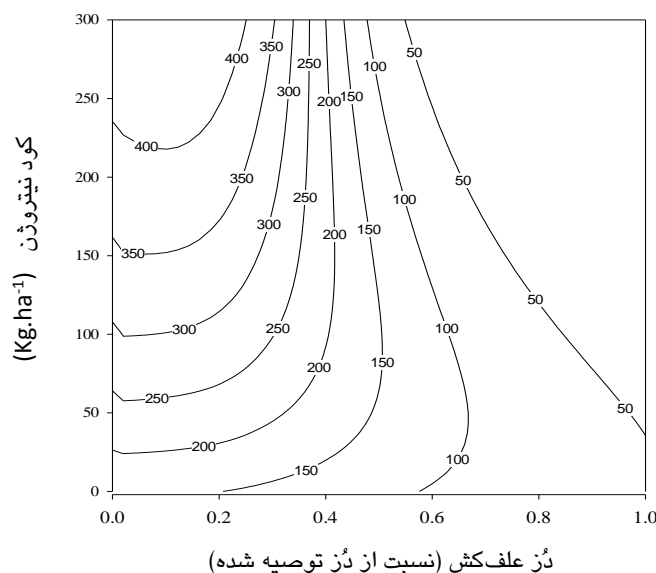
پیش‌بینی مجموع زیست‌توده علف‌هرز در پاسخ به برهمکنش دُز بروموکسینیل + تو، فور-دی و کود نیتروژن با استفاده از این رابطه در قالب نمودارهای سه‌بعدی (شکل ۹) و خطوط تراز (شکل ۱۰) ارائه‌شده است. بر اساس پیش‌بینی مدل ترکیبی، کمترین زیست‌توده علف‌هرز پنی‌رک در شرایط مصرف توأم مقادیر بیشتر کود نیتروژن و کاربرد دُزهای بالاتر

۳۰۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار به ترتیب دُز علف‌کشی برابر یا بیشتر از ۱۰۰، ۹۵، ۷۵، ۶۵ و ۶۰ درصد از دُز توصیه‌شده علف‌کش لازم بود (شکل ۱۰).

متفاوت کود نیتروژن نشان می‌دهد. بر این اساس، جهت کاهش زیست‌توده علف‌های هرز به کمتر از ۵۰ گرم در متر مربع در شرایط مصرف صفر، ۷۰، ۱۵۰، ۲۲۰ و



شکل ۹- پیش‌بینی زیست‌توده پنی‌رک در رقابت با گندم تحت تأثیر دُزهای کاهش‌یافته بروموکسینیل +تو، فور-دی و کود نیتروژن



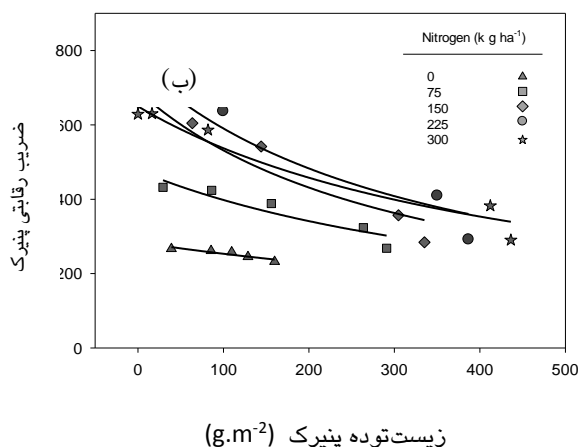
شکل ۱۰- دُز بروموکسینیل+تو، فور-دی مورد نیاز برای کاهش زیست‌توده پنی‌رک به یک سطح معین برای سطوح مختلف مصرف کود نیتروژن

در پاسخ به افزایش مصرف کود نیتروژن تا یک حد معین (۲۲۵ کیلوگرم اوره در هکتار) افزایش و با مصرف

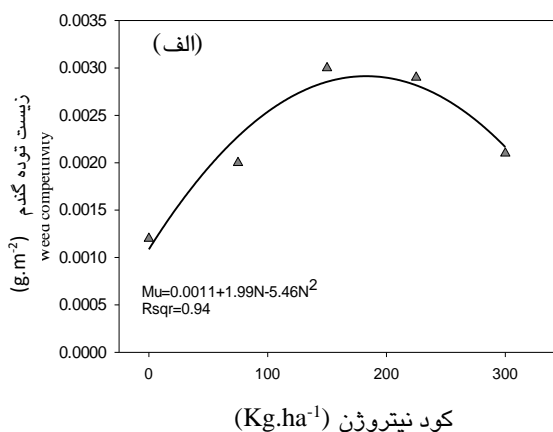
نتایج نشان داد که مجموع زیست‌توده پنی‌رک در متر مربع در رقابت با گندم در شرایط بدون کاربرد علف‌کش

رابطه بین زیست توده پنی‌ریک و گندم در هر سطح از مصرف کود نیتروژن با استفاده از مدل هذلولی راست گوشه توصیف شد (شکل ۱۱ الف). پارامتر μ در این مدل توانایی رقابتی علف‌هرز در برابر گیاه زراعی و عکس این پارامتر زیست توده‌ای از علف‌هرز که در شرایط رقابت منجر به ۵۰ درصد افت زیست توده گیاه زراعی می‌شود را نشان می‌دهد. پارامتر μ برای سطوح مختلف مصرف نیتروژن به طور متفاوتی برآورد شد (شکل ۱۱ ب). پارامتر μ در پاسخ به افزایش مصرف کود نیتروژن با تابعیت از یک رابطه‌ی درجه دوم توصیف شد (شکل ۱۱ ب). این مدل ۰/۹۴ از تغییرات μ با افزایش مصرف کود نیتروژن را توجیه کرد (شکل ۱۱). بر اساس این مدل، مقدار μ با افزایش مصرف کود نیتروژن افزایش و با مصرف ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار به حداکثر رسید و مصرف کود بیشتر از این حد باعث کاهش توان رقابتی پنی‌ریک شد (شکل ۱۱ ب).

مقادیر بیشتر از این حد کاهش یافت. لازم به ذکر است که کاهش زیست توده علف‌های پنی‌ریک در شرایط مصرف ۳۰۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار به دلیل کاهش قابل توجه تراکم بوته پنی‌ریک در واحد سطح بود. به عبارتی، هرچند که زیست توده تک بوته پنی‌ریک با مصرف این مقدار کود نسبت به مصرف مقادیر کمتر به طور قابل توجهی افزایش یافت اما تأثیر منفی چشمگیری بر ظهور پنی‌ریک در مزرعه داشت (داده‌ها نشان داده نشده است). در آزمایش‌های متعددی، افزایش زیست توده و توان رقابتی علف‌های هرز در مقایسه با گیاه زراعی در پاسخ به افزایش مصرف کود نیتروژن در ارزیابی رقابت گندم با علف‌های هرزی مانند بی‌تی‌راخ (*Galium aparine* L.) و یولاف وحشی (*Avena fatua* L.) (رایت و ویلسون ۱۹۹۲) گزارش شده است. مشابه با نتایج به دست آمده در این پژوهش، کاهش تراکم و افزایش مجموع زیست توده پنی‌ریک در پاسخ به افزایش فراهمی عناصر غذایی گزارش شده است (محمد دوست چمن آباد و همکاران ۲۰۰۶).



زیست توده پنی‌ریک ($g.m^{-2}$)



کود نیتروژن ($Kg.ha^{-1}$)

شکل ۱۱- مدل هذلولی راست گوشه برازش داده شده به زیست توده گندم در برابر زیست توده پنی‌ریک در سطوح مصرف کود نیتروژن (الف) و تغییرات ضریب رقابتی پنی‌ریک (μ) با افزایش مصرف کود نیتروژن (ب)

+مفن پیر دای اتیل برای ۵۰ درصد کاهش قابلیت رقابتی خردل وحشی در دو رقم گندم چمران ۲ و وریناک به

در آزمایشی دُر مورد نیاز از علف‌کش مزوسولوفورون متیل + آیودوسولوفورون متیل-سدیم

نتیجه‌گیری کلی

اثر متقابل اوره و تو، فور-دی+بروموکسینیل بر زیست توده گندم و پنیرک معنی‌دار بود. افزایش مصرف اوره بدون مهار پنیرک باعث کاهش معنی‌دار زیست توده گندم شد. زیست توده گندم در رقابت با پنیرک با افزایش مصرف اوره به‌طور معنی‌داری کاهش یافت که این کاهش در تیمار عدم مصرف علف‌کش چشمگیرتر بود. نتایج نشان داد که اگر با مصرف زیاد اوره، از علف‌کش استفاده نشود، پنیرک ماده خشک زیادی تولید می‌کند. همچنین، نتایج نشان داد با مصرف ۳۰۰ کیلوگرم اوره و بدون مصرف علف‌کش، بیشترین زیست توده پنیرک و کمترین زیست توده گندم به دست آمد. درحالی‌که بیشترین زیست توده گندم و کمترین زیست توده پنیرک با میزان ۲۲۵ کیلوگرم اوره همراه با مصرف ۱ لیتر بروموکسینیل+تو، فور-دی در هکتار به دست آمد. نتایج نشان داد که سطوح بالاتر کود اوره باعث کاهش زیست توده گندم شد؛ این در حالی است که سطوح بالاتر اوره باعث افزایش زیست توده پنیرک شد. این امر نشان می‌دهد که در صورت آلوده بودن مزرعه به علف‌های هرز نیتروژن دوستی مانند پنیرک، افزایش میزان کاربرد کود نیتروژن نه تنها موجب افزایش عملکرد گندم نخواهد شد، بلکه ضمن کاهش عملکرد دانه، موجب آلودگی بیشتر محیط زیست به دلیل لزوم استفاده از دزهای بالاتر علف‌کش به منظور مهار علف‌های هرز خواهد شد. مدل‌هایی که در این پژوهش توسعه یافت می‌تواند پیش‌بینی‌های معقولی از زیست‌توده گندم در رقابت با پنیرک ارائه دهد و برای برآورد دُز علف‌کش مورد نیاز برای محدود ساختن اُفت زیست‌توده گندم و یا تولید زیست‌توده پنیرک به کمتر از یک حد معین، مورد استفاده قرار گیرد.

ترتیب معادل ۰/۴۰ و ۰/۴۴ از دز توصیه شده برآورد شد که نشان داد رقم چمران ۲ توان رقابتی بیشتری برای حفظ زیست توده خود در برابر تأثیر منفی خردل وحشی داشت (زرین جوب و همکاران ۲۰۱۸). مطابق با نتایج حاضر، زیست‌توده گندم در شرایط مصرف مقادیر کم نیتروژن به‌طور قابل‌توجهی پایین بود. حداکثر زیست‌توده پنیرک در رقابت با گندم در شرایط بدون کاربرد علف‌کش با مصرف ۳۰۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار به دست آمد (شکل ۶) و مصرف کود بیشتر، مجموع زیست‌توده پنیرک را با کاهش تراکم بوته‌های پنیرک ظاهر شده در مزرعه کاهش داد. برخلاف این نتایج، کیم و همکاران (۲۰۰۶) با کمی‌سازی تأثیر کود نیتروژن و دُزهای کاهش‌یافته علف‌کش بر رقابت گندم - کلزا گزارش کردند که زیست‌توده گندم در تک‌کشتی با افزایش مصرف نیتروژن تا ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت، اما مصرف مقادیر بیشتر از این حد منجر به افزایش بیشتر زیست‌توده گندم نشد و در عوض، به دلیل پاسخ رشدی بهتر کلزا به مقادیر بالاتر نیتروژن تعادل رقابتی را به نفع این گیاه تغییر داد. تفاوت نتایج به دست آمده در اینجا با آزمایش کیم و همکاران (۲۰۰۶) به این دلیل است که در پژوهش حاضر، رقابت گندم با پنیرک در یک تراکم ثابت بررسی شد درحالی‌که آنها تراکم علف‌هرز را به‌عنوان یک فاکتور در آزمایش گنجانده بودند. از طرف دیگر، ED₅₀ و به‌طور مشابه CD₅₀ با افزایش مصرف کود نیتروژن تا ۲۲۵ کیلوگرم کود اوره در هکتار کاهش یافت. بنابراین، به نظر می‌رسد در شرایط رقابت طبیعی گندم با علف‌های هرز، مصرف کود نیتروژن به‌همراه کاربرد دُز مناسب علف‌کش می‌تواند تعادل رقابتی را به نفع گیاه زراعی تغییر دهد.

منابع مورد استفاده

- Abbasi R, Alizadeh H, Mazaheri D and Rahimian Mashhadi H. 2010. Modelling interaction between nitrogen fertilizer and herbicide in jimsonweed (*Datura stramonium* L.) and redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.). Iranian Journal of Weed Science, 5(1): 55-68. (In Persian).
- Ampong-Nyarko K and De Datta SK. 1993. Effects of nitrogen application on growth, nitrogen use efficiency and rice-weed interaction. Weed Research, 33(3): 269-276.
- Blackshaw RE and Brandt RN. 2008. Nitrogen fertilizer rate effect on weed competitiveness is species dependent. Weed Science, 56(5): 743-747.
- Blackshaw RE, Molnar LJ and Janzen, HH. 2004. Nitrogen fertilizer timing and application method affect weed growth and competition with spring wheat. Weed Science, 52(4): 614-622.
- Derakhshan A, Siadat SA and Bakhshandeh A. 2018. Modeling the interaction of herbicide doses and nitrogen fertilizer on crop and weed biomass production in multiple weed species-wheat interference. Journal of Crop Production, 11(2):169-184. (In Persian).
- Dhima KV and Eleftherohorinos, IG. 2001. Influence of nitrogen on competition between winter cereals and sterile oat. Weed Science, 49(1): 77-82.
- Ditomaso JM. 1995. Approaches for improving crop competitiveness through the manipulation of fertilization strategies. Weed Science, 43():491-497.
- Jornsgard B, Rasmussen K, Hill J and Christiansen JL. 1996. Influence of nitrogen on competition between cereals and their natural weed population. Weed Research, 36(6): 461-470.
- Kim DS, Marshall EJP, Brain P and Caseley JC. 2006a. Modelling the effects of sub-lethal doses of herbicide and nitrogen fertilizer on crop-weed competition. Weed Research, 46(6): 492-502.
- Kim DS, Marshall EJP, Caseley JC and Brain P. 2006b. Modelling interactions between herbicide dose and multiple weed species interference in crop-weed competition. Weed Research, 46(2): 175-184.
- Kropff MJ and van Laar HH. 1993. Modelling Crop -Weed Interactions. CAB international, in association with the International Rice Research Institute. Wallingford, Oxfordshire, UK.
- Loomis RJ and Connor DJ. 1992. Crop Ecology: Productivity and Management in Agriculture System. Cambridge University Press, New York.
- Makowski RMD. 1995. Round-leaf mallow interference in spring wheat and lentil in Saskatchewan. Weed Science, 43(3): 381-388.
- Mohammadi V, Kambouzia J, Zand E, Soufizadeh S and Rahimi Moghaddam S. 2016. The effect of different levels of N fertilizer on yield and yield components of maize (*Zea mays* L.) under competition with different densities redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.) and millet (*Panicum miliaceum* L.). Iranian Journal of Crop Science, 47(3): 437-449. (In Persian)
- Mohammaddoust-e-Chamanabad HR, Tulikov AM and Baghestani MA. 2006. Effect of long term fertilizer application and crop rotation on the infestation of fields weeds. Pakistan Journal of Weed Science and Research, 12(3): 221-234.
- Mohammaddoust-e-Chamanabad HR, Mozaffari SM and Nikkha, HR. 2018. Assessment of wheat cultivars competitiveness against weeds based on different traits and indices. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 28(2): 123-134. (In Persian).
- Moon BC, Kim JW, Cho SH, Park JE, Song JS and Kim DS. 2014. Modelling the effects of herbicide dose and weed density on rice-weed competition. Weed Research, 54(5): 484-491.
- Nosrati I, Dabbagh Mohammadi Nassab A, Amini R and Shakiba MR. 2018. Efficacy of different integrated weed management methods in rain-fed chickpea (*Cicer arietinum* L.) at Kermanshah. Agricultural Science and Sustainable Production, 28(4): 77-92. (In Persian).

- Peterson J. 2003. Weed: spring barley competition for applied nitrogen in pig slurry. *Weed Research*, 43(1): 33- 39.
- Rajcan I and Swanton CJ. 2001. Understanding maize-weed competition: resources competition, light quality and the whole plant. *Field Crops Research*, 71(2): 139–150.
- Ritz C and Streibig JC. 2005. Bioassay analysis using R. *Journal of Statistical Software*, 12(1): 1-22.
- Rooney JM, Clarkson DT, Highett M, Hoar JJ and Purves JV. 1990. Growth of *Galium aparine* L. (cleavers) and competition with *Triticum aestivum* L. (wheat) for N. Proceeding of EWRS Symposium: Integrated Weed Management in Cereals. June 4-6, 1990, Helsinki, Finland.
- Ryan MR, Smith RG, Mortensen DA, Teasdale GR, Curran WS, Seidel R and Shumway DL. 2009. Weed–crop competition relationships differ between organic and conventional cropping systems. *Weed Research*, 49(6): 572–580.
- Teyker RH, Hoelzer HD and Liebl RA. 1991. Maize and pigweed response to nitrogen supply and form. *Plant and Soil*, 135(2): 287–292.
- Tollenar M, Nissank SP, Aguilera A, Weise SF and Swanton CJ. 1994. Effect of weed interference and soil nitrogen on four maize hybrids. *Agronomy Journal*, 86(4): 596-601.
- Vance RR and Nevai AL. 2007. Plant population growth and competition in a light gradient a mathematical model of canopy partitioning. *Journal of Theoretical Biology*, 245(2): 210–219.
- Wright KJ, Seavers GP, Peters NCB and Marshall MA. 1999. Influence of soil moisture on the competitive ability and seed dormancy of *Sinapis arvensis* in spring wheat. *Weed Research*, 39(4): 309-317.
- Wright KJ and Wilson BJ. 1992. Effects of nitrogen on competition and seed production of *Avena fatua* and *Galium aparine* in winter wheat. *Aspects of Applied Biology*, 30(4): 381–386.
- Yin X, Gouadrian J, Latinga EA, Vos J and Spietrz JH. 2003. A flexible sigmoid growth function of determinate growth. *Annals of Botany*, 91(3): 361-371.
- Zand E, Baghestani MA, Nezamabadi N, Shimi P and Mousavi SK. 2017. A Guide to Chemical Control of Weeds in Iran. *Jahad-e Daneshgahi Mashhad*. (In Persian).
- Zarinjoub H, Gharineh MH, Gherekhloo J and Elahifard E. 2018. Quantifying the effects of herbicide dose and wild mustard (*Sinapis arvensis* L.) density on wheat and weed biomass production. *Journal of Plant Protection*, 31(4): 628-638. (In Persian).