به‌زراعی کشاورزی
دوره ۱۷ ■ شماره ۱ ■ بهار ۱۳۹۴
صفحه‌های ۲۶-۱۳

تعیین آستانهٔ خسارت اقتصادی خردل وحشی در رقابت با چهار رقم گندم در منطقهٔ گرگان

حسین رضوانی[۱]، جعفر اصغری*[۲]، سید محمدرضا احتشامی[۲]، بهنام کامکار[۳]

۱. دانشجوی دکترای زراعت، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران
۲. به‌ترتیب استاد و استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران
۳. دانشیار، گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۲/۹/۲۹ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۱۰/۲۲

چکیده

به‌منظور تعیین آستانهٔ خسارت اقتصادی چهار رقم گندم در تراکم‌های مختلف خردل وحشی، آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایهٔ بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار و در دو سال زراعی (۹۰-۱۳۸۹ و ۹۱-۱۳۹۰) در مزرعهٔ تحقیقاتی ایستگاه تحقیقات کشاورزی گرگان وابسته به مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل ارقام گندم (‘آرتا’، ‘تجن’، ‘مغان’ و ‘مروارید’) و تراکم خردل وحشی (صفر، ۴، ۸، ۱۶ و ۳۲ بوته در متر مربع) بود. برای توصیف کاهش عملکرد ناشی از رقابت خردل وحشی از معادلهٔ هذلولی کازنس استفاده شد. حداکثر تلفات عملکرد مربوط به تراکم‌های بالای خردل وحشی بود و در بین ارقام، رقم ‘آرتا’ بیشترین و رقم ‘مروارید’ کمترین تلفات عملکرد را داشتند. شاخص‌های رقابتی محاسبه شده نشان داد که رقم ‘مروارید’ در شرایط رقابت با خردل وحشی، توانایی زیادی در جلوگیری از کاهش عملکرد خود داشت (تحمل زیاد) و از طرف دیگر، وزن خشک و مقدار بذر علف هرز را نیز تا حد زیادی کاهش داد. با استفاده از مدل بسط داده‌شدهٔ هذلولی کازنس و فرمول ادونوان، آستانهٔ خسارت اقتصادی در دو سال زراعی برای ارقام گندم تراکم‌های ۴/۱۱، ۳/۶۸، ۲/۳۳ و ۲/۱۱ بوته در متر مربع به‌ترتیب در ارقام ‘مروارید’، ‘مغان’، ‘تجن’ و ‘آرتا’ در شرایط آب‌وهوایی گرگان تعیین شد.

کلیدواژه‌ها: آستانهٔ خسارت، توابع کاهش عملکرد، خردل وحشی، رقابت، گندم.

* نویسنده مسئول Email: Jafarasghari7@gmail.com

۱. مقدمه

کشاورزی صنعتی بیش از نیم قرن در جهت حذف کامل علف‌های هرز تلاش کرده، اما به‌رغم همهٔ تلاش‌ها نتایج عکس حاصل شده است. جایگزینی گونه‌های حساس ازبین‌رفته با گونه‌های مقاوم، بروز مقاومت در گونه‌های موجود، مخاطرات زیست‌محیطی و غیره از عوارض دیدگاه تنگ‌نظرانهٔ ریشه‌کنی علف هرز است [۶]. یکی از مهم‌ترین علف‌های هرز پهن‌برگ مزارع گندم، خردل وحشی[1] است. خردل وحشی گیاهی یکساله زمستانه، علفی، ایستا و به ارتفاع ۳۰ تا ۲۵۰ سانتی‌متر است که توسط بذر تکثیر می‌شود. این گیاه از تیرهٔ شب‌بو و دارای الگوی رشد نامحدود است [۳۶]. خردل وحشی به‌دلیل قدرت رقابت زیاد برای کسب نور و داشتن اسید اروسیک زیاد از جمله گونه‌های نامطلوب و مضر محسوب می‌شود [۲۶].

تبین فلسفهٔ مدیریت علف‌های هرز و شناخت راهبردها و راهکارهای مواجهه با آنها از مهم‌ترین اولویت‌های پیش‌روی علم علف هرز است [۶]. یکی از راه‌های مؤثر در کنترل علف‌های هرز در سیستم مدیریت تلفیقی علف‌های هرز[2] (IWM) استفاده از ارقامی است که قدرت رقابت‌پذیری زیادی دارند. رقمی که توانایی رقابتی آن زیاد است، باید در رقابت با علف هرز ضمن حفظ عملکرد خود، رشد و تولید بذر علف هرز را نیز کاهش دهد [۲۱]. طبق نتایج دیگر تحقیقات، تفاوت در توانایی رقابتی گونه‌های مختلف یک گونه مستند است که نشان می‌دهد می‌توان از طریق به‌نژادی، ارقامی با قدرت رقابت‌پذیری زیاد در برابر علف‌های هرز تولید کرد [۳۹]. قدرت رقابتی ارقام مختلف کلزا در برابر یولاف وحشی بررسی شد و مشاهده شد که ارقام هیبرید به‌دلیل هتروزیس نسبت به ارقام آلوگام، قابلیت رقابت زیاد و عملکرد بیشتری داشتند که این برتری به‌دلیل سرعت زیاد توسعهٔ برگ، تجمع اولیهٔ بیشتر بیوماس در اندام هوایی و بسته شدن سریع‌تر کانوپی بود [۳۸]. همچنین بهترین تصمیم‌گیری برای مدیریت علف‌هرز، راهکاری است که به کاهش استفاده از علف‌کش‌ها و کاربرد مؤثر در یک نظام زراعی منجر شود [۵].

تراکمی از علف هرز که در آن خسارت اقتصادی حادث می‌شود، بسیار مهم است و مطالعهٔ رقابت بین علف‌های هرز و گیاهان زراعی راهگشای یافتن این آستانه است. آستانه‌های اقتصادی فرصتی برای کاهش میزان مصرف علف‌کش فراهم می‌کنند. آستانهٔ اقتصادی به‌صورت تراکمی از علف هرز تعریف شده که در آن هزینهٔ کنترل علف هرز معادل سود حاصل از کنترل است [۲۸]. از این‌رو، آستانهٔ اقتصادی معیاری است که در آن عوامل بیولوژیک و اقتصادی برای تصمیم‌گیری سودمند در زمینهٔ مدیریت علف‌های هرز به‌کار گرفته شده است [۱۲]. آستانهٔ اقتصادی با کمک به کشاورزان در تصمیم‌گیری صحیح برای کنترل مقرون‌به‌صرفهٔ اقتصادی علف‌های هرز، عامل مهمی در مدیریت تلفیقی محسوب می‌شود. اگر تراکم علف‌های هرز زیر آستانهٔ خسارت اقتصادی باشد، هیچ راهبردی برای کنترل آنها توصیه نمی‌شود [۳۶].

به‌نظر می‌رسد که آستانهٔ خسارت علف‌های هرز تحت تأثیر عوامل مدیریت زراعی تغییر می‌یابد. آستانه‌های خسارت اقتصادی بسته به شرایط محیطی، گونهٔ علف هرز و زمان ظهور نسبی، رقم و تراکم گیاه زراعی تغییر می‌یابند [۲۲]. سطوح آستانهٔ سوروف *Echinochloa crus-galli* تحت تأثیر کود نیتروژن، رقم و تراکم برنج قرار گرفت [۷]. آستانهٔ خسارت اقتصادی علف هرز سوروف در کشت برنج ۲/۹۳ بوته در متر مربع برآورد شده است [۷]. طبق گزارش‌ها، آستانهٔ خسارت اقتصادی خردل وحشی در کلزا، سه بوته در متر مربع گزارش شده است [۱]. سطح آستانهٔ خسارت کلزا در گرگان یک بوته خردل‌وحشی در متر

1 .*Sinapis Arvensis*
2. Integrated Weed Management

مربع تعیین شد [۲۶]. همچنین در مطالعاتی در ترکیه مشخص شده است که رقابت خردل وحشی در مزرعهٔ گندم در تراکم های ۱۶ تا ۳۲ بوته در متر مربع به‌ترتیب سبب کاهش ۳۶ و ۸۲ درصدی عملکرد گندم زمستانه و آستانهٔ خسارت اقتصادی آن معادل ۵/۳۸ بوته در متر مربع تعیین شد [۲۳].

مدیریت علف‌های هرز بر مبنای آستانه‌ها، ناخواسته به‌معنای باقی گذاشتن علف هرز در سیستم کشاورزی است. از جمله مزایای باقی گذاشتن علف‌های هرز می‌توان به کاهش تبعات محیطی ناشی از عملیات کنترلی شدید و حفظ ژنوتیپ‌های حساس به ابزار کنترلی مختلف در درازمدت اشاره کرد [۲۰]. باتوجه به تنوع و انعطاف‌پذیری جوامع علف هرز، مدیریت آنها نه امری حصولی، بلکه فرایندی مستمر است. به‌جای مقابلهٔ مستقیم با علف‌های هرز، باید از تهاجم‌پذیری سیستم‌های زراعی کاست. اجرای سناریوی پیشنهادی در مورد مدیریت علف‌های هرز مستلزم پذیرش رهیافت مدیریت تلفیقی مبتنی بر آستانه‌هاست؛ آستانه‌هایی که هم پویایی جوامع علف هرز و هم پیامدهای زیست‌محیطی عملیات کنترل در آنها (نظیر آستانهٔ بهینهٔ اقتصادی) منظور شده باشد.

آستانهٔ خسارت اقتصادی به پتانسیل عملکرد گیاه زراعی، کارامدی کنترل و هزینهٔ کنترل علف هرز وابسته است. هر تغییری در این متغیرها بر آستانهٔ اقتصادی اثر می‌گذارد [۳۱]. تعیین تراکم آستانه نیازمند آگاهی از رابطهٔ بین تلفات عملکرد گیاه زراعی و تراکم علف هرز است [۱۶]. محاسبهٔ آستانه‌های اقتصادی مستلزم استفاده از معادلات رگرسیونی یا توابع خسارتی است که کاهش عملکرد گیاه زراعی را به برخی خصوصیات کمی آلودگی علف هرز از زمان کنترل پس‌رویشی مربوط می‌سازند. توابع خسارت عمدتاً بر مبنای تراکم علف هرز استوارند. معادله‌ای که به طور معمول برای توصیف خسارت مربوط به علف‌های‌هرز استفاده می‌شود، تابعی است که کازنس در سال ۱۹۸۵ ارائه داده است [۱۱]. استفاده از مدل تجربی هذلولی برای برآورد تلفات عملکرد به جزء استانداردی در پژوهش‌های تداخل گیاه زراعی – علف هرز تبدیل شده است [۲۲]. هدف پژوهش حاضر، تعیین آستانهٔ خسارت اقتصادی تراکم های مختلف علف‌هرز خردل وحشی در رقابت با ارقام گندم در شرایط آب‌وهوایی گرگان است.

۲. مواد و روش‌ها

آزمایش در دو سال زراعی ۹۰–۱۳۸۹ و۹۱–۱۳۹۰ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گرگان وابسته به مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان انجام گرفت. ارتفاع محل آزمایش از سطح دریا پنج متر و طول جغرافیایی، ۵۴ درجه و ۲۵ دقیقهٔ شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴۵ دقیقهٔ شمالی بود.

جدول ۱. خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر

هدایت الکتریکی ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته گل اشباع	کربن آلی (٪)	ازت کل (٪)	فسفر قابل جذب (ppm)	پتاسیم قابل جذب (ppm)	منگنز قابل جذب (ppm)
۰/۶	۷/۷	۱/۵۵	۰/۱	۱۴	۳۸۰	۴/۴

میانگین بارندگی سالیانه ۴۵۰-۴۰۰ میلی‌متر بود که براساس دسته‌بندی آب‌وهوایی کوپن[1] دارای اقلیم مدیترانه‌ای گرم و نیمه‌مرطوب است. برای شناسایی وضعیت خاک محل انجام آزمایش، نمونهٔ مرکب از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری تهیه و کلیهٔ خواص فیزیکی و شیمیایی خاک در آزمایشگاه تجزیهٔ خاک مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان به‌شرح جدول زیر تعیین شد. براساس نتایج حاصل، بافت خاک از نوع لوم کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان به‌شرح جدول زیر تعیین شد. بر اساس نتایج حاصل بافت خاک از نوع لوم رسی سیلتی بود.

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایهٔ بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. عامل اول شامل رقم‌های مختلف گندم (‘آرتا’، ‘تجن’، ‘مغان’ و ‘مروارید’) و عامل دوم تراکم خردل وحشی (صفر، ۴، ۸، ۱۶ و ۳۲ بوته در متر مربع) بود. به‌علاوه برای اینکه امکان مقایسهٔ صفات مورد بررسی بین علف هرز خردل وحشی با ارقام گندم در شرایط خالص و مخلوط وجود داشته باشد، کشت خالص خردل وحشی در تراکم‌های مختلف نیز انجام گرفت. عملیات آماده‌سازی شامل شخم، دیسک و تسطیح زمین در پاییز همان سال زراعی انجام گرفت و پس از آن نقشهٔ آزمایشی تهیه شد. کود توصیه‌شده به‌مقدار ۱۶۰ کیلوگرم کود سوپرفسفات تریپل، ۱۶۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم و ۵۰ کیلوگرم اوره قبل از کاشت مصرف شد. همچنین دو بار کود نیتروژن به‌صورت سرک در طول دورهٔ رشدی، یک بار در ابتدای ساقه رفتن و بار دیگر در ابتدای پیدایش سنبله‌ها به نسبت ۵۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار استفاده شد. بذرهای گندم پس از ضدعفونی با قارچ‌کش کربوکسین تیرام به نسبت دو در هزار توسط ماشین بذرکار مخصوص آزمایش‌های غلات با تراکم کاشت توصیه‌شده ۳۵۰ بوته در متر مربع [۳۱] و با فواصل ردیف ۲۰ سانتی‌متر در عمق ۵-۳ سانتی‌متر در اواخر آذر ماه ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ کشت شد. اندازهٔ هر کرت ۲/۴ × ۶/۶۵ متر و متشکل از ۱۲ ردیف بود. همزمان با کاشت گندم، بذرهای خردل وحشی نیز پس از مخلوط کردن با ماسهٔ بادی در مقادیر مورد نظر در بین و روی ردیف‌ها و به‌صورت کاملاً تصادفی و یکنواخت در هر کرت پخش شدند. به‌منظور شکستن خواب بذر خردل وحشی و اطمینان از حصول تراکم‌های مورد نظر، بذرها به‌مدت ۲۴ ساعت قبل از کاشت در محلول جیبرلیک اسید با غلظت ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر تیمار شدند [۳].

پس از اطمینان از درصد سبز مطلوب برای گندم و خردل وحشی عملیات تنک در مرحلهٔ سه‌برگی گندم انجام گرفت. علف‌های هرز مزرعه به‌جز خردل وحشی، به‌طور مستمر وجین شدند. این آزمایش در شرایط عدم محدودیت آب، عناصر غذایی و کنترل آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز صورت گرفت. بنابراین در طول فصل رشد به‌منظور حفظ رطوبت خاک در وضعیت مطلوب، آبیاری به‌صورت بارانی صورت گرفت. سایر عملیات داشت نظیر سمپاشی علیه آفات و بیماری گندم به‌طور یکسان در همهٔ تیمارها بر طبق عرف منطقه انجام شد. نمونه‌برداری گندم و خردل وحشی، طی فصل رشد و بر اساس مراحل فنولوژی گیاه گندم و مقیاس کدبندی زیداکس و همکاران [۳۱] در پنج مرحله، پنجه‌زنی (کد ۲)، ساقه‌دهی (کد ۳)، سنبله‌دهی (کد ۵)، گلدهی (کد ۶) و خمیری شدن دانه (کد ۸) انجام گرفت. در هر مرحله نمونه‌گیری پس از ثبت مراحل فنولوژی گیاه ۱۰ بوته گندم و پنج بوته خردل وحشی از ردیف‌های میانی با رعایت اثر حاشیه‌ای به‌طور تصادفی انتخاب و برداشت شد. در هر مرحله، صفاتی نظیر وزن خشک ساقه، وزن خشک برگ سبز و زرد، وزن خشک کل و سطح برگ به‌تفکیک برای گندم و خردل وحشی اندازه‌گیری شد.

1. Koppen

در پایان فصل رشد و در مرحلهٔ رسیدگی نهایی، به‌منظور محاسبهٔ عملکرد دانه و وزن خشک کل ارقام گندم پس از حذف حاشیه‌ها، عملیات برداشت در مساحتی معادل ۱/۲ متر مربع از خطوط وسط (دو خط وسط) هر کرت آزمایشی انجام گرفت. در این مرحله، پنج بوته خردل وحشی نیز به‌طور تصادفی انتخاب و صفاتی مانند بیوماس و عملکرد بذر علف هرز خردل وحشی در حالت خالص و مخلوط در تراکم‌های مختلف اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری تحمل گیاه زراعی در رقابت با علف‌های هرز از شاخصی به‌نام توانایی تحمل رقابت(AWC) [1] استفاده شد [۳۵].

$$AWC = \left[\frac{Y_{infest}}{Y_{pure}}\right] \times 100 \qquad (۱)$$

در این رابطه، Y_{infest} عملکرد رقم i در شرایط آلوده به علف هرز؛ و Y_{pure} عملکرد همان رقم در شرایط عاری از علف هرز است. بزرگ‌تر بودن این شاخص، نشان‌دهندهٔ توانایی بیشتر گیاه زراعی برای تحمل به علف هرز است. برای اندازه‌گیری توانایی جلوگیری از رشد بیوماس علف هرز نیز از شاخصی به نام شاخص رقابتی [2](CI) استفاده شد.

$$cl_B = \left(\frac{\frac{Y_{infest}}{Y_{maen}}}{\frac{B_{infest}}{B_{mean}}} \right) \qquad (۲)$$

در این رابطه،Y_{infest} عملکرد رقم i در شرایط آلودگی به علف هرز؛ Y_{mean} متوسط عملکرد همهٔ ارقام در حضور علف هرز؛ B_i بیوماس علف هرز مربوط به رقم i ؛ و B_{mean} متوسط بیوماس علف هرز در مخلوط با کل ارقام است. برای ارزیابی توانایی جلوگیری از تولید بذر علف هرز در یک رقم از شاخص دیگری به نام [3](CI_S) که در آن مقدار بذر تولیدشده توسط علف هرز در نظر گرفته شده است، استفاده شد [۱۳].

$$cl_s = \left(\frac{\frac{Y_{infest}}{Y_{maen}}}{\frac{S_{infest}}{S_{mean}}} \right) \qquad (۳)$$

در این رابطه، Y_{infest} وY_{mean} به ترتیب عملکرد دانهٔ رقم i در حضور علف هرز و متوسط عملکرد دانهٔ همهٔ ارقام در حضور علف هرز؛ و S_{infest} و S_{mean}به‌ترتیب مقدار بذر علف هرز مربوط به رقم i و میانگین مقدار بذر علف هرز تولیدشده در تمامی ارقام است. برای تخمین کاهش عملکرد گندم در سطوح تراکم علف هرز خردل وحشی، از مدل هذلولی راست‌گوشهٔ کازنس [۱۱] استفاده شد.

$$YL = \frac{Id}{۱ + \frac{Id}{A}} \qquad (۴)$$

در این رابطه،YL درصد کاهش عملکرد گندم؛ d تراکم علف هرز خردل (بوته در متر مربع)؛ I کاهش عملکرد گندم به ازای تک‌بوتهٔ علف هرز وقتی که تراکم آن به سمت صفر میل کند؛ و A حداکثر کاهش عملکرد گندم در تراکم‌های زیاد علف هرز بود. همچنین به‌منظور محاسبه آستانهٔ خسارت اقتصادی خردل وحشی از معادلهٔ ادونوان [۲۸] استفاده شد.

$$ET = \frac{C}{\frac{I*Y_{WF}*P}{۱۰۰} - \frac{I*C}{A}} \qquad (۵)$$

در این رابطه، ET آستانهٔ خسارت اقتصادی؛ C هزینهٔ ریالی کنترل علف هرز خردل وحشی (۵۰۰۰۰۰ ریال در هکتار)؛ P قیمت هر کیلوگرم گندم (۵۵۰۰ ریال)؛ Y_{wf} متوسط عملکرد محصول گندم در شرایط عاری از علف هرز (کیلوگرم در هکتار)؛ و I و A نیز مؤلفه‌های تخمینی حاصل از معادلهٔ کاهش عملکرد بودند. تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS، و رسم نمودارها نیز با استفاده از نرم‌افزار اکسل انجام گرفت.

1. Ability of Withstand Competition
2. Competition index

نتایج و بحث

ارزیابی توانایی رقابتی ارقام گندم

براساس نتایج تجزیهٔ مرکب به‌دست آمده از این مطالعه، عملکرد دانهٔ گندم در تداخل با خردل وحشی به طور معناداری تحت تأثیر رقم و تراکم خردل وحشی قرار گرفت. همچنین اثر متقابل رقم و تراکم خردل وحشی بر عملکرد دانه معنادار بود. این امر نشان می‌دهد که واکنش ارقام مورد بررسی به تراکم خردل وحشی متفاوت بود. همچنین نتایج تجزیهٔ واریانس نشان داد که اثر سال و سایر آثار متقابل دوگانه و سه‌گانه معنادار بودند (جدول ۲).

در نمونه‌برداری اول که مصادف با مرحلهٔ پنجه‌زنی گندم بود، اختلافی در بیوماس علف هرز در میان ارقام گندم مشاهده نشد. این مسئله احتمالاً به‌دلیل دسترسی کافی به منابع رشدی شامل نور و مواد غذایی هم برای علف هرز و هم برای گیاه زراعی در این مرحله بود، اما در مراحل بعدی، از نظر بیوماس علف هرز اختلاف معناداری بین واریته‌های گندم ظاهر شد (داده‌ها نشان داده نشد). کمترین و بیشترین بیوماس علف هرز خردل وحشی به‌ترتیب در جوار ارقام 'مروارید' و 'آرتا' حاصل شد (جدول ۳). از نظر عملکرد دانه، اختلاف معناداری بین حالت خالص (شاهد عاری از علف هرز) و مخلوط با علف هرز (حداکثر تراکم خردل وحشی) مشاهده شد، اما اثر سال معنادار نبود؛ به نحوی که در حالت خالص و مخلوط در دو سال آزمایش بیشترین عملکرد دانه مربوط به رقم 'مروارید' و کمترین عملکرد مربوط به رقم 'آرتا' بود (جدول ۳).

جدول ۲. نتایج تجزیهٔ واریانس مرکب میانگین مربعات عملکرد دانهٔ گندم در رقابت با خردل وحشی در دو سال زراعی ۹۱-۱۳۸۹

منابع تغییرات	درجهٔ آزادی	عملکرد دانه (خالص)	عملکرد دانه (تداخل)	درصد افت عملکرد	بذر خردل وحشی	بیوماس خردل وحشی
سال	۱	۵۹۵۴۴/۱۲^{ns}	۴۵۳۲۱/۱۲^{ns}	۱۳۲/۵۱^{ns}	۳۳۴۹۰/۷^{ns}	۴۶۶۴۰/۹^{ns}
بلوک در سال	۳	۲۳۵۲۸/۸^{ns}	۱۲۱۳۸/۱۸^{ns}	۱۵۱/۶۲^{ns}	۱۸۹۶/۲^{ns}	۲/۷۰^{ns}
رقم	۳	۵۹۲۶۶۸/۴**	۷۱۳۰۴۴/۴**	۲۵۰۸/۳۷**	۴۷۳۵۸/۷**	۲۳۴۵۸/۷**
تراکم خردل	۴	۴۱۷۱۲۳/۱**	۳۸۱۱۳۲/۴**	۱۴۰۵/۲۳**	۱۳۳۵۵/۶**	۸۸۲۳۲/۴**
رقم × سال	۳	۱۶۹۹۷/۲^{ns}	۱۲۳۲۰^{ns}	۱۳۴/۴۲^{ns}	۳۳۹۹/۸^{ns}	۳۱۲۰۶/۹^{ns}
تراکم× سال	۴	۱۲۱۵۲/۶^{ns}	۱۱۲۱۱^{ns}	۴۵/۴۲^{ns}	۵۱۸۳۹/۷^{ns}	۴۶۲۳۸/۶^{ns}
رقم × تراکم	۱۲	۲۶۲۰۳۳۲/۲**	۶۴۵۲۱/۰۴**	۸۷/۳۲**	۲۱۹۹۳/۹**	۲۳۹۱۲/۷**
رقم × تراکم× سال	۱۲	۳۲۱۵۳/۵^{ns}	۱۳۲۵^{ns}	۲۱/۳۱^{ns}	۲۴۶۲۰/۶^{ns}	۲۱۴۱/۲^{ns}
خطا	۱۱۴	۴۱۲۰/۶	۰/۰۱۵۸	۱۵۲/۳	۴۲۸/۵	۳۴۲۵/۷
ضریب تغییرات (٪)	–	۵/۹۳	۸/۹۲	۱۷/۹	۱۴/۴۴	۷/۴۳

ns: غیرمعنادار و **: معنادار در سطح احتمال ۱ درصد.

جدول ۳. مقایسهٔ میانگین عملکرد دانهٔ گندم، بیوماس و بذر خردل وحشی در رقابت گندم با خردل وحشی در دو سال زراعی ۹۱-۱۳۸۹

ارقام	عملکرد دانه (خالص) (kg/ha)	عملکرد دانه (تداخل) (kg/ha)	درصد افت عملکرد	بذر خردل وحشی (kg/ha)	بیوماس خردل وحشی (kg/ha)
آرتا	۴۱۶۳/۲^{d}	۸۵۱/۱۹۵^{d}	۸۱/۷^{a}	۳۲۵ ^{a}	۲۲۵۱^{a}
تجن	۴۷۹۹/۶^{c}	۱۱۰۳/۴۵^{c}	۸۰/۳^{b}	۳۲۱^{b}	۲۱۹۰^{a}
مغان	۵۲۰۱/۲^{b}	۱۵۵۱/۲۳^{b}	۷۴/۲۱^{c}	۳۰۰^{c}	۱۶۰۸۹^{b}
مروارید	۶۱۱۰/۷^{a}	۲۲۰۱/۶۰^{a}	۶۱/۲۳ ^{d}	۲۷۴ ^{d}	۱۴۴۸^{c}

اعداد هر گروه در هر ستون که حداقل در یک حرف مشترک‌اند، فاقد تفاوت معنادار در سطح ۱ درصد بر اساس آزمونLSD هستند.

جدول ۴. نتایج تجزیهٔ واریانس مرکب شاخص‌های رقابتی گندم در رقابت با خردل وحشی در دو سال زراعی

منابع تغییرات	درجهٔ آزادی	شاخص تحمل AWC	شاخص تداخل CI_B	شاخص تداخل CI_S
سال	۱	۱۲/۵۱^{ns}	۰/۰۰۱۶^{ns}	۰/۰۰۲۱^{ns}
تکرار	۳	۱۵/۶۲^{ns}	۰/۲۵۱^{ns}	۰/۲۸۱^{ns}
رقم	۳	۵۰۸/۱۷**	۰/۹۴**	۰/۷۵**
تراکم خردل	۴	۳۱۵/۶۱**	۰/۴۷**	۰/۸۱**
رقم × سال	۳	۲۷/۲^{ns}	۰/۰۱۳^{ns}	۰/۰۰۲۸^{ns}
تراکم × سال	۴	۴/۲۶^{ns}	۰/۰۵۵^{ns}	۰/۶۷^{ns}
رقم × تراکم	۱۲	۲۵/۲**	۰/۰۰۴**	۰/۰۰۹۱**
رقم × تراکم × سال	۱۲	۱/۳۵^{ns}	۰/۸۳ ^{ns}	۰/۷۶^{ns}
خطا	۱۱۴	۱۳۱/۶	۰/۱۵۲	۰/۱۳۵
ضریب تغییرات (٪)	–	۱۴/۹	۸/۴	۱۱/۹

ns: غیرمعنادار و **: معنادار در سطح احتمال ۱ درصد.

نتایج نشان می‌دهد که ارقام از لحاظ شاخص تحمل (شاخص AWC) متفاوت بودند (جدول ۴)، به‌طوری که بین عملکرد دانه در شرایط خالص و تحمل ارقام گندم در رقابت با علف هرز خردل وحشی در دو سال آزمایش رابطهٔ مثبت و معنادار وجود داشت (جدول ۶). در بررسی قدرت رقابت ارقام مختلف گندم در برابر علف هرز منداب[1] و نیز رقابت ارقام گندم در برابر علف هرز یولاف وحشی نتایج مشابهی به‌دست آمد [۱۹،۱۳]. برعکس، بین عملکرد دانهٔ ارقام هیبرید کلزا در شرایط خالص و تحمل گیاه زراعی در برابر علف هرز، رابطهٔ منفی وجود دارد

1. Eruca sativa

[۲۶]. یکی دیگر از شاخص‌های توانایی رقابتی، شاخص (CI_B) است که مبتنی بر جلوگیری از رشد علف هرز به‌واسطهٔ کاهش بیوماس آن است. نتایج تجزیهٔ واریانس نشان داد که این شاخص به‌طور معناداری تحت تأثیر ارقام گندم قرار گرفت (جدول ۴). مقایسهٔ میانگین بین ارقام نشان داد که بیشترین شاخص (CI_B) به رقم 'مروارید' (۱/۴۲) و کمترین آن به 'آرتا' (۰/۵۴) تعلق داشت (جدول ۵). توانایی رقابتی زیاد رقم 'مروارید' را می‌توان به کاهش بیشتر بیوماس خردل وحشی در حضور این رقم و عملکرد به‌نسبت زیاد این رقم تحت شرایط رقابت نسبت به سایر ارقام دانست. رقم 'آرتا' نیز به‌عنوان یک رقم ضعیف دارای کمترین عملکرد دانه در شرایط رقابت بود و بیشترین بیوماس خردل وحشی در حضور این رقم تولید شد (جدول ۵). طبق نتایج دیگر تحقیقات، ممکن است شاخص‌های CI_B و AWC توسط راهبردهای متفاوتی در گیاه تعیین شوند، ازاین‌رو این دو مفهوم باید از هم تفکیک شوند [۱۲]. همچنین این دو شاخص ممکن است لزوماً در یک رقم وجود نداشته باشند.

ارقام 'مروارید' و 'مغان' ضمن داشتن تحمل زیاد از توانایی به‌نسبت خوبی در جلوگیری از رشد علف هرز برخوردار بودند. همبستگی قوی میان AWC و CI_B دلیل صحت این موضوع است ($r=۰/۸۱^{**}$). در هیچ‌کدام از شاخص‌های رقابتی مذکور CI_B و AWC مقدار تولید بذر علف هرز در نظر گرفته نشده است، درحالی‌که مقدار بذر تولیدی توسط علف هرز از دیدگاه اکولوژیک حائز اهمیت است، چراکه ممکن است در آینده جمعیت بانک بذر، علف هرز در خاک و نهایت هزینهٔ تولید را به‌واسطهٔ مبارزه با علف هرز افزایش دهد. بر این اساس، برای ارزیابی توانایی ارقام علاوه بر دو شاخص یادشده، از شاخص دیگری به‌نام CI_S که در آن مقدار بذر تولیدشده توسط علف هرز در نظر گرفته می‌شود استفاده شد. زیاد بودن این شاخص نشانهٔ توانایی گیاه زراعی در کاهش تولید بذر علف هرز است.

نتایج نشان داد که ارقام 'مروارید' و 'آرتا' به‌ترتیب دارای بیشترین و کمترین شاخص CI_S بودند (جدول ۵). نتایج مقایسهٔ CI_B و CI_S نشان داد که همبستگی مثبت و معناداری ($r=۰/۸۲^{**}$) بین کاهش بیوماس علف هرز و کاهش بذر علف هرز وجود دارد (جدول ۶). در مجموع عملکرد خالص، عملکرد مخلوط و شاخص‌های رقابتی محاسبه شده نشان داد که رقم 'مروارید' به‌دلیل عملکرد به‌نسبت زیاد در شرایط رقابت با خردل وحشی و درصد افت عملکرد کمتر نسبت به سایر ارقام به‌عنوان رقم دارای رقابت‌پذیری زیاد شناسایی شد و 'آرتا' به‌عنوان رقم ضعیف انتخاب شد (شکل ۱ و جدول ۷).

درصد کاهش عملکرد در حضور علف هرز نسبت به شرایط عاری از علف هرز، تحمل محصول به علف هرز نامیده می‌شود. هرچه درصد کاهش عدد بزرگ‌تر باشد تحمل محصول کمتر و هر چه عدد کوچک‌تر باشد تحمل محصول بیشتر است [۲۸]. ازاین‌رو، به‌نظر می‌رسد که می‌توان ارقامی را شناسایی یا اصلاح کرد که با داشتن توانایی تحمل زیاد از عملکرد دانهٔ زیادی نیز در شرایط خالص برخوردار باشند که این حالت در مورد ارقام 'مروارید' و 'مغان' صادق است. در بررسی قدرت رقابت ارقام مختلف گندم در برابر علف هرز منداب به نتیجه‌ای مشابه به‌دست آمد [۲۹]. نیز نتایج مشابه در مورد رقابت ارقام هیبرید کلزا در برابر یولاف وحشی گزارش شد و بین عملکرد دانه در شرایط خالص و تحمل گیاه زراعی در برابر علف هرز رابطهٔ مثبت وجود داشت [۳۸]. در شرایط تداخل با چاودار، بین ارقام گندم از نظر عملکرد زیست‌توده و دانه تفاوت معناداری وجود داشت [۱۵].

جدول ۵. مقایسهٔ میانگین شاخص‌های ارزیابی ارقام گندم در رقابت با خردل وحشی در دو سال زراعی ۹۱-۱۳۸۹

رقم	شاخص تحمل AWC	شاخص تداخل CI_B	شاخص تداخل CI_S
مروارید	۲۹[a]	۱/۲۳[a]	۱/۴۴[a]
مغان	۲۶[b]	۰/۷۸[b]	۰/۸۳[b]
تجن	۲۲[c]	۰/۵۶[c]	۰/۶۲[c]
آرتا	۲۰[c]	۰/۵۴[c]	۰/۵۹[c]

AWC: توانایی تحمل رقابت، CI_B: شاخص رقابتی بیوماس، CI_S: شاخص رقابتی بذری

اعداد هر گروه در هر ستون که حداقل در یک حرف مشترک اند، فاقد تفاوت معنادار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد براساس آزمون LSD هستند.

جدول ۶. ضرایب همبستگی بین شاخص‌های رقابت و عملکرد دانهٔ ارقام گندم در رقابت با خردل وحشی در دو سال زراعی ۹۱-۱۳۸۹

صفت	CI_B	CI_S	عملکرد دانه
AWC	۰/۸۱**	۰/۷۹**	۰/۸۴**
CI_B	۱	۰/۸۲**	۰/۷۷**
CI_S		۱	۰/۷۲**

**: معنادار در سطح احتمال ۱ درصد

AWC: توانایی تحمل رقابت CIB: شاخص رقابتی بیوماس CIS: شاخص رقابتی بذری

افت عملکرد گندم

برای توصیف کاهش عملکرد ناشی از رقابت خردل وحشی در ارقام مختلف گندم از معادلهٔ ۲ استفاده شد. با توجه به تأثیر تراکم‌های مختلف خردل وحشی بر عملکرد ارقام گندم، درصد کاهش عملکرد در هر رقم نسبت به عملکرد حداکثر (Y_{max}) برآوردشده براساس معادلهٔ هذلولی کازنس (معادلهٔ ۱) به‌طور جداگانه سنجیده شد. با افزایش تراکم خردل‌وحشی، درصد کاهش عملکرد گندم به صورت مجانب‌داری افزایش یافت (شکل ۱). براساس معادلات برازش‌داده‌شده حداکثر کاهش عملکرد ناشی از تراکم‌های زیاد خردل وحشی (A) به میزان ۸۲ درصد در رقم 'آرتا' و کمترین مقدار پارامتر A به میزان ۶۱/۸ درصد در تیمار رقم 'مروارید' به وقوع پیوست. روند تغییرات پارامتر A از این جهت حائز اهمیت است که این پارامتر پتانسیل خسارت علف هرز در تراکم‌های زیاد در ارقام مختلف را نشان می‌دهد. ازاین‌رو نقش رقم در کاهش خسارت علف هرز، به‌ویژه در شرایطی‌که کنترل شیمیایی صورت نگیرد، حائز اهمیت است.

کانوپی متراکم حاصل از رقم 'مروارید' نسبت به سایر ارقام، سبب کاهش فراهمی نور، عناصر غذایی و رطوبت قابل وصول برای علف هرز خردل‌وحشی شد که این امر سبب رقابت‌پذیری زیاد این رقم شده است. به‌طور معمول هرچه تراکم علف هرز بیشتر باشد، درصد کاهش عملکرد نیز متناسب با آن بیشتر خواهد بود و این روند تا جایی

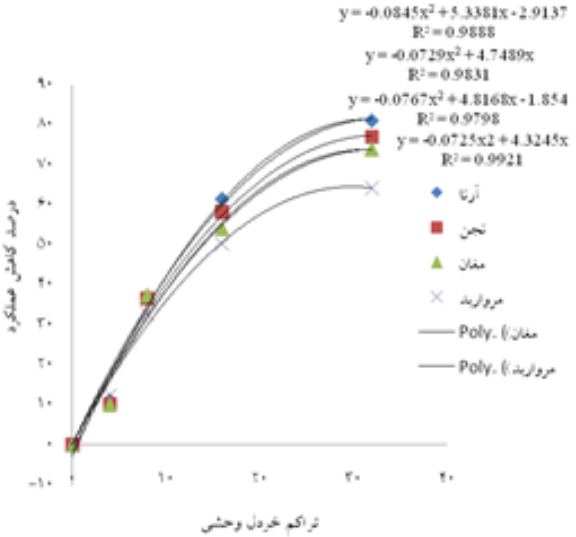
تداوم می‌یابد که تراکم علف هرز به سطحی می رسد که دیگر سبب کاهش معنادار تولید گیاه زراعی نمی‌شود (شکل ۲) که این مطلب با نتایج تحقیق زیمدال مطابقت دارد [۳۹].

در دو سال آزمایش، میزان کاهش عملکرد در رقم رقیب 'مروارید' از ۳۰ تا ۶۰ درصد و در رقم ضعیف 'آرتا' از ۵۵ تا ۸۲ درصد متغیر بود. با توجه به افت عملکرد ارقام (جدول ۷)، به‌ترتیب کمترین و بیشترین افت عملکرد به رقم‌های 'مروارید' و 'آرتا' تعلق داشت. علت برتری رقم 'مروارید' در رقابت با خردل‌وحشی را می‌توان به صفاتی همچون ارتفاع بیشتر، ثبات زیاد سطح برگ و پروفیل مناسب کانوپی (داده‌ها ارائه نشده است) ارتباط داد که این رقم با داشتن این ویژگی‌ها توانسته با دسترسی بیشتر به نور و به دنبال آن جذب مواد غذایی و تسخیر فضا، کمتر از دیگر ارقام تحت تأثیر رقابتی علف هرز خردل‌وحشی قرار گیرد که با نتایج دیگر تحقیقات مطابقت دارد [۵].

در این تحقیق، رقم 'آرتا' دارای ویژگی‌های تضعیف‌کنندهٔ رقابت‌پذیری نظیر ارتفاع کمتر، شاخص سطح برگ پایین و توزیع سطح برگ در پایین کانوپی بود که با افزایش تراکم علف هرز سبب تشدید رقابت برای جذب نور و سایه‌اندازی برگ‌های علف هرز روی گیاه زراعی و در نهایت موجبات کاهش شدید عملکرد رقم 'آرتا' شدند [۱۴]. کمترین و بیشترین افت عملکرد به‌ترتیب به ارقام 'مروارید' و 'آرتا' تعلق داشت (جدول۴).

کمترین و بیشترین ضریب a (خسارت به ازای ورود اولین علف هرز) متعلق به رقم های 'مروارید' و 'آرتا' به‌ترتیب با ۱/۱۲ و ۲/۷۱ درصد بود. در بررسی تأثیر رقابت تراکم‌های خردل وحشی بر عملکرد دانهٔ ارقام گندم 'الوند' و 'سایسون'، عملکرد به ترتیب ۰/۸ و ۱/۲ درصد به ازای هر بوته علف هرز افت داشت، درحالی‌که این کاهش به ازای هر بوته چاودار وحشی به ترتیب ۰/۴ و ۰/۵۵ درصد بود[۳۴].

نتایج دیگر تحقیقات نیز حاکی از خسارت بیشتر تک‌بوته‌های ترب وحشی نسبت به علف‌های هرز باریک‌برگ چچم ایرانی بر عملکرد گندم است [۱۹]. ۱۶ بوته خردل وحشی در متر مربع عملکرد دانهٔ گندم را بیش از ۵۶ درصد کاهش داد [۵]. رقابت علف هرز با دو رقم دیررس و زودرس پنبه در اوایل فصل رشد موجب کاهش عملکرد آنها شد، اما این کاهش در رقم زودرس بیشتر از ارقام دیررس بود [۱۰].



شکل ۱. اثر تراکم‌های مختلف خردل وحشی بر میانگین کاهش عملکرد دانهٔ ارقام گندم

آستانهٔ خسارت اقتصادی خردل وحشی

نتایج نشان داد که آستانهٔ خسارت اقتصادی علف هرز خردل وحشی در ارقام مختلف گندم تفاوت معناداری دارد که این اختلاف ناشی از تفاوت خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی هر رقم است که در نهایت در قدرت رقابت آنها مؤثر است و این گونه است که رقم با قدرت رقابت کم، نیاز به طولانی شدن دورهٔ عاری از علف هرز و کاهش تراکم آستانهٔ خسارت علف هرز دارد (جدول ۷).

جدول ۷. پارامترهای تخمینی مدل کاهش عملکرد دانهٔ ارقام گندم در رقابت با خردل وحشی در دو سال زراعی ۹۱-۱۳۸۹

ارقام	Y_{WF}[a]	I ± SE[b]	A ± SE[c]	R^2	F	ET[d]
آرتا	۴۸۰۰	۱/۶۰ ± ۲۵/۰	۸۱/۷ ± ۲۵/۶	۰/۹۸	۳۳۰**	۲/۱۱
تجن	۵۱۰۰	۱/۵۹ ± ۰/۱۶	۸۰/۳ ± ۲۸/۹	۰/۹۸	۴۰۸**	۲/۳۳
مغان	۵۳۰۰	۱/۱۳ ± ۰/۲۹	۷۴/۲۱ ± ۴۲/۶	۰/۹۶	۱۳۱**	۳/۶۸
مروارید	۶۲۰۰	۱/۱۳ ± ۰/۷۱	۶۱/۲۳ ± ۳۱/۴	۰/۹۷	۱۹۲**	۴/۱۱

a، b، c، d: به‌ترتیب متوسط عملکرد دانهٔ گندم در شرایط عاری از علف هرز، کاهش عملکرد دانهٔ گندم به‌ازای ورود اولین بوتهٔ خردل وحشی، حداکثر کاهش عملکرد دانهٔ گندم و آستانهٔ خسارت خردل وحشی (بوته در متر مربع)

عده‌ای از محققان معتقدند تنها ۵ درصد کاهش عملکرد در گندم در حضور علف هرز قابل چشم‌پوشی است و می‌توان از آن به‌عنوان آستانهٔ خسارت نام برد [۲۴]. با توجه به قیمت تجاری گندم که ۵۵۰۰ ریال به‌ازای هر کیلوگرم است و هزینهٔ علف‌کش و کاربرد آن (۵۰۰۰۰۰ ریال در هکتار) و با استفاده از ضریب I و A حاصل از مدل کازنس و به‌کمک مدل پیشنهادی ادونوان [۲۸]، آستانهٔ خسارت اقتصادی ارقام گندم تعیین شد.

تراکم آستانهٔ خسارت اقتصادی برای ارقام مختلف گندم در این آزمایش در دو سال زراعی تراکم‌های ۳/۷۱، ۳/۱۸، ۲/۳۳، ۲/۱۱ بوته در متر مربع به‌ترتیب در ارقام 'مروارید'، 'مغان'، 'تجن' و 'آرتا' به‌دست آمد. مقادیر پارامترهای I و Aدر مدل‌های تعیین آستانهٔ خسارت که بیانگر شاخص رقابتی گونه‌های رقیب است، از عوامل مختلف از جمله گونه‌های رقیب تأثیر می پذیرد و بر آستانهٔ اقتصادی خسارت تأثیرگذار است؛ بنابراین نتایج آزمایش‌ها از مکانی به مکانی دیگر و از گونه‌ای به گونهٔ دیگر متفاوت خواهد بود [۱۱]، اما به‌هر حال گونه‌های با توان رقابتی بیشتر، آستانه‌های کمتری نسبت به سایر گونه‌های کم‌رقابت با محصول خواهند داشت و بدیهی است به کنترل و مدیریت بیشتری نیاز است [۱۷]. برای مثال، تراکم ۰/۶۶ بوته در متر مربع به‌عنوان آستانهٔ خسارت توق[1] در سویا مشاهده شد [۳۷]، اما آستانهٔ خسارت اقتصادی توق در لوبیا در دو سال متوالی یک و چهار بوته در متر مربع مشاهده شد [۲۰]. آستانهٔ خسارت اقتصادی تاج‌ریزی[2] در لوبیا کمتر از یک بوته به‌دست آمده است [۵].

آستانهٔ خسارت اقتصادی گندم برای خردل وحشی در دو سطح کودی ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن به ترتیب ۰/۸۵ و ۰/۸۲ تعیین شده است [۲۵]. تراکم خسارت اقتصادی یولاف ۱۳/۵ بوته، پیچک ۱۲/۲ بوته و سلمه تره معادل ۱۹/۶۵ بوته در متر مربع گزارش شد [۱۸]. در تحقیقات در ترکیه، آستانهٔ خسارت اقتصادی خردل وحشی در رقابت با گندم ۵/۳۸ بوته در متر مربع تعیین شد [۲۳]. همچنین ضمن تأکید کاهش عملکرد گندم ناشی از تداخل خردل‌وحشی، بیان شد که حتی تداخل علف هرزی چون سلمه‌تره در گلدان نیز سبب کاهش ارتفاع گندم، کاهش وزن خوشه در هر گیاه، کاهش تعداد دانه و کاهش وزن صددانه در هر گیاه می‌شود [۲].

آستانهٔ خسارت یولاف وحشی در آمریکا از ۹ تا ۱۵ بوته در متر مربع در جو و ۳ تا ۳۰ بوته در متر مربع در گندم متغیر است [۲۷]. درحالی که در انگلیس این آستانه برای یولاف وحشی در غلات ۸ تا ۱۲ بوته در متر مربع

1. Xanthium strumaonium
2. Solanum sarrachoides

گزارش شده است. طی آزمایشی، تراکم‌های آستانهٔ خسارت اقتصادی خردل‌وحشی در گندم در سطح کم، مطلوب و زیاد نیتروژن، ۰/۹۴، ۰/۷۹ و ۰/۱۴ به‌دست آمد [۸]. با بررسی رقابت تراکم‌های مختلف خردل وحشی در چهار رقم کلزا در گرگان تراکم ۲/۷، ۱/۳۲، ۰/۹۳ و ۰/۳۶ بوته در متر مربع، آستانهٔ خسارت این علف‌هرز به‌ترتیب در ارقام 'زرفام'، 'هایولا ۳۳۰'، 'آرجی اس ۰۰۳' و 'آپشن ۵۰۰' گزارش شد [۲۶]. اختلاف بین نتایج این آزمایش و آزمایش‌های مشابه در کشور با نتایج آزمایش‌ها در سایر نقاط جهان را می‌توان از طریق تفاوت قیمت محصول، هزینه‌های کنترل و عملیات زراعی و نوع رقم و گونه‌های هرز بین مکان‌های مورد بحث توجیه کرد، زیرا آستانهٔ خسارت اقتصادی به‌طور مستقیم و غیرمستقیم تابعی از عوامل یادشده است.

نتیجه‌گیری

در این آزمایش، تراکم آستانهٔ خسارت اقتصادی برای ارقام مختلف گندم در دو سال زراعی در منطقهٔ گرگان تراکم‌های ۴/۱۱، ۳/۶۸، ۲/۳۳ و ۲/۱۱ بوته در متر مربع به‌ترتیب در ارقام 'مروارید'، 'مغان'، 'تجن' و 'آرتا' به‌دست آمد. ازآنجا که در تعیین آستانه‌های خسارت، عوامل اقتصادی تعیین‌کننده‌اند، به‌نظر می‌رسد با توجه هزینه‌های کنترل و قیمت محصولات زراعی این آستانه‌ها متفاوت باشند. برای مثال، در کشورهای پیشرفته، اغلب به‌علت قیمت زیاد محصولات زراعی و هزینه‌های کنترل در مقایسه با کشورهای در حال توسعه، به‌طور معمول این آستانه‌ها بالاترند. بنابراین نتایج آزمایش‌ها از مکانی به مکانی دیگر و از گونه‌ای به گونهٔ دیگر متفاوت خواهد بود. به‌هرحال، اکتفا به آستانه‌های خسارت اقتصادی در مدیریت درازمدت علف‌های هرز کاری غیرعلمی است و امکان دارد بی‌توجهی به پویایی جمعیت علف‌های هرز (آستانه‌های خسارت بهینه) و غنی بودن بانک بذر آنها مشکل مدیریت علف‌های هرز را دوچندان کند. نتایج این مطالعه بر آسیب‌پذیری شدید ارقام مورد مطالعهٔ گندم به علف هرز فوق دلالت دارند. همچنین با توجه به اینکه تولید بذر فراوان یکی از عوامل موفقیت علف هرز خردل وحشی در سیستم‌های زراعی است، کنترل و مدیریت دقیق علف‌های هرز گندم به‌ویژه خردل وحشی در مزارع آلوده به‌خصوص در گرگان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

منابع

1. Anonymous (2005) http://www.Council.org / weed problem. Aspx (accessed Oct., 30th).
2. Bhaskar A and Vyas KG (1988) Studies on competition between wheat and *Chenopodium album* L. Weed Research. 26: 53-5.
3. Bagherani N and Ghadiri H (1995) Effect of chemical and mechanical scarification, giberellic acid and temperature on wild mustard germination (Abs). The 12st Plant Protection Congress. Karaj. Iran. Pp. 14. (In Persian).
4. Beckie HJ, Johnson EN and Blackshaw RE (2008) Weed suppression by canola and mustard cultivars. Weed Technology. 22: 182-185.
5. Blakshaw RE, Molnar LJ and Janzen HH (2004) Nitrogen fertilizer timing and application method affect weed growth and competition with spring wheat. Weed Science. 52: 614-622.
6. Buchow RC, Robertson MJ and Pengelly BC (1993) Radiation use efficiency of soybean, mung bean and cowpea under different environmental conditions. Field Crops Research. 32: 1-16.
7. Buhler DD (2002) Challenges and opportunities for integrated weed management. Weed Science. 50: 273-280.

8. Burgos NR, Norman RJ, Gealy DR and Black H (2006) Competitive N uptake between rice and weedy rice. Field Crops Research. 99: 96-105.

9. Cathcart RJ and Swanton CJ (2003) Nitrogen management will influence threshold values of green foxtail (*Setaria viridis*) in Corn. Weed Science. 51: 975-986.

10. Chandler JM and Mrerdith WR (1983) Yields of three cotton (*Gossypium hirsutum*) cultivars as influenced by sprured anoda (*Anoda cristata*) competition. Weed Science. 31: 303-307.

11. Cousens R (1985) A simple model relating yield loss to weed density. Annual Applied Biology. 107:239-252.

12. Cousens RD, Barnett AG and Barry GC (2003) Dynamics of competition between wheat and oats. I. Effects of changing the timing of phenological events. Agronomy. 95: 1295-1304.

13. Deihimfar R (2005) Evaluation of the morphophysiological characteristics effects on yield increase of some *Triticum asetivum* L. cultivars in competition with *Eruca sativa* Mill. M.Sc. Thesis, University of Tehran, Abooreihan campus. 135p.

14. Dhima K and Eleftherohorinos I (2005) Wild mustard (*Sinapis arvensis* L.) competition with three winter cereals as affected by nitrogen supply. Journal of Agronomy and Crop Science. 191: 241-248.

15. Dianat M, Rahimian Mashhadi H, Baghestani MA, Alizadeh HM and Zand E (2007) Evaluation of Iranian cultivars of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) for competitive ability against rye (*Secale cereale*). Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources. 23: 267-280. (In Persian).

16. Ghadiri H, Ebrahimi M and Zand E (2008) Effect of Wild Oat (*Avena fatua* L.) densities and nitrogen on morphophysiological traits of several Iranian wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. In Proceeding of the 5International Weed Science Congress. Vancouver, Canada, 189P.

17. Gupta OP (2006) Modern weed management. Agrobios Publication, India, 339p.

18. Gherekhloo J, Mazaheri D, Ghanbari A and Ghannadha MR (2005) Economic threshold valuation of weeds in wheat in Mashhad. Iranian Journal of Agricultural Sciences. 36(6): 1429-1435. (In Persian).

19. Khan IJ, Ihsanullah G and Khatak IA (2007) Effect of wild oats (*Avena fatua*) densities and proportions on yield and yield components of wheat. Journal of Agricaltural and Biological Sciences. 1: 26-31.

20. Kim DS, Marshall EJP, Brain P and Caseley JC (2011) Effects of crop canopy structure on herbicide deposition and performance. Weed Research. 51: 310-320.

21. Kristensen L, Olsen J and Winer J (2008) Crop density, sowing pattern, and nitrogen fertilization effects on weed suppression and yield in spring wheat. Weed Science. 56: 97-102.

22. Lindquist JL (2001) Mechanisms of crop loss due to weed competition. CRC Press. Pp. 233.

23. Mennan H (2003) Economic thresholds of wild mustard (*Sinapis arvensis*) in winter wheat field. Pakistan Journal of Agronomy. 2: 34-39.

24. Moradi Telavat MR, Siadat SA and Fathi G (2009) Effect of nitrogen and herbicide levels on wheat (*Triticum aestivum*) competition ability against wild mustard (*Sinapis arvensis*). Electronic Journal of Crop Production. 2: 135-150. (In Persian).

25. Moosavi H, Moradi-Telavat MR, Fathi G and Alamisaeid K (2008) Rice and barnyard grass

responses to herbicide and planting density in direct seeding in Ahwaz region. 10th Iranian Congrees in Agronomy and Plant Breeding, 24-26 Aug. Karaj. Iran. (In Persian).

26. O'Donovan JT (1984) Influence of various densities of green foxtail (*Setaria viridis*) on yield of barley, wheat and canola. Research Report of Expert Committee on Weeds Western Canada. 3: 248-250.

27. O'Donovan JT (1991) Quack grass (*Elytrigia repens*) interference in canola (*Brassica compestris*). Weed Science. 39: 397-401.

28. Odonovan JT, Harker KN, Clayton GW and Hall LM (2000) Wild oat (*Avena fatua*) interference in barley (*Hordum vulgare*) is influenced by barley variety and seeding rate. Weed Technology. 14: 624-629.

29. Olsen J, Kristensen L and Weiner J (2005) Effects of density and spatial pattern, of winter wheat on suppression of different weed species. Weed Science. 14: 690-694.

30. Pester TA, Westra P, Anderson RL, Lyon DL, Miller SD, Stahlman PW, Northam FE and Wicks GA (2000) *Secale cereale* interference and economic thresholds in winter *Triticum aestivum*. Weed Science. 48: 720-727.

31. Rahemi A, Galeshi S, Soltani A and Kamkar B (2010) Variation of nitrogen use efficiency, grain protein concentration and yield in wheat cultivars in temperate sub-humid. American–Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences. 9(1): 8-15.

32. Rastgoo M, Ghanbari A, Banayan M and Rahimiyan H (2005) Effects of amount and timing of nitrogen application and weed density on wild mustard (*Sinapis arvensis*) seed - production in winter wheat. Iranian Journal of Agronomy Research. 3(1): 45-56. (in Persian).

33. Saadatian B, Ahmadvand G and Soleymani F (2011) Evaluation empirical models of feral rye and wild mustard to predict yield loss of two winter wheat cultivars. Iranian Journal of Agronomy Research. 4(4): 157-175. (in Persian).

34. Safahani Langrodi AS, Kamkar B, Zand E and Baghestani MA (2008) Evaluation of ability tolerance competition of canola cultivars to wild mustard (*Sinapis arvensis*) using some empirical models in Golestan province. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources. 15(5): 101-111. (In Persian).

35. Watson PR, Derksen DA, Van Acker RC and Blrvine MC (2002) The contribution of seed, seedling, and mature plant traits to barley cultivar competitiveness against weeds. In: Proceedings of the National Meeting. Canadian Weed Science Society. Pp. 49-57.

36. Warwick SI, Beckie HJ, Thomas AG and Mcdonald T (2005) The biology of Canadian Weeds. 8. *Sinapis arvensis* L. (updated). Canadian Journal of Plant Science. 55: 171-18.

37. Van Acker RC, Weise SF and Swanton CJ (1993) Influence of interference from a mixed weed species stand on soybean (*Glycine max* L. Merr.) growth. Canadian Journal of Plant Science. 73: 1293-1304.

38. Zand E and Beckie HJ (2002) Competitive ability of hybrid and open pollinated canola (*Brassica napus*) with wild oat (*Avena fatua*). Canadian Journal of Plant Science. 82: 473-480.

39. Zimdahl R (2004) Weed crop competition, a review. A review Corvallis, OR: Int. Plant Protection Center. Oregon State University.