

## Interference and niche differentiation between wheat and Japanese brome

Mansour Sarani<sup>1</sup>, Salman Rahimi<sup>2\*</sup>, Mohammad Ali Baghestani Meybodi<sup>3</sup>

1. Plant Protection Research Department, Sistan Agricultural and Natural Resource Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Zabol, Iran, 2. Department of Agrotechnology, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, 3. Weed Research Institute, Iranian Research Institute of Plant Protection, Tehran, Iran.

(Received: January 25, 2023 - Accepted: June 5, 2023)

### ABSTRACT

Japanese brome (*Bromus japonicus* Thumb.) is known as the most important grass weed in the wheat fields of Sistan & Baloochestan. Using an additive series design we conducted field experiment over 2008-09 and 2009-10 growing seasons at Zahak, Zabol to characterize interference between wheat and Japanese brome. Wheat densities were considered at five levels of zero, 350, 400, 450, and 500 plants per m<sup>2</sup> and Japanese brome at four levels of zero, 100, 200, and 300 plants per m<sup>2</sup>. Here, we estimated the intraspecies and interspecies competition coefficients, relative competitive ability and niche differentiation. For both years of experiment and in both stages of tillering and physiological maturation of wheat, the intraspecies competition coefficient of wheat ( $B_{ww}$ ) was negative and the interspecies competition coefficient ( $B_{wb}$ ) between wheat and Japanese brome was positive. The relative competitive ability of wheat ( $ARC_w$ ) showed that each Japanese brome plant was able to have a negative effect on the dry weight of a wheat plant equal to 2.5 wheat plants. The coefficient  $ARC_b$  showed that the competitive potential of each wheat plant in the tillering stage was 9.5 and 3.3 times more than a Japanese bromus plant in the first and second years of the experiment, respectively. In the interference of wheat and Japanese brome, wheat had a higher competitiveness, especially at the tillering stage. No niche differentiation observed between wheat and Japanese brome and their ecological niche strongly overlapped, which it was more at the tillering stage.

**Key words:** Density, Individual-plant weight, Relative competitive ability.

### تداخل و تمایز آشیانه اکولوژیک بین گندم و علف پشمکی ژاپنی

منصور سارانی<sup>۱\*</sup>، سلمان رحیمی<sup>۲</sup>، محمدعلی باغستانی میبیدی<sup>۳</sup>

۱- استادیار بخش تحقیقات گیاهپزشکی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی سیستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی،

زابل، ایران ۲- دانشجوی دکتری علوم علف‌های هرز، گروه آگروتکنولوژی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

۳- استاد بخش تحقیقات علف‌های هرز، موسسه تحقیقات گیاهپزشکی ایران، تهران، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۵ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۳/۱۵)

### چکیده

بروموس ژاپنی (*Bromus japonicus* Thumb.) به عنوان مهم‌ترین علف هرز در مزارع گندم سیستان و بلوچستان حضور دارد. به منظور بررسی برهمکنش‌های رقابتی بین گندم و بروموس ژاپنی، آزمایش مزرعه‌ای بر اساس اصول سری‌های افزایشی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو سال زراعی ۱۳۸۷-۸۸ و ۱۳۸۸-۸۹ اجرا شد. تراکم گندم در پنج سطح صفر، ۳۵۰، ۴۰۰، ۴۵۰ و ۵۰۰ بوته در متر مربع و تراکم بروموس ژاپنی در چهار سطح صفر، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ بوته در متر مربع در نظر گرفته شد. در اینجا ضرایب رقابت درون‌گونه‌ای و بین‌گونه‌ای تداخل گندم-بروموس ژاپنی، توانایی رقابتی نسبی و تمایز آشیانه اکولوژیک برآورد شدند. در هر دو سال در مرحله پنجه‌زنی و رسیدگی فیزیولوژیک، ضریب رقابت درون‌گونه‌ای گندم منفی (تأثیر مثبت بر وزن تک‌بوته) و ضریب رقابت بین گونه‌ای گندم با بروموس ژاپنی مثبت (تأثیر منفی بر وزن تک‌بوته) بود. توانایی رقابت نسبی گندم نشان داد که هر بوته بروموس ژاپنی توانست بطور متوسط برابر ۲/۵ بوته گندم تأثیر منفی بر وزن خشک تک‌بوته گندم داشته باشد. همچنین توانایی رقابت نسبی بروموس ژاپنی نشان داد که پتانسیل رقابتی هر بوته گندم در مرحله پنجه‌زنی ۹/۵ و ۳/۳ برابر بوته بروموس ژاپنی به ترتیب در سال اول و دوم آزمایش بود. به‌طور کلی در تداخل گندم و بروموس ژاپنی، گندم از توانایی رقابتی بالاتری خصوصاً تا مرحله پنجه‌زنی برخوردار بود. همچنین هیچگونه تمایز آشیانه اکولوژیک بین گندم و بروموس ژاپنی وجود نداشت و شدت همپوشانی آن در مرحله پنجه‌زنی بیشتر بود.

**کلمات کلیدی:** تراکم، توانایی رقابتی نسبی، وزن تک‌بوته.

\* Corresponding author: m.sarani@areeo.ac.ir

## مقدمه

بروموس ژاپنی (*Bromus japonicus* Thunb.) گونه‌ای است یک‌ساله زمستانه از خانواده گندمیان (Poaceae) که توزیع وسیعی در مناطق مدیترانه‌ای و جنوب غربی آسیا دارد و به عنوان یک گونه مهاجم به قسمت‌های وسیعی از آسیای مرکزی، استرالیا و آمریکا وارد شده است (Oja et al., 2003). این گونه برای اولین بار در سال ۱۳۶۹ به عنوان یکی از مهم‌ترین علف‌های هرز باریک‌برگ مزارع گندم در استان سیستان و بلوچستان شناسایی و اکنون به عنوان سمج‌ترین علف هرز در سطح مزارع گندم استان حضور دارد (Adim et al., 2010). عوامل مختلفی از جمله انتقال بذور این علف هرز از مزارع آلوده کشور افغانستان توسط رودخانه هیرمند، کشت مداوم گندم و عدم رعایت تناوب زراعی، نامطلوب بودن طرز تهیه بستر بذر، پایین بودن تراکم کاشت و عدم توزیع یکنواخت بوته‌های گندم در سطح، تولید و ریزش بذور بروموس ژاپنی قبل از رسیدگی گندم، توانایی رقابتی پایین ارقام جدید گندم و همچنین عدم استفاده کشاورزان از علف‌کش‌های مؤثر برای کنترل شیمیایی باعث گسترش این علف هرز در سطح منطقه شده است (Sarani, 2005; Adim et al., 2010).

در مزارع گندم استان سیستان و بلوچستان، میزان کاهش عملکرد ناشی از رقابت با بروموس ژاپنی بسته به شدت آلودگی ۵۰-۱۰ درصد برآورد شده است (Sarani, 2005) که گاهی به بیش از ۵۰ درصد در تراکم‌های بالاتر از ۴۰۰ بوته در متر مربع رسیده است (Basiri et al., 2016). این علف هرز به دلیل داشتن ارتفاع بیش از ۱۲۰ سانتیمتر، می‌تواند به عنوان یک رقابت‌کننده قوی به‌خصوص در ارقام جدید گندم که پاکوتاه و یا نیمه‌پاکوتاه هستند، مطرح باشد

(Sarani et al., 2011). بنابراین پویایی رقابت گندم می‌تواند نقش مهمی در سرکوب این علف هرز در مزارع گندم داشته باشد (Basiri et al., 2016; Sarani et al., 2017).

دونالد (Donald, 1968) برای اولین بار از اصطلاح ideotype در اصلاح گیاهان زراعی استفاده کرد و بیان داشت که یک تیپ ایده‌آل موفق زراعی یک رقابت‌کننده ضعیف خواهد شد، اما بعدها کارایی جمعیت را در مقابل کارایی فرد با اصطلاح communal plant مطرح کرد که در آن تاکید کرد که یک گیاه مشاع ویژگی‌هایی مطابق با موفقیت جمعیت در مقابل موفقیت فرد دارد (Donald, 1981). همچنین تاکید شده است که در اکوسیستم‌های کشاورزی، اهمیت انتخاب گروهی<sup>۱</sup> در مقابل انتخاب فردی<sup>۲</sup> نسبت به اکوسیستم‌های طبیعی بیشتر است (Weiner, 2003). بنابراین، صفات موثر بر توانایی رقابت گندم با علف‌های هرز که عبارت است از ارتفاع تاج‌پوش، سطح برگ در انتهای مرحله پنجه-زنی، شاخص سطح برگ، سرعت رشد نسبی سطح برگ و ارتفاعی که حداکثر سطح برگ در آن قرار دارد (Zand et al., 2005; Sarani et al., 2011) در قالب یک جمعیت و نه یک فرد اهمیت پیدا خواهند کرد. روش‌های مبتنی بر تقویت توانایی رقابت گیاه زراعی با نقش مستقیم گیاه زراعی به‌عنوان پایدارترین روش‌های مدیریت علف‌های هرز مطرح می‌باشند (Van der Meulen & Chauhan, 2016; Sardana et al., 2017). در گندم و بسیاری از گیاهان زراعی، تراکم کاشت به عنوان بدیهی‌ترین عامل زراعی می‌تواند رقابت‌پذیری گیاه زراعی را در برابر علف‌های هرز تحت تأثیر قرار دهد (Blackshaw et al., 2007; Kolb & Gallandt, 2012).

گندم و جو هر دو در مراحل رشد رویشی بر یولاف وحشی (*Avena fatua* L.) غالب هستند، اما در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک یولاف وحشی از قدرت رقابتی بیشتری نسبت به هر دوی آنها برخوردار بود. این واژگونی سلسله رقابتی در طول دوره رشد بین علف-های هرز و غلات دانه ریز که هم رشد ارتفاع و هم تولید برگ در آنها متوقف می‌شود قابل مشاهده است (Cousense *et al.*, 2003) و رشد ارتفاع برای یولاف وحشی مدت طولانی‌تری نسبت به گندم و جو ادامه می‌یابد (Cousense *et al.*, 1992). سارانی (Sarani, 2018) نیز نشان داد که بروموس ژاپنی نسبت به ارقام مختلف گندم به درجه-روز رشد بیشتری جهت تکمیل دوره رشد خود از ابتدای سبز شدن تا پایان پنجه-زنی نیاز دارد؛ اما از ابتدای ساقه رفتن تا رسیدگی کامل نیاز حرارتی کمتری دارد و پیش از گندم رسیدگی دانه خود را کامل می‌کند. بنابراین هدف از این پژوهش (۱) بررسی برهمکنش‌های رقابتی بین گندم و بروموس ژاپنی در مراحل مختلف فنولوژیکی گندم با استفاده از رهیافت سری‌های افزایشی و (۲) بررسی افت عملکرد دانه گندم تحت تأثیر تداخل با بروموس ژاپنی در تراکم‌های مختلف از هر دو آنها بود.

### مواد و روش‌ها

آزمایش در دو سال زراعی ۱۳۸۷-۸۸ و ۱۳۸۸-۸۹ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی زهک-مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی سیستان و بلوچستان (با طول شرقی ۶۱ درجه و ۴۱ دقیقه و عرض شمالی ۳۰ درجه و ۵۴ دقیقه با ارتفاع ۴۸۳ متر از سطح دریا) انجام شد. اطلاعات هواشناسی هر دو سال زراعی از ایستگاه هواشناسی کشاورزی زهک تهیه شدند. میزان بارندگی در طول دوره آزمایش برای سال زراعی ۱۳۸۷-۸۸ و ۱۳۸۸-۸۹ به ترتیب برابر ۵۳/۳ و ۲۷ میلیمتر بود.

افزایش تراکم بوته در غلات بدون اینکه کاهش در عملکرد آنها مشاهده شود، سرکوب موثر علف‌های هرز را در پی خواهد داشت (Weiner *et al.*, 2010). افزایش تراکم گندم سرکوب بسیاری از علف‌های هرز را به همراه خواهد داشت و در مقایسه بین دو فاکتور تراکم کاشت و رقم، تراکم کاشت تأثیر بیشتری جهت افزایش کارایی در سرکوب علف‌های هرز داشته است (Korres & Froud-Williams, 2002; Oleson *et al.*, 2005). همچنین با توجه به نگرانی‌های زیست‌محیطی و افزایش هزینه‌های زراعی در پی استفاده از علف‌کش‌ها، تعدیل و سرکوب علف‌های هرز با تکیه بر توانایی رقابت گیاه زراعی می‌تواند به عنوان یک گزینه پایدار در مدیریت علف‌های هرز منجر به کاهش مصرف علف‌کش‌ها شود (Sardana *et al.*, 2017). با افزایش میزان بذر مصرفی در هکتار و به دنبال آن افزایش توان رقابتی گیاه زراعی، کارایی دیگر روش‌های مدیریت علف‌های هرز به-خصوص علف‌کش‌ها حتی در دزهای پائین‌تر از دز توصیه‌شده افزایش می‌یابد (O'Donovan *et al.*, 2001; Walker *et al.*, 2002; Redlik *et al.*, 2017).

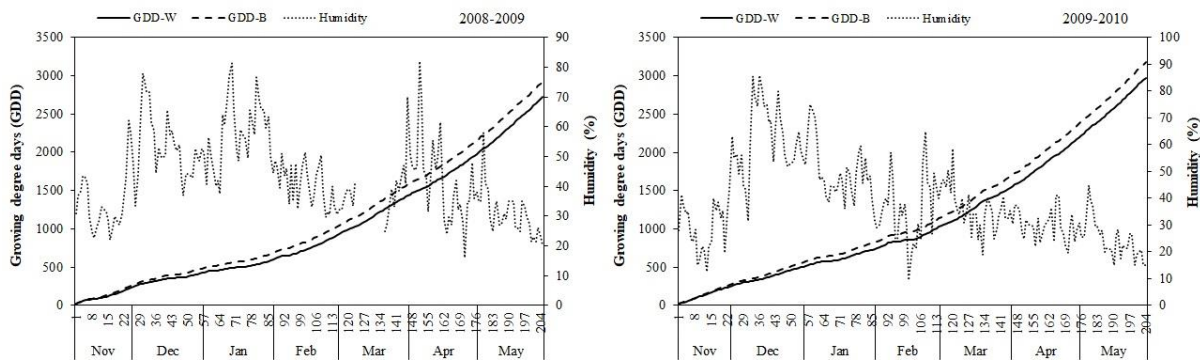
جهت بررسی و کمی‌سازی تداخل بین گیاه زراعی و علف‌های هرز، رهیافت سری‌های افزایشی<sup>۱</sup> ارتباط نزدیک‌تری با شرایط اکوسیستم‌های زراعی دارد. در این رهیافت تراکم و نسبت گونه‌ها به صورت سیستماتیک تغییر می‌کند و برآورد و تفسیر ضرایب رقابتی، نسبت رقابت و تمایز آشیانه اکولوژیک را ساده‌تر و واقعی‌تر امکان‌پذیر می‌کند (Spitters, 1983; Radosevich *et al.*, 1997). با این وجود بجز تراکم بوته، تداخل بین گیاه زراعی و علف هرز تحت تأثیر مرحله فنولوژیکی آنها و دسترسی به منابع بسیار پویا می‌باشد (Radosevich *et al.*, 1997). کوزنس و همکاران (Cousense *et al.*, 1991) نشان دادند که

مقادیر دمای پایه در معادله (۱) برای گندم ۴ و برای بروموس ژاپنی ۳ درجه سلسیوس در نظر گرفته شدند (Basiri et al., 2016).

معادله (۱)

$$GDD = \sum_{i=1}^n \left( \frac{T_{max} + T_{min}}{2} - T_{base} \right)$$

تغییرات در درصد رطوبت نسبی در طول دوره رشد گندم در شکل (۱) نشان داده شده است. همچنین با استفاده از درجه حرارت بیشینه و کمینه روزانه مقادیر درجه روز رشد (GDD) از روز کاشت تا رسیدگی (n) برای هر دو گونه گندم و بروموس ژاپنی محاسبه شد که تغییرات آنها در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل ۱- تغییرات درجه روز رشد برای گندم و بروموس ژاپنی و رطوبت نسبی در مزرعه تحقیقاتی برای دو سال آزمایشی ۸۸-۱۳۸۸ و ۸۹-۱۳۸۷.

Figure 1. Changes of growing degree days for wheat and Japanese brome and relative humidity at the experiment filed for 2008-2009 and 2009-2010 seasons.

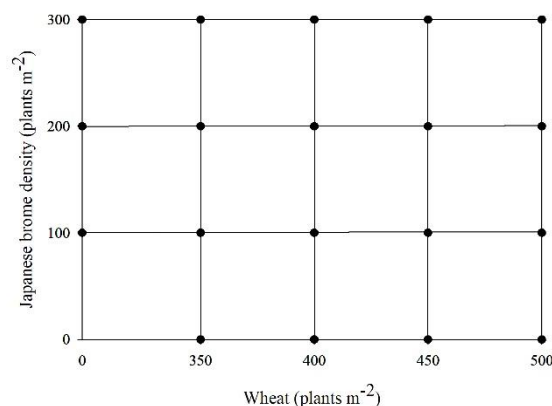
غلات با فاصله ردیف ۲۰ سانتیمتر انجام شد. همزمان بذرهای بروموس ژاپنی جهت ایجاد تراکم یکنواخت با استفاده از این دستگاه در فاصله بین ردیف‌های گندم کشت شدند. ابعاد کرت آزمایشی ۳×۶ متر بود.

خاک لومی-رسی مزرعه آزمایشی حاوی ۰/۵ درصد کربن آلی، ۳/۴ میلی‌گرم نیتروژن، ۷/۸ میلی‌گرم فسفر و ۲۰۲ میلی‌گرم پتاسیم قابل جذب در کیلوگرم خاک بود. کود نیتروژن در شکل اوره ۴۶ درصد به مقدار ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار در سه مرحله به نسبت برابر (همزمان با خردکردن کلوخه‌ها به وسیله دیسک، مرحله پنجه‌زنی و مرحله ساقه‌رفتن گندم) و کود فسفر در شکل سوپر-فسفات تریپل ۴۶ درصد به مقدار ۷۵ کیلوگرم و کود پتاس در شکل سولفات دوپتاس به مقدار ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار همزمان با خردکردن کلوخه‌ها به وسیله دیسک به کار برده شد. جهت کنترل علف‌های هرز پهن‌برگ، یک مرتبه از علف‌کش 2,4-D+MCPA (با نام تجاری

آزمایش بر اساس اصول سری‌های افزایشی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار طراحی و اجرا شد (شکل ۲). تراکم گندم در پنج سطح شامل تراکم‌های صفر، ۳۵۰، ۴۰۰، ۴۵۰ و ۵۰۰ بوته در متر مربع و تراکم بروموس ژاپنی در چهار سطح صفر، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ بوته در متر مربع به صورت فاکتوریل در داخل بلوک‌ها آرایش یافتند. رقم هامون برای کاشت گندم انتخاب شد. بذرهای رسیده از بوته‌های بروموس ژاپنی دقیقاً از ایستگاه تحقیقات کشاورزی زهک در سال زراعی پیش از آزمایش (۸۷-۱۳۸۶) جمع‌آوری شدند و تا زمان کاشت در دمای محیط آزاد قرار داده شدند. پس از آماده‌سازی زمین در مهرماه هر سال (شامل یک مرتبه شخم برگردان‌دار، دو مرتبه دیسک تاندوم عمود برهم و ماله‌کشی)، کاشت گندم برای سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ و ۸۹-۱۳۸۸ به ترتیب در ۱۸ و ۲۱ آبان‌ماه انجام شد. با استفاده از بذرکار

تصادفی در هر کرت انجام شد. در هر نوبت از نمونه برداری، دقت شد که حداقل ۵۰ درصد جمعیت مزرعه وارد مرحله فنولوژیکی مورد نظر شده باشند که برای سال دوم هشت روز زوتر این اتفاق افتاد. پس از کف‌بر کردن تمام بوته‌های گندم و بروموس ژاپنی موجود در کادر، نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آن درجه حرارت ۷۰ درجه سلسیوس خشک و سپس توزین شدند. در اوایل خردادماه عملکرد دانه گندم در هکتار با برداشت از سطح یک متر مربعی از هر کرت، با حذف نیم متر اثر حاشیه‌ای از هر کرت، تخمین زده شد.

یو۶-کمبی‌فلوئید (SL 67.5%) به مقدار دو لیتر در هکتار از ماده تجاری در مرحله پنجه‌زنی گندم استفاده شد. کرت‌هایی که تراکم بروموس ژاپنی آنها صفر در نظر گرفته شده بودند تا پیش از پنجه‌زنی گندم به صورت هفتگی بازدید و در صورت احتمال وجود بوته‌هایی از این علف هرز، سریعاً از خاک خارج می‌شدند. در طول آزمایش هیچگونه عملیاتی علیه آفات و بیماری‌های انجام نپذیرفت. نمونه‌برداری‌های جهت محاسبه وزن خشک در دو مرحله پنجه‌زنی و رسیدگی فیزیولوژیک گندم با قرار دادن دو کادر با ابعاد ۲۰×۶۰ سانتیمتر به صورت



شکل ۲- ترکیب‌های تراکم از گندم و بروموس ژاپنی به صورت سری‌های افزایشی یا طرح فاکتوریل.

Figure 2. Density combinations of wheat and Japanese brome in the additive series or the factorial design.

معکوس حداکثر وزن تک‌بوته گندم و بروموس ژاپنی در شرایط عدم رقابت،  $B_{ww}$  ضریب رقابت درون‌گونه-ای گندم،  $B_{wb}$  ضریب رقابت بین گونه‌ای گندم و بروموس ژاپنی،  $B_{bb}$  ضریب رقابت درون‌گونه‌ای بروموس ژاپنی،  $B_{bw}$  ضریب رقابت بین گونه‌ای بروموس ژاپنی و گندم و  $N_w$  و  $N_b$  به ترتیب تراکم گندم و بروموس می‌باشند. برای ضرایب رقابت درون‌گونه‌ای و بین گونه‌ای که طبق معادله‌های (۲) و (۳) برآورد خواهد شد، علامت منفی نشان‌دهنده تداخل مثبت و

جهت برآورد ضرایب رقابت درون‌گونه‌ای و بین گونه‌ای رابطه گندم-بروموس ژاپنی، از مدل عکس وزن تک‌بوته<sup>۱</sup> استفاده شد (Spitters, 1983):

معادله (۲)

$$\frac{1}{W_w} = \frac{1}{W_{w0}} + B_{ww}N_w + B_{wb}N_b$$

معادله (۳)

$$\frac{1}{W_b} = \frac{1}{W_{b0}} + B_{bb}N_b + B_{bw}N_w$$

در این معادلات  $\frac{1}{W_w}$  و  $\frac{1}{W_b}$  به ترتیب معکوس وزن تک‌بوته گندم و بروموس ژاپنی،  $\frac{1}{W_{w0}}$  و  $\frac{1}{W_{b0}}$  به ترتیب

1. The reciprocal of individual-plant weight

معادله (۷)

$$LRC_w = L\beta_{ww} - L\beta_{wb}$$

معادله (۸)

$$LRC_b = L\beta_{bb} - L\beta_{bw}$$

معادله (۹)

$$LND = LRC_w + LRC_b$$

در معادله‌های بالا، مقادیر  $L\beta$  نشان‌دهنده لگاریتم ضرایب استانداردسازی شده،  $LRC$  نشان‌دهنده لگاریتم توانایی رقابتی نسبی و  $LND$  نشان‌دهنده لگاریتم تمایز آشیانه اکولوژیک می‌باشد. برای به دست آوردن مقادیر واقعی توانایی رقابتی نسبی و تمایز آشیانه اکولوژیک، از مقادیر به دست آمده از معادله‌های (۷)، (۸) و (۹) آنتی لگاریتم گرفته شد.

معادله (۱۰)

$$Ax = -1 \times 10^{|Lx|}; \quad Lx \leq -1$$

$$Ax = 0; \quad Lx = 0$$

$$Ax = 10^{|Lx|}; \quad Lx \geq 1$$

در معادله (۱۰) مقادیر  $Lx$  همان مقادیر  $LRC$  و  $LND$  می‌باشند. درصد افت عملکرد دانه گندم با استفاده از معادله (۱۱) محاسبه شد (Cousens, 1985).

معادله (۱۱)

$$YL = \frac{Y_C - Y_W}{Y_C} \times 100$$

که در این معادله  $YL$  درصد افت عملکرد دانه،  $Y_C$  عملکرد دانه در تیمار بدون حضور بروموس ژاپنی، و  $Y_W$  عملکرد دانه برای تیمار با حضور بروموس ژاپنی می‌باشد. تغییرات افت عملکرد دانه گندم نسبت به تغییرات در تراکم بروموس ژاپنی با استفاده از مدل هذلولی قائم دو پارامتره بررسی شد.

معادله (۱۲)

$$YL = \frac{a \times D}{b + D}$$

در این معادله  $YL$  درصد افت عملکرد دانه،  $D$  تراکم بروموس ژاپنی،  $a$  بیشینه افت عملکرد زمانی که تراکم

علامت مثبت نشان‌دهنده تداخل منفی می‌باشد. بنابراین هر چه مقدار ضریب منفی بزرگتر باشد، تأثیر آن بر وزن خشک تک‌بوته مثبت‌تر خواهد بود و هر چه مقدار ضریب مثبت بزرگتر باشد، تأثیر آن بر وزن خشک تک‌بوته منفی‌تر خواهد بود.

توانایی رقابتی نسبی<sup>۱</sup> ( $RC$ ) و تمایز آشیانه اکولوژیک<sup>۲</sup> ( $ND$ ) به ترتیب با استفاده از معادله (۴) و معادله (۵) برآورد شد (Spitters, 1983).

معادله (۴)

$$RC_w = \frac{B_{ww}}{B_{wb}}; \quad RC_b = \frac{B_{bb}}{B_{bw}}$$

معادله (۵)

$$ND = RC_w \times RC_b$$

هنگامی که یکی از ضرایب یا بیشتر در معادلات (۲) و (۳) منفی باشد و یا معنادار نشود، برآورد توانایی رقابتی نسبی و تمایز آشیانه اکولوژیک توسط آنها اشتباه خواهد بود؛ به دلیل اینکه مقادیر برآورد شده و مثبت یا منفی بودن آنها در معادلات (۴) و (۵) واقعی نیست. جهت اجتناب از خطای روش اسپیترز (Spitters, 1983) در برآورد این دو شاخص، آنها با استفاده از روش لگاریتم مطلق کارپینلی (Carpinelli, 2005) برآورد شدند. به دلیل اینکه مقادیر لگاریتم بین صفر و یک منفی است، در ابتدا مقادیر ضرایب  $B_{ww}$ ،  $B_{bb}$  و  $B_{wb}$  و  $B_{bw}$  استانداردسازی شد. به این صورت که همه بر کوچکترین ضریب به دست آمده، بدون در نظر گرفتن علامت مثبت یا منفی آن، تقسیم شدند. سپس با استفاده از مقادیر به دست آمده و طبق معادله‌های زیر، شاخص‌های توانایی رقابتی نسبی و تمایز آشیانه اکولوژیک برآورد شدند (Carpinelli, 2005).

معادله (۶)

$$L\beta = (-1 \times \log|\beta|) - 1; \quad \beta \leq -1$$

$$L\beta = 0; \quad \beta = 0$$

$$L\beta = (\log\beta) + 1; \quad \beta \geq 1$$

از مدل هذلولی قائم دو پارامتره در محیط نرم‌افزار SigmaPlot 12.5 بررسی و شکل‌ها ترسیم شد.

### نتایج و بحث

برای هر دو سال آزمایش و در هر دو مرحله پنجه‌زنی و رسیدگی فیزیولوژیک گندم، ضریب رقابت دورن-گونه‌ای گندم ( $B_{ww}$ ) منفی و ضریب رقابت بین گونه‌ای گندم با بروموس ژاپنی ( $B_{wb}$ ) مثبت بود که نشان می‌دهد بوته‌های گندم بر اساس اصل تولید تسهیلی<sup>۱</sup>، در کنار یکدیگر محیط را برای بهتر استفاده کردن از منابع تغییر می‌دهند؛ اما بوته‌های بروموس ژاپنی بر اساس اصل تولید رقابتی<sup>۲</sup>، با تأثیر منفی در محیط به علت رقابت با گندم برای جذب منابع، موجب تأثیر منفی در رشد گندم شدند (جدول ۱). بزرگی مقادیر ضرایب نیز نشان داد که شدت رقابت درون‌گونه‌ای گندم و بین گونه‌ای گندم با بروموس ژاپنی در مرحله پنجه‌زنی گندم بیشتر از مرحله رسیدگی فیزیولوژیک بود. همچنین در هر دو مرحله فنولوژیکی گندم، ضریب توانایی رقابتی نسبی ( $RC_w$ ) کوچکتر از یک بود که تأثیر بیشتر رقابت بین گونه‌ای گندم با بروموس ژاپنی را نسبت به رقابت درون‌گونه‌ای گندم در تخمین وزن خشک گندم نشان داد. ضریب  $ARC_w$  به‌خوبی وضعیت تداخل گندم-بروموس ژاپنی را نشان داد. در هر دو سال آزمایش رقابت بین گونه‌ای قوی‌تر (علامت منفی) که بسته به مرحله فنولوژیکی گندم،  $1/86$  تا  $2/76$  برابر بود (جدول ۱). بنابراین، به‌طور متوسط هر یک بوته بروموس ژاپنی توانسته است برابر  $2/5$  بوته گندم تأثیر منفی بر وزن خشک تک‌بوته گندم داشته است (جدول ۱).

بروموس ژاپنی به سمت بی‌نهایت میل می‌کند و  $b$  تراکمی از بروموس ژاپنی که افت عملکرد گندم را به نصف بیشینه آن ( $\frac{a}{2}$ ) می‌رساند. با توجه به آزمایش‌های تجربی گذشته که روی محاسبه و تخمین حداکثر افت عملکرد گندم (رقم هامون و دیگر ارقام) در منطقه سیستان و بلوچستان تحت تأثیر رقابت با بروموس ژاپنی مطالعه کرده‌اند و همچنین مشاهدات تجربی نویسنده اول، مقدار بیشینه افت عملکرد گندم در معادله (۱۲) روی مقادیر کمتر یا مساوی ۸۰ درصد محدود شد ( $a \leq 80$ )، به دلیل اینکه مقادیر افت عملکرد گندم تحت تأثیر رقابت با بروموس ژاپنی به‌تنهایی حتی در تراکم‌های بالاتر از ۴۰۰ بوته در متر مربع، به بیش از ۷۰ درصد نخواهد رسید (Sarani, 2005; Basiri et al., 2016).

نرمال‌بودن توزیع باقیمانده‌ها پیش از تجزیه رگرسیونی و نرمال‌بودن توزیع داده‌ها پیش از تجزیه واریانس با استفاده از آزمون Shapiro-Wilk مورد ارزیابی قرار گرفت. تجزیه واریانس عملکرد دانه گندم به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام پذیرفت. همگنی واریانس بین خطاهای آزمایشی دو سال با استفاده از آزمون F مورد ارزیابی قرار گرفت که معنی‌دار شد ( $p < 0.05$ ). بنابراین داده‌های عملکرد دو سال آزمایش به‌صورت جداگانه تجزیه شدند. تجزیه واریانس با استفاده از مدل‌های خطی تعمیم‌یافته در رویه Proc GLM و تجزیه رگرسیون چندگانه با استفاده از رویه Proc REG در محیط نرم-افزار SAS 9.4 انجام پذیرفت. مقایسه میانگین برهمکنش فاکتورهای آزمایشی با استفاده از روش مقایسه میانگین‌های حداقل مربعات<sup>۱</sup> انجام شد (Gbur, 2012). تغییرات افت عملکرد گندم با استفاده

3. Competitive production principle

1- Least-squares means

2. Facilitative production principle

جدول ۱- ضرایب رقابت درون گونه‌ای گندم و بین گونه‌ای بروموس ژاپنی با گندم و نسبت رقابت بر اساس معادله (۲) و (۱۰).  
 Table 1. Intraspecies and interspecies competition coefficients for wheat and wheat with Japanese brome and competition ratio based on equations (2) and (10).

Year	Wheat DS*	$W_{w0}$	$B_{ww}$	$B_{wb}$	$RC_w$	$R^2$	RMSE	$ARC_w$
2008-09	Tillering stage	0.98	$-0.43 \times 10^{-3}$	$1.19 \times 10^{-3}$	0.36	0.87	0.052	-2.76
	Ripening	0.60	$-0.37 \times 10^{-3}$	$0.85 \times 10^{-3}$	0.43	0.80	0.050	-2.30
2009-10	Tillering stage	1.16	$-0.71 \times 10^{-3}$	$1.32 \times 10^{-3}$	0.54	0.84	0.067	-1.86
	Ripening	0.60	$-0.36 \times 10^{-3}$	$0.85 \times 10^{-3}$	0.42	0.80	0.049	-2.35

\* Wheat development stage.

در جدول (۳) مقادیر بزرگتر از یک برای تمایز آشیانه اکولوژیک ( $ND$ ) و مقادیر مثبت برای لگاریتم تمایز آشیانه اکولوژیک ( $AND$ )، نشان می‌دهد که تمایز آشیانه اکولوژیک بین دو گونه در تداخل با یکدیگر وجود دارد و هر چه این مقدار بزرگتر باشد نشان‌دهنده تمایز بیشتر آشیانه اکولوژیک آنها می‌باشد و در این حالت کارایی بالاتری در استفاده از منابع وجود دارد. مقدار برابر یک برای  $ND$  و مقدار صفر برای  $AND$ ، نشان می‌دهد که آشیانه اکولوژیک دو گونه با یکدیگر همپوشانی کامل دارد. مقدار کمتر از یک برای  $ND$  و مقدار منفی برای  $AND$ ، نشان‌دهنده شدت همپوشانی آشیانه اکولوژیک دو گونه است. هر چه مقدار  $ND$  از یک کوچکتر و مقدار  $AND$  منفی‌تر باشد، شدت همپوشانی آشیانه اکولوژیک دو گونه بیشتر است. برای تداخل گندم-بروموس ژاپنی، در هر دو مرحله فنولوژیکی گندم و برای هر دو سال آزمایشی، مقدار تمایز آشیانه اکولوژیک کمتر از یک بود. بنابراین هیچگونه تمایز آشیانه اکولوژیک بین گندم و بروموس ژاپنی وجود ندارد، و آشیانه اکولوژیک آنها به شدت با یکدیگر همپوشانی دارد. همچنین مقادیر لگاریتم تمایز آشیانه اکولوژیک نشان داد که شدت تداخل آشیانه اکولوژیک در مرحله پنجه‌زنی گندم بیشتر بود.

رقابت درون‌گونه‌ای بروموس ژاپنی ( $B_{bb}$ ) بسته به مرحله فنولوژیکی گندم واکنش متفاوتی نشان داد (جدول ۲). در مرحله پنجه‌زنی ضریب آن نشان‌دهنده تأثیر مثبت بر وزن خشک تک‌بوته بروموس ژاپنی بود (در سال اول  $1.97 \times 10^{-3}$  و در سال دوم  $5.04 \times 10^{-3}$ ) اما در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک رقابت درون-گونه‌ای تأثیر منفی بر وزن خشک تک‌بوته بروموس ژاپنی داشت (در سال اول  $2.57 \times 10^{-3}$  و در سال دوم  $1.65 \times 10^{-3}$ ). رقابت بین گونه‌ای بروموس ژاپنی با گندم ( $B_{bw}$ ) در هر دو مرحله فنولوژیکی تأثیر منفی بر وزن خشک تک‌بوته بروموس ژاپنی داشته است که بزرگی این تأثیر در مرحله پنجه‌زنی حدود  $4/5$  برابر بیشتر از مرحله رسیدگی فیزیولوژیک گندم بود. ضریب توانایی رقابتی نسبی ( $RC_b$ ) در هر دو مرحله فنولوژیکی کمتر از یک بود، بنابراین شدت رقابت بین گونه‌ای بروموس ژاپنی با گندم از شدت رقابت درون‌گونه‌ای آن بالاتر بود. ضریب  $ARC_b$  نشان داد که پتانسیل رقابتی هر بوته گندم در مرحله پنجه‌زنی  $9/5$  و  $3/3$  برابر یک بوته بروموس ژاپنی به ترتیب در سال اول و دوم آزمایش بود، در صورتی که در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک پتانسیل رقابتی هر بوته گندم  $1/6$  و  $2/5$  برابر یک بوته بروموس ژاپنی به ترتیب در سال اول و دوم آزمایش بود (جدول ۲).



جدول ۲- ضرایب رقابت درون گونه‌ای بروموس ژاپنی و بین گونه‌ای بروموس ژاپنی با گندم و نسبت رقابت بر اساس معادله (۳) و (۱۰).

Table 2. Intraspecies and interspecies competition coefficients for Japanese brome and Japanese brome with wheat and competition ratio based on equations (3) and (10).

Year	Wheat DS*	$W_{b0}$	$B_{bb}$	$B_{bw}$	$RC_b$	$R^2$	RMSE	$ARC_b$
2008-09	Tillering stage	2.17	$-1.97 \times 10^{-3}$	$18.66 \times 10^{-3}$	0.10	0.76	1.91	-9.47
	Ripening	0.008	$2.57 \times 10^{-3}$	$4.11 \times 10^{-3}$	0.62	0.58	0.65	-1.60
2009-10	Tillering stage	2.79	$-5.54 \times 10^{-3}$	$18.08 \times 10^{-3}$	0.30	0.74	1.96	-3.26
	Ripening	0.17	$1.65 \times 10^{-3}$	$4.14 \times 10^{-3}$	0.40	0.57	0.66	-2.51

\* Wheat development stage.

جدول ۳- تمایز آشیانه اکولوژیک بین گندم و بروموس ژاپنی بر اساس معادله (۱۰).

Table 3. Niche differentiation between wheat and Japanese based on equation (10).

Year	Wheat DS*	ND	AND
2008-09	Tillering stage	0.04	-26.13
	Ripening	0.27	-3.68
2009-10	Tillering stage	0.16	-6.07
	Ripening	0.17	-5.90

\* Wheat development stage.

مراحل نزدیک به رسیدگی فیزیولوژیک گندم توانسته است از رقابت‌پذیری بالاتری در تداخل با گندم برخوردار شود.

معمولاً بروموس ژاپنی در شرایط آب و هوایی زایل، در اواسط آبان‌ماه با فاصله ۷-۳ روز پس از گندم سبز می‌شود و از اواسط اردیبهشت تا اوایل خرداد به مرحله بلوغ می‌رسد و معمولاً ۱۰-۷ روز پیش از گندم بذرهايش ریزش می‌کنند (Sarani, 2005; Sarani, 2018). با توجه به فاصله زمانی تکمیل مراحل فنولوژیکی این علف هرز نسبت به مراحل فنولوژیکی گندم پیداست که بروموس ژاپنی خود را برای فرار از رقابت با گندم در منطقه سیستان و بلوچستان منطبق ساخته است؛ چراکه نتایج هر دو سال نشان داد که گندم برتری رقابتی بالاتری نسبت به بروموس ژاپنی دارد. آرایش یکنواخت بوته‌های گندم در واحد سطح به عنوان یک عامل تعیین‌کننده می‌تواند، نقش افزایش تراکم را تحت تأثیر قرار دهد. همان‌طوری که یکی از

در مقایسه تداخل گندم-بروموس ژاپنی با تداخل بروموس ژاپنی-گندم می‌توان دریافت که شدت و تأثیر منفی رقابت بین گونه‌ای بر وزن خشک تک‌بوته بروموس ژاپنی بیشتر از گندم بود (به‌طور متوسط برای تیمارهای مختلف  $B_{bw} = 4/21 < B_{wb} = 2/31$ ). از طرفی برعکس گندم که در هر دو مرحله فنولوژیکی بر اساس اصل تولید تسهیلی با بوته‌های خودی در ارتباط است (جدول ۱)، بوته‌های بروموس ژاپنی در مرحله پنجه‌زنی با تأثیر مثبت بر وزن خشک تک‌بوته با یکدیگر در ارتباط هستند و در مراحل بالاتر از پنجه‌زنی اصل تولید رقابتی را در ارتباط با یکدیگر بروز می‌دهند که تأثیر منفی بر وزن خشک تک‌بوته آنها دارد (جدول ۲). با توجه به بالا بودن مقدار مثبت ضریب رقابت بین گونه‌ای بروموس و گندم ( $B_{bw}$ ) و بالا بودن مقدار منفی ضریب توانایی رقابتی نسبی ( $ARC_b$ )، به نظر می‌رسد که بروموس ژاپنی تا مرحله پنجه‌زنی گندم نمی‌تواند به عنوان یک رقیب قوی با گندم مطرح باشد؛ اما در

بوته بروموس ژاپنی در بوته در مربع، به طور متوسط برای دو سال آزمایشی، به ترتیب کاهش هفت، ۱۱/۶ و ۱۴/۲ درصدی در عملکرد دانه مشاهده شد. عملکرد دانه در تراکم گندم ۳۵۰ بوته در متر مربع برابر ۴۵۸۳ کیلوگرم در هکتار بود که با حضور ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ بوته بروموس ژاپنی در بوته در مربع، به طور متوسط برای دو سال آزمایشی، به ترتیب کاهش ۲۲/۶، ۳۸/۸ و ۴۷/۴ درصدی در عملکرد دانه مشاهده شد. برای تراکم‌های مختلف گندم، عملکرد گندم تحت تأثیر تراکم بروموس ژاپنی با نرخ‌های مختلفی تغییر کرده است و در هر دو سال آزمایشی نرخ کاهش عملکرد تحت تأثیر اضافه‌شدن هر بوته بروموس ژاپنی تفاوتی نشان نداد (شکل ۳، شیب خط؛ ضرایب متغیر x در معادله خطی). در تراکم ۵۰۰ بوته در متر مربع گندم، با اضافه‌شدن هر ۱۰ بوته بروموس ژاپنی در متر مربع حدود ۲۶ کیلوگرم در هکتار عملکرد گندم کاهش پیدا خواهد کرد و این نرخ کاهش برای تراکم ۴۵۰، ۴۰۰ و ۳۵۰ بوته در متر مربع گندم به ترتیب حدود ۶۵، ۷۳ و ۷۳ کیلوگرم در هکتار بود (شکل ۳). بنابراین تراکم ۵۰۰ بوته در متر مربع گندم نشان داد که پتانسیل بالایی در جبران خسارت ناشی از حضور بروموس ژاپنی دارد و در شرایطی که ابزار کنترلی دیگری در دسترس نباشد به تنهایی می‌تواند خسارت بروموس ژاپنی را به حداقل برساند؛ اما در تراکم‌های پایین‌تر از ۵۰۰ بوته در متر مربع گندم، استفاده از یک ابزار کنترل‌کننده نظیر علف-کش ضروری می‌باشد.

مهمترین عوامل گسترش و افزایش آلودگی بروموس ژاپنی در سطح مزارع، توزیع غیر یکنواخت بوته‌های گندم عنوان شده است (Sarani, 2005).

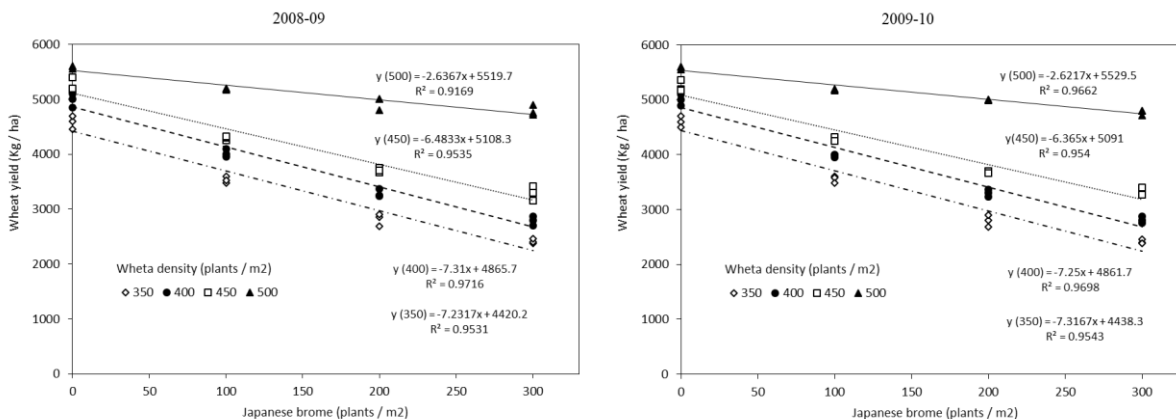
با این حال مشاهده شد که گندم در سال دوم پتانسیل رقابتی کمتری نسبت به سال اول در برابر بروموس ژاپنی داشته است. در زمان شروع پنجه‌زنی تا پیش از ساقه‌رفتن، بارندگی سال اول آزمایش حدود دو برابر زمان مشابه در سال دوم بود. در این شرایط بوته‌های گندم توانستند عملکرد بهتری در استفاده از منابع از خود نشان دهند. ارزیابی عملکرد گندم تحت تأثیر عوامل محیطی و مدیریتی مختلف نیز نشان داده است که بارندگی سال زراعی بیشترین تأثیر را چه بر عملکرد گندم و چه جمعیت علف‌های هرز می‌تواند داشته باشد (Gandía *et al.*, 2021). باید توجه داشت که این امر در رابطه با شرایط اقلیمی مختلف (از گرم و خشک تا سرد و مرطوب) و نیز پاسخ گونه‌های مختلف علف‌هرز (زمستانه و تابستانه) می‌تواند متفاوت باشد.

عملکرد دانه گندم در دو سال آزمایش به طور معنی‌داری تحت تأثیر تراکم گندم و بروموس ژاپنی و اثر متقابل آنها قرار گرفت (جدول ۴). در هر دو سال آزمایش، با افزایش تراکم گندم از ۳۵۰ به ۵۰۰ بوته در متر مربع، عملکرد دانه گندم به طور معنی‌داری و تا ۲۱ درصد افزایش یافت. همچنین با افزایش تراکم بروموس ژاپنی، عملکرد دانه گندم بین هفت تا ۴۷ درصد بسته به تراکم گندم کاهش نشان داد (شکل ۳). عملکرد دانه در تراکم ۵۰۰ بوته در متر مربع گندم برابر ۵۵۸۳ کیلوگرم در هکتار بود که با حضور ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰

جدول ۴- تجزیه واریانس عملکرد دانه تحت تأثیر تراکم گندم و بروموس ژاپنی در دو سال ۱۳۸۷-۸۸ و ۱۳۸۸-۸۹  
Table 4. Analysis of variance components for grain yield affected wheat and Japanese brome densities in the two experimental years, 2008-09 and 2009-10.

Source of variance	df	2008-09		2009-10	
		PTV†	P value	PTV	P value
Block	2	0.35	<.0001	0.19	<.0001
W density	3	46.34	<.0001	46.79	<.0001
B density	3	48.03	<.0001	47.74	<.0001
W density× B density	9	5.06	<.0001	5.18	<.0001
Error	30	0.22		0.10	
<b>Coefficient of variation</b>		1.40		0.92	

†Percentage of total explained variation. Bold numbers show significant effect.



شکل ۳- عملکرد دانه گندم برای تراکم‌های مختلف از آن تحت تأثیر تراکم بروموس ژاپنی در دو سال ۱۳۸۸-۸۹ و ۱۳۸۷-۸۸ (علائم داده‌های مشاهده‌شده و خطوط مقادیر برازش داده‌شده توسط معادله خطی را نشان می‌دهد).

Figure 3. Wheat yield loss for different wheat densities over the density of Japanese brome in the two experimental years, 2008-09 and 2009-10 (Symbols show observed data and lines are fitted values obtained from linear equation).

افزایش معنی‌داری نشان داد. در تراکم ۵۰۰ بوته در متر مربع، تخمین زده شد که درصد افت عملکرد دانه از ۳۳ درصد تجاوز نخواهد کرد و در تراکم متوسط ۳۵۰ بوته در متر مربع از بروموس ژاپنی، حدود ۱۶/۵ درصد در افت عملکرد دانه تخمین شد (جدول ۵).

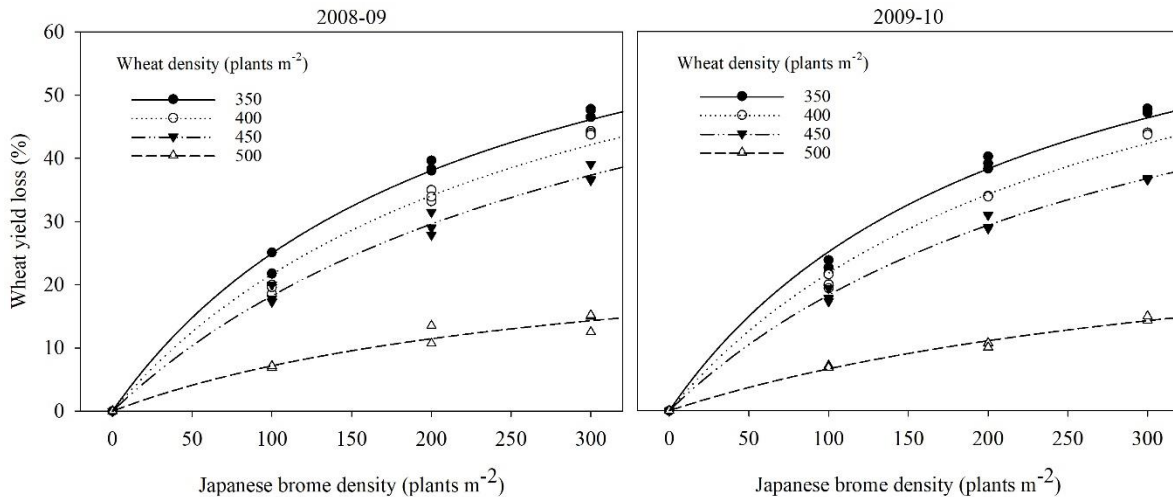
مدل هذلولی قائم دو پارامتره، برازش مناسبی برای داده‌های افت عملکرد دانه گندم نشان داد (شکل ۴، جدول ۶). در هر دو سال آزمایش، با افزایش تراکم گندم حداکثر افت عملکرد دانه (a) کاهش معنی‌دار نشان داد. همچنین تراکمی از بروموس ژاپنی که افت عملکرد گندم را به نصف بیشینه (b) می‌رساند نیز

جدول ۵- میانگین عملکرد دانه تحت تأثیر تراکم گندم و بروموس ژاپنی در دو سال ۱۳۸۸-۸۹ و ۱۳۸۷-۸۸.

Table 5. Mean of grain yield affected wheat and Japanese brome densities in the two experimental years, 2008-09 and 2009-10.

W density (plants m <sup>-2</sup> )	JB density (plants m <sup>-2</sup> )	2008-09	2009-10
350	0	4583 (126) <sup>c</sup>	4600 (100) <sup>e</sup>
	100	3533 (61) <sup>i</sup>	3553 (64) <sup>i</sup>
	200	2812 (113) <sup>k</sup>	2797 (105) <sup>k</sup>
	300	2413 (42) <sup>l</sup>	2413 (42) <sup>l</sup>
400	0	4983 (126) <sup>c</sup>	5000 (100) <sup>c</sup>
	100	4017 (76) <sup>g</sup>	3983 (29) <sup>g</sup>
	200	3287 (72) <sup>j</sup>	3303 (65) <sup>j</sup>
	300	2790 (85) <sup>k</sup>	2810 (56) <sup>k</sup>
450	0	5257 (125) <sup>b</sup>	5243 (102) <sup>b</sup>
	100	4290 (36) <sup>f</sup>	4290 (36) <sup>f</sup>
	200	3707 (40) <sup>h</sup>	3690 (17) <sup>h</sup>
	300	3290 (135) <sup>j</sup>	3322 (70) <sup>j</sup>
500	0	5583 (29) <sup>a</sup>	5583 (29) <sup>a</sup>
	100	5190 (17) <sup>b</sup>	5190 (17) <sup>b</sup>
	200	4933 (115) <sup>c</sup>	4998 (3) <sup>c</sup>
	300	4790 (96) <sup>d</sup>	4773 (46) <sup>d</sup>

In each year, different letters show significant difference among values (P<0.05). Values in parentheses are standard deviation.



شکل ۴- افت عملکرد دانه گندم برای تراکم‌های مختلف از آن تحت تأثیر تراکم‌های مختلف بروموس ژاپنی در دو سال ۸۸-۱۳۸۷ و ۸۹-۱۳۸۸ (علائم داده‌های مشاهده شده و خطوط مقادیر برازش داده شده توسط معادله (۱۲) را نشان می‌دهد).

Figure 4. Wheat yield loss for different wheat densities over different densities of Japanese brome in the two experimental years, 2008-09 and 2009-10 (Symbols show observed data and lines are fitted values obtained from Equation (12)).

همکاران، ۱۹۹۰). بروموس باعث کاهش عملکردی بین ۱۴ تا ۳۰ درصد در گندم شد. به طوری که بیشترین کاهش عملکرد در ارقام نیمه-پاکوتاه در مقایسه با ارقام پابلند مشاهده شد. ارقام پابلند در طول فصل رشد، سایه-اندازی بیشتری روی بروموس داشتند، اما ارقام نیمه-پاکوتاه اغلب به وسیله بروموس سایه-اندازی شدند (بلک-شاو، ۱۹۹۳). در منطقه سیستان، رقابت بروموس در تراکم ۱۰۰ بوته در متر مربع در مزارع گندم، بسته به رقم گندم عملکرد آن را بین ۲ تا ۲۰ درصد کاهش داد (سارانی و همکاران، ۱۳۸۴).

با توجه به نتایج مشاهده شده برای این تیمار (۱۴/۲ درصد کاهش عملکرد به ازای ۳۰۰ بوته در متر مربع از بروموس ژاپنی)، مدل تخمین مناسبی از افت عملکرد دانه به ازای افزایش تراکم بروموس ژاپنی نشان داده است. در تراکم‌های گندم پایین-تر از ۵۰۰ بوته در متر مربع، حداکثر افت عملکرد دانه بالاتر از ۵۰ درصد تخمین زده شد (جدول ۶).

تراکم ۱۳۲ بوته بروموس در هر متر مربع، عملکرد گندم زمستانه را تا ۴۰ درصد کاهش داد. همچنین تراکم ۵۴ تا ۵۳۸ بوته بروموس در متر مربع در شرق واشنگتن عملکرد گندم زمستانه را ۲۸ تا ۹۲ درصد کاهش داد (استاهالمن و

جدول ۶- پارامترها، ضرایب تبیین و جذر میانگین مربعات خطای رگرسیون مدل هذلولی قائم برازش داده شده به داده‌های افت عملکرد دانه گندم برای تراکم‌های مختلف گندم در دو سال ۸۸-۱۳۸۷ و ۸۹-۱۳۸۸.

Table 6. Parameters, root mean squared error (RMSE) and coefficients estimated for the hyperbolic model fitted to the yield loss of wheat for different wheat densities in the two experimental years, 2008-09 and 2009-10.

Year	W density (plants m <sup>-2</sup> )	a	b	RMSE	R <sup>2</sup>
2008-09	350	80 (6.6)	220 (36)	1.69	0.99
	400	80 (8.4)	269 (51)	1.69	0.99
	450	78.2 (7.8)	328 (55)	1.22	0.99
	500	28.4 (5.5)	297 (102)	0.99	0.97
2009-10	350	80 (6.5)	217 (35)	1.69	0.99
	400	80 (6.2)	267 (37)	1.26	0.99
	450	74.0 (4.3)	304 (30)	0.74	0.99
	500	33.3 (4.1)	403 (79)	0.49	0.99

Values in parenthesis show standard errors.

## نتیجه‌گیری کلی

نتایج آزمایش نشان داد که رقابت درون‌گونه‌ای گندم حتی با افزایش تراکم تا ۵۰۰ بوته در متر مربع، تأثیر منفی بر وزن خشک و عملکرد دانه گندم داشته است و شدت تأثیر منفی رقابت بین گونه‌ای بر وزن خشک تک‌بوته بروموس ژاپنی بیشتر از گندم بود. همچنین، هیچ‌گونه تمایز آشیانه اکولوژیک بین گندم و بروموس ژاپنی وجود نداشت و آشیانه اکولوژیک آنها

به‌شدت با یکدیگر همپوشانی داشت که شدت آن در مرحله پنجه‌زنی گندم بیشتر بود. در تداخل گندم و بروموس ژاپنی، گندم از توانایی رقابتی بالاتری خصوصاً تا مرحله پنجه‌زنی برخوردار بود. بنابراین انتخاب یک راهکار مدیریتی مضاف بر اتخاذ تراکم بوته بهینه، می‌تواند به‌خوبی جمعیت علف هرز بروموس ژاپنی را در مزارع گندم استان سیستان و بلوچستان کنترل کند.

## منابع

- Adim, H., Sarani, M. and Minbashi Moeini, M. 2010. Determining weed maps and population characteristics of irrigated wheat fields for Sistan and Baloochestan province. *Weed Res. J.* 2(1): 1-13. (In Persian).
- Basiri, M., Mousavi-Nik, S.M., Siahmarguee, A. and Sabbagh, S.K. 2016. Estimation of cardinal temperatures and thermal time requirement for *Bromus japonicas* seed germination. *Weed Res. J.* 8(1): 13-26. (In Persian).
- Basiri, M. 2016. The reaction of grain yield and yield components of wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties in competition with Japanese brome (*Bromus japonicus* Thunb.) in Sistan region. PhD Thesis. University of Zabol, Zabol, Iran. (In Persian).
- Basiri, M., Mousavi-Nik, S.M., Siahmarguee, A., Sabbagh, S.K. and Sarani, M. 2016. The reaction of grain yield and yield components of wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties in competition with Japanese brome (*Bromus japonicus* L.) in Sistan regione. *Cereal Res.* 5(4): 371-385. (In Persian).
- Blackshaw, R.E. 1993. Downy brome (*Bromus tectorum*) density and relative time of emergence affects interference in winter wheat (*Triticum aestivum*). *Weed Sci.* 41(4): 551-556.
- Blackshaw, R.E., Anderson, R.L. and Lemerle, D. 2007. Cultural weed management. In Upadhyaya, M.K. ed. Non-chemical weed management: Principles, concepts and technology. CAB International. p. 35-48.
- Carpinelli, M.F. 2005. The Absolute-Log method of quantifying relative competitive ability and niche differentiation. *Weed Technol.* 19(4): 972-978.
- Cousens, R. 1985. A simple model relating yield loss to weed density. *Annals of Appl. Bio.* 107: 239-252.
- Cousens, R., Weaver, S.E., Porter, J.R., Rooney, J.M., Butler, D.R. and Johnson, M.P. 1992. Growth and development of *Avena fatua* (Wild-oat) in the field. *Annals of Appl. Bio.* 120(2): 339-351.
- Cousens, R.D., Barnett, A.G. and Barry, G.C. 2003. Dynamics of competition between wheat and oat. *Agron. J.* 95(5): 1295-1304.
- Cousens, R.D., Weaver, S.E., Martin, T.D., Blair, A.M. and Wilson, J. 1991. Dynamics of competition between wild oats (*Avena fatua* L.) and winter cereals. *Weed Res.* 31(4): 203-210.
- Donald, C.M. 1968. The breeding of crop ideotypes. *Euphytica.* 17:385-403.
- Donald, C.M. 1981. Competitive plants, communal plants, and yields in wheat crops. In L. T. Evans, and W. J. Peacock, eds. *Wheat Science—Today and Tomorrow*. Cambridge University Press, Cambridge. p. 223-247.
- Gandía, M.L., Del Monte, J.P., Tenorio, J.L. and Santín-Montanyá, M.I. 2021. The influence of rainfall and tillage on wheat yield parameters and weed population in monoculture versus rotation systems. *Scientific Reports.* 11(1): 1-12.
- Gbur, E.E., Stroup, W.W., McCarter, K.S., Durham, S., Young, L.J., Christman, M., West, M. and Kramer, M. 2012. Generalized linear mixed models. In Gbur, E., Stroup, W., McCarter, K., Durham, L. and Young, M. (Eds). *Analysis of generalized linear mixed models in the agricultural and natural resources sciences*. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin. p. 109-184.
- Kolb, L. and Gallandt, E. 2012. Weed management in organic cereals: Advances and opportunities. *Organic Agric.* 2: 23-42.
- Korres, N.E. and Froud-Williams, R.J. 2002. Effects of winter wheat cultivars and seed rate on the biological characteristics of naturally occurring weed flora. *Weed Res.* 42(6): 417-428.
- O'Donovan, J.T., Harker, K.N., Clayton, G.W., Newman, J.C., Robinson, D. and Hall, L.M. 2001. Barley seeding rate influences the effects of variable herbicide rates on wild oat. *Weed Sci.* 49(6): 746-754.
- Oja, T., Jaaska, V. and Vislap, V. 2003. Breeding system, evolution and taxonomy of *Bromus arvensis*, *B. japonicus* and *B. squarrosus* (Poaceae). *Plant Sys. Evol.* 242(4): 101-117.
- Olsen, J., Kristensen, L. and Weiner, J. 2005. Effects of density and spatial pattern of winter wheat on suppression of different weed species. *Weed Sci.* 53(5): 690-694.

- Radosevich, S.R., Holt, J.S. and Ghersa, C. 1997. Weed ecology: Implications for management. John Wiley & Sons.
- Redlick, C., Duddu, H.S., Syrovoy, L.D., Willenborg, C.J., Johnson, E.N. and Shirtliffe, S.J. 2017. Effect of seeding rate on dose response of wild mustard (*Sinapis arvensis*) to fluthiacet-methyl. Weed Sci. 65(4): 525-533.
- Sarani, M. 2005. Evaluation of different wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars in competition with Japanese brome (*Bromus japonicus* Thunb.). MSc Thesis. Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. (In Persian).
- Sarani, M. 2018. Investigation of ecophysiological and integrated management of Japanese brome (*Bromus japonicas* Thunb.) in wheat (*Triticum aestivum* L.) fields. PhD Dissertation, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian).
- Sarani, M., Ghanbari, A., Galavi, M., Izadi Darbandi, E. and Baghestani Meybodi, M.A. 2017. The effect of time and rate of sulfosulfuron application on *Bromus japonicus* Thunb. control in different wheat cultivars. Iranian J Weed Sci. 13(1): 29-44. (In Persian).
- Sarani, M., Rezvani Moghaddam, P., Nassiri Mahalati, M. and Zand, E. 2011. Competitive characteristics of wheat cultivars in competition with Japanese brome (*Bromus japonicus*). J Plant Prot. 25(2): 127-135. (In Persian).
- Sardana, V., Mahajan, G., Jabran, K. and Chauhan, B.S. 2017. Role of competition in managing weeds: An introduction to the special issue. Crop Prot. 95: 1-7.
- Spitters, C.J.T. 1983. An alternative approach to the analysis of mixed cropping experiments. I. Estimation of competition effects. Netherlands J Agric. Sci. 31: 1-11.
- Van der Meulen, A. and Chauhan, B.S. 2016. A review of weed management in wheat using crop competition. Crop Prot. 95: 38-44.
- Van der Meulen, A. and Chauhan, B.S. 2016. A review of weed management in wheat using crop competition. Crop Prot. 95: 38-44.
- Walker, S.R., Medd, R.W., Robinson, G.R. and Cullis, B.R. 2002. Improved management of *Avena ludoviciana* and *Phalaris paradoxa* with more densely sown wheat and less herbicide. Weed Res. 42(4): 257-270.
- Weiner, J. 2003. Ecology – the science of agriculture in the 21st century. J Agric. Sci. 141(3): 371-377.
- Weiner, J., Andersen, S.B., Wille, W.K.M., Griepentrog, H.W. and Olsen, J.M. 2010. Evolutionary agroecology: The potential for cooperative, high density, weed-suppressing cereals. Evol. Appl. 3(5): 473-479.
- Zand, E., Kouchaki, A.R., Rahimian Mashhadi, H.R., Deyhimfard, R., Soufizadeh, S. and Nasiri Mahalati, M. 2005. Studies on some ecophysiological traits associated with competitiveness of old and new Iranian bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars against wild oat (*Avena ludoviciana* L.). Iranian J Field Crops Res. 2(2): 160-174. (In Persian).