تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد دهم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۶
۲۱۲-۲۰۳
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2017.577

ارزیابی شاخص‌های رقابتی گندم (*Triticum astivum* L.) و چاودار (*Secale cereale*) در شرایط تنش خشکی با استفاده از مدل عکس عملکرد

فرزانه گلستانی‌فر[1*]، سهراب محمودی[2]، غلامرضا زمانی[2]، محمدحسن سیاری زهان[2]
۱. کارشناسی ارشد رشته شناسایی و مبارزه با علف‌های هرز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند.
۲. دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند.

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۰/۱۹؛ تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۳/۰۴

چکیده

چاودار یکی از علف‌های هرز مهم مزارع گندم است که قدرت رقابتی بالاتری را نسبت به گندم دارد. به دلیل تحمل بالای این گیاه در شرایط تنش خشکی، انتظار می‌رود در مناطق خشک بتواند خسارت بیشتری را به مزارع گندم وارد کند. لذا به‌منظور ارزیابی شاخص‌های رقابتی گندم و چاودار در شرایط تنش خشکی با استفاده از مدل عکس عملکرد، مطالعه‌ای در سال ۱۳۹۱ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند به صورت فاکتوریل سه عاملی در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل چهار تراکم گندم رقم روشن (۰، ۸، ۱۶، ۲۴ بوته در گلدان)، چهار تراکم چاودار (۰، ۲، ۴، ۶ بوته در گلدان) و دو سطح تنش خشکی شامل آبیاری در ۲۰ و ۶۰ در صد تخلیه رطوبت ظرفیت زراعی خاک بود. نتایج حاصل از مدل عکس عملکرد نشان داد، رقابت برون گونه‌ای در گندم بیشتر از رقابت درون‌گونه‌ای بود ولی در چاودار رقابت درون‌گونه‌ای بیشتر از رقابت برون گونه‌ای بود. شاخص توانایی رقابت نسبی نشان داد که اثر یک بوته گندم در سطح رطوبتی ۲۰ و ۶۰ در صد تخلیه رطوبت خاک به ترتیب برابر با اثر ۰/۷۹ و ۰/۶۴ بوته چاودار بود و اثر یک بوته چاودار در همان سطوح رطوبتی به ترتیب معادل ۱/۸۵ و ۲/۴۳ بوته گندم بود. شاخص تمایز آشیان اکولوژیکی این دو گیاه در هر دو سطح رطوبتی کوچک‌تر از یک به دست آمد. به‌طورکلی در شرایط وجود تنش خشکی، شدت رقابت درون‌گونه‌ای و برون گونه‌ای بین بوته‌های گندم و چاودار افزایش یافت و باعث کاهش بیشتر عملکرد بیولوژیک این دو گیاه شد.

***واژه‌های کلیدی*: رقابت برون گونه‌ای، رقابت درون‌گونه‌ای، شاخص تمایز نیچ اکولوژیک، قابلیت رقابت نسبی.**

مقدمه

علف‌هرز گیاهی ناخواسته و مضر است که مزاحم و یا مانع عملیات زراعی بوده و باعث افزایش هزینه‌های داشت و کاهش عملکرد محصولات زراعی می‌شود (Diyanat et al., 2007). علف‌های هرز اغلب برای منابع محدود ازجمله آب خاک با گیاه زراعی رقابت می‌کنند و قابلیت دسترسی به آب را در گیاه زراعی کاهش می‌دهند؛ لذا قابلیت دسترسی به آب کاهش‌یافته و میزان تنشی که گیاه باید تجربه کند، افزایش می‌یابد؛ چراکه تنش آبی زمانی ایجاد می‌شود که آب ازدست‌رفته از طریق تعرق، از آب جذب‌شده از خاک و از طریق ریشه بیشتر شود (Asghari et al., 2001). به همین دلیل، کنترل علف‌های هرز یکی از ارکان اساسی تولید محصول زراعی در سراسر جهان محسوب می‌شود (Harivandi et al., 2005).

یکی از اصول مهم مدیریت تلفیقی علف‌های هرز، توسعه راهبردهای کنترل علف‌های هرز بر پایه شناخت اثرات متقابل گیاه زراعی و علف‌های هرز است و کمی کردن رقابت بین گیاه زراعی و علف‌هرز شرط لازم برای تصمیم‌گیری‌های مدیریتی علف‌های هرز می‌باشد (Swanton and Weise, 1991). اولین مطالعات مربوط به کمی نمودن رقابت بین گیاهان از سال ۱۹۰۰ میلادی آغاز گردید، در این مطالعات

* نگارنده پاسخگو: فرزانه گلستانی فر. پست الکترونیک: Farazne.golestanifar@yahoo.com

که گیاهان به‌صورت خالص و مخلوطی از گونه‌ها یا ارقام کشت شدند بود؛ گزارش شد، گیاهانی که به‌صورت خالص کشت می‌شوند، عملکردی متفاوت از کشت‌های مخلوط دارند (Rashed Mohassel et al., 2006). برای اندازه‌گیری رقابت و سایر انواع تداخل از برخی از کمیت‌های رشد مانند عملکرد استفاده می‌شود (Wright, 1981). عملکرد ممکن است برحسب عملکرد دانه یا عملکرد بیولوژیک در نظر گرفته شود، درعین‌حال استفاده از عملکرد برای هرگونه، بهترین روش اندازه‌گیری رقابت به شمار می‌رود (Javanshir et al., 2000).

یکی از مدل‌های معتبر جهت برآورد میزان رقابت دو گونه در کشت مخلوط، روش عکس عملکرد تک بوته می‌باشد (Beheshti and Soltaniyan, 2012). قانون عکس عملکرد به‌عنوان پایه مدل رقابت مورداستفاده قرار گرفته است. این مدل، ارتباط رگرسیونی موجود در بین عکس وزن تک بوته و تراکم گیاه را بیان می‌دارد و یکی از معتبرترین روش‌ها جهت تعیین اثرات کلی رقابت، قدرت رقابتی و تمایز آشیان اکولوژیک گونه‌هاست. در مدل مذبور، فرض بر این است که اثرات رقابتی بر روی تغییرات عکس عملکرد هرگونه به‌صورت افزایشی است، همچنین اثرات تداخلی مستقل از جمعیت کل گونه‌ها بوده و آرایش گیاهان ثابت می‌باشد (Spitters et al., 1989).

گندم[1] ازنظر تولید و سطح زیر کشت مهم‌ترین محصول کشاورزی ایران و جهان است. تولید گندم در جهان در سال ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۵ میلادی حدود ۷۲۸/۸ میلیون تن بود (IGC, 2016). در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ شمسی، سطح برداشت گندم در کل کشور حدود ۶/۴ میلیون هکتار و میزان تولید آن حدود ۱۲/۳ میلیون تن برآورد شد (MAJ, 2014). مشکل علف‌هرز در گندم یکی از مهم‌ترین مسائل زراعی در نقاط گندم‌خیز جهان است و ترکیب جامعه گیاهی علف‌هرز گندم، بازتابی از فصل کاشت، کنترل زراعی و شیمیایی علف‌هرز، منطقه جغرافیایی و نوع خاک می‌باشد (Kafi et al., 2005).

چاودار[2] گیاهی یک‌ساله با ساقه‌های بلند است که در کشور به‌صورت گیاه هرز در ارتفاعات و در مزارع گندم دیده می‌شود (Karimi, 2004). بسیاری از مناطق ایران که در آن‌ها گندم کشت می‌شود، با مشکل چاودار روبرو هستند (Baghestani and Atri, 2003). توقعات کم این گیاه همراه با توانایی دگرآسیبی و مورفولوژی و چرخه زندگی مشابه گندم، باعث پایداری و افزایش سطح آن در مزارع گندم پاییزه شده است (Pester et al., 2000).

ایزدی دربندی (Izadi Darbandi, 2012) بیان کرد که حضور توأم تاج‌خروس وحشی[3] با ذرت و اعمال تنش رطوبتی، تلفات عملکرد بیشتری را برای ذرت به دنبال داشت و درصد کاهش عملکرد دانه و ماده خشک ذرت در حضور تاج‌خروس و عدم تنش خشکی، اختلاف معنی‌داری را با کشت خالص ذرت در شرایط تنش خشکی نداشت. به عبارتی، اختلاف کاهش عملکرد ناشی از تنش آب معادل با تأثیر رقابت تاج-خروس بود. کارسون و همکاران (Carson et al., 1999) به بررسی توانایی رقابتی نسبی گندم و چچم ایتالیایی[4] در شرایط محیط خشک و نیز رطوبت کافی پرداختند. در شرایطی که این علف‌هرز در غیاب گندم و به مدت ۱۴ هفته رشد کرد، وزن خشک و تعداد پنجه بیشتری در مقایسه با گندم در کشت خالص تولید کرد. گندم توانست در طی تنش خشکی سطح برگ بیشتری را حفظ و پس از رفع خشکی، سطح برگ بیشتری تولید کند و توانایی رقابتی گندم در کشت مخلوط با این علف‌هرز افزایش یافت. اگ و سیفلت (Ogg and Seefeldt, 1999) نیز بیان کردند که در سال-های خشک، گندم‌هایی که به‌سرعت رشد کردند و ارتفاع آن‌ها افزایش یافت، توانستند مانع کاهش عملکرد گیاه زراعی شوند و تولید بذر علف‌هرز گندم‌نیا[5] را کاهش دهند. پستر و همکاران (Pester et al., 2000) اظهار داشتند که شرایط محیطی یکی از عوامل مهم تعیین‌کننده اثرات رقابت بین گندم و چاودار بوده و این فرضیه را بر اساس سال‌های خشک در برابر سال‌های مرطوب طی آزمایش مطرح کردند که مقدار آستانه خسارت اقتصادی چاودار در گندم می‌تواند تابعی از رطوبت و دمای خاک و همچنین تراکم چاودار باشد. بررسی-های انجام‌شده در مناطق کرج و ورامین نشان داد که قدرت رقابتی چاودار در سال‌های خشک به دلیل تحمل زیاد این گیاه به تنش خشکی سبب افزایش قدرت رقابت درون‌گونه‌ای این علف‌هرز می‌شود، به‌طوری‌که قدرت رقابتی هر بوته این گیاه در سال با بارندگی کم معادل ۳ و ۳ بوته گندم و در سال

---

1. *Triticum astivum* L.
2. *Secale cereale*
3. *Amaranthus retroflexus*
4. *Lulium multifolorum*
5. *Aegilops cyliindricay*

با بارندگی مناسب معادل ۲ و ۱/۲ بوته گندم به ترتیب در کرج و ورامین بود. درنتیجه چاودار به دلیل تحمل بالایی که این گیاه در شرایط تنش خشکی دارد، در مناطق خشک می‌تواند هرساله خسارت بیشتری را به مزارع گندم وارد کند (Baghestani and Atri, 2003, 2005).

بنابراین شناسایی اثر رقابتی چاودار بر عملکرد گندم در شرایط تنش خشکی از اهمیت خاصی برخوردار است و هدف کلی از انجام این مطالعه ارزیابی اثر رقابت با استفاده از مدل عکس عملکرد برای پیش‌بینی رابطه رقابتی بین این دو گیاه در شرایط تنش خشکی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۱ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند به‌صورت فاکتوریل سه عاملی در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار و با استفاده از طرح سری‌های افزایشی اجرا شد. فاکتورهای آزمایش عبارت بودند از تراکم گندم (*Triticum aesativum* L.) رقم روشن در ۴ سطح شامل (۰، ۸، ۱۶، ۲۴ بوته در گلدان معادل ۰، ۲۲۵، ۴۵۰، ۶۷۵ بوته در مترمربع)، تراکم چاودار (*Secale cereale* L.) در چهار سطح (۰، ۲، ۴، ۶ بوته در گلدان و معادل ۰، ۵۵، ۱۱۰، ۱۶۵ بوته در مترمربع) و تنش خشکی در دو سطح شامل عدم وجود تنش و وجود تنش (به ترتیب آبیاری در ۲۰٪ و ۶۰٪ تخلیه رطوبت ظرفیت زراعی). ارتفاع و قطر هر گلدان برابر با ۲۱/۵ سانتی‌متر و حجم آن ۴ لیتر بود. درصد رطوبت ظرفیت زراعی خاک مورداستفاده در آزمایشگاه تعیین شد (۱۳٪ = FC)، دارای بافت لومی شنی و شامل ۱۰ درصد رس، ۲۵ درصد سیلت و ۶۵ درصد شن، pH = ۷/۹۵، EC_e (dS/m) = ۱/۰۷) و سپس به‌منظور توزیع یکنواخت آب بین ذرات خاک، نصف مقدار رطوبت ظرفیت زراعی با خاک هر گلدان به‌طور کامل در داخل تشت مخلوط شد (Sayyari-zahan et al., 2009). با توجه به نیاز کودی گندم و بر اساس وزن خاک در هکتار، عناصر غذایی لازم (NPK) برای چهار کیلوگرم خاک محاسبه و به‌صورت محلول همراه با آب محاسبه‌شده برای ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی به خاک اضافه و به‌خوبی مخلوط گردید. در انتها خاک به گلدان‌ها منتقل و فشرده شد به‌طوری‌که اتصال ذرات خاک به‌خوبی انجام گردید. بذور گیاهان گندم و چاودار با دو برابر تراکم موردنیاز کشت شد و بعدازآن باقیمانده آب لازم اضافه شد و گلدان‌ها در هر دو سطح رطوبتی به وزن یکسانی رسیدند. آبیاری بر اساس تخلیه رطوبت ظرفیت زراعی خاک انجام شد. جهت تعیین عملکرد گیاه زراعی و علف‌هرز، پس از رسیدگی کامل گندم، کل اندام هوایی هر دو گیاه برداشت و به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک و وزن آن‌ها اندازه‌گیری شد.

مدل عکس عملکرد بر مبنای رابطه هذلولی مستطیلی عملکرد- تراکم استوار است که در آن از تکنیک رگرسیون خطی به‌صورت زیر استفاده می‌شود (Baghestani and Atri, 2003):

$$1/W_C = B_{C0} + B_{CC}N_C + B_{CW}N_W \qquad [۱]$$

$$1/W_W = B_{W0} + B_{WW}N_W + B_{CW}N_C \qquad [۲]$$

در این معادله $1/W_C$ عکس وزن تک بوته گیاه زراعی و $1/W_W$ عکس وزن تک بوته علف هرز است و B_{C0} و B_{W0} به ترتیب عکس وزن تک بوته گیاه زراعی و علف هرز در شرایط ایزوله، B_{CC} و B_{WW} معیاری از تأثیر رقابت درون‌گونه‌ای و B_{CW} معیاری از تأثیر رقابت بین‌گونه‌ای به‌حساب می‌آیند، N_C تراکم گیاه زراعی و N_W تراکم علف هرز می‌باشد. در مدل‌های خطی عکس عملکرد، عرض از مبدأ (B_{c0} و B_{w0}) نشان‌دهنده حداکثر عملکرد تک بوته در شرایط عاری از رقابت می‌باشد و هر چه کمیت آن بیشتر باشد، عملکرد تک بوته در شرایط فاقد رقابت بیشتر خواهد بود (Radosevich, 1988). علامت منفی برای آن ناشی از خطای برآورد بوده و فاقد مفهوم بیولوژیک می‌باشد (Dabbagh Mohammadi Nasab et al., 2005).

به‌منظور تعیین قدرت رقابت نسبی[1] که نشان‌دهنده آن است که چند بوته یک گیاه می‌تواند به‌اندازه یک بوته گیاه دیگر باعث ایجاد رقابت و کاهش عملکرد تک بوته آن گیاه شود، از معادله‌های زیر استفاده شد:

$$RCA_c = B_{CC}/B_{CW} \qquad [۳]$$

$$RCA_w = B_{WW}/B_{CW} \qquad [۴]$$

در این رابطه RCA_c و RCA_w به ترتیب قابلیت رقابت نسبی گندم و چاودار، B_{CC} معیاری از تأثیر رقابت درون‌گونه‌ای گیاه زراعی و B_{WW} معیاری از تأثیر رقابت درون‌گونه‌ای علف هرز

[1] -Relative competitive ability

و B_{CW} معیاری از تأثیر رقابت بین‌گونه‌ای گیاه زراعی و علف هرز است. چنانچه حاصل این نسبت بزرگ‌تر از یک باشد، رقابت درون‌گونه‌ای بیشتر از رقابت برون گونه‌ای است و چنانچه برابر با یک باشد، رقابت درون‌گونه‌ای برابر رقابت برون گونه‌ای است و اگر کوچک‌تر از یک باشد، رقابت برون گونه‌ای از درون‌گونه‌ای بیشتر است (Sohrabi et al., 2012).

شاخص تمایز آشیان اکولوژیکی (Nich Differentiation Index) از حاصل‌ضرب قدرت رقابت نسبی گندم و چاودار به دست آمد (Molla and Sharaiha, 2009):

$$NDI= [B_{CC}/B_{CW}] \cdot [B_{WW}/B_{CW}] \quad [۵]$$

در این معادله NDI بیانگر شاخص تمایز آشیان اکولوژیک است. اگر مقدار آن از یک بیشتر باشد، نشان‌دهنده آن است که آشیان اکولوژیک دو گونه گندم و چاودار از هم متمایز است و دو گونه بر سر منابع مشترک باهم رقابت نمی‌کنند. درصورتی‌که شاخص تمایز آشیان اکولوژیکی کمتر از یک باشد، دو گونه گندم و چاودار، آشیان اکولوژیکی مشترک دارند و بر سر منابع مشترکی با هم رقابت می‌کنند (Amini et al., 2003).

برای پردازش داده‌ها و محاسبات آماری از ماکرو DSAASTAT Ver. 1.022 در محیط برنامه Excel 2010 و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Sigma plot Ver. 11.0 و برای مقایسه میانگین از آزمون LSD محافظت‌شده در سطح معنی‌داری ۵ درصد استفاده شد

نتایج و بحث

مدل عکس عملکرد بر اساس عملکرد بیولوژیک تک بوته گندم و چاودار در هر دو سطح رطوبتی برازش داده شد و رابطه عملکرد بیولوژیک تک بوته گندم و چاودار با تراکم این دو گیاه، با استفاده از رگرسیون خطی چند متغیره به دست آمد. مدل ارائه‌شده برازش خوب و معنی‌داری به داده‌ها داشت و توانست رابطه بین عملکرد بیولوژیک با تراکم دو گونه را به‌خوبی توصیف کند. به‌طوری‌که ضریب تبیین (R^2) برای عملکرد بیولوژیک تک بوته گندم در هر دو سطح رطوبتی برابر ۰/۹۱ و برای عملکرد بیولوژیک تک بوته چاودار در سطح رطوبتی ۲۰ و ۶۰ درصد تخلیه رطوبت خاک به ترتیب برابر ۰/۷۸ و ۰/۸۳ و معنی‌دار به دست آمد (جدول ۱).

جدول ۱. پارامترهای مدل عکس عملکرد (± خطای استاندارد) برای گندم و چاودار در سطوح مختلف تنش خشکی.

Table 1. Parameters (± standard error) of the reciprocal yield models for wheat and rye in different levels of drought stress.

Plant species گونه گیاهی	Water defecation (%) تخلیه آب (٪)	R^2 ضریب تبین	B_{c0}, B_{w0} عرض از مبدأ	B_{cc}, B_{ww} رقابت درون‌گونه‌ای	B_{wc} رقابت برون‌گونه‌ای
Wheat	20%	0.91 **	0.1997 (±0.143)	0.0349 (±0.027)	0.0443 (±0.048)
گندم	60%	0.91 **	-0.7519 (±0.18)	0.1801 (±0.099)	0.2799 (±0.027)
Rye	20%	0.78 **	0.0161 (±0.029)	0.0792 (±0.006)	0.0429 (±0.001)
چاودار	60%	0.83 **	-0.3805 (±0.046)	0.2253 (±0.009)	0.0927 (±0.002)

**: معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد

B_{cc} و B_{w0}: به ترتیب عکس وزن تک بوته گیاه زراعی و علف هرز در شرایط ایزوله

B_{cc} و B_{ww}: به ترتیب معیاری از تأثیر رقابت درون‌گونه‌ای گندم و چاودار

B_{wc}: معیاری از تأثیر رقابت بین‌گونه‌ای گندم و چاودار

R^2: ضریب تبین

**: significant at 1% probability level.

B_{c0}, B_{w0}: the reciprocal biological yield or biomass of wheat and rye under weed free conditions

B_{cc}, B_{ww}: Intra- specific competition index of wheat and rye, respectively.

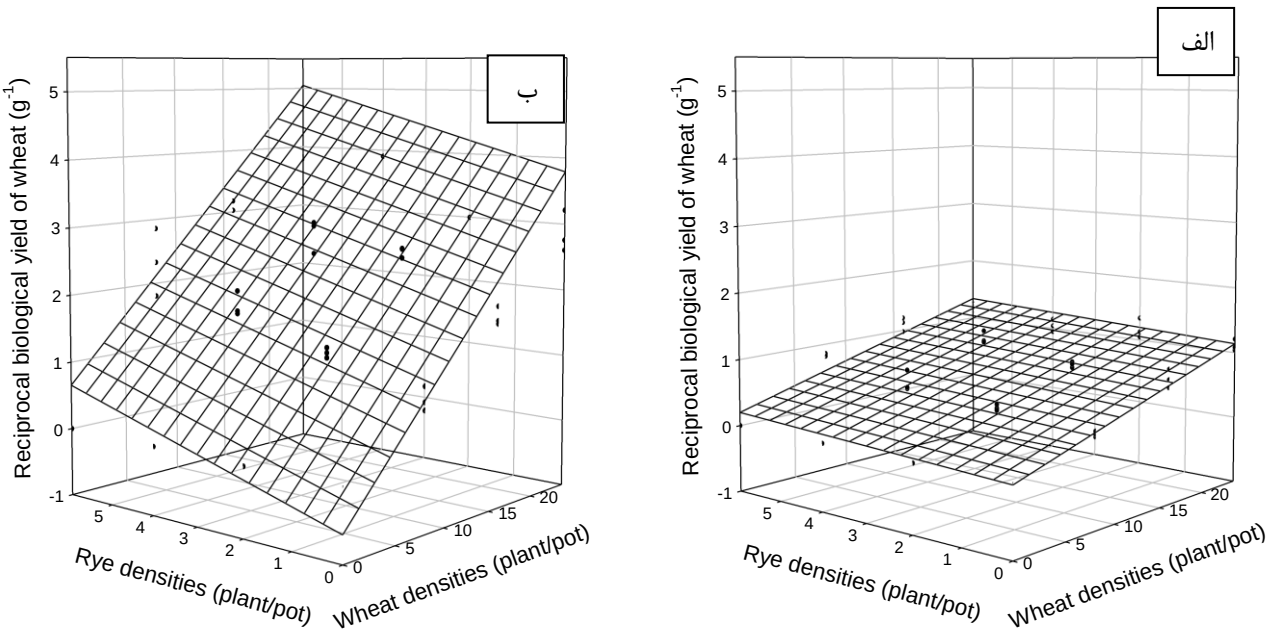
B_{wc}: Inter- specific competition index of wheat and rye.

R^2: coefficient of determination.

عملکرد بیولوژیک تک بوته گندم

پارامترهای برآورد شده مدل نشان داد که عملکرد بیولوژیک تک بوته گندم، بیشتر به‌وسیله رقابت برون گونه‌ای تحت تأثیر قرار می‌گیرد؛ زیرا ضریب رقابت برون گونه‌ای در هر دو سطح رطوبتی ۲۰ و ۶۰ درصد تخلیه رطوبت خاک، به ترتیب ۱/۲۷ و ۱/۵۵ برابر بیشتر از ضریب رقابت درون‌گونه‌ای بود (جدول

۱). شکل ۱ نشان می‌دهد که در هر دو سطح رطوبتی با افزایش تراکم گندم در یک تراکم ثابت چاودار، عکس عملکرد بیولوژیک تک بوته گندم افزایش یافت و بنابراین میزان عملکرد گندم کاهش یافت. این امر گویای تأثیر بیشتر رقابت درون‌گونه‌ای گندم است، زیرا با افزایش تراکم، بهره‌برداری از منابع و شرایط محیطی کاهش‌یافته و آشیان اکولوژیک گونه باریک‌تر می‌شود (Beheshti and Soltaniyan, 2012). به‌طور مشابه، با افزایش تراکم چاودار، عملکرد بیولوژیک تک بوته گندم کاهش یافت که گویای افزایش رقابت برون گونه‌ای گندم و چاودار همراه با افزایش تراکم چاودار می‌باشد، اما درصد کاهش عملکرد بیولوژیک گندم، در سطح رطوبتی ۶۰ درصد بسیار بیشتر از سطح ۲۰ درصد بود (شکل ۱). همچنین با توجه به ضرایب رقابتی می‌توان بیان کرد که در هر دو سطح رطوبتی میزان ضریب رقابت برون گونه‌ای که بیانگر شیب‌خط رگرسیونی در جهت تراکم چاودار می‌باشد (شکل ۱)، از ضریب رقابت درون‌گونه‌ای که شیب‌خط رگرسیونی در جهت تراکم گندم را نشان می‌دهد، بیشتر است (جدول ۱). این مطلب نشان می‌دهد که تراکم‌های مختلف چاودار توانسته است تأثیر بیشتری نسبت به تراکم‌های گندم برعکس عملکرد بیولوژیک تک بوته گندم در هر دو سطح رطوبتی داشته باشند. عطری و باغستانی (Baghestani and Atri, 2003 and 2005)، سهرابی و همکاران (Sohrabi et al., 2012) و امینی و همکاران (Amini et al., 2003) در گندم و چاودار نیز نتایج مشابهی را گزارش گردید. با افزایش تنش خشکی، میزان ضرایب رقابت درون‌گونه‌ای و برون گونه‌ای، به ترتیب به میزان ۵/۱۶ و ۶/۳۲ برابر افزایش یافت (جدول ۱). این امر نشان‌دهنده این است که تنش خشکی باعث افزایش شدید رقابت درون‌گونه‌ای بین بوته‌های گندم و رقابت برون گونه‌ای بوته‌های گندم و چاودار شد، همچنین تأثیر تنش خشکی بر افزایش رقابت برون گونه‌ای بیشتر از رقابت درون‌گونه‌ای بود. باغستانی و عطری (Baghestani and Atri, 2003 and 2005) نیز بیان کردند که افزایش میزان بارندگی از ۹۸ میلی-متر به ۱۳۸ میلی‌متر در سال دوم آزمایش، باعث افزایش عملکرد گندم و کاهش قدرت رقابت چاودار در برابر گندم گردید؛ اما در سال اول به دلیل نیاز رطوبتی پایین چاودار و قدرت تحمل به خشکی بالاتر این گیاه نسبت به گندم، قدرت رقابت چاودار افزایش یافت.

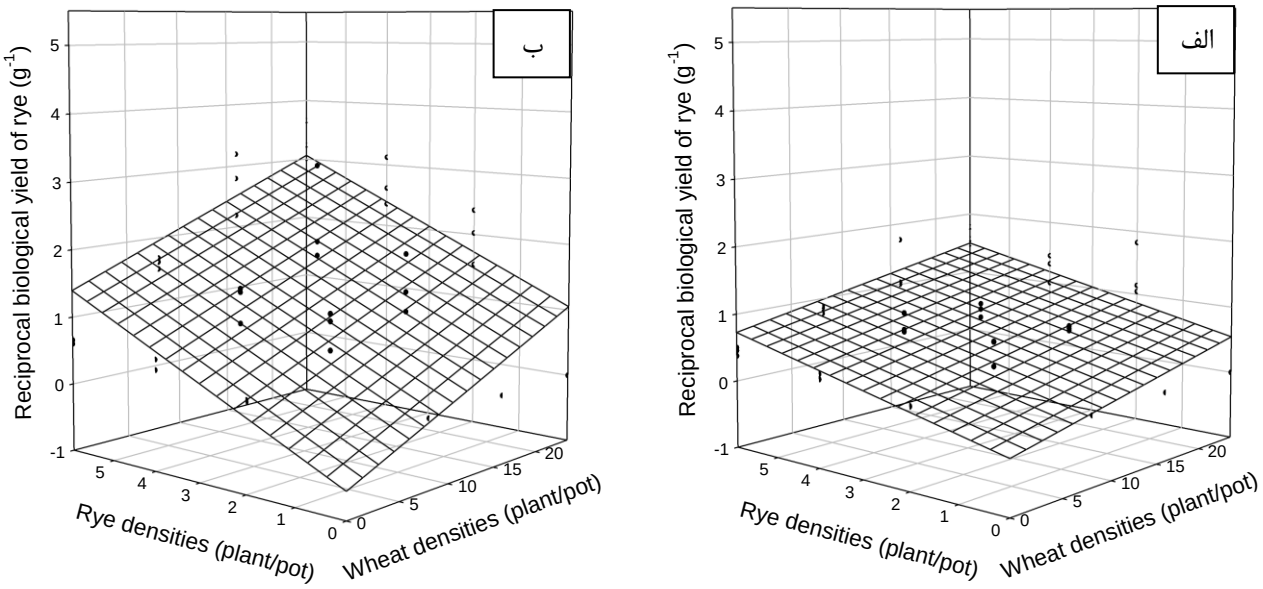


شکل ۱. اثر تراکم گندم و چاودار بر عکس عملکرد بیولوژیک تک بوته گندم در سطح رطوبتی الف)۲۰ درصد و ب) ۶۰ درصد تخلیه رطوبت ظرفیت زراعی خاک.

Fig. 1. Effect of wheat and rye densities on reciprocal biological yield of wheat in 20% (a) and 60% (b) depletion of field capacity.

عملکرد بیولوژیک تک بوته چاودار

پارامترهای مدل نشان داد که عملکرد بیولوژیک تک بوته چاودار، بیشتر تحت رقابت درون‌گونه‌ای نسبت به رقابت برون گونه‌ای قرار می‌گیرد، به‌طوری‌که در سطح ۲۰ و ۶۰ درصد تخلیه رطوبت خاک ضریب رقابت درون‌گونه‌ای بین بوته‌های چاودار به ترتیب ۱/۸۵ و ۲/۴۳ برابر بیشتر از ضریب رقابت برون گونه‌ای بوته‌های گندم و چاودار بود (جدول ۱). عطری (Atri, 1998) نیز با بررسی کشت مخلوط ذرت و لوبیا گزارش کرد که رقابت درون‌گونه‌ای ذرت بیشتر از رقابت برون گونه‌ای آن با لوبیاست. همچنین با توجه به ضرایب رقابتی می‌توان بیان کرد که در هر دو سطح رطوبتی میزان ضریب رقابت درون‌گونه‌ای که بیانگر شیب‌خط رگرسیونی در جهت تراکم چاودار می‌باشد (شکل ۲)، از ضریب رقابت برون گونه‌ای که شیب‌خط رگرسیونی در جهت تراکم گندم را نشان می‌دهد، بیشتر است (جدول ۱) و تراکم‌های مختلف چاودار توانسته است تأثیر بیشتری نسبت به تراکم‌های گندم بر عکس عملکرد بیولوژیک تک بوته چاودار در هر دو سطح رطوبتی داشته باشند. با افزایش تنش خشکی میزان ضرایب رقابت درون‌گونه‌ای بین بوته‌های چاودار و رقابت برون گونه‌ای بوته‌های چاودار و گندم، به ترتیب به میزان ۲/۸۵ و ۲/۱۶ برابر افزایش یافت (جدول ۱) و این امر نشان‌دهنده این است که تنش خشکی باعث تشدید رقابت بین بوته‌های چاودار گردید و اثر رقابت درون‌گونه‌ای در کاهش عملکرد بیولوژیک تک بوته‌ای چاودار بیشتر از رقابت برون گونه‌ای بوده است.



شکل ۲. اثر تراکم گندم و چاودار بر عکس عملکرد بیولوژیک تک بوته چاودار در سطح رطوبتی الف(۲۰ درصد و ب) ۶۰ درصد تخلیه رطوبت ظرفیت زراعی خاک.

Fig. 2. Effect of wheat and rye densities on reciprocal biological yield of rye in 20% (a) and 60% (b) depletion of field capacity.

قدرت رقابت نسبی

قدرت رقابت نسبی از تقسیم ضرایب رقابت درون‌گونه‌ای به ضریب رقابت برون گونه‌ای بر اساس عملکرد بیولوژیک گیاهان مورد بررسی به دست آمد.

گندم

قدرت رقابت نسبی گندم در سطوح رطوبتی ۲۰ و ۶۰ درصد تخلیه رطوبت خاک، به ترتیب برابر ۰/۷۹ و ۰/۶۴ بود و بیانگر این است که هر بوته گندم در سطح ۲۰ درصد، تقریباً معادل ۰/۷۹ بوته چاودار تأثیر دارد و یا به‌عبارت‌دیگر هر ۱/۲۷ بوته گندم معادل یک بوته چاودار بود. ولی در سطح ۶۰ درصد، هر ۱/۵۶ بوته گندم معادل یک بوته چاودار بر عملکرد بیولوژیک تک بوته گندم تأثیر داشت (جدول ۲). این نتیجه نشان داد که عملکرد بیولوژیک گندم بیشتر تحت تأثیر رقابت برون گونه‌ای قرار گرفته و چاودار رقیب قوی‌تری نسبت به گندم

بوده است و همچنین در شرایط وجود تنش خشکی، قدرت رقابت نسبی گندم کاهش یافت و در واقع عملکرد بیولوژیک تک بوته گندم در شرایط وجود تنش، بیشتر تحت تأثیر رقابت درون‌گونه‌ای و برون گونه‌ای قرار می‌گیرد. سهرابی و همکاران (Sohrabi et al., 2012) با بررسی قدرت رقابت نسبی چاودار نسبت به عملکرد بیولوژیک گندم نشان دادند که اثر یک بوته چاودار روی عکس عملکرد بیولوژیک گندم تقریباً معادل ۲/۷۳ بوته گندم بود و محاسبه قدرت رقابت نسبی با استفاده از معادله عکس عملکرد بیولوژیک تک بوته گندم نشان داد که هر بوته گندم معادل ۰/۳۴ بوته چاودار می‌تواند بر عملکرد بیولوژیک تک بوته گندم تأثیر داشته باشد. امینی و همکاران (Amini et al., 2003) نیز با محاسبه قدرت رقابت نسبی با استفاده از مدل عکس بیومس تک بوته گندم نشان دادند که هر بوته گندم معادل ۰/۵۸ بوته چاودار می‌تواند بر بیومس تک بوته گندم تأثیر داشته باشد و یا هر ۱/۷۲ بوته گندم می‌تواند اثری معادل یک بوته چاودار بر بیومس تک بوته چاودار داشته باشد. بررسی‌های انجام‌شده در کرج نشان داد که اثر یک بوته چاودار روی عکس عملکرد بیولوژیک گندم در سال اول تقریباً معادل ۲/۵ بوته و در سال دوم معادل با ۱/۵ بوته گندم بود، به‌عبارت‌دیگر هر ۰/۴۲ و ۰/۵۸ بوته چاودار به ترتیب در سال‌های اول و دوم، اثری معادل یک بوته گندم بر عکس عملکرد بیولوژیک گندم داشت؛ اما همین بررسی‌ها در ورامین نشان داد که اثر هر بوته چاودار بر عملکرد بیولوژیک گندم در سال اول تقریباً معادل ۲/۵ و در سال دوم معادل ۱ بوته گندم بود و به‌عبارت‌دیگر هر ۰/۴ و ۱ بوته چاودار در سال‌های اول و دوم اثری معادل یک بوته گندم بر عکس عملکرد بیولوژیک گندم داشت. همچنین در زمان بارندگی کمتر و وجود تنش خشکی در سال دوم، تراکم‌های چاودار تأثیر بیشتری بر عملکرد بیولوژیک گندم گذاشت (Baghestani and Atri, 2003 and 2005).

چاودار

قدرت رقابت نسبی چاودار در سطوح رطوبتی ۲۰ و ۶۰ درصد تخلیه رطوبت خاک، به ترتیب برابر ۱/۸۵ و ۲/۴۳ بود و این نشان می‌دهد که در سطح ۲۰ درصد، اثر یک بوته چاودار روی عکس عملکرد بیولوژیک چاودار تقریباً معادل ۱/۸۵ بوته گندم بود و هر بوته گندم معادل ۰/۵۴ بوته چاودار می‌تواند بر عملکرد بیولوژیک تک بوته چاودار تأثیر داشته باشد، ولی در سطح ۶۰ درصد، اثر هر بوته چاودار معادل ۰/۴۱ بوته گندم بر عملکرد بیولوژیک تک بوته چاودار بود (جدول ۲). نتایج نشان می‌دهد که با افزایش تنش خشکی، قدرت رقابت نسبی چاودار، افزایش یافت و عملکرد بیولوژیک چاودار کمتر تحت تأثیر رقابت برون گونه‌ای قرار گرفت و رقابت درون‌گونه‌ای بوته‌های چاودار باعث کاهش عملکرد بیولوژیک چاودار در هر دو سطح رطوبتی شده است. دونان و زیمدال (Dunan and Zimdahl, 1991) نیز در بررسی قدرت رقابتی جو با یولاف وحشی با استفاده از مدل عکس عملکرد به این نتیجه رسیدند که قدرت رقابتی درون‌گونه‌ای جو، ۷/۳ برابر بیشتر از قدرت رقابتی بین‌گونه‌ای آن با یولاف وحشی می‌باشد.

شاخص تمایز آشیان اکولوژیکی

یک آشیان اکولوژیک، توصیفی است از کلیه عوامل فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی که یک گونه برای زندگی، رشد و تولیدمثل خود در یک اکوسیستم بدان نیاز دارد و آشیان اکولوژیک در واقع یک اکوسیستم کوچک (بومچه) با زیستگاه متفاوت است. چرا که زیستگاه، فضایی فیزیکی است که یک گونه در آن زندگی می‌کند، ولی آشیان اکولوژیک علاوه بر موارد فوق به مسئله انتقال ماده و انرژی مرتبط است (Bakhshi Khaniki, 2007). در این مطالعه، شاخص تمایز آشیان اکولوژیکی با استفاده از ضرایب رگرسیونی مدل عکس عملکرد بیولوژیک گندم و چاودار به دست آمد. وقتی از ضرایب مدل عکس عملکرد بیولوژیک استفاده شد، شاخص تمایز نیچ اکولوژیک در سطح ۲۰ درصد تخلیه رطوبت خاک حدود ۱/۴۶ و در سطح ۶۰ درصد، حدود ۱/۵۵ برآورد شد (جدول ۲) و این نشان‌دهنده آن است که گندم و چاودار در هر دو سطح رطوبتی، تمایز آشیان اکولوژیک دارند؛ بنابراین تفکیک آشیان اکولوژیک صورت پذیرفته و این دو گیاه بر سر منابع مشترک رقابت نمی‌کنند. همچنین با افزایش تنش خشکی، میزان شاخص تمایز آشیان اکولوژیکی افزایش پیدا کرد که این امر احتمالاً به دلیل حفظ بقای این دو گیاه در شرایط وجود تنش بوده است. امینی و همکاران (Amini et al., 2003) بیان نمودند در هنگامی‌که از ضرایب مدل عکس عملکرد بیولوژیک تک بوته استفاده کردند، شاخص تمایز آشیان اکولوژیکی به میزان ۱/۱۱ به دست آمد و بیان کردند وقتی زیست‌توده تک بوته در نظر گرفته شود، گندم و چاودار تمایز آشیان اکولوژیک بیشتری دارند و بدین ترتیب کمتر بر سر منابع مشترک رقابت می‌کنند. بهشتی و سلطانیان (Beheshti and Soltaniyan, 2012) نیز بیان کردند که

میزان شاخص تفکیک آشیان برای عملکرد بیولوژیک سورگوم و لوبیا، رقمی بالاتر از یک (۴۹/۷۷) بود. همچنین ملّا و شاراهای (Molla and Sharaiha, 2009) شاخص تمایز آشیان اکولوژیک را در کشت مخلوط گندم و جو در سطوح مختلف تنش کمبود رطوبت بررسی کردند و بیان نمودند که مقدار این شاخص در هنگام استفاده از زیست‌توده تک بوته در مرحله پنجه‌زنی در سه سطح رطوبتی که شامل ۸۰-۷۵، ۵۵-۵۰ و ۳۰-۲۵ درصد تخلیه آب قابل‌دسترس خاک بود، به ترتیب ۱/۸۴، ۱/۴۵ و ۲/۸۵ و در هنگام کاربرد زیست‌توده تک بوته در مرحله خوشه‌دهی به ترتیب ۱۱/۶۲، ۲/۱۳ و ۲/۰۲ و نیز در زمان استفاده از زیست‌توده تک بوته در مرحله رسیدگی به ترتیب ۱/۹۷، ۲/۴۳ و ۲/۳۵ به دست آمد.

جدول ۲. شاخص‌های رقابتی گندم و چاودار در سطوح مختلف تنش خشکی.

Table 2. Competitive indices of wheat and rye in different levels of drought stress condition.

Water defecation (%) تخلیه آب (٪)	Plant species	گونه گیاهی	RCA_c, RCA_w قابلیت رقابت نسبی	NDI تمایز آشیان اکولوژیک
20%	Wheat	گندم	0.79	1.46
	Rye	چاودار	1.85	
60%	Wheat	گندم	0.64	1.55
	Rye	چاودار	2.43	

RCA_c و RCA_w : به ترتیب قابلیت رقابت نسبی گندم و چاودار

NDI: تمایز آشیان اکولوژیک

RCA_c and RCA_w: Relative competitive ability in wheat and rye, respectively.

NDI: Nich differentiation Index.

نتیجه‌گیری

با افزایش تنش خشکی، قدرت رقابت نسبی چاودار، افزایش و قدرت رقابت نسبی گندم کاهش یافت. عملکرد بیولوژیک گندم بیشتر تحت تأثیر رقابت برون گونه‌ای قرار گرفت درنتیجه چاودار رقیب قوی‌تری نسبت به گندم بود. اثر تنش خشکی و رقابت چاودار در تلفیق با یکدیگر باعث کاهش قابل‌توجهی در عملکرد بیولوژیک گندم شدند. لذا کنترل چاودار در این شرایط بسیار حائز اهمیت می‌باشد.

منابع

Amini, R., Sharifi-zadeh, F., Bagestani, M., Mazari, D., Atri, A., 2003. Investigation of competitive ability between wheat and volunteer rye (*Secale cereale* L.) and effect of competition on yield and yield components. Pajouhesh and Sazandegi. 60, 9-16. [In Persian with English Summary].

Asghari, J., Amirmoradi, SH., Kamkar, B., 2001. Weed Physiology. First Edition. Press University of Gillan. 260p. [In Persian].

Atri, A., 1998. Study the competition, yield and yield components in maize and bean intercropping. M.Sc. dissertation. Faculty of Agriculture, Tabriz. 233 p. [In Persian].

Baghestani, M.A., Atri, A.R., 2003. Determination of competitive ability of wheat against rye (*Secale cereale* L.) using reciprocal yield model in Karaj. Applied Entomology and Phytopathology. 71(1), 43-56. [In Persian with English Summary].

Baghestani, M.A., Atri, A.R., 2005. Evaluation of competitive reciprocal model of wheat (*Triticum aestivum* L.) against rye (*Secale cereale* L.) at Varamin. Iranian Journal of Plant

Pathology. 47, 59-71. [In Persian with English Summary].

Bakhshi Aaniki, A., 2007. Biological Diversity. Publication University Payame-Noor. 227 p. Retrieved October 8, 2014, from http://pnunews.com/page/free-book-agri.

Beheshti, A.R., Soltaniyan, B., 2012. Assessment of the inter-and intra- specific competition of sorghum-bean intercropping using reciprocal yield approach. Seed and Plant Improvement Journal**.** 28(2), 1-17. [In Persian with English Summary].

Carson, K.H., Cralle, T.H., Chandler, J.M., Miller, T.D., Bovey, R.W., Senseman, S.A., Stone, M.J., 1999. *Triticum aestivum* and *Lulium multifolorum* interaction during drought. Weed Science. 47, 440-445.

Dabbagh-Mohammadi Nasab, A., Javanshir, A., Alyari, H., Mojhadam, M., Kazmi, H., 2006. Assessment of competition between soybean and sorghum by reciprocal yield model. Agricultural and Resource Economics. 12(5), 120-130. [In Persian with English Summary].

Diyanat, M., Rahimiyan Mashhadi, H., Baghestani, M.H., Mohammad Alizadeh, H., Zand, A., 2007. Evaluation of Iranian cultivars of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) for competitive ability against rye (*Secale cereale*). Seed and Plant Improvement Journal. 23, 267-280. [In Persian with English Summary].

Dunan, C., Zimdahl, R.L., 1991. Competitive ability of wild oats (*Avena fatua*) and barley (*Hordeum vulgar*). Weed Science. 39, 558-563.

Harivandi, M.R., Latifi, N., Zeinali, E., Feizabadi, A., Shojaii, K., 2005. A study of the effect of population on reproductive characteristics and grain yield in wheat. Iranian Journal of Agricultural Sciences. 36 (1), 87-97. [In Persian with English Summary].

International Grains Council. Grain Market Report. Retrieved may 12, 2016, from http://www.igc.int/downloads/gmrsummary/gmrsumme.pdf.

Izadi Darbandi, E., 2012. Evolution of drought stress and nitrogen rate on redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*) and corn (*Zea mays*) competition. Agronomy Journal (Pajouhesh and Sazandegi). 94, 68-74. [In Persian with English Summary].

Javanshir, A., Dabbagh Mohammadi Nasab, A., Hamidi, A., Gholipoor, M., 2000. The Ecology of Intercropping. First Edition. Press of SID Mashhad. 222 p. [In Persian].

Kafi, M., Jafarnejad, A., Jami Al-Ahmadi, M., 2005. Wheat: Ecology, Physiology. First Edition. University of Mashhad Ferdowsi Press. 478 p. [In Persian].

Karimi, H., 2004. Crop Plants. Fifth Edition. Institute of Tehran University Publications and Printing. 110 p. [In Persian].

Ministry of Agriculture Jihad. Statistical Resource of Agriculture. Retrieved November 20, 2014, from http://www.maj.ir/Portal/Home/Default.aspx.

Molla, A., Sharaiha, K., 2009. Competition and yield advantages in mixed intercropping of barley and wheat under stress levels of moisture deficit. Journal of Seria Agronomic. 52, 41-53.

Ogg, A.G., Seefeldt, S., 1999. Characterizing traits that enhance competitiveness of winter wheat (*Triticum aestivum*) against jointed goatgrass (*Aegilops cyliindricay*). Weed Science. 47, 74-80.

Pester, T.A., Westra, P.L., Rndy, A., Drew, J.L., Stephen, D.M., Philip, W.S. Gail, A.W., 2000. *Secale cereale* interference and economic thresholds in winter *Triticurn aestivum*. Weed Science. 48, 720-727.

Radosevich, S.R., 1988. Methods to study crop and weed interactions. In: M.A. Altieri, and M. Liebman. (eds.). Weed Management in AgroEcosystems: Ecological Approaches. CRC press. pp. 121-145.

Rashed Mohassel, M., Rastgoo, M., Mosavi, K., Vali-allahpoor., R., Haghighi, A., 2006. Basics of weed science. First Edition. Press University Mashhad Ferdowsi. 534 p. [In Persian].

Sayyari-zahan, M.H., Sadana, U.S., Steingrobe, B., Claassen, N., 2009. Manganese efficiency and maganese-uptake kinetics of raya (*Brassica iuncea*), wheat (*Triticum aestivum*), and oal (*Avena sativa*) grown in nutrient solution and soil. Journal of Plant Nutrition and Soil Science. 172, 425-434.

Sohrabi, M., Rahimian Mashadi, H., Beheshtian Mesgaran, M., 2012. Evaluation of competitive ability of wheat (*Triticum aestivum* L.) against rye (*Secale cereale* L.) using reciprocal yield model in Miandoab. Iranian Journal of Weed Science. 8, 87-99. [In Persian with English Summary].

Spitters, C.J.T., Kropff, M.J., De Groot, W., 1989. Competition between maize and *Echinochloa crus-galli* analysed by a hyperbolic regression model. Annals of Applied Biology. 115, 541-551.

Swanton, C.J. Weise, S.F., 1991. Integrated weed management: the rationale and approach. Weed Technology. 5, 657-663.

Wright, A.J., 1981. The Analysis of yield-density relationship in binary mixture using inverse polynomials. Journal of Agriculture Science. 96, 564-567.