مجله پژوهش علف‌های هرز
جلد ۲، شماره ۱، بهار ۱۳۸۹
صفحات ۶۸- ۵۳
Archive of SID

رشد اولیه ریشه و اندام هوایی یولاف وحشی (*Avena fatua* L.) و گندم (*Triticum aestivum* L.) در رقابت برای نیتروژن

Primary growth of root and shoot of wild oat (*Avena fatua* L.) and wheat (*Triticum aestivum* L.) in competition for nitrogen

تکتم چمنی اصغری[۱]، سهراب محمودی[۲*]، غلامرضا زمانی[۲]

چکیده:

به منظور بررسی رشد اولیه اندام هوایی و زیرزمینی یولاف وحشی و گندم و ارزیابی قدرت رقابتی آن‌ها در مرحله رشد رویشی در سطوح مختلف نیتروژن، آزمایشی گلخانه‌ای به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۸۷ انجام شد. فاکتور اول شامل پنج سطح نیتروژن (۱، ٤، ۸، ۱۲ و ۱٦ میلی‌مولار)، فاکتور دوم شامل پنج تراکم یولاف وحشی (۰، ۲، ٤، ٦ و ۸ بوته در گلدان) و فاکتور سوم شرایط رقابت با گندم (بدون رقابت و با رقابت با گندم (تراکم ۸ بوته در گلدان) بود. آزمایش در انتهای مرحله رشد رویشی گندم به پایان رسید. نتایج نشان داد که اثرات اصلی رقابت گندم، تراکم یولاف وحشی و نیتروژن و همچنین اثرات متقابل دوگانه آن‌ها بر وزن خشک اندام هوایی یولاف وحشی معنی‌دار بود. افزایش نیتروژن باعث افزایش وزن خشک اندام هوایی یولاف وحشی هم در کشت خالص و هم در حالت رقابت با گندم شد. رقابت گندم نیز باعث کاهش معنی‌داری در وزن خشک اندام هوایی یولاف وحشی نسبت به تک‌کشتی آن در همه سطوح نیتروژن شد. همچنین اثر متقابل فاکتورهای آزمایش بر وزن خشک اندام هوایی گندم و وزن خشک ریشه یولاف وحشی معنی‌دار بود. نیتروژن در تراکم‌های بالای یولاف وحشی تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک اندام‌هوایی گندم نداشت. رقابت یولاف وحشی با گندم، نسبت وزن خشک اندام‌های هوایی به ریشه را در یولاف وحشی کاهش داد ولی در گندم تأثیر معنی‌داری نداشت. در مجموع نتایج نشان داد که افزایش نیتروژن در شرایط رقابت، در تراکم‌های کم یولاف وحشی موجب برتری رقابتی گندم ولی در تراکم‌های زیاد آن موجب برتری رقابتی یولاف وحشی گردید.

واژه‌های کلیدی: بیوماس، شاخص تعادل رقابتی، تراکم علف هرز، تداخل.

مقدمه

یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش عملکرد گیاهان زراعی، وجود علف‌های هرز در مزارع و رقابت آن‌ها با گیاه زراعی است که مانع دسترسی مطلوب محصولات زراعی به عوامل رشد می‌شود. در میان علف‌های هرز گندم، یولاف وحشی (*Avena fatua* L.) یکی از مهم‌ترین و قدیمی‌ترین آن‌هاست که قدرت رقابت زیادی با گندم دارد (Bell and Nalewaja, 1968;

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۰۷/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۰۹/۱۷

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد رشته شناسایی و مبارزه با علف‌های هرز دانشگاه بیرجند
۲- استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند
*- نویسنده مسئول Email: smahmodi@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

Cudney *et al.*, 1991; Scursoni and Satorre, 2005).

میزان کاهش عملکرد گندم در اثر رقابت یولاف وحشی در مزارع مختلف بستگی به عواملی همچون شرایط محیطی، حاصلخیزی خاک و گونه و تراکم گندم و یولاف وحشی دارد. در بیشتر مطالعات انجام شده توسط محققین مختلف، اندازه‌گیری ماده خشک تولیدی هر یک از گونه‌های دخیل در رقابت، در اندازه‌گیری میزان رقابت از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. روش و رادوسویچ (Roush and Radosevich, 1985) بیان کردند که رتبه‌بندی اولیه رقابتی ناشی از شاخص‌های رشد مانند وزن خشک گیاه، ارتفاع، شاخص سطح کانوپی، نسبت ریشه به ساقه، میزان جذب خالص و نسبت سطح برگ، منطبق بر رتبه-بندی نهایی گونه‌ها از نظر قدرت رقابتی در آزمایش‌های مربوط به رقابت می‌باشد.

نتایج اکثر مطالعات انجام شده روی رقابت گیاهان زراعی و علف‌های هرز نشان می‌دهد که رقابت در هر دو محیط ریشه و اندام هوایی رخ می-دهد. اگر چه رقابت برای نور به عنوان اولین عامل کاهش محصول در بسیاری محصولات زراعی شناخته شده است، ولی تشکیلات گیاه در بالای زمین تحت تأثیر جذب عناصر غذایی (به ویژه نیتروژن) در زیرِزمین است، بنابراین میزان فراهمی نیتروژن می‌تواند گسترش رقابت علف‌های هرز را در اوایل فصل تحت تأثیر قرار دهد. به هنگام رقابت، معمولاً نوعی اثر متقابل قوی بین موادغذایی قابل دسترس و دیگر اعمال فیزیولوژیک و مورفولوژیک گیاه به‌وجود می‌آید. به عنوان مثال، تغذیه مناسب برای ریشه، عاملی جهت تشدید رقابت برای نور محسوب می‌شود (Radosevicch *et al.*, 2007).

در میان عناصر غذایی، نیتروژن اولین عنصری است که محدود می‌شود، چرا که یون نیترات در خاک به خوبی حفظ نمی‌گردد و به شدت متحرک است، بنابراین حجم ریشه گونه‌های در حال رقابت توانایی جذب نیتروژن را تعیین می‌کند (Radosevicch *et al.*, 2007). هر چند عناصر غذایی رشد گیاه زراعی را بهبود می‌بخشد ولی مطالعات زیادی نشان داده‌اند که کودها برای علف‌های هرز مفیدتر از گیاهان زراعی هستند (Iqbal and Wright, 1997 & 1999). علف‌های هرز، سریع‌تر از گیاهان زراعی رشد نموده و مواد غذایی قابل دسترس را آسان‌تر و بهتر جذب می‌کنند، در نتیجه یک رقیب غذایی جدی برای گیاه زراعی محسوب می‌شوند (Raun and Johnson, 1999).

بلکشاو و همکاران (Blackshaw *et al.*, 2003) در بررسی عکس‌العمل ۲۳ گونه علف هرز (از جمله یولاف وحشی) و دو گیاه زراعی گندم و کلزا به کود نیتروژن، دریافتند که بیوماس ریشه و نسبت بیوماس اندام هوایی به ریشه با افزایش میزان کود، در گیاهان مورد مطالعه افزایش یافت. آن‌ها همچنین به این نتیجه رسیدند که گیاهان مورد مطالعه آن‌ها به طور معمول در زمان فراهمی نیتروژن، رشد ریشه را کمتر افزایش دادند.

در مطالعه ساتور و اسنایدون (Satorre and Snaydon, 1992) رقابت ریشه بین گیاه زراعی و علف‌های هرز زودتر از رقابت اندام هوایی رخ داد. در آزمایش وال و ماسیوناس (Wahle and Masiunas, 2003) ماده خشک ریشه و اندام

www.SID.ir

Archive of SID

هوایی تاجریزی سیاه (*Solanum nigrum* L.) با افزایش غلظت محلول نیترات به صورت خطی افزایش یافت. نتایج آزمایش موسوی و همکاران (Moosavi *et al.*, 2004) نیز نشان داد که با افزایش نیتروژن، قابلیت رقابت نسبی گندم کاهش ولی قابلیت رقابت نسبی خردل وحشی (*Sinapis arvensis* L.) افزایش یافت.

برخی از محققین معتقدند که افزایش نسبت اندام هوایی به ریشه، یک واکنش طبیعی در آن دسته از گونه‌هایی است که در معرض رقابت با سایر گونه‌ها قرار دارند (Stone *et al.*, 1998)، این وضعیت به منظور افزایش توانایی گونه‌ها در جذب نور، در شرایط رقابت بوده است. اما نتایج برخی از پژوهشگران با این یافته‌ها مغایرت دارد، به طوری که گیاه ماده خشک بیشتری را به سیستم ریشه‌ای اختصاص می‌دهد تا توانایی جذب ریشه‌ها افزایش یابد. در آزمایش سرخی لله لو و همکاران (Sorkhy Lellahlo *et al.*, 2008) با افزایش تراکم یولاف وحشی و شدت یافتن رقابت، نسبت ریشه به ساقه در گندم و یولاف وحشی افزایش یافت که این امر نشانگر حساسیت بیشتر اندام هوایی نسبت به سیستم ریشه‌ای در برابر رقابت بود. با مقایسه نسبت بیوماس ریشه به ساقه در دو گونه مذکور در هر سه نوع تداخل اندام هوایی، تداخل ریشه‌ای و تداخل کامل ملاحظه شد که این نسبت در یولاف وحشی به مراتب بیشتر از گندم است و این امر نشانگر قدرت رقابت و ریشه‌دهی بیشتر یولاف وحشی نسبت به گندم بود.

واکر و کینگ (Walker and King, 2008) به این نتیجه رسیدند که بیوماس رویشی *Trifolium ambiguum* L. در صورت عدم وجود رقابت ریشه‌ای با *Bromus biebersteinii* دو برابر شد. اما تعداد، بیوماس و سطح برگ آن، تحت تأثیر رقابت اندام هوایی قرار نگرفت. در آزمایش آن‌ها تیمارهای رقابت کامل، رقابت ریشه، رقابت اندام هوایی و بدون رقابت، نسبت ریشه به اندام هوایی را در دو گیاه مذکور تحت تأثیر قرار نداد. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که استقرار موفقیت آمیز گیاه مورد آزمایش به کاهش رقابت ریشه‌ای در طول مرحله گیاهچه‌ای وابسته است.

بدیهی است در مراحل اولیه رشد، زمانی که محدودیت فضایی برای گیاهان در حال رقابت ایجاد نشده است، رقابت برای نور از اهمیت قابل توجهی برخوردار نیست در حالی که رقابت در محیط ریشه عامل تعیین کننده‌ای در این زمان می‌باشد. با توجه به این که اندام‌های هوایی گیاه تحت تأثیر جذب مواد غذایی و رشد اندام‌های زیرزمینی است، می‌توان انتظار داشت که نه تنها رقابت در محیط ریشه بر رقابت نوری آتی گیاهان نیز مؤثر باشد بلکه نتیجه رقابت اولیه گیاهان (در مرحله رشد رویشی) در بسیاری از موارد تعیین کننده رقیب برتر باشد (Radosevicch *et al.*, 2007). از این‌رو مطالعه رقابت علف‌های هرز با گیاهان زراعی در مرحله رشد رویشی و تأثیر آن بر رشد اندام‌های هوایی و ریشه، امری مهم و ضروری به نظر می‌رسد. در همین راستا این آزمایش با هدف بررسی اثرات اولیه رقابت یولاف وحشی با گندم بر رشد اندام هوایی و ریشه آن‌ها در سطوح مختلف نیتروژن انجام شد.

www.SID.ir

Archive of SID

مواد و روش‌ها

این تحقیق در بهار سال ۱۳۸۷ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. شرایط محیطی گلخانه کنترل شده و شامل طول روز ۱۴ ساعت، رطوبت نسبی ۶۰ درصد و دمای ۲۵ درجه سانتیگراد در روز و ۲۰ درجه سانتیگراد در شب بود. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. فاکتور اول تراکم گندم (۰ و ۸ بوته در گلدان)، فاکتور دوم تراکم‌های مختلف یولاف وحشی (۰، ۲، ۴، ۶ و ۸ بوته در گلدان)، و فاکتور سوم میزان فراهمی نیتروژن (در پنج سطح ۱، ۴، ۸، ۱۲ و ۱۶ میلی‌مولار) بود. آزمایش، در هنگام بررسی صفات گندم با دو فاکتور تراکم یولاف وحشی و سطح نیتروژن مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. واحدهای آزمایشی شامل گلدان‌های پلاستیکی یکسان با قطر دهانه ۲۰ و عمق ۲۵ سانتی‌متر حاوی میزان کاملاً مساوی از خاک بودند. خاک مورد استفاده، ماسه (فاقد عناصرغذایی معدنی و آلی) بود که بعد از الک کردن توسط الک‌های استاندارد، چندین مرتبه توسط آب شسته شد. برای کاشت، بذور از پیش جوانه‌زده یولاف وحشی و گندم (که طول ریشه‌چه آن‌ها بیش از ۲ میلی‌متر بود) به گلدان‌ها منتقل، در عمق ۲ سانتی‌متری خاک کاشته و بلافاصله توسط محلول‌های غذایی آبیاری شدند.

تغذیه گیاهان با محلول غذایی از پیش تهیه شده با حجم ثابت برای همه تیمارها و به صورت روزانه انجام شد. این حجم از محلول غذایی که به منظور جلوگیری از تجمع عناصر غذایی در گلدان‌ها انتخاب شد در حدی بود که با فواصل زمانی به کار رفته در آزمایش، فرآیند آبشویی در تمام گلدان‌ها انجام می‌شد. محلول غذایی مورد استفاده بر اساس دستورالعمل مک کلاف تهیه شد (McCullough *et al.*, 1994). بر اساس این دستورالعمل مقادیر ۵۱/۳۸ گرم اکسید فسفر[1]، ۷۰/۴ گرم سولفات - پتاسیم[2]، ۸۰ گرم سولفات منیزیم[3]، ۴ گرم کیلیت - منگنز[4]، ۰/۳۰۲۸ گرم سولفات مس[5] و ۰/۳۱۱۴ گرم سولفات روی[6] در پنج بشکه، هر یک به حجم ۲۰۰ لیتر دارای آب مقطر حل شد سپس مقادیر ۶/۰۸، ۲۴/۳۴، ۴۸/۶۸، ۷۳/۰۳ و ۹۷/۳۷ گرم اوره[7] برای ایجاد سطوح مختلف نیتروژن به محلول‌های غذایی اضافه گردید.

آزمایش در انتهای مرحله رشد رویشی گیاه زراعی گندم (بر اساس فنولوژی گندم در تیمار بدون علف هرز و در سطح نیتروژن ۸ میلی‌مولار) به پایان رسید. در زمان برداشت، ریشه‌های گندم و یولاف وحشی پس از شستشو توسط آب تحت فشار، به دقت تفکیک شدند. سپس اندام هوایی از ریشه جدا شد و نمونه‌ها در آون با دمای ۸۰ درجه سانتیگراد به مدت ۴۸ ساعت خشک و سپس توزین شدند.

توانایی رقابت نسبی گندم (به یولاف وحشی) از طریق محاسبه شاخص تعادل رقابتی[8] (C_b) مورد ارزیابی قرار گرفت. این شاخص بر اساس معادله ۱ محاسبه گردید که در آن W_{CW}، W_{WC}، W_C و W_W به ترتیب بیوماس (در گیاه) گندم در مخلوط

[1]- P2O5 (0-20-0)
[2]- K2SO4 (0-50-0)
[3]- MgSO4, 7H2O
[4]- Mn chelate
[5]- CuSO4, 5H2O
[6]- ZnSO4, 7H2O
[7]- Urea (46-0-0)
[8] - Competitive Balance Index

www.SID.ir

Archive of SID

با یولاف وحشی، یولاف وحشی در مخلوط با گندم، گندم خالص و یولاف وحشی خالص می‌باشند (Wilson, 1988):

$$C_b = \ln (W_{CW} / W_{WC}) / (W_C / W_W) \quad \text{(معادله ۱)}$$

به منظور کمّی سازی قدرت رقابتی یولاف وحشی در شرایط آزمایش و تعیین ضرایب رقابت درون و برون گونه‌ای، از آنالیز عکس وزن تک‌بوته با استفاده از رگرسیون چندگانه خطی استفاده شد (Spitters, 1983). این مدل بر اساس معادله ۲ و (به دلیل ثابت بودن تراکم گندم در آزمایش) صرفاً برای یولاف وحشی مورد استفاده قرار گرفت که در آن $1/W_w$ عکس وزن تک‌بوته یولاف وحشی، B_{w0} تخمین عکس وزن تک‌بوته یولاف وحشی در شرایط ایزوله، N_w تراکم یولاف وحشی، B_{ww} ضریب رقابت درون‌گونه‌ای یولاف وحشی، B_{wc} ضریب رقابت بین گونه‌ای گندم و یولاف وحشی و N_c تراکم گندم می‌باشد:

$$1/W_w = B_{w0} + B_{ww} N_w + B_{wc} N_c \quad \text{(معادله ۲)}$$

قابلیت رقابت نسبی[1] (RCA) یولاف وحشی نیز به عنوان شاخصی از قابلیت رقابت آن در برابر گندم از طریق معادله ۳ محاسبه گردید که در آن B_{ww} و B_{wc} به‌ترتیب ضرایب رقابت درون و بین گونه‌ای هستند که در مدل عکس وزن تک‌بوته (معادله ۲) برآورد شدند:

$$RCA = B_{ww} / B_{wc} \quad \text{(معادله ۳)}$$

به منظور بررسی روند تغییرات برخی از پارامترها در سطوح مختلف تراکم یولاف وحشی و نیتروژن از تجزیه رگرسیون و برازش توابع واکنش استفاده شد. به پارامترها، مدل‌های درجه دو، نمایی مجانبی صعودی دو پارامتری[2] (معادله ۴) و نمایی نزولی[3] سه پارامتری (معادله ۵) برازش داده شد که a در معادله ۴، مجانب بالایی منحنی و در معادله ۵ حداکثر مقدار y برآورد شده و b درجه تحدب منحنی است. y_0 در معادله ۵ نیز مجانب پایینی منحنی است:

$$y = a (1- e^{-bx}) \quad \text{(معادله ۴)}$$

$$y = y_0 + a e^{-bx} \quad \text{(معادله ۵)}$$

تجزیه و تحلیل داده‌ها به کمک نرم‌افزارهای آماری SAS و SigmaPlot انجام شد. مقایسات میانگین به روش آزمون LSD محافظت شده[4] و در سطح معنی‌دار بودن ۵ درصد انجام شد. اَشکال نیز توسط نرم‌افزارهای Excel و SigmaPlot رسم گردید.

نتایج و بحث

الف- وزن خشک اندام هوایی:

نتایج تجزیه واریانس داده‌های آزمایش نشان داد که اثر اصلی تراکم یولاف وحشی، اثر اصلی نیتروژن و اثرات متقابل آن‌ها بر وزن خشک اندام هوایی گندم معنی‌دار بود ($P<۰/۰۱$). با افزایش تراکم یولاف وحشی وزن خشک اندام‌های هوایی گندم کاهش یافت ولی فقط افزایش فراهمی نیتروژن از ۱ به ۴ میلی‌مولار موجب افزایش وزن خشک اندام‌های هوایی گندم شد. در حالت تک کشتی، وزن خشک اندام‌های هوایی گندم در سطوح ۴ تا ۱۶ میلی‌مولار اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشت (شکل ۱). این موضوع می‌تواند بیانگر کفایت سطح ۴ میلی‌مولار نیتروژن برای

[1]- Relative Competitive Ability

[2] - Exponential Rise to Maximum
[3] - Exponential decay
[4] - Fisher's least significant difference (FLSD)

www.SID.ir

Archive of SID

مرحله رشد رویشی گندم خالص باشد. ولی در هنگام رقابت یولاف وحشی، افزایش فراهمی نیتروژن بیش از ۴ میلی مولار، وزن خشک اندام-های هوایی گندم را در تراکم کم (۲ بوته در گلدان) افزایش و در تراکم زیاد (۸ بوته در گلدان) کاهش داد (شکل ۱). به این ترتیب به نظر می‌رسد افزایش نیتروژن در شرایط رقابت، در تراکم‌های کم یولاف وحشی موجب برتری رقابتی گندم و در تراکم‌های زیاد آن موجب برتری رقابتی یولاف وحشی گردیده است. افزایش وزن خشک اندام‌های هوایی یولاف وحشی درتراکم‌های بالا هنگام افزایش سطح نیتروژن نیز مؤید این موضوع است (داده‌ها نشان داده نشده است). احتمالاً فرصت طلبی علف هرز و استفاده بیشتر آن از نیتروژن موجود در سطوح بالای تراکم باعث تسریع رشد رویشی و ایجاد محدودیت برای رشد گندم شده است. از طرف دیگر افزایش تراکم یولاف وحشی در سطح ۱ میلی‌مولار نیتروژن، تأثیری بر وزن خشک اندام-های هوایی گندم نداشت که نشان می‌دهد در سطح کم فراهمی نیتروژن، به دلیل رشد کم تک بوته‌ها، رقابت بین گونه‌ای از شدت کمتری برخوردار بوده است.

اثرات اصلی رقابت گندم، تراکم یولاف وحشی و نیتروژن و همچنین اثرات متقابل دوگانه آن‌ها بر وزن خشک اندام هوایی یولاف وحشی نیز معنی‌دار بود ($P<0/01$). افزایش نیتروژن باعث افزایش وزن خشک اندام هوایی یولاف وحشی هم در کشت خالص و هم در حالت رقابت با گندم شد. رقابت گندم نیز باعث کاهش معنی‌داری در وزن خشک اندام هوایی یولاف وحشی نسبت به تک‌کشتی آن در همه سطوح نیتروژن شد (شکل ۲). مدل نمایی مجانبی رابطه بین سطح فراهمی نیتروژن و وزن خشک اندام هوایی یولاف وحشی را در هر دو حالت به خوبی توجیه نمود. مقدار پارامتر a (مجانب مدل) در حالت عدم رقابت و رقابت به ترتیب ۰/۹۰ و ۰/۴۴ (گرم در بوته) بود که با توجه به اختلاف معنی‌دار پارامتر در دو حالت مذکور (از طریق آزمون t استیودنت) کاهش وزن خشک اندام هوایی یولاف وحشی در هنگام رقابت با گندم مورد تأیید قرار گرفت (شکل ۲). این موضوع می‌تواند موجب کاهش توانایی یولاف وحشی در جذب سایر منابع به ویژه نور در مراحل بعدی رشد شود. وال و ماسیوناس (Wahle and Masiunas, 2003) نیز بیان داشتند که در آزمایش گلخانه‌ای آن‌ها، ماده خشک اندام هوایی تاجریزی با افزایش غلظت نیترات به ۱۰ میلی‌مولار به صورت نمایی افزایش یافت. در آزمایش مزرعه‌ای آن‌ها، افزایش کود نیتروژن تا ۱۶۸ کیلوگرم در هکتار، بیوماس هوایی تاجریزی را افزایش داد ولی در مقادیر ۱۶۸ تا ۳۳۶ کیلوگرم نیتروژن در هکتار میزان رشد تاجریزی مشابه بود. آن‌ها همچنین به این نتیجه رسیدند که رشد کمتر اندام هوایی این علف هرز در مقادیر پایین نیتروژن، توانایی آن‌را برای به دست آوردن منابع دیگر، به ویژه نور کاهش داد.

رقابت گندم با یولاف وحشی، وزن خشک اندام هوایی این علف هرز را در سطح فراهمی کم نیتروژن (۱ میلی‌مولار) ۶۳/۶ درصد و در سطح فراهمی زیاد (۱۶ میلی مولار) ۴۸/۳ درصد کاهش داد (شکل ۲). این موضوع نشان می دهد که اثر منفی رقابت گندم بر رشد اندام هوایی یولاف وحشی در سطح کم نیتروژن شدیدتر بوده است و با افزایش نیتروژن، این اثر منفی کمتر شده است. این

www.SID.ir

Archive of SID

موضوع می‌تواند مؤکد بر نتایج قبلی مبنی بر اثر بیشتر نیتروژن بر افزایش رشد اندام هوایی یولاف وحشی در شرایط رقابت باشد.

ب- وزن خشک ریشه:

اثرات اصلی تراکم و سطوح نیتروژن بر وزن خشک ریشه گندم معنی‌دار ($P<۰/۰۱$) ولی اثرات متقابل آن‌ها غیرمعنی‌دار بود ($P>۰/۰۵$). تغییرات وزن خشک ریشه تک بوته گندم نسبت به افزایش سطح نیتروژن از یک معادله نمایی مجانبی پیروی کرد ($R^{2*}=۰/۹۱$) (شکل ۳). همان طور که این شکل نشان می‌دهد فقط افزایش سطح نیتروژن از ۱ به ۴ میلی‌مولار باعث افزایش معنی‌دار (به میزان ۱۶/۷۵ درصد) وزن خشک ریشه تک بوته گندم شد و بین سطوح ۴، ۸، ۱۲ و ۱۶ میلی‌مولار تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد، که می‌تواند دلالت بر کفایت سطح ۴ میلی‌مولار نیتروژن برای گندم باشد. از آنجایی‌که گیاهان معمولاً در هنگام فراهمی نیتروژن، رشد ریشه را کمتر را افزایش می‌دهند، به نظر می‌رسد افزایش سطح نیتروژن بیش از ۴ میلی‌مولار باعث مصرف تجملی نیتروژن شده و تأثیری در افزایش وزن خشک ریشه گندم نداشته است. نتایج آزمایش افلاکپوی و همکاران (Aflakpui *et al.*, 1998) نیز افزایش وزن خشک ریشه ذرت را با افزایش فراهمی نیتروژن از ۲۰ به ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار (در میانگین سطوح علف جادو (*Striga hermonthica* L.)) در همه نمونه برداری‌ها (مرحله ۴، ۸، ۱۲ و ۱۸ برگی ذرت) نشان داد .

افزایش تراکم یولاف وحشی موجب افزایش رقابت بین گونه‌ای شد و وزن خشک ریشه گندم را به طور معنی‌داری کاهش داد (شکل ۴). این کاهش از طریق یک مدل نمایی نزولی بخوبی توجیه شد ($R^2=۰/۹۹$). تبعیت این کاهش از یک معادله نمایی مجانبی حاکی از آن است تأثیر هر بوته یولاف وحشی بر کاهش وزن خشک ریشه گندم در تراکم‌های کم، به مراتب بیشتر از تراکم‌های بالاست، به طوری که که وزن خشک ریشه گندم در تراکم‌های ۸ و ۱۶ بوته یولاف وحشی در گلدان، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشت. این موضوع تأکیدی بر وجود رقابت درون گونه ای یولاف وحشی حتی در مراحل اولیه رقابت دارد. در آزمایش ساتور و اسنایدون (Satorre and Snaydon, 1992) نیز یولاف وحشی توانایی رقابت ریشه‌ای بالاتری نسبت به سه گونه غلات مورد آزمایش آن‌ها (گندم، یولاف زراعی (*Avena sativa* L.) و جو) در مراحل مختلف رشد داشت.

افزایش سطح نیتروژن، وزن خشک ریشه یولاف وحشی را در شرایط رقابت و عدم رقابت با گندم به طور معنی‌داری افزایش داد (شکل ۵). تابع درجه دو در هر دو حالت این افزایش را به خوبی و با ضریب تبیین بالا توجیه نمود. برآورد نقطه عطف این تابع نشان داد که حداکثر میزان وزن خشک ریشه یولاف وحشی در حالت عدم رقابت با گندم در سطح نیتروژن ۱۵ میلی‌مولار و در حالت رقابت با گندم در سطح نیتروژن ۱۴/۷۵ میلی‌مولار حاصل شد. هرچند در هر دو حالت رقابت و عدم رقابت، بین وزن خشک ریشه یولاف وحشی در سطوح ۱۲ و ۱۶ میلی‌مولار نیتروژن تفاوت معنی‌داری وجود نداشت ولی افزایش وزن خشک ریشه یولاف وحشی در سطوح بالای نیتروژن می تواند حاکی از

www.SID.ir

Archive of SID

جذب و مصرف بیشتر این عنصر توسط یولاف وحشی نسبت به گندم در مراحل اولیه رشد باشد. این افزایش بین سطح ۱ تا ۱۶ میلی‌مولار برای ریشه یولاف وحشی در حالت رقابت و عدم رقابت با گندم به ترتیب ۷۷٪ و ۵۱٪ و برای ریشه گندم تنها ۱۳٪ بود. در آزمایش اندرسون و لاندگارد (Andersson and Lundegardh, 1999) وقتی که مقدار فراهمی نیتروژن از ۴۲ به ۶ میلی‌مولار در ۵۲ روز پس از کاشت رسید، وزن خشک ریشه علف هرز دم اسبی (*Equisetum arvense* (Del.) Benth.)، ۳۵ درصد کاهش یافت. بلکشاو و همکاران (Blackshaw *et al.*, 2003) نیز بیان کردند که با افزایش سطوح نیتروژن خاک، بیوماس ریشه بیشتر گونه‌های مورد مطالعه آن‌ها از جمله یولاف وحشی افزایش یافت.

پ- نسبت اندام هوایی به زیرزمینی:

با افزایش سطح نیتروژن، نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه گندم افزایش یافت (شکل A-۶). افزایش سطح نیتروژن تا ۱۲ میلی‌مولار باعث افزایش این نسبت در گندم شد، اما بین سطوح ۸، ۱۲ و ۱۶ میلی‌مولار تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. این موضوع نشان داد که فراهمی نیتروژن، وزن خشک اندام هوایی گندم را بیشتر از وزن خشک ریشه آن افزایش داده است. اندرسون و لاندگارد نیز به این نتیجه رسیدند که با افزایش غلظت نیتروژن از ۶ به ۴۲ میلی‌مولار، نسبت اندام‌هوایی به زیرزمینی دم اسبی افزایش یافت ولی بین غلظت‌های ۱۸، ۳۰ و ۴۲ میلی‌مولار اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (Andersson and Lundegardh, 1999). در آزمایشی دیگر نیز نسبت ریشه به اندام هوایی با کاهش میزان فراهمی نیتروژن در ذرت به طور معنی‌داری افزایش یافت (McCullough *et al.*, 1994).

نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه گندم در سطح ۱۶ میلی‌مولار نیتروژن در تمام تراکم‌های یولاف وحشی، به شکل معنی‌داری از سطح ۱ میلی‌مولار نیتروژن بیشتر بود (شکل B-۶). این نسبت، در تراکم‌های ۲، ۴، ۶ و ۸ بوته یولاف وحشی در گلدان، در سطح ۱۶ میلی‌مولار نیتروژن به‌ترتیب ۱/۸۱، ۱/۳۹، ۱/۳۷ و ۱/۳۰ برابر سطح نیتروژن ۱ میلی‌مولار بود. هرچند بیشترین نسبت اندام هوایی به ریشه برای سطح نیتروژن ۱۶ میلی‌مولار در تراکم ۲ بوته یولاف وحشی در گلدان و برای سطح ۱ میلی‌مولار نیتروژن در تراکم ۸ بوته یولاف وحشی در گلدان حاصل شد ولی در مجموع افزایش تراکم یولاف وحشی تأثیر معنی-داری بر این شاخص در پایین‌ترین سطح نیتروژن مورد آزمایش نداشت. این موضوع می‌تواند حاکی از غالبیت گندم در سطح حداقل نیتروژن در آزمایش باشد که با دیگر نتایج این تحقیق مطابقت دارد. استون و همکارانش نیز نشان دادند که اگر گندم در رقابت با چچم (*Lolium moltiflorum* L.) رشد کند، حتی در صورت کافی بودن میزان نیتروژن در خاک نیز نسبت ریشه به اندام هوایی کاهش می یابد و قسمت عمده مواد ساخته شده به وسیله فتوسنتز به اندام‌های هوایی اختصاص داده می‌شود (Stone *et al.*, 1998) . با این حال در آزمایش والکر و کینگ (Walker and King, 2008) تیمارهای رقابت کامل، رقابت ریشه، رقابت اندام هوایی و بدون رقابت، نسبت ریشه به اندام

www.SID.ir

Archive of SID

هـوایی را در دو گیـاه *Trifolium ambiguum* و *Bromus biebersteinii* تحت تأثیر قرار نداد.

رقابـت گنـدم بـا یـولاف وحشـی، نسـبت انـدام هوایی به ریشـه ایـن علـف هـرز را در تمـام سـطوح نیتـروژن و تـراکم‌هـای ۴، ۶ و ۸ بوتـه در مترمربـع یـولاف وحشـی بـه شـکل معنـی‌داری کـاهش داد (شکل A -۷). این موضوع تأکید مجددی بـر تـأثیر بیشـتر رقابـت بـر کـاهش رشـد اولیـه انـدام هـوایی یولاف وحشـی دارد. بـه اعتقـاد سـاتور و اسـنایدون رقابت در محیط ریشه بیش از آنکه بر کـاهش رشـد ریشه مؤثر باشد باعث کاهش رشد اندامهای هـوایی گیاهـان مـی شـود (Satorre and Snaydon, 1992). بـا ایـن حـال در شـرایط رقابـت بـا گنـدم، افزایش تراکم یـولاف وحشـی تـأثیر معنـی‌داری بـر نسـبت انـدام هـوایی بـه ریشـه ایـن گیـاه در مرحلـه ابتدایی رشد نداشت (شکل B-۷).

در حالـت تـک‌کشـتی افـزایش تـراکم یـولاف وحشی تا ۴ بوته در گلدان ، نسـبت انـدام هـوایی بـه زیر زمینـی آن را افـزایش داد، ولـی افـزایش تـراکم یولاف وحشی به بیش از ۴ بوته در گلـدان، کـاهش این نسبت را در پی داشت. بـه‌نظـر مـی‌رسـد در ایـن حالت (تک کشتی علف هرز) افـزایش تـراکم تـا ۴ بوته در گلدان رقابت درون گونه‌ای برای علف هرز ایجاد نکرده است ولی با افزایش تراکم آن بـه بـیش از ۴ بوته در گلدان، رقابـت در محـیط ریشـه شـکل گرفته است که نتیجه آن کاهش نسبت وزن خشـک اندام هـوایی بـه ریشـه یـولاف وحشـی بـوده اسـت، هرچند این کـاهش فقـط در بـالاترین تـراکم مـورد ازمایش معنی دار بود (شکل B-۷)

ت- شاخص تعادل رقابتی گندم نسبت به یولاف وحشی:

توانایی رقابت گندم نسبت به یولاف وحشـی از طریق محاسبه شاخص تعـادل رقـابتی مـورد ارزیـابی قرار گرفـت. بررسـی اثـر متقابـل دو فـاکتور تـراکم علف هرز و نیتـروژن از کـاهش معنـی دار شـاخص تعادل رقابتی گنـدم هنگـام افـزایش تـراکم یـولاف وحشـی در همـه سـطوح نیتـروژن حکایـت داشـت (جدول ۱). بیشـترین مقـدار شـاخص تعـادل رقـابتی گندم (۱/۱۴) در کمترین تـراکم یـولاف وحشـی و در کمترین سـطح نیتـروژن مـورد آزمـایش حاصـل شـد. افـزایش سـطوح نیتـروژن نیـز باعـث کـاهش شاخص تعادل رقابتی گندم نسبت به یولاف وحشـی شد. در همـه تـراکم‌هـای یـولاف وحشـی، بیشـترین کاهش شاخص تعادل رقابتی با تغییر سـطح نیتـروژن از یک به ۴ میلی‌مولار حاصل شد، بین سطوح ۴، ۸، ۱۲ و ۱۶ میلی‌مولار اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول۱)

مقـادیر شـاخص تعـادل رقـابتی بـزرگ‌تـر، کوچک‌تر و مساوی صفر به‌ترتیب بیانگر ایـن اسـت که گیاه زراعی به ترتیب رقیبی قوی‌تر، ضعیف‌تر یـا هم‌تراز با علف هرز مـی‌باشـد. در آزمـایش حاضـر، مقـادیر ایـن شـاخص در همـه تـراکم‌هـای یـولاف وحشی و همه سطوح نیتروژن مثبت بـود کـه بیـانگر برتـری رقـابتی گنـدم نسـبت بـه یـولاف وحشـی در شرایط آزمایش بود. بررسـی تغییـرات ایـن شـاخص نیز نشان داد که با افزایش تراکم یـولاف وحشـی در مرحله اولیه رشد، قدرت رقابتی آن نسبت بـه گنـدم افزایش می یابد (کـاهش شـاخص مـذکور در گیـاه زراعی هنگام افزایش تراکم علف هرز). رادوسـویچ و همکاران نیز معتقدند که با افزایش تراکم علفهـای

www.SID.ir

Archive of SID

هـرز در مراحـل اولیـه رقابـت، ایـن گیاهـان شـانس بیشتری برای غلبـه بـر گیـاه زراعـی خواهنـد داشـت (Radosevicch *et al.*, 2007).

ث- قابلیت رقابـت نسـبی و رقابـت درون و بـرون گونه ای یولاف وحشی

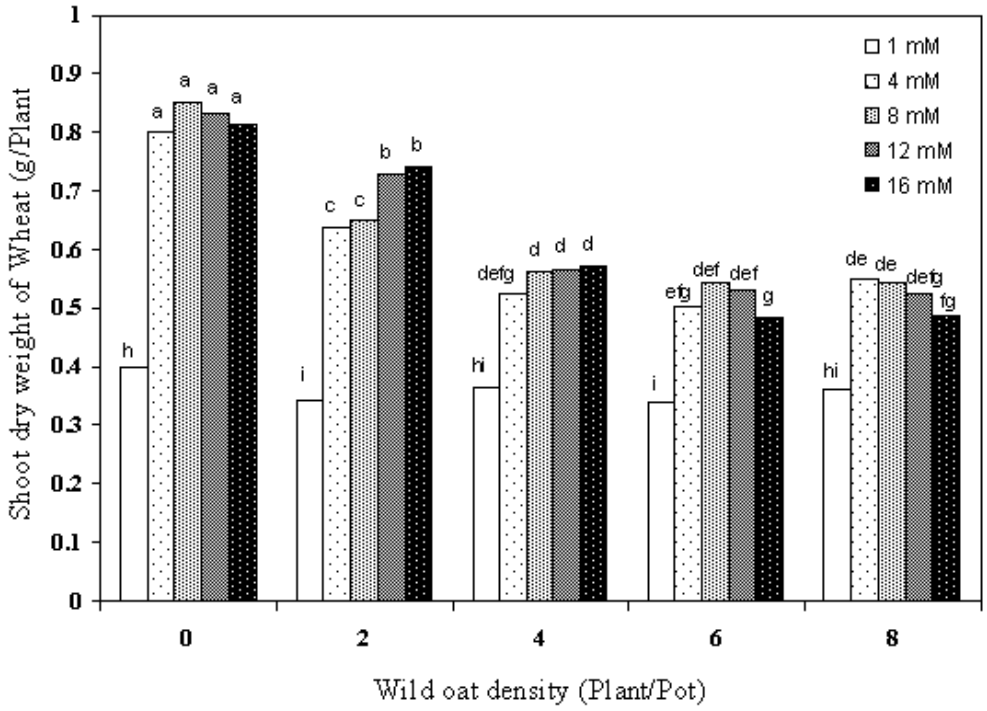
با افزایش سطوح نیتروژن، حداکثر وزن تک‌بوتـه یولاف وحشی در شرایط عـاری از رقابـت (B_{w0}) و ضرایب رقابت بین گونه‌ای (B_{wc}) و درون گونـه‌ای (B_{ww}) یـولاف وحشـی کـاهش یافـت (جـدول ۲). افـزایش سـطح نیتـروژن بـه ۱۶ میلـی‌مـولار باعـث کاهش ۶۷/۸ درصدی رقابـت بـین گونـه‌ای یـولاف وحشی و گندم شد. موسوی و همکاران (۱۳۸۳) نیز در آزمایش خود به این نتیجـه رسـیدند کـه افـزایش میـزان کـود نیتـروژن از ۱۵۰ بـه ۲۲۵ کیلـوگرم در هکتار، رقابت درون گونه‌ای خردل وحشی و رقابت بین گونه‌ای خردل وحشـی و گنـدم را بـه‌ترتیـب بـه میزان ۳۳ و ۲۴ درصد کـاهش داد. بررسـی ضـرایب مذکور نشان داد که در تمام سطوح نیتروژن، رقابت درون گونه‌ای یولاف وحشی کمتر از رقابـت بـین - گونه‌ای آن با گندم بود (جدول ۲). این نتایج بـدین مفهوم است که تأثیری که رقابت گنـدم بـر کـاهش وزن خشک یولاف وحشـی در مراحـل اولیـه رشـد دارد از تأثیر منفی یولاف وحشی بـر خـودش بیشـتر است. به این ترتیب انتظار مـی‌رود بتـوان بـا افـزایش تراکم کاشت گندم در کاهش رشد اولیه این علـف هرز مؤثر بـود و در نتیجـه قـدرت رقابـت آن را در مراحل بعدی رشد کاهش داد.

با افزایش نیتروژن، قابلیـت رقابـت نسـبی یـولاف وحشی در تراکمهای بالای آن افزایش نشان داد، بـه گونه‌ای که بالاترین مقدار شاخص مذکور در سطح نیتروژن ۱۶ میلی‌مولار و تراکم ۸ بوته در گلدان به‌دست آمد (داده ها نشان داده نشده است). این نتایج نشان داد که افزایش سطح نیتروژن در مراحـل اولیـه رشد هنگامیکه تـراکم یـولاف وحشـی زیـاد اسـت، باعث افزایش قدرت رقابت یولاف وحشی نسبت به گندم می شود. این مسأله پتانسیل سطوح بالای کـود نیتروژن در مراحل اولیه رشـد گنـدم را بـر تحریـک قدرت رقابتی یولاف وحشی نشـان مـی دهـد. نتـایج آزمایش موسوی و همکاران (۱۳۸۳) نیز نشان دادند که بر اساس میـانگین سـه تـاریخ نمونـه بـرداری، بـا افزایش نیتروژن، قابلیت رقابت نسبی گنـدم از ۰/۵۳ به ۰/۴ کاهش یافت، درحالی‌که قابلیت رقابت نسبی خردل وحشی از ۸/۴۴ به ۱۳/۹۹ افـزایش یافـت. در آزمـایش آن‌هـا نیـز بیومـاس گنـدم حتـی در سـطح بالای نیتروژن متأثر از رقابت خردل وحشی بود.

در مجمـوع نتـایج ایـن آزمـایش نشـان داد کـه افزایش نیتـروژن در شـرایط رقابـت، در تـراکم‌هـای کم یولاف وحشی موجب برتری رقابتی گندم ولـی در تراکم‌های زیاد آن موجب برتری رقابتی یـولاف وحشی می گردد. همچنین مشخص شد که اثر منفی رقابت گندم بر رشد اندام هوایی یولاف وحشـی در سـطح کـم نیتـروژن شـدیدتر اسـت و بـا افـزایش نیتروژن، این اثر منفی کمتر می شود.

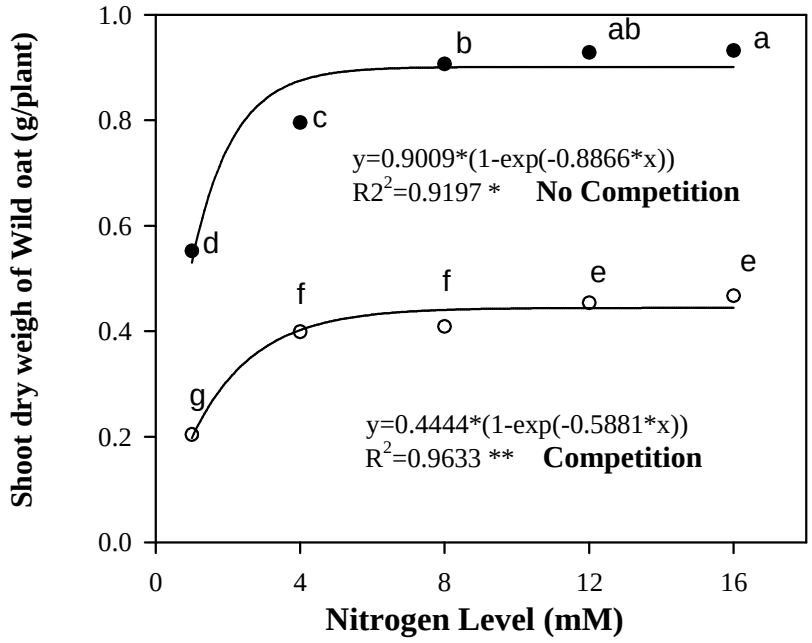
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- اثر نیتروژن بر وزن خشک اندام هوایی گندم در سطوح مختلف تراکم یولاف وحشی

Figure 1- Effect of nitrogen on shoot dry weight of wheat in different levels of wild oat density

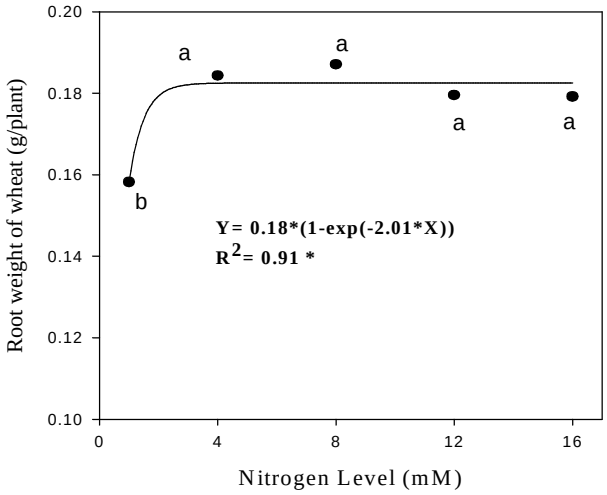


شکل ۲- اثر نیتروژن بر وزن خشک اندام هوایی یولاف وحشی (در میانگین تراکم‌های آن) در هنگام رقابت و عدم رقابت با گندم

Figure 2- Effect of nitrogen on shoot dry weight of wild oat (at mean of densities) when competing and no-competing with wheat

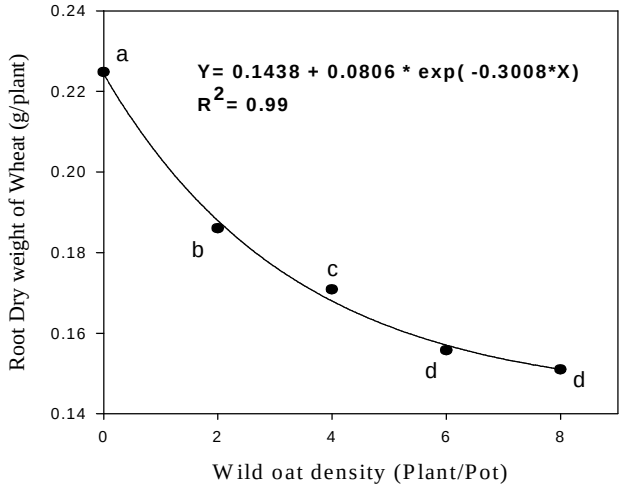
www.SID.ir

Archive of SID



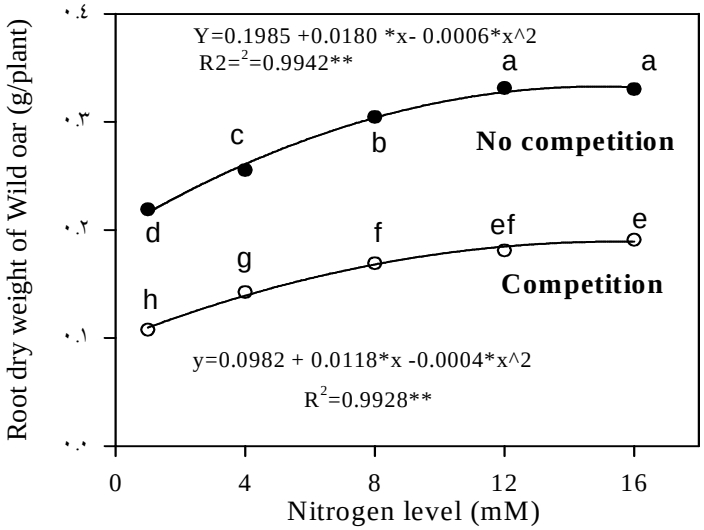
شکل ۳- اثر نیتروژن (در میانکین تراکم یولاف وحشی) بر وزن خشک ریشه گندم

Figure 3- Effect of nitrogen (at mean of wild oat densities) on root dry weight of wheat



شکل ۴- اثر تراکم یولاف وحشی (در میانگین سطوح نیتروژن) بر وزن خشک ریشه گندم

Figure 4- Effect of wild oat density (at mean of nitrogen levels) on root dry weight of wheat

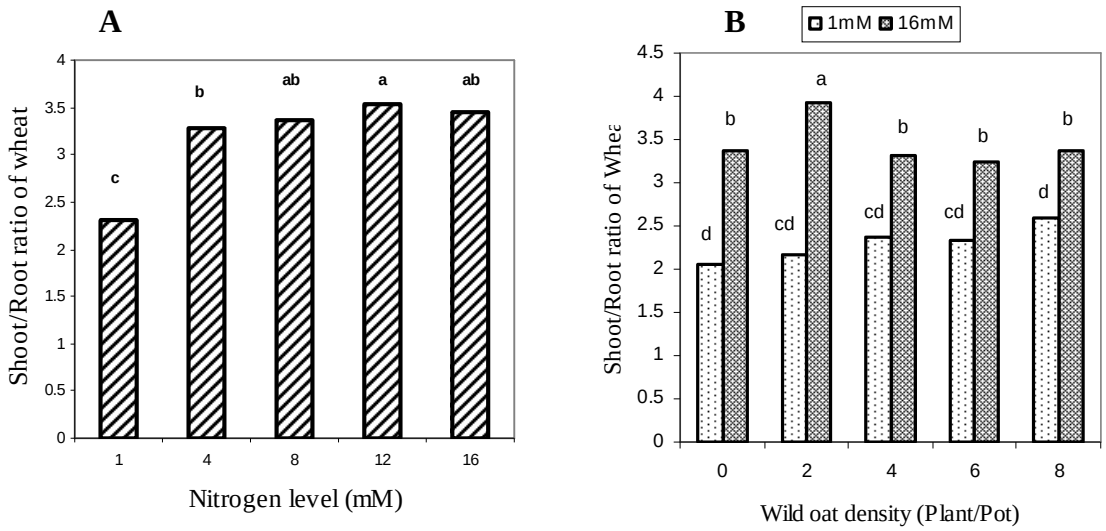


شکل ۵- اثر نیتروژن (در میانگین تراکم یولاف وحشی) بر وزن خشک ریشه یولاف وحشی درهنگام رقابت و عدم رقابت با گندم

Figure 5- Effect of nitrogen (at mean of wild oat densities) on root dry weight of wild oat when competing and no-competing with wheat

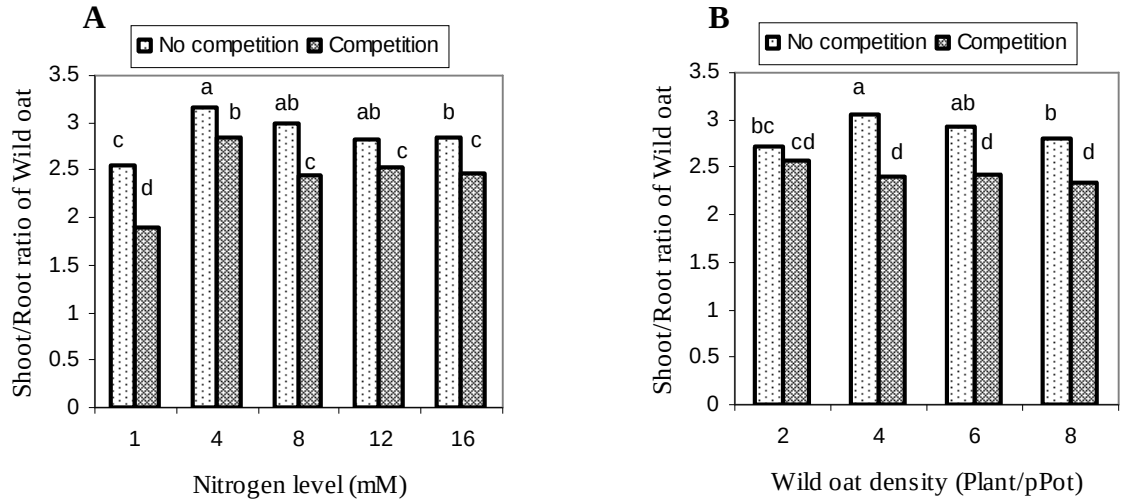
www.SID.ir

Archive of SID



شکل۶- اثر نیتروژن (در میانگین تراکم یولاف‌وحشی) (A) و اثر تراکم یولاف وحشی در سطوح ۱ و ۱۶ میلی مولار نیتروژن (B) بر نسبت وزن خشک اندام هوایی به زیرزمینی گندم

Figure 6- Effects of nitrogen (at mean of wild oat densities) (A) and effect of wild oat density at 1 mM and 16 mM nitrogen (B) on shoot/root dry weight ratio of wheat



شکل۷- اثر نیتروژن (A) و تراکم یولاف وحشی (B) بر نسبت وزن خشک اندام هوایی به زیرزمینی یولاف وحشی در هنگام رقابت و عدم رقابت با گندم

Figure 7- Effects of nitrogen (A) and wild oat density (B) on shoot/root dry weight ratio of wild oat in competing with wheat

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- اثر تراکم یولاف وحشی در سطوح مختلف نیتروژن بر شاخص تعادل رقابتی گندم نسبت به یولاف وحشی

Table 1- Effect of wild oat density at different levels of nitrogen on competitive balance index of wheat to wild oat

Density (Plant/Pot)	Nitrogen levels (mM)				
	1	**4**	**8**	**12**	**16**
2	1.145^{a}	0.711^{bc}	0.599^{bc}	0.721^{bc}	0.736^{b}
4	1.100^{a}	0.307^{ef}	0.360^{de}	0.286^{efg}	0.375^{de}
6	0.635^{bc}	0.102^{g}	0.302^{ef}	0.234^{efg}	0.132^{fg}
8	0.524^{cd}	0.182^{efg}	0.355^{de}	0.201^{efg}	0.151^{fg}

داده‌های با حروف مشابه بر اساس آزمون FLSD اختلاف معنی‌داری با هم ندارند (a=۰/ ۰۵).

Data followed by the same letters are not significantly different based on FLSD test (a= 0.05).

جدول ۲- ضرایب معادله عکس وزن تک‌بوته یولاف وحشی در هنگام رقابت با گندم

Table 2- Parameters of 1/w equation for wild oat when competing with wheat

Nitrogen levels (mM)	B_{w0}	B_{ww}	B_{wc}	R^2	P
1	1.809	0.0172	0.382	0.91	<0.001
4	1.300	-0.0077	0.144	0.94	<0.001
8	1.180	-0.0144	0.152	0.95	<0.001
12	1.094	-0.0129	0.127	0.96	<0.001
16	1.177	-0.0203	0.123	0.96	<0.001

Reference

فهرست منابع

Aflakpui, G. K., P. J. Gregory, & R. J. Hound-Williams. 1998. Uptake and partitioning of nitrogen by maize influenced with *Striga hermonthica*. Annal. Bot. 81:287-294.

Andersson, T. N., & B. Lundegardh. 1999. Growth of field horsetaill (*Equisetum arvense*) under low light and low nitrogen conditions. Weed Sci. 47:41-46.

Bell, A. R., & J. D. Nalewaja. 1968. Competition of wild oat in wheat and barley. Weed Sci. 16:505-508.

Blackshaw, R. E., R. N. Brandt, H. H. Janzen, T. Entz, C. A. Grant, & D. A. Derksen. 2003. Differential response of weed species to added nitrogen. Weed Sci. 51:532-539.

Cudney, D. W., L. S. Jordan, & A. E. Hall. 1991. Effect of wild oat (*Avena fatua*) infestations on light interception and growth rate of wheat (*Triticum aestivum*). Weed Sci. 39:175-179.

Iqbal, J., & D. Wright. 1997. Effects of nitrogen supply on competition between wheat and three annual weed species. Weed Res. 37:391-400.

Iqbal, J., & D. Wright. 1999. Effect of weed competition on flag leaf photosynthesis and grain yield of spring wheat. J. Agric. Sci. 132:23-30.

McCullough, D.E., P. Girardin, M. Mihajlovic, A. Aguilera, & M. Tollenaar. 1994. Influence of N supply on development and dry matter accumulation of an old and a new maize hybrid. Can. J. Plant Sci. 74:471-477.

www.SID.ir

Archive of SID

Moosavi, S.K., H. Rahimian Mashhadi and M. Nasiri Mahalati. 2004. Economic threshold of wild mustard (*Sinapis arvensis*) competition with winter wheat (*Triticum aestivum*). Journal of Plant Pests and Diseases. 72 (1): 113- 128. (in Persian).

Radosevicch, S.R., Holt, J.S., & C.M. Ghersa. 2007. Ecology of weeds and invasive plants, Relationship to agriculture and natural resource management. Jon Wiley & Sons Inc., Hoboken, New Jesey. Pp 454.

Raun, W. R., & G. V. Johnson. 1999. Improving nitrogen use efficiency for cereal production. Agron. J. 91:357-363.

Roush, M. L., & S. R. Radosevich. 1985. Relationship between growth and competitiveness of four annual weeds. J. Appl. Ecol. 22:895-905.

Satorre. E. H., & R. W. Snaydon. 1992. A comparison of root and shoot competition between spring cereals and *Avena fatua* L. Weed Res. 32:45-55.

Scursoni, J. A., & E. H. Satorre. 2005. Barley (*Hordeum vulgar*) and wild oat (*Avena fatua*) competition is affected by crop and weed density. Weed Technol. 19:790-795.

Sorkhy Lellahlo, F., A. Dabbagh Mohammadi Nassab and A. Javanshir. 2008. Assessment of Leaf Characteristics and Root to Shoot Ratio in Above and Below Ground Interference of Wheat (*Triticum aestivum*) and Different Densities of Wild Oat (*Avena fatua*). Journal of Science & Technology of Agriculture and Natural Resources. 12 (45): 435-446. (in Persian).

Spitters, C. J. T. 1983. An alternative approach to the analysis of mixed cropping experiments. 1: Estimation of competition effects. Nether. J. Agric. Sci. 31:1-11.

Stone, M. J., H. T. Cralle, J. M. Chandler, R. W. Bovey, K. H. Carson. 1998. Above- and below-ground interference of wheat (*Triticum aestivum*) by Italian ryegrass (*Lolium moltiflorum*). Weed Sci. 46:438-441.

Wahle, E. A., & J. B. Masiunas. 2003. Comparison of nitrogen use by two population densities of eastern black nightshade (*Solanum ptycantum*). Weed Sci. 51:394-401.

Walker, J. A., & J. R. King. 2008. Above- and below-ground competition between kura clover (*Trifolium ambiguum*) and meadow bromegrass (*Bromus biebersteinii*): A greenhouse study. Can. J. Plant Sci. 90: 21-27.

Wilson, J. B. 1988. Shoot competition and root competition. J. Appl. Ecol. 25: 279-296.

www.SID.ir