اثرات تراکم گیاه و تنش خشکی بر عملکرد و توانایی‌های رقابتی یونجه (*Medicago sativa* L.) و بروموس تومنتلوس (*Bromus tomentellus* Boiss.) در کشت خالص و مخلوط

سوسن براتی[1*]، مهدی بصیری[1]، محمدرضا وهابی[1]، محمدرضا مصدقی[2] و مصطفی ترکش[1]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۷/۲۹ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۹/۳)

چکیده

به‌منظور بررسی اثرات تراکم گیاهی و تنش خشکی بر عملکرد یونجه و بروموس تومنتلوس، آزمایشی در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی اصفهان در سال ۱۳۹۲ به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی و در چهار تکرار اجرا شد. ۱۸ تیمار شامل ۳ ترکیب کشت به‌صورت خالص و مخلوط، دو سطح تراکم گیاهی و سه سطح آبیاری اعمال گردید. نتایج نشان داد که کشت خالص یونجه نسبت به کشت مخلوط و کشت مخلوط نسبت به کشت خالص بروموس دارای عملکرد کل بالاتری است. شاخص نسبت برابری زمین (LER) در تمامی تیمارهای کشت مخلوط کمتر از یک به‌دست آمد که نشان‌دهنده وجود رقابت بین‌گونه‌ای در کشت مخلوط بود. میزان عملکرد و تولید زیست‌توده به‌ازای پایه با افزایش تراکم و افزایش رقابت و هم‌چنین با افزایش تنش خشکی و کاهش منبع رطوبت کاهش یافت. مقایسه وزن ماده خشک عملکرد بالای سطح و پایین سطح نشان داد که یونجه بیشتر به رقابت درون‌گونه‌ای حساس است تا رقابت برون گونه‌ای و عملکرد بروموس بیشتر به‌وسیله رقابت بین گونه‌ای اعمال شده توسط یونجه محدود می‌شود تا رقابت درون گونه‌ای. شاخص شدت رقابت نسبی در تمامی تیمارها برای بروموس مثبت و برای یونجه منفی به‌دست آمد که نشان‌دهنده توان رقابتی بیشتر یونجه نسبت به بروموس در کشت مخلوط بود.

واژه‌های کلیدی: بروموس تومنتلوس، رقابت درون‌گونه‌ای، رقابت برون‌گونه‌ای، کشت خالص، کشت مخلوط، یونجه

۱. گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۲. گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: S_barati@na.iut.ac.ir

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.24763128.1394.4.14.4.3]

[DOI: 10.18869/acadpub.ijae.4.14.27]

مقدمه

روابط متقابل (Interactions) بین گیاهان از عوامل مهم پویایی جوامع گیاهی محسوب می‌شود و استقرار و بقای آنها را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۶). تا اوایل دهه ۱۹۹۰، رقابت (Competition) (رابطه منفی) به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر ساختار جوامع گیاهی شناخته شده و بسیاری از نظریه‌های اکولوژیک با توجه به اهمیت نسبی رقابت توجیه و تفسیر می‌شد (۱۳). در سال‌های اخیر مشخص شده است که فرآیندهای رقابت و تسهیل (Facilitation) (رابطه مثبت) به‌طور هم‌زمان در جامعه حضور دارند و با یکدیگر در تعادل می‌باشند (۸). نوع برهم‌کنش‌های بین گیاهان بر ساختار مکانی جوامع گیاهی تأثیرگذار است به‌طوری‌که اگر نتیجه برهم‌کنش تسهیل باشد هم‌بستگی بین گیاهان مثبت ولی اگر برهم‌کنش رقابت و آللوپاتی غالب باشد هم‌بستگی بین آنها منفی خواهد بود (۲۰). رقابت، یکی از نیروهای عمده در جوامع گیاهی است که ترکیب پوشش گیاهی، عملکرد گیاه و الگوهای توالی را در بسیاری از رویشگاه‌ها (۱۹) تعیین می‌کند. با توجه به تخریب سریع اکوسیستم‌های مرتعی در بیشتر نقاط جهان، توسعه روش‌های جدید مدیریت و احیاء با کارایی زیاد و هزینه کم جهت تقویت عملکرد و خدمات این اکوسیستم‌ها ضروری است. بنابراین درک بهتر روابط متقابل بین گیاهان علوفه‌ای و مرتعی برای بذرکاری و احیاء پوشش گیاهی به‌منظور شناخت تأثیر نسبی آنها بر فرآیندهای عملکردی اکوسیستم می‌تواند راه‌گشا باشد. در طبیعت معمولاً گونه‌ها به تنهایی مشاهده نشده و همواره عرصه زیست بوم‌های طبیعی را مخلوطی از گونه‌های مختلف که دارای روابط خاصی می‌باشند، تشکیل می‌دهند. از اینرو، به‌منظور اصلاح و توسعه مراتع و بهبود تولید در این اکوسیستم‌ها، لازم است از طبیعت الگوبرداری و از کشت مخلوط دو یا چند گونه استفاده شود (۴). کشت مخلوط تکنیکی است که به‌منظور افزایش محصول و بالابردن بهره‌وری از زمین (۱۱)، حفاظت از خاک و افزایش بازده اقتصادی (۹) استفاده می‌گردد. بررسی تولیدکنندگی در سیستم‌های کشت مخلوط نشان می‌دهد که محصول ماده خشک بالای سطح زمین به‌طور مثبت با توانایی رقابتی گونه‌های کشت شده در ارتباط است بنابراین، تعیین رقابت بین گونه‌ای برای ارزیابی دقیق تولیدکنندگی سیستم‌های چند کشتی (مخلوط) بسیار مهم خواهد بود. گراس‌ها و لگوم‌ها از خانواده‌های مرتعی غالب اکثر مراتع ایران می‌باشند و جهت احیاء و علوفه‌کاری در عرصه‌های طبیعی، دارای اهمیت ویژه‌ای هستند. لذا گونه‌های یونجه (*Medicago sativa L.*) و برموس تومنتلوس(. *Bromus tomentellus* Boiss) که دو گونه علوفه‌ای خوش‌خوراک از گراس‌ها و لگوم‌ها هستند برای این مطالعه انتخاب شدند. هدف از این مطالعه، بررسی تغییرات عملکرد و توانایی‌های رقابتی یونجه و بروموس تومنتلوس براساس تراکم و سطوح مختلف تنش رطوبتی در شرایط کشت خالص و کشت مخلوط می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در گلخانه تحقیقاتی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان در سال ۱۳۹۲ انجام شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی و در چهار تکرار اجرا شد. بذور گونه‌های یونجه و بروموس تومنتلوس در گلدان‌های پلی‌اتیلنی به قطر ۲۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۱ متر کشت شدند. درکف گلدان‌ها تا ارتفاع ۱۵ سانتی‌متری ماسه و سنگریزه ریخته شد. سپس هر گلدان با ۲۵ کیلوگرم خاک یکنواخت که از ۲۰ سانتی‌متری لایه سطحی یکی از مراتع شهرستان فریدون‌شهر جمع‌آوری شده بود، پر گردید. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در جدول (۱) آورده شده است. خاک مورد استفاده دارای بافت سنگین، کمی قلیایی و بدون شوری است.

۱۸ تیمار شامل ۳ ترکیب کشت به‌صورت خالص و مخلوط، دو تراکم ۲ و ۴ تایی و سه سطح آبیاری اعمال گردید. به‌منظور تعیین تیمارهای آبیاری، ابتدا در آزمایشی جداگانه نقطه پژمردگی دائم (Permanent Wilting Point) برای دو گونه به‌روش بیریگز و شانتز (۷) تعیین گردید. حد ظرفیت

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-16]
[DOR: 20.1001.1.24763128.1394.4.14.4.3]
[DOI: 10.18869/acadpub.ijae.4.14.27]

جدول ۱. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده جهت کشت

خصوصیت مورد بررسی	رس (٪)	سیلت (٪)	شن (٪)	ماده آلی (٪)	آهک (٪)	N (٪)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	PH	EC (dS/m)
میزان	۴۷/۱۱	۳۵/۵	۱۷/۳۹	۱/۶	۴۶/۵	۰/۰۲۸	۰/۴۵۶	۷۹۷/۲۸	۷/۶۴	۰/۸۳۲

زراعی (Field Capacity) خاک مورد مطالعه نیز در آزمایشگاه تعیین گردید. مقدارآب قابل استفاده خاک برای گیاه (Plant Available Water) از تفاضل ظرفیت زراعی (FC) و نقطه پژمردگی دائم (PWP) به‌دست آمد. سطوح PAW ٪۵ ± ۷۵، PAW ٪۵ ± ۵۰ و PAW ٪۵ ± ۲۵ محاسبه گردید و در طول دوره آزمایش به‌ترتیب به‌عنوان سطوح ۱، ۲ و ۳ تیمارهای آبیاری (تنش خشکی کم، متوسط و زیاد) مورد استفاده قرار گرفت. بدین منظور گلدان‌ها به‌طور منظم وزن می‌شدند و مقدار آب لازم برای رسیدن به هر کدام از سطوح اضافه می‌شد (۲۴). آزمایش از فروردین ماه سال ۱۳۹۲ آغاز گردید و ۶ ماه پس از کاشت و استقرار کامل گونه‌ها و پس از یک دوره برداشت از زیست‌توده گونه‌ها، تیمارهای رطوبتی اعمال گردید. ۳۳، ۶۴ و ۹۵ روز پس ازاعمال تنش‌های آبیاری زیست‌توده بالای سطح خاک هر گیاه از ارتفاع ۵ سانتی‌متری در بالای طوقه برداشت گردید (سه برداشت با فاصله تقریباً یک ماه). زیست‌توده برداشت شده به تفکیک گونه، به‌صورت تازه توزین گردید. جهت اندازه‌گیری وزن خشک، ۲۵ درصد نمونه‌ها در داخل آون با دمای ۷۰ درجه به‌مدت ۲۴ ساعت خشک گردید و با محاسبه ضریب خشک به تر برای هر گونه، عملکرد ماده خشک محاسبه گردید. در نهایت داده‌های حاصل از ۳ برداشت در هر تیمار جمع شدند و عملکرد کل محاسبه گردید. از تقسیم عملکرد کل به تعداد پایه‌ها با و بدون درنظرگرفتن نوع گونه، به‌ترتیب عملکرد یک پایه از هر گونه و عملکرد یک پایه در تیمارهای مورد مطالعه محاسبه گردید. در پایان آزمایش، گلدان‌ها به‌صورت طولی باز شد و خاک اطراف ریشه‌ها به‌وسیله آب به آرامی و با دقت شسته شد. ریشه‌ها و ساقه‌های هر گونه تفکیک گردید و پس از خشک کردن نمونه‌ها در آون وزن خشک ریشه‌ها محاسبه گردید (۲۳). سپس ماده خشک ریشه به‌ازای یک پایه از هر گونه در تیمارهای مورد مطالعه تعیین شد. جهت تعیین طول ریشه، پس از عکس گرفتن از ریشه‌ها از نرم‌افزار GiA Roots استفاده گردید و طول ریشه‌ها محاسبه شد (۱۰). جهت ارزیابی کشت مخلوط، از شاخص نسبت برابری زمین (LER) استفاده شد (۲۲) (رابطه ۱) :

$$LER = \left(Y_{bmix}/Y_{bmono}\right)+\left(Y_{mmix}/Y_{mmono}\right) \qquad [۱]$$

Y_{bmix} و Y_{bmono}، عملکرد برموس تومنتلوس در کشت مخلوط و کشت خالص و Y_{mmix} و Y_{mmono}، عملکرد یونجه در کشت مخلوط و کشت خالص می‌باشد. در صورتی‌که LER =۱ باشد کشت مخلوط نسبت به کشت خالص برتری ندارد . در LER >1 کشت مخلوط نسبت به کشت خالص دارای برتری می‌باشد و تسهیل بین‌گونه‌ای بیشتر از رقابت است. در حالتی‌که LER <۱ باشد کشت مخلوط در مقایسه با سیستم کشت خالص از عملکرد کمتری برخوردار است و رقابت بین‌گونه‌ای قوی‌تر از تسهیل است. جهت مقایسه توانایی رقابتی دو گونه برموس تومنتلوس و یونجه از شاخص شدت رقابت نسبی (Relative Competition Intensity) استفاده گردید (رابطه ۲).

$$RCI = \left(P_{mono} - P_{mix}\right)/P_{mono} \qquad [۲]$$

P_{mono} و P_{mix}، عملکرد به‌ازای پایه گیاه در کشت خالص و کشت مخلوط می‌باشد. اگرشاخص RCI برابر صفر باشد رقابت درون و برون‌گونه‌ای برابر است، اگر مثبت باشد رقابت بین گونه‌ای بیشتر است و اگر ارزش منفی داشته باشد بدین معنی است که رقابت درون گونه‌ای بیشتر است (۲۱). تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS 21 انجام شد و جهت مقایسه میانگین‌ها، از آزمون توکی استفاده گردید.

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-16]
[DOR: 20.1001.1.24763128.1394.4.14.4.3]
[DOI: 10.18869/acadpub.ijae.4.14.27]

جدول ۲. خلاصه تجزیه واریانس برای پارامترهای مورد بررسی تحت تأثیر تیمارهای تراکم، نوع کشت و تنش خشکی در گونه‌های یونجه و بروموس تومنتلوس

منابع تغییرات	برداشت اول	برداشت دوم	برداشت سوم	عملکرد کل	عملکرد به‌ازاء یک پایه	عملکرد به‌ازاء یک پایه از گونه	ماده خشک ریشه به ازاء یک پایه از گونه	طول ریشه×۱۰۰۰ Cm
بلوک	۰/۰۱^{ns}	۰/۱۶**	۰/۰۶*	۰/۳۱**	۰/۰۵**	۰/۰۷**	۰/۴ ^{ns}	۳۹۸۰۳۱/۸ **
تراکم	۱/۹**	۰/۱۸*	۰/۶۳**	۳/۰۴**	۵۵/۲**	۷۰/۰۵**	۷۳/۲۴**	۶۶۷۳۷۱۹/۷**
نوع کشت	۱/۰۵**	۲۶/۴۹**	۱۲/۰۸**	۵/۵۱**	۰/۴۶**	۵۶/۲۲**	۳۶/۹۶**	۲۴۲۹۳۲۰۵۴/۴**
تنش	۰/۳۵**	۳۰/۴۹**	۱۲۸/۰۳**	۲۹۴/۳۸**	۴۰/۸**	۵۳/۴۲**	۷۵/۳۷**	۹۸۵۵۸۱۳۴/۳**
تراکم × نوع کشت	۰/۹۴**	۰/۱۵*	۱/۸**	۵/۰۱**	۰/۴**	۵/۷**	۳/۰۹**	۱۰۸۱۷۸۹۱/۸**
تراکم × تنش	۰/۰۱^{ns}	۰/۲۲**	۰/۰۷*	۰/۳۱*	۴/۰۳**	۴/۷۷**	۳/۳۵**	۳۴۳۶۲۶۱/۳**
نوع کشت × تنش	۰/۲۹**	۳/۵۱**	۲/۰۶**	۰/۶۳**	۰/۰۶**	۴/۸۲**	۹/۵۶**	۱۲۸۱۰۳۳۷/۲**
تراکم × نوع کشت × تنش	۰/۲۴**	۰/۱۳*	۱/۶**	۱/۶۶**	۰/۲**	۰/۵۱**	۲/۷۴**	۱۵۳۹۲۶۲/۷**
خطا	۰/۰۱۹	۰/۰۳۷	۰/۰۱۶	۰/۰۷۱	۰/۰۱۱	۰/۰۱۵	۰/۲۶	۶۵۸۲۶/۶

*،** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح آماری ۵٪ و ۱٪ ، ns غیرمعنی‌دار

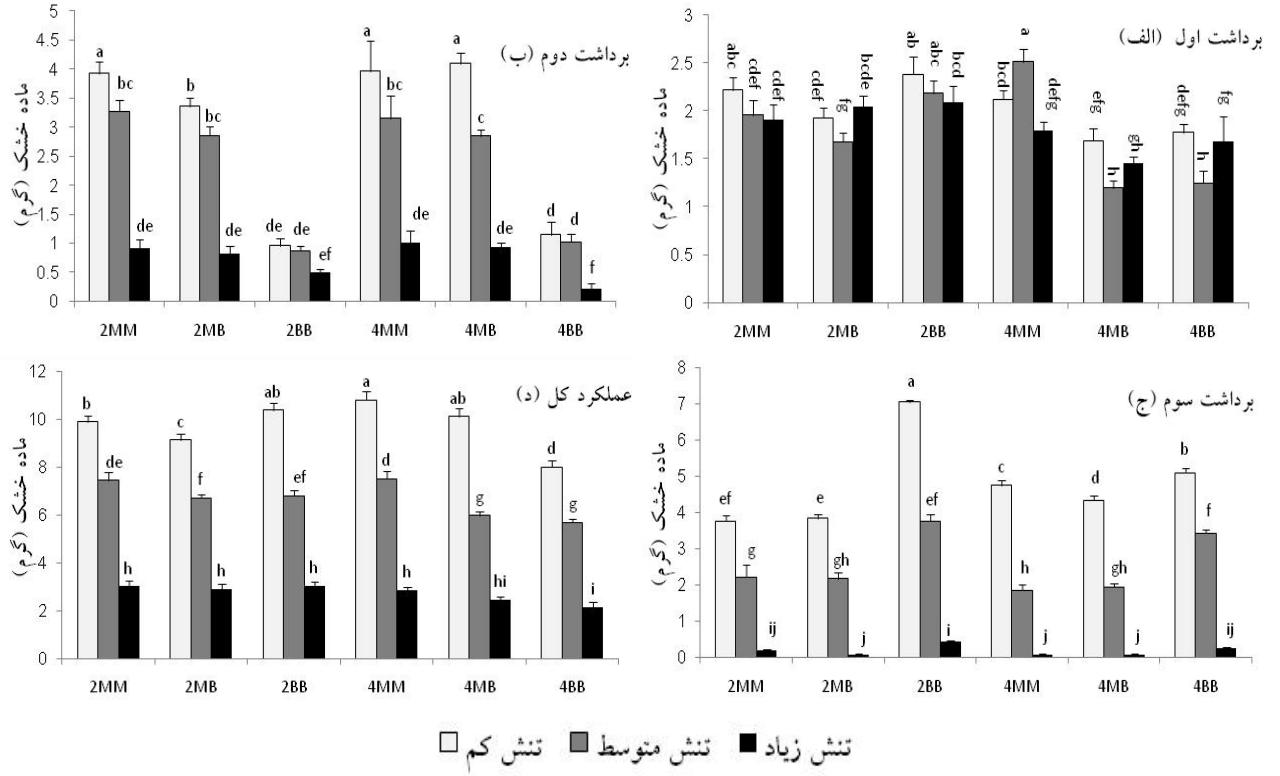
نتایج و بحث

کشت دو گونه یونجه و بروموس تومنتلوس به‌صورت خالص و مخلوط انجام شد. کشت خالص یونجه با MM، کشت خالص بروموس تومنتلوس با BB، کشت مخلوط دو گونه با MB، تنش کم، متوسط و زیاد به‌ترتیب با I، II و III و تراکم ۲ و۴ تایی با d2 و d4 نشان داده شده است. تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تراکم، نوع کشت، تنش، اثر متقابل تراکم × نوع کشت، تراکم × تنش، نوع کشت × تنش و تراکم × نوع کشت × تنش بر روی سایر پارامترهای مورد بررسی معنی‌داراست (جدول ۲).

میزان عملکرد (تولید) در برداشت اول، دوم و سوم

مقایسه میانگین عملکرد دو گونه در برداشت اول نشان داد که کشت خالص نسبت به کشت مخلوط تولید بیشتری دارد و به‌ترتیب کشت خالص یونجه نسبت به کشت خالص بروموس عملکرد بالاتری دارد. هم‌چنین بالاترین تولید صرف‌نظر از نوع کاشت در تنش کم دیده می‌شود. در این مرحله از آزمایش تولید در تنش زیاد بیشتر از تنش متوسط است که نشان‌دهنده این است که گیاهان هنوز به شدت تحت تأثیر تیمار آبیاری قرار نگرفته‌اند و گونه‌ها کاهش رطوبت را با کاهش تولید جبران نکرده‌اند. (شکل۱-الف). مقایسه میانگین عملکرد گونه‌های مورد مطالعه در برداشت دوم نشان داد که مانند برداشت اول کشت خالص یونجه دارای بالاترین تولید است اما مقدار تولید علوفه در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص بروموس پیشی گرفته (بیش از ۳ برابر) و کمترین مقدار تولید علوفه در کشت خالص بروموس دیده می‌شود. میزان عملکرد در تمامی تیمارها با افزایش شدت تنش به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. (شکل۱-ب). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش شدت تنش عملکرد در برداشت سوم به‌طور معنی‌داری کاهش یافت به‌طوری‌که تولید در تیمار تنش کم حدود ۲۶/۶ برابر تیمار تنش زیاد و ۱۴/۲ برابر تیمار تنش متوسط بود. در این مرحله از برداشت، کشت خالص بروموس تومنتلوس به‌طور معنی‌داری دارای بیشترین عملکرد است هم‌چنین اختلاف معنی‌داری بین عملکرد کشت خالص یونجه و کشت مخلوط وجود ندارد.

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-16]
[DOR: 20.1001.1.24763128.1394.4.14.4.3]
[DOI: 10.18869/acadpub.ijae.4.14.27]



شکل ۱. میزان عملکرد (تولید) در برداشت اول (الف)، برداشت دوم (ب)، برداشت سوم (ج)، عملکرد کل (د)

(شکل۱–ج). با مقایسه هر سه برداشت می‌توان گفت با گذشت زمان به‌علت اثر متقابل دو گونه یونجه و بروموس تومنتلوس روند عملکرد در کشت خالص و مخلوط تغییر کرده و به مرور نه تنها کشت مخلوط با کشت خالص یونجه برابری می‌کند، بلکه کشت خالص بروموس در برخی تیمارها بالاترین عملکرد را داشته است.

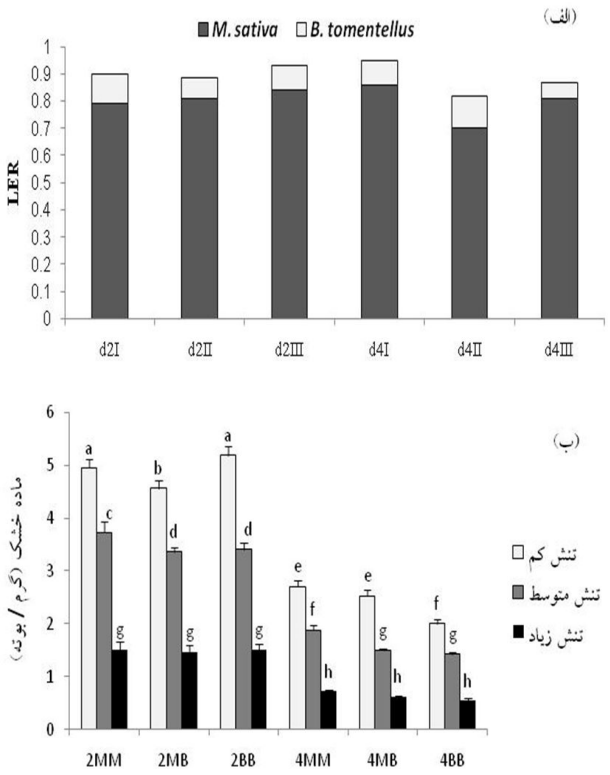
عملکرد کل

مقایسه میانگین عملکرد کل دو گونه نشان داد که کشت خالص یونجه نسبت به کشت مخلوط و کشت مخلوط نسبت به کشت خالص بروموس تومنتلوس دارای عملکرد بالاتری است هم‌چنین با افزایش شدت تنش عملکرد به‌طور معنی‌داری هم در کشت خالص و هم در کشت مخلوط کاهش یافت (۲۳) به‌طوری‌که تولید در تیمار تنش کم (۹/۷۲ گرم) حدود ۱/۵ برابر تیمار تنش متوسط و ۲/۵ برابر تیمار تنش زیاد بود. بیشترین مقدار عملکرد علوفه (۱۰/۸۲ گرم) مربوط به کشت خالص یونجه با تراکم ۴ تایی و در تنش کم و کمترین مقدار عملکرد علوفه (۲/۱۶ گرم) مربوط به کشت خالص بروموس تومنتلوس با تراکم ۴ تایی و در تنش زیاد است (شکل۱– د). مقدار شاخص نسبت برابری زمین در تمامی تیمارهای تراکم و تنش خشکی کمتر از یک به‌دست آمد (شکل ۲) که نشان‌دهنده وجود رقابت بین‌گونه‌ای در یونجه و بروموس تومنتلوس در کشت مخلوط است (۲۵). سرخی لله لو و همکاران با بررسی رقابت گندم (*Triticum aesticium*) و یولاف وحشی (*Avena fatuca*) در کشت مخلوط و در چهار سطح تراکم گزارش کردند که شاخص LER در تیمارهای مورد مطالعه در حدود یک و کمتر از یک بود و نشان داد که یولاف وحشی و گندم بر سر منابع مشترکی با هم رقابت می‌کنند (۲).

عملکرد به‌ازای پایه

بررسی عملکرد در تیمارهای مختلف به‌ازای پایه بدون درنظر گرفتن گونه نشان داد که عملکرد یک پایه در تراکم ۲ تایی

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-16]
[DOR: 20.1001.1.24763128.1394.4.14.4.3]
[DOI: 10.18869/acadpub.ijae.4.14.27]

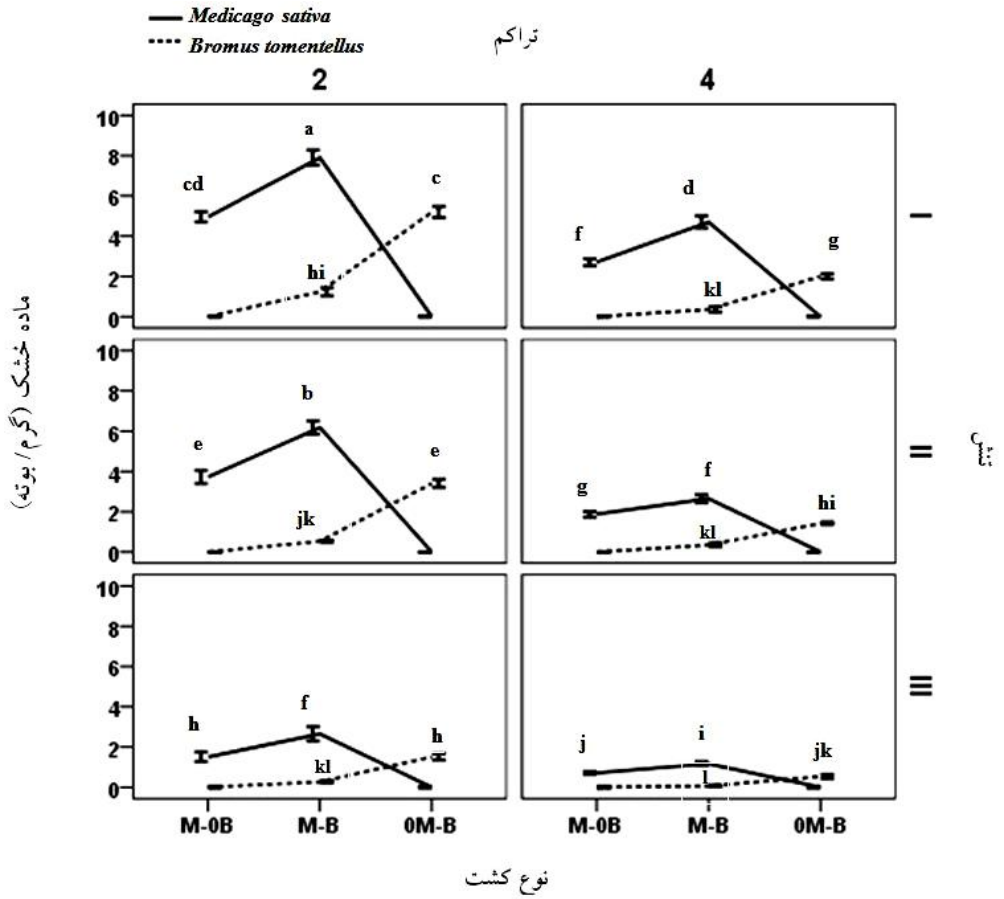


شکل ۲. شاخص نسبت برابری زمین در تیمارهای مختلف (الف)، عملکرد کل به‌ازای پایه در تیمارهای مختلف (ب) عملکرد به‌ازای پایه در گونه‌های مورد مطالعه

بیشتر از عملکرد پایه در تراکم ۴ تایی است. با افزایش تراکم گیاهان در گلدان‌ها و افزایش رقابت بر سر جذب منابع میزان عملکرد و تولید زیست‌توده کاهش یافته است. هم‌چنین با افزایش تنش خشکی و کاهش منبع رطوبت در دسترس گیاهان عملکرد هر پایه کاهش یافته است. نوروزپور و رضوانی مقدم (۵) در مطالعه عملکرد گونه سیاهدانه (*Nigella sativa*) گزارش کردند کمترین زیست‌توده و تعداد دانه در بوته از بالاترین تیمار خشکی و بالاترین تراکم به‌دست آمد. آنها بیان کردند، کاهش عملکرد در تک بوته با افزایش تراکم گیاهی ممکن است به رقابت بین گیاهان در تراکم‌های بالاتر و در نتیجه ماده خشک کمتر به ازای هر گیاه و نیز اختصاص کمتر مواد فتوسنتزی به اندام‌های زایشی مربوط باشد. بیشترین (۵/۱۹ گرم) و کمترین (۰/۵۳ گرم) مقدار عملکرد علوفه به‌ازای پایه، هر دو در تیمار کشت خالص بروموس تومنتلوس در تنش حداقل و به‌ترتیب با تراکم ۲ تایی و ۴ تایی مشاهده شد. (شکل۳).

بررسی عملکرد در تیمارهای مختلف به‌ازای پایه در دو گونه یونجه و بروموس تومنتلوس نشان داد که عملکرد پایه گیاه در هر دو گونه در همه تیمارها با افزایش تراکم گیاهان در گلدان کاهش یافت. به‌طوری‌که (با بررسی اثرات متقابل تراکم و نوع کشت) در کشت خالص یونجه و کشت خالص بروموس تومنتلوس با افزایش تراکم پایه‌ها از ۲ به ۴، عملکرد هر پایه یونجه و هر پایه بروموس تومنتلوس به‌ترتیب ۴۸/۱ و ۶۰/۷ درصد کاهش یافته است. در کشت مخلوط عملکرد هر پایه یونجه و هر پایه بروموس تومنتلوس به‌ترتیب ۴۹/۲ و ۶۲/۷ درصد کاهش با افزایش تراکم پایه‌ها از ۲ به ۴ داشته است. هم‌چنین با افزایش تنش خشکی و کاهش منبع رطوبت در دسترس گیاهان عملکرد پایه در هر دو گونه و در تمامی تیمارها کاهش یافته است (۱۵). بیشترین مقدار عملکرد علوفه به‌ازای پایه با ۷/۹ گرم در گونه یونجه در کشت مخلوط با تراکم ۲ تایی و تنش کم و کمترین عملکرد علوفه به‌ازای پایه با ۰/۰۶ گرم در گونه بروموس تومنتلوس در کشت مخلوط با تراکم ۴ تایی و تنش زیاد دیده می‌شود. با توجه به نمودار جایگزینی براساس ماده خشک برای هر پایه در گونه، بالاترین عملکرد برای هر سه نوع کشت در تیمار تراکم ۲ تایی و تنش کم مشاهده می‌شود. در این تیمار به علت دسترسی بیشتر به آب قابل استفاده برای هر دو گونه و تعداد بوته‌های کمتر در گلدان، رقابت بین گیاهان بر سر منابع به‌خصوص آب کاهش یافته و بوته‌های یونجه و بروموس تومنتلوس حداکثر افزایش عملکرد به ازای پایه را خواهند داشت. در نمودارهای جایگزینی، در تمامی تیمارها به‌ویژه تیمارهای d2×I، d4×I و d2×II یک منحنی محدب معنی‌دار (۱۸) برای گونه یونجه دیده می‌شود که نشان می‌دهد میزان ماده خشک یونجه در کشت مخلوط بیشتر از کشت خالص است و بنابراین یونجه بیشتر تحت تأثیر رقابت درون‌گونه‌ای قرار گرفته است تا رقابت بین گونه‌ای. برعکس در بروموس تومنتلوس در تمامی تیمارها

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-16]
[DOR: 20.1001.1.24763128.1394.4.14.4.3]
[DOI: 10.18869/acadpub.ijae.4.14.27]



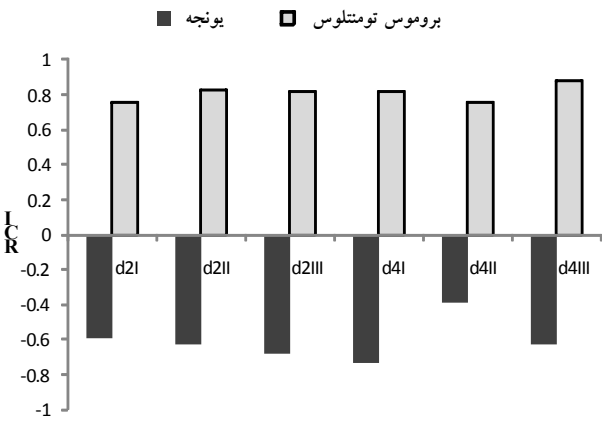
شکل ۳. نمودار جایگزینی براساس ماده خشک عملکرد برای هر پایه در گونه‌های یونجه و بروموس تومنتلوس
میانگین‌های با حروف متفاوت دارای تفاوت معنی‌دار در سطح آماری ۰/۰۵ می‌باشند.

به‌خصوص تیمارهای d2×I، d4×I و d2×II یک منحنی مقعر معنی‌دار (۱۸) دیده می‌شود که نشان‌دهنده عملکرد بالاتر بروموس تومنتلوس در کشت خالص نسبت به کشت مخلوط است. نتایج نشان داد ماده خشک گونه بروموس تومنتلوس بیشتر به رقابت بین گونه‌ای اعمال شده توسط یونجه حساس است تا رقابت درون گونه‌ای (شکل ۳). بهشتی و سلطانیان در مطالعه رقابت سورگوم و لوبیا گزارش کردند که رقابت درون‌گونه‌ای در سورگوم بیشتر از رقابت بین‌گونه‌ای است ولی در لوبیا رقابت بین‌گونه‌ای بیشتر از رقابت درون‌گونه‌ای است. ایشان بیان کردند با افزایش تراکم سورگوم در یک تراکم ثابت لوبیا، عملکرد سورگوم کاهش یافت. با افزایش تراکم، بهره‌برداری از منابع و شرایط محیطی کاهش یافته و آشیان اکولوژیک این گونه باریکتر شد (۱). نتایج محاسبه شاخص شدت رقابت نسبی در دو گونه بروموس تومنتلوس و یونجه در شکل ۴ نشان داده شده است. شاخص RCI در تمامی تیمارها برای بروموس تومنتلوس مثبت و برای یونجه منفی به‌دست آمد که نشان‌دهنده توان رقابتی بیشتر یونجه نسبت به بروموس تومنتلوس در کشت مخلوط می‌باشد.

میزان ماده خشک ریشه در گونه‌های مورد مطالعه

بررسی مقدار ماده خشک ریشه در تیمارهای مختلف به‌ازای پایه گیاه نشان داد که ماده خشک ریشه به‌ازای پایه در همه تیمارها با افزایش تراکم گیاهان در گلدان کاهش یافت به‌طوری‌که (با بررسی اثرات متقابل تراکم و نوع کشت) در کشت خالص یونجه و کشت خالص بروموس تومنتلوس با افزایش تراکم پایه‌ها از ۲ به ۴، ماده خشک هر پایه یونجه و هر

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-16]
[DOR: 20.1001.1.24763128.1394.4.14.4.3]
[DOI: 10.18869/acadpub.ijae.4.14.27]



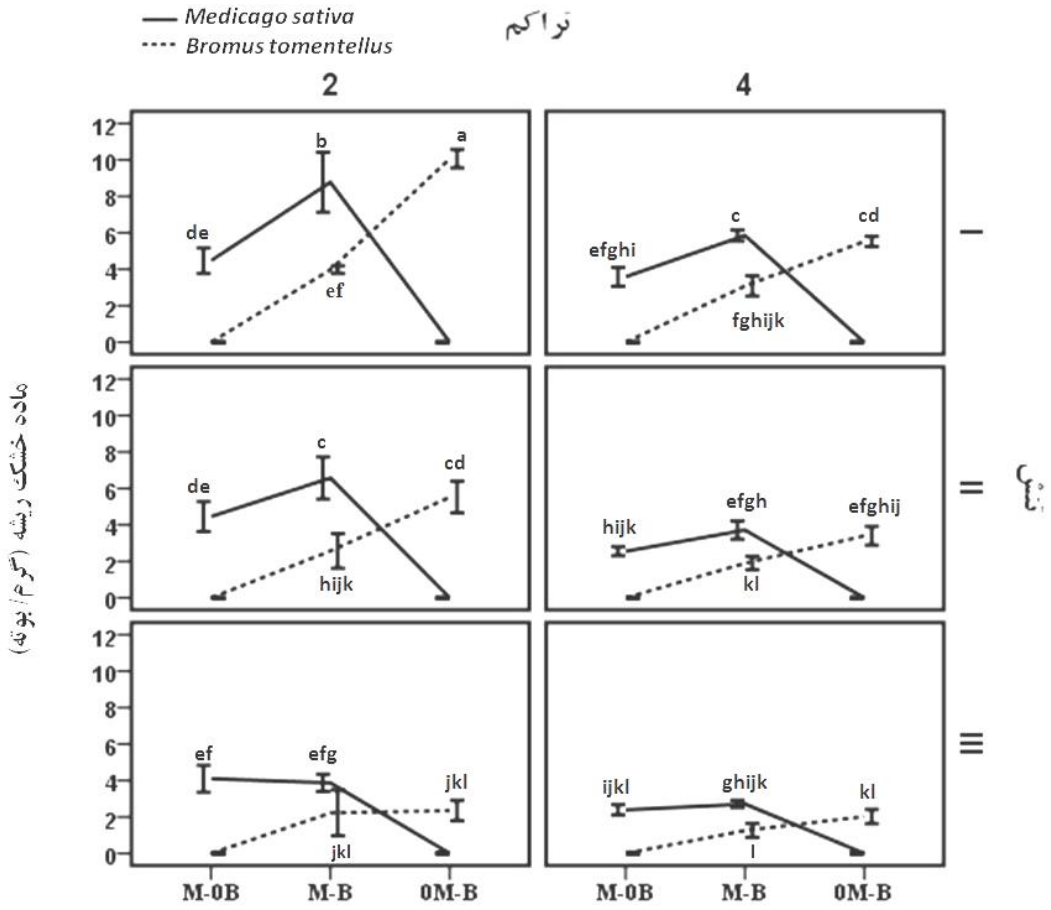
شکل ۴. شاخص شدت رقابت نسبی در تیمارهای مختلف در گونه‌های یونجه و بروموس تومنتلوس

پایه بروموس تومنتلوس به‌ترتیب ۳۴/۵ و ۳۸/۸ درصد کاهش یافته است. در کشت مخلوط زیست‌توده ریشه هر پایه یونجه و هر پایه بروموس تومنتلوس به‌ترتیب ۳۶/۱ و ۲۸/۷ درصد کاهش با افزایش تراکم پایه‌ها از ۲ به ۴ داشته است. هم‌چنین با افزایش تنش خشکی و کاهش منبع رطوبت در دسترس گیاهان میزان ماده خشک ریشه هر پایه در هر دو گونه و در تمامی تیمارها کاهش یافته است. نمودار جایگزینی براساس وزن ماده خشک ریشه برای هر پایه در گونه نشان می‌دهد که یونجه بیشتر به رقابت زیرزمینی درون‌گونه‌ای حساس است تا رقابت برون گونه‌ای و این روند در تیمارهای d2×I، d2×II و d4×I معنی‌دار شده است، برعکس ماده خشک ریشه در بروموس تومنتلوس بیشتر به‌وسیله رقابت بین گونه‌ای اعمال شده توسط یونجه محدود می‌شود تا رقابت درون گونه‌ای که در تیمارهای d2×I، d2×II، d4×I و d4×II معنی دار شده است (شکل ۵).

طول کل ریشه‌ها در گونه‌های مورد مطالعه

بررسی طول کل ریشه‌ها در تیمارهای مختلف در دو گونه یونجه و بروموس تومنتلوس نشان داد که به‌طور کلی با افزایش تنش خشکی و تراکم گیاهان در کشت خالص و مخلوط، طول ریشه‌ها کاهش یافته است. بیشترین و کمترین طول ریشه به‌ترتیب در شرایط تنش کم و تنش شدید مشاهده می‌شود (۳ و ۵). با افزایش شدت تنش در تمامی تیمارها، فتوسنتز کاهش یافته و احتیاجات قندی برای تنظیم اسمزی سلول افزایش می‌یابد و درنتیجه دسترسی به مواد فتوسنتزی کاهش یافته و رشد ریشه به‌طور اجتناب ناپذیری متوقف می‌شود. بنابراین در شرایطی که تنش خشکی بر گیاه غلبه می‌کند رشد و نمو ریشه نسبت به شرایط فراهمی رطوبت کاهش می‌یابد (۱۴). در مقایسه طول ریشه در دو گونه مورد مطالعه، به‌طور قطع طول کل ریشه‌ها در بروموس تومنتلوس بیشتر از یونجه خواهد بود چرا که بروموس تومنتلوس دارای ریشه افشان می‌باشد و یونجه دارای ریشه اصلی است و مجموع طول ریشه‌های فرعی در بروموس تومنتلوس بیشتر از مجموع طول ریشه اصلی و ریشه‌های فرعی در یونجه می‌باشد. مطابق با شکل ۶، در گونه یونجه طول کل ریشه‌ها برای یک پایه یونجه در کشت مخلوط بیشتر از کشت خالص می‌باشد. با افزایش طول ریشه در یونجه در کشت مخلوط ، سطح تماس ریشه و خاک، جذب منابع از خاک و قدرت رقابتی گیاه افزایش یافته (۱۲) و باعث افزایش عملکرد یونجه در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص شده است. برعکس در گونه بروموس تومنتلوس طول کل ریشه‌ها برای یک پایه در کشت خالص بیشتر از کشت مخلوط است. افزایش طول ریشه منجربه افزایش توان رقابتی و عملکرد بیشتر بروموس تومنتلوس در کشت خالص نسبت به کشت مخلوط می‌شود. نتایج حاصل از این مطالعه با نتایج جامپونن و همکاران (۱۴) برروی طول ریشه دو گونه *Phleum pretense* و *Trifolium pretense* در کشت خالص و مخلوط هماهنگی دارد. ژائو و همکاران (۲۶) بیان کردند گراس‌ها و لگوم‌ها به ارتباطات درون و برون گونه‌ای از طریق شکل‌پذیری طول ریشه (Root Length Plasticity) پاسخ می‌دهند. افزایش طول ریشه نه تنها کارایی استفاده از منابع خاک (آب و موادغذایی) را بالا می‌برد بلکه باعث بهبود مکانیزم‌های حفاظتی در توسعه و رشد این گیاهان و افزایش توان رقابتی می‌شود.

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-16]
[DOR: 20.1001.1.24763128.1394.4.14.4.3]
[DOI: 10.18869/acadpub.ijae.4.14.27]

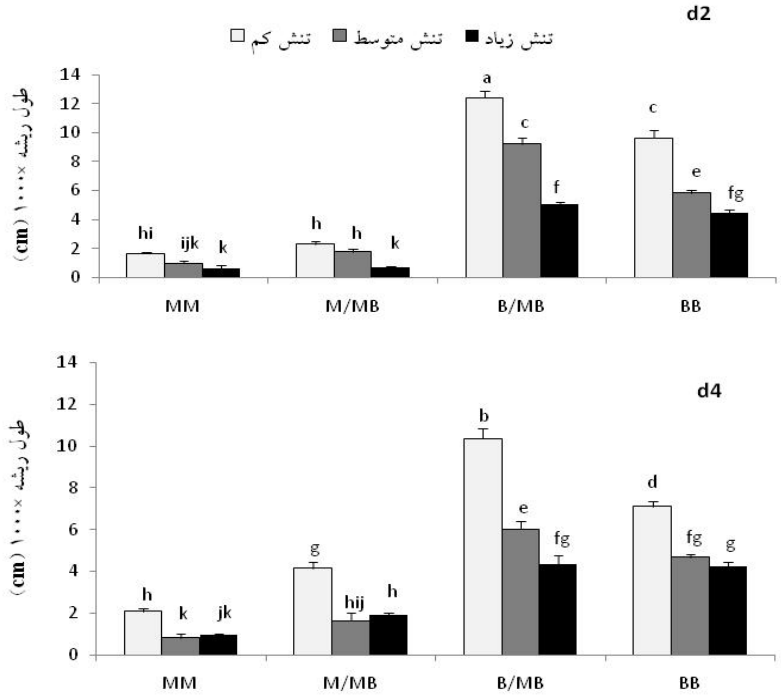


شکل ۵. نمودار جایگزینی براساس وزن ماده خشک ریشه برای هر پایه در گونه‌های یونجه و بروموس تومنتلوس
میانگین‌های با حروف متفاوت دارای تفاوت معنی‌دار در سطح آماری ۰/۰۵ می‌باشند.

نتیجه‌گیری

تغییرات عملکرد و توانایی‌های رقابتی یونجه و بروموس تومنتلوس براساس تراکم و سطوح مختلف تنش رطوبتی در شرایط کشت خالص و کشت مخلوط محاسبه و با یکدیگر مقایسه شدند. نتایج نشان داد که کشت خالص یونجه نسبت به کشت مخلوط و کشت مخلوط نسبت به کشت خالص بروموس تومنتلوس دارای عملکرد بالاتری است. هم‌چنین با افزایش شدت تنش عملکرد به‌طور معنی‌داری هم در کشت خالص و هم در کشت مخلوط کاهش یافت. مقدار شاخص LER در تمامی تیمارها کمتر از یک به‌دست آمد که نشان‌دهنده وجود رقابت بین‌گونه‌ای در کشت مخلوط بود. با افزایش تراکم گیاهان در گلدان‌ها و افزایش رقابت بر سر جذب منابع میزان عملکرد و تولید زیست‌توده کاهش یافته است. هم‌چنین با افزایش تنش خشکی و کاهش منبع رطوبت در دسترس گیاهان عملکرد هر پایه کاهش یافته است. مقایسه وزن ماده خشک عملکرد بالا و پایین سطح نشان داد که یونجه بیشتر به رقابت درون‌گونه‌ای حساس است تا رقابت برون گونه‌ای و برعکس بروموس تومنتلوس بیشتر به‌وسیله رقابت بین گونه‌ای اعمال شده توسط یونجه محدود می‌شود تا رقابت درون گونه‌ای. شاخص RCI نشان‌دهنده توان رقابتی بیشتر یونجه نسبت به بروموس تومنتلوس در کشت مخلوط بود. در مجموع مشاهده شد که کشت مخلوط گونه‌های یونجه و بروموس تومنتلوس به

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-16]
[DOR: 20.1001.1.24763128.1394.4.14.4.3]
[DOI: 10.18869/acadpub.ijae.4.14.27]



شکل ۶. طول کل ریشه‌ها در گونه‌های یونجه و بروموس تومنتلوس در تیمارهای مختلف

لحاظ عملکرد، با کشت خالص اجزاء تشکیل دهنده خود اختلاف دارد. علت این موضوع، وجود اختلاف بین اجزاء می‌باشد. این گونه‌ها با خصوصیات ریخت‌شناسی و فیزیولوژی متفاوت چون از منابع محیطی به‌صورت متفاوتی استفاده می‌کنند، بنابراین در رقابت یک گونه موفق‌تر خواهد شد. بروموس تومنتلوس با ریشه افشان بیشتر رطوبت سطح خاک را استفاده کرده اما گونه یونجه دارای ریشه اصلی است که می‌تواند رطوبت عمق خاک را جذب نماید، بنابراین استفاده از رطوبت در دو گونه متفاوت بوده و در عملکرد تأثیر داشته و باعث برتری یونجه شده است. نتایج نشان داد که همزیستی بین گیاهان در یک حالت تعادلی بین اثرات مثبت و منفی قرار دارد که شدت و ضعف روابط بین آنها تحت تأثیر عوامل محیطی نظیر تنش خشکی (۲۴)، عوامل مجاورتی (proximity) مانند تراکم گیاهی (۱۷) و عوامل بیولوژیکی مانند چرای علف‌خواران (۱۶) تغییر می‌کند. علاوه بر این عوامل، پارامترهای دیگری از قبیل آللوپاتی، نسبت گونه‌ای و نوع مدیریت هم می‌تواند تأثیر به‌سزایی بر روابط متقابل بین آنها داشته باشد.

منابع مورد استفاده

۱. بهشتی، س.ع. و ب. سلطانیان. ۱۳۹۱. رقابت درون و برون گونه‌ای در کشت مخلوط ردیفی سورگوم و لوبیا به‌روش عکس عملکرد ، *مجله به‌زراعی نهال و بذر*، ۲۸(۱):۱۷-۱.

۲. سرخی لله لو، ف.، ع. دباغ محمدی نسب، ج. شفق کلوانق و م. فاتح.۱۳۹۱. بررسی رقابت درون و برون‌گونه‌ای در اجتماع گندم (*Triticum aesticium*) و یولاف وحشی (*Avena fatuca*) با استفاده از مدل عکس عملکرد و شاخص‌های رقابتی، *تحقیقات غلات*، ۲(۲): ۱۴۷-۱۳۷.

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-16]
[DOR: 20.1001.1.24763128.1394.4.14.4.3]
[DOI: 10.18869/acadpub.ijae.4.14.27]

۳. شعبان، م.، س. منصوری فر، م. قبادی و ر. اشرفی پارچین. ۱۳۹۰. اثر تنش خشکی و کود نیتروژنه آغازگر بر خصوصیات ریشه و عملکرد چهار ژنوتیپ (*Cicer arietinum L.*) ، *مجله به‌زراعی نهال و بذر*، ۲۷(۴): ۴۷۰-۴۵۱.

۴. قادری، غ.، ع. گزانچیان و م. یوسفی. ۱۳۸۷. مقایسه عملکرد علوفه کشت مخلوط و تک کشتی یونجه و آگروپایرون، *فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران*، ۱۵(۲): ۲۶۸-۲۵۶.

۵. نوروزپور، ق. و پ. رضوانی مقدم. ۱۳۸۴. اثر دوره‌های مختلف آبیاری و تراکم بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی سیاه دانه (*Nigella sativa*)، *مجله پژوهش‌های زراعی ایران*، ۳(۲): ۳۱۵-۳۰۵.

6. Begon, M., J. L. Harpers and C. R. Townsend. 1996. Ecology: Individuals, Populations and Communities. 3rd.– Blackwell Science oxford, 1068 p.
7. Briggs, L. J. and H. L. Shantz. 1912. The Wilting Coefficient for Different Plants and Its Indirect Determination. USDA Bureau of Plant Industry Bull, Government Printing Office: Washington, DC, 100 p.
8. Callaway, R. M. and L. R. Walker. 1997. Competition and facilitation: a synthetic approach to intraction in plant communities. *Ecology* 78:1958-1965.
9. Diebel, P. L., J. R. Williams and R. V. Llewelyn. 1995. An economic comparison of conventional and alternative cropping systems for a representative northeast Kansas farm. *Review of Agricultural Economics* 17:323-335.
10. Galkovskyi, T., Y. Mileyko, A. Bucksch, B. Moore, O. Symonova, C. A. Price, C. N. Topp, A. S. Iyer-Pascuzzi, P. R. Zurek, S. Fang, J. Harer, P. N. Benfey and J. S. Weitz. 2012. GiA Roots: software for the high-throughput analysis of plant root system architecture. *BMC Plant Biology,* 12(1), 116.
11. Gao, Y., A. Duan, X. Qiu, Z. Liu, J. Sun, J. Zhang and H. Wang. 2010. Distribution of roots and root length density in a maize/soybean strip intercropping system. *Agricultural Water Management* 98:199-212.
12. Gordon, W. S. and R. B. Jackson. 2000. Nutrient concentrations in fine roots. *Ecology* 81: 275-280.
13. Grime, J. P. 2001. Plant Strategies, Vegetation Processes, and Ecosystem Properties. John Wiley & Sons, LTD, Chichester, UK, 456 p.
14. Jumpponen, A., P. Hogberg, K. Huss-Danell and C. P. H. Mulder. 2002. Interspecific and spatial differences in nitrogen uptake in monocultures and two species mixtures in north European grasslands. *Functional Ecology* 16:454-461.
15. Lucero, D. W., P. Grieu and A. Guckert. 1999. Effects of water deficit and plant interaction on morphological growth parameters and yield of white clover (*Trifolium repens* L.) and ryegrass (*Lolium perenne* L.) mixtures. *European Journal of Agronomy* 11:167-177.
16. Niemela, M., A. Markkola and P. Mutikainen. 2008. Modification of competition between two grass species by a hemiparasitic plant and simulated grazing. *Basic and Applied Ecology* 9:117-125.
17. Radosevich, S. R. 1987. Methods to Study Interactions among Crops and Weeds. *Weed Technology* 1:190-198.
18. Tallec, T., S. Dique´ loua, S. Lemauviel, J. B. Cliquet, F. Lesuffleur and A. Ourrya. 2008. Nitrogen:sulphur ratio alters competition between *Trifolium repens* and *Lolium perenne* under cutting: Production and competitive abilities. *European Journal of Agronomy* 29:94-101.
19. Tilman, D. 1990. Constraints and tradeoffs: toward a predictive theory of competition and succession. *Oikos* 58:3-15.
20. Tirado, R. and F. I. Pugnaire. 2005. Community structure and positive interaction in constrain environments. *Oikos* 111:437-444.
21. Weigelt, A. and P. Jolliffe. 2003. Indices of plant competition. *Journal of Ecology* 91:707-720.
22. Willey, R. W. and D. S. O. Osiru. 1972. Studies on mixture of maize and beans (*Phaseolus vulgaris*) with particular reference to plant population. *The Journal of Agricultural Science* 79:531-540.
23. Xu, B. C., W. Z. Xu, J. Huang, L. Shan and F. M. Li. 2011. Biomass allocation, relative competitive ability and water use efficiency of two dominant species in semiarid Loess Plateau under water stress. *Plant Science* 181:644-651.
24. Xu, B. C., W. Z. Xu, Z. J. Gao, J. Wang and J. Huang. 2013. Biomass production, relative competitive ability and water use efficiency of two dominant species in semiarid Loess Plateau under different water supply and fertilization treatments. *Ecological Research* 28: 781-792.
25. Zhang, G., Z. Yang and S. Donga. 2011. Interspecific competitiveness affects the total biomass yield in an alfalfa and corn intercropping system. *Field Crops Research* 124:66-73.
26. Zhao, C., Y. Sheng, H. Ren, F. Gao and J. Zhang. 2013. A study on the root competitive pattern of annual pasture in mixed grassland in alpine region. *Acta Ecologica Sinica* 33:145-149.

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2026-11-16]
[DOR: 20.1001.1.24763128.1394.4.14.4.3]
[DOI: 10.18869/acadpub.ijae.4.14.27]