

بهبود رشد و عملکرد گندم در رقابت با علف‌های هرز در حضور قارچ میکوریز

معصومه دهقان بنادکی^۱، گودرز احمدوند^{۲*} و اسکندر زند^۳

۱ و ۲. دانشجوی دکتری رشته علوم علف‌های هرز و دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

۳. استاد، بخش تحقیقات علف‌های هرز، مؤسسه گیاهپزشکی ایران، سازمان، تهران، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۱۶ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۶/۱۴)

چکیده

به منظور بررسی اثر قارچ میکوریز بر روابط رقابتی گندم (*Triticum aestivum*) با علف‌های هرز، دو آزمایش مستقل به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی، در شرایط گلخانه‌ای در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در کرج، اجرا شد. در آزمایش اول فاکتورها شامل گندم و شش گونه علف هرز، در دو سطح با و بدون میکوریز و در آزمایش دوم، فاکتورها شامل کشت خالص گندم، یولاف وحشی و چاودار و کشت مخلوط گندم با یولاف وحشی و گندم با چاودار، در دو سطح با و بدون میکوریز بود. در آزمایش اول، پاسخ رشد میکوریزایی کیسه کشیش (*Capsella bursa-pastoris*)، خونی‌واش (*Phalaris minor*)، خاکشیر تلخ (*Sisymbrium irio*)، چچم (*Lolium rigidum*) و گندم، به ترتیب معادل ۱۸، ۱۹/۵، ۲۳، ۳۸ و ۴۱ درصد و پاسخ رشد میکوریزایی چاودار (*Secale cereale*) و یولاف وحشی (*Avena ludoviciana*) به ترتیب معادل ۲۹/۲۸- و ۲۲/۴۰- درصد بود. در آزمایش دوم، رقابت چاودار و یولاف وحشی، در تیمار عدم کاربرد قارچ، وزن خشک گندم را به ترتیب به میزان ۴۱/۵۸ و ۵۱/۴۰ درصد کاهش داد و در حضور قارچ، وزن خشک گندم در رقابت با چاودار و یولاف وحشی، به ترتیب به میزان ۴۳/۱۰ و ۴۷/۱۱ درصد افزایش یافت. عملکرد دانه گندم در کشت خالص و در حضور قارچ میکوریز، معادل ۵/۵۱ گرم در بوته بود که در مقایسه با تیمار عدم کاربرد قارچ، افزایش ۵۱/۷۹ درصدی را نشان داد. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که چنانچه علف‌های هرز غالب در مزارع گندم، غیر میکوریزایی باشند و یا پاسخ رشد میکوریزایی آن‌ها منفی باشد، کاربرد قارچ میکوریز می‌تواند خسارت علف‌های هرز مذکور را کاهش دهد.

واژه‌های کلیدی: پاسخ رشد میکوریزایی، چاودار، قارچ میکوریز، کلونی‌سازی.

Improvement of growth and yield of wheat in competition against the weeds in the presence of mycorrhizal fungus

Masoumeh Dehghan Banadaki¹, Goudarz Ahmadvand^{2*} and Eskandar Zand

1, 2. Ph.D. Candidate of Weed Science and Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

3. Professor of Agronomy, Weed Research branch, Iranian Research Institute of Plant Protection, Tehran, Iran

(Received: Jan. 6, 2019 - Accepted: Sep. 5, 2019)

ABSTRACT

To investigate the effects of mycorrhizal fungus on competitive relations between wheat (*Triticum aestivum*) and weeds, two separated factorial experiments based on a completely randomized design were carried out at greenhouse conditions in Karaj, during 2017-2018. The factors of the 1st experiment were wheat and six weed species and two levels of mycorrhiza inoculation (with and without fungus) and that of the 2nd experiment were pure stand of wheat, wild oat and rye and mixed cropping of wheat with wild oat and wheat with rye, and two levels of mycorrhiza inoculation (with and without fungus). In the 1st experiment, mycorrhizal growth response of shepherd's purse (*Capsella bursa-pastoris*), bunchgrass (*Phalaris minor*), Londonrocket (*Sisymbrium irio*), perennial ryegrass (*Lolium rigidum*) and wheat were 18, 19.5, 23, 38 and 41 percentage, respectively and that of Rye (*Secale cereale*) and wild oat (*Avena ludoviciana*) were -29.28 and -22.40 percentage, respectively. In the 2nd experiment Rye and wild oat competition in non-fungus inoculated treatment reduced wheat dry weight by 41.58% and 51.4%, respectively. In the presence of fungus, wheat dry weight in competition with rye and wild oat, increased by 43.10% and 47.11%, respectively. In pure stand of wheat in the presence of fungus, wheat yield was 5.51 g/plant, which increased by 51.79% in comparison with non-application of fungus. The results of this research indicate that if the dominant weeds in the wheat fields, are non-mycorrhizal, or their mycorrhizal growth response is negative, the application of mycorrhizal fungi can reduce the damage of those weeds.

Keywords: Colonization, Mycorrhizal fungus, Mycorrhizal growth response, Rye.

* Corresponding author E-mail: gahmadvand@basu.ac.ir

مقدمه

علف‌های هرز یکی از مهم‌ترین مشکلات در تولید محصول گندم می‌باشند که هر ساله به‌طور متوسط عملکرد گندم را به میزان ۳۰ درصد کاهش می‌دهند (Ali et al., 2017). در کشاورزی مرسوم، علف‌کش‌ها میزان مصرف بسیار بالایی در کشورهای مختلف مخصوصاً در مزارع گندم، دارند (Jha et al., 2016). کاربرد علف‌کش‌هایی با نحوه عمل یکسان، سبب ظهور و حضور علف‌های هرز مقاوم به برخی از علف‌کش‌ها شده است، به‌طوری‌که تعداد علف‌های هرز مقاوم به علف‌کش در گندم با توجه به جدیدترین آمار و اطلاعات موجود، به ۷۵ بیوتیپ در دنیا رسیده است (Heap, 2018). علف‌های هرز مقاوم به علف‌کش یک تهدید جدی برای محصولات کشاورزی هستند و برای کنترل روند فزاینده مقاومت، نیاز است که به تلفیق روش‌های مختلف مدیریت علف‌های هرز تکیه کرد.

از جمله روش‌های مختلف مدیریت علف‌های هرز که می‌تواند در مدیریت تلفیقی مورد استفاده قرارگیرد، می‌توان به قابلیت رقابت گیاه زراعی (Van der Meulen & Chanhan, 2016)، تاریخ کاشت مناسب، میزان بذر یا تراکم بوته، فاصله ردیف، نوع، مقدار و روش کاربرد کود و ویژگی‌های رشدی گیاه مانند ارتفاع، بسته شدن زودتر تاج پوشش گیاه و سطح برگ بیشتر، اشاره کرد (Hja et al., 2017).

یکی از عواملی که می‌تواند روابط رقابتی گیاه زراعی- علف‌هرز را تحت تأثیر قرار دهد، برخی از میکروارگانیسم‌های موجود در خاک از جمله قارچ‌های میکوریز هستند. با توجه به واکنش متفاوت گونه‌های مختلف گیاهی به روابط میکوریزایی، نظیر کاهش رشد، افزایش رشد و یا عدم تأثیرپذیری از این نوع رابطه، این قارچ‌ها می‌توانند روابط رقابتی بین گیاهان را تغییر دهند (Jordan et al., 2000). یکی از مهم‌ترین روابط همزیستی بین گیاهان و میکروارگانیسم‌های خاک، همزیستی میکوریزایی است که در آن ریشه گیاه با قارچ به‌صورت یک واحد زنده همزیستی کرده و از یکدیگر سود می‌برند (Brundrett, 2002). این قارچ‌ها نقش مهمی در کارکرد پایدار بوم‌نظام‌ها، به‌ویژه سامانه‌های کشاورزی ایفا می‌کنند

(Burrows & Pflieger, 2002). در بین انواع مختلف میکوریز، میکوریز آرباسکولار (*Arbuscular mycorrhiza*) یکی از رایج‌ترین نوع همزیستی مسالمت‌آمیز بین میکروارگانیسم‌های خاک‌زی و گیاهان است (Jordan et al., 2000). این قارچ‌ها تقریباً با بیش از دوسوم گونه‌های گیاهی رابطه همزیستی برقرار می‌کنند (Jordan et al., 2000). قارچ‌های میکوریز آرباسکولار با فراهم کردن سطح جذب کننده وسیع‌تر برای انتقال عناصر غذایی موجود در خاک به ریشه گیاهان، سبب بهبود رشد گیاه می‌شوند. قارچ با تشکیل کلونی بر روی ریشه گیاهان، سبب افزایش جذب مواد غذایی به‌خصوص فسفر (Leeke et al., 2004)، افزایش جذب کربن (Smith & Read, 2008)، کاهش خسارت تنش‌های زیستی (بیماری‌ها و آفات) و غیر زیستی (خشکی و شوری) (Verbourg et al., 2012) شده در نتیجه سبب افزایش عملکرد محصول زراعی (Smith & Read, 2008) و افزایش تنوع زیستی در بوم‌نظام‌های کشاورزی (Jordan et al., 2000) می‌شود.

با توجه به واکنش‌های متفاوت گیاهان مختلف به حضور این قارچ‌ها در خاک و تأثیرپذیری روابط رقابتی از همزیستی غیریکنواخت این قارچ‌ها با گیاهان مختلف، استفاده از این قارچ‌ها در مزارع می‌تواند روابط رقابتی گیاه زراعی- علف هرز را تغییر دهد. تأثیر حضور قارچ میکوریز بر روابط رقابتی بعضی از گیاهان زراعی با علف‌های هرز، مطالعه شده است (Hart et al., 2003; Rinaudo et al., 2010; Wagg et al., 2011; Daisog et al., 2012; Fialho et al., 2016; Rabiey et al., 2017). در حضور علف‌های هرز سلمه (*Echinochloa crus-galli* L. رشد آفتابگردان (*Helianthus annuus* L. کاهش یافت، اما با حضور قارچ میکوریز، برتری رقابتی به نفع گیاه آفتابگردان تمام شد (Daisog et al., 2012). نتایج آزمایشی که به مدت دوسال در شرایط گلخانه انجام شد، نشان داد که در سال اول دو گونه تاج‌ریزی سیاه (*Solanum nigrum* L.) و دم‌روباهی (*Alopecurus myosuroides* Huds.) به حضور قارچ، پاسخ مثبت دادند و در سال دوم، قارچ با ریشه این دو گونه، کلونی تشکیل نداد (Vatovec et al., 2005). در

گلدانی در گلخانه مرکز آموزش عالی علمی کاربردی سازمان جهاد کشاورزی استان البرز، واقع در کیلومتر پنج جاده ماهدشت در سال ۱۳۹۶ اجرا شد.

گونه‌های گیاهی، اینوکلوم قارچ و خاک مورد استفاده
مشخصات گونه‌های مورد بررسی، در جدول ۱ ارائه شده است. این گونه‌ها جزو مهم‌ترین علف‌های هرز مشکل‌ساز در مزارع گندم کشور هستند (Zand et al., 2017).

جدول ۱. گونه‌های گیاهی مورد استفاده در آزمایش اول و دوم شامل نام علمی و خانواده

Table 1. Plant species in experiments 1 and 2 with the respective common name and family

Plant species	Family
<i>Triticum aestivum</i> L.	Poaceae
<i>Avena ludoviciana</i> Durieu.	Poaceae
<i>Lolium rigidum</i> Gaud.	Poaceae
<i>Phalaris minor</i> Retz.	Poaceae
<i>Secale cereale</i> L.	Poaceae
<i>Capsella bursa pastoris</i> L.	Brassicaceae
<i>Sisymbrium irio</i> L.	Brassicaceae

قارچ آرباسکولار میکوریز از کلینیک اسداباد همدان تهیه شد. بذر گندم رقم پیش‌تاز از مؤسسه تحقیقات نهال و بذر کرج و بذر گونه‌های علف‌هرز نیز از مزارع گندم کرج، جمع‌آوری شده و پس از خشک شدن تا زمان شروع آزمایش (حدود شش ماه) در پاکت‌های کاغذی در دمای چهار درجه سانتی‌گراد، نگهداری شد. بذر گیاهان مورد بررسی قبل از کاشت، با هیپوکلرید سدیم ۱/۵ درصد به مدت پنج دقیقه ضدعفونی و سپس با آب مقطر، شست‌وشو داده شد.

خاک مورد استفاده خاک مزرعه و ماسه‌بادی (به نسبت یک به یک) بود که پس از عبور از الک دو میلی‌متری، طی سه روز متوالی و هر روز به مدت چهار ساعت در آون با دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد، استریل شد (Hajinia et al., 2012). برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲. برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در گلدان‌ها

Table 2. Some physical and chemical characteristics of the used soil in the pots

Soil texture	EC (ds.m ⁻¹)	pH	Total N (%)	K (ppm)	P (ppm)	Oc. (%)
Sandy loam	2.93	7.10	1.00	514	19.46	1.10

مطالعه‌های دیگر در رقابت گیاه سویا با دو علف هرز مرغ خوشه سرخ (*Eleusine indica*) و دو دندان (*Bidens pilosa* L.)، وزن خشک گیاه سویا کاهش نشان داد (Fialho et al., 2016). درصد کلونی‌سازی قارچ روی ریشه گیاه سویا، معادل ۲۲/۹۷ درصد و روی ریشه علف‌هرز مرغ خوشه سرخ و دودندان به ترتیب به میزان ۲۱/۵۴ و ۲۷/۱۲ درصد مشاهده شد. میزان کلونی‌سازی قارچ با ریشه سویا در رقابت با دو علف هرز مذکور به ترتیب به میزان ۳۴/۳۰ و ۳۸/۹۲ درصد بود و نشان داده شد که در حضور قارچ، توان رقابتی گیاه سویا با علف‌های هرز مذکور افزایش یافته است (Fialho et al., 2016). وزن خشک اندام هوایی یولاف وحشی (*Avena fatua* L.) در حضور قارچ و عدم کاربرد قارچ به ترتیب به میزان ۴/۲ و ۲/۹ گرم در بوته مشاهده شد و در رقابت با گندم در شرایط عدم کاربرد قارچ، وزن خشک یولاف به میزان ۳/۵ گرم در بوته بود و کاربرد قارچ در شرایط رقابتی، کاهش وزن خشک یولاف به میزان ۱/۵ گرم در بوته را به دنبال داشت (Rabiey et al., 2017). عملکرد دانه ذرت در شرایط عدم تلقیح با قارچ میکوریز و عدم وجین، به میزان ۵۹۳/۳۸ گرم در مترمربع مشاهده شد و در تیمار تلقیح با میکوریز و عدم وجین علف هرز، عملکرد به میزان ۷۳۷/۶۹ گرم در مترمربع مشاهده شد که نشان می‌دهد قارچ سبب افزایش عملکرد دانه ذرت به میزان ۲۴ درصد شد (Alipour, 2015).

با توجه به این‌که اثر همزیستی قارچ با گیاهان مختلف بسته به گونه گیاهی، به صورت غیریکنواخت (مثبت و یا منفی) بروز می‌کند و همین مسئله می‌تواند روابط رقابتی گیاه زراعی و علف‌هرز را تحت تأثیر قرار دهد، این آزمایش با هدف ارزیابی این فرضیه که قارچ میکوریز می‌تواند روابط رقابت بین گندم (با پاسخ رشد میکوریزایی مثبت) و دو علف هرز چاودار و یولاف وحشی (با پاسخ رشد میکوریزایی منفی) را تحت تأثیر قرار دهد، در شرایط گلخانه اجرا شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر قارچ میکوریز آرباسکولار جنس گلموس (*Glomus mossea*) بر رشد اولیه و رقابت گیاه گندم با علف‌های هرز، دو آزمایش جداگانه در شرایط

$$\text{IF } \overline{NM} < AMF, \text{ then } MGR (\%) = \left(1 - \left(\frac{\overline{NM}}{AMF}\right)\right) \times 100 \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$\text{IF } \overline{NM} > AMF, \text{ then } MGR (\%) = \left(-1 + \left(\frac{AMF}{\overline{NM}}\right)\right) \times 100 \quad \text{رابطه (۲)}$$

در این معادلات \overline{NM} : متوسط زیست‌توده کل گیاه در تیمار شاهد (عدم کاربرد قارچ)، AMF : زیست‌توده کل گیاه در حضور قارچ. در تیمارهایی که حضور قارچ باعث افزایش رشد شد، برای تعیین میزان پاسخ رشد مثبت، از معادله یک و زمانی که حضور قارچ باعث کاهش رشد شد، برای تعیین میزان پاسخ رشد منفی، از معادله دو استفاده شد.

برای تعیین درصد کلونی‌سازی قارچ، قطعات یک سانتی‌متری ریشه هر گونه، بسته به گونه گیاهی به مدت چهار تا هشت دقیقه در محلول KOH ده درصد، رنگ‌بری شد، سپس سه مرتبه با آب مقطر شست‌وشو داده شد و پس از آن به مدت چهار دقیقه، در محلول HCl یک درصد، قرار داده شد. سپس رنگ‌آمیزی با استفاده از محلول لاکتوفنل کاتن بلو^۳ انجام شد (Giovanetti & Mosse, 1980) و سپس یک‌صد قطعه یک سانتی‌متری از ریشه‌های رنگ‌آمیزی شده هر گونه، روی چهار لام میکروسکوپ (هر لام حاوی ۲۵ قطعه) قرار داده شد و با اضافه کردن چند قطره محلول لاکتوگلیسرول، ریشه‌ها با لامل پوشانیده شدند. سپس با کمک میکروسکوپ، میانگین درصد کلونی‌سازی قطعات ریشه‌ای محاسبه گردید (Rejali *et al.*, 2014).

آزمایش دوم: بررسی اثر قارچ بر رشد اولیه و عملکرد و اجزای عملکرد گندم در شرایط رقابتی
با توجه به نتایج آزمایش اول، علف‌های هرز چاودار و یولاف وحشی که به تلقیح قارچ، پاسخ رشد منفی نشان دادند، انتخاب و با انجام یک آزمایش، تأثیر قارچ میکوریز بر رشد اولیه گندم و دو علف‌هرز مذکور و همچنین اثر قارچ میکوریز بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم در شرایط رقابت با دو گونه علف‌هرز مذکور، مورد بررسی قرار گرفت. این آزمایش در آبان ماه

آزمایش اول: بررسی درصد کلونی‌سازی^۱ قارچ و پاسخ رشد میکوریزایی^۲ گونه‌های گیاهی مورد مطالعه

به‌منظور بررسی کلونی‌سازی قارچ میکوریز روی ریشه گیاهان و پاسخ رشد میکوریزایی گونه‌های گیاهی مورد مطالعه، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با هفت تکرار، در سال ۱۳۹۶ در گلخانه اجرا شد. در آزمایش مذکور سطوح تلقیح قارچ شامل دو سطح تلقیح با قارچ میکوریز و شاهد بدون تلقیح با قارچ، روی هفت گونه گیاهی، مورد بررسی قرار گرفت. به هر گلدان ۱/۵ کیلوگرم خاک استریل شده و مقدار پنج گرم مایه تلقیح قارچ، شامل اسپور، هیف و قطعات ریشه حاوی هیف یا میسلیم قارچ که هر گرم آن حاوی حدود ۱۰۰ عدد اسپور قارچ بود، اضافه شد و در شرایط عدم کاربرد قارچ (شاهد) از خاک استریل شده بدون مایه تلقیح قارچ، استفاده شد.

بذرهای ضدعفونی شده فاقد خواب در داخل ژرمیناتور قرار گرفتند و بعد از جوانه‌دار شدن به هر گلدان، تعداد ۶ گیاهچه منتقل شد. گیاهچه‌ها در مرحله دو تا چهار برگی، به دو بوته در هر گلدان، تنک شدند. گلدان‌ها هفته‌ای دو بار با آب مقطر آبیاری شدند. برای ممانعت از آبتوی، گلدان‌ها به‌طور یکنواخت در حدی آبیاری شدند که زه‌آب خروجی نداشته باشند. ده هفته بعد از انتقال گیاهچه‌ها به گلدان‌ها، اندام هوایی گیاهان از محل طوقه، قطع و به آزمایشگاه منتقل شد. ریشه گیاهان نیز با آب مقطر شست‌وشو داده شد تا کاملاً تمیز شود، سپس ریشه یک بوته از هر گلدان، به‌صورت تصادفی جدا و به قطعات یک سانتی‌متری برش داده شد و برای تعیین درصد کلونی‌سازی آماده شد. اندام هوایی هر کدام از گونه‌ها نیز جداگانه در آون به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و بعد از خشک شدن، وزن خشک اندام هوایی به‌منظور محاسبه پاسخ رشد میکوریزایی تعیین شد.

برای محاسبه پاسخ رشد میکوریزایی گیاهان از روابط (۱) و (۲) استفاده شد (Veiga *et al.*, 2011).

1. Colonization

2. Mycorrhizal growth response

3. Lactophenol katen blue

با آب شست‌وشو داده شد تا کاملاً تمیز شود، سپس ریشه به قطعات یک سانتیمتری برش داده شد و برای تعیین درصد کلونی‌سازی آماده شد. درصد کلونی‌سازی و پاسخ رشد میکوریزایی، مشابه آزمایش اول تعیین شد. در یک گلدان از هر تکرار نیز پس از رسیدگی فیزیولوژیکی گندم، بوته‌های گندم از گلدان کف‌بر شده و صفات مربوط به عملکرد و اجزای عملکرد (عملکرد بیولوژیکی، عملکرد دانه، متوسط وزن دانه‌ها و تعداد دانه در سنبله) اندازه‌گیری شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

قبل از تجزیه و تحلیل، نرمال بودن داده‌ها بررسی و در صورت نیاز تبدیل مناسب ($\text{Arc sin}\sqrt{x}$) بر روی آن‌ها انجام شد (Khazaei & Farhangfar, 2010). تجزیه و تحلیل آماری درصد کلونی‌سازی در آزمایش اول با آزمون t-test و تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها برای ماده خشک گونه‌ها در آزمایش اول و آزمایش دوم با نرم‌افزار آماری SAS 9.1 و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

آزمایش اول

درصد کلونی‌سازی

در تیمار عدم کاربرد قارچ، در هیچ‌یک از گیاهان مورد مطالعه، کلونی‌سازی قارچ با ریشه گیاهان مشاهده نشد که نشان می‌دهد خاک مورد استفاده برای آزمایش، فاقد قارچ مورد بررسی بوده است. درصد کلونی‌سازی قارچ روی ریشه گونه‌های گیاهی مورد مطالعه، از ۱۱/۵۰ درصد در علف هرز خونی‌واش (*Phalaris minor* Retz.) تا ۸۷/۹۰ درصد در گیاه گندم، متغیر بود. میزان کلونی‌سازی قارچ با ریشه علف‌های هرز یولاف‌وحشی (*Avena ludoviciana* Durieu)، خونی‌واش، کیسه کشیش (*Capsella bursa* pastoris L.) و خاکشیر تلخ (*Sisymbrium irio* L.)، کمتر از ۵۰ درصد و در علف‌های هرز چاودار (*Secale cereal* L.) و چچم (*Lolium rigidum* Gaud.)، بیش از ۵۰ درصد بود (شکل ۱).

۱۳۹۶ به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با پنج تکرار در شرایط گلخانه‌ای اجرا شد. هر تکرار حاوی دو عدد گلدان بود که یک گلدان به بررسی درصد کلونیزاسیون و پاسخ رشد میکوریزایی گونه‌ها و یک گلدان نیز به بررسی عملکرد و اجزای عملکرد گندم اختصاص یافت.

در این آزمایش، عامل اول شامل دو سطح کاربرد و عدم کاربرد قارچ میکوریز و عامل دوم شامل کشت خالص گندم، یولاف و چاودار و کشت مخلوط گندم با یولاف‌وحشی و گندم با چاودار بود. به منظور انجام بهاره‌سازی^۱، بذور گندم و دو علف‌هرز مورد مطالعه بعد از ضدعفونی، به مدت ۴۵ روز در داخل یخچال با دمای سه تا چهار درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و پس از ورنالیزه شدن در پتری دیش‌های حاوی کاغذ صافی و آب‌مقطر در داخل ژرمیناتور قرار گرفته و بسته به گونه گیاهی پس از شش تا ده روز، جوانه‌دار شدند و زمانی که طول ریشه‌چه به حدود یک سانتی‌متر رسید به گلدان‌های اصلی منتقل شدند. در هر گلدان تعداد ۲ عدد گیاهچه قرار داده شد.

برای این آزمایش، گلدان‌هایی با قطر ۲۵ و ارتفاع ۳۰ سانتیمتر در نظر گرفته شد. در هر گلدان حدود ۸ کیلوگرم خاک استریل شده (شامل خاک مزرعه و ماسه بادی با نسبت ۱:۱)، استفاده شد. در هر کدام از گلدان‌های حاوی قارچ، مقدار ۵۰ گرم مایه تلقیح قارچ که در هر گرم، دارای حدود ۱۰۰ عدد اسپور بود با خاک مخلوط شد. در تیمار عدم کاربرد قارچ (شاهد) هیچ‌گونه کود قارچی اضافه نشد.

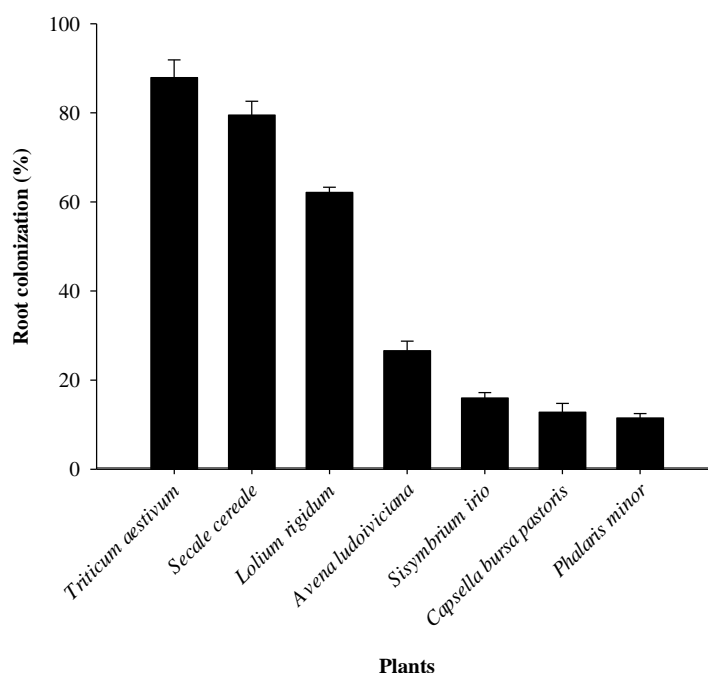
گلدان‌ها هفته‌ای دو بار با آب مقطر آبیاری شدند. برای ممانعت از آبشویی، گلدان‌ها به‌طور یکنواخت در حدی آبیاری شدند که زه‌آب خروجی نداشته باشند. ده هفته بعد از انتقال گیاهچه‌ها به گلدان‌ها، در یک گلدان از هر تکرار، اندام هوایی گیاهان از محل طوقه قطع و به آزمایشگاه منتقل شد، اندام هوایی هر گونه جداگانه در آون به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و بعد از خشک شدن، وزن خشک اندام هوایی تعیین شد. همچنین ریشه گیاهان

1. Vernalization

شد. پاسخ رشد دو علف هرز چاودار و یولاف وحشی در حضور قارچ میکوریز، منفی بود و تلقیح قارچ با ریشه این دو گیاه، سبب کاهش زیست‌توده آن‌ها شد (شکل ۲). در علف هرز خونی‌واش، همزیستی ریشه با قارچ تأثیر معنی‌داری بر افزایش زیست‌توده گیاه در مقایسه با عدم کاربرد قارچ نداشت (داده‌ها نشان داده نشده است).

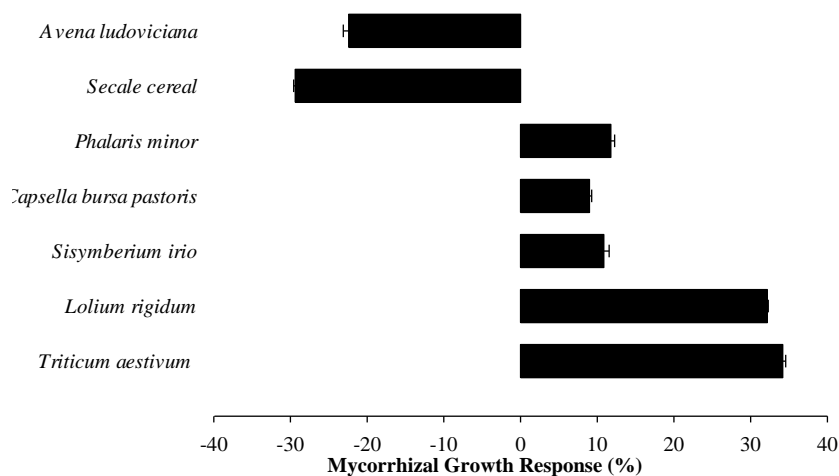
پاسخ رشد میکوریزایی

پاسخ رشد میکوریزایی در هفت گیاه مورد مطالعه از محدوده +۳۴/۱۸ درصد در گیاه گندم تا -۲۹/۲۸ درصد در علف هرز چاودار متغیر بود. وزن زیست‌توده کل علف‌های هرز چچم، خاکشیر تلخ و کیسه‌کشیش در حضور قارچ میکوریز افزایش یافت که در نتیجه سبب پاسخ رشد میکوریزایی مثبت در این گیاهان



شکل ۱. درصد کلونی‌سازی قارچ میکوریز روی ریشه گندم و علف‌های هرز، در شرایط گلدانی

Figure 1. Root colonization percentage in wheat and weeds by *Glomus mosseae* in pot experiment. Data indicate means \pm standard deviations.



شکل ۲. پاسخ رشد میکوریزایی گندم و شش گونه علف‌هرز به تلقیح قارچ میکوریز در آزمایش اول

Figure 2. Mycorrhizal growth response of wheat and six weed species to mycorrhizal colonization in experiment 1

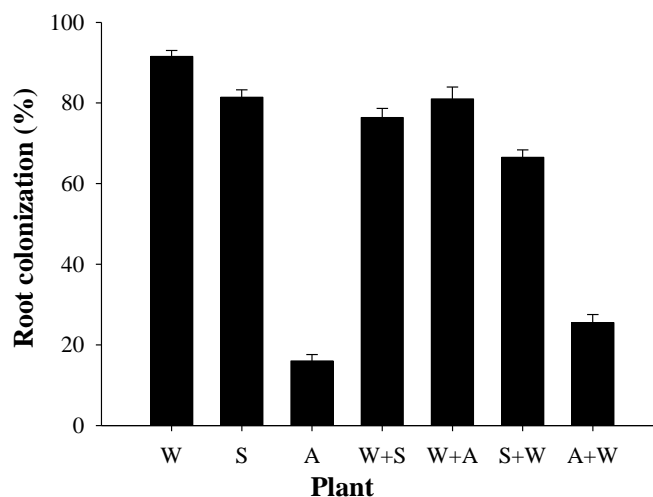
آزمایش دوم

درصد کلونی سازی

در گلدان‌های شاهد (عدم کاربرد قارچ) در کشت خالص و مخلوط گندم با علف هرز، کلونی سازی قارچ با ریشه گیاهان مشاهده نشد. درصد تشکیل کلونی روی ریشه گیاهان گندم و علف‌های هرز چاودار و یولاف وحشی در شرایط کشت خالص و رقابتی متفاوت بود (شکل ۳). قارچ میکوریز با ریشه گیاه گندم در کشت خالص، ۹۱/۵۶ درصد کلونی تشکیل داد. میزان کلونی سازی قارچ با ریشه دو علف هرز چاودار و یولاف وحشی در کشت خالص به ترتیب به میزان ۸۱/۴۰ و ۱۶/۰۰ درصد، مشاهده شد. رقابت علف‌های هرز چاودار و یولاف وحشی باعث شد که درصد کلونی سازی قارچ روی ریشه‌های گندم به ترتیب به میزان ۱۶/۵۸ و ۱۱/۵۶ درصد در مقایسه با کشت خالص گندم، کاهش یابد. درصد کلونی سازی قارچ با ریشه علف‌هرز چاودار در شرایط رقابت با گندم، ۱۸/۳ درصد در مقایسه با کشت خالص چاودار کاهش یافت در حالی که میزان کلونی سازی قارچ با ریشه علف‌هرز یولاف وحشی در رقابت با گندم، در مقایسه با کشت خالص، به میزان ۳۷/۲۵ درصد، افزایش نشان داد (شکل ۳).

وزن خشک اندام هوایی در مرحله گیاهچه‌ای

در مرحله گیاهچه‌ای اثر قارچ میکوریز بر وزن خشک اندام هوایی گندم و علف‌های هرز چاودار و یولاف وحشی در کشت خالص و مخلوط، در سطح یک درصد معنی دار بود. همزیستی قارچ میکوریز در کشت خالص گندم در مقایسه با عدم کاربرد قارچ، سبب افزایش وزن خشک کل گیاه، به میزان ۴۵/۵ درصد شد. در شرایط رقابت چاودار با گندم، در تیمار عدم کاربرد قارچ، وزن خشک گندم در مقایسه با کشت خالص، ۴۱/۶ درصد کاهش نشان داد و همزیستی ریشه گندم با قارچ، سبب افزایش توان رقابتی گندم در حضور چاودار شد به طوری که وزن خشک گندم در اثر رقابت چاودار در حضور قارچ میکوریز فقط به میزان ۱۲/۵ درصد نسبت به کشت خالص گندم، کاهش نشان داد. در شرایط رقابت یولاف وحشی نیز، در تیمار عدم کاربرد قارچ، وزن خشک گندم در مقایسه با کشت خالص، ۵۴/۵ درصد کاهش نشان داد و همزیستی ریشه گندم با قارچ، تأثیر چندانی بر توان رقابتی گندم در حضور یولاف وحشی نداشت به طوری که وزن خشک گندم در اثر رقابت یولاف وحشی در حضور قارچ میکوریز به میزان ۵۳/۱ درصد نسبت به کشت خالص گندم، کاهش یافت.



شکل ۳. درصد کلونی سازی قارچ میکوریز با ریشه گیاهان در کشت خالص گندم (W)، کشت خالص چاودار (S)، کشت خالص یولاف وحشی (A)، گندم در رقابت با چاودار (W+S)، گندم در رقابت با یولاف وحشی (W+A)، چاودار در رقابت با گندم (S+W) و یولاف وحشی در رقابت با گندم (A+W).

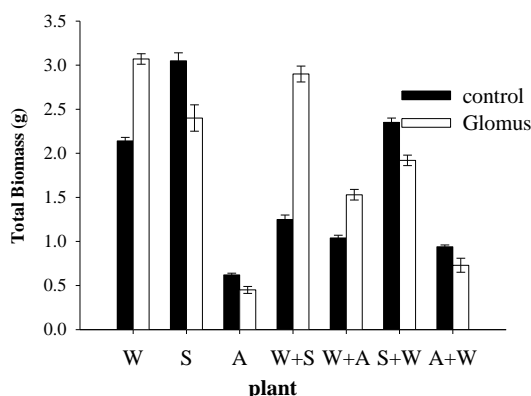
Figure 3. Percentage of root colonization by AMF with roots of wheat in monoculture (W), rye in monoculture (S), wild oat in monoculture (A), wheat in competition with rye (W+S), wheat in competition with wild oat (W+A), rye in competition with wheat (S+W) and wild oat in competition with wheat (A+W).

بر عملکرد بیولوژیکی گندم، معنی‌دار بود (جدول ۳). در تیمار شاهد (عدم کاربرد قارچ)، بیشترین عملکرد بیولوژیکی در کشت خالص گندم، به میزان ۱۳/۲۱ گرم در بوته مشاهده شد و در حضور علف‌های هرز چاودار و یولاف وحشی، عملکرد بیولوژیکی گندم به‌طور معنی‌دار و به‌ترتیب به میزان ۳۷/۳۹ و ۴۲/۷۷ درصد کاهش یافت (جدول ۴). قارچ میکوریز، عملکرد بیولوژیکی گندم را در کشت خالص و همچنین در حضور علف‌های هرز، به‌طور معنی‌داری افزایش داد. بیشترین عملکرد بیولوژیکی گندم در همزیستی با قارچ میکوریز و در کشت خالص به میزان ۱۹/۲۱ گرم در بوته مشاهده شد که در مقایسه با عدم کاربرد قارچ، افزایش ۳۱/۲ درصدی را نشان داد. عملکرد بیولوژیکی گندم در حضور قارچ میکوریز و مخلوط با چاودار و یولاف وحشی نیز در مقایسه با شرایط عدم کاربرد قارچ، به‌ترتیب به میزان ۱۸/۹۲ و ۱۳/۵۰ درصد، افزایش نشان داد.

در علف‌های هرز چاودار و یولاف وحشی تلقیح با قارچ میکوریز به ترتیب سبب کاهش وزن خشک آن‌ها به میزان ۲۲/۶ و ۲۶/۲ درصد شد. رقابت گندم با چاودار در شرایط عدم تلقیح قارچ، سبب کاهش وزن خشک چاودار به میزان ۲۵/۸ درصد شد در صورتی‌که در شرایط تلقیح قارچ میکوریز، وزن خشک چاودار در رقابت با گندم به میزان ۳۷/۵ درصد کاهش نشان داد، که نشان‌دهنده تأثیر منفی قارچ بر گیاه چاودار در شرایط رقابت با گندم است (شکل ۴). رقابت گندم با یولاف وحشی در شرایط عدم تلقیح قارچ، سبب افزایش وزن خشک یولاف وحشی به میزان ۳۸/۴ درصد شد در صورتی‌که در شرایط تلقیح قارچ میکوریز، وزن خشک یولاف وحشی در رقابت با گندم به میزان ۳۱/۴ درصد افزایش نشان داد (شکل ۴).

عملکرد و اجزای عملکرد گندم

اثرات ساده همزیستی قارچ و رقابت و اثر متقابل آن‌ها



شکل ۴. وزن خشک کل گندم و دو علف هرز در کشت خالص گندم (W) کشت خالص چاودار (S)، کشت خالص یولاف وحشی (A)، گندم در رقابت با چاودار (W+S)، گندم در رقابت با یولاف وحشی (W+A)، چاودار در رقابت با گندم (S+W) و یولاف وحشی در رقابت با گندم (A+W).

Figure 4. Total biomass of wheat and two weed species in pure stand of wheat (W), pure stand of rye (S), pure stand of wild oat (W), wheat in competition with rye (W+S), wheat in competition with wild oat (W+A), rye in competition with wheat (S+W) and wild oat in competition with wheat (A+W).

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر قارچ و رقابت چاودار و یولاف وحشی بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم

Table 3. Analysis of variance (means squares) for effects of fungus and inter specific competition of wild oat and rye on yield and yield components of wheat

S.O.V	df	Number of spikes per plant	Number of seeds per spike	Total weight	Seed weight	Mean kernel weight
Fungi (F)	1	5.125**	229.63**	69.19**	4.53**	28.67*
Competition (C)	2	12.54**	445.30**	191.14**	16.29**	349.36*
F×C	2	0.04**	7.23**	16.77**	1.14**	2.91**
Error	24	0.183	2.53	0.57	0.037	1.47
Cv. (%)	-	11.41	4.75	6.74	6.62	3.68

تیمارهای کشت خالص گندم، رقابت با چاودار و رقابت با یولاف وحشی در مقایسه با شرایط بدون کاربرد قارچ، به ترتیب معادل ۳/۵۰ و ۵/۴۴ درصد افزایش داد (جدول ۴).

اثرات ساده همزیستی قارچ و رقابت و اثر متقابل آن‌ها بر عملکرد دانه گندم، معنی‌دار بود (جدول ۳). در شرایط عدم کاربرد قارچ، عملکرد دانه گندم در کشت خالص به میزان ۳/۶۳ گرم در بوته بود و علف‌های هرز چاودار و یولاف وحشی سبب کاهش عملکرد دانه گندم به ترتیب به میزان ۴۲/۶۹ و ۴۸/۴۸ درصد شدند. در کشت خالص گندم در حضور قارچ میکوریز، عملکرد دانه گندم به ترتیب ۵/۵۱ گرم در بوته به دست آمد که در مقایسه با تیمار عدم کاربرد قارچ، افزایش ۵۱/۷۹ درصدی را نشان داد (جدول ۴). در شرایط تلقیح با قارچ میکوریز و رقابت گندم با چاودار و یولاف وحشی عملکرد دانه گندم به ترتیب به میزان ۹/۱۳ و ۳۳/۶۸ درصد در مقایسه با عدم تلقیح، افزایش یافت (جدول ۴).

بحث

نتایج نشان داد که قارچ میکوریز با ریشه گیاهان گندم، یولاف وحشی، چاودار و چچم بیش از ۵۰ درصد کلونی تشکیل می‌دهد و میزان کلونی‌سازی قارچ با ریشه گیاهان خونی‌واش، خاکشیرتلخ و کیسه‌کشیش بسیار پایین بود. در مطالعات بیان شده است که گیاهان خانواده شب‌بو (Brassicaceae) از گیاهان غیرمیکوریزی هستند و گیاهان این خانواده با این قارچ به میزان بسیار پایین تشکیل کلونی می‌دهند (Wang & Qui, 2006; Jordan et al., 2000).

اثرات ساده همزیستی قارچ و رقابت و اثر متقابل آن‌ها، بر تعداد سنبله در بوته گندم معنی‌دار بود (جدول ۳). در شرایط عدم تلقیح قارچ، رقابت چاودار و یولاف وحشی، تعداد سنبله در بوته گندم را به ترتیب ۲۳/۷۰ درصد و ۲۹/۲۵ درصد کاهش داد و با حضور قارچ افزایش تعداد سنبله در بوته گندم در اثر رقابت چاودار و یولاف وحشی به ترتیب ۱۳/۵۷ و ۲۱/۰۵ درصد بود (جدول ۴).

اثرات ساده همزیستی قارچ و رقابت و اثر متقابل آن‌ها بر تعداد دانه در سنبله گندم، معنی‌دار بود (جدول ۳). در شرایط عدم کاربرد قارچ، بیشترین میانگین تعداد دانه در سنبله در کشت خالص گندم به میزان ۳۷ دانه در سنبله مشاهده شد و رقابت علف‌های هرز چاودار و یولاف وحشی به ترتیب این صفت را ۲۱/۰۵ و ۲۶/۹۰ درصد کاهش داد. همزیستی ریشه گندم با قارچ میکوریز در مقایسه با شرایط بدون قارچ، در کشت خالص و شرایط رقابتی، سبب افزایش تعداد دانه در سنبله گندم شد. قارچ میکوریز تعداد دانه در سنبله گندم را در کشت خالص ۱۹/۱۴ درصد و در حضور چاودار و یولاف وحشی به ترتیب ۱۳/۵۷ و ۲۱/۰۵ درصد افزایش داد (جدول ۴).

اثرات ساده همزیستی قارچ و رقابت و اثر متقابل آن‌ها بر متوسط وزن دانه گندم، معنی‌دار بود (جدول ۳). در شرایط عدم کاربرد قارچ، متوسط وزن دانه گندم در کشت خالص، معادل ۰/۰۳۸ گرم بود و رقابت چاودار و یولاف وحشی به ترتیب سبب کاهش متوسط وزن دانه گندم به میزان ۲۱/۲۱ و ۳۰/۱۲ درصد شد (جدول ۴). همزیستی قارچ میکوریز متوسط وزن دانه گندم را در

جدول ۴. مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیکی، عملکرد دانه، وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله و تعداد سنبله در بوته گندم تحت

سطوح مختلف قارچ در کشت خالص گندم (W) و رقابت بین‌گونه‌ای گندم با چاودار (W+S) و گندم با یولاف وحشی (W+A)

Table 4. Mean comparison of biological yield, seed yield, 1000-grain weight, number of seeds per spike and number of spikes per plant of wheat, under different levels of fungi and wheat (W), wheat+ rye (W+S) and wheat+ wild oat (W+A) competition

Fungus	Competition	Biological yield (g/plant)	Seed yield (g/plant)	Mean kernel weight (g/kernel)	Number of seeds per spike	Number of spikes per plant
Un-inoculated	W	13.21 ± 0.46 a	3.638 ± 0.15 a	0.038 ± 0.0008 a	37.60 ± 0.62 a	4.53 ± 0.36 a
	W+S	8.28 ± 0.32 b	2.086 ± 0.59 b	0.030 ± 0.0009 b	28.00 ± 0.92 b	2.56 ± 0.19 b
	W+A	7.56 ± 0.13 b	1.876 ± 0.52 c	0.028 ± 0.0009 c	26.60 ± 0.68 b	2.92 ± 0.36 b
Inoculated	W	19.21 ± 0.65 a	5.514 ± 0.18 a	0.041 ± 0.0005 a	44.80 ± 0.86 a	5.51 ± 0.22 a
	W+S	10.20 ± 0.28 b	2.272 ± 0.12 b	0.031 ± 0.0005 b	31.80 ± 0.89 b	3.30 ± 0.19 b
	W+A	8.74 ± 0.23 c	2.506 ± 0.34 b	0.029 ± 0.0004 b	32.20 ± 0.73 b	3.68 ± 0.12 b

Setaria viridis) و چسبک (*Solanum nigrum* L.) (L. مشاهده شد (Veiga et al., 2011). کاهش زیست‌توده علف هرز سلمه تره در حضور قارچ میکوریز به میزان ۲۶ درصد در مقایسه با عدم کاربرد قارچ میکوریز گزارش شده است (Daisog et al., 2012). میزان کلونیزاسیون قارچ گلوبوموس با ریشه گندم رقم چمران، ۲۷/۳۳ درصد در شرایط گلدانی بیان شده است (Habibi et al., 2015). کاهش درصد کلونی سازی قارچ میکوریز با ریشه گیاه گندم در حضور علف‌های هرز مشاهده شده است. میزان کلونی‌سازی در شرایط تک‌کشتی گیاه ذرت به ۸۰ درصد رسید در صورتی‌که در شرایط رقابت با علف‌های هرز، کلونی‌سازی به ۶۸ درصد رسید (Veiga et al., 2010). عواملی مانند گونه گیاهی، فعالیت میکروبی خاک و محیط فیزیکی و شیمیایی خاک، بر میزان و شدت کلونی‌سازی قارچ‌های میکوریز با ریشه گیاهان در شرایط تک‌کشتی و رقابت با علف‌های هرز، مؤثر هستند (Schechter & Bruns, 2008; Bennett & Bever, 2007).

Cameron (2010) پاسخ رشد منفی برخی گونه‌های گیاهی به همزیستی میکوریزی را ناشی از کاهش غلظت مواد غذایی می‌داند و معتقد است رابطه میکوریزی به‌واسطه خاصیت آللوپاتیک قارچ، باعث کاهش تعداد ریشه‌های موئین و به دنبال آن باعث کاهش جذب مواد غذایی در برخی از گیاهان می‌شود. قارچ‌های میکوریز با بعضی از علف‌های هرز تشکیل کلونی داده و می‌توانند سبب کاهش رشد علف‌هرز شده و در نتیجه گیاه زراعی رشد و عملکرد بهتری را خواهد داشت (Vatovec et al., 2005; Veiga et al., 2011). احتمالاً مکانیسمی که می‌تواند کاهش رشد علف‌های هرز را در حضور قارچ، توجیه کند این است که در گیاهان غیرمیکوریزی یا گیاهانی که دارای پاسخ رشد میکوریزی منفی هستند، به دلیل جذب کمتر مواد غذایی در مقایسه با گیاه زراعی، رشد کاهش پیدا می‌کند (Rinaudo et al., 2010). به نظر می‌رسد که با توجه به تأثیر غیریکنواخت قارچ‌های میکوریز بر تعدادی از گیاهان زراعی و علف‌های هرز، بتوان از همزیستی این قارچ‌ها به‌عنوان یکی از

میزان کلونی‌سازی قارچ گلوبوموس با ریشه گندم ۷۳/۳۸ درصد گزارش شده است (Yaghoobian et al., 2014). (Tahira et al., 2012) میزان کلونی‌سازی قارچ میکوریز را با ریشه علف‌های هرز شیرتیغی (*Sonchus oleraceus* L.) ۸۱ درصد، خارلته (*Cirsium arvense* L.) ۹ درصد و سلمه‌تره (C. album) به میزان ۷ درصد گزارش کردند.

کلونی‌سازی قارچ میکوریز با ریشه گیاه گندم و برخی از علف‌های هرز مورد مطالعه، سبب افزایش وزن خشک اندام هوایی و پاسخ رشد مثبت شد و در علف‌های هرز چاودار و یولاف، سبب کاهش زیست‌توده گیاهان و در نتیجه پاسخ رشد منفی این دو علف‌هرز شد. در حالی‌که برخی از مطالعات درصد کلونی‌سازی بالای این قارچ را با ریشه گیاهان زراعی خانواده گندمیان (Poaceae) گزارش کرده‌اند (Farbodnia et al., 2009; Yaghoobian et al., 2014)، برخی از محققین معتقدند که برخی از گیاهان این خانواده، وابستگی کمتری نسبت به دیگر گیاهان به میکوریز دارند و دلیل آن را وجود ریشه‌های افشان این گیاهان دانسته‌اند به‌راحتی جذب آب و مواد غذایی را انجام می‌دهند (Hajinia et al., 2012). تفاوت در میزان کلونی‌سازی قارچ‌های میکوریز در گیاهان خانواده گندمیان به میزان و نوع ترکیبات آللوکمیkal موجود در ریشه این گیاهان بستگی دارد که درصد کلونی‌سازی و در نتیجه رشد گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Javid, 2008).

در بررسی Yaghoobian et al. (2014) همزیستی قارچ گلوبوموس سبب افزایش ۱۸ درصدی وزن خشک اندام هوایی گندم شده‌است. قارچ‌های میکوریز برای بسیاری از گونه‌های گیاهی سودمند هستند و می‌توانند سبب افزایش و بهبود رشد گیاهان شوند، باین‌وجود در بعضی از مواقع نیز برخی از گونه‌های میکوریز سبب کاهش رشد در گونه‌های خاصی از گیاهان می‌شوند (Vatovec et al., 2005). بررسی اثر قارچ میکوریز بر رشد نه‌گونه علف‌هرز مهم در مزارع، نشان داد که رشد علف‌های هرز در حضور قارچ، کاهش پیدا می‌کند و بیشترین کاهش رشد در سه گونه سوروف (*Echinochloa crus-galli* L.)، تاج‌ریزی

یکی دیگر از اجزای عملکرد مهم و تأثیرگذار بر عملکرد دانه، وزن هزار دانه است. وزن هزار دانه گندم در شرایط حضور علف هرز خاکشیر ۴۳/۳ و در عدم حضور علف هرز، ۴۹/۶۵ بود (Farbodnia *et al.*, 2010). به علت رقابت و کاهش منابع در دسترس، گیاه مواد کافی برای پرکردن دانه هادر اختیار نداشته و همین امر باعث کاهش وزن آن‌ها گردید (Hosseinifaradonbe & Mahmodi, 2015). همزیستی ریشه گندم با قارچ میکوریز در شرایط رقابت با علف‌های هرز، اجزای عملکرد گندم را در مقایسه با عدم کاربرد قارچ، افزایش داد. Moucheshi *et al.* (2012) با بررسی واکنش ارقام گندم به قارچ آراباسکولارتحت شرایط تنش آبی، گزارش کردند که استفاده از میکوریز طول سنبله، تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه را تحت تأثیر قرار داد. تأثیر تلقیح قارچ بر تعداد سنبله گندم رقم کوهدشت، مثبت بود به طوری که حداقل تعداد سنبله در مترمربع (۴۳۹/۵ سنبله)، مربوط به تیمار عدم مصرف کود بود و تلقیح با قارچ میکوریز سبب افزایش تعداد سنبله در مترمربع به میزان ۴۵۵/۳ عدد شد. بیشترین تعداد سنبله در مترمربع در تیمار تلقیح با قارچ میکوریز (*Funneliformis mosseae*) با میانگین ۵۷۳/۳ سنبله در مترمربع و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد با میانگین ۵۶۳/۴ سنبله در مترمربع، گزارش شد (Sayyahfar *et al.*, 2018). همزیستی گیاه با میکوریز با افزایش سطح جذب ریشه، جذب آب و مواد غذایی به ویژه فسفر توسط هیف‌ها و انتقال آن به ریشه گیاه، سبب بهبود وضعیت غذایی و رشد و عملکرد بهتر گیاه می‌شود (Alqarawi *et al.*, 2014).

نتیجه‌گیری نهایی

این پژوهش با هدف استفاده از کودهای زیستی مانند میکوریز در جهت بهبود و افزایش رشد گیاه گندم در رقابت با علف‌های هرز در راستای تحقق کشاورزی پایدار انجام شد و نتایج موید این موضوع است که مصرف قارچ میکوریز می‌تواند باعث فراهم آوردن شرایط بهینه رشد گندم در شرایط رقابت با برخی از

روش‌های کاهش رقابت علف‌های هرز نظیر چاودار و یولاف وحشی با گیاه گندم، استفاده کرد.

رقابت علف‌های هرز یولاف وحشی و چاودار، عملکرد و اجزای عملکرد گیاه گندم را کاهش داد. Hosseini Faradonbeh & Mahmoudi (2015) بیشترین عملکرد دانه گندم را در کشت خالص به مقدار ۴۶۰ گرم در مترمربع گزارش کردند و در تراکم ۱۰۰ بوته در مترمربع جودره، عملکرد به ۳۵۷/۶۱ گرم در مترمربع (افت ۲۴ درصدی) رسید. نامبردگان کاهش عملکرد گندم را به کاهش وزن هزار دانه و تعداد سنبله گندم در مترمربع، نسبت دادند. وزن خشک، عملکرد و اجزای عملکرد گندم در حضور علف هرز چاودار کاهش پیدا کرد (Sohrabi *et al.*, 2012). کاهش عملکرد و وزن خشک گندم در حضور یولاف وحشی (*A. fatua*) گزارش شده است (Sorkhi Lalelou *et al.*, 2012). کاهش عملکرد بیولوژیکی گندم در حضور علف هرز جودره و خاکشیر نیز توسط محققین گزارش شده است (Hosseini Faradonbeh & Mahmoudi, 2015). در حضور قارچ میکوریز، توان رقابتی گندم افزایش یافته و توانسته است در مقایسه با عدم کاربرد قارچ، عملکرد بیولوژیکی بیشتری تولید کند. در رقابت گندم با دو علف هرز چاودار و یولاف وحشی، تعداد سنبله در بوته کاهش پیدا کرد. یکی از عوامل کاهش عملکرد دانه گندم تحت شرایط رقابتی، کاهش تعداد سنبله در واحد سطح در حضور علف هرز است (Farbodnia *et al.*, 2010). تعداد دانه در سنبله گندم معادل ۳۱ عدد در حضور قارچ میکوریز گزارش شده است و همزیستی قارچ با ریشه گندم سبب افزایش تعداد دانه در سنبله گندم شده است (Habibi *et al.*, 2015). حضور قارچ، در شرایط رقابت و کشت خالص گندم، اثر مثبت و معنی‌داری بر تعداد دانه در سنبله داشته است و این تأثیر مثبت در شرایط رقابتی نسبت به کشت خالص به طور معنی‌داری بیشتر بروز کرده است. Rinaudo *et al.* (2010) معتقدند که در گونه‌هایی که پاسخ رشد میکوریزایی منفی دارند، اختصاص بخشی از کربن تثبیت شده به میکوریز، باعث ضعیف‌تر شدن این گیاهان و برتری رقابتی گیاهان رقیب می‌شود.

امید است نتایج این بررسی در گسترش روش‌های کشاورزی پایدار و بدون ضرر برای محیط‌زیست و انسان، مؤثر باشد.

سپاسگزاری

از حمایت مسئولین محترم مرکز آموزش عالی امام خمینی وابسته به سازمان جهاد کشاورزی استان البرز برای فراهم آوردن شرایط انجام این پژوهش، تشکر و قدردانی می‌گردد. هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

علف‌های هرز شود، به‌طوری‌که در شرایط رقابت گندم با علف‌های هرز چاودار و یولاف وحشی در حضور قارچ میکوریز، توان رقابتی گندم افزایش یافته و عملکرد و اجزای عملکرد گندم مورد آزمایش در مقایسه با عدم کاربرد قارچ و در شرایط رقابت با علف‌های هرز، افزایش نشان داد. چنانچه علف‌های هرز غالب در مزارع گندم، غیرمیکوریزی باشند و یا پاسخ رشد منفی در حضور قارچ میکوریز داشته باشند مانند چاودار و یولاف وحشی، در این شرایط مصرف قارچ میکوریز می‌تواند خسارت علف‌های هرز مذکور را کاهش دهد.

REFERENCES

1. Ali, H., Peerzad, H. & Hashim, S. (2017). Weed management using crop competition in Pakistan: A review. *Crop Protection*, 95, 22-30.
2. Alipour, J. (2015). *Effects of mycorrhizal fungi and phosphorus fertilization on growth and yield of corv (Zea mays L.) in competition with weeds*. M.Sc. thesis. University of Shahrood, Iran. (in Farsi)
3. Alqarawi, A. A., Abd Allah, E. F. & Hashem, A. (2014). Alleviation of salt- induced adverse impact via mycorrhizal fungi in *Ephedra aphylla* Forssk. *Journal of Plant Interactions*, 9 (1), 802-810.
4. Bennett, A. E. & Bever, J. D. (2007). Mycorrhizal species differentially alter plant growth and response to herbivory. *Ecology*, 88 (1), 210-218.
5. Brito, I., Carvalho, M. & Goss, M. J. (2013). Soil and weed management for enhancing arbuscular mycorrhiza colonization of wheat. *Soil Use and Management*, 29(4), 540-546.
6. Brunderett, M. C. (2002). Coevolution of roots and mycorrhiza of land plants. *New Phytologist*, 145 (2), 257-304.
7. Burrows, R. L. & Pflieger, F. L. (2002). Arbuscular mycorrhizal fungi respond to increasing plant diversity. *Canadian Journal of Botany*, 80, 120-130.
8. Cameron, D. D. (2010). Arbuscular mycorrhizal fungi as agro ecosystem engineers. *Plant Soil*, 33(1), 1-5.
9. Daisog, H., Sbrana, C., Cristani, C., Moonen, A. C., Giovannetti, M. & Barberi, P. (2012). Arbuscular mycorrhizal fungi shift competitive relationships among crop and weed species. *Plant Soil*, 353 (1), 395-408.
10. Farbodnia, A., Baghestani, M. A., Zand, E. & Nour Mohammadi, G. H. (2009). Evaluation the competitive ability of wheat cultivars against flaxweed. *Journal of Plant Protection*, 23, 74-81. (in Farsi)
11. Fialho, C. M. T., Silva, G. S., Faustino, L. A., Carvalho, F. P., Costa, M. & Silva, A. A. (2016). Mycorrhizal association in soybean and weeds in competition. *Acta scientiarum Agronomy*, 38 (2), 171-178.
12. Giovannetti, M. & Mosse, B. (1980). An evaluation of techniques for measuring vesicular mycorrhizal infection in roots. *New Phytologist*, 97, 447-453.
13. Habibi, S., Meskarbashee, M. & Farzaneh, M. (2015). Effect of mycorrhizal (*Glomus spp*) on wheat (*Triticum aestivum*) yield and yield components with regard to irrigation water quality. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 13 (3), 471-484. (in Farsi)
14. Hajinia, S., Zarea, M.J., Mohammadi Goltapeh, E. & Rejali, F. (2012). Investigating the efficacy of endophytic fungus *Piriformospora indica* and *Azospirillum* strains on alleviation of detrimental effect of salt stress on wheat (*Triticum aestivum* cv.Sardari). *Journal of Environ Stress in Crop Science*, 1, 21-31. (in Farsi)
15. Hja, P., Kumar, V., Godara, R. K. & Chauhan, B. S. (2017). Weed management using crop competition in the Unites States: A review. *Crop Protection*, 95, 31-37.
16. Hart, M. M., Reader, R. J. & Klironomos, J. N. (2003). Plant coexistence mediated by arbuscular mycorrhizal fungi. *Trends in Ecology & Evolution*, 18 (8), 418-425.
17. Hosseini Faranonbe, N. & Mahmoudi, S. (2015). Growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) under interference of wild barely (*Hordeum spoantaneum* L.) in Isfahan region. *Journal plant Process and Function*, 3(9), 133-142. (in Farsi)
18. Javid, A. (2008). Allopathy in mycorrhizal symbiosis in the Poaceae family. *Allelopathy Journal*, 21(2), 207-218.

19. Jha, P., Kumar, V., Godara, R. K. & Chauhan, B. S. (2016). Weed management using crop competition in the United States: A review. *Crop Protection*, 54, 1-7.
20. Khazaei, M. & Farhangfar, H. (2010). Statistical experiment design and interrelation an introduction with agricultural examples. University of Birjand. (in Farsi)
21. Jordan, N. R., Zhang, J. & Huard, S. (2000). Arbuscular- mycorrhizal fungi: potential roles in weed management. *Weed Research*, 40 (5), 397-410.
22. Mariotte, P., Meugnier, C., Johnson, D., Thebault, A., Spiegelberger, T. & Buttler, A. (2013). Arbuscular mycorrhizal fungi reduce the differences in competitiveness between dominant and subordinate plant species. *Mycorrhiza*, 23 (4), 267-277.
23. Moucheshi, A., Heidari, B. & Assad, M. T. (2012). Alleviation of drought stress effects on wheat using arbuscular mycorrhizal symbiosis. *International Journal of Agriculture Science*, 2 (1), 35-47.
24. Rabiey, M., Ullah, I., Shaw, L. J. & Haw, M. W. (2017). Potential ecological effects of *Piriformospora indica*, a possible biocontrol agent, in UK agricultural systems. *Biological Control*, 104, 1-9.
25. Rejali, F., Esmailizad, A. & Torkashvand, A. (2014). Studying the possibility of in vitro cultivation of three Arbuscular mycorrhizal species. *Journal soil Biology*, 2(1), 33-41. (in Farsi)
26. Rinaudo, V., Baarberi, P., Giovannetti, M. & Van Der Heijden, M.G.A. (2010). Mycorrhizal fungi suppress aggressive agricultural weeds. *Plant Soil*, 333 (1), 7-20.
27. Sayyahfar, M., Mirshekari, B., Yanvia, M., Farahvash, F. & Esmailzadeh Moghaddam, M. (2018). Effect of mycorrhiza inoculation and methanol spraying on some photosynthetic characteristics and yield in wheat cultivars under end-season drought stress. *Applied Ecology and Environmental Research*, 16(4), 3783-3803. (in Farsi)
28. Schechter, S. P. & Bruns, T. D. (2008). Serpentine and non-serpentine ecotypes of *Collinsia sparsiflora* associate with distinct arbuscular mycorrhizal fungal assemblages. *Molecular Ecology*, 17 (13), 3198-3210.
29. Smith, S. E. & Read, D. J. (2008). *Mycorrhizal symbiosis*. (3rd ed.). London, UK: Academic Press.
30. Sohrabi M., Rahimian Mashhadi, H. & Baheshtian Mesgaran, M. (2012). Evaluation of competitive ability of wheat (*Triticum aestivum*) against Rey (*Secale cereal* L.) using Reciprocal yield model in Miandoab. *Iranian Journal of Weed Science*, 8, 87-99. (in Farsi)
31. Sorkhi Lalelou, F., Dabbagh Mohammadi Nasab, A., Shafag Kolvanagh, J. & Fateh, M. (2012). Assessment of intra - and inter specific competition between wheat (*Triticum aestivum*) and wild oat (*Avena fatua*) by reciprocal yield model and competition indices. *Cereal Research*, 2, 96-106. (in Farsi)
32. Tahira, J. J., Khan, S. N., Anwar, W. & Suliman, R. (2012). Mycorrhiza association in some weeds of curcuma longa field of district kasur, Pakistan. *Pakistan Journal of Weed Science*, 18(3), 331-335.
33. Van Der Meulen, A. & Chanhan, B. S. (2017). A review of weed management in wheat using crop competition. *Crop Protection*, 95, 38-44.
34. Vatovec, C., Jordan, N. & Hured, S. (2005). Responsiveness of certain agronomic weed species to arbuscular mycorrhizal fungi. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 20 (3), 181-189.
35. Veiga, R. S. L., Jansa, J., Frossard, E. & Van der Heijden, M. G. A. (2011). Can arbuscular mycorrhizal fungi reduce the growth of agricultural weeds?. *pLoS ONE*, 6(12), E27825.
36. Wagg, C., Jansa, J., Stadler, M., Schimed, B. & Van Der Heijden, M. G. A. (2011). Mycorrhizal fungal identity and diversity relaxes plant-plant competition. *Ecology*, 92, 1303-1313.
37. Wang, B. & Qui, Y. L. (2006). Phylogenetic distribution and evolution of mycorrhiza in land plants. *Mycorrhiza*, 16, 299-363.
38. Yaghoobian, Y., Mohammadi Goltapeh, E., Pirdashti, H., Esfandiari, E., Feiziasl, V., Kari Dolatabadi, H., Varma, A. & Hartani Hassim, M. (2014). Effect of *Glomus mossea* and *Piriformospora indica* on growth and antioxidant defense responses of wheat Plants under drought stress. *Agricultural Research*, 3 (3), 239-245.
39. Zand, E., Baghestani, M. A., Nezamabadi, N., Shimi, P. & Mousavi, S. K. (2017). *A guide to chemical control of weeds in Iran*. Jahad-eDaneshgahi Mashhad.