



به‌زرعی کشاورزی

دوره ۲۳ ■ شماره ۴ ■ زمستان ۱۴۰۰

صفحه‌های ۷۷۷-۷۹۴

DOI: 10.22059/jci.2021.310730.2455

مقاله پژوهشی:

بررسی انتقال مجدد مواد فتوسنتزی ارقام مختلف جو با کاربرد منابع کودی در شرایط دیم

رحیم ناصری^{۱*}، امیر میرزایی^۲، امین عباسی^۳

۱. استادیار، گروه تکنولوژی تولیدات گیاهی، آموزشکده فنی‌مهندسی و کشاورزی دهلران، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران.

۲. استادیار، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان ایلام، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایلام، ایران.

۳. استادیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران.

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۹/۲۸

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۰۸/۱۸

چکیده

به‌منظور بررسی نقش قارچ میکوریزا بر کارایی و سهم انتقال مجدد مواد فتوسنتزی جو دیم، آزمایشی تحت شرایط مزرعه به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی سرابله، ایلام در سال زراعی ۱۳۹۸-۹۹ اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل ارقام جو (محلی، ماهور، خرم و فردان) و منابع کودی شامل شاهد (عدم مصرف منابع کودی)، ۵۰ درصد نیاز فسفر گیاه به‌صورت کود شیمیایی، قارچ میکوریزا، قارچ میکوریزا همراه با ۵۰ درصد نیاز فسفر گیاه به‌صورت کود شیمیایی و ۱۰۰ درصد نیاز فسفر گیاه به‌صورت کود شیمیایی بودند. نتایج این پژوهش نشان داد که اثر برهم‌کنش رقم در منابع کودی بر کارایی انتقال مجدد از سنبله، سهم انتقال مجدد سنبله در عملکرد دانه، کارایی انتقال مجدد از ساقه، سهم انتقال مجدد ساقه در عملکرد دانه، میزان فتوسنتز جاری، سهم فتوسنتز جاری و سرعت پرشدن دانه معنی‌دار بود. برهم‌کنش رقم فردان در قارچ میکوریزا همراه با ۵۰ درصد کود شیمیایی فسفر دارای بیش‌ترین کارایی انتقال مجدد از سنبله، سهم انتقال مجدد سنبله، میزان فتوسنتز جاری، سهم فتوسنتز جاری و سرعت پرشدن دانه بود. بیش‌ترین کارایی انتقال مجدد از ساقه، سهم انتقال مجدد ساقه در عملکرد دانه از برهم‌کنش رقم محلی در تیمار شاهد (عدم مصرف منابع کودی) به‌دست آمد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده نشان داده شد که در شرایط دیم منطقی رقم جدید فردان در قارچ میکوریزا همراه با ۵۰ درصد کود شیمیایی فسفر، می‌تواند توصیه شود.

کلیدواژه‌ها: انتقال مجدد، سنبله، سهم فتوسنتز جاری، کارایی انتقال مجدد، میکوریزا.

Study on remobilization of photo-assimilates in different barley cultivars in response to the applications of fertilizer sources under dryland conditions

Rahim Naseri^{1*}, Amir Mirzaei², Amin Abbasi³

1. Assistant Professor, Department of Plant Production Technology, Dehloran Faculty of Agriculture and Engineering, Ilam University, Ilam, Iran.

2. Assistant Professor, Crop and Horticultural Science Research Department, Ilam Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Ilam, Iran.

3. Assistant Professor, Department of Plant Production and Genetics., Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran

Received: November 8, 2020

Accepted: December 18, 2020

Abstract

In order to investigate the effect of mycorrhizal fungi on dry matter remobilization of barley in dryland conditions, a field experiment has been carried out in factorial analysis based on randomized complete block design with three replications at the farm station of Sarablah Agricultural Research Center, Ilam during 2019-2020 cropping season. Experimental factors include different barley cultivars (Mahali, Mahoor, Khoram, and Fardan) and fertilizer application is the control (without fertilizer application), 50% P chemical fertilizer, mycorrhizal fungi (*Glomus mosseae*, *Glomus etunicatum* and *Rhizophagus irregularis*), mycorrhizal fungi along with 50% P chemical fertilizer and 100% P chemical fertilizer. The results of this study indicate that the interaction of cultivar along with fertilizer application have had significant influence on dry matter remobilization efficiency from spike, contribution of spike reserves to grain yield, dry matter remobilization efficiency from stem, contribution of stem reserves to grain yield, current photosynthesis rate, contribution of current photosynthesis, and grain filling rate. Thus, the interaction of Fardan cultivar and mycorrhizal fungi along with 50% P chemical fertilizer has had the highest dry matter remobilization efficiency from spike, contribution of spike reserves to grain yield, current photosynthesis rate, contribution of current photosynthesis, and grain filling rate. In return, in this study the highest stem dry matter remobilization efficiency, contribution of stem reserves to grain yield, have been obtained from the interaction of Mahali cultivar along with control treatment. According to the results, in dryland conditions of the region, new cultivar of Fardan as well as mycorrhizal fungi along with 50% P chemical fertilizer can be recommended.

Keywords: Current photosynthesis contribution, mycorrhiza, remobilization, remobilization efficiency, spike.

۱. مقدمه

با توجه به این که عملکرد غلات دیم در ایران بسیار پایین بوده و سطح قابل توجهی از مناطق تحت کشت ایران را دیمزارها تشکیل می‌دهند، بررسی راهکارهای لازم برای افزایش میزان محصول در واحد سطح مهم و ضروری به نظر می‌رسد (Khosravi & Mahmoudi, 2013). ایران به لحاظ قرار گرفتن در منطقه خشک و نیمه‌خشک از لحاظ بارندگی دچار محدودیت بوده، که با برنامه‌ریزی اصولی از امکانات می‌توان از کاهش تولید ممانعت به عمل آورد کرد (Tadayon & Emam, 2008). یکی از راهکارهای مناسب برای بهبود تغذیه و رشد گیاه استفاده از مایه تلقیح‌های میکروبی یا به اصطلاح کودهای زیستی است. برخی از میکروارگانیسم‌های خاک دارای خصوصیات هستند که با تأثیر روی گیاه به واسطه بهبود شرایط تغذیه‌ای آن سبب افزایش مقاومت آن نسبت به عوامل نامساعد محیطی می‌شوند (Khosravi & Mahmoudi, 2013).

یکی از راه‌های رسیدن به کشاورزی ارگانیک، که نقش مهمی در جهت تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان داشته، قارچ میکوریزا بوده که در روابط خاک و گیاه و هم‌چنین در برقراری رابطه همزیستی از اهمیتی ویژه‌ای برخوردار است (Hoseininejad *et al.*, 2016). امروزه در سراسر جهان همزیستی قارچ و ریشه به جهت بهبود تغذیه، سلامت گیاه و کیفیت خاک مورد توجه قرار گرفته است. گیاه با کمبود آب مواجه می‌شود از دست دادن آب سلول‌های مزوفیل از فتوستتسز ممانعت به عمل آورده و کارایی مصرف آب کم می‌شود (Naghashzadeh *et al.*, 2014).

از جمله مکانیسم‌های تحمل به کمبود آب توسط قارچ میکوریزا، افزایش هدایت هیدرولیکی ریشه (Robert *et al.*, 2008)، تنظیم اسمزی یا میزان تعرق (Asrar & Elhindi, 2011)، افزایش جذب در شرایط سطوح پایین رطوبت خاک و انتقال آب توسط هیفاها (Fagbola *et al.*, 2001)، تنظیم

اسمزی به واسطه حفظ آماس سلولی (Asrar & Elhindi, 2011)، افزایش فعالیت فتوسنتز، تجمع پرولین و کربوهیدرات‌ها و بهبود عناصر غذایی و به صورت غیر مستقیم سبب بالابردن میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانسی و موجب بهبود روابط آبی می‌شود (Asrar & Elhindi, 2011).

عملکرد دانه تابع فتوستتسز جاری، انتقال مجدد مواد فتوستتزی ذخیره شده از جمله ساقه منبع تأمین‌کننده کربوهیدرات‌های مورد نیاز برای پرکردن دانه است، انتقال مجدد مواد فتوستتزی که به صورت موقت پس از گلدهی در ساقه ذخیره شده‌اند می‌باشد. برای دستیابی به عملکرد بیش‌تر، غیر از انتقال مجدد ماده خشک از اندام‌های رویشی، تولید ماده خشک بعد از مرحله گرده‌افشانی از اهمیت خاصی برخوردار است. اندوخته‌های غذایی موجود در اندام‌های رویشی گیاه، قبل از گرده‌افشانی در شرایطی که فتوستتسز و جذب عناصر معدنی طی پر شدن دانه با مشکل مواجه می‌شود، در عملکرد دانه اهمیت به‌سزایی دارند (Forouzi *et al.*, 2016; Talebzadeh *et al.*, 2017).

قارچ میکوریزا به دلیل افزایش پتانسیل جذب ریشه گیاه و یون‌های فلزی مثل روی سبب افزایش توان فتوستتزی گیاه در مرحله پر شدن دانه می‌شود (Ben Ghnaya, 2007). سهم فتوستتسز جاری در شرایط وجود تنش‌های محیطی به واسطه پیری زودرس و ریزش برگ‌ها طی دوره پر شدن دانه کاهش می‌یابد، در حالی که تقاضای دانه‌ها برای مواد فتوستتزی وجود دارد (Kheyrizadeh Azogh *et al.*, 2015). افزایش تولید اندام‌های فتوستتسزکننده، افزایش تولید و ذخیره آسمیلات‌ها و تداوم بیش‌تر فعالیت اندام‌های فتوستتزی به دلیل طولانی‌تر شدن دوره رشدی گیاه و عدم برخورد با شرایط نامساعد جوی در آخر فصل رشد زمینه افزایش عملکرد دانه را فراهم می‌کند (Jiriaie *et al.*, 2014). کاهش نزولات جوی و پراکنش نامناسب آن در کنار مشکلات تغذیه‌ای، تولید محصولات دیم را با چالش

همراه با ۵۰ درصد نیاز فسفر گیاه به صورت کود شیمیایی و ۱۰۰ درصد نیاز فسفر گیاه به صورت کود شیمیایی بودند. در هر کرت، هشت ردیف به طول چهار متر و با فاصله ردیف‌های کاشت ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. رقم‌های جو زراعی مورد استفاده در این پژوهش در منطقه به صورت گسترده و تجاری توسط کشاورزان و بهره‌برداران بخش کشاورزی مورد کشت قرار می‌گیرند. ویژگی‌های رقم‌های جو مورد بررسی در جدول (۱) نشان داده شده است.

در این پژوهش قارچ میکوریزا از بخش بیولوژی خاک، مؤسسه تحقیقات خاک و آب کرج تهیه شد. قبل از کاشت جو، قارچ میکوریزا که هر گرم آن دارای ۷۰ اسپور زنده بود، با بذرها آغشته شد و پس از تهیه کردن بستر کاشت، بذور تلقیح شده در شیارهای ایجاد شده انداخته و با خاک پوشانده شدند. کاشت ارقام مختلف جو در تاریخ ۱۰ آذرماه انجام شد. آمار هواشناسی محل مورد آزمایش در جدول (۲) ارائه شده است.

مقدار بذر مصرفی برای هر هکتار ۱۲۰ کیلوگرم بود. کودهای نیتروژن و فسفر براساس آزمون خاک (Nasari, 2017، جدول ۳) مورد استفاده قرار گرفتند. کود نیتروژن به میزان ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار در دو مرحله (در هنگام کاشت و شروع ساقه‌دهی) به زمین داده شد. در این پژوهش براساس اندازه‌گیری آزمون خاک و نظر کارشناسان (Nasari, 2017) به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر در موقع کاشت استفاده شد.

جدی مواجهه ساخته کاربرد کودهای زیستی در کنار کودهای شیمیایی در شرایط دیم در کنار به عنوان راه‌حلی برای بهبود تولید در واحد سطح می‌باشد. تاکنون پژوهش‌های گسترده‌ای در مورد بررسی نقش میکروارگانیسم‌ها در جهت کاهش خسارت ناشی از تنش خشکی و درجه حرارت بالا در کشت دیم که موجب افزایش عملکرد دانه در شرایط دیم می‌شود، صورت نگرفته است. با بررسی نقش این میکروارگانیسم‌ها (قارچ میکوریزا) بر شاخص‌های فیزیولوژیکی مانند انتقال مجدد مواد فتوستتزی گندم تحت شرایط دیم می‌توان به نتایج مفیدی دست یافت، به همین منظور این آزمایش به منظور بررسی نقش قارچ میکوریزا بر انتقال مجدد مواد فتوستتزی در ارقام جدید جو در شرایط دیم انجام گرفت.

۲. مواد و روش‌ها

به منظور بررسی نقش قارچ میکوریزا بر کارایی و سهم انتقال مجدد مواد فتوستتزی جو دیم، آزمایشی تحت شرایط مزرعه به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی سرابله، ایلام در سال زراعی ۱۳۹۸-۹۹ اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل ارقام جو (محلی، ماهور، خرم و فردان) و منابع کودی شامل شاهد (عدم مصرف منابع کودی)، ۵۰ درصد نیاز فسفر گیاه به صورت کود شیمیایی قارچ میکوریزا (*Glomus mosseae*)، (*Glomus etunicatum* and *Rhizophagus irregularis*).

جدول ۱. ویژگی‌های رقم‌های جو مورد بررسی در این پژوهش

رقم	سال معرفی	کشور مبدا	مرکز معرفی	ویژگی‌های بارز
ماهور	۱۳۸۷	ایکارد	مؤسسه دیم	متحمل به تنش خشکی و گرما، زودرس
خرم	۱۳۹۰	ایکارد	مؤسسه دیم	متحمل به تنش خشکی و گرما، زودرس
فردان	۱۳۹۷	ایکارد	مؤسسه دیم	سازگاری و پایداری تولید در شرایط خشک و گرم، زودرس، انتقال مداوم مواد حاصل از فتوستتزر در شرایط تنش

جدول ۲. مقادیر متوسط ماهانه دما، بارش و رطوبت در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی سرابله

ماه	حداقل دما (C)	حداکثر دما (C)	میزان بارش (mm)	حداقل رطوبت (%)	حداکثر رطوبت (%)
مهر	۱۳/۲	۳۷/۲	۱۵	۱۸	۴۱
آبان	۰/۸	۲۷/۲	۴۴/۶	۳۳	۷۳
آذر	۰/۲	۱۹/۶	۱۳۴/۴	۳	۸۳
دی	-۲	۱۶/۴	۳۷/۴	۴۷	۸۴
بهمن	-۸/۵	۱۹/۵	۶۰/۳	۴۳	۷۹
اسفند	۱/۷	۲۴/۸	۲۶۷/۱	۴۷	۸۴
فروردین	۲/۶	۲۶/۶	۳۳/۵	۴۰	۸۰
اردیبهشت	۴/۸	۳۶/۵	۱۱/۳	۲۴	۶۴
خرداد	۱۶	۳۹/۷	۰	۱۲	۳۱

جدول ۳. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

بافت خاک	آهن (mg.kg ⁻¹)	روی (mg.kg ⁻¹)	مس (mg.kg ⁻¹)	منگنز (mg.kg ⁻¹)	منیزیم (mg.kg ⁻¹)	فسفر (mg.kg ⁻¹)	پتاسیم (mg.kg ⁻¹)	نیترژن (%)	کربن آلی (%)	شوری (ds.m ⁻¹)	اسیدیته
رسی لومی	۱۰	۱/۴	۵/۲	۱۲	۲۱۶	۶	۲۸۰	۰/۱۳	۱/۵	۰/۴۰	۷/۱

که در آن، A انتقال مجدد ذخیره‌ای از ساقه و B میزان ماده خشک ساقه در مرحله گرده‌افشانی می‌باشد.

جهت محاسبه سهم انتقال مجدد مواد فتوسنتزی از رابطه (۳) استفاده شد:

$$F = \left(\frac{A}{D}\right) \times 100 \quad \text{رابطه (۳)}$$

که در آن، A انتقال مجدد ذخیره‌ای از ساقه و D عملکرد دانه می‌باشد.

جهت محاسبه میزان فتوسنتز جاری از رابطه (۴) استفاده شد:

$$CPR = GY - DMR \times 100 \quad \text{رابطه (۴)}$$

که در آن، CPR^۱ میزان فتوسنتز جاری، GY عملکرد دانه و DMR^۲ انتقال مجدد ماده خشک می‌باشد.

جهت محاسبه سهم فتوسنتز جاری از رابطه (۵) استفاده شد:

جهت اندازه‌گیری صفات مربوط به انتقال مجدد مواد فتوسنتزی در مرحله گرده‌افشانی و رسیدگی فیزیولوژیک پنج ساقه در هر کرت به صورت تصادفی انتخاب و به مدت ۷۲ ساعت در آن با درجه حرارت ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت و سپس وزن خشک ساقه و سنبله به صورت جداگانه، اندازه‌گیری شدند (Mirtaehri et al., 2011).

جهت بررسی انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای از رابطه (۱) استفاده شد:

$$A = B - C \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن، A انتقال مجدد ذخیره‌ای از ساقه و سنبله، B میزان ماده خشک ساقه و سنبله در مرحله گرده‌افشانی و C میزان ماده خشک ساقه و سنبله در مرحله رسیدگی.

جهت محاسبه کارایی انتقال مجدد مواد فتوسنتزی (E) از ساقه و سنبله از رابطه (۲) استفاده شد:

$$E = \left(\frac{A}{B}\right) \times 100 \quad \text{رابطه (۲)}$$

1. Current photosynthesis rate
2. Dry matter remobilization

تجزیه واریانس داده‌های این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۲) و مقایسه میانگین داده‌ها به روش آزمون چنددامنه‌ای دانکن و ترسیم شکل‌ها بوسیله نرم‌افزار Excel (نسخه ۲۰۱۶) صورت گرفت.

۳. نتایج و بحث

۳.۱. وزن خشک

با توجه به جدول تجزیه واریانس، اثرات اصلی رقم و منابع کودی بر وزن خشک سنبله در مرحله گرده‌افشانی و رسیدگی معنی‌دار شد (جدول ۴). نتایج این تحقیق نشان داد که رقم جو فردان دارای بیش‌ترین وزن خشک سنبله بود و کم‌ترین وزن خشک در رقم محلی مشاهده شد و بین رقم‌های ماهور و خرم از نظر وزن خشک سنبله اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد و در یک گروه آماری مشابه قرار گرفتند (جدول ۵). تیمار قارچ میکوریزا همراه با ۵۰ درصد نیاز فسفر گیاه به صورت کود شیمیایی موجب افزایش وزن خشک سنبله در مرحله گرده‌افشانی و رسیدگی شد و تیمار شاهد (عدم مصرف منابع کودی) دارای کم‌ترین میزان بود (جدول ۵).

با توجه به جدول تجزیه واریانس اثرات اصلی رقم و منابع کودی بر وزن خشک ساقه در مرحله گرده‌افشانی و رسیدگی معنی‌دار شد (جدول ۴). رقم فردان همراه با ماهور و محلی همراه با خرم به ترتیب دارای بیش‌ترین و کم‌ترین وزن خشک ساقه بودند (جدول ۵). در این پژوهش مشاهده شد که قارچ میکوریزا همراه با ۵۰ درصد نیاز فسفر گیاه به صورت کود شیمیایی موجب افزایش وزن خشک ساقه در مرحله گرده‌افشانی و رسیدگی و تیمار شاهد (عدم مصرف منابع کودی) دارای کم‌ترین میزان وزن خشک ساقه بود (جدول ۵).

$$\text{رابطه (۵)} \quad CPC = \frac{CPR}{GY} \times 100$$

که در آن، CPC^۱ سهم فتوسنتز جاری، CPR میزان فتوسنتز جاری و GY^۲ عملکرد دانه می‌باشد.

جهت محاسبه کارایی انتقال مجدد از رابطه (۶) استفاده شد (Madani et al., 2010):

$$\text{رابطه (۶)} \quad DMRE = \frac{DMR}{DMR} \times 100$$

که در آن، DMRE^۳ کارایی انتقال مجدد سنبله، DMR انتقال مجدد ذخیره‌ای از سنبله و DMR میزان ماده خشک سنبله می‌باشد.

در این آزمایش مدت و طول دوره پرشدن دانه جهت بررسی نقش قارچ میکوریزا در ارقام مختلف جو دیم از روابط زیر ارزیابی شد؛ مدت و طول دوره پرشدن دانه جهت بررسی نقش قارچ میکوریزا در کشت دیم در شرایط مزرعه ارزیابی شد.

به منظور محاسبه طول دوره پر شدن دانه از رابطه (۷) استفاده شد (Majdi et al., 2011):

$$\text{رابطه (۷)} \quad GFP = PM - DF$$

که در آن، GFP^۴ طول دوره پر شدن دانه (تعداد روز بین گرده‌افشانی و رسیدگی فیزیولوژیک)، PM^۵ رسیدگی فیزیولوژیک و DF^۶ گرده‌افشانی می‌باشد.

جهت بررسی سرعت پر شدن دانه از رابطه (۸) استفاده شد (Majdi et al., 2011):

$$\text{رابطه (۸)} \quad GFR = \frac{SW}{GFP}$$

که در آن، GFR^۷ سرعت پر شدن دانه، SW وزن نهایی دانه و GFP طول دوره پرشدن دانه می‌باشد.

1. Current photosynthesis contribution
2. Grain yield
3. Dry matter remobilization efficiency
4. Grain filling period
5. Physiological maturity
6. Days to flowering
7. Grain filling rate

جدول ۴. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) انتقال مجدد مواد فتوستتزی تحت کاربرد کود شیمیایی فسفر و قارچ میکوریزا در ارقام

مختلف جو دیم

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک سنبله در مرحله گرده افشانی	وزن خشک سنبله در مرحله رسیدگی	انتقال مجدد ذخیره- ای از سنبله	کارایی انتقال مجدد از سنبله	سهم انتقال مجدد سنبله در عملکرد دانه
تکرار	۲	۹/۷	۹/۴	۰/۰۰۳۸	۲۱۴/۰۱	۹/۹
رقم	۳	۰/۶۹*	۰/۷۲*	۰/۰۰۴۹**	۱۱۴/۴**	۲۸/۷
منابع کودی	۴	۲/۴**	۲**	۰/۰۲۶**	۸۳/۱**	۶۰۶/۳**
برهم کنش	۱۲	۰/۰۶۴ns	۰/۰۵ns	۰/۰۰۰۵۴ns	۲۷/۷**	۲۳۶/۶**
خطا	۳۸	۰/۲۲	۰/۱۹	۰/۰۰۰۳۹	۸/۵	۴۸/۳
ضریب تغییرات (%)	-	۱۸/۳	۱۹/۱	۲۱	۱۷/۹	۱۸/۷

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی داری و معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

ادامه جدول ۴. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) انتقال مجدد مواد فتوستتزی تحت کاربرد کود شیمیایی فسفر و قارچ میکوریزا در

ارقام مختلف جو دیم

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک ساقه در مرحله گرده افشانی	وزن خشک ساقه در مرحله رسیدگی	انتقال مجدد ذخیره ای از ساقه	کارایی انتقال مجدد از ساقه
تکرار	۲	۰/۵۴	۰/۴۷	۰/۰۰۵۴	۸۳/۰۵
رقم	۳	۰/۰۸۸**	۰/۰۸۱*	۰/۰۰۳۸**	۵۹/۹*
منابع کودی	۴	۰/۴۴**	۰/۴۹**	۰/۰۰۲۶**	۲۳۷/۷**
برهم کنش	۱۲	۰/۰۰۴ns	۰/۰۰۳۶ns	۰/۰۰۰۲۱ns	۴۲/۲*
خطا	۳۸	۰/۰۱۵	۰/۰۱۴	۰/۰۰۰۶۲	۱۵/۹
ضریب تغییرات (%)	-	۱۸/۱	۱۹/۲	۲۲/۲	۲۱/۹

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی داری و معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

ادامه جدول ۴. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) انتقال مجدد مواد فتوستتزی تحت کاربرد کود شیمیایی فسفر و قارچ میکوریزا در

ارقام مختلف جو دیم

منابع تغییر	سهم انتقال مجدد ساقه در عملکرد دانه	میزان فتوستتزی جاری	سهم فتوستتزی جاری	طول دوره پر شدن دانه	سرعت پر شدن دانه	عملکرد دانه
تکرار	۱۶۲/۷	۰/۰۰۱۷	۱۴۸/۰۴	۶۰/۴	۰/۰۰۰۲۸	۲۸۷۱۸۵۰/۷
رقم	۴۵۰/۹**	۰/۱۰**	۴۲۲/۲**	۳۴/۱**	۰/۰۰۰۲۴**	۳۱۴۸۸۰/۰۸**
منابع کودی	۳۷۶۶/۵**	۰/۰۳۲**	۱۴۱۵/۲**	۱۲۰/۷**	۰/۰۰۰۶۱**	۹۷۹۹۶۱۱/۶**
برهم کنش	۳۳۸/۸**	۰/۰۱۲**	۲۸۶/۶**	۰/۶۲	۰/۰۰۱۸**	۳۴۲۷۴۸/۱*
خطا	۶۴/۳	۰/۰۰۰۳۳	۳۴/۷	۵/۴	۰/۰۰۰۰۱۳	۱۴۰۷۰۵/۴
ضریب تغییرات (%)	۱۴/۰۱	۱۹/۹	۱۷/۱	۷/۸	۱۵/۹	۱۵/۴

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی داری و معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

جدول ۵. مقایسه ساده انتقال مجدد ذخیره‌ای مواد فتوستتزی تحت تأثیر اصلی رقم و منابع کودی در شرایط دیم

رقم	صفات	مرحله گرده‌افشانی (g)	وزن خشک سنبه در مرحله رسیدگی (g)	وزن خشک سنبه در مرحله رسیدگی (g)	انتقال مجدد ذخیره‌ای از سنبه (g.m ⁻²)	مرحله گرده‌افشانی (g)	وزن خشک ساقه در مرحله رسیدگی (g)	وزن خشک ساقه در مرحله رسیدگی (g)	انتقال مجدد ذخیره‌ای از ساقه (g.m ⁻²)	طول دوره پر شدن دانه (day)
محلّی	۱/۰۶b	۰/۹۸b	۰/۷۹c	۰/۶۲b	۰/۰۷۹c	۰/۵۶b	۰/۰۴۷c	۰/۰۶۲b	۰/۰۶۲b	۲۸/۰۶c
ماهور	۱/۴ab	۱/۳۸a	۰/۱۰b	۰/۶۹b	۰/۱۰b	۰/۶۳b	۰/۰۵۹a	۰/۰۶۳b	۰/۰۶۳b	۳۰/۲ab
خرم	۱/۱۹ab	۱/۰۳b	۰/۰۸۷b	۰/۶۳b	۰/۰۸۷b	۰/۵۸b	۰/۰۴۹b	۰/۰۶۳b	۰/۰۶۳b	۲۹/۷c
فردان	۱/۵a	۱/۳۹a	۰/۱۱a	۰/۷۹a	۰/۱۱a	۰/۷۳a	۰/۰۶۰a	۰/۰۷۳a	۰/۰۷۳a	۳۱/۷a
منابع مختلف کودی										
شاهد (عدم مصرف منابع کودی)	۰/۷۲c	۰/۶۹c	۰/۰۲۸c	۰/۴۲c	۰/۰۲۸c	۰/۳۶c	۰/۰۷۵a	۰/۰۴۲c	۰/۰۴۲c	۲۴/۹c
۵۰ درصد کود شیمیایی فسفر	۱cd	۰/۹۲bc	۰/۰۷۷b	۰/۶۲b	۰/۰۷۷b	۰/۵۴b	۰/۰۷۲a	۰/۰۶۲b	۰/۰۶۲b	۲۸/۷b
قارچ میکوریزا	۱/۲۴b	۱/۱۵b	۰/۰۸۵b	۰/۶۳b	۰/۰۸۵b	۰/۵۷b	۰/۰۶۲b	۰/۰۶۳b	۰/۰۶۳b	۳۰/۲b
قارچ میکوریزا + ۵۰ درصد کود شیمیایی فسفر	۱/۷۷a	۱/۶۳a	۰/۱۴a	۰/۸۹a	۰/۱۴a	۰/۸۵a	۰/۰۳۹۰c	۰/۰۸۹a	۰/۰۸۹a	۳۲/۵a
۱۰۰ درصد کود شیمیایی فسفر	۱/۷۲a	۱/۵۹a	۰/۱۳a	۰/۸۶a	۰/۱۳a	۰/۸۱a	۰/۰۴۳c	۰/۰۸۱a	۰/۰۸۱a	۳۲/۲a

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک می‌باشند بر مبنای آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

۲.۳. انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات اصلی رقم و منابع کودی بر انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای از سنبه معنی‌دار شد (جدول ۴). براساس نتایج جدول جدول مقایسه ساده رقم فردان دارای بیش‌ترین میزان انتقال و رقم محلّی دارای کم‌ترین میزان انتقال مجدد می‌باشند. در این پژوهش بین رقم‌های ماهور و خرم از نظر میزان انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد و در یک گروه آماری مشابه قرار گرفتند (جدول ۵). در این پژوهش نشان داده شد که تیمار قارچ میکوریزا همراه با ۵۰ درصد نیاز فسفر گیاه به‌صورت کود شیمیایی موجب افزایش انتقال مجدد و تیمار شاهد (عدم مصرف منابع کودی) دارای کم‌ترین میزان انتقال مجدد بود (جدول ۵). قارچ‌های میکوریزا به‌دلیل افزایش مؤثر سطح جذب ریشه از طریق ایجاد هیف، سبب افزایش جذب آب

و مواد غذایی به‌وسیله گیاهان می‌شوند. علاوه بر این به‌علت تأثیر قارچ میکوریزا در افزایش هدایت روزنه‌ای، میزان فتوستتزی گیاهان میکوریزی نسبت به گیاهان تلقیح‌نشده با میکوریز بیشتر می‌باشد (Esmailpour & Amani, 2014). استفاده از قارچ میکوریزا به‌دلیل افزایش جذب آب و مواد غذایی و تولید سطح برگ بیشتر سبب افزایش تولید ماده خشک گیاه می‌شود، در نتیجه قارچ، باعث افزایش فعالیت فتوستتزی و تثبیت دی‌اکسیدکربن و افزایش بیوماس اندام هوایی می‌شود (Smith & Read, 2008).

درواقع چنین استنباط می‌شود که همزیستی قارچ میکوریزا با ریشه گیاه میزبان به‌واسطه افزایش جذب آب و عناصر غذایی، سبب افزایش میزان فتوستتزی شده و از این طریق سبب بهبود رشد گیاه میزبان می‌شود (Nasari, 2017). قارچ میکوریزا از طریق افزایش جذب عناصر غذایی و انتقال آن‌ها، موجب افزایش رشد گیاه و بر

ناشی از تفاوت‌های ژنتیکی بین رقم‌ها می‌تواند عنوان شود (Nasari et al., 2017).

Wright et al. (1998) اظهار داشتند که کربن اضافی تثبیت‌شده توسط گیاهان میکوریزایی‌شده به قارچ‌های میکوریزا تخصیص می‌یابد و این قارچ‌ها با ایفای نقش مخزن اضافی برای آسیمیلات‌ها، موجب تحریک فتوسنتز گیاه میزبان شده و از این طریق به بهبود عملکرد کمک می‌کنند.

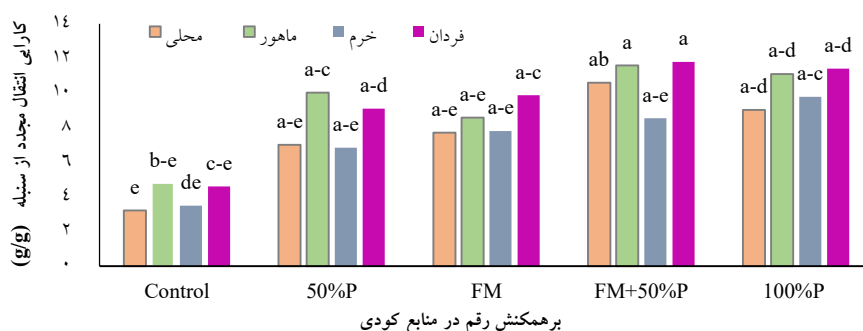
در شرایط مطلوب و دسترسی به منابع کافی، چون فتوسنتز جاری افزایش می‌یابد، تعادل منبع و مخزن تا حد زیادی حفظ و مواد تولیدی منبع می‌تواند در مخزن مورد بهره‌برداری قرار گیرند، اما در شرایط محدودیت آبی، به دلیل عدم دسترسی به عناصر غذایی، تعادل قدرت منبع و مخزن به هم خورده که در این شرایطی قدرت مخزن بیش‌تر از منبع بوده و به دلیل روابط فیزیولوژیکی موجود بین منبع و مخزن، منبع میزان انتقال ماده خشک را افزایش تا قسمتی از نیاز شدید مخازن (دانه‌ها) را فراهم آورد، در این شرایط همزیستی قارچ میکوریزا با گیاه میزبان به سبب جذب بیش‌تر نیتروژن و میزان کلروفیل برگ شده، که این عمل منتج به افزایش میزان فتوسنتز گیاه و به دنبال آن اختصاص مواد فتوسنتزی می‌شود (Kheyrizadeh Azogh et al., 2015; Sohrabi et al., 2019; Kumutha et al., 2004).

تخصیص و انتقال مواد فتوسنتزی بین ریشه، ساقه و در نهایت سبب، افزایش وزن خشک اندام‌های هوایی گیاه می‌شود (Sohrabi et al., 2019).

۳.۳. کارایی انتقال مجدد از سنبله

با توجه به جدول تجزیه واریانس داده، اثر برهم‌کنش رقم در منابع کودی در سطح احتمال یک درصد بر کارایی انتقال مجدد از سنبله معنی‌دار شد (جدول ۴). بیش‌ترین کارایی انتقال مجدد از سنبله از رقم فردان در قارچ میکوریزا همراه با ۵۰ درصد نیاز فسفر گیاه به صورت کود شیمیایی و کم‌ترین کارایی انتقال مجدد از رقم محلی و در تیمار شاهد (عدم مصرف منابع کودی) به دست آمد. در این پژوهش نشان داده شد که رقم فردان تحت کاربرد قارچ میکوریزا همراه با ۵۰ درصد نیاز فسفر گیاه به صورت کود شیمیایی موجب افزایش ۷۲/۱ درصدی در کارایی انتقال مجدد از سنبله نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف منابع کودی) شد (شکل ۱).

در این پژوهش هم‌چنین رقم‌های ماهور و خرم نیز در حضور قارچ میکوریزا نسبت به تیمار شاهد عدم مصرف منابع کودی توانستند بیش‌ترین کارایی انتقال مجدد از سنبله را به دست آورند. آنچه مشخص است و در این پژوهش نیز مشاهده شد بین رقم‌های مورد استفاده ممکن است اختلاف‌هایی وجود داشته باشد که این اختلاف‌ها



شکل ۱. برهم‌کنش رقم در منابع کودی بر کارایی انتقال مجدد از سنبله

۳.۴. سهم انتقال مجدد

در این پژوهش سهم انتقال مجدد تحت برهم‌کنش رقم در منابع کودی در سطح احتمال یک درصد بر معنی‌دار شد (جدول ۴). بیش‌ترین سهم انتقال مجدد از سنبله از رقم فردان در قارچ میکوریزا همراه با ۵۰ درصد نیاز فسفر گیاه به‌صورت کود شیمیایی و کم‌ترین سهم انتقال مجدد از رقم محلی و در تیمار شاهد (عدم مصرف منابع کودی) به‌دست آمد. در این پژوهش رقم فردان در قارچ میکوریزا همراه با ۵۰ درصد نیاز فسفر گیاه به‌صورت کود شیمیایی نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف منابع کودی) موجب افزایش ۴۹/۶ درصدی در سهم انتقال مجدد از سنبله شد (شکل ۲).

قارچ میکوریزا نیز هم‌چنین توانست در شرایط دیم، سهم انتقال مجدد سنبله در عملکرد را در رقم‌های ماهور و خرم افزایش دهد، اما آنچه مشخص و به‌نظر می‌رسد بین رقم‌های موردبررسی از نظر میزان ذخیره مواد فتوسنتزی و انتقال مواد به سمت عملکرد دانه تفاوت وجود داشته، که این امر را می‌توان به‌دلیل اختلاف تفاوت ژنتیکی بین رقم‌ها مرتبط دانست.

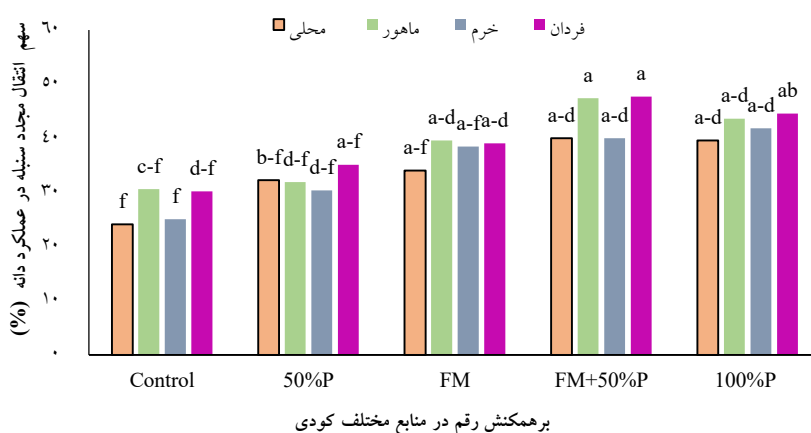
سیستم تلفیقی کود شیمیایی و زیستی با گسترش توسعه ریشه و افزایش طول دوره رویشی گیاه و در نتیجه افزایش سطح فتوسنتزکننده، سبب افزایش طول دوره پرشدن دانه و

در نتیجه انتقال مواد فتوسنتزی بیش‌تری به دانه می‌شود که در نهایت وزن هزاردانه و عملکرد دانه افزایش می‌یابد (Yousefpoor et al., 2014).

قارچ میکوریزا از طریق افزایش ریشه گیاه میزبان به‌واسطه افزایش جذب آب و عناصر غذایی موردنیاز گیاه، موجب افزایش میزان فتوسنتز که در نهایت این امر سبب افزایش تولید مواد فتوسنتزی خواهد شد (Gupta et al., 2002).

۳.۵. انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای از ساقه

با توجه به جدول تجزیه واریانس، اثرات اصلی رقم و منابع کودی بر انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای از ساقه معنی‌دار شد (جدول ۴). در این پژوهش رقم فردان همراه با ماهور دارای بیش‌ترین میزان انتقال مجدد بود و کم‌ترین میزان انتقال مجدد در رقم محلی مشاهده شد و رقم خرم نیز در حدوسط سایر رقم‌های مورداستفاده قرار گرفت (جدول ۵). در این پژوهش بیش‌ترین میزان انتقال مجدد، در تیمار شاهد (عدم مصرف منابع کودی) مشاهده شد و کم‌ترین میزان انتقال در تیمار قارچ میکوریزا همراه با ۵۰ درصد نیاز فسفر گیاه به‌صورت کود شیمیایی به‌دست آمد (جدول ۵).



شکل ۲. اثر برهم‌کنش رقم در منابع کودی بر سهم انتقال مجدد سنبله

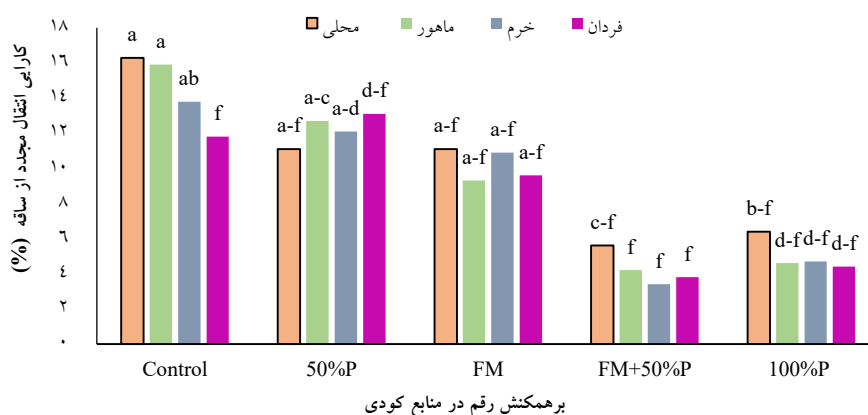
به صورت کود شیمیایی به دست آمد. در این پژوهش مشاهده شد که رقم محلی در تیمار شاهد (عدم مصرف منابع کودی) موجب افزایش ۷۹/۱ درصدی در کارایی انتقال مجدد از ساقه در قارچ میکوریزا همراه با ۵۰ درصد نیاز فسفر گیاه به صورت کود شیمیایی شد (شکل ۳). لازم به ذکر است که رقم های ماهور و خرم نیز نسبت به رقم محلی تفاوت معنی داری از خود نشان دادند. وجود اختلاف بین رقم های مختلف در استفاده از قارچ میکوریزا در گزارش های سایر پژوهشگران نیز آمده است (Naseri, 2017).

تحت تنش رطوبتی خاک زمان پرشدن دانه سبب کاهش انتقال مواد فتوسنتزی و در نتیجه چروکیدگی شدن دانه ها می شود. در این شرایط، گیاه با محدودیت منبع مواجه شده و مواد فتوسنتزی کمتری به سمت دانه منتقل می کند. بنابراین هرگونه تنش کم آبی در طی مرحله پرشدن دانه می تواند بر روابط منبع و مخزن اثر منفی داشته باشد. بنابراین کاهش تأمین مواد فتوسنتزی در طی دوره پر شدن دانه موجب محدود شدن گنجایش ذخیره دانه شده و به دنبال کاهش وزن دانه را به همراه خواهد داشت (Rezaei Chiyaneh *et al.*, 2015).

مواجه شدن گیاه با تنش رطوبتی در طول دوره گرده افشانی یا حتی قبل از گلدهی منجر به کاهش تعداد دانه ها می شود و با تداوم تنش رطوبتی، چرخه زندگی گیاه کوتاه تر شده و گیاه فرصت کافی برای تولید کافی مواد پرورده نخواهد داشت که این موضوع ضمن تأثیر منفی بر وزن دانه سبب کاهش تعداد دانه نیز می شود. این در حالی است تحت شرایط عدم تنش رطوبتی، امکان و فرصت کافی برای تولید مواد فتوسنتزی و در نهایت افزایش وزن دانه وجود دارد (Heydarzadeh *et al.*, 2018). کاربرد کودهای زیستی با بهبود رشد ریشه و افزایش انتقال مواد فتوسنتزی به واسطه افزایش سطح برگ و در نهایت افزایش رنگیزه های فتوسنتزی موجب انتقال سریع مواد فتوسنتزی از منبع به دانه ها می شوند (Rezaei Chiyaneh *et al.*, 2015).

۶.۳. کارایی انتقال مجدد مواد از ساقه

با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده ها، اثر برهم کنش رقم در منابع کودی در سطح احتمال یک درصد بر کارایی انتقال مجدد از ساقه معنی دار شد (جدول ۴). بیشترین کارایی انتقال مجدد از ساقه از رقم محلی در تیمار شاهد (عدم مصرف منابع کودی) و کمترین میزان کارایی از رقم فردان در قارچ میکوریزا همراه با ۵۰ درصد نیاز فسفر گیاه



شکل ۳. اثر برهم کنش رقم در منابع کودی بر کارایی انتقال مجدد از ساقه

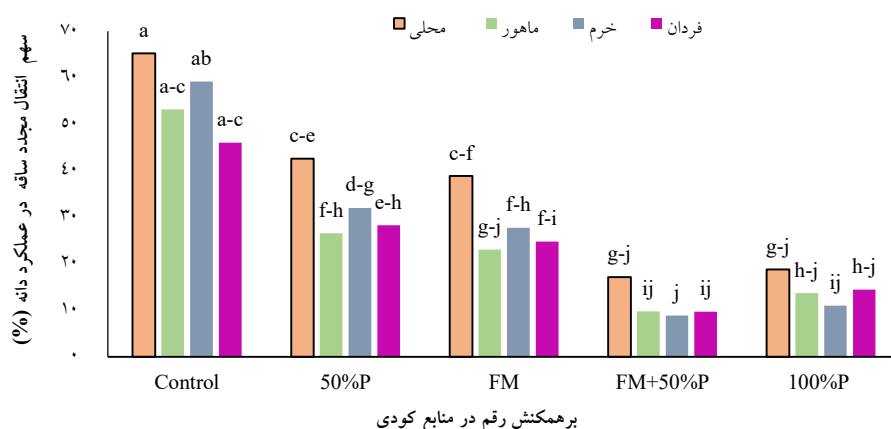
آمد. در این پژوهش تیمار شاهد (عدم مصرف منابع کودی) موجب افزایش ۸۶٪ درصدی در سهم انتقال مجدد ساقه در مقایسه با رقم فردان در قارچ میکوریزا همراه با ۵۰ درصد نیاز فسفر گیاه به صورت کود شیمیایی شد (شکل ۴). البته رقم‌های ماهور و خرم نیز در تیمار شاهد (عدم مصرف منابع کودی) در مقایسه با زمانی که از قارچ میکوریزا استفاده شود، دارای سهم انتقال مجدد از مواد فتوستتزی بیش‌تری بودند. آنچه مشخص است، ظاهراً بین رقم‌ها اختلاف‌های ژنتیکی وجود داشته که تفاوت بین رقم‌ها نیز از همین اختلاف‌های ژنتیکی منشأ می‌شود.

در پژوهش‌های سایر پژوهش‌گران نشان داده شده است که عملکرد دانه در صورت عدم تعادل بین حرکت مواد فتوستتزی از منبع به مخزن مبتنی بر تولید مواد فتوستتزی منبع از یک‌طرف و ظرفیت مخزن از طرف دیگر است، کاهش می‌گردد، ذخایر کربوهیدراتی موجود در اندام‌های رویشی علاوه بر این‌که از فرایند تثبیت کربن در برگ‌ها نشأت گرفته، با میزان بهره‌برداری و انتقال به دانه‌ها نیز در ارتباط می‌باشند. پس از مرحله گل‌دهی، میزان فتوستتزی به دلیل بروز تنش‌های محیطی کاهش می‌یابد و لذا تحت این شرایط انتقال مجدد مواد فتوستتزی، سهم قابل‌توجهی در عملکرد دانه ایفا می‌کند (Hokmalipour & Sharifi, 2016).

پژوهش‌ها نشان داده است که کاهش عملکرد دانه گیاه می‌تواند به‌طور مستقیم در اثر بسته‌شدن روزنه‌ها و به‌طور غیرمستقیم در اثر افزایش آنزیم‌های تجزیه‌کننده پروتئین‌ها و کلروفیل‌ها باشد که در نهایت موجب کاهش سرعت و میزان فتوستتزی و به تبع آن، کاهش تولید مواد فتوستتزی می‌شود (Brevedan & Egli, 2003). به نظر می‌رسد کاربرد قارچ میکوریزا سبب افزایش جذب آب و عناصر غذایی باعث بهبود رشد و نمو در ارقام جو و در نتیجه افزایش میزان فتوستتزی برگ و تولید اسیمیلات در شرایط دیم گردیده است. کودهای زیستی قادر به جبران کمبود فسفر و نیتروژن در خاک را دارند و قارچ میکوریزا با تأثیر بر وزن خشک بوته موجب تخصیص ماده خشک بیش‌تر به دانه می‌شود (Sarajuoghi et al., 2012).

۳.۷. سهم انتقال مجدد مواد از ساقه

در این پژوهش سهم انتقال مجدد از ساقه تحت برهم‌کنش رقم در منابع کودی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۴). بیش‌ترین سهم انتقال از رقم محلی و در تیمار شاهد (عدم مصرف منابع کودی) و کم‌ترین سهم انتقال از رقم فردان در قارچ میکوریزا همراه با ۵۰ درصد نیاز فسفر گیاه به صورت کود شیمیایی به‌دست



شکل ۴. اثر برهم‌کنش رقم در منابع کودی بر سهم انتقال مجدد ساقه

تحت تأثیر قارچ میکوریزا قرار گرفته و تقریباً واکنش مشابهی را از خود نشان دادند، به طوری که رقم‌های ماهور و خرم نیز دارای بیش‌ترین میزان فتوستتزر جاری نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف منابع کودی) از خود نشان دادند اما در گروه‌بندی پایین‌تر قرار گرفتند.

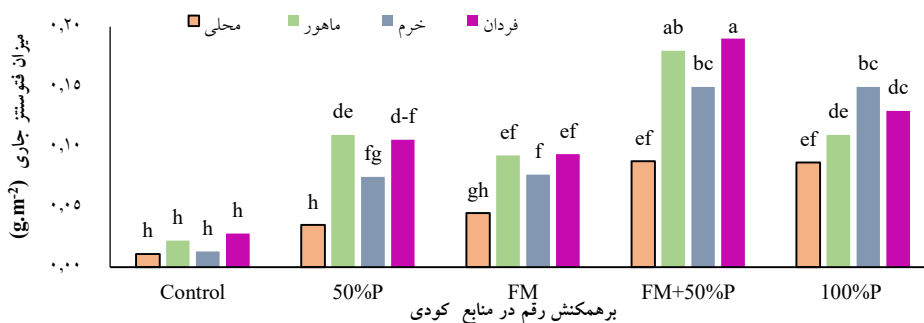
گزارش شده است که استفاده از قارچ میکوریزا در گندم سبب افزایش غلظت فسفات معدنی در برگ شده و از این طریق بر بهبود میزان فتوستتزر تأثیرگذار بوده، چرا که غلظت کم فسفات معدنی در سیتوسول اثر منفی بر فعالیت آنزیم‌های دخیل در چرخه کالوین (به دلیل نقش اساسی فسفر در فتوستتزر) دارد (Jirai et al., 2014). طبق نتایج پژوهش‌های سایر پژوهش‌گران کمبود فسفر کارایی سیستم فتوستتزر را در محصولات زراعی کم می‌کند (Wisuwat et al., 2005).

در گزارش Huixing (2005) نیز افزایش میزان فتوستتزر در حضور قارچ میکوریزا اعلام شده است، که دلیل این موضوع را بالا بودن میزان کلروفیل و فتوستتزر در تیمارهای تلقیح‌شده با قارچ میکوریزا عنوان کرده‌اند. میزان انتقال ماده خشک فتوستتزی و سهم این انتقال در عملکرد دانه، تحت تأثیر روابط منبع، مخزن و شرایط محیطی قرار می‌گیرد (Seyed Sharifi & Nazarli, 2013). آنچه مشخص است در شرایط مطلوب و دسترسی به منابع کافی از جمله عناصر غذایی، میزان فتوستتزر جاری به دلیل افزایش سطح افزایش می‌یابد (Kamari et al., 2014).

در شرایط تنش گرمایی انتهایی فصل تقاضا برای انتقال مجدد مواد فتوستتزی در پرشدن دانه‌ها در اثر کاهش میزان فتوستتزر زیاد می‌گردد (Blum, 1998). بنابراین سهم انتقال کربوهیدرات ذخیره‌شده در ساقه به عنوان منبع پرشدن دانه بیش‌تر می‌شود (Ehdaie et al., 2006). در گزارش‌های Mehrpouyan et al. (2012) نشان داده شده است، که مجموع میزان، کارایی و سهم انتقال مجدد مواد فتوستتزی از ساقه گندم در شرایط نامساعد محیطی زیاد بوده که دلیل این موضوع را کاهش میزان فتوستتزر به از طریق بسته‌بودن روزنه‌ها و کاهش تبادلات گازی عنوان کرده‌اند.

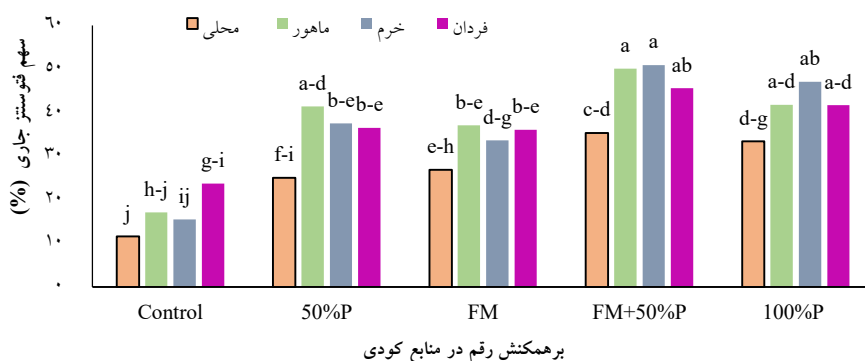
۳.۸. میزان فتوستتزر جاری

اثر برهم‌کنش رقم در منابع کودی در سطح احتمال یک درصد بر میزان فتوستتزر جاری معنی‌دار شد (جدول ۴). بیش‌ترین میزان فتوستتزر جاری از رقم فردان در قارچ میکوریزا همراه با ۵۰ درصد نیاز فسفر گیاه به صورت کود شیمیایی و کم‌ترین میزان فتوستتزر جاری از رقم محلی در تیمار شاهد (عدم مصرف منابع کودی) به دست آمد. در پژوهش رقم فردان و تحت کاربرد قارچ میکوریزا همراه با ۵۰ درصد نیاز فسفر گیاه به صورت کود شیمیایی نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف منابع کودی) موجب افزایش ۹۴/۲ درصدی در میزان فتوستتزر جاری شد (شکل ۵). در این پژوهش آنچه مشخص است سایر رقم‌های مورد بررسی نیز



شکل ۵. اثر برهم‌کنش رقم در منابع کودی بر میزان فتوستتزر جاری

بررسی انتقال مجدد مواد فتوسنتزی ارقام مختلف جو با کاربرد منابع کودی در شرایط دیم



شکل ۶. اثر برهمنکش رقم در منابع کودی بر سهم فتوسنتز جاری

به دلیل پیری زودرس و ریزش برگ‌ها در زمان پرشدن دانه، سبب کاهش دوره پرشدن دانه و افزایش نقش انتقال مجدد مواد فتوسنتزی به سمت دانه پررنگ‌تر شده، اما استفاده از قارچ میکوریزا سبب افزایش شاخص سطح برگ و در نتیجه بهبود فتوسنتز جاری می‌شود (Kheyrizadeh Azogh *et al.*, 2015).

۳.۱۰. طول دوره پر شدن دانه

با توجه به جدول تجزیه واریانس، اثرات اصلی رقم و منابع کودی بر طول دوره پر شدن دانه معنی‌دار شد (جدول ۴). در این پژوهش نشان داده شد که رقم فردان دارای بیشترین طول دوره پر شدن دانه و کمترین طول دوره پر شدن دانه در رقم محلی و خرم مشاهده شد (جدول ۵). در این پژوهش مشاهده شد که تیمار قارچ میکوریزا همراه با ۵۰ درصد نیاز فسفر گیاه به صورت کود شیمیایی موجب افزایش طول دوره پر شدن دانه و تیمار شاهد (عدم مصرف منابع کودی) دارای کمترین طول دوره پر شدن دانه بود (جدول ۵). قارچ میکوریزا از طریق افزایش سطح برگ موجب افزایش میزان فتوسنتز و همچنین به واسطه افزایش طول دوره زایشی موجب بهبود رشد و نمو گیاه می‌شود (Gosling *et al.*, 2006; Abo-Ghalia & Khalafallah, 2008).

۳.۹. سهم فتوسنتز جاری

با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، برهمنکش رقم در منابع کودی در سطح احتمال یک درصد بر سهم فتوسنتز جاری معنی‌دار شد (جدول ۴). بیشترین سهم فتوسنتز جاری از رقم فردان در قارچ میکوریزا همراه با ۵۰ درصد نیاز فسفر گیاه به صورت کود شیمیایی و کمترین سهم فتوسنتز جاری از رقم محلی در تیمار شاهد (عدم مصرف منابع کودی) به دست آمد. با توجه به نتایج مشخص شد که رقم فردان در قارچ میکوریزا همراه با ۵۰ درصد نیاز فسفر گیاه به صورت کود شیمیایی سبب افزایش ۷۷/۲ درصدی در سهم فتوسنتز جاری نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف منابع کودی) شد (شکل ۶).

در این پژوهش نیز نشان داده شد که رقم‌های ماهور و خرم در حضور قارچ میکوریزا دارای میزان سهم فتوسنتز بیشتری در مقایسه با تیمار شاهد (عدم مصرف منابع کودی) بوده و تقریباً واکنش مشابهی را نسبت به رقم‌های مورد بررسی از خود نشان دادند، اما در گروه بندی پایین تر قرار گرفتند. آنچه مشخص است بین رقم‌های مورد آزمایش از نظر ژنتیکی اختلاف وجود داشته، که همین اختلاف موجب شد که نسبت به قارچ میکوریزا از خود واکنش‌های متفاوتی نشان دهند.

زمانی که گیاه با محدودیت آب مواجه می‌شود،

۱۱.۳. سرعت پر شدن دانه

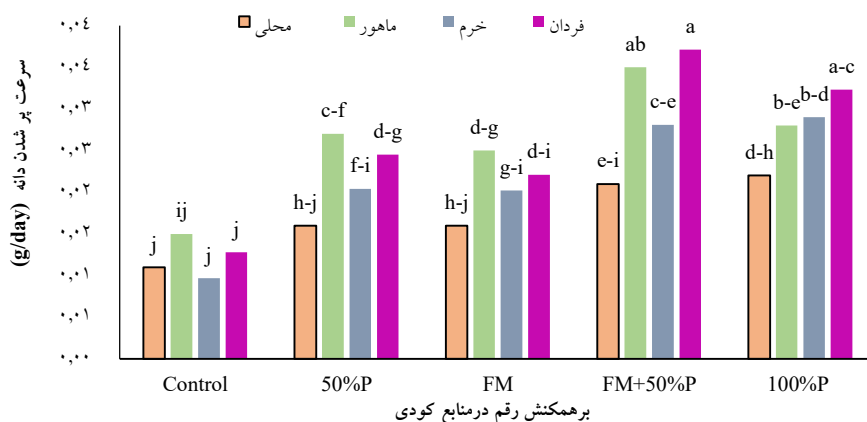
اثر برهم کنش رقم × منابع مختلف کودی در سطح احتمال یک درصد بر سرعت پر شدن دانه معنی دار شد (جدول ۴). بیشترین سرعت پر شدن دانه از رقم فردان و تحت کاربرد قارچ میکوریزا همراه با ۵۰ درصد نیاز فسفر گیاه به صورت کود شیمیایی و کمترین سرعت پر شدن دانه از رقم محلی و در تیمار شاهد (عدم مصرف منابع کودی) به دست آمد. رقم فردان تحت کاربرد قارچ میکوریزا همراه با ۵۰ درصد نیاز فسفر گیاه به صورت کود شیمیایی نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف منابع کودی) موجب افزایش ۷۰/۳ درصدی در سرعت پر شدن دانه شد (شکل ۷).

در این بررسی به نظر می رسد به دلیل اثر مثبت استفاده از قارچ میکوریزا این امر موجب می شود که تولید هورمون های رشد و تأمین عناصر غذایی، ضمن افزایش سرعت پر شدن دانه، امکان تداوم بیش تر دوره پر شدن دانه را نیز فراهم سازند (Behl et al., 2003). سایر بررسی ها نشان داده است که استفاده از قارچ میکوریزا موجب افزایش سرعت و دوام فتوسنتز شده و راندمان انتقال مواد فتوسنتزی به دانه می شود که این امر سبب افزایش تجمع ماده خشک می شود (Richter et al., 2005).

۱۲.۳. عملکرد دانه

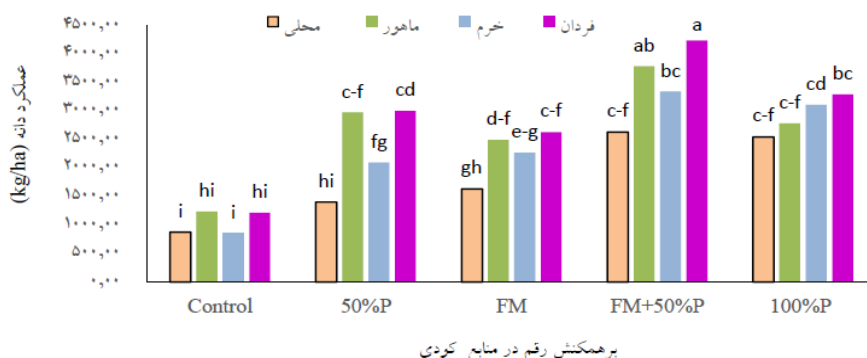
در این آزمایش عملکرد دانه تحت برهم کنش رقم × منابع مختلف کودی در سطح احتمال پنج درصد معنی دار شد (جدول ۴). بیشترین عملکرد دانه از رقم فردان در قارچ میکوریزا همراه با ۵۰ درصد نیاز فسفر گیاه به صورت کود شیمیایی و کمترین میزان عملکرد دانه از رقم محلی در تیمار شاهد (عدم مصرف منابع کودی) به دست آمد. در این پژوهش رقم فردان و تحت کاربرد قارچ میکوریزا همراه با ۵۰ درصد نیاز فسفر گیاه به صورت کود شیمیایی نسبت به شاهد (عدم مصرف منابع کودی) موجب افزایش ۷۹/۳ درصدی در عملکرد دانه شد (شکل ۸).

در این پژوهش نیز نشان داده شد که رقم های ماهور و خرم در حضور قارچ میکوریزا دارای میزان عملکرد دانه بالاتری در مقایسه با تیمار شاهد (عدم مصرف منابع کودی) بوده، اما از نظر آماری در گروه بندی پایین تر قرار گرفتند. آنچه مشخص است و در سایر پژوهش های سایر پژوهشگران (Naseri, 2017) نیز به آن اشاره شده است. بین رقم های مورد آزمایش از نظر ژنتیکی اختلاف معنی داری وجود داشته، که همین اختلاف موجب شده که نسبت به حضور قارچ میکوریزا از خود واکنش های متفاوتی نشان دهند.



شکل ۷. اثر برهم کنش رقم در منابع کودی بر سرعت پر شدن دانه

بررسی انتقال مجدد مواد فتوسنتزی ارقام مختلف جو با کاربرد منابع کودی در شرایط دیم



شکل ۸. برهمنکش رقم در منابع کودی بر عملکرد دانه

فسفر در تمامی ارقام جو نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف منابع کودی) سبب افزایش کارایی انتقال مجدد و سهم سنبله در پرشدن دانه و همچنین افزایش میزان فتوسنتز و سرعت پرشدن دانه شد، که در این بین رقم فردان نسبت به سایر ارقام با کاربرد قارچ میکوریزا همراه با ۵۰ درصد نیاز فسفر گیاه به صورت کود شیمیایی دارای بیشترین سهم انتقال مجدد از سنبله و فتوسنتز جاری بود. بنابراین با توجه به شرایط منطقه که میزان بارندگی آن دارای نوسان زیادی بوده و به دلیل افزایش قیمت کود شیمیایی فسفر و تثبیت آن در خاک و همچنین با توجه به نتایج به دست آمده رقم های مورد بررسی، جو رقم فردان در قارچ میکوریزا همراه با ۵۰ درصد نیاز فسفر گیاه به صورت کود شیمیایی به دلیل داشتن عملکرد دانه مناسب می تواند در منطقه مورد بررسی و سایر مناطق مشابه توصیه شود.

۵. تشکر و قدردانی

از ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی سرابله بابت همکاری در اجرای این طرح پژوهشی، تشکر و قدردانی می گردد.

۶. تعارض منافع

هیچ گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

در این پژوهش مشاهده شد که استفاده قارچ میکوریزا در تمامی ارقام جو سبب افزایش عملکرد دانه شد. افزایش جذب مواد معدنی توسط ریشه گیاهان تلقیح شده با قارچ میکوریزا سبب افزایش عملکرد و اجرای عملکرد دانه شده که با نتایج سایر پژوهشگران مبنی بر بهبود وضعیت جذب عناصر فسفر، نیتروژن، مس و روی و افزایش جذب آب توسط هیف و در نهایت افزایش عملکرد دانه همخوانی دارد (Clark & Zeto, 2000). Sadat *et al.* (2010) در آزمایش های خود بر گندم نشان دادند استفاده از قارچ میکوریزا سبب افزایش عملکرد دانه می شود. نتایج این بررسی، نقش سودمند قارچ میکوریزا را به ویژه در کاهش خسارت انتهایی فصل در شرایط دیم را تأیید کرد. آنچه مشخص است قارچ میکوریزا از طریق کلونیزه کردن و افزایش ریشه گیاه سبب انتشار و توسعه ریشه به منظور کسب آب و مواد غذایی که منتج به تولید عملکرد دانه بیش تری می شود (Hassanpour & Behnam, 2014).

۴. نتیجه گیری

با افزایش محدودیت آبی در شرایط دیم منطقه، طول دوره پرشدن دانه کاهش و میزان انتقال ماده خشک از ساقه افزایش یافت. کاربرد توأم قارچ میکوریزا و کود شیمیایی

۷. منابع

- Abo-Ghalia, H.H., & Khalafallah, A.A. (2008). Responses of wheat plants associated with arbuscular mycorrhizal fungi to short-term water stress followed by recovery at three growth stages. *Journal of Applied Sciences Research*, 4, 570-580.
- Asrar, A.W.A., & Elhindi, K.M. (2011). Alleviation of drought stress of marigold (*Tagetes erecta*) plants by using arbuscular mycorrhizal fungi. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 18, 93-98.
- Behl, K., Sharma, H., Kumar, V., & Narula, N. (2003). Interaction between mycorrhiza, *Azotobacter chroococcum* and root characteristics of wheat varieties. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 89, 151-155.
- Ben Ghnaya, A. (2007). Morphological and physiological characteristics of rapeseed plants regenerated in vitro from thin cell layers in the presence of zinc. *Plant Biology*, 330, 728-734.
- Blum, A. (1998). Improving wheat grain filling under stress by stem reserve mobilization. *Euphytica*, 100, 77-83.
- Brevedan, R.E., & Egli, D.B. (2003). Short periods of water stress during seed filling, leaf senescence, and yield of soybean. *Crop Science*, 43, 2083-2088.
- Clark, R.B., & Zeto, S.K. (2000). Mineral acquisition by arbuscular mycorrhizal plants. *Journal of Plant Nutrition*, 23, 876-902.
- Ehdaie, B., Alloush, G.A., Madore, M.A., & Waines, J.G. (2006). Genotypic variation stem reserves and mobilization in wheat I. postanthesis change in internode dry matter. *Crop Science*, 46, 735-746.
- Esmailpour, B., & Amani, N. (2014). Investigating the effect of mycorrhizal inoculation on growth and uptake of nutrients in *lactuca sativa* cv Syaho. *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, 4(2), 49-68. (In Persian).
- Fagbola, O., Osonubi, O., Mulongox, K., & Odunfa, S.A. (2001). Effects of drought stress and arbuscular mycorrhiza on the growth of *Gliricidia sepium* (Jacq), Walp, *Leucaena leucocephala* (Lam). De wit. In simulated eroded soil conditions. *Mycorrhiza*, 11, 215-223.
- Forouzi, M., Ehteshami, S.H.R., Esfahani, M., & Rabiei, M. (2016). Study the amount of dry matter remobilization and current photosynthesis in different seed sizes of four wheats (*Triticum aestivum* L.) cultivars in Rasht climate. *Iranian Journal of Seed Science and Research*, 3(1), 47-61. (In Persian).
- Gosling, P., Hodge, A., Goodlass, G., & Bending, G.D. (2006). Arbuscular mycorrhiza fungi and organic farming. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 113, 17-35.
- Gupta, M.L., Prasad, A., Ram, M., & Kumar, S. (2002). Effect of the vesiculararbuscular mycorrhizal (VAM) fungus *Glomus fasciculatum* on the essential oil yield related characters and nutrient acquisition in the crops of different cultivars of menthol mint (*Mentha arvensis*) under field conditions. *Bioresource Technology*, 81, 77-79.
- Hassanpour, J., & Zand, B. (2014). Effect of wheat (*Triticum aestivum* L.) seed inoculation with bio-fertilizers on reduction of drought stress damage. *Iranian Journal of Seed Sciences and Research*, 1(2), 1-12. (In Persian).
- Heydarzadeh, S., Jalilian, J., Pirzad, A., & Jamei, R. (2018). The Effect of Biofertilizers on Some Quantitative and Qualitative Characteristics of Vetch Maragheh (*Vicia* sp.) under Rainfed and Supplementary Irrigation. *Science Agricultural and Sustainable Production*, 28(3), 187-207. (In Persian).
- Hokmalipour, S., & Sharifi, S.R. (2016). Effect of Seed Inoculation with Plant Growth Promoting Rhizobacteria on Dry Matter Remobilization of Spring Barley at Different Levels of Nitrogen and Phosphorus Fertilizers. *Iranian Journal of Soil Research*, 29(4), 407-426. (In Persian).
- Hoseinnejad, S.M., Masoud Sinaki, J., Biabani, A., & Abedini, M. (2016). Effects of drought stress and mycorrhizae fungi application on yield and some agronomical and physiological characteristics of sunflower cultivars. *Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi)*, 110(1), 95-102. (In Persian).
- Huixing, S. (2005). Effects of VAM on host plant in the condition of drought stress and its mechanisms. *Electronic Journal of Biotechnology*, 1, 44-48.
- Jiriaie, M., Fateh, E., & Aynehband, A. (2014). The consequences of single and integrated application of Mycorrhiza and *Azospirillum* inoculants on yield and yield components of warm region wheat cultivars (*Triticum* spp.). *Journal of Agroecology*, 6(3), 520-528. (In Persian).
- Kamari, H., SeyedSharifi, R., & Sedghi, M. (2014). Effect of Nano Zinc oxide foliar application and application of free-living nitrogen fixing bacteria on yield and morphophysiological characteristics of Triticale. *Crop Physiology Journal*, 6(22), 37-52. (In Persian).

- Kheyrizadeh Azogh, Y., Seysharifi, R., Sedghi, M., & Barmaki, M. (2015). Effects of biofertilizers and nano zinc oxide on remobilization and some growth indices of triticale under water limitation conditions. *Crop Physiology Journal*, 7(26), 37-55. (In Persian).
- Khosravi, H., & Mahmoudi, H. (2013). Evaluation of effects of Azotobacter inoculation and manure on growth of rainfed wheat. *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, 3(2), 205-219. (In Persian).
- Kumutha, K., Sempavalan, J., & Santhonakrishnan, P. (2004). Effect of insoluble phosphate and dual inoculation on soybean. In: Kannaiyan, S., Kumar, K., and Govindaraj (eds), K., Biofertilizer technology. *Ascientific Publishers (India) Jodhpur*, 2, 354-358.
- Majdi, M., Jalal Kamali, M.R., Esmaeilzadeh Moghaddam, M., Eradatmand, Asli D., Moradi, F., & Tahmasbi, S. (2011). Variation in some agronomic characteristics and soluble stem carbohydrates content at anthesis in spring wheat genotypes under terminal drought stress conditions. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 13(2), 299-309. (In Persian).
- Madani, A., Shirani Rad, A., Pazoki, A., Nourmohammadi, Gh., & Zarghami, R. (2010). Wheat (*Triticum aestivum* L.) grain filling and dry matter partitioning responses to source: sink modifications under postanthesis water and nitrogen deficiency. *Acta Scientiarum Agronomy*, 32(1), 145-151. (In Persian).
- Mehrpouyan, M., Zakavati, B., & Ajalli, J. (2012). A survey on reserve remobilization from different aerial organs in 10 common wheat genotypes (*Triticum aestivum* L.) under with and without drought stress conditions. *Journal of Crop Production and Processing*, 2(3), 69-82. (in Persian).
- Mirtaheri, M., Syadat, S., Najafi, M.S., Fathi, G., & Alami Saeed, K. (2011). Effect of drought stress in remobilization of dry matter in five varieties of bread wheat. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 8(2), 308-314. (In Persian).
- Naghashzadeh, M.R., Heidari Sharifabad, H., Majidi Heravan, E., Rafiee, M., Rejali, F., & Imantalab, N. (2014). Evaluation of Maize Leaf Gas Exchanges with Application of Mycorrhizal Biofertilizer Under Drought Stress Conditions', *Seed and Plant Production Journal*, 30(1), 47-59. (In Persian).
- Naseri, R. (2017). Effect of Phosphate Solubilizing Bacteria and Mycorrhizal Fungi on Morpho-Physiological Traits and yield of Two Wheat Cultivars under Dryland Farming. P.hD. THESIS. *Faculty of Agriculture, Ilam University*. 356 Pp. (In Persian).
- Naseri, R., Barary, M., Zarea, M.J., Khavazi, K., & Tahmasebi, Z. (2017). Effect of plant growth promoting bacteria and Mycorrhizal fungi on growth and yield of wheat under dryland conditions. *Journal of Soil Biology*, 5(1), 49-67. (In Persian).
- Rezaei Chiyaneh, E., Zehtab Salmasi, S., Ghassemi Golezani, K., & Delazar, A. (2012). Effect of irrigation treatments on yield and yield components of three fennels (*Foeniculum vulgare* L.) landraces. *Science Agricultural and Sustainable Production*, 22(4), 57-70. (In Persian).
- Richter, J., Stutzer, M., & Schellenberg, I. (2005). Effects of mycorrhization on the essential oil content and composition of aroma components of marjoram (*Marjorana hortensis*), thyme (*Thymus vulgaris* L.) and caraway (*Carum carvi* L.). *36th International Symposium on Essential Oils*, 4-7 September, Budapes, Hungary.
- Robert, M., Auge, R.M., Heather, D., Carl, F., Sams, E.A., & Ghazala, N. (2008). Hydraulic conductance and water potential gradients in squash leaves showing mycorrhiza-induced increases in stomatal conductance. *Mycorrhiza*, 18, 115-121.
- Sadat, A., Savaghebi, G.h., Rejali, F., Farahbakhsh, M., Khavazi, K. & Shirmardi, M. (2010). Effects of some *Arbuscular Mycorrhizal Fungi* and Plant Growth Promoting Rhizobacteria on the growth and yield indices of two wheat varieties in a salinesoil. *Journal of Water and Soil*, 24(1), 53-62. (In Persian).
- Seyed Sharifi, R., & Nazarli, H. (2013). Effects of Nitrogen and Seed Biopriming with Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) on yield, Rate and Effective Grain Filling Period of Sunflower (*Helianthus annus* L.). *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 23(2), 19-36. (In Persian).
- Smith, S.E., & Read, D.J. (2005). *Mycorrhizal Symbiosis*, (3rded.). Academic Press, London, UK.
- Sarajuoghi, M., Ardakani, M.R., Nurmohammadi, G., Kashani, A., Rejali, F., & Mafakheri, S. (2012). Response of yield and yield components of maize (*Zea mays* L.) to different biofertilizers and chemical fertilizers. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 12(3), 315-320.
- Sohrabi, Y., Weisany, W., Heidari, Gh., Mohammadi, Kh., & Ghassemi Golezani, K. (2019). Effects of mycorrhiza fungi species application on growth and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. *Environmental stresses in Crop Science*, 12(2), 507-524. (In Persian).

- Tadayon, M., & Emam, Y. (2008). Effect of Supplemental Irrigation and Amount of Available Water on Yield, Yield Components and Physiological Characteristics of Two Rainfed Wheat Cultivars. *Journal of Water and Soil Science*, 11(42), 145-156. (In Persian).
- Talebzadeh, S.J., Hadi, H., Amirnia, R., Tajbakhsh, M., Shishavan, M., & Moradali, R. (2017). Evaluation of sink limitation and assimilates distribution of wheat genotypes under terminal drought stress. *Crops Improvement*, 19(3), 717-732. (In Persian).
- Wissuwa, M., Gamat, G., & Ismail, A.M. (2005). Is root growth under phosphorus deficiency affected by source or sink limitation. *Journal of Experimental Botany*, 56, 1943-1950.
- Wright, D.P., Scholes, J.D., & Read, D.J. (1998). Effects of VA mycorrhizal colonization on photosynthesis and biomass production of *trifolium repense* L. *Plant Cell Environment*, 21, 209-16.
- Yousefpoor, Z., Yadavi, A., Balouchi, H., & Farajee H. (2014). Evaluation of some physiological, morphological and phenological characteristics in Sunflower (*Helianthus annuus* L.) influenced by biological and chemical sources of nitrogen and phosphorus. *Agroecology*, 6(3), 508-519.