

## Effects of integrated plant nutrient management on some quantitative traits of rainfed wheat under field conditions

A. Majidi\*  and R. Hamidi Khasraghi

Associate Prof.; Department of Soil Science, West Azerbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center; Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Urmia, Iran.

[a.majidi@areeo.ac.ir](mailto:a.majidi@areeo.ac.ir)

M.Sc., Agricultural Extension Coordination Management, Jihad-e-Agriculture Organization of West Azerbaijan, Urmia, Iran. [Ramin1975hamidi@gmail.com](mailto:Ramin1975hamidi@gmail.com)

Received: August 2023 and Accepted: July 2024


### Abstract

Optimized soil fertility management is a most important parameter contributing to improved quality and quantity of rainfed wheat production. Meanwhile, sustainable agricultural production is most crucial for development programs in arid and semi-arid regions of the world. The present research-extension project was implemented to apply and promote previously reported research findings (RF) in the rainfed fields of West Azerbaijan Province in the crop season of 2021-2022. For this purpose, the following two experimental treatments were designed and implemented: 1) seed surface application of AMF inoculum prior to cultivation + foliar spray of glycine betaine (as recommended in previous study) and 2) control treatment (application of fertilizers according to local farmer practices). The AMF inoculum consisted of a combination of the three species of *Funneliformis mosseae*, *Claroideoglomus etunicatum*, and *Rhizophagus irregularis* at a rate of 2% (i.e., 2 kg of inoculum/100 kg of seeds) and GB foliar applications at a concentration of 100 mM (equivalent to 11.71 g/L), all applied in the two wheat growth stages; namely, the first stem node (code 31 Zadoc) and the developmental stage of pregnancy (code 49 Zadoc). The results showed that the RF treatment increased grain yield by 355 kg/ha compared to the control ( $P \leq 0.05$ ). The characteristics of the harvest index, the number of spikes/m<sup>2</sup>, and the weight of 1000 seeds also increased by 5.13%, 18.10%, and 11.44% respectively, compared to those of the control ( $P \leq 0.05$ ). Also, in the RF treatment, the uptake of nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), magnesium (Mg), zinc (Zn), and copper (Cu) nutrients exhibited significant increases when compared with those in the control ( $P \leq 0.05$ ). It was concluded that inoculation with AMF in combination with GB foliar application could be a sustainable approach to increase yield and to improve wheat crop quality under the conditions similar to those of the present experiment.

**Keywords:** Baran variety, Crop yield, Drought stress, Optimum fertilization

\* -Corresponding author's email: [a.majidi@areeo.ac.ir](mailto:a.majidi@areeo.ac.ir)  
<https://doi.org/10.22092/lmj.2025.365713.357>

## تأثیر مدیریت تلفیقی تغذیه گیاهی بر برخی صفات کمی گندم دیم در شرایط مزرعه‌ای

عزیز مجیدی\*  و رامین حمیدی خسرقی

دانشیار پژوهش، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران. [a.majidi@areeo.ac.ir](mailto:a.majidi@areeo.ac.ir)

کارشناس ارشد، مدیریت هماهنگی ترویج کشاورزی، سازمان جهاد کشاورزی آذربایجان غربی، ارومیه، ایران. [Ramin1975hamidi@gmail.com](mailto:Ramin1975hamidi@gmail.com)

دریافت: مرداد ۱۴۰۲ و پذیرش: تیر ۱۴۰۳

### چکیده

مدیریت بهینه حاصلخیزی خاک، یکی از عوامل مهم بهبود تولید کمی و کیفی گندم دیم محسوب می‌گردد. این پروژه تحقیقی-ترویجی به منظور ترویج یافته‌های تحقیقاتی مذکور در دیم‌زارهای استان آذربایجان غربی در سال زراعی ۱۴۰۰-۰۱ به مدت یک سال اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل (۱) استفاده از مایه تلقیح قارچ‌های میکوریزا به صورت بذر مال قبل از کشت + برگ پاشی گلاسیسین بتائین (توصیه یافته تحقیقاتی) و (۲) شاهد (عرف زارع: مصرف کود بر مبنای نقطه نظرات کشاورز) بودند. مایه تلقیح قارچ‌های اندومیکوریزا شامل ترکیبی از سه گونه *Funneliformis mosseae*، *Rhizaphagus irregularis* و *Claroideoglomus etunicatum* به میزان دو درصد (دو کیلوگرم مایه تلقیح به ازای صد کیلوگرم بذر) و برگ پاشی گلاسیسین بتائین با غلظت ۱۰۰ میلی مولار (معادل ۱۱/۷۱ گرم در لیتر) در مراحل تولید اولین گره ساقه (کد ۳۱ زادوکس) و مرحله نمو آبستنی (کد ۴۹ زادوکس) بود. نتایج حاصله در استان آذربایجان غربی نشان داد که در تیمار توصیه یافته تحقیقاتی، عملکرد دانه به میزان ۳۵۵ کیلوگرم در هکتار نسبت به شاهد افزایش یافت ( $P \leq 0.05$ ). صفات شاخص برداشت، تعداد خوشه در مترمربع و وزن هزار دانه نیز در این تیمار نسبت به شاهد به ترتیب به میزان ۵/۱۳ درصد، ۱۸/۱۰ درصد و ۱۱/۴۴ درصد افزایش یافتند ( $P \leq 0.05$ ). در تیمار توصیه یافته تحقیقاتی، جذب عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، منیزیم و روی نیز نسبت به تیمار شاهد به طور معنی‌داری افزایش یافتند ( $P \leq 0.05$ ). به طور کلی، چنین نتیجه‌گیری می‌شود که کاربرد مایه تلقیح قارچ‌های میکوریزا به همراه محلول‌پاشی شاخسارای گلاسیسین بتائین می‌تواند به عنوان یک راهکار مناسب برای افزایش عملکرد دانه و بهبود کیفیت محصول گندم تحت شرایط مشابه این آزمایش در نظر گرفته شود.

واژه‌های کلیدی: تغذیه بهینه، تنش خشکی، عملکرد محصول، رقم باران

\* - آدرس ایمیل نویسنده مسئول: [a.majidi@areeo.ac.ir](mailto:a.majidi@areeo.ac.ir)

نوع مقاله: ترویجی



بخش کشاورزی در کشور به جهت تأثیر فراگیری که می‌تواند در زمینه رفع چالش‌های اقتصادی-اجتماعی داشته باشد، از جایگاه مهمی برخوردار بوده و شرایط دیم برای تولید غذا از اولویت خاصی برخوردار است. در اغلب کشورهای در حال توسعه مانند ایران، بخش عمده غذا برای جوامع فقیر در شرایط دیم تولید می‌شود (Hafiza et al., 2022).

بر اساس آخرین آمار رسمی، میزان تولید محصول گندم دیم در کشور طی سال‌های ۱۴۰۱-۱۴۰۰، ۳/۴۲ میلیون تن بوده که ۷۲/۴ درصد کل محصولات زراعی دیم را شامل شده و سطح زیر کشت این محصول نیز ۴/۱۳ میلیون هکتار برآورد گردیده است (Ahmadi et al., 2021). با توجه به عملکرد پائین (۱۲۰۷ کیلوگرم در هکتار) و سطح قابل توجه مناطق تحت کشت گندم دیم در کشور، ضرورت دارد راه‌کارهای لازم برای بهبود عملکرد در واحد سطح، معرفی گردند.

تنش خشکی از اصلی‌ترین عوامل محدودکننده رشد گندم دیم در شرایط دیم محسوب شده و در بیشتر مراحل رشد گیاه با ایجاد محدودیت، دستیابی به عملکرد بهینه را دشوار می‌سازد (Fahad et al., 2022). گیاهان به طرق مختلف در مقابل تنش خشکی مقابله می‌کنند. یکی از روش‌های افزایش پایداری تولید گیاهان در شرایط تنش خشکی، استفاده از روابط همزیستی میکوریزایی است (Jamshidi et al., 2009). بررسی‌ها نشان داده است که قارچ‌های میکوریزا قادر هستند که اثرات نامطلوب تنش خشکی را در گیاهان تعدیل کنند (Augé, 2001). همزیستی قارچ میکوریزا با اغلب گیاهان در شرایط تنش خشکی باعث بهبود تولید از طریق جذب بیشتر عناصر غذایی غیر متحرک مانند فسفر، روی و مس شده و تحمل گیاهان به خشکی را با بهبود جذب آب و پتانسیل آماس برگ، کنترل منافذ روزنه‌ای و تعرق، افزایش طول و عمق ریشه و توسعه هیف‌های انتهایی افزایش می‌دهد (Sajedi and Sajedi, 2009). الکاراکی و

همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند که غلظت عناصر فسفر و آهن در گندم تلقیح‌شده با قارچ‌های میکوریزا نسبت به شاهد بیشتر بود. آن‌ها همچنین مشاهده کردند که کلونیزاسیون میکوریزایی ریشه منجر به افزایش بیوماس و عملکرد دانه گندم گردید (Al-Karaki et al., 2004).

یکی دیگر از روش‌های مؤثر برای مقابله با تنش خشکی، ذخیره مواد تنظیم‌کننده اسمزی است. مواد تنظیم‌کننده فشار اسمزی بیشتر شامل اسیدهای آمینه، قندها و برخی یون‌های معدنی، هورمون اسید آبسزیک و پروتئین‌ها هستند (Abbaszadeh et al., 2008). از بین تعداد زیادی از مواد تنظیم‌کننده فشار اسمزی سازگار در گیاهان، گلیسین بتائین به‌طور گسترده‌ای در پاسخ به تنش‌های خشکی مورد استفاده قرار گرفته است (Yang et al., 2003b). علاوه بر نقش آن در تنظیم اسمزی، مطالعات متعددی پیشنهاد می‌کنند که گلیسین بتائین یک نقش حیاتی در حمایت غشاهای تیلاکوئید و دستگاه فتوسنتزی (Wang et al., 2010). ثبات پروتئین‌های پیچیده و پایداری غشاهای، حمایت از اندامک‌های مسئول رونویسی و ترجمه و همچنین به‌عنوان یک محافظ مولکولی در فعالیت آنزیم‌ها مانند روبیسکو (Chen and Murata, 2002) دارد.

از عوامل مهم مقابله با تنش‌های خشکی در دیم‌زارها در کنار توسعه کشت واریته‌های مقاوم گندم معرفی‌شده، بهره‌گیری از روش‌ها و دانش نوین به‌زراعی است. افزایش عملکرد گندم دیم در شرایط تنش خشکی با استفاده از گونه‌های کارا با درجه همزیستی بالای قارچ‌های میکوریزا و استفاده از ترکیبات گلیسین بتائین جهت کاهش خسارت‌های ناشی از تنش‌های محیطی، از جنبه‌های مدیریتی نوین کشاورزی پایدار در مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شوند. نتایج تحقیقات به انجام رسیده در استان آذربایجان غربی نشان می‌دهد استفاده از روش‌های نوین مقابله با تنش‌های محیطی می‌تواند به نحو مؤثری به رشد بهتر محصولات و تولید اقتصادی آن تحت شرایط تنش خشکی مؤثر واقع شود (Majidi and

قارچ‌های اندومیکوریزا شامل ترکیبی از سه گونه *Rhizophagus Funneliformis mosseae* و *irregularis* و *Claroideoglossum etunicatum* به میزان دو درصد (دو کیلوگرم مایه تلقیح به ازای دو کیلوگرم بذر) بود که توسط بخش تحقیقات بیولوژی خاک موسسه تحقیقات خاک و آب تهیه شد.

قبل از کاشت، قطعه زمین کشاورز متراژ و به دو قطعه مساوی هرکدام به ابعاد طول ۳۰ متر و عرض ۷/۲ متر (مساحت ۲۱۶ مترمربع) تقسیم شدند. نمونه‌های مرکب خاک شامل ۱۵ نمونه ساده بصورت تصادفی از قطعات مذکور تهیه و برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، شامل تجزیه روتین و غلظت عناصر کم‌مصرف شامل آهن، روی، منگنز و مس بر اساس دستورالعمل‌های موسسه تحقیقات خاک و آب (Alihyaei, 1997) اندازه‌گیری شدند. بافت خاک به

روش هیدرومتری، کربنات کلسیم معادل به روش خشتی کردن با اسید، قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره گل اشباع با هدایت سنج الکتریکی، واکنش خاک در گل اشباع (pH<sub>s</sub>) به وسیله الکتروود شیشه‌ای، کربن آلی به روش اکسید کردن با اسیدسولفوریک غلیظ در مجاورت دی کرومات پتاسیم، فسفر قابل استفاده با روش اولسن، پتاسیم قابل استفاده به روش استات آمونیوم نرمال و غلظت عناصر کم‌مصرف به روش DTPA اندازه‌گیری شدند (جدول ۱). کودهای شیمیایی پایه بر مبنای تفسیر نتایج آزمون خاک در سطح مزرعه و به هنگام کشت به صورت نواری و توسط بذرکار خطی کار جایگذاری شدند.

(Rejali, 2023). در این پژوهش مشخص شد بیشترین عملکرد دانه با بذر مال کردن گندم دیم با مایه تلقیح میکوریزا و محلول‌پاشی گلایسین بتائین به میزان ۲۱۶۳ کیلوگرم در هکتار به دست آمد که ۲۸ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش نشان داد. همچنین با اعمال این تیمار، نه تنها عملکرد دانه در مقدار بهینه‌ای تولید شد بلکه، محتوی پروتئین دانه و غلظت عناصر فسفر و روی نیز در دانه افزایش یافت.

بر این اساس، هدف از اجرای پروژه تحقیقی- ترویجی حاضر، معرفی فنون نوین مدیریت بهینه تغذیه بر مبنای سیستم تلفیقی تغذیه گیاهی (IPNS) به زارعین با استفاده از مایه تلقیح قارچ‌های میکوریزا و آمینواسید گلایسین بتائین جهت افزایش تولید کمی و کیفی محصول گندم دیم در شرایط دیم در استان آذربایجان غربی بود.

#### مواد و روش‌ها

این پروژه تحقیقی- ترویجی از مهرماه سال ۱۴۰۰ به مدت یک سال زراعی در اراضی مزرعی روستاهای سیر در شهرستان ارومیه اجرا شد. این آزمایش به منظور مقایسه دو تیمار (۱) استفاده از مایه تلقیح قارچ‌های میکوریزا جهت بذر مال بذور گندم قبل از کشت + برگ پاشی گلایسین بتائین (Guangzhou Zio Chemical Co., LTD) با غلظت ۱۰۰ میلی مولار (معادل ۱۱/۷۱ گرم در لیتر) در مرحله تولید اولین گره ساقه گندم و مرحله نمو آبستنی گندم (بر مبنای سیستم تلفیقی تغذیه گیاه) و (۲) مصرف کود مطابق شرایط بهره‌بردار و بر مبنای عرف زارع انجام گرفت. مایه تلقیح

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک (۲۵-۰ سانتی‌متری) مکان اجرای آزمایش (ارومیه، ۱۴۰۱)

Table 1- Some physical and chemical characteristics of the soil (0-25 cm) of the experimental site (Urmia, 2022)

| Site  | Ece (dS/m) | pH <sub>s</sub> | OC   | TNV   | Clay (%) | Silt | Sand | Tex. | (mg kg <sup>-1</sup> ) |                 |      |      |      |      |
|-------|------------|-----------------|------|-------|----------|------|------|------|------------------------|-----------------|------|------|------|------|
|       |            |                 |      |       |          |      |      |      | P <sub>av</sub>        | K <sub>av</sub> | Zn   | Cu   | Fe   | Mn   |
| Urmia | 0.50       | 7.29            | 1.18 | 10.80 | 41       | 33   | 26   | clay | 10.34                  | 465             | 0.47 | 1.22 | 3.78 | 6.42 |

فقط از کودهای اوره و سوپرفسفات تریپل استفاده شده و نصف کود اوره به همراه تمامی کود فسفاتی به صورت پخش مستقیم در خاک و تداخل آن با خاک با استفاده از

کودهای مورد استفاده مطابق تیمارها در جدول ۲ نشان داده شده است. در تیمار عرف مصرف کودها بر اساس نقطه نظرات کشاورز انجام شد. در این تیمار

و مصرف شدند (Balali *et al.*, 1999). در این تیمار کودهای پایه شامل اوره و سوپرفسفات‌تریپل مطابق تیمارها در کرت مربوطه تماماً قبل از کاشت در پائیز و به‌صورت نواری مصرف شدند. برای مصرف این کودها از دستگاه خطی کار توأم استفاده شد.

جدول ۲- نوع، مقدار و منابع کودی مورد استفاده در آزمایش (ارومیه، ۱۴۰۱)

Table 2- The type, amount and source of fertilizers used in the experiment (Urmia, 2022)

| Site  | Treatment           | Urea                   | TSP <sup>†</sup> | IMF                   | GB | GB + Zn |
|-------|---------------------|------------------------|------------------|-----------------------|----|---------|
|       |                     | (kg ha <sup>-1</sup> ) |                  | (L ha <sup>-1</sup> ) |    |         |
| Urmia | conventional method | 120                    | 100              | 0                     | 0  | 0       |
|       | optimal use         | 100                    | 50               | 1.5                   | 2  | 2       |

<sup>†</sup>TSP: Triple superphosphate; IMF: inoculum of mycorrhizal fungi; GB: Glycine Betaine

(کد ۳۱ زادوکس) در بهار سال ۱۴۰۱ و مرحله نمو آبستنی (کد ۴۹ زادوکس) بر اساس کدبندی مراحل رشد روش (Zadoks *et al.*, 1974)، در قطعه توصیه یافته تحقیقاتی انجام شد. در هر دو مرحله برگ پاشی، محلول با غلظت دو لیتر در ۴۰۰ لیتر آب به ازای یک هکتار در صبح به‌صورت یکنواخت در سطح مزرعه مصرف شد. در مرحله برداشت، برداشت محصول به‌صورت کف بر و کادر فلزی در ۱۵ نقطه هر کرت انجام و عملکرد کل (زیستی)، عملکرد کلش، عملکرد دانه، تعداد سنبله (در واحد سطح)، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه اندازه‌گیری شد. سپس ۱۵ نمونه ساده دانه در هر دو کرت آزمایشی، جهت اندازه‌گیری غلظت عناصر به آزمایشگاه بخش تحقیقات خاک و آب مرکز منتقل شد. غلظت عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن، منگنز، روی و مس در نمونه‌های دانه و برگ پرچم مطابق روش‌های استاندارد موسسه تحقیقات خاک و آب اندازه‌گیری شد (Amami, 1996). جذب عناصر در دانه با حاصل ضرب عملکرد دانه در غلظت عناصر به دست آمد. در نهایت تجزیه و تحلیل آماری صفات اندازه‌گیری شده در گندم با استفاده از نرم‌افزار SPSS و آزمون تی در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

زدن دیسک قبل از کشت گندم در پائیز مصرف شدند. نصف دیگر کود اوره در بهار به‌صورت سرک در مرحله تولید اولین گره ساقه مصرف شدند. در تیمار مصرف بهینه کود، نوع، مقدار و زمان مصرف کودها مطابق آخرین دستاوردهای علمی و بر اساس نتایج آزمون خاک برآورد

برای تعیین محدوده کرت‌های آزمایش، میخ‌کوبی و طناب‌کشی در سطح زمین انجام شد. هر کرت آزمایشی ۳۶ خط به طول ۳۰ متر و به عرض ۷/۲ متر پیش‌بینی شد. فاصله بین ردیف‌ها بیست سانتی‌متر و فاصله بین دو تیمار، دو متر در نظر گرفته شد. ذرات کودی در فاصله پنج سانتیمتر فاصله عرضی و پنج سانتیمتر عمیق‌تر از محل کاشت بذور هم‌زمان با گندم در اوایل آبان به‌صورت نواری مصرف شدند. به‌منظور تلقیح بذر با مایه تلقیح قارچ اندومیکوریزا، نسبت دو در صد (دو کیلوگرم مایه تلقیح همراه با ماده مویان به ازای یک‌صد کیلوگرم بذر گندم) در نظر گرفته شد. مقدار بذر گندم موردنیاز از رقم گندم دیم باران به مساحت ۲۱۶ مترمربع بر اساس ۱۵۰ کیلوگرم بذر در هکتار محاسبه و آن را روی پوشش نایلونی ریخته، سپس مایه تلقیح و ماده مویان بر مبنای نسبت دو درصد محاسبه و با بذر گندم به‌طور کامل مخلوط شدند. پس از خشک شدن بذر گندم (حدوداً نیم ساعت)، بذر تلقیح‌شده را در مخزن بذرکار ریخته و در کرت توصیه یافته تحقیقاتی کشت شد.

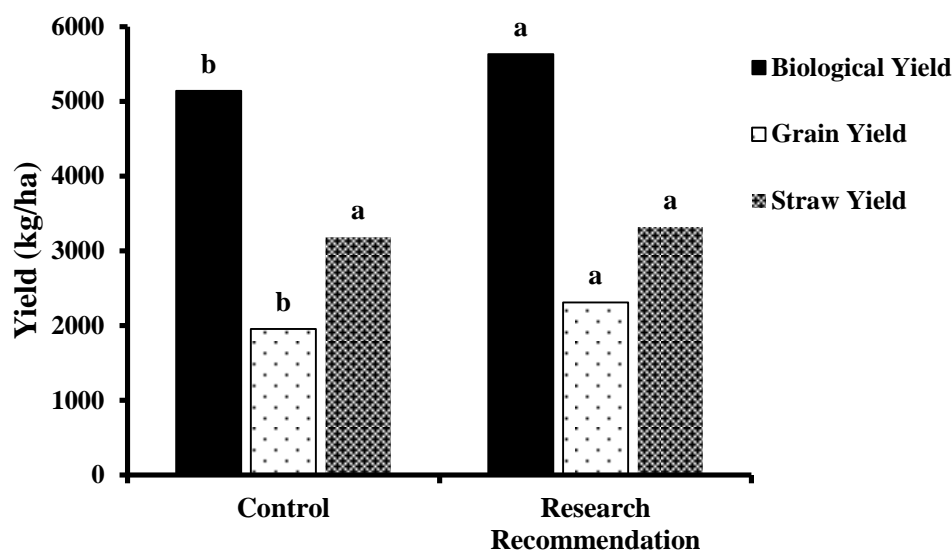
در طول عملیات داشت گندم دیم، مراقبت‌های لازم از نظر مبارزه با علف‌های هرز، آفات و بیماری‌های احتمالی در هر دو قطعه توصیه یافته تحقیقاتی و شاهد انجام شد. برگ پاشی گندم دیم با اسیدآمینه گلاسیسین بتائین گلاسیسین بتائین در مراحل تولید اولین گره ساقه

## نتایج

نتایج تجزیه خاک قبل از اجرای آزمایش: نتایج تجزیه ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک، نشان-دهنده آن بود که خاک محل اجرای آزمایش، آهکی و دارای pH قلیایی، بافت خاک رسی و به لحاظ شوری، فاقد مسئله بود. میزان ماده آلی کل در حد کمبود، فسفر و روی قابل جذب کمتر از حد بحرانی و پتاسیم قابل جذب؛ بالاتر از حد بحرانی و غلظت آهن، مس و منگنز قابل جذب خاک، بالاتر از حد بحرانی و در حد کفایت، قرار داشتند (جدول ۲).

اثر تیمارها بر صفات کمی: نتایج این پژوهش نشان داد که در قطعه توصیه یافته تحقیقاتی با مصرف

بهینه کودهای پایه همراه با آغشته کردن بذر گندم دیم با مایه تلقیح قارچ‌های میکوریزا در هنگام کشت در پائیز و انجام دو مرحله شامل برگ پاشی در بهار با محرک رشد گلاسیسین بتائین، عملکرد دانه گندم دیم در قطعه توصیه یافته تحقیقاتی به میزان ۳۵۵ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت که بر اساس نتایج آزمون تی این اختلاف، در سطح آماری پنج درصد معنی‌دار بود. در این طرح نیز عملکردهای زیستی و کلش به ترتیب به میزان ۴۹۳ و ۱۳۷ کیلوگرم در هکتار در قطعه توصیه یافته تحقیقاتی نسبت به شاهد (عرف زارع) افزایش نشان داد که این اختلاف در مورد صفت عملکرد زیستی نیز برای هر دو قطعه، در سطح آماری پنج درصد معنی‌دار بود (شکل ۱).

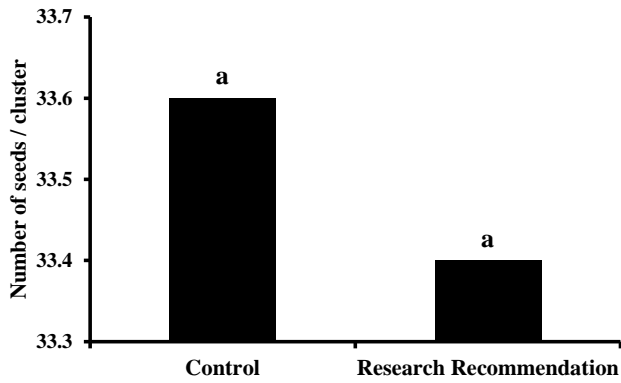


شکل ۱- مقایسه عملکردهای زیستی، دانه و کلش گندم دیم در دو قطعه شاهد و توصیه یافته تحقیقاتی (ارومیه، ۱۴۰۱)  
Figure 1- Comparison of biological, grain and straw yields of rainfed wheat in two experimental and research recommendation plots (Urmia, 2022)

و ۰/۹۲ کیلوگرم در هکتار افزایش نشان دادند که این اختلاف در سطوح آماری پنج درصد معنی‌دار بودند (شکل ۶). جذب روی و مس در دانه گندم دیم در قطعه توصیه یافته تحقیقاتی نسبت به شاهد (عرف زارع) به ترتیب به میزان ۶۲ و ۳/۸ گرم در هکتار افزایش داشتند، به طوری که این اختلاف برای این عناصر در سطوح پنج درصد معنی‌دار بود (شکل ۷). درصد پروتئین دانه در قطعه توصیه یافته تحقیقاتی برابر ۱۳/۵۶ و در قطعه شاهد ۱۳/۰۳ بود که این اختلاف از نظر آماری معنی‌داری نبود.

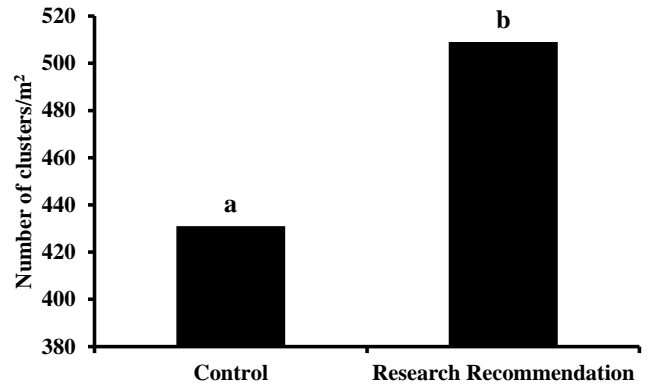
مقایسه تعداد خوشه در واحد سطح، تعداد دانه در خوشه، وزن هزار دانه و شاخص برداشت در قطعه توصیه یافته تحقیقاتی با شاهد (عرف زارع) نشان داد که صفات مذکور در دو تیمار مذکور به ترتیب به میزان ۷۸ خوشه، صفر دانه، ۳/۳۳ گرم و ۰/۰۲ افزایش داشتند (شکل‌های ۲، ۳، ۴ و ۵).

جذب عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم و منیزیم در دانه گندم دیم در قطعه توصیه یافته تحقیقاتی، نسبت به شاهد (عرف زارع) به ترتیب به میزان ۱۰/۳، ۲/۶، ۴/۳



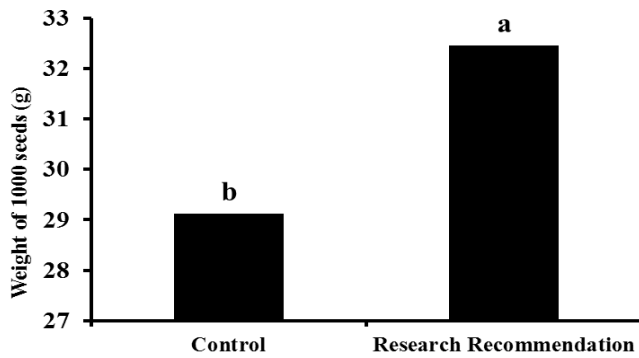
شکل ۳- مقایسه تعداد دانه در خوشه گندم دیم در دو قطعه شاهد و توصیه تحقیقاتی (ارومیه، ۱۴۰۱)

Figure 3- Comparison of the number of seeds in dry wheat clusters in two control plots and research recommendations (Urmia, 2022)



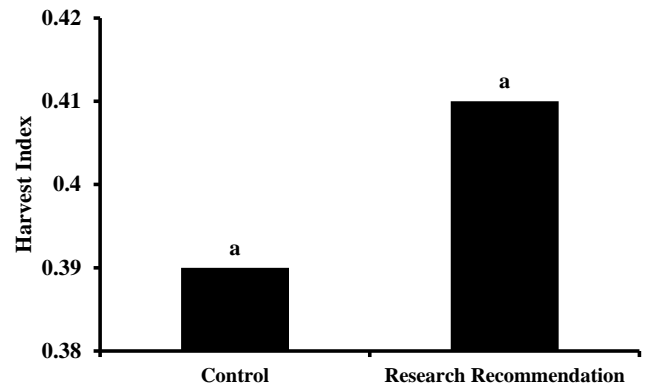
شکل ۲- مقایسه تعداد خوشه گندم دیم در واحد سطح در دو قطعه شاهد و توصیه تحقیقاتی (ارومیه، ۱۴۰۱)

Figure 2- Comparison of the number of rainfed wheat clusters per unit area in two control plots and research recommendation (Urmia, 2022)



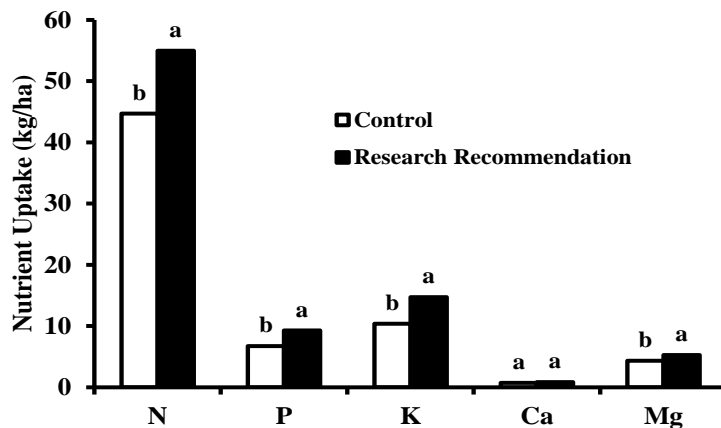
شکل ۵- مقایسه وزن هزار دانه گندم دیم در دو قطعه شاهد و توصیه تحقیقاتی (ارومیه، ۱۴۰۱)

Figure 5- Comparison of the thousand grains weight of rainfed wheat in two control and research recommendation plots (Urmia, 2022)



شکل ۴- مقایسه شاخص برداشت گندم دیم در دو قطعه شاهد و توصیه تحقیقاتی (ارومیه، ۱۴۰۱)

Figure 4- Comparison of rainfed wheat harvest index in two control and research recommendation plots (Urmia, 2022)

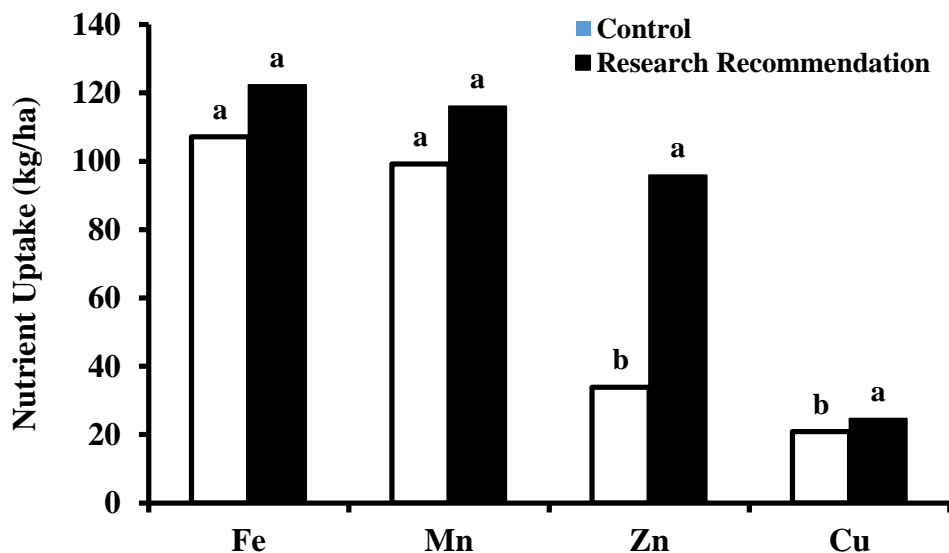


شکل ۶- مقایسه جذب عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم دانه گندم دیم در دو قطعه شاهد و توصیه یافته تحقیقاتی (ارومیه، ۱۴۰۱)

Figure 6- Comparison of N, P, K, Ca and Mg nutrients uptake in seeds of rainfed wheat in two control and research recommendation plots (Urmia, 2022)

جدول مذکور نسبت فایده به هزینه برابر ۲/۰۴ بود؛ بنابراین، استفاده از این یافته تحقیقاتی در تولید محصول گندم دیم از نظر اقتصادی مقرون به صرفه بوده و افزایش بیشتر درآمد زارع را به دنبال خواهد داشت.

ملاحظات اقتصادی پروژه: یکی از مهم‌ترین جنبه‌های به‌کارگیری توصیه‌های تحقیقاتی در عرصه تولید توسط بهره‌برداران، ملاحظات اقتصادی است. از این رو، نسبت فایده به هزینه استفاده این یافته تحقیقاتی در تولید محصول دیم محاسبه شد (جدول ۳). بر مبنای نتایج



شکل ۷- مقایسه جذب عناصر آهن، منگنز، روی و مس دانه گندم دیم در دو قطعه شاهد و توصیه یافته تحقیقاتی (ارومیه، ۱۴۰۱)  
Figure 7- Comparison of Fe, Mn, Zn, and Cu nutrients uptake in seeds of rainfed wheat in two control and research recommendation plots (Urmia, 2022)

جدول ۳- محاسبه ارزش فعلی فایده، هزینه و نسبت فایده به هزینه تولید کمی محصول گندم دیم در رابطه با به‌کارگیری تیمار توصیه تحقیقاتی (ارومیه، ۱۴۰۱)

Table 3- Calculation of the current value of benefit, cost and the ratio of benefit to cost of quantitative production of rainfed wheat in relation to the application of research recommendation treatment (Urmia, 1401)

|                    | current value                          | Value    |
|--------------------|--|----------|
| Incomes            | Increase grain yield <sup>†</sup>      | 355      |
|                    | Increase Straw Yield <sup>†</sup>      | 238      |
|                    | Income of grain product <sup>††</sup>  | 39700000 |
|                    | Income of Straw product <sup>†††</sup> | 4284000  |
|                    | Total income (Rials)                   | 44044000 |
| Costs              | Mycorrhizal inoculum                   | 1600000  |
|                    | Glycine betaine                        | 16000000 |
|                    | Foliar Alication                       | 4000000  |
|                    | Total costs                            | 21600000 |
| Net income (Rials) |  | 22444000 |
| Benefit-cost ratio |  | 2.04     |

<sup>†</sup> kg/ha; <sup>††</sup> Unit price (kg): 112,000 Rials; <sup>†††</sup> Unit price (kg): 18,000 Rials

میکوریزا، آب و مواد غذایی بیشتری نسبت به گیاهان تلقیح نشده جذب می‌کنند (Sajedi and Sajedi, 2009). این قارچ‌ها قادر به جذب و انتقال مواد آلی به گیاهان هستند (Chalk et al., 2006). از سوی دیگر، گلايسين بتائين نیز، به‌عنوان یکی از ترکیبات مواد آلی

بحث

نتایج نشان داد که استفاده از قارچ‌های میکوریزا و گلايسين بتائين باعث افزایش عملکرد دانه و زیستی گندم در شرایط دیم می‌گردد. یکی از دلایل این تأثیر مثبت این است که در شرایط خشکی گیاهان تلقیح‌شده با



در بین اجزای عملکرد وزن هزار دانه، صفتی تقریباً ثابت است و کمتر تحت تأثیر محیط قرار می‌گیرد. این موضوع به دلیل محدودیت مخزن<sup>۲</sup> در گندم و سایر غلات است. در این مطالعه، در اثر کاربرد قارچ‌های میکوریزا و گلاسیسین بتائین، تعداد خوشه در مترمربع و تعداد دانه در سنبله افزایش یافت، بنابراین، افزایش مواد پرورده تولیدی محصول فتوستتر در تعداد دانه بیشتری ذخیره می‌شد و میانگین وزن دانه‌ها بدون تغییر باقی ماند. از نظر فیزیولوژیک، نقش حفاظتی گلاسیسین بتائین به‌طور مستقیم از طریق اثر مثبت روی آنزیم‌ها و سیالیت غشاء و به‌طور غیرمستقیم از طریق نقش آن در انتقال پیام به‌عنوان یک حفاظت‌کننده اسمزی، سلول‌ها را از تنش‌های محیطی حفظ می‌کند (Gupta and Thind, 2015).

جذب عناصر در دانه به‌ویژه عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، منیزیم، روی و مس در بوته‌های گندم رشد کرده تحت مدیریت تحقیقاتی به‌طور معنی‌داری بیشتر از گندم‌های با مدیریت کشاورز بود؛ که نشان‌دهنده تأثیر مثبت کاربرد قارچ‌های میکوریزا و گلاسیسین بتائین بر کیفیت دانه بود. میکوریزا آربسکولار قادر به افزایش جذب و انتقال و قابلیت دسترسی به عناصر معدنی مانند فسفر، نیتروژن، مس و روی به گیاه میزبان خود است که به‌نوبه خود می‌تواند سبب افزایش رشد و عملکرد در شرایط خشکی گردد (Jamshidi et al., 2009). اثرات مثبت ناشی از تأثیر تلقیح میکوریزا بر اجزای عملکرد و عملکرد دانه ممکن است ناشی از افزایش جذب مواد معدنی توسط ریشه گیاهان باشد که ضمن تأیید این نتایج در پروژه حاضر با یافته‌های سایر محققان که افزایش در اجزای عملکرد را ناشی از بهبود وضعیت جذب عناصر و آب به‌وسیله هیف دانسته‌اند (Clark and Zeto, 2000)، مطابقت دارد. بهبود جذب عناصر غذایی توسط ریشه بوته‌های گندم تیمار شده با قارچ‌های میکوریزا و گلاسیسین بتائین می‌تواند به افزایش توان جذب آب توسط ریشه‌ها و همچنین افزایش طول و عمق ریشه و توسعه هیف‌های

سازگار، در بسیاری از گونه‌های گیاهی به میزان بالا در پاسخ به انواع تنش‌های محیطی سنتز می‌شود (Miri and Zamani Moghadam, 2014) که کاربرد خارجی آن نیز می‌تواند سبب بهبود تحمل به خشکی و در نتیجه افزایش رشد و عملکرد دانه در شرایط دیم گردد. بانفوذ به داخل برگ‌های گیاهی، گلاسیسین بتائین بلافاصله به ریشه‌ها، مریستم‌ها و برگ‌های توسعه‌یافته منتقل می‌شود و اندام‌های گیاهی در حال نمو و توسعه را از تنش حفظ می‌کند (He et al., 2011)؛ به نظر می‌رسد که افزایش عملکرد دانه گندم در اثر کاربرد قارچ‌های میکوریزا و گلاسیسین بتائین به دلیل افزایش برخی از صفات اجزای عملکرد باشد. اثر تیمارهای تحقیقاتی باعث شده است که تعداد خوشه در مترمربع و تعداد دانه‌های پوک کمتر و در نتیجه تعداد دانه‌های بارور بیشتر گردد. جمشیدی و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که تیمار گیاهان آفتابگردان با قارچ‌های میکوریزا آربسکولار سبب کاهش درصد پوکی دانه می‌شود (Jamshidi et al., 2009). در شرایط دیم، تلقیح قارچ‌های میکوریزا و محلول‌پاشی گلاسیسین بتائین با بهبود وضعیت آبی گیاه موجب تخصیص میزان بالاتری از مواد فتوستتری به مخازن فیزیولوژیک<sup>۱</sup> شده و در نتیجه تعداد دانه بیشتری پر گردد که به‌احتمال زیاد در نتیجه چنین مکانیسمی (Al-Karaki et al., 2004; Gupta et al., 2014) موجب افزایش عملکرد دانه شده است. ضمن اینکه گلاسیسین بتائین منبع غنی از نیتروژن و کربن به‌منظور رشد بیشتر است، لذا سبب افزایش تولید مواد پرورده برای پر کردن تعداد دانه بیشتری می‌شود (Miri and Zamani Moghadam, 2014). افزایش اجزای عملکرد و در نتیجه عملکرد دانه در اثر همزیستی با قارچ میکوریزا همچنین می‌تواند به بهبود جذب عناصر غذایی غیر متحرک مانند فسفر، روی و مس، بهبود جذب آب و پتانسیل آماس برگ و کنترل منافذ روزنه‌ای و تعرق نسبت داده شود (Sajedi and Sajedi, 2009).

گلايسين بتائين نقش مؤثری در مقابله با تنش خشکی در گندم دیم داشته و می‌تواند به‌عنوان یک‌راه حل برای کنترل اثرات نامطلوب تنش خشکی به‌ویژه در شرایط مشابه انجام این آزمایش پیشنهاد گردد.

#### تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از همکاری‌های بی‌دریغ همکاران محترم موسسه آموزش و ترویج سازمان متبوع به خاطر تأمین اعتبار، همکاران گران‌قدر مدیریت جهاد کشاورزی ارومیه و مراکز خدمات جهاد کشاورزی بکشلوچای که در اجرای این پروژه نهایت همکاری را داشته‌اند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

#### تعارض منافع

در این مقاله تعارض منافی وجود ندارد و این مسئله مورد تأیید نویسندگان مقاله است.

انتهایی نسبت داده شود ( Allakhverdiev *et al.*, 2003).

#### نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج حاصل از اجرای یک‌ساله طرح تحقیقی- ترویجی یافته تحقیقاتی در اراضی مزروعی دیم در استان آذربایجان غربی با آغشته کردن بذر گندم دیم با مایه تلقیح قارچ‌های میکوریزا و دو مرحله برگ پاشی در بهار با محرک رشد گلايسين بتائين در مراحل تولید اولین گره ساقه گندم و نمو آبستنی گندم دیم، عملکرد دانه به ترتیب به میزان ۳۵۵ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت. علاوه بر این میزان جذب عناصر برخی عناصر غذایی در دانه افزایش نشان داد؛ بنابراین، از نتایج این پروژه می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که یکی از روش‌های مؤثر برای مقابله با تنش خشکی در شرایط دیم، استفاده از محرک‌های رشد بوده و استفاده از مایه تلقیح گونه‌های مرکب قارچ میکوریزا آریسکولار (کود زیستی) به‌صورت بذر مال به همراه محلول‌پاشی تنظیم‌کننده اسمزی

#### References

1. Abbaszadeh, B., Sharifi Ashourabadi, E., Lebaschi, M., Naderi hajibagher Kandy, M. and Moghadami, F., 2008. The effect of drought stress on proline contents, soluble sugars, chlorophyll and relative water contents of balm (*Melissa officinalis* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 23(4), pp.504-513. <https://doi.org/10.22092/ijmapr.2008.10090> (In Persian)
2. Ahmadi, K., Gholizadeh, H., Ebadzadeh, H., Hosseinpour, R., Abdeshah, A., Kazemian, A. and Rafiee, M., 2021. Agricultural Statistics of the Crop Year 2019-20, Volume 1: Crops. Deputy of Planning and Economy, Tehran: Information Technology Center of the Ministry of Jihad Agriculture. (In Persian)
3. Aliehyaei, M., 1997. Description of soil chemical analysis methods. Volume 2, Number 1024, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran. (In Persian)
4. Al-Karaki, G., McMichael, B. and Zak, J., 2004. Field response of wheat to arbuscular mycorrhizal fungi and drought stress. *Mycorrhiza*, 14, pp.263-269. DOI: 10.1007/s00572-003-0265-2
5. Allakhverdiev, S. I., Hayashi, H., Nishiyama, Y. and Ivanov, A. G., 2003. Glycine betaine protects the D1/D2/Cyt559 complex of photosystem II against photo-induced and heat-induced inactivation. *Journal of Plant Physiology*, 160,4 pp.1-49. <https://doi.org/10.1078/0176-1617-00845>
6. Amami, A., 1996. Methods of plant analysis. Number 982, Tehran, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran. (In Persian)
7. Augé, R. M., 2001. Water relations, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Mycorrhiza*, 11, pp.3-42. <https://doi.org/10.1007/s005720100097>
8. Blali, M. R., Mahajer Milani, P., Khadami, Z., Droodi, M.S., Mashayikhi, H. H. and Malakouti, M.J., 1999. Comprehensive computer model of chemical fertilizers

- recommendation in the direction of sustainable wheat agricultural products. Agriculture education publication, Karaj, Iran. (In Persian)
9. Chalk, P. M., Souza, R., DeF, S., Urquiaga, B., Alves, J. R. and Boddey, R. M., 2006. The role of arbuscular mycorrhiza in legume symbiotic performance. *Soil Biology & Biochemistry*, 47, pp. 487 -499. <https://doi.org/10.3390/plants12173102>
  10. Chen, T. H. H. and Murata, N., 2002. Enhancement of tolerance to abiotic stress by metabolic engineering of betaines and other compatible solutes. *Current Opinion in Plant Biology*, 5, pp.250-257. [https://doi.org/10.1016/S1369-5266\(02\)00255-8](https://doi.org/10.1016/S1369-5266(02)00255-8)
  11. Clark, R. B. and Zeto, S. K., 2000. Mineral acquisition by arbuscular mycorrhizal plants. *Journal of Plant Nutrition*, 23, pp.876 -902. <https://doi.org/10.1080/01904160009382068>
  12. Fahad, S., Bajwa, A.A., Nazir, U., Anjum, S.A., Farooq, A., Zohaib, A., Sadia, S., Nasim, W., Adkins, S., Saud, S. and Ihsan, M.Z., 2017. Crop production under drought and heat stress: plant responses and management options. *Frontiers in Plant Science*, 8, pp.1147-1163. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01147>
  13. Gupta, N., Thind, S. K. and Bains, N.S., 2014. Glycine betaine application modifies biochemical attributes of osmotic adjustment in drought stressed wheat. *Plant Growth Regulation*, 72, pp. 221-228. <https://doi.org/10.1007/s10725-013-9853-0>
  14. Gupta, N., and Thind, S., 2015. Improving photosynthetic performance of bread wheat under field drought stress by foliar applied glycine betaine. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 17(1), pp.75-86. <https://doi.org/20.1001.1.16807073.2015.17.1.6.7>
  15. Hafiza, B.S., Ishaque, W., Osman, R., Aziz, M. and Ata-Ul-Karim, S.T., 2022. Simulation of wheat yield using CERES-Wheat under rainfed and supplemental irrigation conditions in a semi-arid environment. *Agricultural Water Management*, 264, pp. 107510. DOI: [10.1016/j.agwat.2022.107510](https://doi.org/10.1016/j.agwat.2022.107510)
  16. He, C., Zhang, W., Gao, Q., Yang, A., Hu, X. and Zhang, J., 2011. Enhancement of drought resistance and biomass by increasing the amount of glycine betaine in wheat seedlings. *Euphytica*, 177, pp.151-167. DOI: [10.1007/s10681-010-0263-3](https://doi.org/10.1007/s10681-010-0263-3)
  17. Jamshidi, E.H., Ghalavand, A., Salehi, A.M., Zare, M.J. and Jamshidi, A. R., 2009. Effect of arbuscular mycorrhizal on yield, yield components and plant characteristics of sunflower (*Helianthus annuus* L.) under drought stress conditions. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 11(2), pp.136-50. DOI: [20.1001.1.15625540.1388.11.2.4.6](https://doi.org/20.1001.1.15625540.1388.11.2.4.6) (In Persian)
  18. Majidi, A. and Rejali, F., 2023. Mycorrhizal symbiosis and glycine betaine effect foliar application on some agronomic traits of rainfed wheat in calcareous soils. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 54(2), pp. 281-297. DOI: [10.22059/ijswr.2023.352937.669423](https://doi.org/10.22059/ijswr.2023.352937.669423) (In Persian)
  19. Miri, H. R. and Zamani Moghadam, A., 2014. The effect of external usage of glycine betaine on corn (*zea mays* L.) in drought condition. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 12(4), pp.704-717. DOI: [10.22092/lmj.2024.363124.343](https://doi.org/10.22092/lmj.2024.363124.343) (In Persian)
  20. Sajedi, N.A. and Sajedi, A., 2009. Effect of drought stress, mycorrhiza and zinc rates on agro-physiologic characteristics of maize cv. KSC704. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 11(3), pp. 202-222. DOI: [20.1001.1.15625540.1388.11.3.2.6](https://doi.org/20.1001.1.15625540.1388.11.3.2.6) (In Persian)
  21. Wang, G. P., Zhang, X. Y., Li, F., Luo, Y. and Wang, W., 2010. Over accumulation of glycine betaine enhances tolerance to drought and heat stress in wheat leaves in the protection of photosynthesis. *Photosynthetica*, 48, pp.117-126. <https://doi.org/10.1007/s11099-010-0016-5>
  22. Yang, W. J., Rich, P. J., Axtell, J. D., Wood, K.V., Bonham, C. C., Ejeta, G., Mickelbart, M.V. and Rhodes, D., 2003b. Genotypic variation for glycine betaine in sorghum. *Crop Science*, 43, pp.162-169. DOI: [10.2135/cropsci2003.0162](https://doi.org/10.2135/cropsci2003.0162)
  23. Zadoks, J.C., Chang, T.T. and Konzak, C.F., 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research*, 14, pp.415-421. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.1974.tb01084.x>