University of Birjand

Journal homepage: https://escs.birjand.ac.ir

تنشهای محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses In Crop Sciences

Vol. 16, No. 2, pp. 383-401 (Summer 2023)

http://dx.doi.org/10.22077/escs.2022.4638.2051

Original article

Effect of *Mycorrhiza* and methanol on grain filling components, dry matter remobilization and yield of barley under soil salinity conditions

H. Narimani[1*], R. Seyed Sharifi[2]

1. *Ph.D student, Crop Physiology, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran*
2. *Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran*

Received 9 September 2021; Accepted 30 October 2021

Extended abstract

Introduction

Soil salinity is one of the most important abiotic stresses that can limit plant growth and yield. The response of plants to soil salinity has been evaluated based on genetic, biochemical and morpho-physiological traits. Several strategies have been developed in order to decrease the toxic effects caused by soil salinity on plant growth. Among them the use of bio fertilizers (such as Mycorrhiza) and application of methanol play a key role in yield improvement. The mechanisms that AMF employ to enhance the salt tolerance of plants to grow and develop in saline environments include facilitating water and nutrient absorption through hyphae, maintaining more favorable K^+/Na^+ ratios to alleviate toxic ions effects. Also, foliar application of methanol is a method which increases crop CO_2 fixation. In most cases, 25% of the carbon in C_3 plants is used for photorespiration, and the amount of photorespiration can be minimized by the foliar application of methanol because methanol is rapidly metabolized to CO_2 in plant tissue. So, the aim of this study was to investigate the effects of methanol and Mycorrhiza application on dry matter remobilization, grain filling components and yield of barley under soil salinity.

Materials and methods

An experiment was conducted as factorial based on randomized complete block design with three replications in greenhouse research of Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili during 2020. Factors experiment were included salinity in three levels (no application of salinity as control, salinity 35 and 70 mM by NaCl), application of mycorrhiza (no application of mycorrhiza as control, application of mycorrhiza mosseae, mycorrhiza intraradices and both application mycorrhiza mosseae and intraradices) and methanol foliar application in three levels (foliar application with water as control, foliar application 15 and 30% volume of methanol). Foliar application with methanol was done in two stage of period growth (Stem elongation and Flag leaf development). The barley cultivar "Khorram" was used in the experiment with plant density of 400 seeds m^{-2}.

To study the grain filling parameters in each sampling, two plants in each vase were taken. The first sampling was taken on day 16 after heading, and other samplings were taken in 4-days intervals to

* Corresponding author: Hamed Narimani; E-Mail: hamed.narimani.72@gmail.com

© 2023, The Author(s). Published by University of Birjand. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0).

determine the accumulation of grain weight. At each sampling, grains were removed from spikes manually and were dried at 130°C for 2 h. We applied grain dry weight and number to estimate the mean grain weight per sample. Following Borrás and Otegui (2001), we calculated total duration of grain filling for each treatment combination through fitting a bilinear model:

$$GW=\begin{cases} a+gfr(daa),\ldots\ldots if\ldots daa<P_m \\ a+gfr(P_m),\ldots\ldots if\ldots daa\geq P_m \end{cases}$$

Where GW is the grain dry weight; a, the GW-intercept; gfr, the slope of grain weight indicating grain filling rate; daa, the days after earring; and pm, physiological maturity. Borrás et al., (2004) determined grain filling using a bilinear model. Effective grain filling period (EGFD) was calculated from the following equation:

$$EGFD = HGW/GFR$$

Where EGFD, HGW and RGF are effective grain filling period, maximum of grain weight (g) and grain filling rate ($g.day^{-1}$), respectively.

Conversely, an increase in grain weight in filling period was calculated using the above-cited equation in statistical software SAS 9.1 via Proc NLIN DUD method. At plant maturity, grain yield in each pot were harvested five plants per pot. Analysis of variance and mean comparisons were performed using SAS ver 9.1 computer software packages. The main effects and interactions were tested using the least significant difference (Duncan) test at the 0.05 probability level.

Results and discussion

The results showed that both application of mycorrhiza mosseae and intraradices and foliar application of 30% volume of methanol increased the leaf protein content, current photosynthesis and contribution of current photosynthesis in grain yield. But decreased dry matter remobilization from stem, shoot and contribution of dry matter remobilization in grain yield. Also, both application of mycorrhiza mosseae with intraradices and foliar application of 30% volume of methanol under no application of salinity increased root weight and volume (65.12 and 84.14% respectively), plant height (53.15%), spike length (63.63%), 100-seed weight (84.76%), maximum of grain weight (74.32%), grain filling period and effective grain filling period (31.78 and 73.9%, respectively), grain yield (38.52%) in compared to no application of mycorrhiza and methanol under 70 mM soil salinity.

Conclusion

Based on the results, it seems that the application of mycorrhiza and methanol can increase the grain yield of barley under soil salinity by improving photosynthesis and grain filling components.

***Keywords*:** Current photosynthesis, Grain filling period, Grain filling rate, Plant height

تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد شانزدهم، شماره دوم، تابستان ۱۴۰۲

http://dx.doi.org/10.22077/escs.2022.4638.2051

مقاله پژوهشی

تأثیر میکوریزا و متانول بر مؤلفه‌های پرشدن دانه، انتقال ماده خشک و عملکرد جو تحت شرایط شوری خاک

حامد نریمانی[1*]، رئوف سیدشریفی[2]

۱. دانشجوی دکتری رشته فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۲. استاد گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

مشخصات مقاله

واژه‌های کلیدی:
ارتفاع بوته
سرعت پر شدن دانه
طول دوره پر شدن دانه
فتوسنتز جاری

تاریخ دریافت:
۱۴۰۰/۰۶/۱۸

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۰/۰۸/۰۸

تاریخ انتشار:
تابستان ۱۴۰۲
۱۶(۲): ۳۸۳-۴۰۱

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر شوری، میکوریزا و متانول بر مؤلفه‌های پرشدن دانه، انتقال ماده خشک و عملکرد جو، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه محقق اردبیلی در سال ۱۳۹۹ اجرا شد. فاکتورهای موردبررسی شامل شوری خاک در سه سطح (عدم اعمال شوری به‌عنوان شاهد و شوری ۳۵ و ۷۰ میلی‌مولار با نمک کلرید سدیم)، کاربرد میکوریزا (عدم کاربرد میکوریزا به‌عنوان شاهد، کاربرد میکوریزا موسه‌آ، کاربرد میکوریزا اینترا و کاربرد توأم میکوریزا موسه‌آ و اینترا) و محلول‌پاشی متانول (محلول-پاشی با آب به‌عنوان شاهد، محلول‌پاشی ۱۵ و ۳۰ درصد حجمی متانول) بود. نتایج نشان داد که کاربرد توأم میکوریزا موسه‌آ و اینترا و محلول‌پاشی ۳۰ درصد حجمی متانول موجب افزایش محتوای پروتئین برگ، فتوسنتز جاری و سهم فتوسنتز جاری در عملکرد دانه شد ولی انتقال ماده خشک از ساقه، اندام هوایی و سهم این فرآیندها در عملکرد دانه جو را کاهش داد. همچنین، کاربرد توأم میکوریزا موسه‌آ و اینترا و محلول‌پاشی ۳۰ درصد حجمی متانول در شرایط عدم اعمال شوری، وزن و حجم ریشه (به ترتیب ۶۵/۱۲ و ۸۴/۱۴ درصد)، ارتفاع بوته (۵۳/۱۵ درصد)، طول سنبله (۶۳/۶۳ درصد)، وزن صد دانه (۸۴/۷۶ درصد)، حداکثر وزن دانه (۷۴/۳۲ درصد)، طول دوره و دوره مؤثر پرشدن دانه (به ترتیب ۳۱/۷۸ و ۷۳/۹ درصد) و عملکرد دانه (۳۸/۵۲) را نسبت به شرایط عدم کاربرد میکوریزا و محلول‌پاشی متانول تحت شرایط شوری ۷۰ میلی‌مولار خاک افزایش داد. بر اساس نتایج به نظر می‌رسد کاربرد میکوریزا و متانول می‌تواند عملکرد دانه جو در شرایط شوری خاک را با بهبود فتوسنتز و مؤلفه‌های پر شدن دانه افزایش دهد.

مقدمه

شوری یکی از تنش‌های مهم محیطی است که با بروز اختلالاتی در فرآیندهای حیاتی گیاه مانند فتوسنتز، تعرق، جذب و انتقال مواد غذایی (Esfandiari et al., 2011) و ایجاد خشکی فیزیولوژیکی و سمیت یونی در گیاه، موجب کاهش تولید و عملکرد گیاهان می‌شود (Shahid et al., 2018). ماشی و همکاران (Mashi et al., 2008) گزارش کردند شوری از طریق برهم زدن تعادل یونی، کاهش طول دوره پر شدن دانه و اختلال در انتقال کربوهیدرات‌ها به دانه، موجب کاهش وزن دانه جو شد. ازاین‌رو، به‌کارگیری روش‌های افزایش تحمل گیاهان به اثر ناشی از تنش شوری، می‌تواند گامی مؤثر در جهت دستیابی به تولید پایدار در کشاورزی باشد (Jayakannan et al., 2015).

کاربرد قارچ میکوریزا یکی از راه‌کارهایی است که می‌تواند عملکرد گیاهان زراعی را با تعدیل اثر مخرب تنش شوری، بهبود بخشد (Seyed Sharifi and Namvar, 2015). این قارچ‌ها با استفاده از سازوکارهای مختلفی ازجمله حفظ نسبت پتاسیم به سدیم، بهبود وضعیت آبی و تغذیه‌ای گیاه، تحریک تبادلات گازی از طریق افزایش ظرفیت مقصد، تولید

* نگارنده پاسخگو: حامد نریمانی. پست الکترونیک: hamed.narimani.72@gmail.com

هورمون‌های محرک رشد گیاه و ریشه، تغییر در مورفولوژی ریشه و افزایش سطح جذب از طریق گسترش هیف‌های خود در خاک (Dodd and Perez-Alfocea, 2012)، انحلال فسفات غیرمحلول و تثبیت‌شده در خاک با ترشح آنزیم فسفاتاز با بهبود فرایند فتوسنتز به بهبود رشد و عملکرد دانه کمک کند (James et al., 2008). سیدشریفی و همکاران (Seyed Sharifi et al., 2017) بیان کردند که قارچ میکوریزا با تأمین عناصر غذایی و بهبود وزن و حجم ریشه، ضمن افزایش سرعت و طول پر شدن دانه، منجر به افزایش وزن دانه گندم (*Triticum aestivum* L.) در شرایط تنش شوری شد. عبادی و همکاران (Ebadi et al., 2020) گزارش کردند کاربرد میکوریزا با بهبود فتوسنتز جاری و حفظ تعادل منبع و مخزن، موجب کاهش میزان انتقال ماده خشک از ساقه و اندام هوایی و سهم این فرآیندها در عملکرد دانه‌ی جو شد.

یکی دیگر از راهکارهای بهبود عملکرد گیاهان زراعی، افزایش کارایی فتوسنتزی با استفاده از منابع و ترکیباتی کربنی است که بتواند تثبیت دی‌اکسید کربن را افزایش دهد (Dawood et al., 2013). متانول در مقایسه با مولکول دی‌اکسید کربن کوچک‌تر است و محلول‌پاشی با این ماده به خصوص در گیاهان با مسیر فتوسنتزی سه کربنه (C_3) به‌عنوان منبع کربنی درون گیاه مورداستفاده قرار گرفته (Ramirez et al., 2006) و با کاهش تنفس نوری موجب افزایش رشد و عملکرد شود (Ehyaei et al., 2010). ازاین‌رو محلول‌پاشی متانول در گیاهان سه کربنه (C_3) می‌تواند با جبران بخشی از تلفات کربن تثبیت‌شده توسط فتوسنتز، به‌ویژه در شرایط تنفس نوری زیاد، به افزایش فتوسنتز خالص در واحد سطح و ازدیاد تولید ماده خشک کمک کند (Sani and Aliabadi Farahani, 2010). سوقانی و همکاران (Soghani et al., 2013) گزارش کردند محلول‌پاشی متانول با بهبود نسبی شاخص‌های رشدی، افزایش فتوسنتز و تولید ماده خشک و تسریع نسبی فاز زایشی، موجب کاهش فرصت انتقال مجدد مواد فتوسنتزی به دانه‌های سویا (*Glycine max* L.) می‌شود. برخی محققان اظهار داشتند که احتمالاً محلول‌پاشی متانول با جلوگیری از ریزش سنبله‌ها از طریق انتقال مواد فتوسنتزی به سمت سنبله‌های در حال رشد و تأثیر بر ظرفیت فتوسنتزی بوته‌ها و همچنین با کمک بر پر شدن دانه‌های هر سنبله، موجب افزایش سرعت رشد سنبله و تخصیص بیشتر مواد پرورده فتوسنتزی به سنبله‌های در حال رشد شده و درنهایت منجر به تولید دانه‌های بزرگ‌تر و بیشتر می‌شود (Rezaie et al., 2020). سیدشریفی و سیدشریفی (Seyed Sharifi and Seyed Sharifi, 2020) بیان کردند کاربرد میکوریزا و متانول با بهبود محتوای کلروفیل و افزایش سرعت و طول دوره پرشدن دانه، موجب افزایش انتقال مواد فتوسنتزی به دانه و درنهایت حداکثر وزن دانه شد.

گسترش روزافزون اراضی شور و اهمیت کاربرد کودهای زیستی و متانول در بهبود عملکرد جو در شرایط تنش شوری و همچنین بررسی‌های محدود انجام‌گرفته در این زمینه، ازجمله مواردی بودند که موجب شد تا اثر این عوامل بر مؤلفه‌های پر شدن دانه، انتقال ماده خشک و عملکرد دانه جو تحت شرایط شوری خاک مورد ارزیابی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی در سال ۱۳۹۹ اجرا شد. چون شرایط گلخانه طوری بود که امکان بهره‌مندی کاملاً یکسان از شرایط یکنواخت برای تمامی گلدان‌ها مقدور نبود فلذا از طرح بلوک‌های کامل تصادفی به‌جای طرح کاملاً تصادفی استفاده شد. فاکتورهای موردبررسی شامل سطوح شوری (عدم اعمال شوری به‌عنوان شاهد و شوری ۳۵ و ۷۰ میلی‌مولار)، کاربرد میکوریزا (عدم کاربرد میکوریزا به‌عنوان شاهد، کاربرد میکوریزا موسه‌آ، کاربرد میکوریزا اینترا و کاربرد توأم میکوریزا موسه‌آ و اینترا) و محلول‌پاشی متانول (محلول‌پاشی با آب به‌عنوان شاهد، محلول‌پاشی ۱۵ و ۳۰ درصد متانول) بودند. برای اعمال هر یک از سطوح شوری در خاک، مقدار نمک موردنیاز با استفاده از نرم‌افزار Salt cale محاسبه شد. در این نرم‌افزار به استناد هدایت الکتریکی خاک و درصد عصاره اشباع، مقدار نمک موردنیاز برای هر کیلوگرم خاک گلدان محاسبه‌شده (Hagh Bahari and Seyed Sharifi, 2013) و به هر گلدان در دو مرحله از دوره رشد رویشی (مرحله بعد از کاشت و مرحله سه الی چهار برگی) همراه آب آبیاری اضافه شد. قارچ میکوریزا استفاده‌شده از گونه‌های *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices* بود که از شرکت زیست فناوران توران تهیه و به میزان ۲۰ گرم در هر مترمربع خاک (۲۰۰ کیلوگرم در هر هکتار) بر اساس توصیه شرکت مذکور استفاده شد. تعداد اسپور زنده در

هر گرم قارچ مورداستفاده حدود ۱۰۰ اسپور بود. محلول‌پاشی با متانول در دو نوبت و در مراحل ساقه‌دهی و ظهور برگ پرچم (به ترتیب معادل با کد ۳۰ و ۳۷ از مقیاس BBCH) اعمال شد (Albrecht et al., 1995). همچنین زمان محلول‌پاشی در هر مرحله، ساعت ۱۰-۸ قبل از ظهر بود و طوری انجام می‌شد که تمام قسمت‌های هوایی بوته‌های موجود در هر گلدان به‌طور کامل مرطوب شود. به هرکدام از محلول‌های تهیه‌شده با متانول دو گرم در لیتر گلایسین به منظور جلوگیری از صدمات ناشی از سمیت متانول اضافه شد (Seyed Sharifi and Seyed Sharifi, 2019). اولین آبیاری بعد از کاشت و آبیاری‌های بعدی با توجه به نیاز گیاه زراعی و شرایط محیطی گلخانه، انجام شد. برای حفظ شوری در طول دوره رشد در زیر هر گلدان زیرگلدانی قرار داده شد تا بعد از هر سه تا چهار نوبت آبیاری، دوباره نمک‌های احتمالی واردشده به زیرگلدانی در آب حل‌شده و به داخل هر گلدان برگشت داده شود. گلدان‌هایی با قطر ۴۲ سانتی‌متر و ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری از خاک پر شدند. در این آزمایش از جو رقم خرم با تراکم ۴۰۰ بذر در مترمربع که تراکم مطلوب و توصیه‌شده برای این رقم است استفاده شد. ازاین‌رو ۵۵ بذر در هر گلدان کشت شد. در طول دوره رشد کنترل علف‌های هرز با دست انجام شد. گلدان‌ها در شرایط گلخانه‌ای در دمای ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد با طول دوره روشنایی ۱۵-۱۶ ساعت (با استفاده از ترکیبی از لامپ‌های معمولی و مهتابی) نگهداری شدند. در طول اجرای آزمایش کود خاصی به گلدان-ها اضافه نشد.

به‌منظور تعیین مؤلفه‌های پر شدن دانه تقریباً پس از پایان دوره گلدهی و شروع دوره پر شدن دانه (۱۶ روز پس از سنبله‌دهی)، در فواصل زمانی هر چهار روز یک‌بار، از بین بوته‌های مشابه و یکسان (ازنظر ظاهری که از مراحل رشدی یکسانی برخوردار بودند و قبل از نمونه‌برداری با نخ رنگی علامت‌گذاری شده بودند) در هر سری نمونه‌برداری دو بوته برداشت و پس از انتقال به آزمایشگاه، ابتدا دانه‌ها از سنبله جدا و شمارش شدند. بعد در آون الکتریکی تهویه‌دار در دمای ۱۳۰ درجه سانتی‌گراد به مدت دو ساعت قرار گرفتند. سپس از محاسبه وزن خشک کل به تعداد بذر، وزن خشک تک بذر برآورد شد (Ronanini et al., 2004). به‌منظور برآورد، تجزیه‌وتحلیل و تفسیر پارامترهای مربوط به پر شدن دانه از یک مدل رگرسیون خطی (دوتکه‌ای) بر اساس رویه DUD و دستورالعمل Proc نرم‌افزار SAS به‌صورت زیر استفاده شد.

$$GW=\begin{cases} a+bt_0 & t<t_0 \\ a+bt & t>t_0 \end{cases} \quad [۱]$$

در این رابطه GW وزن دانه، t زمان و b سرعت پر شدن دانه، t0 پایان دوره پر شدن دانه و a عرض از مبدأ است. این مدل تغییرات وزن دانه نسبت به زمان را به دو مرحله تفکیک می‌کند: مرحله اول که در حقیقت مرحله خطی پر شدن دانه است، وزن دانه تا رسیدن به حداکثر مقادیر خود در زمان t_0 که در حقیقت زمان رسیدگی وزنی است، به‌صورت خطی افزایش پیدا می‌کند. شیب‌خط رگرسیون در این مرحله ($t < t_0$) سرعت پر شدن دانه را نشان می‌دهد (Ellis and Pieta-Filho, 1992). با پردازش این مدل بر کلیه داده‌ها ابتدا دو پارامتر مهم پر شدن دانه یعنی سرعت پر شدن دانه (b) و زمان رسیدگی وزنی (t_0) به‌دست‌آمده و سپس مقدار عددی t_0 در قسمت دوم رابطه قرار داده شد و GW که وزن دانه است محاسبه شد. برای تعیین دوره مؤثر پر شدن دانه از رابطه زیر استفاده شد (Ellis and Pieta-Filho, 1992).

$$EFP=MGW/b \quad [۲]$$

در این رابطه EFP دوره مؤثر پرشدن دانه، MGW حداکثر وزن دانه و b سرعت پرشدن دانه است. همچنین بعد از نمونه‌برداری، داده‌های مشاهده‌شده در مدل تعریف و به استناد خروجی مدل توسط نرم‌افزار SAS، داده‌ها برازش شده و معادله‌ای به دست آمد که در این معادله برازش شده، Y وزن دانه، X بیانگر روز بعد از سنبله‌دهی و ضریب X یا همان شیب‌خط برابر سرعت پر شدن دانه است.

برای برآورد میزان انتقال مجدد مواد از اندام‌های رویشی گیاه به دانه، از زمان پر شدن دانه تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیک نمونه‌برداری انجام شد. بدین ترتیب که در این مرحله در هر گلدان بوته‌هایی مشابه و یکنواخت علامت‌گذاری شده و از یک هفته قبل از پر شدن دانه تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، هر چهار روز برداشت نمونه انجام می‌گرفت. در هر با نمونه‌برداری دو بوته از هر گلدان برداشت شد و به ساقه، برگ و دانه تفکیک شدند. پس از خشک‌کردن (قرار دادن در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت) به اندام‌های مختلف توزین و میزان انتقال ماده خشک، سهم فرایند انتقال مجدد از بخش رویشی به دانه و میزان مشارکت ذخایر ساقه در عملکرد دانه از طریق روابط مربوطه محاسبه شدند (Barnett and Pearce, 1983). در این روابط کاهش ناشی از تنفس در نظر گرفته نشده است و فرض شده است که تنفس برای شرایط محیطی مورداستفاده در این بررسی

یکسان است. اهدایی و ونیز (Ehdaie and Waines, 1993) هم در بررسی‌های مربوط به تنوع ژنتیکی انتقال مجدد در گندم، چنین فرضی را به‌کاربرده‌اند.

$$DMT=DMA-DMM \quad [۳]$$

که در آن DMT[۱] میزان انتقال ماده خشک کل برحسب گرم در بوته، DMA[۲] حداکثر میزان ماده خشک اندام هوایی در برداشت اول و DMM[۳] میزان ماده خشک اندام هوایی (به‌جز دانه) در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک است.

$$CDMAG=\left(\frac{DMT}{GY}\right)\times 100 \quad [۴]$$

در این رابطه CDMAG[۴] سهم فرآیند انتقال مجدد ماده خشک کل در تشکیل دانه برحسب درصد، DMT میزان انتقال ماده خشک برحسب گرم در بوته و GY[۵] عملکرد دانه برحسب گرم در بوته است.

$$SDMT=SDMM-SDMA \quad [۵]$$

در این رابطه SDMT[۶] میزان انتقال ماده خشک از ساقه برحسب گرم در بوته، SDMA[۷] حداکثر وزن خشک ساقه در برداشت اول، SDMM[۸] وزن خشک ساقه در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک است.

$$CSAG=\left(\frac{SDMT}{GY}\right)\times 100 \quad [۶]$$

در این رابطه CSAG[۹] سهم ذخایر ساقه در عملکرد دانه برحسب درصد، SDMT میزان انتقال ماده خشک از ساقه برحسب گرم در بوته و GY عملکرد دانه برحسب گرم در بوته است.

$$CP=GY-DMT \quad [۷]$$

در این رابطه CP[۱۰] میزان فتوسنتز جاری برحسب گرم در بوته، GY عملکرد دانه برحسب گرم در بوته و DMT میزان انتقال ماده خشک برحسب گرم در بوته است.

$$CCPG=\left(\frac{CP}{GY}\right)\times 100 \quad [۸]$$

در این رابطه CCPG[۱۱] سهم نسبی فتوسنتز جاری در دانه برحسب درصد، CP میزان فتوسنتز جاری برحسب گرم در بوته و GY عملکرد دانه برحسب گرم در بوته است.

در رابطه ۳ و ۴ وزن اندام هوایی در مرحله رسیدگی بدون وزن دانه است.

به‌منظور اندازه‌گیری حجم و وزن ریشه، ریشه‌ها از گلدان‌ها خارج و برای خشک شدن در آون به مدت ۷۲ ساعت با دمای ۵±۷۰ درجه قرار داده شدند و سپس وزن خشک ریشه با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم وزن شد. حجم ریشه‌ها نیز با استفاده از حجم مشخصی از آب در استوانه مدرج اندازه‌گیری شد. همچنین، در زمان رسیدگی تعداد پنج بوته به‌ظاهر یکنواخت و مشابه به‌طور تصادفی در هر گلدان برداشت شد، سپس صفات مختلف مانند عملکرد تک بوته، وزن صد دانه، تعداد دانه در سنبله، طول سنبله و ارتفاع بوته اندازه‌گیری و میانگین داده‌های حاصل به‌عنوان ارزش آن صفت در تجزیه‌وتحلیل داده‌ها بکار گرفته شد. تجزیه داده‌ها و رسم نمودارها از نرم‌افزارهای SAS (نسخه ۹/۱) و Excel (نسخه ۲۰۱۳) و میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند

نتایج و بحث

مؤلفه‌های پر شدن دانه

روند تغییرات پرشدن دانه نشان داد که ابتدا وزن دانه به‌صورت خطی افزایش‌یافته و به حداکثر خود رسید (رسیدگی وزنی)، بعدازاین مرحله از تغییرات چندانی برخوردار نبوده و به‌صورت یک خط افقی در آمد (شکل ۱). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که کاربرد میکوریزا، محلول‌پاشی متانول، تنش شوری و برهم‌کنش توأم این سه عامل بر حداکثر وزن دانه، سرعت پر شدن دانه، طول دوره و دوره مؤثر پرشدن دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد محلول‌پاشی ۳۰ درصد حجمی متانول و کاربرد توأم میکوریزا اینترا و موسه‌آ در شرایط عدم اعمال شوری از افزایش ۷۴/۳۲، ۳۱/۷۸ و ۷۳/۹ درصدی به ترتیب در حداکثر وزن دانه، طول دوره و دوره مؤثر پر شدن دانه نسبت به شرایط عدم کاربرد میکوریزا و محلول‌پاشی متانول تحت شرایط شوری ۷۰ میلی‌مولار خاک برخوردار بود (جدول ۲). همچنین، بیش‌ترین و کم‌ترین سرعت پر شدن دانه (به ترتیب ۰/۰۰۲ و ۰/۰۰۱۶۹ گرم در روز) در کاربرد توأم میکوریزا موسه‌آ و اینترا و محلول‌پاشی

[1] Dry Matter Translocation
[2] Dry Matter at Anthesis
[3] Dry Matter at Maturity
[4] Contribution of Dry Matter Assimilates to Grain
[5] Grain Yield
[6] Stem Dry Matter Translocation
[7] Stem Dry Matter at Anthesis
[8] Stem Dry Matter at Maturity
[9] Contribution of Stem Assimilates to Grain
[10] Current photosynthesis
[11] Contribution of Current photosynthesis in grain

۱۵ درصد حجمی متانول در عدم اعمال شوری و کاربرد میکوریزا موسهآ و عدم محلول‌پاشی متانول تحت شرایط شوری ۷۵ میلی‌مولار خاک مشاهده شد (جدول ۲). تدین و امام (Tadayon and Emam, 2007) بیان کردند که شوری، از طریق بسته شدن روزنه‌ها و همچنین محدودیت گسترش برگ‌ها، سرعت تبادل دی‌اکسید کربن را کاهش می‌دهد که با کاهش میزان فتوسنتز گیاه در واحد سطح برگ، موجب کاهش مؤلفه‌های پر شدن دانه می‌شود ولی کاربرد متانول و میکوریزا از طریق افزایش جذب و انتقال نیتروژن و بهبود سرعت و میزان فتوسنتز، مقدار کربوهیدرات و عرضه مواد فتوسنتزی به‌خصوص در مرحله پر شدن دانه را افزایش می‌دهد که در نهایت موجب افزایش سرعت و طول دوره پر شدن دانه می‌شود (Seyed Sharifi and Seyed Sharifi, 2020).

جدول ۱. تجزیه واریانس تأثیر میکوریزا و محلول‌پاشی متانول بر مؤلفه‌های پرشدن دانه، عملکرد و اجزاء عملکرد دانه جو تحت شرایط شوری خاک

Table 1. Analysis of variance of the effect of Mycorrhiza and methanol on grain filling components, yield and yield components of barley under soil salinity condition

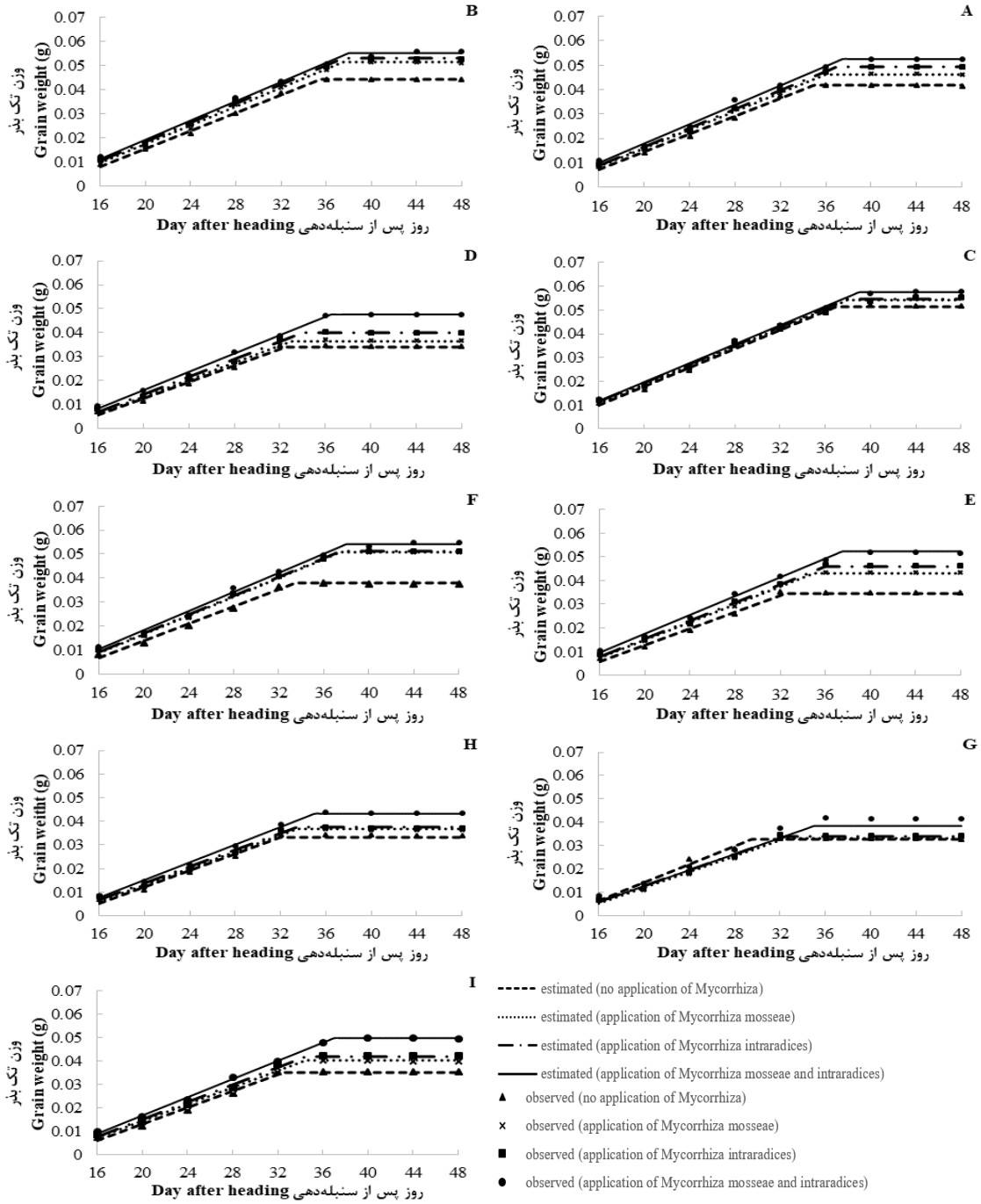
S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی df	حداکثر وزن دانه Maximum of grain weight	سرعت پر شدن دانه grain filling Rate	طول دوره پر شدن دانه Grain filling period	دوره مؤثر پر شدن دانه Effective grain filling period	پروتئین برگ Leaf protein
Replication	تکرار	2	0.002**	0.000005**	1799.5**	813.1**	185.43**
Salinity (S)	شوری	2	0.001**	0.0000001**	117.7**	223.7**	29.63**
Mycorrhiza (B)	میکوریزا	3	0.0006**	0.00000008**	59.8**	101**	19.57**
Methanol (M)	متانول	2	0.0004**	0.00000005**	42.2**	79**	10.62**
S×B		6	0.00002**	0.00000002**	2.2**	2.5**	1.14**
S×M		4	0.000005*	0.00000001**	0.3^{ns}	0.1^{ns}	0.13^{ns}
B×M		6	0.000008**	0.00000001**	0.32^{ns}	0.4^{ns}	0.17**
S×B×M		12	0.00001**	0.00000001**	1.4**	1.5**	0.3**
Error	خطا	70	0.000002	0.0000000004	0.2	0.3	0.057
CV%	ضریب تغییرات	-	*3.44*	*1.05*	*1.27*	*2.52*	*2.11*

Table 1. Continued **جدول ۱. ادامه**

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی df	پروتئین برگ Leaf protein	طول سنبله Spike length	وزن صد دانه 100 grain weight	تعداد دانه در سنبله Number of grain per ear	عملکرد دانه Grain yield
Replication	تکرار	2	185.43**	66.99*	28.55**	745.76**	1.77**
Salinity (S)	شوری	2	29.63**	30.17**	18.94**	90.39**	0.33**
Mycorrhiza (B)	میکوریزا	3	19.57**	12.42**	8.2**	29.43**	0.12**
Methanol (M)	متانول	2	10.62**	9.88**	7.03**	21.02**	0.11**
S×B		6	1.14**	0.37**	0.38**	2.14**	0.0038**
S×M		4	0.13^{ns}	0.22**	0.19**	0.25^{ns}	0.0022**
B×M		6	0.17**	0.18**	0.17**	0.66**	0.0007^{ns}
S×B×M		12	0.3**	0.19**	0.18**	0.08^{ns}	0.0029**
Error	خطا	70	0.057	0.047	0.031	0.12	0.0005
CV%	ضریب تغییرات	-	*2.11*	*3.18*	*3.99*	*1.55*	*2.03*

ns، *و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ns, * and ** are non-significant, significant at P≤0.05 and P≤0.01, respectively.



شکل ۱. تاثیر کاربرد قارچ میکوریزا اینترا و موسه‌آ در شرایط عدم محلول‌پاشی و عدم اعمال شوری (A)، محلول‌پاشی ۱۵ درصد حجمی متانول تحت شرایط عدم اعمال شوری (B)، محلول‌پاشی ۳۰ درصد حجمی متانول تحت شرایط عدم اعمال شوری (C)، عدم محلول‌پاشی متانول تحت شرایط شوری ۳۵ میلی‌مولار (D)، محلول‌پاشی ۱۵ درصد حجمی متانول تحت شرایط شوری ۳۵ میلی‌مولار (E)، محلول‌پاشی ۳۰ درصد حجمی متانول تحت شرایط شوری ۳۵ میلی‌مولار (F)، عدم محلول‌پاشی متانول تحت شرایط شوری ۷۰ میلی‌مولار (G)، محلول‌پاشی ۱۵ درصد حجمی متانول تحت شرایط شوری ۷۰ میلی‌مولار (H) و محلول‌پاشی ۳۰ درصد حجمی متانول تحت شرایط شوری ۷۰ میلی‌مولار (I).

Fig. 1. Effect of *Mycorrhiza intraradices* and *mosseae* under no application of methanol and salinity (A), application of 15% volume of methanol without soil salinity (B), application of 30% volume of methanol without salinity (C), no application of methanol under 35 mM salinity (D), application of 15% volume methanol under 35 mM salinity (E), application of 30% volume methanol under 35 mM salinity (F), no application of methanol under 70 mM salinity (G), application of 15% volume methanol under 70 mM salinity (H) and application of 30% volume methanol under 70 mM salinity (I).

جدول ۲. مقایسه میانگین تأثیر میکوریزا و متانول بر مؤلفه‌های پرشدن دانه و پروتئین برگ جو تحت شرایط شوری خاک

Table 2. Means comparison the effect of *Mycorrhiza* and methanol on grain filling components and leaf protein of barley under soil salinity condition

تیمار Treatments	حداکثر وزن دانه maximum of grain weight	سرعت پر شدن دانه Grain filling rate	طول دوره پر شدن دانه Grain filling period	دوره مؤثر پر شدن دانه Effective grain filling period	پروتئین برگ Leaf protein	معادله برازش شده Estimated Equation
	g	g.day^{-1}	day	day	%	
$S_1 \times B_1 \times M_1$	0.0418^{lm}	0.00182^{j}	34.86^{ij}	22.96^{ijk}	10.72^{gh}	Y=0.00182x-0.0218
$S_1 \times B_2 \times M_1$	0.0469^{ijk}	0.0019^{gh}	36^{fgh}	24.68^{gh}	11.85^{e}	Y=0.0019x-0.0221
$S_1 \times B_3 \times M_1$	0.0494^{ghi}	0.00193^{efg}	37.07^{de}	2559^{def}	12^{de}	Y=0.00193x-0.0221
$S_1 \times B_4 \times M_1$	0.0525^{def}	0.00198^{abc}	37.3^{bcd}	26.51^{d}	12.4^{bcd}	Y=0.00198x-0.0217
$S_1 \times B_1 \times M_2$	0.0444^{kl}	0.00187^{hi}	35.41^{ghi}	23.74^{hi}	11.24^{f}	Y=0.00187x-0.0219
$S_1 \times B_2 \times M_2$	0.0514^{efg}	0.00195^{cde}	37.49^{bcde}	26.35^{d}	12.52^{abc}	Y=0.00195x-0.0217
$S_1 \times B_3 \times M_2$	0.0528^{cde}	0.00198^{abc}	37.3^{bcd}	26.66^{cd}	12.8^{abc}	Y=0.00198x-0.0212
$S_1 \times B_4 \times M_2$	0.056^{ab}	0.002^{a}	38.09^{bc}	28^{ab}	12.85^{ab}	Y=0.002x-0.0208
$S_1 \times B_1 \times M_3$	0.052^{efg}	0.00197^{ancd}	37.23^{cd}	26.39^{d}	12.36^{cd}	Y=0.00197x-0.0216
$S_1 \times B_2 \times M_3$	0.0551^{abcd}	0.00198^{abc}	38.09^{bc}	27.82^{b}	12.75^{abc}	Y=0.00198x-0.021
$S_1 \times B_3 \times M_3$	0.0555^{abc}	0.00197^{abcd}	38.14^{b}	28.17^{ab}	12.81^{abc}	Y=0.00197x-0.0202
$S_1 \times B_4 \times M_3$	0.0577^{a}	0.00199^{ab}	39.06^{a}	28.99^{a}	12.88^{a}	Y=0.00199x-0.0201
$S_2 \times B_1 \times M_1$	0.0348^{pqr}	0.00172^{op}	32.66^{kl}	20.23^{mno}	9.69^{jk}	Y=0.00172x-0.0218
$S_2 \times B_2 \times M_1$	0.037^{opq}	0.00177^{klm}	33.2^{k}	20.9^{mn}	9.8^{ijk}	Y=0.00177x-0.022
$S_2 \times B_3 \times M_1$	0.0402^{mn}	0.00182^{j}	34.21^{j}	22.08^{mn}	1128^{f}	Y=0.00182x-0.022
$S_2 \times B_4 \times M_1$	0.0475^{hij}	0.00191^{fg}	36.39^{ef}	24.86^{efg}	11.87^{e}	Y=0.00191x-0.0221
$S_2 \times B_1 \times M_2$	0.0351^{opqr}	0.00173^{no}	32.66^{kl}	20.28^{mno}	1013^{i}	Y=0.00173x-0.0217
$S_2 \times B_2 \times M_2$	0.0435^{l}	0.00186^{i}	35.22^{hi}	23.38^{ij}	11.22^{f}	Y=0.00186x-0.0222
$S_2 \times B_3 \times M_2$	0.0465^{jk}	0.0019^{gh}	36.13^{fg}	24.47^{gh}	11.8^{e}	Y=0.0019x-0.0224
$S_2 \times B_4 \times M_2$	0.0519^{efg}	0.00198^{abc}	37.3^{bcd}	26.21^{d}	12.5^{abc}	Y=0.00198x-0.022
$S_2 \times B_1 \times M_3$	0.0378^{no}	0.00178^{kl}	33.38^{k}	21.23^{lm}	10.58^{h}	Y=0.00178x-0.0216
$S_2 \times B_2 \times M_3$	0.0507^{efg}	0.00196^{bcde}	37.42^{bcd}	25.86^{de}	11.92^{e}	Y=0.00196x-0.0225
$S_2 \times B_3 \times M_3$	0.0511^{efg}	0.00195^{cde}	37.38^{bcd}	26.2^{d}	12.4^{bcd}	Y=0.00195x-0.022
$S_2 \times B_4 \times M_3$	0.0549^{bcd}	0.00199^{ab}	38.01^{bc}	27.58^{bc}	12.74^{abc}	Y=0.00199x-0.0215
$S_3 \times B_1 \times M_1$	0.0331^{r}	0.00195^{cde}	29.64^{m}	16.67^{p}	9.17^{l}	Y=0.00195x-0.0249
$S_3 \times B_2 \times M_1$	0.0337^{r}	0.00169^{p}	32.65^{kl}	19.94^{no}	9.55^{kl}	Y=0.00169x-0.0218
$S_3 \times B_3 \times M_1$	0.0345^{qr}	0.00172^{op}	32.67^{kl}	20.05^{no}	10.08^{ij}	Y=0.00172x-0.218
$S_3 \times B_4 \times M_1$	0.0417^{lm}	0.00182^{j}	34.85^{ij}	22.91^{ijk}	11.04^{fg}	Y=0.00182x-0.0218
$S_3 \times B_1 \times M_2$	0.0344^{qr}	0.00174^{nmo}	32.16^{l}	19.77^{o}	9.2^{l}	Y=0.00174x-0.0225
$S_3 \times B_2 \times M_2$	0.0368^{opq}	0.00176^{klmn}	33.32^{k}	20.9^{mn}	9.74^{ijk}	Y=0.00176x-0.022
$S_3 \times B_3 \times M_2$	0.0374^{op}	0.00176^{klmn}	33.37^{k}	21.25^{no}	10.56^{h}	Y=0.00176x-0.0214
$S_3 \times B_4 \times M_2$	0.0437^{l}	0.00187^{hi}	35.21^{hi}	23.36^{ij}	12.04^{de}	Y=0.00187x-0.0222
$S_3 \times B_1 \times M_3$	0.0354^{opqr}	0.00175^{lmno}	32.73^{kl}	20.22^{mno}	9.62^{k}	Y=0.00175x-0.022
$S_3 \times B_2 \times M_3$	0.0401^{mn}	0.00179^{jk}	34.33^{j}	22.4^{lm}	10.64^{gh}	Y=0.00179x-0.0214
$S_3 \times B_3 \times M_3$	0.0422^{lmn}	0.00186^{i}	34.69^{ij}	22.68^{ijk}	11.35^{f}	Y=0.00186x-0.0223
$S_3 \times B_4 \times M_3$	0.0498^{fgh}	0.00194^{def}	37.01^{de}	25.67^{def}	12.42^{bcd}	Y=0.00194x-0.0221

S_1، S_2 و S_3 به ترتیب عدم شوری و ۳۵ و ۷۰ میلی‌مولار شوری خاک. B_1، B_2، B_3 و B_4 به ترتیب عدم کاربرد میکوریزا، کاربرد میکوریزا موسه‌آ، کاربرد میکوریزا اینترا و کاربرد توأم میکوریزا موسه‌آ و اینترا. M_1، M_2 و M_3 به ترتیب عدم محلول‌پاشی و محلول‌پاشی ۱۵ و ۳۰ درصد حجمی متانول. میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معناداری بر اساس آزمون دانکن با هم ندارند.

S_1, S_2 and S_3 are no salinity, 35 and 70 mM soil salinity. B_1, B_2, B_3 and B_4 are no application of *Mycorrhiza*, application of *Mycorrhiza mosseae*, *Mycorrhiza intraradices,* both application of *Mycorrhiza mosseae* and *intraradices*. M_1, M_2 and M_3 are no foliar application, foliar application 15 and 30% volume of methanol. Means with similar letters in each column are not significantly different based on Duncan test

جهانگیری‌نیا و همکاران (Jahangiri Nia et al., 2017) گزارش کردند کاربرد میکوریزا با طولانی کردن دوره انتقال مواد فتوسنتزی به دانه و همچنین افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی، موجب طولانی شدن دوره پر شدن دانه و افزایش وزن دانه شد. به نظر می‌رسد بخشی از افزایش مؤلفه‌های پر شدن دانه در اثر کاربرد میکوریزا، می‌تواند از افزایش وزن و حجم ریشه ناشی شده باشد (جدول ۵). طوری که محلول‌پاشی ۳۰ درصد حجمی متانول و کاربرد توأم

میکوریزا اینترا و موسهآ در شرایط عدم اعمال شوری موجب افزایش ۶۵/۱۲ و ۸۴/۱۴ درصدی وزن خشک و حجم ریشه نسبت به شرایط عدم کاربرد میکوریزا و عدم محلول‌پاشی متانول تحت بالاترین سطح از شوری خاک شد (جدول ۵). آقایی (Aghaei, 2019) نیز افزایش سرعت و طول دوره پر شدن دانه گندم در نتیجه کاربرد میکوریزا را، به بهبود وزن و حجم ریشه در شرایط تنش شوری نسبت دادند. در این راستا ناصری و همکاران (Naseri et al., 2017) اظهار داشتند قارچ میکوریزا با افزایش سیستم ریشه‌دهی و ایجاد یک شبکه سیستم ریشه‌ای قوی، موجب استفاده از حجم بیشتر خاک و در نتیجه بهبود جذب عناصر غذایی در طی مرحله پر شدن دانه و به‌تبع آن با بهبود فتوسنتز جاری، موجب افزایش سرعت و طول دوره پر شدن دانه گندم شد.

بخش دیگری از افزایش مؤلفه‌های پر شدن دانه می‌تواند ناشی از تأثیر متانول در افزایش دسترسی گیاه به دی‌اکسید کربن بوده باشد. به نظر می‌رسد دی‌اکسید کربن تولیدشده از طریق اکسیداسیون سریع متانول این امکان را به وجود می‌آورد که توان رقابتی دی‌اکسید کربن تولیدشده از متانول با اکسیژن برای ترکیب شدن با ریبولوز ۱ و ۵ بی‌فسفات افزایش یابد که با بهبود فتوسنتز (Zbiec et al., 2003) و طولانی شدن دوره پر شدن دانه، امکان انتقال بیشتر مواد فتوسنتزی از مبدأ به مقصد و در نتیجه افزایش عملکرد دانه را فراهم می‌سازد. در این بررسی نیز محلول‌پاشی متانول و کاربرد میکوریزا با افزایش وزن و حجم ریشه (جدول ۵) و فتوسنتز جاری (جدول ۴)، سرعت و طول پر شدن دانه را افزایش داد (جدول ۲) و با افزایش تداوم انتقال مواد فتوسنتزی موجب افزایش حداکثر وزن دانه جو شد (جدول ۲).

درصد پروتئین برگ پرچم

تجزیه واریانس نشان داد که کاربرد میکوریزا، محلول‌پاشی متانول، تنش شوری و برهم‌کنش توأم این سه عامل بر درصد پروتئین برگ پرچم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). نتایج نشان داد محلول‌پاشی ۳۰ درصد حجمی متانول و کاربرد توأم میکوریزا اینترا و موسهآ در شرایط عدم اعمال شوری، موجب افزایش ۴۰/۴۵ درصدی پروتئین برگ پرچم نسبت به شرایط عدم کاربرد میکوریزا و محلول‌پاشی متانول تحت بالاترین سطح از شوری خاک شد (جدول ۲). تنش شوری از طریق تأثیر مستقیم بر سوخت‌وساز نیتروژن (Raissi et al., 2013)، افزایش فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده پروتئین‌ها، تجمع اسیدآمینه آزاد ازجمله پرولین و کاهش سنتز پروتئین موجب کاهش محتوای پروتئین محلول می‌شود (Ranjan et al., 2001). نتایج مشابهی نیز توسط سایر محققین مبنی بر تغییر در سنتز پروتئین‌ها در واکنش به تنش‌های محیطی مانند شوری و خشکی گزارش شده است (Jarvan et al., 2008). این محققین اظهار داشتند که تنش شوری به دلیل تخریب عوامل رونویسی و ترجمه، سنتز پروتئین کاهش می‌دهد (Jarvan et al., 2008).

ازآنجایی‌که نیتروژن در گیاهان به‌صورت پروتئین تکامل می‌یابد، به نظر می‌رسد با توجه به تأثیر میکوریزا در افزایش جذب عناصر به‌ویژه نیتروژن و نقش متانول در تأمین دی‌اکسید کربن، افزایش دسترسی به کربن و نیتروژن موردنیاز برای تولید اسیدهای آمینه و کاهش تجزیه پروتئین‌ها (Alikhani and Mahmoudi Zarandi, 2019) می‌تواند از دلایل دیگر افزایش محتوای پروتئین تحت چنین شرایطی باشد. بخشی از افزایش درصد پروتئین در اثر محلول‌پاشی متانول می‌تواند ناشی از نقش باکتری متیلوتروف (Methylobacterium spp) موجود در برگ گیاه باشد که با مصرف متانول به‌عنوان ماده مغذی، موجب تولید هورمون‌های اکسین و سیتوکینین در برگ می‌شود که در پروتئین‌سازی نقش اساسی دارند (Madhaiyan et al., 2006).

انتقال ماده خشک از ساقه و اندام هوایی و سهم این فرآیندها در عملکرد دانه

برهم‌کنش هر سه عامل کاربرد میکوریزا، محلول‌پاشی متانول و تنش شوری بر انتقال ماده خشک از ساقه و اندام هوایی و سهم این فرآیندها در عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج نشان داد که محلول‌پاشی ۳۰ درصد حجمی متانول و کاربرد توأم میکوریزا اینترا و موسهآ در شرایط عدم اعمال شوری، موجب کاهش ۷۱/۴۷ و ۱۳۷/۵۸ درصدی انتقال ماده خشک از اندام هوایی و سهم این فرآیند در عملکرد دانه نسبت به شرایط عدم کاربرد میکوریزا و محلول‌پاشی متانول تحت شرایط شوری ۷۰ میلی‌مولار خاک شد (جدول ۴). همچنین عدم کاربرد میکوریزا و محلول‌پاشی متانول در بالاترین سطح شوری خاک، موجب افزایش به ترتیب ۷۷/۱۵ و ۱۴۵/۴۷ درصدی

انتقال ماده خشک از ساقه و سهم این فرآیند در عملکرد دانه نسبت به شرایط محلول‌پاشی ۳۰ درصد حجمی متانول و کاربرد توأم میکوریزا اینترا و موسهآ در شرایط عدم اعمال شوری شد (جدول ۴). جان‌محمدی و همکاران (Janmohammadi et al., 2011) اظهار داشتند که تحت شرایط تنش به علت کاهش تعدادی از منابع فتوسنتزی و همچنین تقاضای مخزن، موجب می‌شود مواد فتوسنتزی که قبل از دوره گلدهی به‌صورت کربوهیدرات‌های غیرساختاری در ساقه‌ها ذخیره شده بودند، به دانه‌ها منتقل‌شده تا بخشی از کاهش وزن دانه را جبران کنند. ازاین‌رو به نظر می‌رسد هنگامی‌که گیاه تحت شرایط شوری قرار گیرد به دلیل کاهش دسترسی به منابع غذایی، گیاه به‌نوعی در شرایط تنش قرار می‌گیرد که با به‌هم خوردن تعادل منبع و مخزن، قدرت مخزن (قدرت مخزن=فعالیت مخزن×اندازه آن) بیشتر از منبع می‌شود و به دلیل روابط فیزیولوژیکی موجود بین منبع و مخزن (ظرفیت بالای مخزن موجب فعالیت بیشتر منبع شود)، منبع میزان انتقال ماده خشک را افزایش می‌دهد تا شاید بتواند بخش از نیاز مخازن (دانه‌ها) را تأمین نماید (Abasspour, 2011). آقایی (Aghaei, 2019) اظهار داشت که کاربرد میکوریزا با تعدیل اثر ناشی از تنش شوری و بهبود فتوسنتز جاری، موجب حفظ تعادل مخزن و منبع و در نتیجه استفاده بهتر مخزن از مواد تولیدی منبع می‌شود و همین امر را از دلایل اصلی کاهش میزان انتقال ماده خشک از ساقه و اندام هوایی و سهم این فرآیندها در عملکرد دانه گندم نسبت داد. سوقانی و همکاران (Soghani et al., 2013) اظهار داشتند که محلول‌پاشی متانول با بهبود نسبی فتوسنتز و تسریع نسبی فاز زایشی، موجب کاهش فرصت انتقال مجدد مواد فتوسنتزی به دانه‌های سویا شد. همچنین محققین اظهار داشتند که متانول به‌عنوان یک منبع کربن می‌تواند در افزایش اسیمیلاسیون دی‌اکسید کربن و فتوسنتز نقش داشته باشد (Ehyaei et al., 2010). در این بررسی نیز به نظر می‌رسد محلول‌پاشی متانول و کاربرد میکوریزا با افزایش وزن و حجم ریشه (جدول ۵)، فتوسنتز جاری (جدول ۴)، موجب کاهش انتقال مجدد ماده خشک از ساقه و اندام هوایی و سهم این فرآیندها در عملکرد دانه جو (جدول ۴) شد.

فتوسنتز جاری و سهم این فرآیند در عملکرد دانه

برهم‌کنش توأم هر سه عامل کاربرد میکوریزا، متانول، تنش شوری بر فتوسنتز جاری و سهم این فرآیند در عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳).

نتایج نشان داد که بیش‌ترین فتوسنتز جاری (۰/۹۶۸) در محلول‌پاشی ۳۰ درصد حجمی متانول و کاربرد توأم میکوریزا اینترا و موسهآ در شرایط عدم اعمال شوری بود (جدول ۴) که این ترکیب تیماری از افزایش ۷۹/۶۶ درصدی سهم فتوسنتز جاری در عملکرد دانه نسبت به شرایط عدم کاربرد میکوریزا و متانول تحت شرایط شوری ۷۰ میلی‌مولار خاک برخوردار بود (جدول ۴). به‌نظر می‌رسد بخشی از بهبود فتوسنتز جاری ناشی از افزایش وزن و حجم ریشه (جدول ۵) درنتیجه‌ی کاربرد میکوریزا و متانول باشد. ناصری و همکاران (Naseri et al., 2017) اظهار داشتند که قارچ میکوریزا با ایجاد یک سیستم ریشه‌ای قوی، موجب بهبود جذب عناصر غذایی در طی مرحله پر شدن دانه شده که با انتقال این عناصر غذایی به اندام‌های هوایی و نقش این عناصر در افزایش فتوسنتز جاری موجب افزایش سهم این فرایند در عملکرد دانه گندم شد. همچنین، تولید دی‌اکسید کربن در بافت‌های گیاهی از طریق اکسیداسیون سریع متانول این امکان را به وجود می‌آورد که با افزایش توانایی رقابت دی‌اکسید کربن تولیدشده از متانول با اکسیژن برای ترکیب شدن با ریبولوز ۱ و ۵ بی‌فسفات موجب افزایش فتوسنتز شود (Zbiec et al., 2003). سیدشریفی و سیدشریفی (Seyed Sharifi and Seyed Sharifi, 2020) افزایش سرعت و میزان فتوسنتز را به افزایش جذب و انتقال نیتروژن و بهبود محتوای کلروفیل به‌واسطه کاربرد میکوریزا و متانول نسبت دادند.

وزن و حجم ریشه

تأثیر کاربرد میکوریزا، متانول، شوری و برهم‌کنش توأم این سه عامل بر حجم و وزن ریشه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج نشان داد محلول‌پاشی ۳۰ درصد حجمی متانول و کاربرد توأم میکوریزا اینترا و موسهآ در شرایط عدم اعمال شوری موجب افزایش ۶۵/۱۲ و ۸۴/۱۴ درصدی وزن خشک و حجم ریشه نسبت به شرایط عدم کاربرد میکوریزا و محلول‌پاشی متانول تحت شرایط شوری ۷۰ میلی‌مولار خاک شد (جدول ۵). افزایش تنش شوری، رشد ریشه را از طریق برهم زدن توازن یونی در ریزوسفر ریشه

که موجب کند شدن فرایند جذب آب، بزرگ شدن سلول و در نتیجه رشد سلول‌ها می‌شود، کاهش می‌دهد (Hagh Bahari and Seyed Sharifi, 2013). درحالی‌که قارچ‌های میکوریزا در تعامل با ریشه‌های گیاهان، توانایی افزایش حاصلخیزی گیاه و رشد ریشه را تحت شرایط تنش دارند (Abdel-Fattah and Asrar, 2012). همچنین قارچ‌های میکوریزا با بهبود وضعیت تغذیه‌ای و آبی گیاه و تولید هورمون‌های محرک رشد ریشه، موجب تغییر در مورفولوژی ریشه می‌شود (Dodd and Perez-Alfocea, 2012).

جدول ۳. تجزیه واریانس تأثیر میکوریزا و متانول بر انتقال ماده خشک، وزن و حجم ریشه جو تحت شرایط شوری خاک

Table 3. Analysis of variance of the effect of *Mycorrhiza* and methanol on dry matter remobilization, root weight and volume of barley under soil salinity condition

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی df	انتقال ماده خشک Dry matter remobilization	سهم انتقال ماده خشک در عملکرد دانه Contribution of remobilization in grain yield	انتقال ماده خشک از ساقه Dry matter remobilization from stem	سهم انتقال ماده خشک از ساقه در عملکرد دانه contribution of stem reserve in grain yield
Replication	تکرار	2	0.267^{**}	2287.6^{**}	0.14^{**}	1224^{**}
Salinity (S)	شوری	2	0.104^{**}	2539.3^{**}	0.073^{**}	1635.6^{**}
Mycorrhiza (B)	میکوریزا	3	0.05^{**}	1093^{**}	0.037^{**}	738.2^{**}
Methanol (M)	متانول	2	0.04^{**}	897.8^{**}	0.027^{**}	570.8^{**}
S×B		6	0.0005^{**}	14.6^{**}	0.0008^{**}	23.6^{**}
S×M		4	0.0006^{**}	10.9^{**}	0.0004^{*}	16.7^{**}
B×M		6	0.001^{**}	10.9^{*}	0.0006^{**}	6.8^{*}
S×B×M		12	0.0007^{*}	14.7^{**}	0.0005^{**}	11.2^{**}
Error	خطا	70	0.0001	4.01	0.00012	2.67
CV%	ضریب تغییرات	-	*3.08*	*5.02*	*3.56*	*5.6*

Table 3. Continued **جدول ۳. ادامه**

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی df	فتوسنتز جاری Current photosynthesis	سهم فتوسنتز جاری در عملکرد دانه Contribution current photosynthesis in grain yield	وزن خشک ریشه Root dry weight	حجم ریشه Root volume	ارتفاع بوته Plant height
Replication	تکرار	2	0.66^{**}	5208.6^{**}	0.096^{**}	7.89^{**}	4247.4^{**}
Salinity (S)	شوری	2	0.8^{**}	2539.3^{**}	0.046^{**}	6.08^{**}	1464.6^{**}
Mycorrhiza (B)	میکوریزا	3	0.33^{**}	1093^{**}	0.015^{**}	1.85^{**}	615.6^{**}
Methanol (M)	متانول	2	0.28^{**}	897.8^{**}	0.013^{**}	1.26^{**}	470^{**}
S×B		6	0.0063^{**}	14.6^{**}	0.0013^{**}	0.12^{**}	22.1^{**}
S×M		4	0.0035^{*}	10.9^{*}	0.0001^{ns}	0.019^{*}	19^{**}
B×M		6	0.0033^{*}	10.9^{*}	0.00012^{ns}	0.0073^{ns}	19.5^{**}
S×B×M		12	0.0059^{**}	14.7^{**}	0.00058^{**}	0.037^{**}	9.6^{**}
Error	خطا	70	0.0012	4.01	0.000068	0.0082	2.3
CV %	ضریب تغییرات	-	*5.25*	*3.32*	*3.19*	*3.87*	*2.82*

ns، * و ** به ترتیب غیر معنادار و معنادار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and ** are non-significant, significant at P≤0.05 and P≤0.01, respectively

طول سنبله و ارتفاع بوته

نتایج نشان داد برهم‌کنش توأم تنش شوری، محلول‌پاشی متانول و کاربرد قارچ میکوریزا بر طول سنبله و ارتفاع بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱ و ۳). محلول‌پاشی ۳۰ درصد حجمی متانول و کاربرد توأم میکوریزا اینترا و موسهآ در شرایط عدم اعمال شوری موجب افزایش ۵۳/۱۵ و ۶۳/۶۳ درصدی ارتفاع بوته و طول سنبله نسبت به شرایط عدم کاربرد میکوریزا و محلول‌پاشی متانول تحت بالاترین سطح از شوری خاک شد (جدول ۵). به نظر می‌رسد

جدول ۴. مقایسه میانگین تأثیر میکوریزا و متانول بر انتقال ماده خشک جو تحت شرایط شوری خاک

Table 4. Means comparison the effect of *Mycorrhiza* and methanol on dry matter remobilization of barley under soil salinity condition

تیمار Treatments	انتقال ماده خشک از اندام هوایی Dry matter remobilization	سهم انتقال ماده خشک از اندام هوایی در عملکرد دانه Contribution of remobilization in grain yield	انتقال ماده خشک از ساقه Dry matter remobilization from stem	سهم انتقال ماده خشک از ساقه در عملکرد دانه contribution of stem reserve in grain yield	فتوسنتز جاری Current photosynthesis	سهم فتوسنتز جاری در عملکرد دانه Contribution current photosynthesis in grain yield
	g per plant	%	g per plant	%	g per plant	%
S_1×B_1×M_1	0.455^{efgh}	42.72^{ijkl}	0.335^{de}	31.45^{fg}	0.61^{jklmn}	57.27^{klmn}
S_1×B_2×M_1	0.446^{fgh}	39.22^{lm}	0.302^{fgh}	26.56^{ij}	0.691^{hi}	60.77^{jk}
S_1×B_3×M_1	0.417^{ij}	25.61^{no}	0.288^{ghij}	24.59^{jkl}	0.754^{fgh}	64.38^{hi}
S_1×B_4×M_1	0.345^{n}	28.04^{rstu}	0.248^{nop}	20.16^{opqr}	0.885^{cd}	71.95^{bcde}
S_1×B_1×M_2	0.454^{efgh}	41.31^{jklm}	0.331^{e}	30.11^{gh}	0.645^{ijkl}	58.69^{jklm}
S_1×B_2×M_2	0.377^{lm}	30.75^{pqr}	0.266^{klmn}	21.69^{lmnop}	0.849^{de}	69.25^{efg}
S_1×B_3×M_2	0.357^{mn}	28.72^{qrst}	0.257^{lmno}	20.67^{nopqr}	0.886^{cd}	71.25^{cdef}
S_1×B_4×M_2	0.316^{o}	24.92^{uv}	0.235^{p}	18.53^{qr}	0.952^{ab}	75.07^{ab}
S_1×B_1×M_3	0.379^{jkl}	33.55^{op}	0.282^{hijk}	23.83^{jklm}	0.786^{efg}	66.44^{gh}
S_1×B_2×M_3	0.322^{o}	25.49^{stuv}	0.238^{op}	18.84^{pqr}	0.941^{abc}	74.5^{abcd}
S_1×B_3×M_3	0.312^{o}	25.15^{tuv}	0.237^{op}	18.57^{qr}	0.955^{ab}	74.84^{abc}
S_1×B_4×M_3	0.312^{o}	24.37^{v}	0.232^{p}	18.12^{r}	0.968^{a}	75.62^{a}
S_2×B_1×M_1	0.507^{c}	52.86^{c}	0.395^{ab}	41.18^{bc}	0.452^{rstu}	47.13^{t}
S_2×B_2×M_1	0.477^{de}	46.44^{fgh}	0.355^{cd}	34.56^{de}	0.55^{nop}	53.55^{opq}
S_2×B_3×M_1	0.47^{ef}	43.72^{hijk}	0.346^{cde}	32.18^{efg}	0.605^{klmn}	56.27^{lmno}
S_2×B_4×M_1	0.411^{jk}	35.61^{no}	0.287^{ghij}	24.87^{ijk}	0.743^{gh}	64.38^{hi}
S_2×B_1×M_2	0.498^{cd}	49.11^{def}	0.361^{c}	35.6^{d}	0.516^{pqr}	50.88^{qrs}
S_2×B_2×M_2	0.448^{fgh}	40.54^{jklm}	0.306^{fg}	27.69^{hi}	0.657^{ijk}	59.45^{jklm}
S_2×B_3×M_2	0.435^{hi}	38.46^{mn}	0.294^{fghi}	25.99^{ij}	0.696^{hi}	61.53^{ij}
S_2×B_4×M_2	0.359^{mn}	29.06^{qrs}	0.264^{klmn}	21.37^{mnopq}	0.876^{d}	70.93^{def}
S_2×B_1×M_3	0.462^{efg}	43.91^{hij}	0.337^{de}	32.03^{efg}	0.59^{lmno}	56.08^{mno}
S_2×B_2×M_3	0.395^{jkl}	33.61^{op}	0.277^{ijkl}	23.57^{jklmn}	0.78^{fg}	66.38^{gh}
S_2×B_3×M_3	0.382^{l}	32.15^{opq}	0.27^{jklm}	22.72^{klmno}	0.806^{efg}	67.84^{fgh}
S_2×B_4×M_3	0.351^{n}	28.14^{rstu}	0.252^{mnop}	20.2^{opqr}	0.896^{bcd}	71.85^{bcde}
S_3×B_1×M_1	0.535^{a}	57.9^{a}	0.411^{a}	44.48^{a}	0.389^{u}	42.09^{v}
S_3×B_2×M_1	0.514^{abc}	54.24^{bc}	0.401^{ab}	42.34^{abc}	0.433^{stu}	45.72^{tu}
S_3×B_3×M_1	0.503^{c}	51.17^{cde}	0.391^{ab}	39.77^{c}	0.48^{qrs}	48.83^{rst}
S_3×B_4×M_1	0.475^{de}	48.07^{efg}	0.351^{cde}	35.52^{d}	0.513^{pqr}	51.92^{pqr}
S_3×B_1×M_2	0.532^{ab}	56.47^{ab}	0.407^{ab}	43.2^{ab}	0.41^{tu}	43.52^{uv}
S_3×B_2×M_2	0.511^{bc}	53.73^{bc}	0.397^{ab}	41.74^{abc}	0.44^{stu}	46.26^{tu}
S_3×B_3×M_2	0.494^{cd}	48.33^{efg}	0.36^{c}	35.22^{d}	0.528^{opq}	51.66^{pqr}
S_3×B_4×M_2	0.441^{gh}	41.64^{ijklm}	0.295^{fghi}	27.85^{hi}	0.618^{jklm}	58.35^{jklmn}
S_3×B_1×M_3	0.502^{c}	52.02^{cd}	0.388^{b}	40.2^{c}	0.463^{rst}	47.97st
S_3×B_2×M_3	0.467^{ef}	45.25^{ghi}	0.345^{cde}	33.43^{def}	0.565^{mnop}	54.74^{nop}
S_3×B_3×M_3	0.452^{efgh}	40.14^{klm}	0.311^{f}	27.62^{hi}	0.674^{ij}	59.85^{jkl}
S_3×B_4×M_3	0.388^{kl}	32.28^{opq}	0.276^{ijkl}	22.96^{klmno}	0.814^{ef}	67.72^{fgh}

S_1، S_2 و S_3 به ترتیب عدم شوری و ۳۵ و ۷۰ میلی‌مولار شوری خاک. B_1، B_2، B_3 و B_4 به ترتیب عدم کاربرد میکوریزا، کاربرد میکوریزا موسه‌آ، کاربرد میکوریزا اینترا و کاربرد توأم میکوریزا موسه‌آ و اینترا. M_1، M_2 و M_3 به ترتیب عدم محلول‌پاشی و محلول‌پاشی ۱۵ و ۳۰ درصد حجمی متانول. میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معناداری بر اساس آزمون دانکن با هم ندارند.

S_1, S_2 and S_3 are no salinity, 35 and 70 mM soil salinity. B_1, B_2, B_3 and B_4 are no application of *Mycorrhiza*, application of *Mycorrhiza mosseae*, *Mycorrhiza intraradices,* both application of *Mycorrhiza mosseae* and *intraradices*. M_1, M_2 and M_3 are no foliar application, foliar application 15 and 30% volume of methanol. Means with similar letters in each column are not significantly different based on Duncan test.

در شرایط شوری بخشی از کاهش طول سنبله می‌تواند ناشی از کاهش انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها و یا کاهش سرعت و طول دوره پر شدن دانه باشد که در چنین شرایطی به دلیل کاهش تعداد دانه در سنبله، طول سنبله کاهش می‌یابد (Khalilzadeh et al., 2017). مایاکا و همکاران (Mayaka et al., 2004) کاهش طول سنبله و تعداد دانه در سنبله را به افزایش تولید اتیلن در شرایط شوری نسبت دادند. بندوگلو و همکاران (Bandeoglu et al., 2004) عنوان کردند که

تنش شوری از طریق کاهش فتوسنتز و تجمع یون سدیم در بافت برگی، موجب کاهش رشد و ارتفاع بوته می‌شود. به نظر می‌رسد بخشی از افزایش تعداد دانه در سنبله و طول سنبله ناشی از گسترش حجم و وزن ریشه به‌واسطه کاربرد میکوریزا ناشی شده باشد (جدول ۵).

جدول ۵. مقایسه میانگین تأثیر میکوریزا و متانول بر عملکرد و برخی صفات جو تحت شرایط شوری خاک

Table 5. Means comparison the effect of *Mycorrhiza* and methanol on yield and some traits of barley under soil salinity condition

تیمار Treatments	وزن خشک ریشه Root dry weight	حجم ریشه Root volume	ارتفاع بوته Plant height	طول سنبله Ear length	وزن صد دانه گرم 100 grains weight	عملکرد دانه Grain yield
	g	cm^3	----------cm----------		g	g pl^{-1}
S_1×B_1×M_1	0.238^{jk}	2.15^{i}	50.55^{gh}	6.41^{ij}	3.97^{nop}	1.065^{lmn}
S_1×B_2×M_1	0.261^{ghi}	2.55^{fg}	53.17^{efg}	7.05^{g}	4.42^{jkl}	1.137^{hij}
S_1×B_3×M_1	0.281^{de}	2.7^{def}	55.62^{de}	7.36^{efg}	4.7^{ij}	1.171^{fgh}
S_1×B_4×M_1	0.304^{c}	2.8^{cd}	63.16^{b}	7.74^{e}	5.3^{defg}	1.23^{cd}
S_1×B_1×M_2	0.25^{hij}	2.5^{g}	53.8^{e}	6.52^{i}	4.31^{lm}	1.099^{jkl}
S_1×B_2×M_2	0.312^{ab}	2^{cd}	60.34^{c}	7.68^{ef}	5.41^{cde}	1.226^{cde}
S_1×B_3×M_2	0.325^{a}	3^{ab}	66.25^{a}	7.18^{cd}	5.77^{ab}	1.243^{abc}
S_1×B_4×M_2	0.327^{a}	3.01^{ab}	67.33^{a}	8.52^{abc}	5.86^{a}	1.268^{abc}
S_1×B_1×M_3	0.286^{d}	2.72^{cde}	60.51^{bc}	7.5^{ef}	5.07^{fg}	1.183^{fg}
S_1×B_2×M_3	0.309^{bc}	2.88^{abc}	66.5^{a}	8.45^{abcd}	5.7^{abc}	1.263^{abc}
S_1×B_3×M_3	0.321^{ab}	3^{ab}	67.28^{a}	8.58^{ab}	5.74^{ab}	1.276^{ab}
S_1×B_4×M_3	0.322^{ab}	3.02^{a}	67.45^{a}	8.64^{a}	5.82^{a}	1.28^{a}
S_2×B_1×M_1	0.206^{opq}	1.8^{lmno}	45.63^{jk}	5.43^{op}	3.32^{tuvw}	0.959^{stu}
S_2×B_2×M_1	0.22^{lmno}	1.95^{jkl}	47.25^{ij}	5.98^{klm}	3.64^{qrst}	1.027^{nopq}
S_2×B_3×M_1	0.249^{ij}	2.08^{ij}	50.14^{h}	6.49^{i}	4.24^{lmn}	1.075^{klm}
S_2×B_4×M_1	0.279^{def}	2.56^{efg}	57.38^{d}	7.3^{fg}	4.76^{hi}	1.154^{ghi}
S_2×B_1×M_2	0.231^{klm}	1.82^{lmn}	46.24^{ijk}	5.87^{m}	3.6^{rstu}	1.014^{pqr}
S_2×B_2×M_2	0.257^{ghi}	2.3^{h}	53.05^{efg}	6.59^{i}	4.35^{kl}	1.105^{jk}
S_2×B_3×M_2	0.264^{ghi}	2.5^{g}	55^{de}	7^{gh}	4.65^{ijk}	1.131^{ij}
S_2×B_4×M_2	0.303^{c}	2.75^{cd}	62.4^{bcd}	8.11^{d}	5.12^{efg}	1.235^{bcd}
S_2×B_1×M_3	0.234^{kl}	2^{ijk}	47.4^{ij}	6.28^{ijkl}	3.71^{opqr}	1.052^{mnop}
S_2×B_2×M_3	0.268^{efg}	2.58^{efg}	55.22^{de}	7.44^{ef}	5.34^{def}	1.175^{fgh}
S_2×B_3×M_3	0.282^{de}	2.7^{def}	60.74^{bc}	7.55^{ef}	5.4^{cde}	1.188^{efg}
S_2×B_4×M_3	0.312^{abc}	2.85^{bcd}	63.25^{b}	8.22^{bcd}	5.46^{bcd}	1.247^{abc}
S_3×B_1×M_1	0.195^{q}	1.64^{o}	44.04^{kl}	5.28^{p}	3.15^{w}	0.924^{u}
S_3×B_2×M_1	0.198^{q}	1.7^{no}	42.12^{l}	5.31^{p}	3.19^{w}	0.947^{stu}
S_3×B_3×M_1	0.205^{opq}	1.76^{mno}	46^{ijk}	5.77^{mno}	3.25^{vw}	0.983^{rst}
S_3×B_4×M_1	0.216^{mnop}	2^{ijk}	50.7^{fgh}	5.82^{mn}	3.93^{nopq}	0.988^{qrs}
S_3×B_1×M_2	0.232^{kl}	1.75^{mno}	45.5^{jk}	5.08^{p}	3.28^{uvw}	0.942^{tu}
S_3×B_2×M_2	0.201^{pq}	1.8^{lmno}	47.03^{ij}	5.36^{p}	3.54^{rstuv}	0.951^{stu}
S_3×B_3×M_2	0.219^{lmno}	1.9^{klm}	47.11^{ij}	5.9^{lm}	3.66^{pqrs}	1.022^{opqr}
S_3×B_4×M_2	0.26^{ghi}	2.32^{h}	53.46^{ef}	6.35^{ijk}	4.47^{ijkl}	1.059^{mno}
S_3×B_1×M_3	0.214^{nop}	1.85^{klmn}	45.88^{ijk}	5.47^{nop}	3.38^{stuvw}	0.965^{stu}
S_3×B_2×M_3	0.222^{lmn}	1.9^{klm}	48.6^{hi}	6.04^{jklm}	3.78^{opqr}	1.032^{nop}
S_3×B_3×M_3	0.258^{ghi}	2.1^{ij}	53.3^{efg}	6.66^{hi}	4.02^{mno}	1.126^{ij}
S_3×B_4×M_3	0.265^{fgh}	2.55^{fg}	55.77^{de}	7.63^{ef}	5.01^{gh}	1.202^{def}

S_1، S_2 و S_3 به ترتیب عدم شوری و ۳۵ و ۷۰ میلی‌مولار شوری خاک. B_1، B_2، B_3 و B_4 به ترتیب عدم کاربرد میکوریزا، کاربرد میکوریزا موسه‌آ، کاربرد میکوریزا اینترا و کاربرد توأم میکوریزا موسه‌آ و اینترا. M_1، M_2 و M_3 به ترتیب عدم محلول‌پاشی و محلول‌پاشی ۱۵ و ۳۰ درصد حجمی متانول. میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معناداری بر اساس آزمون دانکن با هم ندارند.

S_1, S_2 and S_3 are no salinity, 35 and 70 mM soil salinity. B_1, B_2, B_3 and B_4 are no application of *Mycorrhiza*, application of *Mycorrhiza mosseae*, *Mycorrhiza intraradices,* both application of *Mycorrhiza mosseae* and *intraradices*. M_1, M_2 and M_3 are no foliar application, foliar application 15 and 30% volume of methanol. Means with similar letters in each column are not significantly different based on Duncan test.

سیدشریفی و همکاران (Seyed Sharifi et al., 2017) گزارش کردند که در شرایط شوری، کاربرد میکوریزا با بهبود وزن ریشه و افزایش دسترسی گیاه به عناصر غذایی، موجب بهبود رشد رویشی و افزایش سهم اندام‌های زایشی ازجمله طول سنبله و تعداد دانه در سنبله در گندم شد. همچنین محققین گزارش کردند که قارچ میکوریزا به‌دلیل فراهم نمودن فسفر غیرقابل جذب خاک برای گیاه ازیک‌طرف موجب افزایش جذب آب و عناصر غذایی و از طرف دیگر به دلیل کاهش مصرف فسفر موجب بهبود رشد گیاه و افزایش ارتفاع گیاه می‌شود (Russo et al., 2005). ایوانوا و همکاران (Ivanova et al., 2001). افزایش ارتفاع بوته را به فعالیت باکتری‌های همزیست متیلوتروفیک (Methylobacterium spp) موجود در برگ‌ها نسبت دادند و اظهار داشتند که این باکتری‌ها در ازای دریافت متانول خارج‌شده از برگ گیاه، پیش‌ماده تولید برخی از هورمون‌ها مثل اکسین و سیتوکنین را که نقش مهمی در فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه و تسریع روند رشد بر عهده دارند را در اختیار گیاه قرار می‌دهد. همچنین، گیاهان تیمار شده با متانول به‌دلیل افزایش ساخت هورمون سیتوکنین و افزایش تقسیم سلولی موجب تحریک رشد و افزایش ارتفاع بوته می‌شود (Mauney and Gerik, 1994). برادران فیروزآبادی و همکاران (Baradaran Firouzabadi et al., 2017) اظهار داشتند که متانول با افزایش کربن در دسترس برای گیاه و بهبود فتوسنتز و همچنین با تحریک رشد از طریق افزایش تقسیم سلولی موجب افزایش ارتفاع بوته و تعداد شاخه جانبی شد.

تعداد دانه در سنبله و وزن صد دانه

تجزیه واریانس نشان داد که کاربرد توأم میکوریزا، متانول و شوری بر وزن صد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج نشان داد که محلول‌پاشی ۳۰ درصد حجمی متانول و کاربرد توأم میکوریزا اینترا و موسهآ در شرایط عدم اعمال شوری موجب افزایش ۸۴/۷۶ درصدی وزن صد دانه نسبت به شرایط عدم کاربرد میکوریزا و محلول‌پاشی متانول تحت بالاترین سطح از شوری خاک شد (جدول ۵). همچنین، بیش‌ترین تعداد دانه در سنبله در کاربرد توأم میکوریزا موسهآ و اینترا و محلول‌پاشی ۳۰ درصد حجمی متانول و کاربرد توأم میکوریزا موسهآ و اینترا تحت شرایط عدم اعمال شوری مشاهده شد (جدول ۶). به نظر می‌رسد بخشی از تغییرات وزن صد دانه با اثر فاکتورهای موردبررسی بر طول دوره، دوره مؤثر و سرعت پر شدن دانه مرتبط باشد، به‌طوری‌که در این آزمایش، بررسی مؤلفه‌های پر شدن دانه (اعم از طول دوره، دوره مؤثر و سرعت پر شدن دانه) نشان داد که بیش‌ترین طول دوره و دوره مؤثر پر شدن دانه در شرایط محلول‌پاشی متانول، کاربرد میکوریزا وعدم اعمال شوری مشاهده شد (جدول ۴)، همان ترکیب تیماری که از بیش‌ترین وزن صد دانه برخوردار بود. د لاسردا و همکاران (De Lacerda et al., 2003) کاهش اندازه و تعداد دانه‌ها را به کاهش مواد غذایی ناشی از تداخل یونی، کاهش جذب آب و همچنین کاهش فعالیت‌های متابولیکی را به سمیت کلر و سدیم نسبت دادند. مایاکا و همکاران (Mayaka et al., 2004) کاهش تعداد دانه در سنبله و طول سنبله را به افزایش تولید اتیلن تحت شرایط تنش شوری شدید نسبت دادند. برخی محققین اظهار داشتند که اعمال تنش، تعداد دانه در سنبله را از طریق اختلال در فتوسنتز جاری، انتقال مواد ذخیره شده به دانه‌ها و همچنین عقیم شدن دانه‌های گرده کاهش می‌دهد که در چنین شرایطی کاربرد متانول و میکوریزا با بهبود فتوسنتز و افزایش عرضه عناصر غذایی و مواد فتوسنتزی به‌خصوص در مرحله پر شدن دانه، به بهبود میزان مواد ذخیره شده در گیاه و افزایش تعداد دانه کمک می‌کند (Seyed Sharifi and Seyed Sharifi, 2020; Wang et al., 2001).

سیدشریفی و همکاران (Seyed Sharifi et al., 2017) کاهش وزن دانه تحت شرایط تنش شوری را به برهم خوردن تعادل یونی و همچنین اختلال در انتقال کربوهیدرات‌ها به دانه که نتیجه تجمع املاح مضر در گیاه است، نسبت دادند. این محققین بیان کردند که کاربرد میکوریزا در شرایط تنش شوری با افزایش عرضه مواد فتوسنتزی و عناصر غذایی به‌خصوص در مرحله پر شدن دانه، بهبود وزن ریشه و طول دوره و سرعت پر شدن دانه، موجب بهبود میزان مواد ذخیره‌شده در دانه و در نتیجه وزن صد دانه گندم شده است (Seyed Sharifi et al., 2017). احتمالاً محلول‌پاشی متانول از طریق افزایش غلظت دی‌اکسید کربن و همچنین با جلوگیری از ریزش سنبله‌ها از طریق انتقال مواد فتوسنتزی به سمت سنبله‌های در حال رشد و تأثیر بر ظرفیت فتوسنتزی بوته‌ها و همچنین با کمک بر پرشدن دانه‌های هر سنبله، موجب افزایش سرعت رشد سنبله و تخصیص بیشتر مواد پرورده فتوسنتزی به سنبله‌های در حال رشد شده و درنهایت

منجر به تولید دانه‌های بزرگ‌تر و بیشتر می‌شود (Rezaie et al., 2020).

عملکرد تک بوته

برهم‌کنش توأم تنش شوری، محلول‌پاشی متانول و کاربرد قارچ میکوریزا بر عملکرد تک بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بیش‌ترین عملکرد تک بوته (۱/۲۸ گرم در بوته) در ترکیب تیماری محلول‌پاشی ۳۰ درصد حجمی متانول و کاربرد توأم میکوریزا اینترا و موسهآ در شرایط عدم اعمال شوری بود (جدول ۵) که از افزایش ۳۸/۵۲ درصدی نسبت به شرایط عدم کاربرد میکوریزا و محلول‌پاشی متانول تحت شرایط شوری ۷۰ میلی‌مولار خاک برخوردار بود (جدول ۵). به نظر می‌رسد بخشی از افزایش عملکرد دانه با کاربرد میکوریزا ناشی از تأثیر این عامل در بهبود فتوسنتز باشد. در این راستا خلوتی و همکاران (Khalvati et al., 2005) اظهار داشتند که کاربرد قارچ میکوریزا در گیاهان با تحریک فتوسنتز گیاه میزبان از طریق تخصیص کربن اضافی تثبیت‌شده و همچنین نقش این قارچ به‌عنوان مخزن اضافی برای آسیمیلات‌ها، به افزایش عملکرد کمک می‌کند. بخشی از افزایش عملکرد به‌واسطه کاربرد متانول می‌تواند ناشی از تأثیر این ماده در فراهمی بیشتر کربن در گیاه و بهبود فتوسنتز جاری (جدول ۴) باشد، در این راستا سوقانی و همکاران (Soghani et al., 2011) اظهار داشتند که متانول با به تعویق انداختن پیری برگ‌ها و افزایش فعالیت فتوسنتزی گیاه، عملکرد دانه را بهبود می‌بخشد. میرآخوری و همکاران (Mirakhori et al., 2010) اظهار داشتند که کاربرد ۲۱ درصد حجمی متانول نسبت به شرایط بدون محلول‌پاشی متانول با بهبود میزان تثبیت دی‌اکسید کربن موجب افزایش ۳۸ درصدی عملکرد ریشه سویا شد. سیدشریفی و سیدشریفی (Seyed Sharifi and Seyed Sharifi, 2020) بیان کردند که کاربرد متانول و قارچ میکوریزا از طریق بهبود محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی، سرعت و میزان فتوسنتز و همچنین افزایش طول دوره و سرعت پر شدن دانه موجب افزایش انتقال مواد فتوسنتزی به دانه و درنهایت حداکثر وزن دانه شد. در این بررسی نیز به نظر می‌رسد کاربرد توأم میکوریزا موسهآ و اینترا و محلول‌پاشی متانول با افزایش بر وزن و حجم ریشه (جدول ۵) و بهبود فتوسنتز جاری (جدول ۴) و افزایش مؤلفه‌های پر شدن دانه اعم از سرعت، طول دوره و دوره مؤثر پر شدن دانه (جدول ۲) موجب افزایش عملکرد دانه شد (جدول ۵).

جدول ۶. مقایسه میانگین تأثیر میکوریزا و متانول بر تعداد دانه در سنبله جو تحت شرایط شوری خاک

Table 6. Means comparison the effect of *Mycorrhiza* and methanol on number of grain per spike of barley under soil salinity condition

تیمار Treatments	Number of grain per spike			تعداد دانه در سنبله		
	S_1	S_2	S_3	M_1	M_2	M_3
B_1	23.39^{b}	20.87^{cd}	20.18^{d}	20.9^{e}	21.19^{de}	22.36^{bcde}
B_2	24.25^{a}	22.75^{b}	20.55^{cd}	21.57^{de}	22.5^{bcd}	23.49^{abc}
B_3	24.73^{a}	23.19^{b}	21.17^{c}	22.09^{cde}	23.16^{abc}	23.83^{ab}
B_4	24.98^{a}	24.21^{a}	22.77^{b}	23.42^{abc}	24.14^{a}	24.4^{a}

S_1، S_2 و S_3 به ترتیب عدم شوری و ۳۵ و ۷۰ میلی‌مولار شوری خاک. B_1، B_2، B_3 و B_4 به ترتیب عدم کاربرد میکوریزا، کاربرد میکوریزا موسهآ، کاربرد میکوریزا اینترا و کاربرد توأم میکوریزا موسهآ و اینترا. M_1، M_2 و M_3 به ترتیب عدم محلول‌پاشی و محلول‌پاشی ۱۵ و ۳۰ درصد حجمی متانول. میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معناداری بر اساس آزمون دانکن با هم ندارند.

S_1, S_2 and S_3 are no salinity, 35 and 70 mM soil salinity. B_1, B_2, B_3 and B_4 are no application of *Mycorrhiza*, application of *Mycorrhiza mosseae*, *Mycorrhiza intraradices,* both application of *Mycorrhiza mosseae* and *intraradices*. M_1, M_2 and M_3 are no foliar application, foliar application 15 and 30% volume of methanol. Means with similar letters in each column are not significantly different based on Duncan test

نتیجه‌گیری نهایی

محلول‌پاشی ۳۰ درصد حجمی متانول و کاربرد توأم میکوریزا اینترا و موسهآ در شرایط عدم اعمال شوری موجب افزایش تعداد دانه در سنبله، طول سنبله، وزن صد دانه و ارتفاع بوته شد. همچنین این ترکیب تیماری با بهبود فتوسنتز جاری، وزن و حجم ریشه موجب افزایش طول دوره و دوره مؤثر پر شدن دانه و کاهش میزان انتقال مجدد از ساقه و اندام هوایی شد که درنهایت موجب افزایش ۳۸/۵۲ درصدی عملکرد تک

بوته نسبت به شرایط عدم محلول‌پاشی متانول و کاربرد میکوریزا تحت شرایط شوری ۷۰ میلی‌مولار خاک شد. به نظر می‌رسد محلول‌پاشی متانول و کاربرد میکوریزا می‌تواند با بهبود مؤلفه‌های پر شدن دانه و فتوسنتز جاری، عملکرد و اجزای عملکرد دانه جو را تحت شرایط شوری افزایش دهد

منابع

Abasspour, S., 2011. Effects of seed inoculation with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on grain yield and some agronomic characteristics of triticale. MSc Thesis. Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran. [In Persian with English Summary].

Abdel-Fattah, G.M., Asrar, A.A., 2012. Arbuscular mycorrhizal fungal application to improve growth and tolerance of wheat (*Triticum aestivum* L.) plants grown in saline soil. Acta Physiologiae Plantarum. 34, 267-277.

Aghaei, F., 2019. Effect of uniconazole and biofertilizers on grain filling components and some biochemical and physiological traits of wheat (*Triticum aestivum* L.) under soil salinity condition. MSc Thesis. Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran. [In Persian with English Summary].

Albrecht, S.L., Douglas Jr, C.L., Klepper, E.L., Rasmussen, P.E., Rickman, R.W., Smiley, R.W., Wilkins, D.E., Wysocki, D.J., 1995. Effects of foliar methanol applications on crop yield. Crop Science. 35, 1642-1646.

Alikhani, S., Mahmoudi Zarandi, M., 2019. Effect of coinoculation with endomycorrhiza, *Pseudomonas aeroginosa* and *Rhizobium meliloti* on *Medicago sativa* under water stress. Journal of Plant Research. 32, 75-85. [In Persian with English Summary].

Bandeoglu, E., Eyidogan, F., Yucel, M., Oktem, H.A., 2004. Antioxidant response of shoots and roots of lentil to NaCl salinity stress. Plant Growth Regulation. 42, 69-77.

Baradaran Firouzabadi, M., Parsaeiyan, M., Baradaran Firouzabadi, M., 2017. Agronomic and physiological response of Nigella sativa L. to ascorbate and methanol foliar application in water deficit stress. Journal of Plant Ecophysiology. 8, 13-27. [In Persian with English Summary].

Barnett, K.H., Pearce, P.B., 1983. Source-Sink ratio alteration and its effect on physiological parameters in maize. Crop Science. 23, 101-109.

Dawood, M.G., El-Lethy S.R., Sadak, M.S., 2013. Role of methanol and yeast in improving growth yield nutritive value and antioxidants of soybean. World Applied Sciences Journal. 26, 6-14.

De Lacerda, C.F., Cambraia, J., Oliva, M.A., Ruiz, H.A., Prisco, J.T., 2003. Solute accumulation and distribution during shoot and leaf development in two sorghum genotypes under salt stress. Environmental and Experimental Botany. 49, 107-120.

Dodd, I.C., Perez-Alfocea, F., 2012. Microbial amelioration of crop salinity stress. Journal of Experimental Botany. 63, 3415-3428.

Ebadi, N., Seyed Sharifi, S., Narimani, H., 2020. Effects of supplementary irrigation and biofertilizers on grain yield, dry matter remobilization and some physiological traits of Barley (*Hordeum vulgare* L.) under rainfed condition. Journal of Crop Production and Processing. 10, 123-135. [In Persian with English Summary].

Ehdaie, B., Waines, J.G., 1993. Variation in water use efficiency and its components in wheat. Crop Science. 31, 1282-1288.

Ehyaei, H.R., Parsa, M., Kafi, M., Nasiri Mahalati, M., 2010. Effect of foliar application of methanol and irrigation regimes on yield and yield components of chickpea cultivars. Iranianan Journal of Pulses Research. 1, 37-48. [In Persian with English Summary].

Ellis, R.H., Pieta-Filho, C., 1992. The development of seed quality spring and winter cultivars of barley and wheat. Seed Science Research. 2, 19-25.

Esfandiari, E., Enayati, V., Abbasi, A., 2011. Biochemical and physiological changes in response to salinity in two durum wheat (*Triticum turgidum* L.) genotypes. Notulae

Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca. 39, 165-170.

Hagh Bahari, M., Seyed Sharifi, S., 2013. Influence of seed inoculation with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield, grain filling rate and period of wheat in different levels of soil salinity. Environmental Stresses in Crop Sciences. 6, 65-75. [In Persian].

Ivanova, E.G., Dornina, N.V., Shepelyakovskaya, A.O., Laman, A.G., Brovko, F.A., Trotsenko Y.A., 2001. Faculative and obligate aerobic Methylobacteria synthesize cytokinins. Journal of Microbiology. 69, 646-651.

Jahangiri Nia, E., Syyadat, A., Koochakzadeh, A., Sayyahfar, M., Moradi Telavat, M.R., 2017. The effect of vermicompost and mycorrhizal inoculation on grain yield and some physiological characteristics of soybean (*Glycine max* L.) under water stress condition. Journal of Agroecology. 8, 583-597. [In Persian with English Summary].

James, B., Rodel, D., Lorettu, U., Reynaldo, E., Tariq, H., 2008. Effect of vesicular Arboscular mycorrhiza (VAM) fungi inoculation on coppicing ability and drought resistance of Senna Spectabilis. Pakistan Journal of Botany. 40, 2217-2224.

Janmohammadi, M., Ahmadi, A., Poustini, K., 2011. Effect of leaf area reduction and nitrogen application on stomatal characteristics of flag leaf and grain yield of wheat under deficit irrigation. Journal of Crop Production. 3, 177-194. [In Persian with English Summary].

Jarvan, M., Edesi, L., Adamson, A., Lukme, L., Akk, A., 2008. The effect of sulphur fertilization on yield, quality of protein and baking properties of winter wheat. Agronomy Research. 6, 459-469.

Jayakannan, M., Bose, J., Babourina, O., Rengel, Z., Shabala, S., 2015. Salicylic acid in plant salinity stress signalling and tolerance. Plant Growth Regulation. 76, 25-40.

Khalilzadeh, R., Seyed Sharifi, R., Jalilian, J., 2017. Study the interaction of cycocel and bio-fertilizers on yield and some agro-physiological traits of wheat under soil salinity condition. Environmental Stresses in Crop Sciences. 10, 425-443. [In Persian].

Khalvati, M.A., Mozafar, A., Schmidhalter, U., 2005. Quantification of water uptake by Arbuscular mycorrhizal hyphae and its significance for leaf growth, water relations, and gas exchange of barley subjected to drought stress. Plant Biology. 7, 706-712.

Madhaiyan, M., Poonguzhali, S., Sundaram, S.P., Sa, T.A., 2006. New insight into foliar applied methanol influencing phylloplane methylotrophic dynamics and growth promotion of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) and sugarcane (*Saccharum officinarum* L.). Environmental and Experimental Botany. 57, 168-176.

Mashi, A., Galeshi, S., Zeinali, E., Noorinia, A., 2008. Salinity effect on seed yield and yield components in four Hull-les barley. Journal of Agricultural Science and Technology. 14, 1-10. [In Persian with English Summary].

Mauney, J.R., Gerik, T.J., 1994. Evaluating methanol usage in Cotton. Proc. Beltwide Cotton Conf., National Cotton Council of America Memphis, TN, USA, I. p, 39-40.

Mayaka, S., Tirosh, T., Glick, B.R., 2004. Plant growth-promoting bacteria that confer resistance to water stress in tomatoes and peppers. Plant Science. 166, 525-530.

Mirakhori, M., Paknejad, F., Moradi, F., Nazeri, P., Nasri, M., 2010. Effects of foliar application of methanol on *Glycine max* L. Journal of Agro ecology. 2, 236-244. [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, 49-67. [In Persian with English Summary].

Raissi, A., Galavi, M., Zafaraneieh, M., Soluki, M., Mousavi, R., 2013. Biochemical change of seeds and yield of Isabgol (*Plantago ovata*) under bio-fertilizer, organic manure and chemical fertilizer. Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Science. 2, 112-117.

Ramirez, I., Dorta, F., Espinoza, V., Jimenez, E., Mercado, A., Pen a-Cortes, H., 2006. Effects of foliar and root applications of methanol on the growth of Arabidopsis, tobacco and tomato plants. Plant Growth Regulation. 25, 30-44.

Ranjan, R., Bohra, S.P., Jeet, A.M., 2001. Book of Plant Senescence. Jodhpur, Agrobios New York. Jodhpur Agrobios. Pp, 18-42.

Rezaie, F., Barary, M., Hatami, A., Hassanein Khoshro, H., 2020. The effect of nano-potass fertilizer and methanol application on some physiological characters, yield and yield components of wheat. Journal of Plant

Ecophysiology. 11, 180-191. [In Persian with English Summary].

Ronanini, D., Savin, R., Hal, A.J., 2004. Dynamic of fruit growth and oil quality of sunflower (*Helianthus annuus* L.) exposed to brief interval of high temperature during grain filling. Field Crop Research. 83, 79-90.

Russo, A., Felici, C., Toffanin, A., Gotz, M., Collados, M.C., Miguel Barea, J., Moenne-Loccoz, Y., Smalla, K., Vanderleyden, J., Nuti, M., 2005. Effect of Azospirillum inoculants on Arbuscular mycorrhiza establishment in wheat and maize plants. Biology and Fertility Soils. 41, 301-309.

Sani, B., Aliabadi Farahani, H., 2010. Evaluation of amino acids foliar application on essential oil variations in flixweld (*Descurainia sophia* L.) under drought stress conditions. USA: American Council for Medicinally Active Plants.

Seyed Sharifi, R., Khalilzadeh, R., Soltanmoradi, S., 2017. The effects of mycorrhizal fungi and nano zinc oxide on yield, dry matter accumulation, grain-filling rate and duration in wheat under soil salinity condition. Applied Field Crops Research. 30, 31-51. [In Persian with English Summary].

Seyed Sharifi, R., Namvar, A., 2015. Biofertilizers in Agronomy. University of Mohaghegh Ardabili, press. [In Persian].

Seyed Sharifi, R., Seyed Sharifi, R., 2017. Effect of irrigation withholding, mycorrhiza application and nano (Fe and Zn) oxide on yield, rate and grain filling period of safflower (*Carthamus tinctories* L), Journal of Ecophysiology. 11, 146-152. [In Persian].

Seyed Sharifi, R., Seyed Sharifi, R., 2020. Effects of starter nitrogen, methanol and bio fertilizers application on yield, nodulation and grain filling period of rain fed lentil. Journal of Crop Improvement. 22, 445-460. [In Persian with English Summary].

Seyed Sharifi1, R., Seyed Sharifi, R., 2019. Effects of different irrigation levels, methanol application, and nano iron oxide on yield and grain filling components of sunflower (*Helianthus annuus* L.), Journal of Crops Improvement. 21, 27-42.

Shahid, S.A., Zaman, M., Heng, L., 2018. Soil salinity: historical perspectives and a world overview of the problem: 43-53. In: Zaman, M., Shahid, S.A. and Heng, L., (Eds.). Guideline for Salinity Assessment, Mitigation and Adaptation Using Nuclear and Related Techniques. Springer.

Soghani, M., Paknejad, F., Nadali, I., Elahipanah, F., Ghafari, M., 2011. Effect of methanol on yield and yield component in chickpea. Journal of Crop and Weed Ecophysiology. 5, 79-88. [In Persian with English Summary].

Soghani, M., Yarnia, M., Paknejad, F., Farahvash, F., Vazan, S., Nadali, A., 2013. Effects of methanol on the yield and growth of soybean in different irrigation conditions. 5th National Conference on Iranian Cereals, February 25, University of Tehran, Iran. [In Persian].

Tadayon, M.R., Emam, Y., 2007. Physiologic and morphologic reactions in two variety barley for salinity stress & its relative with grain yield. Journal of Crop Production and Processing. 11, 253-262. [In Persian].

Wang, Z.M., Wei, A.L., Zheng, D.M., 2001. Photosynthetic characteristic of non-leaf organs of winter wheat cultivar differing in ear type and their relationship with grain mass per ear. Photosynthetica. 39, 239-244.

Zbiec, L., Karczmarczyk, S., Podsiadlo, C., 2003. Response of some cultivated plants to methanol as compared to supplemental irrigation. Electronic Journal of Polish Agricultural Universities. 6, 1.