



## The Effect of Mycorrhizal Fungi, the Combined Ratio of Auxin/Gibberellin and Ascorbic acid on the Yield, Yield Components and Germination of Corn

Tayebeh Jamshidnia<sup>1</sup> | Tayab Sakinejad<sup>2</sup> | Ali Reza Shakofar<sup>3</sup> |  
Mohammad Reza Dadnia<sup>4</sup> | Seyed Kivan Marashi<sup>5</sup>

1. Department of Agriculture, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran. E-mail: [Jamshidnia@iauahvaz.ac.ir](mailto:Jamshidnia@iauahvaz.ac.ir)
2. Corresponding Author, Department of Agriculture, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran. E-mail: [sakinejad@iauahvaz.ac.ir](mailto:sakinejad@iauahvaz.ac.ir)
3. Department of Agriculture, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran. E-mail: [shokohfar@iauahvaz.ac.ir](mailto:shokohfar@iauahvaz.ac.ir)
4. Department of Agriculture, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran. E-mail: [dadnia@iauahvaz.ac.ir](mailto:dadnia@iauahvaz.ac.ir)
5. Department of Agriculture, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran. E-mail: [Marashi@iauahvaz.ac.ir](mailto:Marashi@iauahvaz.ac.ir)

### Article Info

**Article type:**  
Research Article

### Article history:

Received: 2 February 2022  
Received in revised form:  
19 November 2022  
Accepted: 30 November 2022  
Published online: 24 June 2023

### Keywords:

Corn,  
Fungi growth regulator,  
Harvest index,  
Optimized growth.

### ABSTRACT

The present two-year research (1397-1398) investigates the effect of Mycorrhizal inoculation. For this purpose, it takes the combined ratio of Auxin/Gibberellin and Ascorbic acid on the yield and yield components of corn, in the form of split factorial design in the form of randomized complete blocks in three replicates in Shahid Salemi farm. It has been done north of Ahvaz city. The main factor of the treatments include Mycorrhizal fungus (*Glomus intraradices* species) at two levels (inoculation and non-inoculation) before planting and the secondary factor includes the ratio of Auxin hormone to gibberellin at three levels (0, 300/600, and 600/300) mg/liter and ascorbic acid at three levels (0, 100, and 200) mg/liter are applied as foliar spraying. The results show that Mycorrhiza has a significant effect on the dry weight of leaves, stems, and cobs, seed weight and yield, as well as biological traits, respectively, the highest seed yield amounting to (7410.72) kg is related to the treatment levels of Mycorrhizal inoculation, the ratio of Auxin to gibberellin is 600 mg to 300 mg and in 200 mg of ascorbic acid and the highest yield of stem dry weight (100 grams). In the triple interaction of the experimental factors in the treatment levels, there has not been any Mycorrhiza inoculation. For not using the hormonal compound and using 100 mg of ascorbic acid, the highest seed yield in the row (45.46%) has been obtained in the ratio of Auxin to gibberellin of 600 mg to 300 mg and using 200 mg of ascorbic acid. According to the positive effect of the use of experimental factors, the use of Mycorrhiza and the mentioned hormones, and ascorbic acid are recommended.

**Cite this article:** Jamshidnia, T., Sakinejad, T., Shakofar, A. R., Dadnia, M. R., & Marashi, S. K. (2023). The Effect of Mycorrhizal Fungi, the Combined Ratio of Auxin/Gibberellin and Ascorbic acid on the Yield, Yield Components and Germination of Corn. *Journal of Crops Improvement*, 25 (2), 419-436. DOI: <https://doi.org/10.22059/jci.2022.338452.2674>





## بررسی تأثیر قارچ میکوریزا، نسبت ترکیبی اکسین / جیبرلین و آسکوربیک اسید بر خصوصیات فیزیولوژی و زراعی ذرت

طیبه جمشیدنیا<sup>۱</sup> | طیب ساکی نژاد<sup>۲</sup> | علی رضا شکوه فر<sup>۳</sup> | محمدرضا دادنیا<sup>۴</sup> | سید کیوان مرعشی<sup>۵</sup>

۱. گروه زراعت، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران. رایانامه: [Jamshidnia@iauahvaz.ac.ir](mailto:Jamshidnia@iauahvaz.ac.ir)

۲. نویسنده مسئول، گروه زراعت، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران. رایانامه: [sakynejad@iauahvaz.ac.ir](mailto:sakynejad@iauahvaz.ac.ir)

۳. گروه زراعت، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران. رایانامه: [shokohfar@iauahvaz.ac.ir](mailto:shokohfar@iauahvaz.ac.ir)

۴. گروه زراعت، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران. رایانامه: [dadnia@iauahvaz.ac.ir](mailto:dadnia@iauahvaz.ac.ir)

۵. گروه زراعت، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران. رایانامه: [Marashi@iauahvaz.ac.ir](mailto:Marashi@iauahvaz.ac.ir)

### چکیده

### اطلاعات مقاله

به منظور بررسی تأثیر تلقیح میکوریزا، نسبت ترکیبی اکسین/جیبرلین و آسکوربیک اسید بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت این پژوهش دو ساله (۱۳۹۸-۱۳۹۷) به صورت طرح اسپلنت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی شهید سالمی واقع در شمال شهر اهواز انجام گرفت. فاکتور اصلی تیمارها شامل قارچ میکوریزا (گونه گلموس اینترادایسز) در دو سطح (تلقیح و عدم تلقیح) پیش از کاشت و فاکتور فرعی شامل نسبت هورمون اکسین به جیبرلین در سه سطح (صفر درصد، ۳۰۰/۶۰۰، ۶۰۰/۳۰۰) میلی گرم بر لیتر و آسکوربیک اسید در سه سطح (صفر، ۱۰۰، ۲۰۰) میلی گرم بر لیتر به صورت محلول پاشی انجام شد. نتایج نشان داد که میکوریزا بر وزن خشک برگ، ساقه و بلال و وزن دانه و عملکرد و هم‌چنین صفات بیولوژیکی تأثیر معنی داری دارد. به ترتیب بالاترین مقدار عملکرد دانه (۷۴۱۰/۷۲) کیلوگرم در سطوح تیماری تلقیح میکوریزا، نسبت اکسین به جیبرلین ۶۰۰ میلی گرم به ۳۰۰ میلی گرم و در ۲۰۰ میلی گرم آسکوربیک اسید و بالاترین عملکرد وزن خشک ساقه (۱۰۰ گرم) در برهم‌کنش سه‌گانه عامل‌های آزمایش در سطوح تیماری عدم تلقیح میکوریزا، عدم مصرف ترکیب هورمونی و مصرف ۱۰۰ میلی گرم آسکوربیک اسید، بالاترین عملکرد میزان دانه در ردیف (۴۵/۴۶ درصد) در نسبت اکسین به جیبرلین ۶۰۰ میلی گرم به ۳۰۰ میلی گرم و مصرف ۲۰۰ میلی گرم آسکوربیک اسید به دست آمد. با توجه به تأثیر مثبت کاربرد فاکتورهای آزمایشی، استفاده از میکوریزا و هورمون‌های مذکور، و آسکوربیک اسید توصیه می‌شود.

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۱۳

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۸/۲۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۰۹

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۴/۰۳

### کلیدواژه‌ها:

تنظیم‌کننده رشد قارچ،

ذرت،

رشد بهینه،

شاخص برداشت.

**استناد:** جمشیدنیا، طیبه؛ ساکی نژاد، طیب؛ شکوه فر، علی رضا؛ دادنیا، محمدرضا و مرعشی، سید کیوان (۱۴۰۲). بررسی تأثیر قارچ میکوریزا، نسبت ترکیبی اکسین/جیبرلین و آسکوربیک اسید بر خصوصیات فیزیولوژی و زراعی ذرت. *به زراعی کشاورزی*، ۲۵ (۲)، ۴۱۹-۴۳۶.

DOI: <https://doi.org/10.22059/jci.2022.338452.2674>



© نویسندگان.

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

DOI: <https://doi.org/10.22059/jci.2022.338452.2674>

## ۱. مقدمه

ذرت در زمره مهم‌ترین محصولات زراعی قرار دارد و به دلیل ویژگی‌های بسیار زیاد خود، به‌ویژه به دلیل قدرت سازگاری با شرایط اقلیمی گوناگون بسیار زیاد در تمام دنیا گسترش یافته و مکان سوم را بعد از گندم و برنج از نظر سطح زیر کشت به خود اختصاص داده است (Mahender *et al.*, 2018). نزدیک به ۲۵-۲۰ درصد از تولیدات جهانی ذرت به صورت مستقیم در شکل‌های مختلف (آرد ذرت، شیرینی، سیلو و غیره) به مصرف غذایی دام می‌رسد. به علاوه، حدود پنج درصد تولید ذرت نیز جهت فرآورده‌های صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرد (خدابنده، ۱۳۸۷). سطح زیر کشت ذرت در دنیا ۱۴۰ میلیون هکتار و در ایران حدود ۶۰ هزار هکتار گزارش شده است. میانگین تولید دانه آن در دنیا حدود ۳۵۰۰ کیلوگرم در هکتار و میانگین تولید علوفه از آن ۳۶ تن در هکتار گزارش شده است (ملکی و همکاران، ۱۳۹۹). با این که ذرت یک محصول مهم استراتژیک می‌باشد، اما کشور ایران در تولید این محصول ضعیف بوده و با تولید بین ۶/۸-۷/۲ تن در هکتار ذرت در سال در رتبه ۶۲ دنیا قرار دارد. در حال حاضر، پژوهش‌گران به دنبال تولید هیبریدهای ذرت با ویژگی ارتفاع کوتاه هستند که از تراکم‌پذیری و عملکرد بیشتری در قیاس با هیبریدهای موجود برخوردارند (دلگشا، ۱۳۹۳). امروزه روش‌های به‌زراعی و اصلاح ارقام ذرت در حال توسعه می‌باشد، اما ذرت هم‌چنان از پتانسیل زیادی برای پاسخ به شیوه‌های به‌زراعی و اصلاح با هدف افزایش میزان عملکرد محصول برخوردار است. به علت وقوع تغییرات فنوتیپی مطابق با تغییرات شرایط محیطی، معرفی یک هیبرید ذرت با سازگاری وسیع با شرایط مختلف آب‌وهوایی و خاکی دشوار است (محمدی و همکاران، ۱۳۹۲). در حقیقت، انتخاب هیبرید مناسب، یکی از عوامل زراعی محسوب می‌شود که از طریق پتانسیل ژنتیکی موجود در گیاه، بر عملکرد محصول تأثیر می‌گذارد و اثر برهم‌کنش ژنوتیپ و محیط قادر است مشکلاتی در تشخیص هیبریدهای برتر گیاه ذرت بوجود آورد (محمدی و همکاران، ۱۳۹۲; Dayal *et al.*, 2016).

## ۲. پیشینه پژوهش

کاربرد هورمون‌های گیاهی در دهه‌ی اخیر با توجه به گسترش کشاورزی پایدار مورد توجه قرار گرفته است و از این رو باید در مدیریت تلفیقی گیاهان زراعی مورد توجه قرار گیرد. رشد و نمو گیاهی توسط مجموعه‌ای از مولکول‌های کوچک به نام هورمون‌های گیاهی تنظیم می‌شود. در این میان، برخی از پژوهش‌گران طی بررسی‌های خود اظهار داشتند که جیبرلین و کینتین نقش مهمی در کنترل فرایندهای مختلف در طول چرخه حیات گیاهان ایفا می‌کنند (Khan *et al.*, 2007; Javid *et al.*, 2022). فرمول جیبرلیک‌اسید GA یکی از بهترین و معروف‌ترین این گروه می‌باشد. هورمون اکسین در گیاه نقش محوری در تنظیم فرایندهای مختلف فیزیولوژیک از جمله ریشه‌زایی و به‌ویژه ریشه‌های فرعی به‌عهده دارد (Marschner, 2011). بررسی انجام‌شده اثر هورمون‌های گروه اکسین و عنصر روی بر ریشه‌زایی و رشد بخش هوایی گیاهان را ثابت کرده است. قارچ‌های میکوریزی به‌عنوان جزء اصلی در بیش‌تر اکوسیستم‌ها، اثرات مثبتی بر خصوصیات کمی و کیفی گیاهان همزیست دارند. در مطالعات بسیار زیادی به نقش قارچ‌های میکوریزی در افزایش توانایی گیاه در جذب بیش‌تر عناصر معدنی و آب اشاره شده است (Tao & Zhiwei, 2005).

تمامی باغبانان و کشاورزان در صورتی که بخواهند چندین برابر آن چیزی که پیش‌بینی می‌کرده‌اند، از محصولات تولیدی خویش بهره‌مند شوند، می‌بایست حتماً با هر یک از محرک رشد گیاهی موجود در بازار آشنایی داشته باشند تا با شناختی که نسبت به محرک رشد گیاهی به‌دست می‌آورند، بتوانند شرایط بهتری را در کسب و کارهای خود فراهم سازند. از مهم‌ترین عوامل محرک رشد گیاه، افزایش عملکرد محصول، افزایش مقاومت گیاه می‌توان به عوامل بیماری‌زای ریشه، کمک به کاهش تنش‌های محیطی از جمله شوری و خشکی و از همه مهم‌تر کاهش مصرف کودهای شیمیایی

اشاره نمود (Rai & Varma, 2005; Chen *et al.*, 2018; Ronga *et al.*, 2019; Hosseinifard *et al.*, 2022). همچنین قارچ‌های میکوریزی با فراهم‌نمودن سطح جذب‌کننده وسیع‌تر برای انتقال عناصر غذایی موجود در خاک به ریشه گیاهان، سبب بهبود رشد گیاه می‌گردند. از دیگر مزایای این ارتباط مفید می‌توان به تولید هورمون‌های قارچ مایکوریزا قادر به کاهش غلظت آبسزیک‌اسید و افزایش هورمون اکسین و جیبرلین هستند.

Sun *et al.* (2018) پس از اعمال محلول‌پاشی هورمون جیبرلیک‌اسید در غلظت‌های ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰ و ۶۰ گرم در هکتار در گیاه ذرت، بیش‌ترین افزایش در صفات ارتفاع گیاه، تعداد کلاله، تعداد چوب بلال در هر گیاه، طول بلال و تعداد دانه در هر بلال را در پاسخ به اعمال جیبرلیک‌اسید مشاهده کردند که غلظت ۶۰ گرم در هکتار آن بیش‌ترین تأثیر را در بهبود میزان صفات فوق داشت.

مطالعه‌ای به‌منظور بررسی تأثیر محلول‌پاشی آسکوربیک‌اسید بر خصوصیات فنولوژیک و فیزیولوژیک ذرت شیرین تحت رژیم‌های آبیاری، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در هشتگرد و در سال ۱۳۹۳ انجام شد. نتایج نشان داد که تنش خشکی موجب کاهش ارتفاع بوته، تعداد دانه در بلال، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، کلروفیل کل، محتوای آب نسبی برگ و افزایش پرولین و فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز شد، به‌طوری‌که تحت شرایط تنش شدید خشکی، تعداد دانه در بلال، وزن هزاردانه و عملکرد دانه به‌ترتیب ۴۳/۰۳، ۲۳/۱۱ و ۴۹ درصد کاهش پیدا کرد. در مقابل، محلول‌پاشی آسکوربیک‌اسید موجب افزایش ارتفاع بوته، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، کلروفیل کل، محتوای آب نسبی برگ و کاهش پرولین و فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز شد و بیش‌ترین تأثیر مثبت در تیمار ۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر آسکوربیک‌اسید مشاهده شد. همچنین محلول‌پاشی با ۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر آسکوربیک‌اسید موجب افزایش ۳۲/۱ درصدی عملکرد دانه شد (فرهادی و همکاران، ۱۳۹۵). در نتایج مطالعه‌ای دیگر روی هورمون جیبرلین و تنش خشکی بر ذرت نشان داد که جیبرلیک‌اسید از طریق تأثیر مثبت بر افزایش و بهبود اجزای عملکرد می‌تواند عملکرد دانه ذرت را افزایش دهد (ملکی و همکاران، ۱۳۹۹). هدف مطالعه حاضر به‌منظور ارائه راه‌حلی جهت بهبود کمیت و خصوصیات جوانه‌زنی بذر گیاه ذرت سینگل کراس ۷۰۴ می‌باشد که از قارچ مایکوریزا، نسبت ترکیبی اکسین/جیبرلین و آسکوربیک‌اسید بهره گرفته شده و از طریق آزمون‌های آماری و واریانس شاخص‌های موردنظر به تجزیه و تحلیل پرداخت می‌شود.

### ۳. روش‌شناسی پژوهش

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی شهید سالمی واقع در شمال شهر اهواز به اجرا درآمد. این مزرعه در طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۴۰ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۳۰ دقیقه شمالی با ارتفاع ۲۲/۵ متر از سطح دریا واقع است. این ناحیه طبق تقسیم‌بندی کوپن دارای اقلیم خشک و نیمه‌خشک با دمای میانگین سالانه بالای ۱۸ درجه سانتی‌گراد است (رضایی، ۲۰۱۷). این پژوهش در دو سال (۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ در دمای حدود ۱۸ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد) به‌صورت طرح اسپیلت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل قارچ مایکوریزا در دو سطح الف) عدم تلقیح به‌عنوان شاهد، ب) تلقیح بذر با قارچ مایکوریزا گلوموس اینترارادیسز (خریداری شده از شرکت زیست فناوری سبز به مقدار ۱۰۰ گرم) در کرت اصلی قرار گرفتند فاکتور فرعی شامل نسبت هورمون اکسین به جیبرلین (خریداری شده از شرکت کودستا با مقدار خلوص ۱۰ تا ۲۵ درصدی) در سه سطح (صفر درصد، ۳۰۰/۶۰۰، ۶۰۰/۳۰۰) و سه سطح آسکوربیک‌اسید شامل (صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰) کیلوگرم در لیتر به‌صورت فاکتوریل در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. قارچ‌های مایکوریزا مورد استفاده در این پژوهش از اراضی گندم دیم کشور جداسازی و در ماسه استریل به گیاه سورگوم در مؤسسه

تحقیقات خاک و آب کشور تکثیر و تولید شد و به میزان دو گرم از زاد مایه (شامل ماسه به‌عنوان حامل، ریشه آلوده گیاه، سورگوم، هیف قارچی و اسپور) به گونه‌ای که به‌ازای هر بذر ۱۵۰-۲۰۰ اندام فعال قارچ در نظر گرفته شد و در شیاریهای مخصوص کاشت بذر در عمق چهار سانتی‌متری قرار داده شد. اکسین، جیبرلین و آسکوربیک‌اسید به میزان سه درصد در هر لیتر با غلظت دو در هزار به‌صورت مصرف بذری، هر تیمار جداگانه محاسبه و توسط آب فشان با بذور در سایه کاملاً آغشته شد. اکسین در مرحله پنج برگی محلول‌پاشی شد و جیبرلین دو روز پس از اکسین به ذرت اضافه شد. آسکوربیک‌اسید (خریداری شده از مؤسسه مبتکران شیمی با مقدار خلوص ۹۰ درصد به‌صورت محلول در آب) در سه سطح (صفر، ۱۰۰، ۲۰۰) در مرحله پنج‌برگی به‌صورت محلول‌پاشی مورد استفاده قرار گرفت. به‌منظور رعایت کیفیت کار مطابق با رشد واقعی یک گیاه و حفظ راندمان کاری جهت جذب بیش‌تر هورمون‌ها توسط گیاه از مواد دیگری استفاده نشد. پیش از انجام آزمایش یک نمونه مرکب خاک از مزرعه تهیه و به آزمایشگاه خاک، آب و گیاه شهر اهواز ارسال شد. نوع خاک محل آزمایش سیلتی-لومی، با pH ۷/۶ و EC حدود ۱/۷ دسی‌زیمنس بر متر بود.

بذر ارقام مورد مطالعه از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهر اهواز تهیه شد. بذر ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ با فاصله بین ردیف ۷۵ سانتی‌متر و فاصله بوته ۱۷ سانتی‌متر کشت گردید. برای تلقیح بذر، هفت گرم مایه تلقیح که هر گرم آن حاوی  $10^7$  عدد قارچ مایکوریزا زنده و فعال بود، استفاده شد. کلیه عملیات در محیط سایه و دور از نور آفتاب انجام گرفت و بذرها پس از خشک‌شدن کشت شدند. زمین موردنظر در سال قبل آیش و تهیه زمین شامل شخم عمیق و دیسک‌زنی بعد از گاورو شدن زمین و سپس تسطیح به‌وسیله لولر بود. هر یک از کرت‌های آزمایشی با شش خط کاشت و طول برابر شش متر مورد استفاده قرار گرفت. کاشت در پنجم مردادماه با دست انجام گردید. در این مطالعه استفاده از کودهای زیستی به‌منظور تلقیح بذور باعث تولید خوشه‌های طولی‌تر در بوته‌های هر دو رقم ذرت گردید.

آبیاری اول بلافاصله بعد از کاشت و آبیاری دوم چهار روز بعد از کاشت صورت گرفت. آبیاری‌های بعدی براساس ۷۵ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A تنظیم شد. اندازه‌گیری صفات با در نظر گرفتن یک متر از ابتدا و انتهای هر کرت به‌عنوان حاشیه و هم‌چنین انتخاب خطوط کاشت یک و شش به‌عنوان حاشیه انجام شد.

برای اندازه‌گیری میزان غلظت کمی محلول پراکسیداز از روش چنس و ماهلی (Chance and Maehly) با اندکی تغییرات استفاده شد. اندازه‌گیری براساس میزان اکسیدشدن گایکول<sup>۱</sup> توسط این آنزیم انجام می‌گیرد. در این روش ۳۳ میکرولیتر از عصاره استخراج را با یک میلی‌لیتر از محلول پراکسیداز که شامل ۱۳ میلی‌مولار گویکول، ۵ میلی‌مولار پراکسید هیدروژن ( $H_2O_2$ ) و ۵۰ میلی‌مولار بافر فسفات پتاسیم pH=۸ است مخلوط نموده و به‌مدت یک دقیقه با فواصل ۱۰ ثانیه در طول موج ۴۷۰nm جذب آن خوانده شد. برای ساختن ۱۰۰ میلی‌لیتر بافر فسفات پتاسیم، ۳۹ میلی‌لیتر فسفات پتاسیم مونو بازیک ۵۰ میلی‌مولار را با ۶۱ میلی‌لیتر فسفات پتاسیم دی‌بازیک ۵۰ میلی‌مولار ترکیب شد.

### ۱.۳. صفات عملکرد و اجزا عملکرد

جهت بررسی و مشخص نمودن روند تغییرات سطح برگ در تیمارهای مورد بررسی در مرحله رشد برای گیاه اصلی در هر نمونه برداری پس از ۱۴ روز از شروع آزمایش، سه بوته از هر کرت برداشت شد. ابتدا برگ‌های هر بوته از ساقه جدا شده و طول برگ و عرض در بزرگ‌ترین پهنای هر برگ به‌وسیله متر اندازه‌گیری شد، سپس سطح هر بوته به روش تجربی محاسبه گردید ( $A=L*W*0.75$ ). در این فرمول A مساحت برگ، W بزرگ‌ترین پهنای هر برگ و L طول برگ می‌باشد. سپس شاخص سطح برگ از رابطه ریاضی (۱) به‌دست می‌آید (Amanullah et al., 2007):

$$LAI = \frac{LA}{SA} \quad \text{رابطه ۱}$$

نسبت سطح برگ (LAR) عبارتند از نسبت سطح برگ گیاه به وزن کل گیاه. به عبارتی نسبت سطح پهنک یا سطح بافت‌های فتوسنتزکننده به وزن بافت‌های تنفس‌کننده گیاه است. LAR نشان‌دهنده پربریگی یک گیاه نیز می‌باشد و میزان سرمایه‌گذاری گیاه در تولید برگ‌ها را نشان می‌دهد. LAR مؤید اندازه نسبی دستگاه فتوسنتزکننده است و واحد آن مترمربع بر گرم (m<sup>2</sup>/gr) می‌باشد و از طریق تقسیم سرعت رشد نسبی به سرعت جذب خالص به‌دست می‌آید. برای تعیین وزن هزاردانه ۱۰ نمونه ۱۰۰ تایی از بذره‌های هر کرت به‌طور تصادفی انتخاب شده و وزن آن‌ها براساس ۱۴ درصد رطوبت محاسبه شد. صفات تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در ردیف، تعداد دانه در بلال نیز پس از انتخاب تصادفی ۱۰ بلال، اندازه‌گیری شد (شاه‌حسینی و همکاران، ۱۳۹۲). به‌منظور محاسبه عملکرد نهایی، ردیف‌های وسط هر کرت با رعایت حاشیه در زمان برداشت نهایی (مرحله شیری) برداشت شدند. بدین منظور، ابتدا تعداد بوته و تعداد بلال شمارش و سپس عملکرد بلال محاسبه و عملکرد دانه براساس ۱۴ درصد رطوبت با استفاده از دستگاه رطوبت‌سنج غلات (مدل Farmex MT-PRO ساخت کشور فنلاند) تعیین شد. شاخص برداشت (HI) نیز با تقسیم‌کردن عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیکی و برحسب درصد به‌دست آمد (شاه‌حسینی و همکاران، ۱۳۹۲).

$$\text{رابطه ۲} \quad \text{عملکرد اقتصادی} \times 100 = \frac{\text{عملکرد اقتصادی}}{\text{عملکرد بیولوژیکی}} \text{ شاخص برداشت (HI)}$$

### ۲.۳. اندازه‌گیری شاخص‌های رشد

سرعت رشد محصول (CGR)<sup>۲</sup> برحسب گرم بر مترمربع در روز و با استفاده از رابطه (۳) محاسبه شد (Karimi & Siddique, 1990):

$$CGR = \frac{w_2 - w_1}{T_2 - T_1} \quad \text{رابطه ۳}$$

W1 و W2: وزن ماده خشک تولیدی در دو برداشت متوالی  
T1 و T2: فاصله زمانی بین دو برداشت

هم‌چنین سرعت جذب خالص یا سرعت فتوسنتز خالص (NAR)<sup>۳</sup> برحسب گرم بر مترمربع سطح برگ روز و با استفاده از رابطه (۴) محاسبه شد (Wilson, 1981).

$$NAR = \frac{w_2 - w_1}{T_2 - T_1} \times \frac{\ln A_2 \ln A_1}{LA_2 - LA_1} \quad \text{رابطه ۴}$$

در نهایت کلیه داده‌های حاصله با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (9.4)، مورد تجزیه واریانس قرار گرفتند. میانگین صفات معنی‌دار شده براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن<sup>۴</sup> در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS 26 استفاده و جهت رسم نمودار از نرم‌افزار Excel (2016) بهره برده شد.

1. Lowest Area Ratio
2. Crop Growth Rate
3. Net Assimilation Rate
4. Duncan's multiple range test

#### ۴. یافته‌های پژوهش

نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر سال به‌جز شاخص برداشت، سایر صفات عملکرد و اجزای عملکرد معنی‌دار نبود و عملکرد و اجزای عملکرد تحت تأثیر مصرف کاربرد مایکوریزا قرار گرفت. تأثیر نسبت‌های هورمون اکسین/جیبرلین بر تمام صفات موردبررسی معنی‌دار شده است. تأثیر آسکوربیک‌اسید به‌جز درصد رطوبت نسبت برگ بر سایر صفات موردبررسی معنی‌دار شده است. اثر متقابل سایر مایکوریزا فقط بر تعداد دانه در ردیف معنی‌دار شده است. اثر متقابل مایکوریزا نسبت اکسین و جیبرلین به‌جز بر عملکرد دانه بر سایر صفات موردبررسی معنی‌دار شده است. همچنین اثر دو گانه نسبت اکسین/جیبرلین و آسکوربیک‌اسید بر محتوای نسبی آب برگ (RWC)<sup>۱</sup> و تعداد ردیف دانه در بلال معنی‌دار نشده است. اثر سه گانه مایکوریزا، هورمون‌ها و آسکوربیک‌اسید بر تمام صفات موردبررسی معنی‌دار شده است. اثر متقابل چهارگانه سال در سه فاکتور موردبررسی معنی‌دار نگردید.

نتایج تجزیه مرکب نشان داد اثر اصلی مایکوریزا، تیمار اکسین/جیبرلین و آسکوربیک‌اسید و برهم‌کنش دوگانه مایکوریزا-هورمون، مایکوریزا-آسکوربیک‌اسید، اکسین/جیبرلین-آسکوربیک‌اسید و هم‌چنین برهم‌کنش سه‌گانه آن‌ها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بالاترین وزن خشک برگ (۶۱/۷۴) درصد در برهم‌کنش سه‌گانه عامل‌های آزمایش در سطوح تیماری تلقیح مایکوریزا، نسبت اکسین به جیبرلین ۶۰۰ میلی‌گرم به ۳۰۰ میلی‌گرم و عدم مصرف آسکوربیک‌اسید حاصل شد (شکل ۱-الف).

#### ۴.۱. وزن خشک ساقه

نتایج مقایسه میانگین‌ها نیز نشان داد که تلقیح مایکوریزا باعث کاهش معنی‌دار وزن خشک ساقه از ۹۷/۵۳ به ۸۲/۷۰ درصد شد. هم‌چنین مصرف ترکیب ۶۰۰ اکسین به ۳۰۰ میلی‌گرم جیبرلین باعث افزایش معنی‌دار وزن خشک ساقه نسبت به شاهد شد. در رابطه با اثر اصلی آسکوربیک‌اسید نیز مشاهده شد تیمار آسکوربیک‌اسید باعث افزایش معنی‌دار وزن خشک ساقه نسبت به شاهد شد که بیش‌ترین مقدار وزن خشک ساقه در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم آسکوربیک‌اسید به‌دست آمد.

بالاترین وزن خشک ساقه (۱۱۶/۵۲) درصد در برهم‌کنش سه‌گانه عامل‌های آزمایش در سطوح تیماری عدم تلقیح مایکوریزا، عدم مصرف ترکیب هورمونی و مصرف ۱۰۰ میلی‌گرم آسکوربیک‌اسید حاصل شد (شکل ۱-ب).

رستمی و فراهانی (۱۳۹۹) نشان داد با کاهش میزان آب قابل‌استفاده در خاک وزن خشک علوفه به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد، اما تلقیح با قارچ مایکوریزا باعث تعدیل کاهش وزن می‌شود به‌طوری‌که کاهش ۳۲ درصد نسب به گروه شاهد مشاهده گردید. این یافته در مطالعات مشابه دیگر نیز گزارش شده است (کشاورزی و همکاران، ۱۳۹۳). اسید جیبرلیک به‌عنوان تنظیم‌کننده رشد گیاهی با بالابردن تقسیم سلولی و توسعه جوانه‌های انتهایی و جانبی باعث افزایش جذب مواد غذایی می‌گردد. چرا که در زمان تقسیم سلولی نیاز بیش‌تری به مواد غذایی وجود دارد و با بیش‌ترکردن جذب مواد باعث بهبود پارامترهای رشدی از جمله رشد تاسل خواهد شد. که این افزایش رشد بیش‌تر قسمت هوایی گیاه در نهایت موجب بیش‌ترشدن وزن خشک اندام‌ها قسمت‌های هوایی می‌شود.

#### ۴.۲. تعداد دانه در ردیف

نتایج تجزیه مرکب نیز نشان داد اثر مایکوریزا، تیمار اکسین/جیبرلین، آسکوربیک‌اسید و برهم‌کنش دوگانه مایکوریزا-هورمون، مایکوریزا-آسکوربیک‌اسید، هورمون-آسکوربیک‌اسید و برهم‌کنش سه‌گانه آن‌ها در سطح احتمال یک درصد

معنی‌دار بود (جدول ۱). بالاترین میزان دانه در ردیف (۴۵/۴۶ درصد دانه) در برهم‌کنش سه‌گانه عامل‌های آزمایش در سطوح تیماری تلقیح مایکوزیما، نسبت اکسین به جیبرلین ۶۰۰ به ۳۰۰ میلی‌گرم و مصرف ۲۰۰ میلی‌گرم آسکوربیک‌اسید حاصل شد (شکل ۲).

#### ۳.۴. تعداد ردیف در بلال

نتایج تجزیه مرکب نیز نشان داد اثر اصلی مایکوزیما، تیمار اکسین/جیبرلین، در سطح احتمال یک درصد و آسکوربیک‌اسید در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. همچنین نتایج نشان داد تنها برهم‌کنش دوگانه مایکوزیما-هورمون در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بالاترین تعداد ردیف در برهم‌کنش سه‌گانه تیمارهای مورد استفاده در سطوح تیماری تلقیح مایکوزیما، نسبت اکسین به جیبرلین ۶۰۰ به ۳۰۰ میلی‌گرم و در هر سه سطح تیمار آسکوربیک‌اسید حاصل شد (شکل ۳).

#### ۴.۴. شاخص برداشت

نتایج تجزیه مرکب نیز نشان داد اثر اصلی مایکوزیما، تیمار اکسین/جیبرلین، و آسکوربیک‌اسید و برهم‌کنش دوگانه مایکوزیما-هورمون، مایکوزیما-آسکوربیک‌اسید، اکسین/جیبرلین-آسکوربیک‌اسید و برهم‌کنش سه‌گانه آن‌ها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). همچنین متغیر سال در شاخص برداشت تفاوت معنی‌داری را نشان داد. بالاترین مقدار شاخص برداشت (۴۹/۴۵) درصد در برهم‌کنش سه‌گانه تیمارهای مورد استفاده در سطوح تیماری تلقیح مایکوزیما، نسبت اکسین به جیبرلین ۶۰۰ به ۳۰۰ میلی‌گرم و در ۱۰۰ میلی‌گرم آسکوربیک‌اسید حاصل شد که با تیماری تلقیح مایکوزیما، نسبت اکسین به جیبرلین ۳۰۰ به ۶۰۰ میلی‌گرم و شاهد آسکوربیک‌اسید تفاوت معنی‌داری نداشت اما با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری نشان داد (شکل ۴).

با توجه به این‌که شاخص برداشت رابطه نزدیکی با عملکرد دانه در گیاه دارد و تابعی از عملکرد دانه است. لذا افزایش عملکرد دانه می‌تواند باعث افزایش صفت شاخص برداشت در گیاه شود. به‌نظر می‌رسد این افزایش در شاخص برداشت گیاه به دلیل بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاه در اثر اعمال تیمارهای فوق باشد. قارچ میکوزیما با شبکه گسترده از میسلیوم به مناطقی از خاک دسترسی دارد که ریشه‌های گیاه نمی‌تواند در آن مناطق نفوذ کند. حمزه‌ای و می‌آبادی (۱۳۹۳) نیز گزارش کردند قارچ میکوزیما باعث افزایش میزان شاخص برداشت در ذرت گردید.

#### ۵.۴. محتوای نسبی آب برگ

نتایج تجزیه مرکب نیز نشان داد اثر اصلی مایکوزیما، تیمار اکسین/جیبرلین، و برهم‌کنش دوگانه مایکوزیما-هورمون، و برهم‌کنش سه‌گانه آن‌ها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بالاترین مقدار رطوبت نسبی (۷۵/۳۹) درصد در برهم‌کنش سه‌گانه عامل‌های آزمایش در سطوح تیماری تلقیح مایکوزیما، نسبت اکسین به جیبرلین ۶۰۰ به ۳۰۰ میلی‌گرم و در ۱۰۰ میلی‌گرم آسکوربیک‌اسید حاصل شد (شکل ۵).

دلیل افزایش محتوای نسبی آب برگ در گیاهان میکوزیمایی را می‌توان به نقش هیف‌های قارچی در جذب و هدایت آب به ریشه نسبت داد. گیاهان میکوزیمایی با جذب بیش‌تر آب، می‌توانند محتوای نسبی آب بالاتری داشته باشند. همچنین تصور می‌شود افزایش جذب آب در گیاهان میکوزیمایی به هدایت هیدرولیکی ریشه در شرایط همزیستی نیز مرتبط باشد. (2006) Aliasgharzad *et al.* نشان دادند که محتوای نسبی آب برگ در هر دو مرحله رشد گیاه (گلدهی



و بلوغ دانه) با کم شدن رطوبت خاک کاهش می‌یابد. صرف نظر از رطوبت خاک، گیاهان میکوریزایی محتوای نسبی آب برگ بالاتری نسبت به گیاهان غیر میکوریزایی داشتند. مطالعه پژوهش‌گران دیگر نیز نشان داد محلول‌پاشی آسکوربیک‌اسید موجب افزایش محتوای نسبی آب برگ می‌شود (فرهادی و همکاران، ۱۳۹۵).

#### ۴.۶. عملکرد بیولوژیک

نتایج مقایسه میانگین‌ها بیانگر این بود که تلقیح مایکوریزا باعث افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک شد. هم‌چنین مصرف ترکیب ۶۰۰ اکسین به ۳۰۰ جیبرلین باعث افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک نسبت به شاهد شد. در رابطه با اثر اصلی آسکوربیک‌اسید نیز مشاهده شد افزایش غلظت آسکوربیک‌اسید باعث افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک شد (جدول ۱). بالاترین مقدار عملکرد بیولوژیک (۱۵۳۵۶/۱۹) درصد در برهم‌کنش سه‌گانه عامل‌های آزمایشی در سطوح تیماری تلقیح مایکوریزا، نسبت اکسین به جیبرلین ۶۰۰ به ۳۰۰ میلی‌گرم و در ۲۰۰ آسکوربیک‌اسید میلی‌گرم حاصل شد (شکل ۶- الف).

دلیل افزایش عملکرد بیولوژیک اثرات مثبت ترکیب تیماری و کاربرد قارچ میکوریزا بر گیاه ذرت است. قارچ میکوریزا دارای پتانسیل جذب آب و عناصر غذایی موردنیاز گیاه از طریق تولید میسیلیوم و افزایش میزان فسفر و نیتروژن و سایر عناصر کم‌مصرف در خاک به‌منظور استفاده گیاه می‌باشد. در واقع گیاهان میکوریزایی انرژی کم‌تری برای تشکیل ریشه صرف می‌کنند، لذا این گیاهان نسبت اندام هوایی بالاتری نسبت به سایر گیاهان دارند (انصوری، ۱۳۹۲). هم‌چنین می‌توان نتیجه گرفت که دلیل افزایش عملکرد بیولوژیک می‌تواند به نقش اکسین در فتوستتوز و از همه مهم‌تر سبزیگی ذرت و داشتن برگ‌های سبزتر باشد. مشاهده شده است که در تیمارهای عدم کاربرد هورمون نسبت به کاربرد هورمون، ریزش برگ‌های ذرت بیش‌تر است (Ashraf et al., 2006). هورمون جیبرلین نیز با افزایش محور طولی و افزایش فاصله میان گره‌ها باعث به افزایش رشد طولی ذرت می‌شود و در نهایت افزایش عملکرد بیولوژیک را در پی دارد (هاپکینز، ۱۳۸۳). کشاورزی و همکاران (۱۳۹۳) با بررسی اثر هورمون‌های جیبرلین و اکسین بر رشد گیاه ذرت علوفه‌ای و مشاهده افزایش وزن تر گیاه و عملکرد کل علوفه تحت تأثیر سطوح مختلف هورمون جیبرلین به این نتیجه رسیدند که این افزایش نشان‌دهنده این است که جیبرلین در مسیر فتوستتوز گیاه نقش دارد که بهبود فتوستتوز منجر به افزایش اسیمیلات‌ها و در نهایت عملکرد بیولوژیک خواهد شد.

#### ۴.۷. عملکرد دانه

نتایج تجزیه مرکب نیز نشان داد اثر اصلی مایکوریزا، تیمار اکسین/ جیبرلین و آسکوربیک‌اسید و برهم‌کنش دوگانه اکسین/ جیبرلین - آسکوربیک‌اسید و هم‌چنین برهم‌کنش سه‌گانه آن‌ها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بالاترین مقدار عملکرد دانه (۷۴۱۰/۷۲) درصد در برهم‌کنش سه‌گانه تیمارهای مورد استفاده در سطوح تیماری تلقیح مایکوریزا، نسبت اکسین به جیبرلین ۶۰۰ به ۳۰۰ میلی‌گرم و در ۲۰۰ میلی‌گرم آسکوربیک‌اسید حاصل شد که با تیماری تلقیح مایکوریزا، نسبت اکسین به جیبرلین ۶۰۰ به ۳۰۰ میلی‌گرم و ۱۰۰ میلی‌گرم آسکوربیک‌اسید تفاوت معنی‌داری نداشت اما با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری نشان داد (شکل ۶- ب).

در مطالعات قبلی محلول‌پاشی با ۱۲۰ میلی‌گرم آسکوربیک‌اسید موجب افزایش ۳۲/۱ درصد عملکرد دانه گزارش شده بود (فرهادی و همکاران، ۱۳۹۵). دلیل افزایش عملکرد دانه اثرات مثبت ترکیب تیماری و کاربرد قارچ میکوریزا بر گیاه ذرت است. در واقع گیاهان میکوریزایی انرژی کم‌تری برای تشکیل ریشه صرف می‌کنند، لذا این گیاهان نسبت

اندام هوایی بالاتری نسبت به سایر گیاهان دارند (انصوری، ۱۳۹۱). هورمون جیبرلین نیز با افزایش محور طولی و افزایش فاصله میان‌گره‌ها باعث به افزایش رشد طولی ذرت می‌شود و در نهایت افزایش عملکرد بیولوژیک را در پی دارد (هاپکینز، ۱۳۸۳). برای رشد گیاه و در نهایت ذخیره در دانه به‌عنوان تنها مخزن ذخیره‌ای گیاه استفاده خواهد می‌شود که نقش مهمی در افزایش عملکرد دانه را در پی دارد (کشاورزی و همکاران، ۱۳۹۳). در تطابق با اثر مثبت تنظیم‌کننده‌های رشد بر عملکرد، نتایج مطالعه دوانی و همکاران (۱۳۹۶) نشان داد مصرف سیتوکین و اکسین باعث افزایش عملکرد دانه به میزان ۳۴/۳ و ۴۳/۵ درصد شد. نتایج مطالعه اخیر نیز نشان داد که جیبرلیک‌اسید از طریق تأثیر مثبت بر افزایش و بهبود اجزای عملکرد در نهایت می‌تواند عملکرد دانه ذرت را افزایش دهد (ملکی و همکاران، ۱۳۹۹).

#### ۴.۸. آسکوبات پراکسیداز

نتایج تجزیه مرکب نیز نشان داد اثر اصلی، مایکوزیما، ترکیب هورمونی و آسکوبیک‌اسید و هم‌چنین برهم‌کنش دوگانه ترکیب هورمونی - آسکوبیک‌اسید و برهم‌کنش سه‌گانه تیمارها در سطح یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ۱). بالاترین مقدار اسکوبات پراکسیداز در برهم‌کنش سه‌گانه عامل‌های آزمایش در سطوح تیماری تلقیح مایکوزیما، ترکیب هورمونی ۶۰۰ اکسین - ۳۰۰ جیبرلین میلی‌گرم بر لیتر و عدم مصرف آسکوبیک‌اسید حاصل شد (شکل ۷).

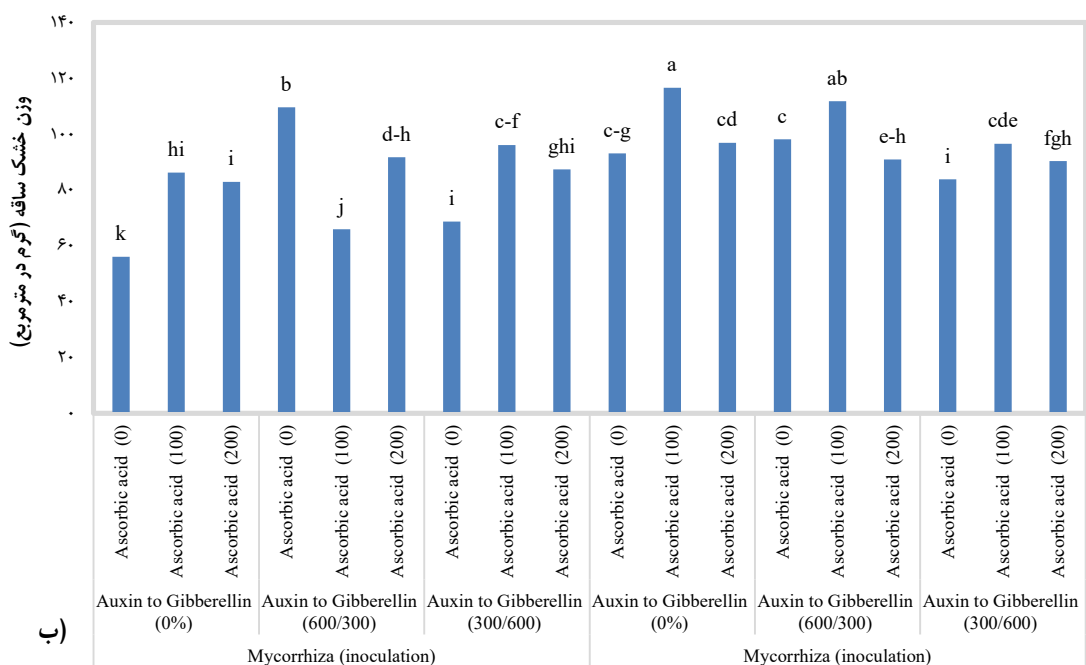
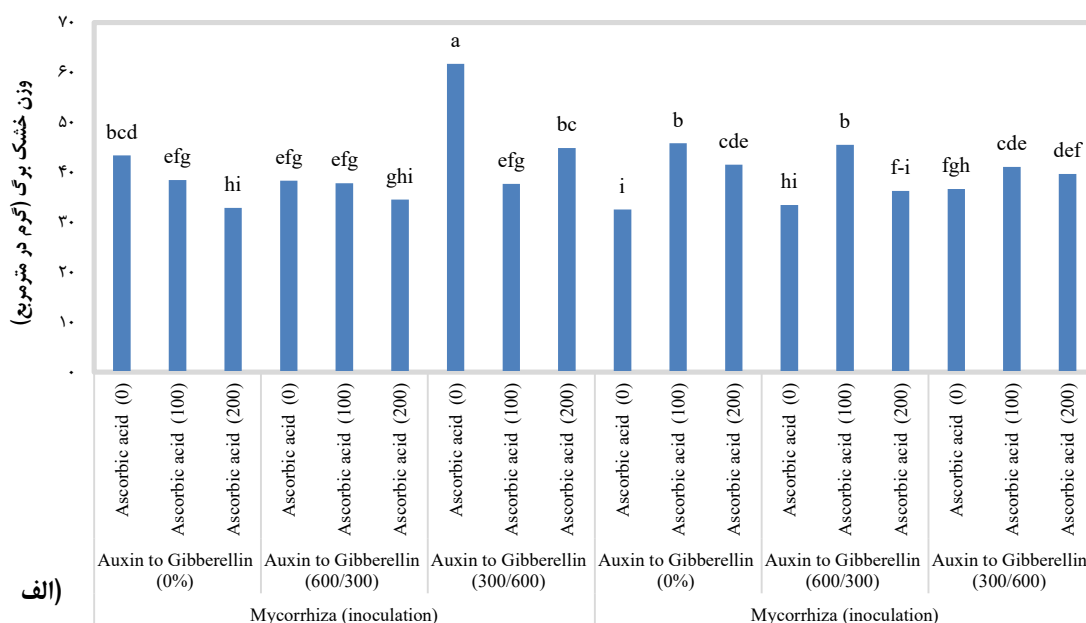
جدول ۱. نتایج تجزیه مرکب صفات عملکرد و اجزای عملکرد ذرت

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک برگ	وزن خشک ساقه	وزن خشک تانسل	تعداد دانه در ردیف	شاخص برداشت	تعداد ردیف در بال	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	RWC	میانگین مربعات	
											اسکوبات پراکسیداز	اسکوبات پراکسیداز
سال (Y)	۱	۲۰۸۰ ns	۶۴۳۹ ns	۰۲۸ ns	۷۵۴ ns	۱۰۰۱ **	۱۱۳ ns	۱۰۳۹۷۰ ns	۱۰۲۱۴۴۰ ns	۱۳۰۸ ns	۰۰۱ ns	
بلوک (سال)	۴	۷۷۵۳۳	۸۹۱۰۰	۱۵۲۶	۸۱۶۵	۷۳۹	۲۸۷۵	۳۱۵۳۱۳۳۰	۳۱۳۰۱۲۰۱۳	۲۰۶۳۷	۳۰۱۹	
مایکوزیما (M)	۱	۹۶۸۵ **	۵۹۳۴۵۴ **	۰۹۹ ns	۲۸۱۲۱۲ **	۷۹۳۴۳۰ **	۱۱۲۲۳۴ **	۲۳۴۵۴۶۹۰۵۰ **	۶۰۹۱۳۵۲۶۰۵۹ **	۲۹۹۸۶۵ **	۸۷۱ **	
Y×M	۱	۵۸۶ ns	۲۲۲۲ ns	۰۱۴ ns	۵۶۷۳ **	۰۶۹ ns	۰۴۶ ns	۱۴۱۸۰۳۰ ns	۳۷۶۸۰ ns	۶۵۲ ns	۰۲۳ *	
خطای اصلی	۴	۸۰۶	۲۴۰	۰۵۶	۰۳۳	۳۰۲	۱۶۰	۲۷۹۵۴۶۰	۳۳۱۶۵۶	۸۹۹	۰۱۲	
اکسین/ جیبرلین (H)	۲	۳۴۹۳۱ **	۵۷۳۸۷ **	۱۴۶ **	۳۸۲۶ **	۳۴۱۷۹ **	۲۰۱۱ **	۱۷۳۴۶۷۰۵۰۱ **	۲۸۶۸۹۶۵۶۰۶ **	۷۲۹۳۹ **	۱۹۰ **	
Y×O	۲	۰۰۴ ns	۰۰۲ ns	۱۴۴ **	۶۱۸ *	۰۶۵ ns	۰۰۰۲ ns	۱۰۴۱۳۳۰ ns	۸۵۵۵۶۷ ns	۲۰۵ ns	۰۰۷ ns	
M×O	۲	۳۳۵۵۹ **	۱۰۸۲۲۶ **	۲۹۹ **	۶۶۹۰ **	۷۲۵ **	۵۶۵ **	۳۶۴۸۶۱۲۰ ns	۴۰۹۱۸۵۹۳ **	۱۲۱۶۹ **	۰۰۴ ns	
Y×M×O	۲	۱۹۹۴ ns	۲۰۸۲ ns	۰۶۹ ns	۲۶۰۸ **	۰۹۲ ns	۰۶۷ ns	۱۷۸۴۵۰۰ ns	۱۶۶۵۵ ns	۱۳۶۱ ns	۰۰۱ ns	
آسکوبیک‌اسید (A)	۲	۹۰۷۱ **	۱۰۱۰۰۲ **	۲۶۵ **	۵۶۸۴ **	۳۳۲۲ **	۲۶۳ *	۷۵۲۲۴۵۳۰ **	۱۷۰۴۳۲۰۳۵ **	۱۲۹۴ ns	۰۶۶ **	
Y×A	۲	۲۷۸۰ ns	۱۳۱ ns	۰۰۲ ns	۳۱۳ ns	۰۱۲ ns	۰۹۲ ns	۵۱۱۰۵۰ ns	۴۰۳۴۳۲ ns	۰۸۶ ns	۰۰۱ ns	
M×A	۲	۹۶۴۴۴ **	۹۲۹۲۶ **	۲۲۶ **	۵۹۶ *	۳۴۵ **	۱۶۶ ns	۱۵۳۸۵۸۰ ns	۲۰۶۷۹۶۳۹ **	۱۸۴ ns	۰۰۸ ns	
Y×M×A	۲	۱۰۲۰ ns	۴۶۹۱ ns	۰۰۵ ns	۲۶۶ **	۰۱۶ ns	۰۲۲ ns	۵۴۷۶۵ ns	۴۷۸۰۴۰ **	۳۶۳ ns	۰۰۲ ns	
O×A	۴	۲۲۱۳۳ **	۱۵۸۶۳۹ **	۷۳۳ **	۷۱۸ ns **	۳۴۱ **	۱۴۹ ns	۸۲۵۵۲۵ **	۵۵۰۸۸۴۸۰ **	۸۸۷ ns	۰۰۳ **	
Y×O×A	۴	۱۶۲۶ ns	۶۴۴ ns	۰۱۲ ns	۶۹۴ **	۰۳۱ ns	۰۱۸ ns	۱۱۸۷۰۰ ns	۱۵۶۰۴۳۹ ns	۳۶۸ ns	۰۰۸ ns	
M×O×A	۴	۷۳۸۹ **	۱۳۳۵۶۱ **	۱۵۱ **	۸۸۷ **	۶۸۲ **	۰۱۸ ns	۵۲۰۷۶۴۰ **	۱۴۱۲۰۲۳۴ **	۳۱۰۵ ns	۰۰۲ **	
Y×M×O×A	۴	۱۵۴۱ ns	۷۳۷۷ *	۰۱۴ ns	۱۶۲ ns	۰۲۷ ns	۰۴۳ ns	۷۰۶۷۰۰ ns	۳۸۱۱۵۸ ns	۱۱۳ ns	۰۰۴ ns	
خطا	۶۵	۱۱۷۲	۲۷۳۴	۰۲۷	۱۸۲	۰۵۱	۰۷۲	۹۸۶۴۳	۶۸۹۳۵	۵۳۴	۰۰۵	
ضریب تغییرات (%)		۸۵۲	۵۸۰	۸۶۸	۴۰۱	۱۹۲۷	۷۰۱۲	۱۹۲۲	۶۰۶	۳۴۹	۱۳۲۶	

ns و \*\* به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

۵. بحث

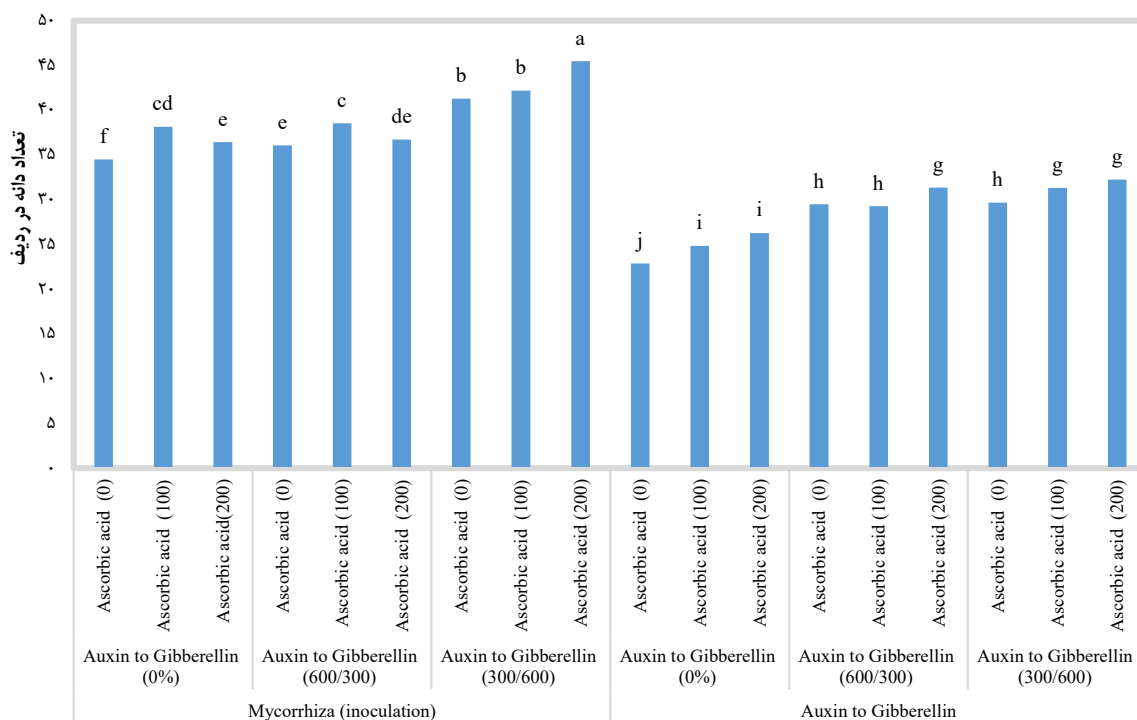
تلقیح بذره‌های گندم با قارچ مایکوریزا نسبت اکسین/ جیبرلین و آسکوربیک اسید در مرحله زایشی ارقام ذرت اثر قابل توجهی بر عملکرد، اجزای عملکرد و کیفیت جوانه‌زنی بذره‌های ذرت تولیدی داشت. نتایج نشان داد که مایکوریزا بر وزن خشک برگ، ساقه، و بلال و وزن دانه و عملکرد و همچنین صفات بیولوژیکی تأثیر معنی‌داری دارد.



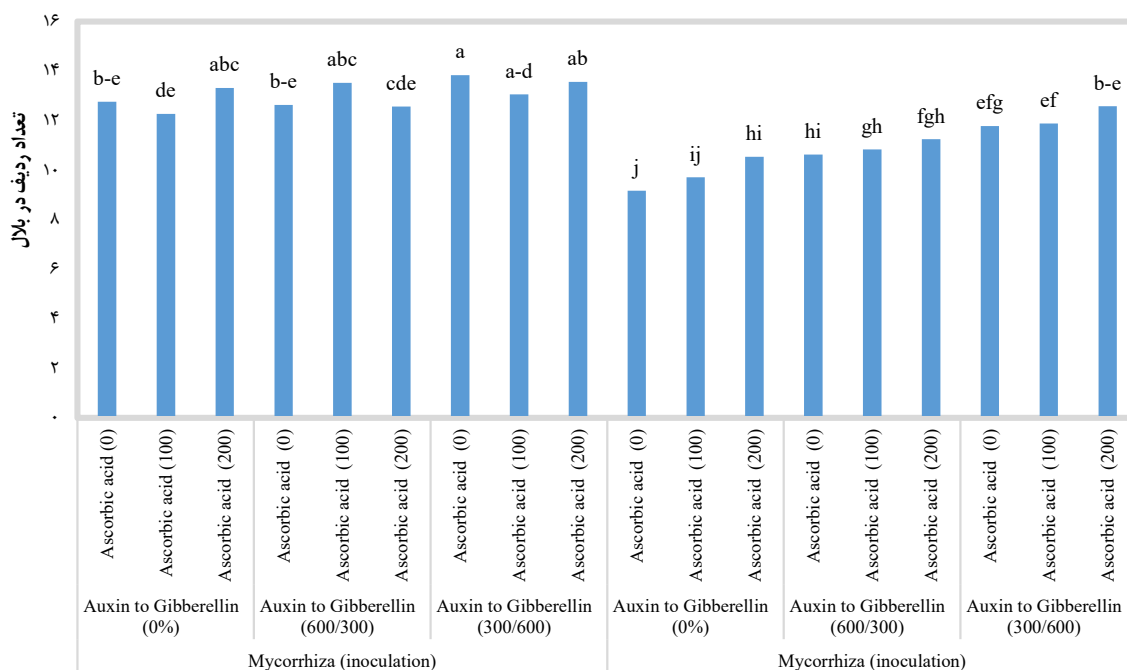
شکل ۱. الف) اثر برهم‌کنش سه‌گانه عامل‌های آزمایش بر وزن خشک گیاه ذرت (خطای استاندارد: ۰.۳۳۵)؛

ب) اثر برهم‌کنش سه‌گانه عامل‌های آزمایش بر وزن خشک ساقه گیاه ذرت (خطای استاندارد: ۰.۶۰۶).

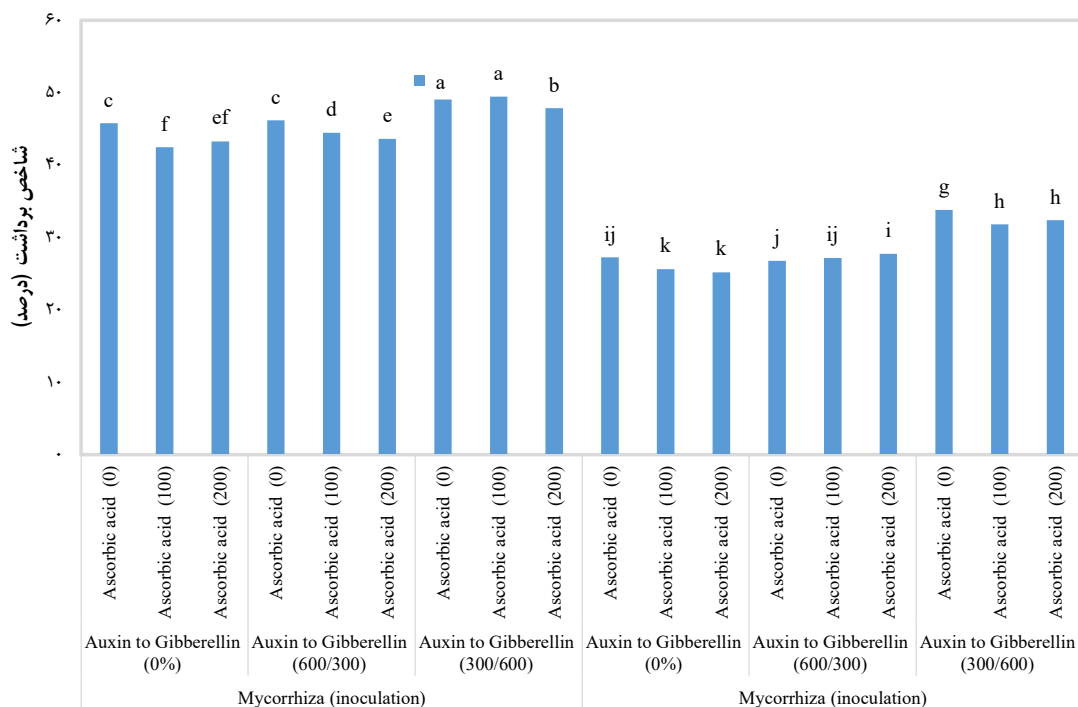
حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار براساس آزمون دانکن می‌باشد.



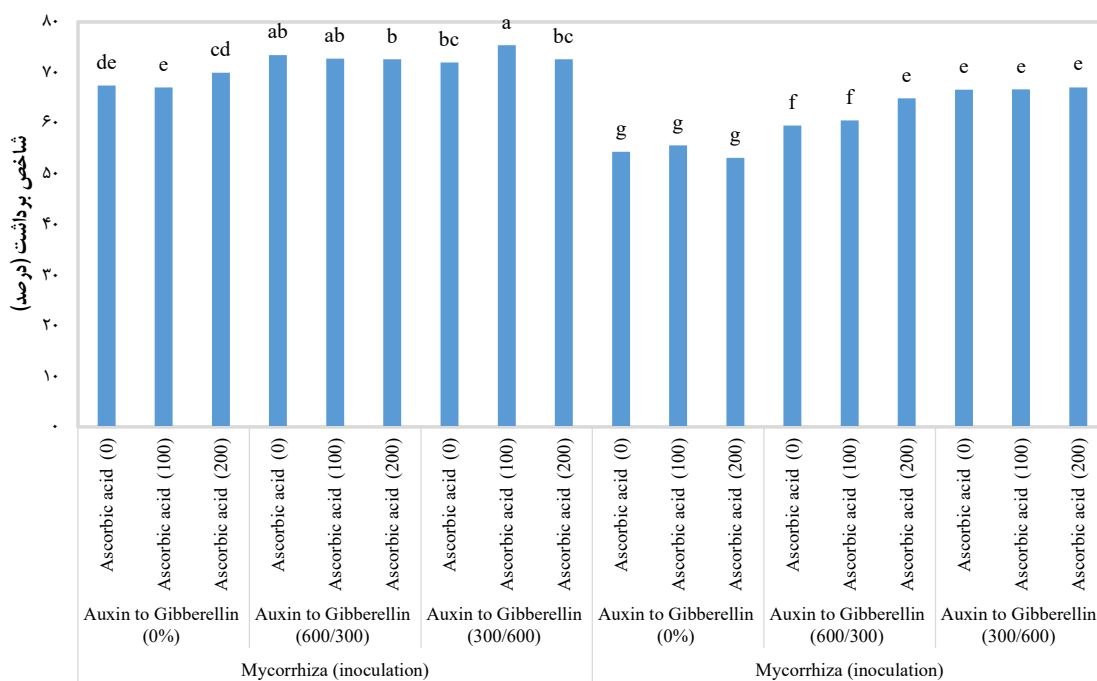
شکل ۲. اثر برهم‌کنش سه‌گانه عامل‌های آزمایشی بر تعداد دانه در ردیف بلال گیاه ذرت (خطای استاندارد: ۵۷۹). حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار براساس آزمون دانکن می‌باشد.



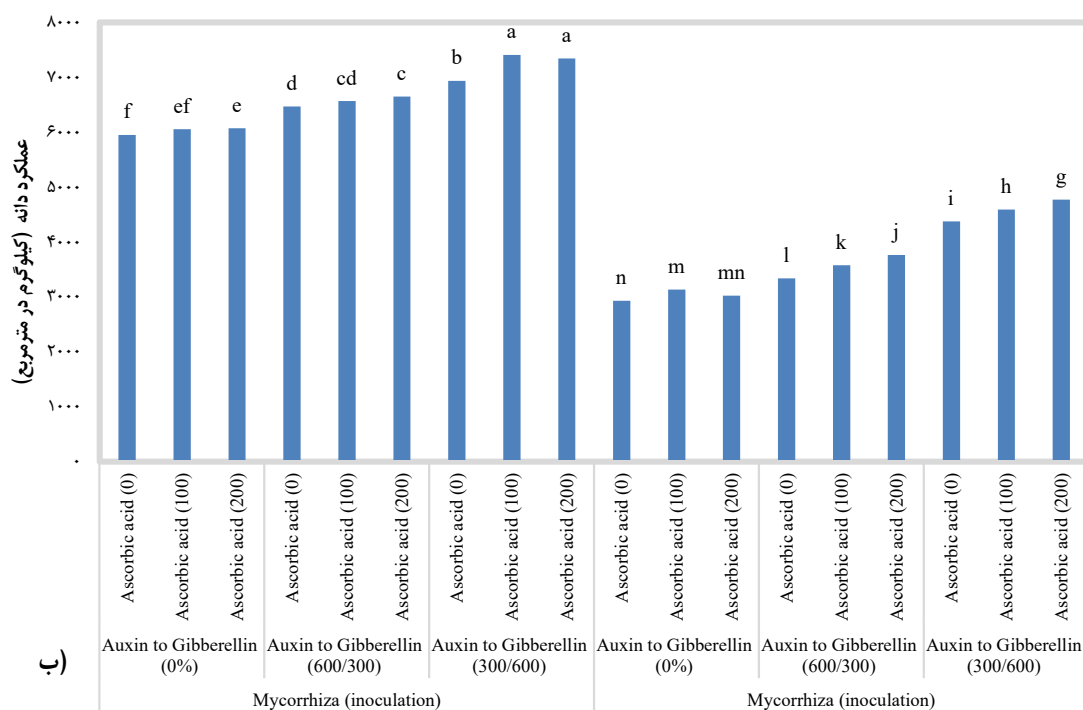
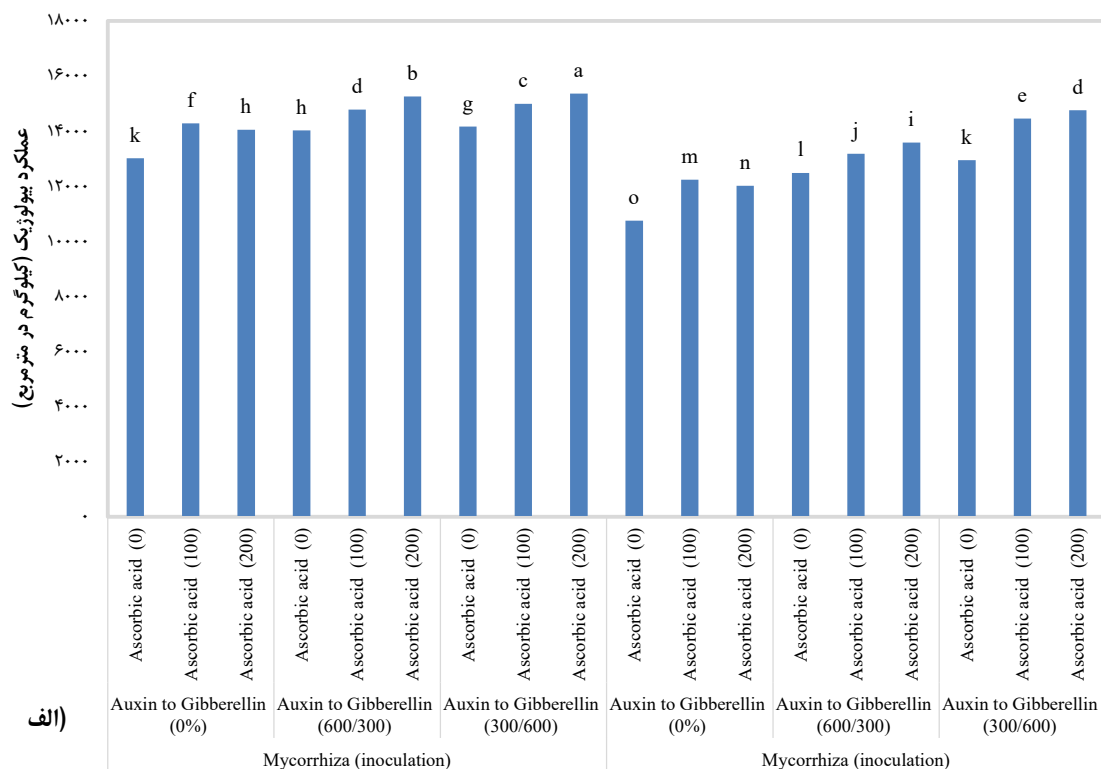
شکل ۳. اثر برهم‌کنش سه‌گانه عامل‌های آزمایشی بر تعداد ردیف در بلال (خطای استاندارد: ۷۱۱). حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار براساس آزمون دانکن می‌باشد.



شکل ۴. اثر برهم کنش سه گانه عامل‌های آزمایشی بر شاخص برداشت گیاه ذرت (خطای استاندارد: ۴۹۷). حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار براساس آزمون دانکن می‌باشد.



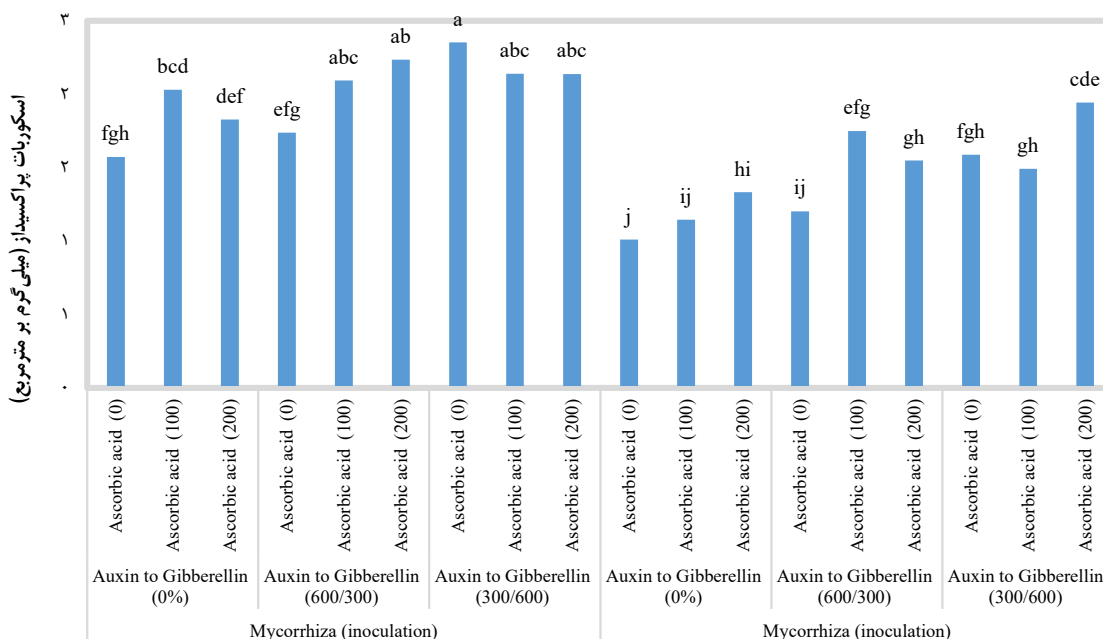
شکل ۵. اثر برهم کنش سه گانه عامل‌های آزمایشی بر محتوی رطوبت نسبی برگ در گیاه ذرت (خطای استاندارد: ۵۰۱). حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار براساس آزمون دانکن می‌باشد.



شکل ۶. الف) اثر برهم‌کنش سه‌گانه عامل‌های آزمایش بر عملکرد بیولوژیک در گیاه ذرت (خطای استاندارد: ۶۸۷)؛

ب) اثر برهم‌کنش سه‌گانه تیمارهای مورد استفاده بر عملکرد دانه گیاه ذرت (خطای استاندارد: ۵۲۵).

حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار براساس آزمون دانکن می‌باشد.



شکل ۷. اثر برهم کنش سه گانه عامل های آزمایشی بر اسکوربات پراکسیداز (خطای استاندارد: ۰.۰۹۷). حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار براساس آزمون دانکن می باشد.

به ترتیب بالاترین مقدار عملکرد دانه (۷۴۱۰/۷۲) میلی گرم بر لیتر در سطوح تیماری تلقیح مایکوریزا، نسبت اکسین به جیبرلین ۶۰۰ میلی گرم به ۳۰۰ میلی گرم بر لیتر و در ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر آسکوربیک اسید، بالاترین عملکرد وزن خشک ساقه (۱۱۶/۵۲ درصد) در برهم کنش سه گانه عامل های آزمایشی در سطوح تیماری عدم تلقیح مایکوریزا، عدم مصرف ترکیب هورمونی و مصرف ۱۰۰ میلی گرم آسکوربیک اسید، بالاترین عملکرد میزان دانه در ردیف (۴۵/۴۶ درصد) در نسبت اکسین به جیبرلین ۶۰۰ میلی گرم بر لیتر به ۳۰۰ میلی گرم بر لیتر و مصرف ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر آسکوربیک اسید، بالاترین تعداد ردیف در نسبت اکسین به جیبرلین ۶۰۰ میلی گرم بر لیتر به ۳۰۰ میلی گرم بر لیتر و در هر سه سطح تیمار آسکوربیک اسید بالاترین مقدار شاخص برداشت (۴۹/۴۵ درصد) در برهم کنش سه گانه تیمارهای مورد استفاده در سطوح تیماری تلقیح مایکوریزا، نسبت اکسین به جیبرلین ۶۰۰ میلی گرم بر لیتر به ۳۰۰ میلی گرم بر لیتر و در ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر آسکوربیک اسید، بالاترین مقدار رطوبت نسبی (۷۵/۳۹ درصد) در نسبت اکسین به جیبرلین ۶۰۰ میلی گرم بر لیتر به ۳۰۰ میلی گرم بر لیتر و در ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر آسکوربیک اسید، بالاترین مقدار اسکوربات پراکسیداز در برهم کنش سه گانه عامل های آزمایشی در سطوح تیماری تلقیح مایکوریزا، ترکیب هورمونی ۶۰۰ میلی گرم اکسین-۳۰۰ میلی گرم جیبرلین و عدم مصرف آسکوربیک اسید حاصل شد. نتایج نشان داد تلقیح هر سه تیمار تأثیر مثبت و معنی داری در عملکرد و اجزای عملکرد ذرت داشت.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد تلقیح مایکوریزا و نسبت ترکیبی اکسین و جیبرلین تأثیر مثبت و معنی داری در روند رشد خصوصیات بیوشیمیایی و عملکردی ذرت داشت. علاوه بر آن، نتایج مطالعه افزایش در تعداد دانه در ردیف، تفاوت معنی دار در عملکرد دانه ناشی از افزایش قدرت فتوسنتز که در نهایت منجر به افزایش شاخص برداشت ذرت می شود و اثرات مثبت قارچ مایکوریزا بر عملکرد بیولوژیک گیاه ذرت را نشان داد. به طور کلی می توان گفت استفاده از روش تلقیح مایکوریزا و نسبت ترکیبی اکسین و جیبرلین می تواند موجب تقویت رشد و فعالیت گیاه شده و در نتیجه محصول بهتری ارائه نماید.

## ۶. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

نتایج پژوهش حاضر نشان داد تلقیح مایکروریزا و نسبت به ترکیبی اکسین و جبرلین تأثیر مثبت و معنی‌داری در روند رشد خصوصیات بیوشیمیایی و عملکردی ذرت داشت. علاوه بر آن، نتایج مطالعه افزایش در تعداد دانه در ردیف، تفاوت معنی‌داری در عملکرد دانه ناشی از افزایش قدرت فتوسنتز که در نهایت منجر به افزایش شاخص برداشت ذرت می‌شود و اثرات مثبت قارچ مایکوریزا بر عملکرد بیولوژیک گیاه ذرت را نشان داد. به‌طور کلی، می‌توان گفت استفاده از روش تلقیح مایکوریزا و نسبت ترکیبی اکسین و جبرلین می‌تواند موجب تقویت رشد و فعالیت گیاه شده و در نتیجه محصول بهتری ارائه نماید.

پیشنهادهای پژوهش حاضر نیز به شرح ذیل ارائه می‌گردد:

- انجام آزمایش در مکان‌هایی با اقلیم متفاوت
- بررسی سایر صفات بیوشیمیایی و آنزیمی
- انجام آزمایش روی ارقام متفاوت ذرت
- انجام آزمایش در شرایط واقعی مزرعه
- استفاده از سایر تنظیم‌کننده‌های رشد
- استفاده از سویه‌های مختلف قارچ مایکوریزا

## ۷. تشکر و قدردانی

از اساتید و پرسنل محترم آزمایشگاه دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه آزاد واحد اهواز، تشکر و قدردانی می‌گردد.

## ۸. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافی توسط نویسندگان وجود ندارد.

## ۹. منابع

- انصوری، ع (۱۳۹۱). اثر همزیستی قارچ‌های میکوریزا، باکتری تیوباسیلوس و سطوح مختلف گوگرد بر رشد و عملکرد ذرت، *پایان‌نامه کارشناسی ارشد*. به‌راهنمایی احمد غلامی. شاهرود: دانشگاه صنعتی شاهرود، دانشکده کشاورزی.
- حمزه‌ای، ج. و می‌آبادی، س (۱۳۹۳). تأثیر قارچ‌های میکوریزای آرباسکولار و آبیاری بر شاخص کلروفیل، عملکرد و اجزای عملکرد سورگوم. *مجله تولید و فرآوری گیاهی*، ۴۷ (۴)، ۶۲۱-۶۳۱.
- خدابنده (۱۳۸۷). *کشت غلات*. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- دلگشا، م (۱۳۹۳). مقایسه اثر کودهای بیولوژیکی و شیمیایی بر روند رشد و عملکرد و اجزای عملکرد ذرت. *پایان‌نامه کارشناسی ارشد*. کرج: دانشگاه پیام نور، دانشکده کشاورزی.
- دوانی، داوود؛ نبی پور، مجید و روشنفکر دزفولی، حبیب‌الله (۱۳۹۶). اثر غلظت‌های مختلف سیتوکینین و اکسین بر عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت دانه‌ای (*Zea mays L.*) در شرایط شور. *تولیدات گیاهی*، ۴۰ (۱)، ۶۹-۸۰.
- رستمی، طیبیه، و ملکی فراهانی، سعیده (۱۳۹۹). تأثیر تلقیح مایکوریزا و کاربرد مویان بر خصوصیات علوفه ای ذرت هیبرید ۷۰۶ در شرایط کم آبیاری. *به‌زراعی کشاورزی*، ۲۲ (۳)، ۳۳۳-۳۴۴.



شاه‌حسینی، زهره، غلامی، احمد و اصغری، حمید رضا (۱۳۹۲). بررسی تأثیر همزیستی میکوریزایی بر کاهش اثرات تنش کم‌آبی، شاخص‌های رشد (*Zea mays* L.) و عملکرد ذرت. *علوم گیاهان زراعی ایران*، ۴۴ (۲)، ۲۴۹-۲۶۰.  
<https://doi.org/10.22059/ijfcs.2013.35114>

فرهادی، دانیال؛ اصغری، حمیدرضا؛ عامریان، محمدرضا و عباسپور، علی (۱۳۹۵). بررسی تأثیر زئولیت و قارچ میکوریزا آریسکولار بر برخی از خصوصیات مورفولوژیک و عملکرد ذرت در سطوح مختلف فسفر خاک. *دو فصلنامه زیست شناسی خاک*، ۴ (۱)، ۵۲-۳۹.

کشاوری، محمدصادق، جعفری حقیقی، برمک، و باقری، علیرضا (۱۳۹۲). ارزیابی تأثیر هورمون اکسین و جیبرلین بر خصوصیات کمی و کیفی ذرت علوفه‌ای. *اکوفیزیولوژی گیاهی*، ۵ (۱۵)، ۲۶-۳۵.

محمدی، سلیمان؛ علی‌وند، لیلی؛ فرح‌وش، فرهاد؛ حمزه، حمزه؛ انوری، کامران و عارفی، سونیا (۱۳۹۲). گروه بندی هیبریدهای ذرت بر اساس برخی خصوصیات زراعی. *اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی*، ۷ (۱۱)، ۱-۱۶.

ملکی، عباس؛ فتاحی، امین و بهامین، صادق (۱۳۹۹). تأثیر هورمون جیبرلین بر عملکرد، شاخص‌های رشد و صفات بیوشیمیایی ذرت (*Zea mays* L.) تحت تنش خشکی. *مجله تحقیقات اکوفیزیولوژی گیاهی ایران*، ۱۵ (۵۹)، ۱-۱۶.

هاپکینز، ویلیام جی (۱۳۸۳). *مقدمه‌ای بر فیزیولوژی گیاهی*. ترجمه علی احمدی، پرویز احسان‌زاده، فرهاد جباری. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

## References

- Aliasgharzad, N., Neyshabouri, M. R., & Salimi, G. (2006). Effects of arbuscular mycorrhizal fungi and Bradyrhizobium japonicum on drought stress of soybean. *Biologia*, 61(19), S324-S328.
- Amanullah, M. J. H., Nawab, K., & Ali, A. (2007). Response of specific leaf area (SLA), leaf area index (LAI) and leaf area ratio (LAR) of maize (*Zea mays* L.) to plant density, rate and timing of nitrogen application. *World Applied Sciences Journal*, 2(3), 235-243.
- Ansori, A. (2012). Effect of mycorrhizal fungi symbiosis, thiobacillus bacteria and sulfur different levels on growth and yield of corn. *M.Sc. Thesis*. Under the supervision of Ahmed Gholami. Shahrood: university of shahrood, Faculty of Agriculture. (In Persian).
- Ashraf, M. Y., Azhar, N., & Hussain, M. (2006). Indole acetic acid (IAA) induced changes in growth, relative water contents and gas exchange attributes of barley (*Hordeum vulgare* L.) grown under water stress conditions. *Plant growth regulation*, 50(1), 85-90.
- Chen, E. C., Morin, E., Beaudet, D., Noel, J., Yildirim, G., Ndikumana, S., Charron, P., St-Onge, C., Giorgi, J., & Krüger, M. (2018). High intraspecific genome diversity in the model arbuscular mycorrhizal symbiont *Rhizophagus irregularis*. *New Phytologist*, 220(4), 1161-1171.
- Davani, D., Nabipour, M., & Roshanfekar Dezfouli, H. (2017). Effects of Different Concentrations of Cytokinin and Auxin Hormones on Yield and Yield Components of Grain Maize (*Zea mays* L.) in Salinity Conditions. *Plant Productions*, 40(1), 69-80. (In Persian).
- Dayal, V., Dubey, A., Singh, S., Sharma, R., Dahuja, A., & Kaur, C. (2016). Growth, yield and physiology of mango (*Mangifera indica* L.) cultivars as affected by polyembryonic rootstocks. *Scientia Horticulturae*, 199, 186-197.
- Delgosh, M. (2014). Comparison of the effect of biological and chemical fertilizers on the growth process and yield and yield components of corn. *M.Sc. Thesis*. Karaj: Payam Noor University, Faculty of Agriculture. (In Persian).
- Farhadi, D., Asghari, H. R., Amerian, M.R., & Abbaspour, A. (2016). Investigation of the effect of zeolite and Arbuscular mycorrhiza on some morphological characteristics and yield of maize at different levels of soil phosphorus. *Two Quarterly Journal of Soil Biology*, 4(1), 39-52. (In Persian).
- Hamzei, J., & Meyabadi, S. (2014). The effect of irrigation and arbuscular mycorrhizae fungi on chlorophyll index, yield and yield component of sorghum. *Journal of Crop Production and Processing*, 47(4), 621-631. (In Persian).

- Hopkins, G. W. (2004). *Introduction to plant physiology*. John Wiley & Sons, Inc. Translated by Ali Ahmadi, Parviz Ehsanzadeh, Farhad Jabari. Tehran: University of Tehran Publications. (In Persian).
- Hosseini-fard, M., Stefaniak, S., Ghorbani Javid, M., Soltani, E., Wojtyla, L., & Garnczarska, M. (2022). Contribution of exogenous proline to abiotic stresses tolerance in plants: a review. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(9), 5186. <https://doi.org/10.3390/ijms23095186>.
- Javid, M. G., Hoseini-fard, M. S., Allahdadi, I., & Soltani, E. (2022). Hormonal priming with BAP and GA3 induces improving yield and quality of saffron flower through promotion of carbohydrate accumulation in corm. *Journal of Plant Growth Regulation*, 41, 205-215. <https://doi.org/10.1007/s00344-020-10286-y>.
- Karimi, M. M., & Siddique, K. H. M. (1991). Crop growth and relative growth rates of old and modern wheat cultivars. *Australian Journal of Agricultural Research*, 42(1), 13-20.
- Keshavarzi, M., Jafari Haghighi, B., & Bagheri, A. (2014). The evaluation of auxin and gibberellin hormone on quantitative and qualitative characteristics of forage corn. *Plant Ecophysiology*, 5(15), 26-35. (In Persian).
- Khan, N. A., Singh, S., Nazar, R., & Lone, P. M. (2007). The source-sink relationship in mustard. *Asian and Australasian Journal of Plant Science and Biotechnology*, 1, 10-18.
- Khodabandeh, N. (2008). *Cereal cultivation*. Tehran: University of Tehran Publication. (In Persian).
- Mahender, S., Narendra, K., Tomar, I., Dudwe, T., Yadav, R., & Sahu, Y. (2018). Effect of gibberellic acid on growth, yield and economics of maize (*Zea mays* L.). *Journal of AgriSearch*, 5(1), 25-29.
- Maleki, A., Fathi, A., & Bahamin, S. (2020). The effect of gibberellin hormone on yield, growth indices, and biochemical traits of corn (*Zea mays* L.) under drought stress. *Journal of Iranian Plant Ecophysiological Research*, 15(59), 1-16. (In Persian).
- Marschner, H. (2011). *Marschner's mineral nutrition of higher plants*. Adelaide: Academic press. <https://doi.org/10.1016/C2009-0-63043-9>.
- Mohammadi, S., Alivand, L., Farahvash, F., Hamzeh, H., Anvari, K., & Arefi, S. (2013). Grouping of Late Maturing Corn Hybrids in Relation to some Agronomic Traits. *Journal of Crop Ecophysiology*, 7(25(1)), 1-16. (In Persian).
- Rai, M., & Varma, A. (2005). Arbuscular mycorrhiza-like biotechnological potential of *Piriformospora indica*, which promotes the growth of *Adhatoda vasica* Nees. *Electronic Journal of Biotechnology*, 8(1), 1-6.
- Ronga, D., Caradonia, F., Francia, E., Morcia, C., Rizza, F., Badeck, F.-W., Ghizzoni, R., & Terzi, V. (2019). Interaction of tomato genotypes and arbuscular mycorrhizal fungi under reduced irrigation. *Horticulturae*, 5(4), 79.
- Rostami, T., & Farahani, S. M. (2020). The Impact of Applying Mycorrhiza and Surfactant on Forage Characteristics of Maize under Deficit Irrigation. *Journal of Crops Improvement*, 22(3). (In Persian).
- Shahhosseini, Z., Gholami, A., & Asghari, H. R. (2014). Investigation of the effect of mycorrhiza symbiosis on planting of dehydration stress – *Zea* growth indices and corn yield. *Iranian Journal of Crop Science*, 22(2). 249-260. <https://doi.org/10.22059/ijfcs.2013.35114>. (In Persian).
- Sun, Z., Song, J., Xin, X. A., Xie, X., & Zhao, B. (2018). Arbuscular mycorrhizal fungal 14-3-3 proteins are involved in arbuscule formation and responses to abiotic stresses during AM symbiosis. *Frontiers in Microbiology*, 9, 91. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.00091>.
- Tao, L., & Zhiwei, Z. (2005). Arbuscular mycorrhizas in a hot and arid ecosystem in southwest China. *Applied Soil Ecology*, 29(2), 135-141.
- Wilson, J. W. (1981). Analysis of growth, photosynthesis and light interception for single plants and stands. *Annals of Botany*, 48(4), 507-512.