

Research Paper

The Effect of Partial Root Zone Drying and Different Levels of Biochar on Ear Maize Growth

Maryam Dehghani Ahmadabadi¹,

¹ Assistant Professor, Department of Agriculture and Drainage, Faculty of technical and engineering, University of Payam Noor Tehran, Iran, Email: Dehghani.m55@pnu.ac.ir



10.22125/iwe.2026.564019.1914

Received:

October 7, 2025

Accepted:

January 6, 2026

Available online:

June 25, 2026

Keywords:

partial root zone drying, Drip Irrigation (Type), Ear maize, Organic Fertilizer.

Abstract

The main purpose of irrigation is to compensate for the lack of usable water for the plant and the purpose of deficit irrigation is to save water consumption. Partial root zone drying is one of the low irrigation methods. One of the soil additives to improve its fertility is biochar. This study was conducted to investigate the effect of different partial root zone drying treatments at full irrigation, two levels of 65 and 55% and different levels of biochar consumption (zero, 6 and 12 tons per hectare) on the growth characteristics of maize it was done in the educational farm of Tehran Martyr Foundation. Ear height, ear diameter and ear wood diameter was calculated. The highest height was achieved in the 12-ton application treatment in the biochar soil in the second year, at 17.2 centimeters. This showed a 13% increase compared to the treatment without biochar in the first year, which had the lowest ear height. The treatment using 6 tons per hectare of biochar in the second year had the highest ear diameter of 2.4 cm. The highest ear diameter was observed in the treatment of 12 tons per hectare of biochar and full irrigation, at 4.45 cm. Which was significantly different from the treatment without biochar. Therefore, the effect of year on ear height and ear stalk diameter was highly significant. The interaction effect of planting year and irrigation had a highly significant effect on ear height. The effect of biochar on ear height and ear diameter was also significant. The effect of irrigation treatments on ear diameter was highly significant.

1. Introduction:

Among grains, maize is one of the most productive grains following wheat and rice. And. Maize plays a significant role in feeding people across the world. Among the agricultural inputs, water and soil as the most important production factors are of special importance. In this regard, managing water consumption and improving the soil conditions are two agricultural priorities. The so-called low-irrigation is considered as a method to save and manage water consumption. One of the low-irrigation practices is an irrigation method under which only a part of the root is irrigated. One way to improve the soil condition is the use of organic fertilizers, including biochar.

2. Materials and Methods

This research was aimed to investigate the effect of different partial root irrigation treatments at two levels of 65 and 55 percent and to compare them with full irrigation. It was also aimed to use and compare different levels of biochar applications (0, 6 and 12 tons per hectare) on the growth characteristics of maize it was done in the educational farm of Tehran Martyr Foundation. Ear height, ear diameter and ear wood diameter was calculated

3. Results

The results of analysis of variance showed that the effect of irrigation treatments on ear diameter was very significant. Also, the effect of the year on ear height and ear wood diameter was very significant. The interaction effect of planting year on irrigation had a very significant effect on ear height. The effect of biochar on ear height and ear diameter was also significant. The results show that ear height is affected by plant nutrition and does not depend on the amount of water. The effect of year in biochar was significant only on ear wood diameter

4. Discussion and Conclusion

: The results of analysis of variance showed that the effect of irrigation treatments on ear diameter was very significant. Also, the effect of the year on ear height and ear wood diameter was very significant. The interaction effect of planting year on irrigation had a very significant effect on ear height. The effect of biochar on ear height and ear diameter was also significant. The results show that ear height is affected by plant nutrition and does not depend on the amount of water. The effect of year in biochar was significant only on ear wood diameter

5. Six important references

Conflict of Interest

1. Ashoori, N., Teixido M. and Spahr S. (2019). Evaluation of pilot- scale biochar – amended woodchip bioreactors to remove nitrate, metals, and trace organic contaminants from urban storm water runoff. *Water Research*, 154 (1): 1-11.
2. Cong M., Hu Y., Sun x., and Jia H., 2023. Long-term effects of biochar application on the growth and physiological characteristics of maize. *Plant Sci.* 14 <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1172425>
3. Pandit N.R., Mulder J., Hale S.E., Martinsen V., Schmidt H.P. and Cornelissen G. (2018). Biochar improves maize growth by alleviation of nutrient stress in a moderately acidic low-input Nepalese soil. *Science of the Total Environment*, 625: 1380–1389.
4. Wang, C., Shu L., Zhou S., Yu H., and Zhu P. (2019). Effect of alternative Partial root-zone irrigation on the utilization of and movement of nitrates in Soil by tomato plants. *Sci Hortic.*, 243: 41-47.
5. Zafar U., Akmal M., Ali M., Zaib A. and Zaid T. (2018). Effect of biochar on maize yield and yield components in rainfed conditions. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research (IJAAR)*, 12(3): 46-51.

6. Zhang J., Wang Q., and Pang X. (2021). Effect of partial root – zone drying irrigation on the biomass, water productivity and carbon, nitrogen and phosphorus allocations in different organs of alfalfa. *Agricultural water management*, 243, 106525.

Acknowledgments

We are grateful to



تأثیر آبیاری بخشی ریشه و سطوح مختلف بیوچار بر رشد بلال گیاه ذرت

مریم دهقانی احمدآبادی^۱

تاریخ ارسال: ۱۴۰۴/۰۷/۱۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۰/۱۶

مقاله پژوهشی

چکیده

هدف اصلی آبیاری جبران کمبود آب قابل استفاده برای گیاه و هدف کم آبیاری صرفه جویی در مصرف آب است. که آبیاری بخشی ریشه یکی از روش های کم آبیاری می باشد. یکی از افزودنی های خاک به منظور بهبود حاصل خیزی آن بیوچار است. این تحقیق به منظور بررسی تاثیر تیمارهای مختلف آبیاری کامل و کم آبیاری بخشی ریشه در دو سطح ۶۵ و ۵۵ درصد و سطوح مختلف مصرف بیوچار (صفر، ۶ و ۱۲ تن در هکتار) بر خصوصیات رشد گیاه ذرت انجام شد. ارتفاع بلال، قطر بلال و قطر چوب بلال محاسبه گردید. بیشترین مقدار ارتفاع بلال در تیمار مصرف ۱۲ تن در هکتار بیوچار در سال دوم به میزان ۱۷/۲ سانتی متر به دست آمده است که نسبت به تیمار عدم مصرف بیوچار در سال اول که کمترین میزان ارتفاع بلال را داشته است افزایش ۱۳ درصدی را نشان داد. بیشترین مقدار قطر بلال در تیمار مصرف ۱۲ تن در هکتار بیوچار و آبیاری کامل به میزان ۴/۴۵ سانتی متر مشاهده شد. تیمار مصرف ۶ تن در هکتار بیوچار در سال دوم دارای بیشترین مقدار قطر چوب بلال به مقدار ۲/۴ سانتی متر بوده که اختلاف معنی داری نسبت به تیمار بدون مصرف بیوچار داشت. بنابراین اثر سال بر ارتفاع بلال و قطر چوب بلال بسیار معنی دار شد. اثر متقابل سال کشت در آبیاری روی ارتفاع بلال تاثیر بسیار معنی داری داشت. اثر بیوچار نیز بر ارتفاع بلال و قطر بلال معنی دار شد. اثر تیمارهای آبیاری بر قطر بلال بسیار معنی دار شد. واژه های کلیدی: آبیاری بخشی ریشه، آبیاری قطره ای نواری (تیپ)، بلال ذرت، کود آلی.

^۱ استادیار دانشگاه پیام نور استان تهران ایمیل: dehghani.m55@gmail.com

آن عملکرد محصول کاهش می‌یابد. بنابراین برای حفظ حاصل‌خیزی خاک، بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن و حفظ تعادل در عوامل زیست‌محیطی، مصرف کودهای آلی در خاک‌های کشاورزی امری اجتناب‌ناپذیر است. (Khaledi et al., 2023) یکی از کودهای آلی، بیوپچار است که در سال‌های اخیر استفاده از آن در کشاورزی رواج پیدا کرده است (shi et al., 2021).

بیوپچار زغال تهیه شده از زیست‌توده‌های گیاهی و ضایعات کشاورزی است که سوختن آن‌ها در حضور کم و یا عدم حضور اکسیژن انجام می‌شود (Ashoori et al., 2019). هنگامی که بیوپچار به خاک اضافه شود می‌تواند با بهبود اندازه خلل و فرج خاک، باعث افزایش ذخیره آب در خاک شود. افزودن بیوپچار باعث تولید انرژی، تثبیت کربن، افزایش مواد غذایی خاک و نگهداشت آب در خاک می‌شود که به افزایش عملکرد محصول کمک می‌کند (Niraj et al., 2024). ظفر و همکاران تاثیر دو نوع بیوپچار کلش گندم و باگاس نیشکر روی اجزای عملکرد ذرت در شرایط دیم بررسی نمودند. (Zafar et al., 2018) مقادیر متفاوت مصرف بیوپچار نشان داد که مقدار بالاتر بیوپچار منجر به افزایش عملکرد دانه و زیست‌توده گیاه ذرت خواهد شد. بیوپچار کلش گندم و باگاس نیشکر به مقدار ۱۰ تن در هکتار به ترتیب افزایش ۲۸/۹ و ۲۷/۶ درصدی در زیست‌توده را نشان داد.

ذرت مهمترین محصول غلات و غذای اصلی حدود ۱/۲ میلیارد نفر است. و یک سوم منطقه زیر کشت در صحرای آفریقا را اشغال می‌کند. با توجه به اهمیت گیاه ذرت به‌عنوان محصولی با ارزش در تغذیه انسان و دام و نظر به اینکه کشور ما جز مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا بوده و در طی سالیان اخیر نیز خشک‌سالی‌های بی‌سابقه‌ای را تجربه می‌نماید و روز به روز از میزان منابع آبی کشور کاسته می‌شود، نقش استفاده از روش‌های کم آبیاری و همچنین افزایش ماده آلی خاک با استفاده از اصلاح‌کننده‌های آلی نظیر بیوپچار برای افزایش رشد گیاه ذرت پرنرگ‌تر به‌نظر می‌رسد (Zafar et al., 2018). بدین منظور در این مقاله

مقدمه

برای سازگاری با پیامدهای تغییر اقلیم و کمبود آب، مدیریت کارا و صرفه‌جویی آب کشاورزی ضروری است. یکی از مهم‌ترین و موثرترین راهکارهای سازگاری با بحران آب، استفاده بهینه از آب مصرفی در بخش کشاورزی است. در این راستا کم‌آبیاری^۱ راهکاری سودمند با هدف حداکثر استفاده از واحد حجم آب مصرفی می‌باشد. یکی از روش‌های کم‌آبیاری، کم‌آبیاری بخشی ریشه^۲ است. که در این روش، با دادن آب به بخشی از ریشه و خشک نگه داشتن بخش دیگری از آن و با قبول ریسک کاهش محصول، در مصرف آب صرفه‌جویی می‌-گردد (Sepaskhah et al., 2010).

در روش آبیاری بخشی ریشه، در هر آبیاری فقط یک طرف ریشه آبیاری می‌شود. در واقع، ردیف‌ها به‌صورت یک در میان آبیاری شده و جای ردیف‌های خشک و تر با هم عوض می‌شود. در این روش، نیمی از ریشه‌ها خشکی خاک را حس می‌کنند که باعث می‌شود اسید آبسسیک (ABA) ترشحی، توسعه برگ و هدایت روزه‌ها را کاهش دهد و به‌طور همزمان در قسمت خیس خاک، ریشه‌ها آب کافی جذب می‌کنند تا مقدار آب اندام هوایی گیاه را تامین کنند (Abyaneh et al., 2017). کاهش آب مصرفی توام با افزایش کارایی مصرف آب در روش آبیاری بخشی ریشه در گیاهان ذرت (Sarker et al., 2020)، یونجه (Zhang et al., 2021) و گوجه‌فرنگی (Wang et al., 2019) گزارش شده است.

ماده آلی عامل اصلی حاصل‌خیزی زمین‌های زراعی است. مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی موجب کاهش روزافزون ماده آلی، در خاک‌های کشاورزی شده که به‌دنبال

² Partial root zone drying

¹ Deficit irrigation



برای این منظور انتخاب شد. در مورد نوع بیوچار مورد استفاده بیوچارهای کاه گندم، باگاس نیشکر، پوسته برنج، چوب درخت لیمو و نراد که در دماهای ۳۰۰ و ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد تهیه شده‌اند، انتخاب شدند و در آزمایشگاه ظرفیت نگهداشت آب بیوچارهای انتخاب شده اندازه‌گیری گردید و باگاس نیشکر در دمای ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد دارای بیشترین ظرفیت نگهداشت آب بود. لذا بیوچار باگاس نیشکر در دمای ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد برای ادامه تحقیق انتخاب گردید. در مورد مقدار بیوچار مورد استفاده، با توجه به تحقیقات سایر محققین مقدار ۶ و ۱۲ تن در هکتار در نظر گرفته شد.

کاربرد بیوچار یک‌بار در هر سال و قبل از کاشت ذرت بود. بیوچار استفاده شده ترکیبی از ۸۰ درصد بیوچار باگاس نیشکر و ۲۰ درصد بیوچار چوب درخت لیمو بود. برای تهیه بیوچار به روش مستقیم باگاس نیشکر در کوره‌های دوار که از قبل تا دمای ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد گرم شده بود به مدت ۴۵ تا ۶۰ دقیقه قرار داده شد، تا در یک مرحله از حالت سلولز به حالت بیوچار تبدیل گردد. در این روش با توجه به درجه حرارت بالا رطوبت داخل باگاس سریعاً به بخار تبدیل می‌شود. بنابراین ترکیبات کربن داخل شبکه به صورت حفره‌هایی با قطرهای مختلف در می‌آید که می‌تواند باعث افزایش در جذب مواد غذایی، آب و کود شود که برتری این روش نسبت به روش غیرمستقیم می‌باشد. بیوچار چوب لیمو نیز به صورت آماده از کارخانه کربن اکتیو بشل قائم‌شهر خریداری شد.

قبل از کاشت آزمون خاک به منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در آزمایشگاه خاک‌شناسی و مکانیک خاک شرکت مهندسی آب و خاک پارس تعیین شد (جدول ۱). داده‌های مربوط به رطوبت حجمی، بافت خاک، چگالی ظاهری، رطوبت در حد ظرفیت زراعی و پژمردگی دایم تعیین شدند. بذر ذرت زودرس (رقم ۲۶۰) در اواخر تیر ماه با فاصله ۲۰ سانتی‌متر در هر ردیف کاشته شد. در هر کرت آزمایشی ۵ ردیف کاشت به طول ۵ متر و فاصله بین ردیف ۷۰ سانتی‌متر وجود داشت.

با تلفیق کم آبیاری بخشی ریشه و بیوچار، تاثیر این دو پارامتر را همزمان روی ارتفاع بلال گیاه ذرت، قطر بلال و قطر چوب بلال بررسی گردید.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه آموزشی بنیاد شهید واقع در احمدآباد مستوفی تهران روی گیاه ذرت به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. طول و عرض جغرافیایی منطقه به ترتیب ۵۱ درجه و ۱۳ دقیقه شرقی و ۳۵ درجه و ۳۸ دقیقه شمالی است. منطقه مطالعاتی در سیستم طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن منطقه‌ای خشک محسوب می‌شود. حداقل، حداکثر و میانگین دمای هوا در منطقه به ترتیب ۸-، ۴۲/۶ و ۱۸/۵ درجه سانتی‌گراد و میزان بارندگی سالانه ۱۵۹ میلی‌متر است. در طول فصل زراعی، ۳۸/۷ میلی‌متر بارندگی در سال اول و ۱/۲ میلی‌متر بارندگی در سال دوم رخ داد.

در این تحقیق عامل مدیریت آبیاری شامل سه سطح ((آبیاری کامل (FI)، آبیاری بخشی ریشه در سطح ۶۵ درصد آبیاری کامل (PRD₆₅) و آبیاری بخشی ریشه در سطح ۵۵ درصد آبیاری کامل (PRD₅₅)) و مصرف بیوچار نیز شامل سه سطح ((بدون مصرف بیوچار (B₀))، کاربرد ۶ تن در هکتار بیوچار باگاس نیشکر (B₆) و کاربرد ۱۲ تن در هکتار بیوچار باگاس نیشکر (B₁₂)) بود. مقادیر ۱۰/۵ و ۲۱ کیلوگرم بیوچار به ترتیب در تیمارهای ۶ تن در هکتار و ۱۲ تن در هکتار روی سطح خاک پخش شد. در مورد انتخاب آبیاری بخشی ریشه در سطح ۶۵ درصد آبیاری کامل، با توجه به اینکه برخی پژوهشگران با اعمال PRD₇₀ روی گیاه ذرت به نتیجه‌ی عدم کاهش معنی‌دار محصول دست یافته‌اند، لیکن در این تحقیق، یکی از تیمارهای مورد بررسی PRD₆₅ در نظر گرفته شد تا امکان صرفه‌جویی آب به اندازه ۵ درصد بیشتر مورد بررسی قرار گیرد. همچنین پژوهشگران در PRD₅₀ به دلیل شدید بودن تنش آبی در گیاه ذرت، به نتیجه مطلوب نرسیده‌اند. بنابراین PRD₅₅

جدول (۱): خواص فیزیکی و شیمیایی خاک منطقه مورد مطالعه

عمق (cm)	شن (%)	رس (%)	سیلت (%)	بافت خاک	کربن آلی (%)	ظرفیت وزنی زراعی (%)	شوری (dS/m)	pH	چگالی ظاهری (gr/cm ³)	ازت کل (%)	فسفر قابل جذب (ppm)	پتاسیم قابل جذب (ppm)
۳۰-۳۰	۴۵	۲۲/۵	۳۲/۵	لومی	۱/۳۷۳	۱۵/۷۵	۰/۱۸	۶/۹۵	۱/۴۷	۰/۱۵۶	۳۵/۹	۲۱۸۰

$$D_n = \sum_{i=1}^m \left[\frac{(\theta_{Fci} - \theta_{li}) \times D_i}{100} \right] \quad (۱)$$

که در این رابطه: D_n نیاز آبی (میلی‌متر)، θ_{Fci} مقدار رطوبت حجمی در حد ظرفیت زراعی (درصد)، θ_{li} میزان رطوبت حجمی خاک قبل از آبیاری (درصد)، D_i عمق خاک آبیاری شده (میلی‌متر) و a دفعات آبیاری می‌باشند.

برای تعیین اجزا عملکرد گیاه ذرت، در پایان فصل رشد با حذف ردیف‌های کناری و ابتدا و انتهای هر کرت از ردیف‌های وسط، ۳ عدد گیاه ذرت به صورت کاملاً تصادفی برداشت شد. در زمان برداشت، ارتفاع بلال، قطر بلال و قطر چوب بلال با استفاده از کولیس اندازه‌گیری شدند. میانگین مقادیر صفت اندازه‌گیری شده در سه گیاه، به عنوان مقدار آن صفت در تکرار مورد نظر لحاظ شد.

داده‌های اندازه‌گیری شده شامل ارتفاع بلال، قطر بلال و قطر چوب بلال توسط نرم‌افزار آماری SAS در قالب کرت-های دو بار خرد شده (عامل اصلی: سال، عامل فرعی: آبیاری و عامل فرعی: بیوچار) مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت و پس از انجام تجزیه واریانس داده‌ها، مقایسه میانگین توسط آزمون توکی در سطح ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

عملکرد رشد بلال

در جدول (۲) نتایج تجزیه واریانس تیمارهای مورد مطالعه بر ارتفاع، قطر بلال و قطر چوب بلال ارائه شد. اثر تیمارهای آبیاری بر قطر بلال بسیار معنی‌دار شد. همچنین اثر سال بر ارتفاع بلال و قطر چوب بلال بسیار معنی‌دار شد.

برای آبیاری، از روش آبیاری قطره‌ای نواری (Tape) با فاصله قطره‌چکان‌های ۲۰ سانتی‌متر استفاده و دو عدد نوار تیپ در دو طرف هر ردیف کاشت و به فاصله ۱۰ سانتی‌متر از گیاه روی زمین نصب شدند. تیمارهای آبیاری ۴۰ روز بعد از شروع کاشت اعمال شد. در آبیاری بخشی ریشه به-صورت تناوبی در هر آبیاری، تنها در یکی از نوارها آب جریان داشت تا از خشک بودن نیمی دیگر از سامانه ریشه اطمینان حاصل شود. اما در آبیاری کامل به‌طور همزمان هر دو نوار، آبیاری را انجام می‌دادند. برای آبیاری بخشی ریشه، ۶۵ و ۵۵ درصد از حجم آب تیمار آبیاری کامل داده شد. عملیات آبیاری تا ۱۴ روز قبل از برداشت ادامه داشت. در هر آبیاری حجم آب مصرفی هر تیمار، به کمک کنتور با دقت یک لیتر ثبت شد.

رای بررسی رطوبت خاک، در هر تیمار دو رطوبت‌سنج الکترومغناطیس (TDR) تا عمق ۶۰ سانتی‌متری از سطح زمین به فاصله ۱۰ سانتی‌متر از ردیف کاشت در دو طرف گیاه نصب شدند. در رطوبت‌سنج‌های نصب شده، رطوبت هر سه روز یکبار در عمق‌های ۰-۲۰، ۲۰-۴۰ و ۴۰-۶۰ سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. دور آبیاری سه روز لحاظ شده بود و اندازه‌گیری‌های رطوبت خاک قبل از هر آبیاری انجام شد. نظر به اینکه در آبیاری کامل، هدف رساندن رطوبت در محدوده ریشه به حد ظرفیت زراعی است، لذا در زمان آبیاری، براساس داده‌های قرائت شده توسط TDR و کمبود آب موجود عمق مورد نیاز آبیاری تعیین و به خاک داده شد. نیاز آبیاری بر پایه رابطه (۱) تعیین شد (Burman et al., 1983):



نشان می‌دهد که ارتفاع بلال متأثر از تغذیه گیاه بوده و به میزان آب بستگی ندارد. اثر سال در بیوچار نیز تنها بر قطر چوب بلال معنی‌دار شد.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل سال کشت در آبیاری روی ارتفاع بلال تاثیر بسیار معنی‌داری داشت. اثر بیوچار نیز بر ارتفاع بلال و قطر بلال معنی‌دار شد. نتایج

جدول (۲): میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس تاثیر صفات مورد بررسی بر گیاه ذرت

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بلال	قطر بلال	قطر چوب بلال
آبیاری	۲	ns۲/۰۶	**۰/۲۲	ns۰/۰۴
سال	۱	**۱۲/۷۰	ns۰/۱۱	**۰/۱۷
تکرار	۲	ns۱/۹۳	ns۰/۰۸	ns۰/۰۵
سال × آبیاری	۲	**۱۳/۲۷	ns۰/۰۱	ns۰/۰۱
خطای الف	۴	ns۲/۸۶	ns۰/۲۴	ns۰/۰۲
بیوچار	۲	*۶/۱۷	**۰/۱۸	ns۰/۰۴
آبیاری × بیوچار	۴	ns۰/۳۵	ns۰/۰۵	ns۰/۰۱
سال × بیوچار	۲	ns۰/۶۶	ns۰/۱۰	*۰/۰۵
سال × آبیاری × بیوچار	۴	ns۰/۷۹	ns۰/۰۴	ns۰/۰۱
خطا	۲۴	۱/۱۴	۰/۰۳	۰/۰۲
ضریب تغییرات		۹/۱	۶/۰	۶/۴

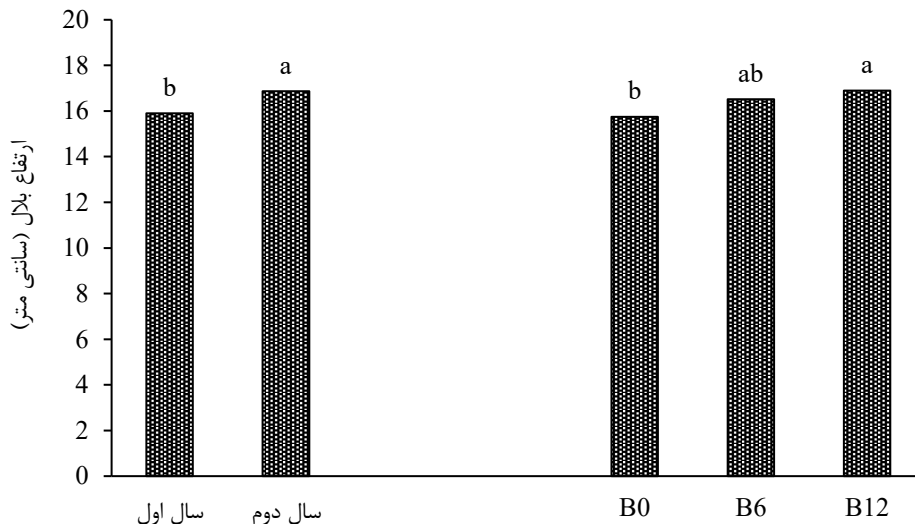
*, ** و ns به ترتیب بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد، یک درصد و عدم وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

ارتفاع بلال

نتایج مقایسه میانگین اثر تیمارهای مصرف بیوچار و سال کشت روی ارتفاع بلال ذرت در شکل (۱) نشان داده شد. میانگین ارتفاع بلال ذرت در سال دوم (۱۶/۸۷ سانتی‌متر) به‌طور معنی‌داری از مقدار آن در سال اول (۱۵/۹۰ سانتی‌متر) بیشتر بود. همچنین میزان ارتفاع بلال در تیمارهای مصرف ۶ و ۱۲ تن در هکتار بیوچار در سال دوم نسبت به ارتفاع آن در تیمار بدون مصرف بیوچار در سال اول به‌طور معنی‌داری بیشتر بود. به‌طور کلی ارتفاع بلال در تیمار مصرف ۱۲ تن در هکتار به‌طور معنی‌داری بیشتر از مقدار آن در تیمار بدون مصرف بیوچار بود. احمد و همکاران نیز گزارش کردند کاربرد بیوچار و نیتروژن، حاصلخیزی خاک را افزایش داده و کمبود مواد مغذی را جبران می‌کند و تولید گندم را در خاک آهکی بهبود می‌بخشد (Ahmad et al., 2025). و افزایش عملکرد گیاه در تیمارهای بیوچار را به افزایش موجودیت عناصر غذایی و بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک مانند کاهش چگالی ظاهری نسبت دادند.

روند افزایشی در میزان ارتفاع بلال با افزایش میزان مصرف بیوچار مشاهده می‌شود و بیشترین مقدار ارتفاع بلال در تیمار مصرف ۱۲ تن در هکتار بیوچار مشاهده شد. در مجموع بیشترین مقدار ارتفاع بلال گیاه در تیمار مصرف ۱۲ تن در هکتار بیوچار در سال دوم به میزان ۱۷/۲ سانتی‌متر به‌دست آمده است که نسبت به تیمار عدم مصرف بیوچار در سال اول که کمترین میزان ارتفاع بلال را داشته است افزایش ۱۳ درصدی را نشان داد. کارتر و همکاران گزارش کردند کاربرد سطوح ۲۵، ۵۰ و ۱۵۰ گرم در کیلوگرم بیوچار تولید شده از پوسته برنج سبب افزایش نهایی زیست‌توده گیاهی، زیست‌توده ریشه، ارتفاع گیاه و تعداد برگ‌ها در کاه و کلم در مقایسه با بدون مصرف بیوچار شد (Carter et al., 2013). آنان بیشترین افزایش زیست‌توده را به میزان ۹/۳ درصد با کاربرد ۵۰ گرم بیوچار در کیلوگرم خاک در مقایسه با شاهد (بدون مصرف بیوچار) گزارش کردند. کانگ و همکاران نشان دادند که کاربرد بیوچار سبب افزایش رشد و عملکرد ذرت در مقایسه با

شاهد شده و اثر معنی‌داری بر ارتفاع و تعداد برگ‌ها در مراحل مختلف رشد ذرت داشت (Cong et al., 2023)



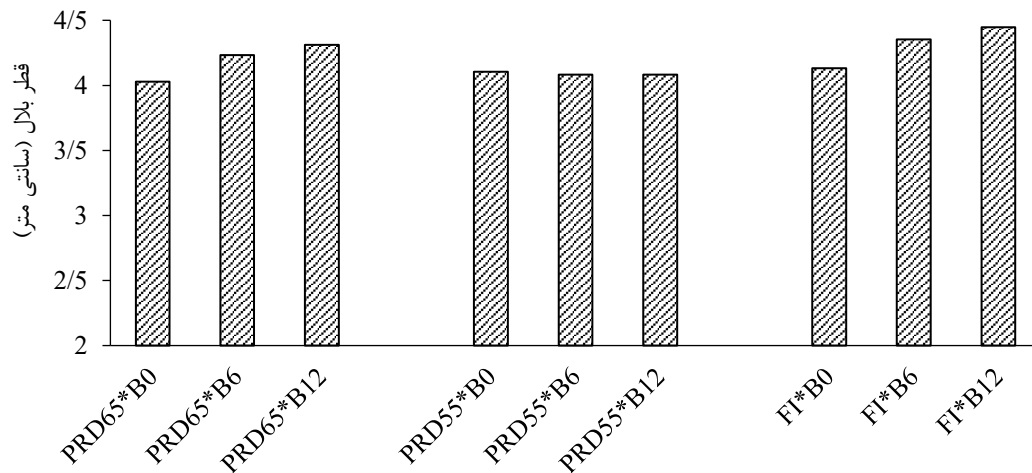
شکل (۱): نتایج مقایسه میانگین تاثیر تیمارهای مصرف بیوچار و سال کشت روی ارتفاع بلال ذرت

ستون‌های دارای حروف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

قطر بلال

نتایج اثر آبیاری و مصرف بیوچار روی قطر بلال ذرت در شکل (۲) ارائه شده است. براساس نتایج، در هر سه سطح مصرف بیوچار تیمار آبیاری کامل دارای بیشترین مقدار قطر بلال می‌باشد و تیمار کم‌آبیاری ۵۵ درصد دارای کمترین مقدار قطر بلال می‌باشد. از طرف دیگر در تیمارهای مختلف مصرف بیوچار اختلاف معنی‌داری بین تیمار کم‌آبیاری ۶۵ درصد و آبیاری کامل مشاهده نشد. دلیل افزایش قطر بلال در روش کم‌آبیاری ۶۵ درصد می‌تواند یکنواختی بالای توزیع آب در سطح مزرعه، کاهش تلفات مواد غذایی خاک در اثر تلفات نفوذ عمقی و کاهش تنش آبی وارده به گیاه در اثر کوتاه شدن دور آبیاری در روش کم‌آبیاری باشد، چون فراهم بودن مستمر آب و مواد غذایی و دور بودن از تنش‌های آبی نیز طبیعتاً به رشد بهتر و تولید محصول بیشتر منتهی می‌شود. اکرم و همکاران نیز نتایج مشابهی را در خصوص تاثیر تیمار کم‌آبیاری گزارش نمودند (Akram et al., 2020)

براساس نتایج می‌توان مشاهده نمود افزایش میزان مصرف بیوچار منجر به افزایش معنی‌دار در میزان قطر بلال ذرت شده و مصرف ۱۲ تن در هکتار بیوچار دارای بیشترین مقدار قطر بلال می‌باشد. بر همین اساس بیشترین مقدار قطر بلال در تیمار مصرف ۱۲ تن در هکتار بیوچار و آبیاری کامل به میزان ۴/۴۵ سانتی‌متر مشاهده شد. افزودن بیوچار غالباً موجب بهبود حاصل‌خیزی خاک و رشد گیاهان به‌ویژه همراه با افزودن کودهای نیتروژن در خاک‌های حاصل‌خیزی کم می‌شود. (Yin et al., 2022) همچنین گزارش‌هایی مبنی بر نقش مثبت بیوچار بر ویژگی‌های فیزیکی خاک‌ها مانند افزایش تخلخل، بهبود سطح ویژه و افزایش تهویه (Khaledi et al., 2023)، افزایش نگه‌داشت آب، نفوذپذیری و زهکشی خاک موجود است. (Niraj et al., 2024). در کل این خصوصیات مثبت اعمال شده به‌واسطه مصرف بیوچار منجر به افزایش عملکرد و شاخص‌های عملکردی گیاه ذرت می‌گردد.



شکل ۲- اثر آبیاری در بیوچار روی قطر بلال گیاه ذرت

قطر چوب بلال

که استفاده از بیوچار با تعدیل تنش عناصر غذایی رشد و عملکرد ذرت را افزایش می‌دهد (Pandit et al., 2018). همچنین قطر چوب بلال در سال دوم به طور معنی‌داری بیشتر از قطر آن در سال اول بود. براساس نتایج اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف آبیاری مشاهده نشد. بنابراین با کاهش مصرف آب به میزان ۲۵ درصد و ۳۲ درصد به ترتیب در PRD₆₅ و PRD₅₅ می‌توان عملکرد مناسبی از گیاه ذرت داشت.

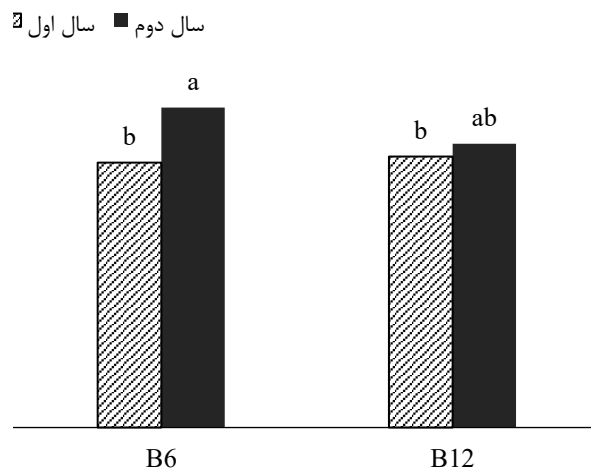
ستون‌های دارای حروف مشترک، اختلاف

معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

نتیجه‌گیری

براساس نتایج به‌دست آمده از این تحقیق، مصرف بیوچار در خاک با بهبود خصوصیات خاک می‌تواند باعث رطوبت خاک را نگه داشته و منجر به افزایش ارتفاع بلال و قطر بلال شود. اثر سال در بیوچار نیز تنها بر قطر چوب بلال معنی‌دار شد. اثر تیمارهای آبیاری بر قطر بلال بسیار معنی‌دار شد. همچنین اثر سال بر ارتفاع بلال و قطر چوب بلال بسیار معنی‌دار شد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل سال کشت در آبیاری روی ارتفاع بلال تاثیر بسیار معنی‌داری داشت. نتایج نشان می‌دهد که ارتفاع بلال متاثر از تغذیه گیاه بوده و به میزان آب بستگی ندارد. بنابراین

شکل (۳) نتایج مقایسه میانگین تاثیر متقابل تیمارهای مصرف بیوچار در دو سال متوالی روی قطر چوب بلال ذرت را نشان می‌دهد. تیمار مصرف ۶ تن در هکتار بیوچار در سال دوم دارای بیشترین مقدار قطر چوب بلال به مقدار ۲/۴ سانتی‌متر بوده که اختلاف معنی‌داری نسبت به تیمار بدون مصرف بیوچار داشت. پاندیت و همکاران نشان دادند



شکل (۳): نتایج مقایسه میانگین تاثیر

متقابل بیوچار در سال روی قطر چوب بلال گیاه ذرت

محصول و هم باعث بهبود شرایط رطوبت در خاک شود. و همچنین مراحل رشدی که گیاه ذرت، کمتر دچار تنش کم آبی می شود، مشخص گردد و در آن زمانها، آبیاری بخشی ریشه انجام گیرد.

مصرف ۱۲ تن در هکتار بیوچار برای افزایش ارتفاع بلال توصیه می شود. پیشنهاد می شود از ۶ تا ۱۲ تن در هکتار بیوچار برای بهبود وضعیت خاک استفاده شود تا هم باعث افزایش

منابع

- Abyaneh Z., Jovzi H., and Albaji M. (2017). Effect of regulated deficit irrigation, partial root drying and V- fertilizer level on sugar beet crop. *Agric. Water manage*, 194: 13-23.
- Ahmad B., Rahim HU., main IA. and Ali W. S. 2025. Synergistic Biochar–Nitrogen Application Enhances Soil Fertility and Compensates for Nutrient Deficiency, Improving Wheat Production in Calcareous Soil. *Sustainability* 17, 2321. <https://doi.org/10.3390/su17052321>.
- Akram M., Asif A., Rasheed S. and Rafique A. 2020. Effect of Drip and Furrow Irrigation on Yield, Water Productivity and Economics of Potato (*Solanum tuberosum* L.) Grown under Semiarid Conditions. *Science Letters* . 8(2):48-54. <https://doi.org/10.47262/SL/8.2.132020004>.
- Ashoori, N., Teixido M. and Spahr S. (2019). Evaluation of pilot- scale biochar – amended woodchip bioreactors to remove nitrate, metals, and trace organic contaminants from urban storm water runoff. *Water Research*, 154 (1): 1-11.
- Burman R., Cuenca R. and Weiss A. 1983. Techniques for estimating water requirement. *Advances in Irrigation: Volume 2*.
- Carter S., Shackley S., Sohi S., Suy T.B. and Haefele S. (2013). The impact of biochar application on soil properties and plant growth of pot grown lettuce (*Lactuca sativa*) and cabbage (*Brassica chinensis*). *Agronomy*, 3:404–418.
- Cong M., Hu Y., Sun x., and Jia H., 2023. Long-term effects of biochar application on the growth and physiological characteristics of maize. *Plant Sci*. 14 <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1172425>
- Khaledi S., Delbari M., Galavi H., Bagheri H. and Chari M. 2023. Effects of biochar particle size, biochar application rate, and moisture content on thermal properties of an unsaturated sandy loam soil. *soil and Tillage* 226. <https://doi.org/10.1016/j.still.2022.105579>.
- Niraj K.C. and Bhimsen Mahat. 2024. A REVIEW ARTICLE ON THE EFFECT OF BIOCHAR ON SOIL PROPERTIES. *Journal of Wastes and Biomass Management (JWBM)* 6(2) : 111-115.
- Pandit N.R., Mulder J., Hale S.E., Martinsen V., Schmidt H.P. and Cornelissen G. (2018). Biochar improves maize growth by alleviation of nutrient stress in a moderately acidic low-input Nepalese soil. *Science of the Total Environment*, 625: 1380–1389.
- Sarker K.k., Hussain A., Timsina J., Biswas S.K., Malone S.L., Alam M.K. and Bazzaz M. (2020). Alternate furrow irrigation grain yield and nutrient content and increase crop water productivity in dry season maize in sub- tropical climate of South Asia. *Agric. Water managed*, 238,106229.
- Sepaskhah A. R., and Ahmadi S. H. (2010). A review on partial root zone drying irrigation. *International Journal of Plant Production*, 4(4): 241-259.
- . Shi L., Zheng W., Lei T., Liu X and Hui M., The effect of different soil amendments on soil properties and on the morphological characteristics of Chinese cabbage. 2021. *The Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 21: 1500-1510.
- Wang, C., Shu L., Zhou S., Yu H., and Zhu P. (2019). Effect of alternative Partial root-zone irrigation on the utilization of and movement of nitrates in Soil by tomato plants. *Sci Hortic.*, 243: 41-47.
- Yin R., Li L., and Lei Zh. 2022. Biochar, Organic Fertilizer, and Bio-Organic Fertilizer Improve Soil Fertility and Tea Quality. *Agronomy* 2024, 14(10), 2339; <https://doi.org/10.3390/agronomy14102339>



Zafar U., Akmal M., Ali M., Zaib A. and Zaid T. (2018). Effect of biochar on maize yield and yield components in rainfed conditions. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research (IJAAR)*, 12(3): 46-51.

Zhang J., Wang Q., and Pang X. (2021). Effect of partial root – zone drying irrigation on the biomass, water productivity and carbon, nitrogen and phosphorus allocations in different in different organs of alfalfa. *Agricultural water management*, 243, 106525.