نشریه مدیریت آب در کشاورزی
جلد ۸، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۴۰۰، ص. ۷۶-۶۷

Water Management in Agriculture
Vol. 8, No. 1, Spring and Summer 2021, 67-76

مقاله علمی-پژوهشی

تأثیر مدیریت آبیاری بر رشد و بهره‌وری آب گیاه ذرت تحت سطوح مختلف بیوچار

مریم دهقانی احمدآبادی[۱*]، علی شاهنظری[۲]، علی قدمی فیروزآبادی[۳] و محمدرضا اردکانی[۴]

چکیده

در میان نهاده‌های کشاورزی، آب و خاک به‌عنوان مهم‌ترین عوامل تولید، حائز اهمیت اقتصادی ویژه‌ای هستند. در این راستا مدیریت مصرف آب و بهبود وضعیت خاک از اولویت‌های کشاورزی است. این تحقیق به‌منظور بررسی تأثیر تیمارهای مختلف کم-آبیاری بخشی ریشه در دو سطح ۶۵ و ۵۵ درصد، آبیاری کامل و سطوح مختلف مصرف بیوچار (صفر، ۶ و ۱۲ تن در هکتار) بر خصوصیات رشد گیاه ذرت در دو فصل زراعی متوالی ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ در مزرعه آموزشی بنیاد شهید تهران انجام شد. میزان ارتفاع گیاه، قطر ساقه، وزن خشک برگ، ارتفاع تاسل و زیست‌توده محاسبه گردید. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای آبیاری بر ارتفاع گیاه، قطر ساقه، وزن خشک برگ و زیست‌توده معنی‌دار است. همچنین اثر سال بر ارتفاع گیاه، وزن خشک برگ و زیست‌توده ذرت در سطح یک درصد معنی‌دار شد. اثر بیوچار نیز بر ارتفاع گیاه و قطر ساقه معنی‌دار شد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری بخشی ریشه، آبیاری قطره‌ای (تیپ)، زیست‌توده، کود آلی

مقدمه

در همه‌ی زمان‌ها، آب به‌عنوان یک کالای اقتصادی، نقش اساسی در تولیدات کشاورزی و صنعتی و تأمین نیازهای بهداشتی و شرب جهان دارد. ازآنجایی‌که در کشور ما نزولات جوی کم و منابع آب محدود است، استفاده بهینه از آب کاملاً ضروری است و باید از حداقل آب، حداکثر بهره‌برداری لازم صورت پذیرد تا سطح بیشتری به زیر کشت برده شود (نادری و همکاران، ۱۳۹۴).

کم‌آبیاری استفاده حداکثر از واحد آب است. هدف از کم‌آب یاری، بهبود کارایی مصرف آب و درنتیجه افزایش بازده به دست آمده از واحد آب کاربردی است. کاهش بازدهی که در اثر تنش پدید می‌آید از طریق سود حاصل از کاهش قیمت آب مصرفی و به‌تبع آن افزایش سطح زیر کشت جبران می‌شود. کم‌آبیاری یک روش یا سیستم آبیاری نیست، بلکه یک نوع مدیریت کارا و پویای بهره‌برداری بشمار می‌رود که اثرات ویژه‌ای در مدیریت منابع آب، استحصال آب، انتقال آب، مصرف آن و نهایتاً در اقتصاد کشاورزی (افزایش عملکرد و یا سود خالص به ازای واحد آب مصرفی) دارد (احمدی و همکاران، ۱۳۹۲).

یکی از روش های کم‌آبیاری، آبیاری به روش آبیاری بخشی ریشه[۲] است. در این روش، با دادن آب به بخشی از ریشه و خشک نگه‌داشتن بخش دیگری از آن، در مصرف آب صرفه-جویی می‌گردد (کاراندیش و همکاران، ۱۳۹۲). در روش آبیاری بخشی ریشه، در هر آبیاری، فقط یک طرف ریشه آبیاری می‌شود. درواقع، ردیف‌ها به‌صورت یک‌درمیان آبیاری شده و جای ردیف های خشک و تر باهم عوض می‌شود. در این روش، نیمی از ریشه‌ها خشکی خاک را حس می‌کنند که باعث می‌شود اسید آبسیسیک (ABA) ترشحی، توسعه برگ و هدایت روزنه‌ها را

[۱] استادیار، گروه مهندسی آب، دانشکده فنی، دانشگاه پیام نور تهران، ایران (* نویسنده مسئول: Dehghani.m55@gmail.com)
[۲] استاد، گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، مازندران، ایران
[۳] استادیار پژوهش بخش تحقیقات فنی و مهندسی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران
[۴] استاد، گروه زراعت، دانشکده زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی کرج، ایران
تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۲/۱۹
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۳/۴
DOR: 20.1001.1.24764531.2021.8.1.6.4

[2] Partial root zone drying

کاهش دهد و به‌طور هم‌زمان در قسمت خیس خاک، ریشه‌ها آب کافی جذب می‌کنند تا مقدار آب اندام هوایی گیاه را تأمین کنند (Zareabyaneh et al., 2017). کاهش آب مصرفی توأم 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) گزارش‌شده است.

ماده آلی عامل حاصلخیزی زمین‌های زراعی است. مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی موجب کاهش روزافزون ماده آلی در خاک‌های کشاورزی شده که به‌دنبال 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 (zhang et al., 2014). یکی از کودهای آلی، بیوچار است که در سال‌های اخیر استفاده از آن در کشاورزی رواج پیدا کرده است (Leng et al., 2019).

بیوچار، زغال تهیه‌شده از زیست‌توده‌های گیاهی و ضایعات کشاورزی است که سوختن آن‌ها در حضور کم و یا عدم حضور اکسیژن انجام می‌شود (Ashoori et al., 2019). هنگامی‌که بیوچار به خاک اضافه شود می تواند با بهبود اندازه خلل و فرج خاک، باعث افزایش ذخیره آب در خاک شود. افزودن بیوچار باعث تولید انرژی، تثبیت کربن، افزایش مواد غذایی خاک و نگهداشت آب در خاک می‌شود که به افزایش عملکرد محصول کمک می‌کند (Leng et al., 2019). ظفر و همکاران تأثیر دو نوع بیوچار کلش گندم و باگاس نیشکر روی اجزای عملکرد ذرت در شرایط دیم بررسی نمودند. مقادیر متفاوت مصرف بیوچار نشان داد که مقدار بالاتر بیوچار منجر به افزایش عملکرد دانه و زیست‌توده گیاه ذرت خواهد شد. بیوچار 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 (Zafer et al., 2018).

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 بیوچار برای افزایش رشد گیاه ذرت پررنگ‌تر به‌نظر می رسد (Zafer et al., 2018). بدین منظور در این تحقیق با تلفیق کم آبیاری بخشی ریشه و بیوچار، تأثیر این دو پارامتر را همزمان روی رشد گیاه ذرت از نظر قطر ساقه، وزن خشک برگ و زیست‌توده بررسی گردید.

در مورد انتخاب درصد آبیاری بخشی ریشه با توجه به اینکه برخی پژوهشگران با اعمال PRD_{70} روی گیاه ذرت به نتیجه‌ی عدم کاهش معنی‌دار محصول دست‌یافته‌اند، لیکن در این تحقیق، یکی از تیمارهای مورد بررسی، PRD_{65} در نظر گرفته شد تا امکان صرفه‌جویی آب به‌اندازه ۵ درصد بیشتر، مورد بررسی قرار گیرد. همچنین پژوهشگران در PRD_{50} به‌دلیل شدید بودن تنش آبی در گیاه ذرت، به نتیجه مطلوب نرسیده‌اند؛ بنابراین PRD_{55} 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 تهیه‌شده‌اند، 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.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه آموزشی بنیاد شهید واقع در احمدآباد مستوفی تهران روی گیاه ذرت به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار طی سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ 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 به‌ترتیب 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 (PRD_{65}) و آبیاری بخشی ریشه در سطح ۵۵ درصد آبیاری کامل (PRD_{55}) و مصرف بیوچار نیز شامل سه سطح، بدون مصرف بیوچار (B_0)، کاربرد ۶ تن در هکتار بیوچار باگاس نیشکر (B_6) و کاربرد ۱۲ تن در هکتار بیوچار باگاس نیشکر (B_{12})، بود. مقادیر ۱۰/۵ و ۲۱ کیلوگرم بیوچار به‌ترتیب در تیمارهای ۶ تن در هکتار و ۱۲ تن در هکتار روی سطح خاک پخش شد. کاربرد بیوچار یک‌بار در هر سال و قبل از کاشت ذرت بود. بیوچار استفاده‌شده 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 به‌صورت 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 است. بیوچار چوب لیمو نیز به‌صورت آماده از کارخانه کربن‌اکتیو بشل قائم‌شهر خریداری شد.

جدول ۱ - خواص فیزیکی و شیمیایی خاک منطقه موردمطالعه

عمق	شن	رس	سیلت	بافت خاک	کربن آلی	ظرفیت وزنی زراعی	شوری	PH	چگالی ظاهری	ازت کل	فسفر قابل‌جذب	پتاسیم قابل‌جذب
(سانتیمتر)	(درصد)	(درصد)	(درصد)	-	(درصد)	(درصد)	(دسی-زیمنس بر متر)	-	(گرم بر سانتی‌متر مکعب)	(درصد)	(پی پی ام)	(پی پی ام)
۳۰-۰	۴۵	۲۲/۵	۳۲/۵	لومی	۱/۳۷۳	۱۵/۷۵	۰/۱۸	۶/۹۵	۱/۴۷	۰/۱۵۶	۳۵/۹	۲۱۸۰

جدول ۲-تاریخ‌های عملیات کاشت، داشت و برداشت ذرت

سال کاشت	تاریخ	عملیات زراعی	روز بعد از کاشت
۱۳۹۴	۱ مرداد	کاشت ذرت	۰
	۲۷ مرداد	کود دهی	۲۶
	۱۰ شهریور	اعمال تیمار آبیاری	۴۰
	۳۰ مهر	اندازه‌گیری شاخص سطح برگ	۸۹
	۷ آبان	آخرین آبیاری	۹۶
	۲۱ آبان	برداشت	۱۱۰
۱۳۹۵	۲۷ تیر	کاشت	۰
	۲۷ تیر	اولین آبیاری	۰
	۱۸ مرداد	سمپاشی	۲۲
	۲۲ مرداد	کود دهی	۲۶
	۵ شهریور	اعمال تیمار آبیاری	۴۰
	۲۶ مهر	اندازه‌گیری شاخص سطح برگ	۸۹
	۳ آبان	آخرین آبیاری	۹۶
	۱۷ آبان	برداشت	۱۱۰

قبل از کاشت، آزمون خاک به‌منظور 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 دائم تعیین شدند. بذر ذرت زودرس (رقم ۲۶۰) در اواخر تیرماه 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. طول دوره رشد تا زمان برداشت حدود ۱۱۰ روز بود. تاریخ‌های عملیات زراعی در جدول (۲) آورده شد.

برای آبیاری، از روش آبیاری قطره‌ای نواری (Tape) با فاصله قطره‌چکان‌های ۲۰ سانتی‌متر استفاده شد؛ که 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، به‌صورت 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. در جدول (۳)، مقدار آب مصرفی برای تیمارهای مختلف ارائه شد.

مقادیر آب داده شده در آبیاری بخشی ریشه در دو سال تحقیق، ۶۸ و ۷۵ درصد از مقدار آب مصرفی تیمار آبیاری کامل بودند. ازآنجایی‌که تا ۴۰ روز اول رشد ذرت، همه تیمارها یکسان آبیاری شدند و اعمال تیمار کم‌آبیاری از روز ۴۱ م شروع شد، لذا درصد آب مصرفی در کل دوره رشد بیشتر از درصد اعمال تیمارهای مختلف کم‌آبیاری بود. در مجموع، تیمارهای کم‌آبیاری بخشی ریشه باعث کاهش ۲۵ و ۳۲ درصدی مقدار آب مصرفی شدند. برای بررسی رطوبت در 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 نصب‌شده، رطوبت هر سه روز یک‌بار در عمق‌های ۲۰-۰، ۴۰-۲۰ و ۶۰-۴۰ 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، بر اساس داده‌های قرائت‌شده توسط TDR و کمبود آب موجود، عمق مورد نیاز آبیاری تعیین و به خاک داده شد. نیاز آبیاری بر پایه رابطه (۱) تعیین شد (۴).

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

که در این رابطه Dn نیاز آبی (میلی‌متر)، θFci مقدار رطوبت حجمی در حد ظرفیت زراعی (درصد)، θ1i میزان رطوبت حجمی خاک قبل از آبیاری (درصد)، Di عمق خاک آبیاری شده (میلی‌متر) و i 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 به‌صورت کاملاً تصادفی برداشت شد. در زمان برداشت، ارتفاع گیاه و قطر ساقه به ترتیب با استفاده از متر و کولیس اندازه‌گیری شدند. میانگین مقادیر صفت اندازه‌گیری شده در سه گیاه، به‌عنوان مقدار آن صفت در تکرار موردنظر لحاظ شد. زیست‌توده کل گیاه ذرت با استفاده از ترازو با دقت ۰/۰۱ وزن شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک گیاه و وزن برگ‌های گیاه، بوته‌ها در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفتند و سپس با ترازو وزن شدند.

داده‌های اندازه‌گیری شده شامل ارتفاع گیاه، قطر ساقه، وزن خشک برگ‌ها و زیست‌توده توسط نرم‌افزار آماری SAS در قالب کرت‌های دو بار خردشده (عامل اصلی: سال، عامل فرعی: آبیاری، عامل فرعی: بیوچار) مورد تجزیه‌وتحلیل آماری قرار گرفت و پس از انجام تجزیه واریانس داده ها، مقایسه میانگین توسط آزمون توکی در سطح ۵ درصد انجام شد.

جدول ۳ - مقدار آب مصرفی در تیمارهای مختلف آبیاری در مدت مطالعه

تیمار آبیاری	سال	مقدار آب مصرفی (مترمکعب در هکتار)	درصد نسبت به آبیاری کامل	سال	مقدار آب مصرفی (مترمکعب در هکتار)	درصد نسبت به آبیاری کامل
آبیاری بخشی ریشه ۵۵ درصد	اول	۵۰۳۸	۶۸	دوم	۴۶۵۷	۶۸
آبیاری بخشی ریشه ۶۵ درصد	اول	۵۵۵۷	۷۵	دوم	۵۱۴۵	۷۵
آبیاری کامل	اول	۷۴۰۹	۱۰۰	دوم	۶۸۵۷	۱۰۰

نتایج و بحث

جدول ۴ نتایج تجزیه واریانس تأثیر سطوح مختلف آبیاری و مصرف بیوچار بر ویژگی‌های رشد گیاه ذرت را نشان می‌دهد.

اثر تیمارهای آبیاری بر ارتفاع گیاه، قطر ساقه، وزن خشک برگ و زیست‌توده معنی‌دار شد. اثر سال بر ارتفاع گیاه، وزن خشک برگ و زیست‌توده ذرت در سطح یک درصد معنی‌دار شد. اثر بیوچار نیز بر ارتفاع گیاه و قطر ساقه معنی‌دار شد.

جدول ٤- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای مختلف آبیاری و بیوچار بر اجزای رشد ذرت

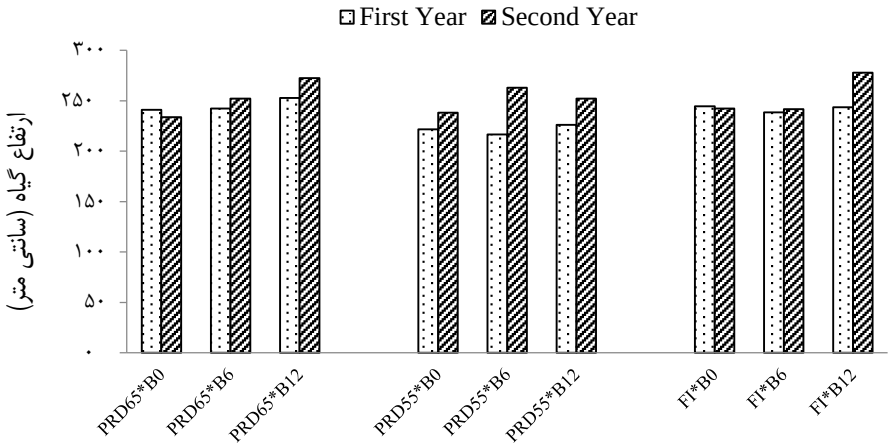
منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع گیاه	قطر ساقه	وزن خشک برگ	زیست‌توده
آبیاری	۲	*۸۹۶/۶	۰/۰۴۲۶۱*	۷۲۸*	۱۰۳۸۶۷۹۳۴**
سال	۱	**۳۵۷۴/۳	^{ns}۰/۰۰۱۶۷	۱۸۱۴**	۱۰۱۶۳۹۵۱۶**
تکرار	۲	^{ns}۱۱۱/۰	^{ns}۰/۰۳۹۰۱	^{ns}۲۵۴	^{ns}۳۷۱۳۶۷۵
سال× آبیاری	۲	^{ns}۶۳۴/۱	^{ns}۰/۰۱۰۶۰	^{ns}۷	^{ns}۹۸۶۷۷۸۲
خطای الف	۴	۱۰۱۰/۸	۰/۰۱۸۳۱	۶۸	۱۹۶۴۶۸۹۰
بیوچار	۲	*۱۴۰۲/۸	*۰/۰۴۵۱۵	^{ns}۱۵۹	^{ns}۳۹۸۶۴۰۹
آبیاری× بیوچار	۴	^{ns}۲۴۵/۲	^{ns}۰/۰۰۴۹۴	^{ns}۳۱۸	^{ns}۹۲۵۹۷۸۶
سال× بیوچار	۲	^{ns}۷۱۶/۱	^{ns}۰/۰۰۱۲۶	^{ns}۷۲	^{ns}۹۷۰۱۷۴۹
سال×آبیاری×بیوچار	۴	^{ns}۲۴۸/۲	^{ns}۰/۰۱۵۳۲	^{ns}۲۰۸	^{ns}۵۰۲۷۶۲۹
خطا	۲۴	۲۵۷/۶	۰/۰۱۰۱۰	۱۴۰	۷۴۳۲۹۱۳
ضریب تغییرات		۹/۹	۶/۷	۱۶/۴	۱۹/۷

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

ارتفاع گیاه

نتایج نشان داد که به‌طورکلی ارتفاع گیاه در سال دوم نسبت به سال اول، به‌طور معنی‌داری بالاتر بوده است (شکل ۱). بر این اساس، بیشترین ارتفاع گیاه به مقدار ۲۷۷/۹ سانتی‌متر در تیمار آبیاری کامل با مصرف ۱۲ تن در هکتار بیوچار در سال دوم به دست آمد و کمترین میزان ارتفاع گیاه به مقدار ۲۱۶/۷ سانتی‌متر در تیمار PRD55 و مصرف ۶ تن در هکتار بیوچار در سال اول بود.

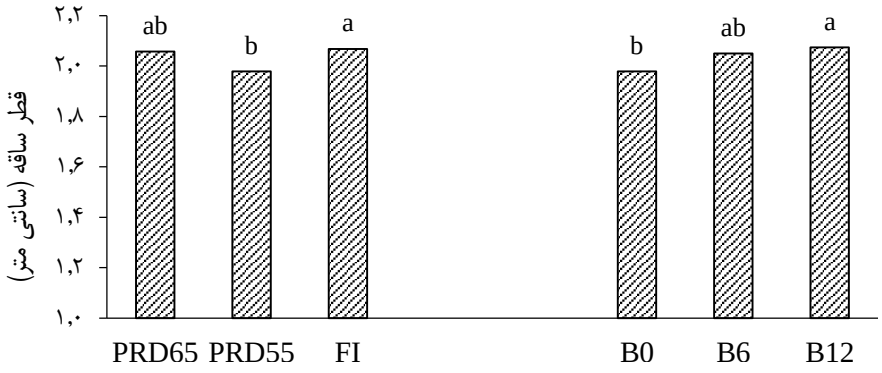
همچنین مشاهده شد که ارتفاع گیاه در تیمار مصرف ۱۲ تن در هکتار بیوچار در سال دوم، از مقدار آن در تیمار بدون مصرف و ۶ تن در هکتار بیوچار در سال اول بیشتر بود؛ بنابراین افزایش مصرف بیوچار تأثیر مثبتی بر افزایش ارتفاع گیاه ذرت در تمامی شرایط آبیاری داشته است. به‌طورکلی ارتفاع گیاه در تیمار بیوچار ۱۲ تن در هکتار با ۲۵۴/۱ سانتی‌متر به‌طور معنی‌داری از مقدار آن در تیمار بدون مصرف بیوچار با ۲۳۶/۹ سانتی‌متر بیشتر بوده است. تأثیر مثبت بیوچار را در افزایش ارتفاع گیاه می‌توان به افزایش میزان عناصر غذایی در دسترس (Knowles et al., 2011)، اصلاح خصوصیات خاک (Domene et al., 2014)، کاهش مقاومت کششی ریشه و نفوذ بهتر ریشه در خاک (Knowles et al., 2011) و همچنین ظرفیت بالای جذب آب بیوچار (Liu et al., 2014) نسبت داد. ما و همکاران نیز تأثیر مثبت بیوچار در پایداری خاکدانه و افزایش فراهمی رطوبت خاک را پس از سه سال مصرف بیوچار گزارش نمودند (Ma et al., 2016) که افزایش فراهمی آب در خاک می‌تواند منجر به افزایش رشد رویشی و ارتفاع گیاه گردد؛ که نتایج این تحقیق با نتایج موجود مطابقت دارد.



شکل ۱- اثر سطوح مختلف آبیاری، بیوچار و سال کشت روی ارتفاع گیاه ذرت

قطر ساقه

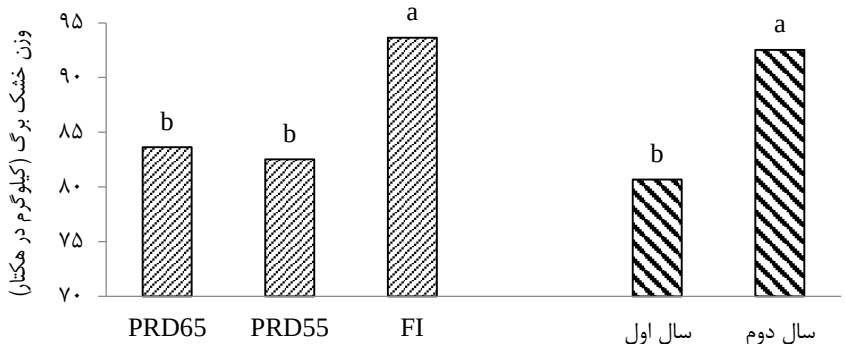
نتایج اثر تیمار آبیاری و بیوچار روی قطر ساقه ذرت در شکل (۲) نشان داده شد. بیشترین میزان قطر ساقه به مقدار ۲/۰۷ سانتی‌متر در تیمار آبیاری کامل به دست آمد. به‌طورکلی، تیمار کم‌آبیاری ۵۵ درصد منجر به کاهش قطر ساقه شده است و کارایی کمتری نسبت به تیمارهای آبیاری کامل و کم‌آبیاری ۶۵ درصد داشته است. اختلاف معنی‌داری بین تیمار آبیاری کامل و کم‌آبیاری ۶۵ درصد وجود نداشت. PRD75 به‌عنوان استراتژی ذخیره آب کاربردی و یکجانشین خوب برای آبیاری کامل می‌تواند پیشنهاد شود (Parvizi et al., 2016). نتایج نشان داد که تیمار کم‌آبیاری ۶۵ درصد منجر به افزایش قطر ساقه گیاه نسبت به تیمار آبیاری کامل شد. آقایاری و همکاران (۱۳۹۵) تأثیر بیشتر تیمارهای آبیاری موضعی روی خصوصیات رشدی و عملکردی گیاهان در مقایسه با تیمار آبیاری کامل را نشان دادند. افزایش قطر ساقه گیاه ذرت در تیمارهای مصرف بیوچار نسبت به تیمار بدون مصرف مشاهده شد. مقدار قطر ساقه در تیمار مصرف ۱۲ تن در هکتار بیوچار به‌طور معنی‌داری بیشتر از مقدار آن در تیمار بدون مصرف بیوچار بود. فراهم بودن عناصر غذایی و همچنین بهبود خصوصیات رطوبتی خاک می‌تواند از دلایل قطور شدن ساقه ذرت در تیمارهای مصرف بیوچار باشد.



شکل ۲- اثر تیمار آبیاری و بیوچار روی قطر ساقه ذرت

وزن خشک برگ

در شکل (۳)، نتایج مربوط به اثر تیمار آبیاری در سال کشت روی وزن خشک برگ نشان داده شد. بیشترین مقدار وزن خشک برگ در سال دوم به دست آمد که اختلاف معنی‌داری با سال اول دارد. وجود اختلاف معنی‌دار بین دو سال کشت می‌تواند به‌واسطه سایر شرایط حاکم بر رشد ذرت از قبیل شرایط خاکی و اقلیمی باشد. از طرف دیگر، جذب طولانی‌مدت بیوچار در خاک همراه با بهبود خصوصیات خاک و افزایش کربن می‌تواند از دلایل افزایش وزن خشک برگ باشد. همچنین، تیمار آبیاری کامل در هر دو سال، دارای وزن خشک برگ بیشتری نسبت به دو تیمار کم‌آبیاری بود. مقدار وزن خشک برگ در تیمار آبیاری کامل در سال دوم به‌طور معنی‌داری بیشتر از مقدار آن در تیمارهای کم‌آبیاری ۶۵ و ۵۵ درصد بود. روش کم‌آبیاری، نه‌تنها با تغییر پتانسیل اسمزی میزان آماس سلول‌های برگ را در حدی بالاتر از معمول نگه می‌دارد، بلکه میزان مقاومت ذرت را در شرایط کم‌آبی و پژمردگی برگ‌ها افزایش می‌دهد (sarker et al., 2020).

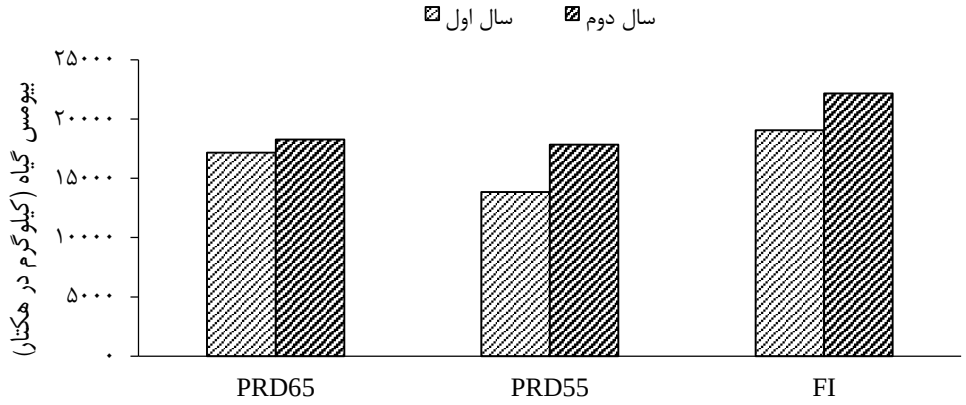


شکل ۳- اثر آبیاری و سال کشت روی وزن خشک برگ ذرت

عملکرد زیست‌توده

نتایج حاکی از تأثیر معنی‌دار تیمارهای کم‌آبیاری و تأثیر معنی‌دار سال کشت است. نتایج در شکل (۴) نشان می‌دهد که اعمال تیمار کم‌آبیاری منجر به کاهش معنی‌دار میزان عملکرد زیست‌توده ذرت شده و کم‌آبیاری ۵۵ درصد دارای کمترین مقدار عملکرد زیست‌توده به میزان ۱۳۸۵۴ کیلوگرم در هکتار بوده است. کم بودن زیست‌توده گیاه ذرت در تیمار کم‌آبیاری ۵۵ درصد رابطه مستقیمی با مقادیر ارتفاع گیاه، وزن خشک برگ و قطر ساقه دارد. تیمار آبیاری کامل دارای بیشترین عملکرد زیست‌توده به مقدار ۲۲۱۸۱ کیلوگرم در هکتار بوده است. بر

اساس نتایج شکل (۴)، تیمار کم‌آبیاری ۶۵ درصد در عملکرد زیست‌توده گیاه ذرت با تیمار آبیاری کامل اختلاف معنی‌داری ندارد. نادری و همکاران (۱۳۹۴) بهبود عملکرد با به‌کارگیری روش PRD متغیر، به دلیل اثرات مثبت آن بر جذب آب و اجزای عملکرد علوفه ازجمله ارتفاع بوته و عملکرد بلال به دست آوردند. آقایاری و همکاران (۱۳۹۵) نیز به این نتیجه رسیدند که برای حصول عملکرد زیست‌توده مطلوب در ذرت، تأثیر آبیاری بخشی در شرایط کم‌آبیاری بیشتر از آبیاری کامل است. از طرف دیگر، هرچند اختلاف بین تیمارهای مختلف بیوچار معنی‌دار نشد اما تیمارهای مصرف ۱۲ تن در هکتار، ۶ تن در هکتار و بدون مصرف به ترتیب بیشترین تا کمترین مقدار زیست‌توده را دارا بودند. دیوبندهفشجانی و همکاران (۱۳۹۶) بیان کردند که استفاده از بیوچار باگاس نیشکر در خاک به‌عنوان یک منبع کربنی علاوه بر تأثیر مثبت بر میزان مواد آلی خاک بر سایر خصوصیات شیمیایی آن تأثیر مثبت دارد که موجب افزایش کربن آلی خاک می‌گردد. افزایش کربن آلی خاک می‌تواند باعث افزایش زیست‌توده گیاه شود.



شکل ٤- اثر تیمارهای آبیاری در سال روی عملکرد زیست‌توده ذرت

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از بررسی منابع مختلف نشان می‌دهد که آبیاری بخشی ریشه (PRD) در مقایسه با آبیاری کامل می‌تواند گزینه قابل‌اعتمادتری برای جلوگیری از کاهش عملکرد محصول در شرایط کمبود آب باشد. همچنین مطالعات نشان داده‌اند که افزودن موادی مثل بیوچار به خاک، باعث نگهداشت بیشتر آب در خاک درنتیجه باعث رشد بیشتر و افزایش عملکرد محصولات کشاورزی شدند. لذا در این تحقیق با تلفیق کم آبیاری بخشی ریشه و بیوچار، تأثیر این دو پارامتر را همزمان بر روی ارتفاع گیاه، قطر ساقه، وزن خشک برگ، ارتفاع تاسل و زیست‌توده بررسی گردید؛ که اثر تیمارهای آبیاری بر ارتفاع گیاه، قطر ساقه، وزن خشک برگ و زیست‌توده معنی‌دار است. همچنین اثر سال بر ارتفاع گیاه، وزن خشک برگ و زیست‌توده ذرت در سطح یک درصد معنی‌دار شد. اثر بیوچار نیز بر ارتفاع گیاه و قطر ساقه معنی‌دار شد.

منابع

احمدی، م.، فرهادی‌بانسوله، ب. و قبادی م. ۱۳۹۲. تغییرات مکانی و زمانی عملکرد جو تحت مدیریت‌های کم‌آبیاری (مطالعه موردی: منطقه ماهی‌دشت استان کرمانشاه). نشریه دانش آب و خاک. ۲۳(۴): ۳۲-۱۹.

آقایاری، ف.، خلیلی، ف. و اردکانی م.ر. ۱۳۹۵. تأثیر کم‌آبیاری، آبیاری موضعی و پلیمر سوپرجاذب بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰۳. نشریه حفاظت منابع آب و خاک. ۶(۱): ۱۴-۱.

دیوبند هفشجانی، ل.، هوشمند، ع.ر.، ناصری ع.ع.، سلطانی-

محمدی، ا. و عباسی ف. ۱۳۹۶. مقایسه کارایی بیوچار و ورمی‌کمپوست باگاس نیشکر در حذف نیترات از آب‌های آلوده و تعیین شرایط بهینه فرایند جذب. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۱ (۱۰): ۱۱۶-۱۰۲.

کاراندیش، ف.، میرلطیفی، س.م.، شاهنظری، ع.، عباسی، ف. و قیصری، م. ۱۳۹۲. بررسی تأثیر آبیاری ناقص ریشه و کم-آبیاری معمولی بر بهره‌وری آب و عملکرد و اجزای عملکرد گیاه ذرت. مجله تحقیقات آب و خاک ایران. ۴۴ (۱): ۳۴-۳۳.

نادری، ن.، فضل‌اولی، ر.، ضیاتبار احمدی، م.خ.، شاهنظری، ع. و خاوری‌خراسانی، س. ۱۳۹۴. بررسی اثر روش‌های مختلف کم‌آبیاری بر عملکرد و کارآیی مصرف آب ذرت علوفه‌ای. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۳(۶): ۵۳۱-۵۲۳.

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.

Domene, X., Mattana, S., Hanley, K., Enders, A. and Lehmann, J. 2014. Medium-term effects of corn biochar addition on soil biota activities and functions in a temperate soil cropped to corn. Soil Biology and Biochemistry. 72: 152-162.

Knowles, O., Robinson, B., Contangelo, A. and Clucas, L. 2011. Biochar for the mitigation of nitrate leaching from soil amended with biosolids. Science of the Total Environment. 409: 3206-3210.

Leng, l., Huang, H., Li, H., Li, J., and Zhou, W. 2019. Biochar stability assessment methods, review. Science of The Total Environment. 647: 210-222.

Liu, Z., Chen, X., Jing, Y., Li, Q., Zhang, J. and Huang, Q. 2014. Effects of biochar amendment on rapeseed and sweet potato yields and water stable aggregate in upland red soil. CATENA. 123: 45-51.

Ma, N., Zhang, L., Zhang, Y., Yang, L., Yu, C., Tin, G., Diane, T.A., and Ma, X. 2016. Biochar Improves Soil Aggregate Stability and Water Availability in a Mollisol after Three Years of Field Application. PLOS One. 11(5): 1-10.

Parvizi, H., Sepaskhah, A.R., and Ahmadi, S.H. 2016. Physiological and growth responses of pomegranate tree (Punica granatum (L.) cv. Rabab) under partial root zone drying and deficit irrigation regimes. Agricultural Water Management. 163: 146-158.

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. Agricultural Water Management . 238.106229.

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.

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.

Zare Abyaneh, H., Jovzi, H., and Albaji, M. 2017. Effect of regulated deficit irrigation, partial root drying and V- fertilizer level on sugar beet crop. Agricultural Water Management. 194: 13-23.

Zhang, L., Sun, X., Tian, Y. and Gong, X. 2014. Biochar and humic acid amendments improve the quality of composted green waste as a growth medium for the ornamental plant Calathea insignis. Scientia Horticulturae. 176: 70-78.

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.

Water Management in Agriculture
Vol. 8, No. 1, Spring and Summer 2021, 67-76

نشریه مدیریت آب در کشاورزی
جلد ۸، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۴۰۰، ص. ۷۶-۶۷

Effect of Irrigation Management on Growth and Water Productivity of Maize Plant under Different Levels of Biochar

M. Dehghani Ahmadabadi[1*], A. Shahnazri[2], A. Ghadami Firouzabadi[3] and M. R. Ardekani[4]

Abstract

Among agricultural inputs, water and soil as the most important factors of production have a special economic importance. In this regard, managing water consumption and improving soil condition is one of the priorities of agriculture. This study was conducted to investigate the effect of different partial root zone drying treatments at two levels of 65 and 55%, full irrigation and different levels of biochar consumption (zero, 6 and 12 tons per hectare) on the growth characteristics of maize was done in the educational farm of Tehran Martyr Foundation in 2015 and 2016. Plant height, stem diameter, leaf dry weight, tassel height and biomass were calculated. The results of analysis of variance showed that the effect of irrigation treatments on plant height, stem diameter, leaf dry weight and biomass was significant. Also, the effect of year on plant height, leaf dry weight and corn biomass was significant at the level of one percent. The effect of biochar on plant height and stem diameter was significant.

Keywords: Biomass, Drip Irrigation (Tape), Organic Fertilizer, Partial Root Zone Drying

[1] Assistant Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Engineering, Payame Noor University of Tehran, Iran. (* Corresponding Author Email: Dehghani.m55@gmail.com)
[2] Professor, Department of Water Engineering, University of Agriculture, Faculty of Agricultural Engineering, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources
[3] Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Department, Hamedan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Hamedan, Iran. Email: a.ghadami@areeo.ac.ir
[4] Professor, Department of Agriculture, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Karaj
Received: 9 May 2021
Accepted: 25 May 2021