کاربرد بیوچار و سوپرجاذب بر خصوصیات مورفولوژیکی گیاه ذرت علوفه‌ای (Zea mays L.) در منطقه ورامین.

Application of biochar and superabsorbent on the morphological characteristics of forage maize (Zea mays L.) in Varamin region.

محمد پاکدل[۱]، محمدرضا ممیزی[۲]، محمد نصری[۲*].

۱- گروه اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین- پیشوا، ورامین، تهران – ایران.
۲- گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین- پیشوا، ورامین، تهران – ایران.

*نویسنده مسوول مکاتبات: dr.nasri@ yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۶/۸/۱۰ تاریخ پذیرش: ۹۷/۶/۲۲

چکیده

به‌منظور بررسی کاربرد بیوچار و سوپرجاذب بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی گیاه ذرت علوفه‌ای (*Zea mays* L) در منطقه ورامین در مزرعه اجرا شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. عامل اول سوپر-جاذب در غلظت‌های صفرو ۱۰۰ درصد(به‌ترتیب S_0، S_1)، عامل دوم، زغال مصرف بیوچار با نسبت صفر، پنج و ۱۰ تن در هکتار (به-ترتیب B_0، B_1 و B_2) به‌عنوان تیمار در نظر گرفته شد. دور آبیاری شامل هفت، ۱۰ و ۱۳ روز و ۱۰ و ۱۳ (به‌ترتیب D_0، D_1 و D_2) به-عنوان کرت اصلی اجرا شد. عامل سوپرجاذب تاثیر معنی‌داری بر صفات درصد نقصان اشباع داشت. عامل بیوچار تاثیر معنی‌داری بر صفات وزن تر برگ و وزن خشک برگ، کلروفیل کل، محتوای آب نسبی، درصد نقصان اشباع داشت. عامل اثرات دوگانه آبیاری و سوپرجاذب تاثیر معنی‌داری بر صفات وزن تر برگ، وزن خشک برگ، وزن تر کل وزن خشک کل، کلروفیلa، کلروفیلb، کلروفیل کل، درصد نقصان اشباع داشت. عامل اثرات دوگانه آبیاری و بیوچار تاثیر معنی‌داری بر صفات ارتفاع بوته، وزن تر برگ، وزن خشک برگ، وزن تر کل وزن خشک کل، شاخص سطح برگ، کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، درصد نقصان اشباع داشت. عامل اثرات دوگانه سوپرجاذب و بیوچار تاثیر معنی‌داری بر صفات وزن تر برگ، وزن خشک برگ، وزن تر کل، وزن خشک کل، کلروفیل a، کلروفیل b، درصد نقصان اشباع داشت. عامل اثرات سه‌گانه آبیاری، سوپرجاذب و بیوچار تاثیر معنی‌داری بر صفات ارتفاع بوته، وزن تر برگ، وزن خشک برگ، وزن تر کل و وزن خشک کل، شاخص سطح برگ، کلروفیل a، کلروفیل کل، محتوای آب نسبی و درصد نقصان اشباع داشت.

واژگان کلیدی: ذرت علوفه‌ای، بیوچار، سوپرجاذب، خصوصیات کمی و کلروفیل.

مقدمه

یکی از چالش‌های اصلی در تلاش جهت رسیدن به تولید پایدار محصولات کشاورزی، تنش‌های محیطی می باشند. واکنش‌های گیاهان به تنش‌های محیطی پیچیده بوده و شامل بسیاری از انواع عکس‌العمل‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی می‌شود (Prasad *et al*., 2009). از مهم‌ترین مشکلات مناطق خشک و نیمه خشک، کمبود آب می‌باشد که بر رشد و نمو گیاهان اثر می‌گذارد. نواحی خشک و نیمه خشک مناطقی هستند که کل تعرق گیاهان در آن ۵۰٪ تعرق در شرایط بدون تنش و یا حتی کمتر از این مقدار باشد (کافی و همکاران، ۱۳۹۱). ذرت (*Zea mays* L.) سومین محصول مهم غذایی بعد از گندم و برنج می‌باشد. ذرت از جمله گیاهان زراعی مهم در ایران و جهان به شماررفته و پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۲۰۲۰ تقاضا برای ذرت ۴۵ درصد افزایش یابد (Golbashy *et al*., 2010). از طرفی مقدار آب قابل دسترسی برای کیفیت رشد مناسب گیاه از اهمیتی حیاتی برخوردار است. با این وجود ظرفیت حفظ آب و موادغذایی خاک به خصوص در زمین‌های شنی بسیار پائین است. مقادیر زیادی از آب باران و آب آبیاری از طریق شست و شو و تبخیر به هدر می‌روند. مواد غذایی خاک در محدودهٔ ریشه با آب شسته می‌شوند. طی دوره‌های خشکسالی طولانی میزان رطوبت خاک به کمتر از حداقل احتیاج کاهش یافته و باعث ضعف یا نابود شدن گیاه می‌شود. در نتیجه پیداکردن راهی برای جلوگیری از هزینه‌های فراوان آبیاری مکرر به‌دلیل قیمت رو به رشد آب، غیر قابل اجتناب به‌نظر می‌رسد. در این رابطه اقداماتی از قبیل کاربرد کود سبز آلی، مالچ‌های گیاهی و مصنوعی، کاه و کش، پوشش گیاهی و هم‌چنین استفاده از مواد اصلاحی نظیر تورب، ورمیکولیت، پرلیت، واترلس (Super absorbent polymers)، ایگتا، هیدروپلاس، پلیمرهای سوپرجاذب (هیدروژل) امکان‌پذیر می‌باشد (کریمی، ۱۳۸۶). امروزه از پلیمرهای سوپرجاذب جهت کاهش اتلاف آب و مواد غذایی در بخش کشاورزی استفاده می‌کنند. این پلیمرها یک ماده افزودنی خاک بود، که آب و مواد غذایی را جذب و حفظ می‌کنند و با خاک کشت همراه گشت و به رشد مطلوب گیاه و کاهش اتلاف آب و هزینه‌های آبیاری کمک می‌نمایند (گنجی خرم دل و همکاران، ۱۳۹۴).

مصرف بیوچاردر خاک باعث بهبود وضعیت بسیاری از ویژگی‌های خاک از جمله ساختمان خاک، ظرفیت نگهداری رطوب در خاک، باروری خاک، افزایش تولیدات گیاهی، افزایش میزان ماده آلی خاک، جذب مواد شیمیایی، سموم کشاورزی و فلزات سنگین از خاک‌های آلوده، حفظ عناصر غذایی خاک و افزایش فعالیت میکروبی خاک می‌شود. بیوچار با خصوصیات فیزیکو-شیمیایی بسیار مفید و خاصی از جمله تخلخل فراوان، توانایی نگهداری رطوبت، سطح ویژه بالا و قدرت جذب سطحی بالا در محیط‌های خاکی می‌تواند کاربردهای متفاوتی داشته باشد. بیوچاربه‌عنوان یک ماده جاذب برای جذب و اصلاح آلودگی خاک و آب و همچنین ماده آلی به‌منظور تقویت باروری خاک در کشاورزی پایدارمورد استفاده قرار می‌گیرد (خادمی جلگه نژاد، ۱۳۹۴). محتوی نسبی آب در گیاه بسیار از خاک بیشتر بود و تغییرات بسیار کم و جزیی آب در گیاه می‌تواند تمامی واکنش‌های سوخت و ساز را تحت تاثیر قرار می‌دهد. کمبود آب در بستن روزنه‌ها موثر است (Akram *et al*., 2013). چون آماس غشای سلول‌های محافظ روزنه‌ها، بستگی به مقدار آب دارد و این عکس‌العمل در مقدار گاز کربنیک جذب شده از طریق برگ، موثر بوده و فتوسنتز را به‌طور مستقیم کنترل می‌نماید. در نتیجه نقش بسیار مهمی در تولید دارد. خشکی یک عامل کاهش دهنده عملکرد می‌باشد که این حالت حتی در مواردی که صدمه وارده مشهود نباشد، صادق است.کمبود آب زمانی در گیاه اتفاق می‌افتد که میزان تعرق بیشتر از جذب آب باشد. این امر ممکن است به‌علت اتلاف بیش از حد آب، کاهش جذب آب و یا هر دو باشد؛ بعضی از فرآیندها مانند عملکرد نهایی گیاه نسبت به افزایش تنش رطوبت بسیار حساس می‌باشد (Zlatev and Lidon, 2012). در شرایط خشکی، تعدادی از برگ‌ها پژمرده شده، قطر ساقه رشد کند پیدا می‌کند، تعداد روزنه‌ها در واحد سطح افزایش یافته (Manivannan *et al*., 2008)، فضاهای بین سلولی کوچکتر شده و بافت‌های مکانیکی قوی‌تر می‌گردند تأثیرگذاری خشکی در طول دوره زندگی گیاه نیز متفاوت است. آزمایش‌ها نشان داد که اولین خشکی ، محصول گندم و آفتابگردان را حدود ۵۰ درصد کاهش می‌دهد، در حالی‌که دومین خشکی فقطسه درصد محصول را می‌کاهد (Akram *et al*., 2013).

بیوچار با خصوصیات فیزیکوشیمیایی بسیار مفید و خاصی از جمله تخلخل فراوان، توانایی نگهداری رطوبت، سطح ویژه بالا، قدرت جذب سطحی بالا، مقاومت در مقابل تجزیه میکروبی و افزایش فعالیت میکروبی در محیط‌های خاکی می‌تواند کاربرد-های متفاوتی داشته باشد. استفاده از بیوچاردر جهت اصلاح خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک از دیرباز رواج داشته است. مصرف بیوچار در خاک باعث بهبود وضعیت بسیاری از ویژگی‌های خاک از جمله ساختمان خاک، ظرفیت نگهداری رطوبت در خاک، ضدعفونی خاک، جلوگیری کننده فعالیت عوامل بیماریزا در خاک، حفاظت گیاه در مقابل عوامل بیماریزا، باروری خاک، افزایش تولیدات گیاهی، افزایش میزان ماده آلی خاک، جذب مواد شیمیایی، سموم کشاورزی و فلزات سنگین از خاک‌های آلوده، حفظ عناصر غذایی خاک و افزایش فعالیت میکروبی خاک می‌شود (Uchimiya *et al*., 2010). امروزه افزودن بیوچار به خاک‌ها به‌عنوان روشی جهت تثبیت کربن درون خاک و کاهش غلظت دی اکسیدکربن هوا توجه زیادی را به‌خود جلب کرده است (Lehmann and Josep., 2009)افزودن بیوچار به خاک با توجه به‌نقش یک هیدروکربن در فرآیندهای شیمیایی، زیستی و فیزیکی خاک ایفا می‌کند، می‌تواند مهم باشد. لایرد و همکاران (Laird *et al*., 2010) با کاربرد بیوچار حاصل از کودهای دامی به خاک‌های زراعی نشان دادند که کاهش چشمگیر در آب شویی عناصرغذایی مانند نیتروژن، فسفر، منیزیم و سیلیس مشاهده گردید. محققان تاثیر فوق‌العاده بیوچار بر چرخه عناصر و جلوگیری از هدرروی کربن، نیتروژن و فسفر در خاک را نشان دادند که بیوچار دارای دامنه ای از شکل‌های عناصر غذایی بوده که با سرعت‌های متفاوتی آزاد شده,Mukherjee and Zimmerman) (2013 و تاثیرات متفاوتی را بر حاصلخیزی خاک دارند. شیرابه خروجی از خاک لومی تیمار شده با بیوچار ضایعات گرد و دارای مقادیر بالاتر پتاسیم و سدیم و مقدار کمتر فسفر، کلسیم، منیزیم و روی نسبت به خاک شاهد می‌باشد Novak) (*et al*., 2009. بیوچار ناشی از نی خیزران نیز می‌تواند سبب کاهش آب شویی آمونیم به‌مقدار ۱۵ درصد طی ۷۰روز شود (Ding *etal*., 2009).

از آن‌جاکه پتاسیم یکی از عناصر پرمصرف گیاهی بوده و کمبود آن در خاک‌های آهکی ایران به‌خصوص خاک‌های شدیدا آهکی مناطق جنوبی و خاک‌های شنی که بیشتر به راسته آنتی‌سولز، این سپتی‌سولز و هیستوسولز تعلق دارند رو به گسترش است(Najafi-Ghiri and Abtahi, 2013) . می‌توان بیوچار را به‌عنوان ماده اصلاح کننده جهت بهبود وضعیت حاصلخیزی پتاسیم خاک‌ها مورد مطالعه قرارداد. با توجه به ترکیبات متفاوت بقایای گیاهی، بیوچار تولید شده از آنها نیز می‌تواند ویژگی‌های متفاوتی داشته باشد (Tang *et al*., 2013) این ویژگی‌های متفاوت ممکن است تأثیرات متفاوتی را بر نیتروژن، فسفر، شکل‌های مختلف پتاسیم خاک (شامل پتاسیم محلول، تبادلی و غیرتبادلی) و ریزمغذی‌ها (آهن، منگنز، مس و روی) داشته باشد. نتایج آزمایش ارزیابی تاثیر دو گونه قارچ مایکوریز و بیوچار بر آبشویی نیترات خاک تحت کشت گیاه ذرت نشان دادکه اثر تلقیح میکوریز و اثر متقابل بیوچار و میکوریز بر ارتفاع گیاه، وزن خشک اندام هوایی گیاه معنی‌دار بود .تلقیح میکوریز و کاربرد بیوچار اثر معنی‌داری بر ذخیره و کاهش آبشویی نیترات و آمونیوم خاک داشت، میزان کاهش نیترات در آب آبشویی در اثر بیوچار سپیدار فاقد میکوریز دارای کود و سبوس برنج-فاقد میکوریز-دارای کود نسبت به تیمار فاقد بیوچار، فاقد میکوریز، دارای کود به‌ترتیب ۸۱/۳۲ و ۳۳/۹۶ درصد بود. در این تحقیق، اثرات متقابل دوگانه و سه‌گانه عوامل مورد آزمایش بر روی صفات رویشی گیاه، نیترات و آمونیوم خاک و محلول آب شویی شده معنی-دار گردید (احمدی، ۱۳۹۳).

این تحقیق با هدف بررسی اثرات مصرف بیوچار و سوپرجاذب بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی گیاه ذرت علوفه‌ای (*Zea mays* L) در منطقه ورامین در مزرعه اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این طرح به‌منظور بررسی کاربرد بیوچار و سوپرجاذب بر خصوصیات مورفولوژیکی گیاه ذرت علوفه‌ای (*Zea mays* L) در شرایط تنش خشکی درمنطقه و رامین در مزرعه‌ای در قوئینک زهری در سال زراعی ۱۳۹۵ اجرا شد. آزمایش به صورت اسپیلت فاکتوریل پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجراگردید. عامل اول سوپر جاذب در غلظت‌های صفر و ۱۰۰ درصد (به ترتیب S_0، S_1)، عامل دوم زغال مصرف بیوچار با نسبت صفر، پنج و ۱۰تن در هکتار (به-

ترتیب B_0، B_1 و B_2) به‌عنوان تیمار درنظر گرفته شد. دور آبیاری شامل هفت، ۱۰ و ۱۳ روز و ۱۰ و ۱۳ (به‌ترتیب D_0، D_1 و D_2) اجرا شد. پیش از کشت، خاک تمام کرت های آزمایشی آبیاری می‌گردند. بذر گیاه ذرت علوفه‌ای سینگل کراس ۷۰۴ که از مرکز تحقیقات کشاورزی استان تهران تهیه شده بود، کاشته شد. هر واحد آزمایشی (کرت) مشتمل بر پنج پشته به‌طول پنج متر بود. که پشته‌ها ۷۵ سانتی‌متر با یکدیگر فاصله داشتند. فاصله روی خط ۲۰ سانتی‌متر و کشت بذر به‌صورت کپه‌ای (سه عدد بذر در هر کپه به عمق سه تا پنج سانتی‌متر) انجام گردید. جهت اندازه‌گیری عملکرد نهایی و اجزای عملکرد سه متر مربع از هر کرت تخصیص داده شد. گیاهان برای حدود ۱۲۰ روز نگهداری شده و پس از اتمام مرحله زایشی، گیاه ذرت را برداشت نموده، بخش‌های هوایی و ریشه در کیسه‌های جداگانه قرار داده و به آزمایشگاه ارسال گردید. پس از برداشت پارامترهای مشروحه ذیل درآزمایشگاه اندازه گیری شد. جهت اندازه گیری ارتفاع بوته حداقل پنج بوته از هر کرت انتخاب شد و توسط متر ارتفاع بوته‌ها از زمین تا نوک اندازه‌گیری گردید و ارتفاع بوته‌ها در هر تیمار مشخص گردید. وزن بیومس تازه و خشک اندامهای هوایی جهت اندازه گیری وزن تر شاخساره آنها قطع گردید. جهت اندازه‌گیری میزان کلروفیل کل، کلروفیل a و b از روش سستاک و کاتاسکی (Sestak and Catasky, 1966) با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر قرار داده و در طول موج‌های ۶۶۳ نانومتر برای کلروفیل a و ۶۴۷ نانو متر برای کلروفیل b میزان جذب نور قرائت شده استفاده شد.

سپس اعداد مربوط به هر نمونه در فرمول‌های زیر جایگزین گردید تا میزان کلروفیل a, b به‌دست آمد.

chl. a (mg. L^{-1}) = (12. 25 * A663-2.79 * A647) * D

ch. b ((mg. L^{-1}) = (21. 5 * A647 – 5. 1 * A663) * D

chla + b ((mg. L^{-1}) = (7. 15* A663 – 18.71 *A647) * D

D = thinck ness of used cuvette (cm)

در محاسبه محتوای آب نسبی (RWC)، پس از اعمال تنش پنج برگ به‌طورتصادفی از هر کرت انتخاب و داخل کیسه پلاستیکی قرارگرفت. ابتدا وزن اولیه برگ‌ها اندازه‌گیری و بعد در داخل ظرف حاوی آب مقطر به‌مدت ۲۴ ساعت در تاریکی قرارگرفت. سپس برگ‌ها را بیرون آورده و با کاغذ صافی خشک کرده ووزن آماس یافته تعیین و سپس به‌مدت۴۸ ساعت در آون۷۰ درجه خشک شد و سپس وزن خشک اندازه گیری شد: 100×(وزن خشک برگ – وزن اشباع برگ / وزن خشک برگ - وزن تازه برگ) = (محتوای رطوبت نسبی)

زمان اندازه‌گیری شاخص های تنش مانند RWC درساعت ۱۲-۱۴است یعنی زمانی‌که تنش ایجاد شده است.

برای محاسبه سطح برگ بعد از جداسازی برگ نمونه‌های برداشت شده، طول و عرض آنها اندازه‌گیری گردید و در مرحله‌ی بعد طول و عرض برگ در معادله زیر قرار داده شد سپس اعداد حاصله جمع و مساحت به دست آمده به واحد زمین (مترمربع) تبدیل شد. جهت تجزیه و تحلیل داده‌های به‌دست آمده از این مطالعه از برنامه آماری SPSS و میانگین‌ها استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال یک و پنج درصد مقایسه گردید. جهت ترسیم نمودارها از نرم‌افزار Excel Microsoft Office استفاده شد.

نتایج و بحث

با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس، اثرات ساده آبیاری در صفات ارتفاع بوته، وزن تر برگ، وزن خشک برگ، وزن تر کل، وزن خشک کل و شاخص سطح برگ و اثرات ساده بیوچاربر صفات وزن تر برگ و وزن خشک برگ در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود، ولی اثرات ساده سوپرجاذب و بیوچار اثر معنی‌داری از لحاظ آماری بر سایر صفات نداشتند. اثرات دو-گانه آبیاری و سوپرجاذب در صفات وزن تر برگ، وزن خشک برگ، وزن تر کل وزن خشک کل و اثرات دوگانه آبیاری و بیو-چار بر صفات ارتفاع بوته، وزن تر برگ، وزن خشک برگ، وزن تر کل وزن خشک کل در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود و در سایر صفات اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. همچنین اثرات دوگانه سوپرجاذب و بیوچار بر صفات وزن تر برگ، وزن خشک برگ، وزن تر کل وزن خشک کل در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار نبود و بر سایر صفات معنی‌دار نبود. اثرات سه‌گانه آبیاری، سوپرجاذب و بیوچار بر صفات ارتفاع بوته، وزن خشک برگ و شاخص سطح برگ در سطح احتمال یک درصد و بر صفات وزن تر برگ، وزن ترکل و وزن خشک کل در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول یک).

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر بیوچار و سوپرجاذب بر صفات ارتفاع بوته وزن تر برگ، وزن خشک برگ، وزن ترکل، وزن خشک کل و شاخص سطح برگ.

Table 1- Analysis of variance of biochar and superabsorbent effect on plant height, leaf fresh weight, leaf dry weight, total fresh weight, total dry weight and leaf area index.

				M.s میانگین مربعات				
Treatment	تیمار	درجه آزدی df	ارتفاع بوته Plantheight	وزن تر برگ F.W of L	وزن خشک برگ D.W of L	وزن تر کل T. F. W	وزن خشک کل T.D.W	شاخص سطح برگ LAI
Block	تکرار	2	1.25	245.91	311.85	3345333.6	431007.5	42.99
Irrigation	آبیاری	2	16.06*	19998.25*	1334.33*	16453207.6*	1245981.7*	210.88*
Error a	خطایA	4	2.45	389.31ns	249.8	2845025.6	254876.3	39.75
Super absorbent	سوپرجاذب	1	3.33 ns	185.40 ns	225.46 ns	872001.1 ns	793499.33 ns	21.81 ns
Biochar	بیوچار	2	1.45 ns	1705.51*	1344.73 *	1243249.6 ns	663661.1 ns	40.01 ns
Irrigation* Superabsorbent	آبیاری× سوپرجاذب	2	2.09 ns	1398.98*	1198.11 *	6983452.6*	3346851.5*	32.41 ns
Irrigation* Biochar	آبیاری × بیوچار	4	6.99 *	1600.25*	1400.25 *	7183459.7*	2845200.6*	139.81*
Super absorbent* biochar	سوپرجاذب× بیوچار	2	3.45 ns	1480.45*	1106.33 *	8005228.6*	93276451.0*	12.40 ns
Irrigation* Superabsorbent × Biochar	آبیاری × سوپرجاذب× بیوچار	4	7.22 *	4859.12 **	1245.11 *	225400162.7**	11873345.0**	140.88*
Error Bc	خطایB.C	18	1.01	201.23	190.25	1145222.1	525125.9	20.45

ns، * و** به ترتیب بیانگر غیر معنی‌داری و اختلاف معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد می باشند.

Ns, * and **: Non significant, Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

ارتفاع بوته

با توجه به مقایسه میانگین اثرات سه گانه آبیاری، سوپرجاذب و بیوچار بیش‌ترین میزان ارتفاع بوته مربوط به تیمار آبیاری معمول، مصرف سوپرجاذب و مصرف ۱۰ تن در هکتار بیوچار ر با ۲۰۳/۷ سانتی‌متر بود که با تیمار آبیاری معمول، مصرف سوپرجاذب و پنج تن در هکتار مصرف بیوچار، تیمار آبیاری معمول، مصرف سوپرجاذب و عدم مصرف بیوچار و تیمارهای آبیاری معمول، عدم مصرف سوپرجاذب و مصرف پنج و۱۰ تن در هکتار بیوچار اختلاف معنی‌داری نداشت و کمترین ارتفاع بوته مربوط به تیمار تنش شدید، مصرف سوپرجاذب و عدم مصرف بیوچار با ۱۶۸/۱ سانتی‌متر بود که با تیمار تنش شدید، عدم مصرف سوپرجاذب و عدم مصرف بیوچار و تیمار تنش شدید، مصرف سوپرجاذب و مصرف ۱۰ تن در هکتار بیوچار اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول دو). نتایج پور موسوی و همکاران (۱۳۸۶) نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش ارتفاع، تعداد گره، تعداد شاخه، وزن بوته، تعداد دانه، وزن دانه، تعداد غلاف، وزن غلاف و شاخص برداشت سویا شد. درتحقیق صورت گرفته با اعمال تنش خشکی، میزان ارتفاع گیاه کاهش یافت که این نتیجه با یافته‌های کارگر و همکاران (۱۳۸۳) مطابقت داشت. ارتفاع گیاه به‌شدت به محیط وابسته است. از آن‌جایی‌که پدیده رشد حاصل فعالیت‌های حیاتی در شرایطی است که گیاه بایستی آب کافی در اختیار داشته باشد، در صورت عدم تأمین آب مورد نیاز، به‌دلیل کاهش فشار تورژسانس سلول‌های در حال رشد و اثر بر طول سلول‌ها، کاهش ارتفاع اتفاق می افتد (شمس وهمکاران، ۱۳۹۰). همان‌طور که از نتایج مشخص است در شرایط آبیاری معمول و استفاده از بیش‌ترین مقدار بیوچار ارتفاع بوته افزایش داشت. حتی در شرایط تنش شدید نیز بیوچار توانست باعث افزایش ارتفاع بوته نسبت به شرایط شاهد شود،که با تحقیقات سایر محققان مشابهت دارد (Du Shanzhou *et al*., 2008).

جدول ۲- مقایسه میانگین اثرات سه گانه بر صفات ارتفاع بوته وزن تر برگ، وزن خشک برگ، وزن ترکل، وزن خشک کل و شاخص سطح برگ.

Table 2 - Comparison of the mean of the three effects on plant height, leaf fresh weight, leaf dry weight, crack weight, total dry weight and leaf area index.

اثرات سه گانه	ارتفاع بوته Plantheight (cm)	وزن تر برگ F.W of L (kg.ha)	وزن خشک برگ D.W of L (kg.ha)	وزن تر کل T. F. W (kg.ha)	وزن خشک کل T.D.W (kg.ha)	شاخص سطح برگ LAI
$D_0 \times S_0 \times B_0$	191.4 ab	16054.2 b	4012.8 c	59422.6 d	15427.8 c	5.89 ab
$D_0 \times S_0 \times B_1$	196.3 a	17946.1 b	4429.1 bc	62011.9 cd	16249.7 bc	6.04 a
$D_0 \times S_0 \times B_2$	197.1 a	19481.4 a	4917.4 b	66194.2 bc	16639.4 bc	6.11 a
$D_0 \times S_1 \times B_0$	195.9 a	16853.4 b	4482.6 bc	64011.9 c	16948.2 abc	6.07 a
$D_0 \times S_1 \times B_1$	199.3 a	19102.9 a	5016.9 b	69127.2 b	17943.1 ab	6.21 a
$D_0 \times S_1 \times B_2$	203.7 a	21846.4 a	5927.8 a	73829.4 a	19041.3 a	6.38 a
$D_1 \times S_0 \times B_0$	178.5 bc	13946.5 cd	3589.2 cd	54016.8 e	14363.2 cd	5.42 ab
$D_1 \times S_0 \times B_1$	181.7 bc	15062.1 bc	3927.1 c	59109.2 d	14621.3 cd	5.63 ab
$D_1 \times S_0 \times B_2$	183.9 bc	16732.4 b	4385.2 bc	61473.1 cd	15101.1 c	5.81 ab
$D_1 \times S_1 \times B_0$	182.9 bc	14293.1 c	3889.4 c	58209.3 d	15528.6 c	5.69 ab
$D_1 \times S_1 \times B1_0$	189.4 b	15447.2 bc	4306.1 bc	61109.1 cd	15326.4 c	5.91 ab
$D_1 \times S_1 \times B_2$	190.4 b	17284.3 b	5046.3 a	62048.1 cd	16182.8 bc	6.09 ab
$D_2 \times S_0 \times B_0$	168.9 c	9274.1 e	2696.4 d	44501.9 f	10788.5 e	4.47 c
$D_2 \times S_0 \times B_1$	172.2 bc	10159.4 e	3252.0 cd	49435.2 e	11764.1 e	4.95 bc
$D_2 \times S_0 \times B_2$	175.3 bc	12171.4 d	3590.8 cd	50567.2 e	13008.1 d	5.09 c
$D_2 \times S_1 \times B_0$	168.1 c	11548.6 d	2896.6 d	49961.7 e	12428.4 de	4.68 bc
$D_2 \times S_1 \times B_1$	175.3 bc	11940.3 de	2995.3 d	51390.6 de	12920.6 d	4.71 bc
$D_2 \times S_1 \times B_2$	176.5 c	13796.8 bc	3621.8 cd	52543.8 de	13161.1 d	5.11 b

D_0 = آبیاری معمول ؛ D_1 = تنش خفیف؛ D_2 = تنش شدیدS_0 = عدم مصرف سوپر جاذب؛ S_1 =مصرف سوپر جاذب B_0 =عدم مصرف بیوچار ؛ B_1 = مصرف۵ تن در هکتار بیوچار؛ B_2 = مصرف۱۰ تن در هکتار بیوچار.

D_0= regular irrigation; D_1= mild stress; D_2= Severe stress S_0= No consumption of superabsorbent; S_1= consumption of superabsorbent B_0= no consumption of biochar; B_1= Consumption of 5 tons per hectare of biochar; B_2= Consumption of 10 tons per hectare of biochar.

میانگین های داده شده در هر ستون که دارای حروف مشترک می باشند، تفاوتشان از نظر آماری در سطح پنج درصد دانکن معنی دار نیست.

No significant difference at 5 % level Duncan for means which have the same letters in each column.

وزن تر برگ

با توجه مقایسه میانگین اثرات سه‌گانه آبیاری، سوپرجاذب و بیوچار نشان داد که بیش‌ترین میزان وزن تر برگ مربوط به تیمار آبیاری معمول، مصرف سوپرجاذب و مصرف ۱۰ تن در هکتار بیوچار با ۲۱۸۴۶/۴ کیلوگرم در هکتار بود که با تیمار آبیاری معمول، مصرف سوپرجاذب و مصرف پنج تن در هکتار بیوچار و تیمار آبیاری معمول، عدم مصرف سوپرجاذب و مصرف ۱۰ تن در هکتار بیوچار اختلاف معنی‌داری نداشت و کمترین میزان وزن تر برگ مربوط به تیمار تنش شدید، عدم مصرف سوپرجاذب و عدم مصرف بیوچار با ۹۲۷۴/۱ کیلوگرم در هکتار بود (جدول دو). همان‌طور که نتایج نشان داد در شرایط آبیاری معمول و استفاده از بیوچار و سوپرجاذب وزن تر برگ بهترین عملکرد را داشت. حتی در شرایط تنش خشکی، بیوچار و سوپرجاذب توانست عملکرد بهتری را نشان دهد و اثرات منفی تنش خشکی را کاهش داد و با آب‌رسانی بهتر به گیاه و انجام فتوستنز رشد برگ بیشتر شد، در نهایت وزن تر افزایش یافت. افزودن سوپرجاذب به خاک باعث افزایش وزن تر شاخساره در گیاهان خربزه شد (سالار و همکاران، ۱۳۸۴). در بررسی پلیمر سوپرجاذب بر دور آبیاری و رشد و نمو گل داوودی توسط قاسمی و خوشخوی (۱۳۸۶) مشاهده کردند که تفاوت معنی‌داری در تمام سطوح پلیمر با یکدیگر و با شاهد وجود دارد و بیش‌ترین وزن تر شاخساره مربوط به تیمار هشت درصد پلیمر در دور آبیاری دو روز می-باشد، همچنین بیش‌ترین وزن خشک شاخساره نیز در تیمار هشت درصد پلیمر در دور آبیاری دو روز مشاهده شد.

وزن خشک برگ

با توجه مقایسه میانگین اثرات سه گانه آبیاری، سوپرجاذب و بیوچار نشان داد که بیش‌ترین میزان وزن خشک برگ مربوط به تیمار آبیاری معمول، مصرف سوپرجاذب و مصرف ۱۰ تن

در هکتار بیوچار با ۵۹۲۷/۸ کیلوگرم در هکتار بود که با تیمار تنش خفیف، مصرف سوپرجاذب و مصرف ۱۰ تن در هکتار بیوچار اختلاف معنی‌داری نداشت و کمترین میزان وزن خشک برگ مربوط به تیمار تنش شدید، عدم مصرف سوپر-جاذب و عدم مصرف بیوچار با ۲۶۹۶/۴ کیلوگرم در هکتار بود که با تیمار تنش شدید، مصرف سوپرجاذب و عدم مصرف بیو-چار و تیمار تنش شدید، مصرف سوپرجاذب و مصرف پنج تن در هکتار بیوچاراختلاف معنی‌داری نداشت (جدول دو).

محققان اثر آبیاری را برگونه‌ای مرزنجوش بررسی کرده و مشاهده نمودند که وزن خشک برگ با تشدید کمبود رطوبت خاک، افزایش یافت که به‌نظر می‌رسد این تفاوت‌ها به‌علت واکنش‌های گوناگون گیاهان در برابر تنش است. کاهش وزن خشک اندام هوایی در شرایط تنش می‌تواند تحت تاثیر تخصیص بیش‌تر بیوماس تولیدی گیاه به سمت ریشه‌ها و یا در اثر کاهش میزان کلروفیل و بازدهی فتوسنتز رخ داده باشد (Albouchi *et al*., 2003). سوپرجاذب باعث بازماندن روزنه‌ها به‌مدت طولانی می‌شود و سپس باعث تثبیت مناسب با دی اکسید کربن و افزایش وزن خشک برگ در گیاه می‌شود (Keshavarz *et al*., 2012). همان‌طور که نتایج نشان داد در شرایط آبیاری معمول و استفاده از بیوچار و سوپرجاذب وزن خشک برگ بهترین عملکرد را داشته است که این امر در اثر بالابودن وزن تر برگ بود. حتی در شرایط تنش خشکی، بیو-چار و سوپرجاذب توانسته است عملکرد بهتری را نشان دهد و اثرات منفی تنش خشکی را کاهش داده و با آب رسانی بهتر به گیاه و انجام فتوستنز رشد برگ بیشتر شده در نهایت وزن تر و دز نهایت وزن خشک برگ افزایش یابد. پلیمر سوپرجاذب می‌توانند مقادیر متفاوتی آب در خود ذخیره نموده و قابلیت نگهداری و ذخیره سازی آب را در خاک افزایش دهند. آب ذخیره شده در این مواد در مواقع کم آبی آزاد شده و مورد استفاده ریشه گیاه قرار می‌گیرد. پلیمرهای سوپرجاذب از جنس هیدروکربن هستند، این مواد چندین برابر وزن خود آب را جذب، نگهداری و در اثر خشک شدن محیط، آب داخل پلیمر به تدریج تخلیه می‌شود و بدین ترتیب خاک به مدت طولانی و بدون نیاز به آبیاری مجدد مرطوب می‌ماند، که این امر باعث شده تا وزن تر برگ افزایش یابد (Du Shanzhou *et al*., 2008).

وزن ترکل

با توجه مقایسه میانگین اثرات سه‌گانه آبیاری، سوپرجاذب و بیوچار نشان داد که بیش‌ترین میزان وزن ترکل مربوط به تیمار آبیاری معمول، مصرف سوپرجاذب و مصرف ۱۰ تن در هکتار بیوچار با ۷۳۸۲۹/۴ کیلوگرم در هکتار و کم‌ترین میزان وزن ترکل مربوط به تیمار تنش شدید، عدم مصرف سوپر-جاذب و عدم مصرف بیوچار با ۴۴۵۰۱/۹ کیلوگرم در هکتار بود (جدول دو).

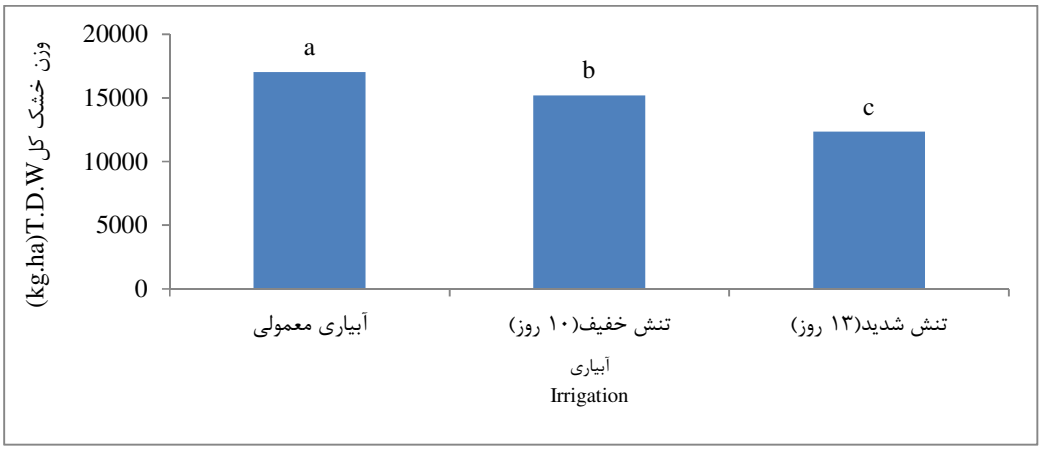
استفاده از سوپرجاذب در شرایط تنش خشکی سبب افزایش وزن تر گیاه گردید که این امر به‌دلیل افزایش ظرفیت نگداری آب، افزایش آب قابل دسترس، افزایش جذب عناصر غذایی و بهبود رشد گیاه می‌باشد (Wu *et al*., 2012). خلیلی محله و همکاران (Khalili Mahalleh *et al*., 2012) گزارش کردند که دلیل کاهش وزن گیاه در اثر تنش خشکی، کاهش پتانسیل اسمزی سلول و کاهش طول سلول و تقسیم در ساقه است. محققان نشان دادند که سوپرجاذب، با توانایی زیاد نگهداری آب، می‌تواند اثرهای بد تنش را کاهش دهد. سوپرجاذب باعث بازماندن روزنه‌ها به‌مدت طولانی می‌شود و سپس باعث تثبیت مناسب با دی اکسید کربن و افزایش وزن خشک در گیاه می-گردد (Keshavars *et al*., 2012). گزارش شده است که تنش خشکی در مرحله رشد رویشی به‌دلیل کاهش سطح برگ و میزان ماده خشک تولید شده، موجب کاهش وزن تر در گیاه ذرت می‌گردد. در اثر تنش خشکی سطح برگ به عبارتی سطح جذب نور خورشید و به‌دنبال آن سطح فتوسنتزی گیاه کاهش می‌یابد که در نهایت به کاهش تولید ماده خشک و عملکرد گیاه منجر می‌گردد (Hong-Bo and Li-ye, 2008). همان‌طور که در این تحقیق مشاهده شد بیش‌ترین میزان وزن تر کل مربوط به تیمارهای آبیاری معمول و استفاده از سوپر-جاذب و بیوچار بود. می‌توان این طور استنباط کرد که استفاده از سوپرجاذب و بیوچار سبب شده تا آب و عناصر غذایی بیش‌تری از طریق ریشه‌ها اختیار گیاه قرار بگیرد و در نهایت برگ‌ها فتوسنتز بیشتری انجام داده و به طور کلی بیوماس اندام هوایی افزایش یابد.

وزن خشک کل

با توجه مقایسه میانگین اثرات سه‌گانه آبیاری، سوپرجاذب و بیوچار نشان داد که بیش‌ترین میزان وزن خشک کل مربوط به تیمار آبیاری معمول، مصرف سوپرجاذب و مصرف ۱۰ تن در هکتار بیوچار با ۹۰۴۱/۳ کیلوگرم در هکتار و کم‌ترین میزان وزن خشک کل مربوط به تیمار تنش شدید، عدم مصرف سوپرجاذب و عدم مصرف بیوچار با ۱۰۷۸۸/۵۵ کیلو-گرم در هکتار بودکه با تیمار تنش شدید، عدم مصرف سوپر-جاذب و پنج تن در هکتار بیوچار دارای اختلاف معنی‌داری نبود (جدول دو). بیش‌ترین میزان وزن خشک کل مربوط به تیمارهای آبیاری معمول و استفاده از سوپرجاذب و بیوچار بود. می‌توان ین طور استنباط کرد استفاده از سوپرجاذب و بیوچار سبب شده تا آب و عناصر غذایی بیش‌تری از طریق ریشه‌ها اختیار گیاه قراربگیرد و برگ‌ها فتوسنتز بیش‌تری انجام داده و به‌طورکلی بیوماس تازه افزایش یابد و در نهایت موجب بالا-رفتن بیوماس خشک می‌شود. که با نتایج به دست آمده محققان همخوانی دارد (Islam *et al*., 2011)

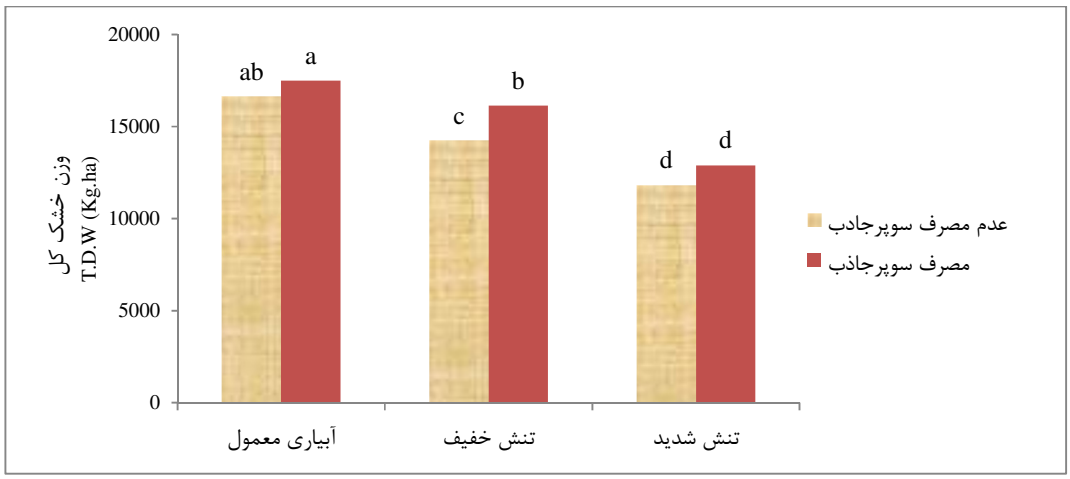
خشکی با ایجاد تغییرات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی متعددی که در گیاه به وجود میآورد و با متوقف نمودن گسترش سلول‌ها و کاهش فشار آماس میتواند بر روی وزن تر و خشک گیاه تأثیر گذاشت و آنها را کاهش دهد. خشکی باعث کاهش انتقال موادغذایی از خاک به گیاه می‌شود و باعث کاهش معنی‌دار وزن خشک نسبت به گیاهان شاهد می‌شود که در این آزمایش این نتایج مشاهده شد و وزن تر و خشک شاخساره با کاهش ظرفیت زراعی مزرعه کاهش یافت (Du Shanzhou *et al*., 2008).

احتمالاً تنش خشکی سبب کاهش رشد سبزینه‌ای ذرت شد و در تیمار کاربرد سوپرجاذب، این ماده به انتشار مقادیر بیش-تری از آب و مواد غذایی از خاک به طرف گیاه کمک کرد. آب و مواد غذایی ذخیره شده جهت رشد زیست توده گیاه رها شده و مورد استفاده قرار می‌گیرند. سالار و همکاران (۱۳۸۴) اثر سوپرجاذب بر دور آبیاری در کشت خربزه را مورد بررسی قرار دادند و گزارش کردندکه برهمکنش دورآبیاری و میزان سوپرجاذب بر تولید زیست توده معنی‌دار نبود.



نمودار۱- اثر ساده آبیاری بر وزن خشک کل ذرت علوفه ای

Figure 1- Simple effect of irrigation on total dry weight of forage corn

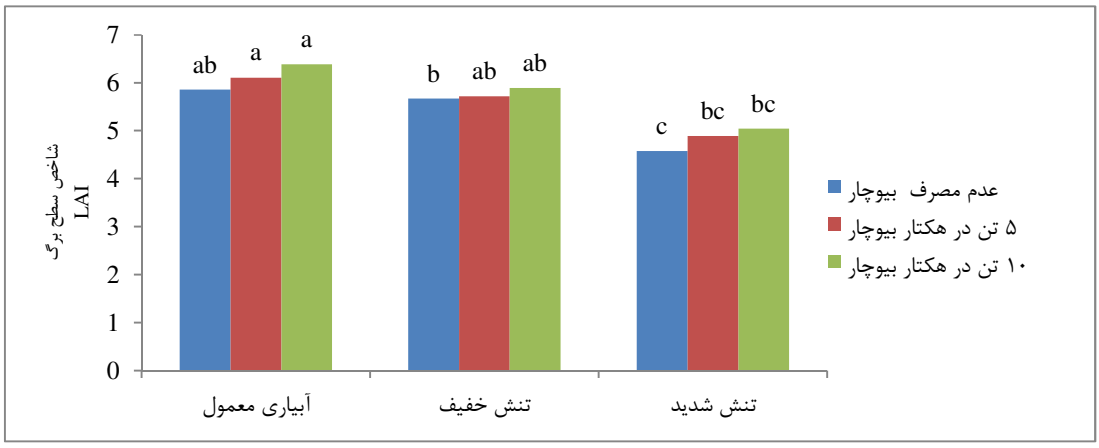


نمودار ۲- اثر متقابل آبیاری و بیوچار بر وزن خشک کل ذرت علوفه ای

Figure 2 - The interaction of irrigation and biochar on the total dry weight of forage corn.

شاخص سطح برگ

با توجه مقایسه میانگین اثرات سه‌گانه آبیاری، سوپرجاذب و بیوچار نشان داد که بیش‌ترین شاخص سطح برگ مربوط به تیمار آبیاری معمول، مصرف سوپرجاذب و مصرف ۱۰ تن در هکتار بیوچار با ۶/۳۸ بود که با تیمار آبیاری معمول، سوپر-جاذب و پنج تن در هکتار بیوچار و تیمار آبیاری معمول، سوپرجاذب و عدم مصرف بیوچار و تیمارهای آبیاری معمول عدم مصرف سوپرجاذب و مصرف ۱۰ و ۵ تن در هکتار بیوچار اختلاف معنی‌داری نداشت و کمترین شاخص سطح برگ مربوط به تیمار تنش شدید، عدم مصرف سوپرجاذب و عدم مصرف بیوچار با ۴/۴۷ بود (جدول دو). پژوهشگران گزارش کردند که افزایش شاخص سطح برگ ذرت تحت تأثیر کاربرد پلیمر سوپر جاذب در دوره های مختلف آبیاری ممکن است در نتیجه تداوم پتانسیل فشاری لازم برای رشد برگ‌ها و تقلیل اثر تنش خشکی در گیاه باشد (Moazzen Ghamsari *et al.*, 2009)



نمودار ۳- اثر متقابل آبیاری وبیوچار بر شاخص سطح برگ ذرت علوفه ای.

Figure 3- Interaction of irrigation and biochar on leaf area index of forage corn.

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر بیوچار و سوپرجاذب بر صفات کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، محتوای آب نسبی و درصد نقصان اشباع.
Table 3- Analysis of variance of biochar and superabsorbent effect on chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll, RWC and WSD.

			میانگین مربعات M.s				
Treatment	تیمار	درجه آزدی df	کلروفیل a Chol a	کلروفیل b Chol b	کلروفیل کل Toyal chol	محتوای نسبی آب RWC	درصد نقصان اشباع WSD
Block	تکرار	2	4.20	7.42	23.00	998.20	200.40
Irrigation	آبیاری	2	17.45*	21.20*	249.49*	745.60*	7984.60*
Error a	خطایA	4	2.78	3.42	45.59	100.30	1225.40
Super absorbent	سوپرجاذب	1	2.22 ns	2.25 ns	39.33 ns	1145.60 ns	698.20 ns
Biochar	بیوچار	2	1.45 ns	1.42 ns	149.81 *	5001.60 *	636.40 *
Superabsorbent Irrigation*	آبیاری× سوپرجاذب	2	7.22 ns	6.98 *	155.51 *	240.40 ns	599.80 *
Biochar Irrigation*	آبیاری × بیوچار	4	6.66 *	7.12 *	10.06 *	4700.30 *	742.10*
biochar Super absorbent*	سوپرجاذب× بیوچار	2	3.45 ns	6.60 *	34.33 ns	225.60 ns	601.80 *
Irrigation* Superabsorbent × Biochar	آبیاری × سوپرجاذب× بیوچار	4	7.25*	229.88**	152.01*	4881.60*	585.60*
Error Bc	خطای B.C	18	1.11	0.99	2.23	701.20	88.50

ns، * و** به ترتیب بیانگر غیر معنی‌داری و اختلاف معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد می باشند.
Ns, * and **: Non significant, Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

کلروفیل a

با توجه مقایسه میانگین اثرات سه گانه آبیاری، سوپرجاذب و بیوچار نشان داد که بیش‌ترین میزان کلروفیل a مربوط به تیمار آبیاری معمول، مصرف سوپرجاذب و مصرف ۱۰ تن در هکتار بیوچار با۱/۹۸۲ (SPAD) بود که با تیمار آبیاری معمول، سوپرجاذب و پنج تن در هکتار بیوچار و تیمارآبیاری معمول، سوپرجاذب و عدم مصرف بیوچار و تیمارهای آبیاری معمول عدم مصرف سوپرجاذب و مصرف ۱۰ و پنج تن در هکتار بیوچار اختلاف معنی‌داری نداشت و کم‌ترین کلروفیل a مربوط به تیمار تنش شدید، عدم مصرف سوپرجاذب و عدم مصرف بیوچار با ۱/۰۹۵ (SPAD) می باشد (جدول چهار). خشکی باعث شکسته شدن کلروپلاست‌ها و کاهش میزان کلروفیل می‌گردد. گیاهانی که حساسیت بیشتری به خشکی دارند کمپلکس کلروفیل- پروتئین و لیپید آنها ناپایدارتر می‌باشد. در اثر خشکی، تشکل پلاستیدهای جدید کلروفیل a، کلروفیل b کاهش می‌یابد و نسبت کلروفیل a به کلروفیل b تغییر می‌کند (Ritchie and Nguyen , 1990)

تحقیق رازبان و پیرزاد (۱۳۹۰) در مورد بابونه آلمانی نشان داد که در تنش‌های شدید خشکی، کاهش قابل توجهی در محتوای کلروفیل نسبت به شرایط متعادل آبیاری به‌وجود می‌آید. در تحقیق دیگر، افزایش محتوای کلروفیل a و b ذرت دانه‌ای با کاربرد نسبت حجمی شرایط تنش شوری گزارش شد (El Sayed and El Sayed, 2011). نتایج نشان داد تنش خشکی موجب کاهش میزان کلروفیل a گردید و بیش‌ترین مقدار کلروفیل a را در شرایط حضور بیوچار و سوپرجاذب قابل مشاهده می باشد. به‌طورکلی می‌توان استنباط کرد که سوپر-جاذب و بیوچار باعث کاهش اثرات مخرب تنش خشکی شده و انتقال آب و عناصر غذایی را از ریشه‌ها به اندام هوایی تسهیل کرده در نتیجه میزان فتوستنز و کلروفیل‌ها را افزایش داده است. کلروفیل به علت افزایش ضخامت برگ در اثر کاهش رشد و توسعه سلولی، در شرایط تنش خشکی نسبت به گیاه شاهد در شرایط آبیاری نرمال افزایش می‌یابد. بنابراین، تنش‌های با خشکی ملایم، مقادیر کلروفیل a را افزایش داد و با ادامه تنش شدید خشکی، ان مقادیر به حداقل میزان خود رسید و بیش‌ترین میزان محتوای کلروفیل با به‌کارگیری سوپرجاذب حاصل شد. این نتیجه منطبق بر یافته‌های اعلامی و همکاران (۱۳۹۰) و شیخ مرادی و همکاران (۱۳۹۰) در مورد چمن نیز می‌باشد.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات سه گانه بر صفات کلروفیلa، کلروفیلb، کلروفیل کل، محتوای نسبی آب برگ، درصد نقصان اشباع آب.

Table 2- Comparison of the mean of the three effects on plant height, leaf fresh weight, leaf dry weight, crack weight, total dry weight and leaf area index.

اثرات سه گانه	کلروفیلa Chol a (SPAD)	کلروفیلb Chol b (SPAD)	کلروفیل کل Toyal chol (SPAD)	محتوای نسبی آب RWC (%)	درصد نقصان اشباع WSD
$D_0 \times S_0 \times B_0$	1.628 b	0.902 b	2.530 b	84.400 b	15.600 bc
$D_0 \times S_0 \times B_1$	1.728 a	0.918 b	2.646 a b	86.300 b	13.700 c
$D_0 \times S_0 \times B_2$	1.863 a	0.932 ab	2.795 a	88.900 a	1.100 cd
$D_0 \times S_1 \times B_0$	1.792 a	0.916 b	2.710 a	84.700 b	15.300 bc
$D_0 \times S_1 \times B_1$	1.748 a	0.941 a	2.662 ab	89.600 a	10.400 d
$D_0 \times S_1 \times B_2$	1.982 a	0.974 a	2.956 a	92.300 a	7.700 d
$D_1 \times S_0 \times B_0$	1.297 d	0.636 d	1.933 bc	80.260 c	19.740 b
$D_1 \times S_0 \times B_1$	1.407 cd	0.771 c	2.178 bc	83.340 b	16.660 bc
$D_1 \times S_0 \times B_2$	1.617 b	0.785 c	2.402 b	85.490 ab	14.510 bc
$D_1 \times S_1 \times B_0$	1.319 cd	0.653 d	2.052 bc	81.870 b	18.130 b
$D_1 \times S_1 \times B1_0$	1.422 c	0.793 c	2.222 bc	86.320 ab	13.680 c
$D_1 \times S_1 \times B_2$	1.692 b	0.915 b	2.607 ab	88.360 ab	11.640 cd
$D_2 \times S_0 \times B_0$	1.095 d	0.529 e	1.624 c	73.180 d	26.820 a
$D_2 \times S_0 \times B_1$	1.314 cd	0.705 cd	2.019 bc	80.620 c	19.380 b
$D_2 \times S_0 \times B_2$	1.465 c	0.734 c	2.199 bc	84.030 b	15.970 bc
$D_2 \times S_1 \times B_0$	1.249 d	0.567 e	1.814 c	77.510 cd	22.490 a
$D_2 \times S_1 \times B_1$	1.245 d	0.807 bc	2.052 bc	80.460 c	19.540 b
$D_2 \times S_1 \times B_2$	1.516 bc	0.859 bc	2.375 bc	84.180 ab	15.820 bc

D_0 = آبیاری معمول ؛ D_1 = تنش خفیف؛ D_2 = تنش شدیدS_0 = عدم مصرف سوپر جاذب؛ S_1 =مصرف سوپر جاذب B_0 =عدم مصرف بیوچار ؛ B_1 = مصرف۵ تن در هکتار بیوچار؛ B_2 = مصرف۱۰ تن در هکتار بیوچار.

D_0= regular irrigation; D_1= mild stress; D_2= Severe stress S_0= No consumption of superabsorbent; S_1= consumption of superabsorbent B_0= no consumption of biochar; B_1= Consumption of 5 tons per hectare of biochar; B_2= Consumption of 10 tons per hectare of biochar.

میانگین های داده شده در هر ستون که دارای حروف مشترک می باشند، تفاوتشان از نظر آماری در سطح پنج درصد دانکن معنی دار نیست.

No significant difference at 5 % level Duncan for means which have the same letters in each column.

کلروفیل b

با توجه مقایسه میانگین اثرات سه گانه آبیاری، سوپرجاذب و بیوچار نشان داد که بیشترین میزانکلروفیل b مربوط به تیمار آبیاری معمول، مصرف سوپرجاذب و مصرف ۱۰ تن در هکتار بیوچار با ۰/۹۷۴ (SPAD) بود که با تیمار آبیاری معمول، سوپرجاذب و پنج تن در هکتار بیوچار اختلاف معنی‌داری نداشت، و کمترین میزان کلروفیل b مربوط به تیمار تنش شدید، عدم مصرف سوپرجاذب و عدم مصرف بیوچار با ۰/۵۲۹ (SPAD) می‌باشد که با تیمار تنش شدید ، سوپرجاذب و عدم مصرف بیوچار اختلاف معنی‌دار نداشت (جدول چهار). تنش خشکی موجب کاهش میزان کلروفیل b شده است و بیشترین مقدار کلروفیل b را در شرایط حضور بیوچار و سوپرجاذب قابل مشاهده می باشد. به‌طورکلی می‌توان استنباط کرد که سوپرجاذب و بیوچار باعث کاهش اثرات مخرب تنش خشکی شده و انتقال آب و عناصر غذایی را از ریشه‌ها به اندام هوایی تسهیل کرده در نتیجه میزان فتوستنز و کلروفیل هارا افزایش داده است. با اعمال تنش آب در دو مرحلهٔ گلدهی و پرشدن غلاف در ارقام سامپاد، توری V و $V_2 - TS$ از گیاه کلزا چنین نتیجه‌گیری کردند که مقدار کلروفیل a و b به‌دنبال تنش آبی در مرحله گلدهی کاهش می‌یابد اعمال تنش در مرحلهٔ پر شدن غلاف موجب کاهش معنی‌داری در مقدار کلروفیل‌های a و b می‌شود (Kumar and Singh, 1998). همچنین آزمایش یکه توسط شکاری در سال (۱۳۸۰) بر روی کلزا صورت گرفت مشخص کرد که در سه مرحله طویل شدن ساقه، اوایل گلدهی و اوایل خورجین بندی ایجاد تنش خشکی می‌تواند مقادیر کلروفیل a و b را کاهش دهد که بیش‌ترین تأثیرپذیری آنها مربوط به مرحله آغاز خورجین بندی می‌باشد. در همین محققان نتایج اثر تنش آبی در شلغم روغنی رقم توریا را بیان کردند وقتی پتانسیل آب خاک به ۱/۵- مگاپاسکال رسید به‌واسطهٔ افزایش فعالیت هورمون ABA روزنه‌ها بسته شده و میزان Co_2 تا حدود ۶۵ درصد و مقدار کلروفیل a + b تا حدود

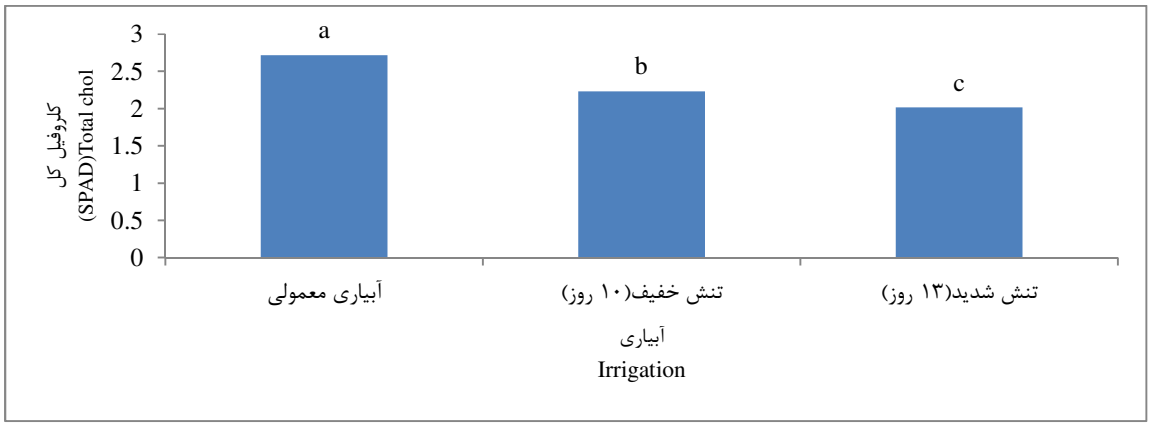
۸۲ درصدکاهشی افت که ممکن است در اثر تخریب رنگیزه‌ها و کاهش ساخت آنها باشد (Dua *et al*., 1994).

کلروفیل کل

با توجه مقایسه میانگین اثرات سه گانه آبیاری، سوپرجاذب و بیوچار نشان داد که بیش‌ترین میزان کلروفیل کل مربوط به تیمار آبیاری معمول، مصرف سوپرجاذب و مصرف ۱۰ تن در هکتار بیوچار با ۲/۹۵۶ (SPAD) می‌باشد که با تیمار آبیاری معمول، سوپرجاذب و عدم مصرف بیوچار و تیمار آبیاری معمول، عدم مصرف سوپرجاذب و ۱۰ تن در هکتار بیوچار اختلاف معنی‌داری نداشت، و کمترین میزان کلروفیل کل مربوط به تیمار تنش شدید، عدم مصرف سوپ‌رجاذب و عدم مصرف بیوچار با ۱/۶۲۴ (SPAD) می‌باشد که با تیمار تنش شدید، سوپرجاذب و عدم مصرف بیوچار اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول چهار).

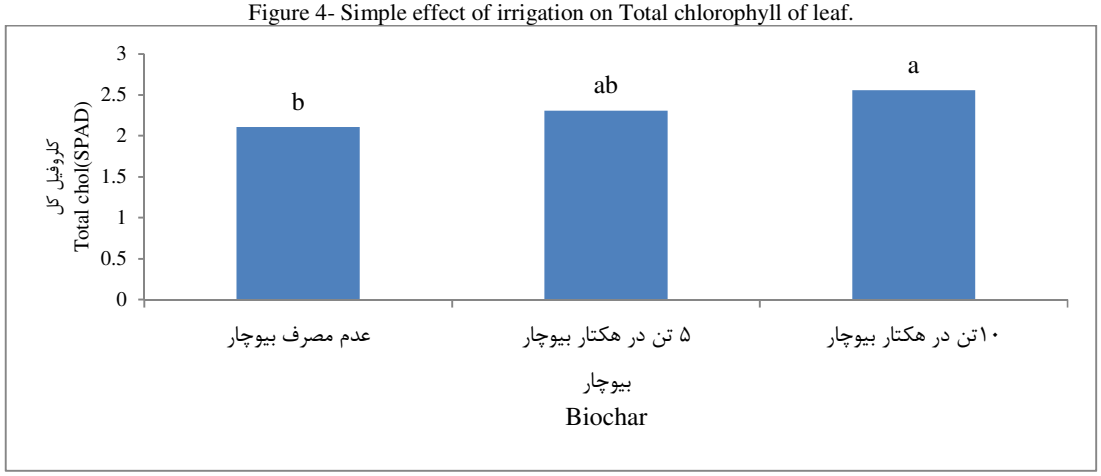
تنش خشکی موجب کاهش میزان کلروفیل b و a شد و بیش-ترین مقدار کلروفیل a و b را در شرایط حضور بیوچار و سوپر-جاذب قابل مشاهده بود. از آن جایی‌که کلروفیل کل مجموع کلروفیل a وb می‌باشد در نتیجه در حضور بیوچار و سوپر-جاذب افزایش یافته است. به‌طورکلی می‌توان استنباط کرد که سوپرجاذب و بیوچار باعث کاهش اثرات مخرب تنش خشکی شده و انتقال آب و عناصر غذایی را از ریشه‌ها به اندام هوایی تسهیل کرده در نتیجه میزان فتوستنز و کلروفیل کل را افزایش داد. افزایش میزان بیوچار باعث افزایش پارامترهای رشدی ارتفاع گیاه، طول ریشه، بیوماس تازه اندام هوایی، بیوماس تازه ریشه و پارامترهای بیوشیمیایی سطح کلروفیل a و b و کلروفیل کل گردید. تحقیقات کاظمی نسب (۱۳۸۴) نشان داد که تحت تنش خشکی، ماندگاری محتوای کلروفیل در ذرت KSc_{704} به‌صورت معنی‌داری کاهش می‌یابد. با لحاظ کردن تنش خشکی، میزان کلروفیل a, b در مقایسه با شرایط آبیاری معمول کاهش نشان داد که علت این مسأله را می‌توان چنین توضیح داد. کاهش فتوسنتز در شرایط تنش خشکی به-علت بر هم ریختگی فرآیندهای بیوشیمیایی مسیرهای فتوسنتزی است. به‌دلیل محروم شدن گیاه از نعمت آب و عدم تجزیه آب طی واکنش هیل، فتوسیستم II دچار خلاء الکترون شد و بیش‌ترین خسارت را در اثر تنش خشکی داشت و در نهایت در زنجیره انتقال الکترون اختلال صورت گرفت که نتیجه آن کاهش فتوسنتز بود، در نتیجه کلروپلاست‌ها شکسته و میزان کلروفیل‌ها کاهش یافت. تنش خشکی ضمن کاهش سطح برگ، پیری آنها را هم تسریع نمود. همچنین در شرایط تنش، روزنه‌ها به حالت بسته و یا نیمه بسته در می-آیند که نتیجه آن کاهش فراهمی دی اکسید کربن برای سیستم فتوسنتزی بود و با اختلال در فتوسنتز سبب کاهش میزان کلروفیل ها گردید (کافی و همکاران، ۱۳۹۱). نتایج بررسی‌های شهریاری و کریمی (۱۳۸۰) نشان داد که پس از تنش، محتوای کلروفیل در برگ‌های گندم کاهش، اما در ارقام متحمل، افزایش نشان داد و برگ‌های ارقام متحمل نسبت به ارقام حساس رنگ سبزتیره تری داشتند. همچنین از دست دادن سریع کلروفیل در ارقام حساس به تنش، باعث کاهش فعالیت فتوسنتز می‌شود که با نتایج این تحقیقات طابق کامل دارد. افزایش تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار میزان کلروفیل گیاه شد. کلروفیل شاخص مناسبی برای ارزیابی شدت تنش است. شدت‌های تنش به‌وسیله تغییر در میزان کلروفیل، تاثیر بر ترکیبات کلروفیل و تخریب اجزای فتوسنتزی مانع فتوسنتز ذرت می‌شود (Schlemmer *et al*., 2005). سوپرجاذب با توانایی نگهداری بالای آب توانسته اثرات تنش را کاهش دهد، محتوای کلروفیل تحت تاثیر تیمارهای مختلف سوپرجاذب قرارگرفت و سوپرجاذب ۲۰ درصد حجمی در شرایط تنش (ظرفیت زراعی۵۰ و ۲۵درصد) باعث افزایش محتوای کلروفیل نسبت به تیمار شاهد شد. به‌دلیل این که سوپرجاذب به‌عنوان یک ماده جذب کننده آب و سایر محلول-ها عمل می‌کند، در جلوگیری از شست و شوی ازت از اطراف ریشه گیاه اثر مثبت داشت و باعث افزایش محتوای کلروفیل برگ گشت (فاضلی رستم پور و همکاران، ۱۳۸۹). پژوهشگران گزارش کردند که شاخص کلروفیل سورگوم با میزان کلروفیل ارتباط خطی مثبت دارد و برگ هایی که شاخص کلروفیل بالاتری دارند دوام بیشتری داشته و مدت زمان استفاده از تشعشع و فتوسنتز در آنها افزایش می‌یابد (Xu *et al*., 2007). در بررسی تاثیر تنش خشکی و سوپرجاذب بر محتوی نسبی آب و شاخص کلروفیل در گیاه ذرت، مشاهده شد که سوپرجاذب بر شاخص کلروفیل تاثیر مثبت و معنی‌داری دارد ولی در بررسی اثر متقابل آبیاری و سوپرجاذب بر شاخص

کلروفیل معنی‌دار نبود. در آزمایشی که توسط شیخ مرادی و همکاران (۱۳۹۰) در بررسی اثر سوپرجاذب و تنش خشکی بر گیاه چمن انجام شد، مشاهده کردند که سوپرجاذب و دور آبیاری بر شاخص کلروفیل تاثیر معنی‌دار گذاشت که نشان-دهنده کاربرد مفید سوپرجاذب و اثر مثبت آن می‌باشد.



نمودار۴- اثر ساده آبیاری بر کلروفیل کل برگ.

Figure 4- Simple effect of irrigation on Total chlorophyll of leaf.



نمودار ۵- اثر ساده بیوچار بر کلروفیل کل برگ.

Figure 5 - Simple effect of biochar on total chlorophyll of leaf.

محتوای آب نسبی و درصد نقصان اشباع

با توجه مقایسه میانگین اثرات سه گانه آبیاری، سوپرجاذب و بیوچار نشان داد که بیش‌ترین میزان محتوای آب نسبی مربوط به تیمار آبیاری معمول، مصرف سوپرجاذب و مصرف ۱۰ تن در هکتار بیوچار با ۹۲/۳ درصد می‌باشد که با تیمار آبیاری معمول، سوپرجاذب و عدم مصرف بیوچار و تیمار آبیاری معمول، عدم مصرف سوپرجاذب و ۱۰ تن در هکتار بیوچار و آبیاری معمول، سوپرجاذب و پنج تن در هکتار بیو-چار اختلاف معنی‌داری نداشت و کمترین میزان محتوای آب نسبی مربوط به تیمار تنش شدید، عدم مصرف سوپرجاذب و عدم مصرف بیوچار با ۷۳/۱۸ درصد بود (جدول چهار). با توجه مقایسه میانگین اثرات سه‌گانه آبیاری، سوپرجاذب و بیو-چار نشان داد که بیش‌ترین میزان درصد نقصان اشباع مربوط به تیمار تنش شدید، عدم مصرف سوپرجاذب و بیوچار با

۲۶/۸۲ درصد بود که با تیمار تنش شدید، سوپرجاذب و عدم مصرف بیوچار اختلاف معنی‌داری نداشت، و کمترین میزان درصد نقصان اشباع مربوط به تیمار آبیاری معمول، مصرف سوپرجاذب و مصرف ۱۰تن در هکتار بیوچار با ۷/۷ درصد بود که با تیمار آبیاری معمول، مصرف سوپرجاذب و مصرف پنج تن در هکتار بیوچار اختلاف معنی‌داری نبود (جدول چهار).
همانطور که مشخص است تنش خشکی موجب کاهش محتوای آب نسبی شد و بیش‌ترین مقدار محتوای آب نسبی را در شرایط حضور بیوچار و سوپرجاذب قابل مشاهده بود. به نظر می‌رسد که سوپرجاذب و بیوچار باعث کاهش اثرات مخرب تنش خشکی شد و انتقال آب را از ریشه‌ها به اندام هوایی تسهیل کرد، در نتیجه میزان محتوای آب نسبی را افزایش داد. فاضلی رستم پور و همکاران (۱۳۸۹) در آزمایشی که به‌منظور بررسی اثر سوپرجاذب بر گیاه ذرت تحت تنش خشکی انجام شد، گزارش کردند که سوپرجاذب بر شاخص کلروفیل تاثیر مثبت و معنی‌داری داشت ولی بر محتوای نسبی آب برگ تاثیر معنی‌داری نداشته است. این نتایج با نتایج آزمایش دانشمندی (۱۳۸۸) که اثر پلیمر سوپرجاذب در شرایط تنش خشکی در گیاه دارویی ریحان را بررسی کرد، متفاوت است، که افزایش درصد سوپرجاذب باعث روند صعودی میزان نسبی آب برگ، تعداد و سطح برگ و ارتفاع گیاه ریحان می‌شود. سانتوس و همکاران (Santos *et al.*, 2002) گزارش کرد که محتوی نسبی آب بافت آفتابگردان در تنش در مقایسه با شرایط غیرتنش کاهش می‌یابد. تنش خشکی باعث کاهش پتانسیل آب بافت می‌شود و پدیده اسمزی کمک به توسعه سلول و رشدگیاه در تنش می‌شود و این معین می‌کند که کاهش پتانسیل آب بافت نرخ فتوسنتز را کاهش خواهد داد.

نتیجه گیری کلی

نتایج حاکی از آن است که گیاه ذرت در شرایط آبیاری معمول همراه با استفاده از بیوچار و سوپرجاذب بهترین عملکرد را دارد. از طرف دیگر نتایج تمام صفات مورد بررسی براساس استفاده از سوپرجادب و بیوچار در شرایط تنش نشان داد که هر دو تیمار توانستند بر صفات ذکرشده در گیاه ذرت تاثیر داشته باشند و حتی باعث کاهش اثرات منفی تنش خشکی شوند. به‌طورکلی نتایج پژوهش نشان می‌دهد که در شرایطی که تنش خشکی شدید است تیمارهایی که شامل ۱۰ تن در هکتار بیوچار و همچنین تیمارهایی که سوپرجاذب استفاده شده است بهترین عملکرد را داشت. در نهایت می‌توان به این نتیجه رسید که سوپرجاذب و بیوچار می‌توانند باعث بهبود شرایط رشد گیاه ذرت شوند. در نهایت توصیه می‌شود در شرایط کم آبی برای کاهش اثرات منفی تنش خشکی و بهبود عملکرد گیاه ذرت از سوپرجاذب به همراه بیوچار به میزان ۱۰ تن در هکتار استفاده شود.

منابع مورد استفاده **References**

احمدی، ز.، عباسپور، ع.، اصغری، ح. ۱۳۹۳. تاثیر سطوح مختلف بیوچار و همزیستی قارچ‌های مایکوریز آرباسکولار با گیاه ذرت در کاهش آبشویی نیترات، دانشگاه صنعتی شاهرود، مهندسی کشاورزی، پایان نامه کارشناسی ارشد.

اعلامی، م.، تهرانی فر، ع.، داوری نژاد، غ.ح. و سلاح ورزی، ی. ۱۳۹۰. بررسی اثر سوپرجاذب، پاکلوبوترازول و دور آبیاری بر خصوصیات کیفی و رشد چچم (*Barbal*. cv *perenne Lolium*) در شرایط آب و هوایی مشهد. نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی). پاییز ۱۳۹۰، جلد۲۵، شماره ۳. ص ۲۹۵- ۲۸۸.

خادمی جلگه‌نژاد، ا. ۱۳۹۴. آشنایی با تاثیرات کود بیوچار در کشاورزی، http://anarpress.ir/first-report

دانشمندی، س. م.، و عزیزی، م. ۱۳۸۸. بررسی تأثیر تنش خشکی و پلیمرسوپرجاذب بر برخی ویژگی‌های کمی و کیفی ریحان، مجموعه مقالات ششمین کنگره علوم باغبانی، دانشگاه گیلان. ۱۲۸۰-۱۲۷۶.

سالار، ن.، فرحپور، م.، و بهادری، ف. ۱۳۸۴. بررسی اثر پلیمر آب‌دوست بر دور آبیاری بر کشت صیفی (خربزه). سومین دوره تخصصی- آموزشی کاربرد کشاورزی و صنعتی هیدروژل‌های سوپرجاذب. ۲.

شکاری، ف.۱۳۸۰. بررسی تأثیرتنش خشکی برروی فنولوژی، روابط آبی، رشد، عملکرد وکیفیت محصول کلزا (*Brassica napus* L.) پایان نامه دکتری زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.

شهریاری، ر.، کریمی. ا. ۱۳۸۵. ارزیابی مقاومت به سرما در ژرم پلاسم‌های گندم با اندازه‌گیری محتوای کلروفیل و رنگ برگ‌ها. چکیده مقالات هفتمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. صفحه ۵۰۷.

شیخ مرادی، ف.، ارجی، ع.، اسماعیلی، ا. و عبدوسی، و. ۱۳۹۰. بررسی اثر دور آبیاری و پلیمر سوپرجاذب روی برخی خصوصیات کیفی چمن اسپورت. علوم باغبانی علوم و صنایع کشاورزی. ۲۵(۲) : ۱۷۷-۱۷۰.

قاسمی، م.، و خوشخوی، م. ۱۳۸۶. اثر پلیمر ابر جاذب بر رشد و نمو داوودی. مجله علوم و فنون باغبانی ایران. (۸)۲ : ۶۵- ۸۲.

کافی، م.، ا. برزوئی.، م. صالحی.، ع. کمندی.، ع. معصومی. و ج. نباتی. ۱۳۹۱. فیزیولوژی تنش‌های محیطی در گیاهان. *انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.۵۰۲ ص.*

گنجی خرم دل، ن.، کیخایی، ف.، محمدی، ک.، منعم، م.ج. ۱۳۹۴. بهینه سازی شبکه پایش تراز آب زیرزمینی با استفاده از روش فراکاوشی اجزای جمعی. مجله هیدرولیک، سال دهم شماره ۱ (بهار ۱۳۹۴)، صص ۳۵-۲۵.

نجفی قیری، م. ۱۳۹۴. تأثیر کاربرد بیوچارهای مختلف بر برخی ویژگی‌های خاک و قابلیت جذب بعضی از عناصرغذایی در یک خاک آهکی. نشریه پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب) الف / جلد۲۹شماره۲.

Albouchi, F., Hassen, I., Casabianca, H., Hosni, K. 2013. Phytochemicals, antioxidant, antimicrobial and phytotoxic activities of Ailanthus altissima (Mill.) Swingle leaves. South African Journal of Botany. 87: 164- 174.

Akram, M.S., Ashraf, M., and Akram, N.A. 2013. Effectiveness of potassium sulfate in mitigating salt-induced adverse effects on different physio-biochemical attributes in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Flora Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants, 204(6), 471-483.

Ding, Y., Liu, Y.X., Wu, W.X., Shi, D.Z., Yang, M., Zhong, Z.K. 2010. Evaluation of biochar effects on nitrogen retention and leaching in multi-layered soil columns. Water, Air, and Soil Pollution. 213(1-4):47-55.

Du Shanzhou, X.F., Xia, J.J., and Zhou, G. **2006**. Improvement of rape (*Brassica napus L.*) plant growth and cadmiumuptakeby cadmium-resistant bacteria. J ChemospHere;64: 1036–1042.

El Sayed, H., and El Sayed, A. 2011. Influence of salinity stress on growth parameters, photosynthetic activity and cytological studies of Zea mays L. plant using hydrogel polymer. Agriculture Biology Journal North America, 2: 907-920.

Golbashy, M., Shoa hosseini, M., Khavari Khorasani, S., Farsi, M., and Zarabi, M. 2010. Effect of drought stress on yield, yield components, morpHological traits of single cross and three way cross of corn. Abstract Book of the National Conferences on Consumption Pattern Reforms in Agriculture and Natural Resources P: 225 (In Persian).

Hong-Bo Sh., Li-Ye, Ch., Cheruth, A.J., and Chang-Xing, Z. 2008. Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants, Current Research in Biologies, 331, 215–225.

Islam, M. R., Enehi, A.E., Ren, C., Li, J., and Hu, Y. 2011. Impact of water-saving superabsorbent polymer on oat (Avena spp) yield and quality in an arid sandy soil. Sci. Res. Essays. 6: 720-728.

Keshavarz, L., and Farahbakhsh, H. 2012. Effect of superabsorbent on physio-morphological traits and forage yield of millet (*Pennisetum Amercanum* L.) under different irrigation treatments. International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences, 2, 3, pp: 149- 156.

Khalili Mahaleh, J., Tajbakhsh, M., Fayaz Moghadam, O., and Siadat, A. 2012. Effect of plant density on quality and quantity characteristics of sorghum forage hybrids in double cropping. Pajohesh va Sazandegi 67: 59-75.

Kumar, A., and Singh, D.P. 1998. Use of physiological indices as a screening technique for drought tolerance in oilseed Brassica species. Annual of Botany, 81: 413-420.

Laird, D.A., Fleming, P.D., Karlen, D.L., Wang, B., and Horton, R. 2010. Biochar impact on nutrient leaching from a Midwestern agricultural soil. Geoderma, 158:436 – 442.

Lehmann, J., and Joseph, S. 2009. Biochar for environmental management: An introduction. iochar for Environmental Management: Science and Technology ER, 1-12.

Manivannan, P., Abdul Jaleel, C., Somasundaram, R. and Panneerselvam, R. 2008. Osmoregulation and Antioxidant Metabolism in Drought-stressed Helianthus annuus under Triadimefon Drenching. Comptes Rendus Biologies 331: 418-425.

Moazzen Ghamsari, B., Akbari, G., Zohuriyan, A., and Nikniyaee, M.G. 2009. Study the yield and growth analysis of forage corn (*Zea mayz* L.) under different level of super absorbent polymer application (super water- A200) under drought stress conditions. Iranian Journal of Crop Sciences 3: 1-8.

Mukherjee, A., Lal, R., and Zimmerman, A.R. 2014. Effects of biochar and other amendments on the physical properties and greenhouse gas emissions of an artificially degraded soil. Science of the Total Environment 487:26 – 36.

Najafi-Ghiri, M., and Abtahi, A. 2013. Potassium Fixation in Soil Size Fractions of Arid Soils.Soil and Water Research.8(2):49-55.

Novak, J.M., Busscher, W.J., Laird, D.L., Ahmedna, M., Watts, D.W., and Niandou, M.A.S. 2009. Impact of biochar amendment on fertility of a Southeastern coastal Plain soil. Soil Science 174:105 –112.

Prasad, S., Dwivedi, R., Zeeshan, M. and Singh, R. 2009. UV-B and cadmium induced changes in pigments, pHotosynthetic electron transport activity, antioxidant levels and antioxidative enzyme activities of *Riccia* sp, *ActaPHysiology Plant* 26: 423-430.

Ritchie, S.W., Nguyen, H.T., and Holdy, A.S. 1990. Leaf water content and gas exchange parameters of tow wheat genotypes differing in drought resistance. *Crop Science*, 30, 105-111.

Schlemmer, H,P., Pichler, B.J., and Schmand, M. 2005. Simultaneous MR/PET imaging of the human brain: a feasibility study. Radiolog 248(3):1028–1035.

Sestak, Z., and Catasky, J.1966. method study photosynthesis produce rostlin. Praha. Academia. 396.

Tang, J., Zhu, W., Kookana, R., and Katayama, A. 2013. Characteristics of biochar and itsapplication in remediation of contaminated soil. Journal of Bioscience andBioengineering. 116 (6): 653-9.

Uchimiya, M., Lima, I.M., Klasson, K.T., Wartelle, L.H. 2010. Contaminant immobilization and nutrient release by biochar soil amendment: roles of natural organic matter. Chemosphere 80, 935–940.

Wu, L., Liu, M., and Liang, L. 2012. Preparation and properties of a double -coated slow -release NPK compound fertilizer with superabsorbent & water retention. Bio resource Technolog, 99, 547 -554. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2006.12.027.

Xu, J., Yang, Q., Qian, X., Samuelsson, J., Janson, J.C. 2007. Assessment of 4-nitro-1,8-naphthalic anhydride reductase activity in homogenates of bakers' yeast by reversed-phase high-performance liquid chromatography. J Chromatogr B Analyt Technol Biomed Life Sci 847(2):82-7.

Zlatev, Z., Lidon, F.C. 2012. An overview on drought induced changes in plant growth, water relations and photosynthesis. Emirates Journal of Food and Agriculture 24: 57–72.