ارزیابی اثر تنش خشکی و کلینوپتیلولیت بر عملکرد و کیفیت هیبریدهای ذرت سیلویی

فرشته سیف[۱]، فرهاد عزیزی[۲]، فرزاد پاک‌نژاد[۳*]، علی کاشانی[۴] و مهدی شهابی‌فر[۵]

۱) دانشجوی دکتری زراعت، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی،کرج، ایران.
۲) استادیار پژوهش موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
۳ و ۴) استاد گروه زراعت، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی،کرج، ایران.
۵) استادیار پژوهش موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
*** نویسنده مسئول: farzadpaknejad@yahoo.com**

این مقاله برگرفته از رساله دکتری می‌باشد.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۱۳ **تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۲/۱۸**

چکیده

به‌منظور بررسی اثر تنش خشکی و کاربرد کلینوپتیلولیت بر عملکرد و کیفیت علوفه هیبریدهای مختلف ذرت سیلویی، پژوهشی به‌صورت کرت‌های دو بار خردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج در سال زراعی ۱۳۹۲ اجرا گردید. در این پژوهش سه رژیم آبیاری شامل آبیاری نرمال، تنش خشکی ملایم و شدید به ترتیب شامل آبیاری پس از ۷۰، ۱۰۰ و ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر کلاس A به‌عنوان فاکتور اصلی و دو سطح کاربرد کلینوپتیلولیت (عدم کاربرد و کاربرد ۱۰ تن در هکتار) به‌عنوان فاکتور فرعی و سه هیبرید سینگل کراس KSC720، KSC705 و KSC704 ذرت سیلویی به‌عنوان فاکتور فرعی فرعی مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که عملکرد علوفه‌تر در تنش خشکی ملایم (۴۵۱۳۳ کیلوگرم در هکتار) و شدید (۳۸۱۴۸ کیلوگرم در هکتار) نسبت به رژیم آبیاری نرمال (۵۶۹۵۴ کیلوگرم در هکتار) به ترتیب ۲۱ و ۳۳ درصد کاهش یافت و با کاربرد کلینوپتیلولیت، عملکرد علوفه‌تر حدود ۱۴ درصد افزایش یافت. از نظر پارامترهای کیفی، تنش خشکی باعث افزایش معنی‌دار درصد کربوهیدرات‌های محلول در آب و الیاف محلول در شوینده اسیدی گردید و درصد خاکستر و کل مواد غذایی قابل هضم علوفه را به‌طور معنی‌داری کاهش داد. در بین صفات کیفی، کاربرد کلینوپتیلولیت تنها منجر به افزایش درصد خاکستر علوفه گردید و بر سایر پارامترهای کیفی علوفه اثر معنی‌داری نداشت. در این پژوهش، هیبرید KSC704 بیشترین عملکرد علوفه‌تر (۵۲۰۳۰ کیلوگرم در هکتار) را تولید نمود و هیبرید KSC705 دارای کمترین درصد الیاف محلول در شوینده اسیدی و خنثی و بیشترین میزان جذب ماده خشک و کل مواد غذایی قابل‌هضم (۷۰/۶ درصد) بود. در این تحقیق، اثرهای برهم‌کنش رژیم آبیاری و هیبرید بر درصد کربوهیدرات‌های محلول در آب و فیبر محلول در شوینده خنثی به ترتیب در سطح یک و پنج درصد معنی‌دار گردید و اثرهای برهم‌کنش سایر تیمارها بر صفات مورد بررسی غیر معنی‌دار بود.

واژه‌های کلیدی: رژیم آبیاری، ذرت، علوفه و زئولیت.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.42.8.5]

مقدمه

بیش از ۸۰ درصد زمین‌های کشاورزی ایران در خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک قرار دارند (احسانی و خالدی، ۱۳۸۲). از این‌رو مدیریت و برنامه‌ریزی صحیح برای استفاده بهینه از آب در این کشور امری ضروری است. یکی از روش‌های حفظ رطوبت در خاک و جلوگیری از کاهش اساسی آن، کاربرد زئولیت معدنی است (Xiubin and Zhanbin, 2001). زئولیت‌ها آلومینوسیلیکات‌های قلیایی با ساختار سه‌بعدی باز هستند که دارای توانایی آبگیری بالا و قابلیت پسابیدگی به‌صورت تدریجی مطابق با نیاز گیاه می‌باشند. این نوع کانی‌ها مواد متخلخل با ساختار کریستالی هستند که با داشتن ظرفیت تبادل کاتیونی بالا و امکان جایگزینی برخی از کاتیون‌ها نظیر آمونیوم در ساختارشان به‌عنوان یک غربال مولکولی عمل می‌کنند و علاوه بر اصلاح و بهبود تهویه خاک، در تغذیه و بهبود رشد گیاه نقشی مؤثر دارند (Mumpton, 1999). کلینوپتیلولیت یکی از پرمصرف‌ترین و کاربردی‌ترین زئولیت‌ها در صنایع مختلف به‌ویژه در کشاورزی می‌باشد. این نوع زئولیت دارای ویژگی مفیدی از جمله ظرفیت تبادل کاتیونی بالا، خاصیت جذب انتخابی، تخلخل زیاد و همچنین پایداری بالا در مقابل تغییرات حرارتی و شیمیایی می‌باشد (Ming and Allen, 2001). Krutilina و همکاران (۲۰۰۰) اظهار داشتند که زئولیت تولید بیوماس و سرعت فتوسنتز را در گیاهچه های ذرت و جو افزایش می‌دهد. Bernardi و همکاران (۲۰۱۱) اظهار داشتند که مصرف زئولیت اثر معنی‌داری بر صفات کیفی ذرت سیلویی ندارد. کاربرد زئولیت تحت شرایط تنش خشکی در مطالعه‌های مختلف موجب افزایش عملکرد در ذرت (Di Giuseppe *et al*., 2015; Najafinezhad *et al*., 2015)، سورگوم (Najafinezhad *et al*., 2014) و ارزن (Keshavarz and Farahbakhsh, 2012) شده است. میرزا خانی و همکاران (۱۳۹۴) اظهار داشتند که با افزایش سطح مصرف زئولیت در گلرنگ اثر سوء ناشی از تیمار تنش آبی بر عملکرد بیولوژیک گیاه کاهش می‌یابد. در سال‌های اخیر به علت خشکسالی متوالی تولید علوفه در بسیاری از کشورهای مناطق خشک و نیمه‌خشک از جمله ایران کاهش چشمگیری داشته است (Jahanzad *et al*., 2013). امروزه کاهش آبیاری به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک که سیستم‌های کشاورزی وابسته به تأمین آب آبیاری است مهم‌ترین مشکل در رابطه با تولید علوفه می‌باشد. در این راستا جایگزینی گیاهان علوفه‌ای که سازگاری و انعطاف‌پذیری در برابر شرایط نامساعد محیطی دارند می‌تواند در حل معضل کم‌آبی کارآمد باشد (Marsalis et al., 2009). گیاهان علوفه‌ای نقشی مهم در تأمین پروتئین و انرژی موردنیاز دام دارند. در اصلاح گیاهان علوفه‌ای، افزایش عملکرد و کیفیت علوفه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و به‌عنوان یکی از فاکتورهای اصلی معرفی ارقام اصلاح‌شده می‌باشد (چوگان، ۱۳۹۱). از نظر میانگین عملکرد ماده خشک و مواد غذایی قابل‌هضم در هکتار و میزان انرژی قابل‌هضم، ذرت سیلویی بهتر از هر محصول علوفه‌ای دیگری است. این گیاه همچنین خوش‌طعم بوده و انبار آن با خطر و ریسک

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.42.8.5]

کمتری همراه است (چوگان، ۱۳۹۱). Jahanzad و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که در سورگوم، اعمال تنش خشکی شدید از مرحله ۴ تا ۵ برگی به بعد، محتوای الیاف محلول در شوینده خنثی و الیاف محلول در شوینده اسیدی را به ترتیب ۹/۳ درصد و ۷ درصد کاهش و میزان پروتئین خام و کربوهیدرات‌های محلول در آب و قابلیت هضم ماده خشک را به ترتیب ۱۶/۶درصد، ۷ درصد و ۳/۸ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داد. Xu و Lascano (۲۰۰۷) گزارش کردند که تنش خشکی در ذرت منجر به کاهش ۲۹ درصدی عملکرد علوفه گردید. از طرفی گیاهانی که با تنش خشکی مواجه شده بودند در مقایسه با تیمارهایی که به‌خوبی آبیاری شده بودند، درصد پروتئین خام و درصد الیاف محلول در شوینده خنثی و الیاف محلول در شوینده اسیدی و محتوای لیگنین بیشتر و درصد کل مواد غذایی قابل هضم و نشاسته کمتر داشتند. تحقیقات اندکی در رابطه با اثر تنش خشکی و کاربرد زئولیت بر عملکرد و کیفیت هیبریدهای ذرت سیلویی انجام گرفته است. هدف از این تحقیق بررسی اثر کاربرد کلینوپتیلولیت تحت اثر تنش خشکی بر عملکرد و کیفیت علوفه سه هیبرید سینگل کراس ۷۰۴، ۷۰۵ و ۷۲۰ ذرت سیلویی بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج با عرض جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۵ دقیقه شرقی و طول جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۷ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۲۵۴ متر از سطح دریا در سال زراعی ۱۳۹۲ اجرا شد. آزمایش به‌صورت اسپیلت اسپیلت پلات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. در این پژوهش رژیم‌های مختلف آبیاری شامل آبیاری نرمال، تیمار تنش خشکی ملایم و تنش خشکی شدید به ترتیب شامل آبیاری پس از ۷۰، ۱۰۰ و ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر کلاس A به‌عنوان فاکتور اصلی، دو سطح کاربرد کلینوپتیلولیت (عدم مصرف و کاربرد ۱۰ تن در هکتار) به‌عنوان فاکتور فرعی و سه هیبرید ذرت سینگل کراس ۷۰۴، ۷۰۵ و ۷۲۰ به‌عنوان فاکتور فرعی فرعی مورد بررسی قرار گرفتند. شرایط اقلیمی مکان اجرای آزمایش در طول دوره رشدی هیبریدهای مورد بررسی در جدول ۱ نشان شده است. پس از طراحی آزمایش و بر اساس نقشه طرح، قبل از کشت در کرت‌هایی که باید زئولیت مصرف شود، زئولیت مصرفی هر کرت محاسبه و توزین شد. سپس زئولیت قبل از کشت در سطح خاک پاشیده شده و تا عمق ۳۰ سانتی‌متری به‌صورت با خاک مخلوط شد. زئولیت کاربردی در این پژوهش از شرکت افرند توسکا تهیه شد که از نوع کلینوپتیلولیت با فرمول شیمیایی (Na_4K_4 ($Al_8Si_{40}O_{96}$), $24H_2o$) و نام تجاری کشاویت با ظرفیت تبادل یونی ۱۷۰ تا ۲۰۰ میلی اکی والان در یکصد گرم بود. ترکیبات شیمیایی کلینوپتیلولیت مصرفی در این آزمایش در جدول ۲ نشان داده شده است. قبل از اجرای آزمایش دو نمونه مرکب از عمق‌های ۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متری خاک تهیه و جهت تعیین ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی به آزمایشگاه منتقل گردید. نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول ۳

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.42.8.5]

ارائه شده است. عملیات تهیه زمین شامل شخم پاییزه، دیسک و تسطیح زمین بود. پس از تحلیل نتایج آزمون خاک، حدود ۷۰ کیلوگرم در هکتار فسفر (از منبع سوپرفسفات تریپل) قبل از کشت و ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص (از منبع اوره) مصرف شد. یک سوم از نیتروژن مصرفی به‌صورت کود پایه در زمان کشت و دو سوم باقیمانده به‌صورت سرک در طی فصل رشد، در دو مرحله ۶-۴ برگی و ظهور گل تاجی مصرف گردید. به دلیل کفایت میزان پتاسیم خاک این نوع کود استفاده نشد. هر کرت آزمایشی شامل ۴ خط کاشت به طول ۶ متر بود و فاصله بین ردیف‌ها و فاصله بوته روی ردیف به ترتیب ۷۵ و ۱۶ سانتی‌متر در نظر گرفته شد.

جدول ۱: اطلاعات هواشناسی مکان اجرای آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۲

ماه	حداکثر دمای مطلق (سانتی‌گراد)	حداقل دمای مطلق (سانتی‌گراد)	متوسط دما (سانتی‌گراد)	متوسط دمای حداکثر (سانتی‌گراد)	متوسط دمای حداقل (سانتی گراد)	تبخیر تجمعی (میلی‌متر)	میزان بارندگی (میلی‌متر)
خرداد	۳۶/۲	۱۱/۸	۲۴/۱	۳۱	۱۷/۱	۳۹۲/۷	۳/۳
تیر	۳۸/۴	۱۳/۶	۲۶	۳۴/۶	۱۸/۲	۳۷۵/۲	۲۴/۹
مرداد	۳۸/۴	۱۷/۶	۲۸/۱	۳۵/۳	۲۰/۳	۳۲۷/۵	۰
شهریور	۳۶/۸	۱۱/۸	۲۴/۳	۳۱/۹	۱۷	۲۹۱/۶	۰

جدول ۲: درصد ترکیبات شیمیایی کلینوپتیلولیت

رنگ	سفید
اسیدیته	۶/۸
اکسید سیلیسیم (SiO_2) (درصد)	۶۵
اکسید آلومینیوم (Al_2O_3) (درصد)	۱۲/۰۲
اکسید تیتانیوم (TiO_2) (درصد)	۰/۰۳
اکسید آهن (Fe_2O_3) (درصد)	۱/۵
اکسید کلسیم (CaO) (درصد)	۲/۳
اکسید منیزیم (MgO) (درصد)	۰/۱
اکسید پتاسیم (K_2O) (درصد)	۳
اکسید سدیم (Na_2O) (درصد)	۱/۸
اکسید منگنز (MnO) (درصد)	۰/۰۴
سوپرفسفات (P_2O_5) (درصد)	۰/۰۱

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.42.8.5]

جدول ۳: ویژگی فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

عمق خاک (سانتی‌متر)	بافت خاک	اسیدیته خاک	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	نیتروژن کل (درصد)	ماده آلی خاک (درصد)	وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	ظرفیت زراعی مزرعه	فسفر قابل‌جذب	پتاسیم قابل‌جذب
								(میلی‌گرم بر کیلوگرم)	
۰-۳۰	رسی لومی	۷/۴	۱/۲۰	۰/۰۸	۰/۸۰	۱/۳۹	۲۶/۷	۱۰/۴	۳۸۰
۳۰-۶۰	رسی لومی	۷/۵	۱/۶۰	۰/۰۶	۰/۶۴	۱/۴۲	۲۸/۱	۹/۲	۳۳۴

بعد از کاشت، به‌منظور تسهیل جوانه‌زنی، پلات‌ها به‌طور یکنواخت آبیاری شدند. رژیم‌های آبیاری پس از استقرار کامل بوته‌ها و از مرحله ۶ تا ۸ برگی به بعد اعمال شدند. زمان آبیاری با استفاده از میزان تبخیر روزانه از تشتک تبخیر کلاس A مشخص گردید و برای تعیین میزان حجم آب مصرفی در هر آبیاری، قبل از هر آبیاری نمونه‌برداری از خاک کرت موردنظر تا عمق توسعه ریشه صورت گرفت. نمونه مذکور به مدت ۲۴ ساعت در آون در دمای ۸۰ درجه سانتی گراد قرار داده شد و درصد رطوبت وزنی خاک (Θm) طبق رابطه ۱ محاسبه شد:

رابطه ۱: درصد رطوبت وزنی خاک = ((وزن خاک مرطوب (گرم) - وزن خاک خشک (گرم))/ (وزن خاک خشک (گرم)) ×۱۰۰

سپس میزان حجم آب آبیاری با استفاده از رابطه‌های ۲ و ۳ در هر آبیاری تعیین گردید (ماهرخ و عزیزی، ۱۳۹۳). در این رابطه‌ها، H نشان‌دهنده ارتفاع آب داخل کرت، ρb جرم مخصوص ظاهری خاک، $\Theta F.C$ رطوبت در حد ظرفیت مزرعه، Θm درصد رطوبت وزنی کرت موردنظر در زمان آبیاری، D عمق توسعه ریشه، V حجم آب آبیاری در کرت مورد نظر و A مساحت کرت مورد نظر می‌باشد. در نهایت حجم آب مصرفی محاسبه شده (V) وارد کرت‌های مورد نظر گردید.

رابطه ۲: $$H = \rho b\ (\Theta F.C - \Theta m)\ D$$

رابطه ۳: $$V = H \times A$$

مقدار آب مصرفی با استفاده از کنتور که در ابتدای فلکه اصلی قرار داده شده بود، کنترل گردید. آبیاری مزرعه نیز به‌صورت جوی و پشته‌ای و با استفاده از لوله‌های هیدروفلوم و دریچه‌هایی که در ابتدای خطوط کاشت تعبیه شدند صورت گرفت.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.42.8.5]

جهت اندازه‌گیری عملکرد علوفه تر زمانی که رطوبت بوته‌های ذرت به ۷۰-۶۵ درصد رسیده بودند و خط شیری در بیش از ۸۰ درصد دانه‌ها، به یک‌دوم فاصله بین تاج و قاعده دانه رسیده بود (چوگان، ۱۳۹۱)، با رعایت اثر حاشیه‌ای از هر کرت سطحی معـادل ۴ متر مربع برداشت شد و علوفه سبز بلافاصله توزین و عملکرد علوفه تر بر مبنای کیلوگرم در هکتار محاسبه شد. جهت اندازه‌گیری صفات کیفی، نمونه‌های خشک‌شده به‌وسیله آسیاب ۰/۱ میلی‌متر پودر گردیده و ۱۰۰ گرم از نمونه‌های پودر شده برای اندازه‌گیری صفات کیفی با دستگاه طیف‌سنج مادون قرمز نزدیک (NIR)[1] اسکن گردیدند (Jafari *et al*., 2003). دستگاه NIR مورد استفاده، سری انفورماتیک ۸۶۲۰، ساخت شرکت پرتن سوئد با ۲۰ طول موج در دامنه طول موج ۲۴۰۰-۵۰۰ نانومتر بود. صفات کیفی اندازه‌گیری شده شامل درصد کربوهیدرات‌های محلول در آب (WSC)[2]، درصد الیاف محلول در شوینده خنثی (NDF)[3]، درصد الیاف محلول در شوینده اسیدی (ADF)[4]، درصد خاکستر (ASH)[5] بر حسب درصد از وزن خشک می‌باشند. درصد جذب ماده خشک (DMI)[6] با استفاده از رابطه زیر برآورد گردید (چوگان، ۱۳۹۱):

رابطه ۴: $$DMI = 120 / NDF$$

کل انرژی قابل‌هضم علوفه (TDN)[7] با استفاده از رابطه ۵ محاسبه شد (Bittman and Kowalenko, 2004):

رابطه ۵: $$TDN = 87.8 - (0.70 \times ADF\ \%)$$

تجزیه و تحلیل داده‌ها توسط نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۴ انجام شد و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

عملکرد علوفه‌تر

در این پژوهش اثرهای اصلی سطوح آبیاری، کاربرد کلینوپتیلولیت و هیبرید بر عملکرد علوفه‌تر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۴). با افزایش فواصل آبیاری و افزایش شدت تنش خشکی عملکرد علوفه کاهش چشمگیری نشان داد. به‌طوری‌که عملکرد علوفه در رژیم آبیاری نرمال (۵۶۹۵۴ کیلوگرم در هکتار) نسبت به تنش خشکی ملایم

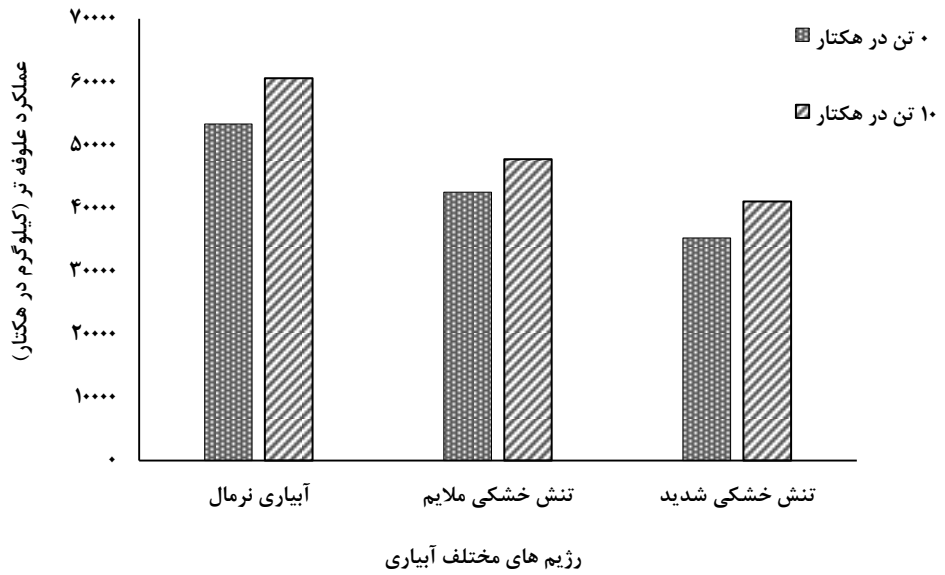
1- Near infrared spectroscopy
2- Water Soluble Carbohydrates
3- Neutrals Detergent Fiber
4- Acid Detergent Fiber
5- Total Ash
6- Dry Matter Intake
7- Total Digestible Nutrition

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.42.8.5]

(۴۵۱۳۳ کیلوگرم در هکتار) و تنش خشکی شدید (۳۸۱۴۸ کیلوگرم در هکتار)، به ترتیب حدود ۲۱ و ۳۳ درصد بیشتر گردید (جدول ۳). به نظر می‌رسد وقتی رطوبت در خاک برای جذب مواد غذایی توسط ریشه کافی نیست گیاهان در جذب عناصر ضروری نظیر نیتروژن و فسفر برای رشد و توسعه با مشکل مواجه شده، همین امر باعث کاهش عملکرد آن‌ها می‌گردد (Kramer and Boyer, 1995). از طرفی در شرایط کمبود رطوبت در خاک، تعرق گیاه کاهش می‌یابد که این امر ممکن است باعث اختلال در جذب مواد غذایی و تبادلات یونی از ریشه به ساقه (Sanchez-Rodriguez et al., 2010) و کاهش فتوسنتز و شاخص سطح برگ گیاه گردد (Wahid and Rasul, 2005). Jahanzad و همکاران (۲۰۱۳) نیز با اعمال تنش خشکی به شیوه کم آبیاری از مرحله ۴ تا ۵ برگی به بعد در سورگوم اظهار داشتند که عملکرد علوفه خشک در تیمار تنش خشکی ملایم (۹۸۲۰ کیلوگرم در هکتار) و تنش خشکی شدید (۸۰۰۹ کیلوگرم در هکتار) نسبت به آبیاری نرمال (۱۲۲۶۷ کیلوگرم در هکتار) به ترتیب ۲۰ و ۳۵ درصد کاهش یافت. رفیعی منش و همکاران (۱۳۸۹) اظهار داشتند که در ذرت با اعمال تنش خشکی شدید به شیوه کم آبیاری عملکرد دانه به میزان ۵۹ درصد و عملکرد بیولوژیک به میزان ۲۳/۵ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت. حاجی بابایی و عزیزی (۱۳۹۳) گزارش کردند که عملکرد علوفه خشک در هیبریدهای ذرت علوفه‌ای با تغییر دور آبیاری از تیمار آبیاری نرمال (۱۷۸۷۱/۸ کیلوگرم در هکتار) به تنش خشکی شدید (۹۸۶۲/۱ کیلوگرم در هکتار) به میزان ۴۴ درصد کاهش یافت. در این پژوهش عملکرد علوفه با کاربرد کلینوپتیلولیت از ۴۳۷۰۹ کیلوگرم در هکتار در تیمار عدم کاربرد کلینوپتیلولیت به ۴۹۷۸۱ کیلوگرم در هکتار در تیمار کاربرد کلینوپتیلولیت رسید و حدود ۱۴ درصد افزایش یافت (جدول ۵). افزایش عملکرد علوفه در اثر کاربرد کلینوپتیلولیت می‌تواند ناشی از نقش زئولیت در افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک (Colombani *et al*., 2014; Torkashvand and Shadparvar, 2013)، افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک (Ming and Allen, 2001) و افزایش جذب عناصر غذایی از جمله آمونیوم (Perez-Caballero *et al*., 2008; Lija *et al*., 2014) باشد. Ahmed و همکاران (۲۰۱۰) اظهار داشتند که کاربرد زئولیت در ذرت میزان جذب نیتروژن، فسفر، پتاسیم و راندمان جذب این عناصر را افزایش می‌دهد. در این تحقیق کاربرد کلینوپتیلولیت در تمام سطوح آبیاری مورد بررسی منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد علوفه تر گردید و لذا اثر برهم‌کنش تنش خشکی و کلینوپتیلولیت غیر معنی‌دار گردید. به‌طوری‌که کاربرد کلینوپتیلولیت در سطوح آبیاری نرمال، تنش خشکی ملایم و شدید به ترتیب باعث افزایش عملکرد علوفه تر به میزان ۱۲، ۱۴و ۱۶ درصد گردید (شکل ۱).

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.42.8.5]



شکل ۱: اثر برهم‌کنش تنش خشکی و کلینوپتیلولیت بر عملکرد علوفه تر

جدول ۴: نتایج تجزیه واریانس اثر تنش خشکی و کاربرد کلینوپتیلولیت بر عملکرد و کیفیت هیبریدهای ذرت سیلویی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		عملکرد علوفه‌تر	کربوهیدرات‌های محلول در آب	فیبرهای محلول در شوینده اسیدی	فیبرهای محلول در شوینده خنثی	خاکستر	کل مواد غذایی قابل‌هضم	جذب ماده خشک
تکرار	۲	۲۰۰۰۷۶۷۰^{ns}	$۶۸/^{ns}$	$۸/۸۱^{ns}$	$۱۴/۲۸^{ns}$	$۰۹/^{ns}$	$۴/۳۲^{ns}$	$۱۲/^{ns}$
آبیاری	۲	۱۶۲۶۶۲۵۳۰۱^{**}	$۱۲۰/۲۲^{**}$	$۲۴۹/۸۵^{**}$	$۶۲۶/۷۵^{*}$	$۶/۸۹^{**}$	$۱۲۲/۴۳^{**}$	$۲/۳۶^{*}$
خطای اصلی	۴	۸۰۰۴۸۹۳۵	۳/۰۳	۱۱/۷۵	۵۱/۱۹	/۱۲	۵/۷۶	/۲۲
کلینوپتیلولیت	۱	۴۹۷۷۹۲۲۷۷^{**}	$۱۷/۱۷^{ns}$	$۱۰/۱۵^{ns}$	$۱۸۷/۶^{ns}$	$۳/۶۹^{**}$	$۴/۹۷^{ns}$	$۷/^{ns}$
آبیاری × کلینوپتیلولیت	۲	۵۲۱۸۶۵۴^{ns}	$۸/۲۳^{ns}$	$۲۰/۵۴^{ns}$	$۳۰/۸۲^{ns}$	$۱۲/^{ns}$	$۱۰/۰۷^{ns}$	$۰۵/^{ns}$
خطای فرعی	۶	۴۴۷۷۱۲۲^{ns}	$۶/۳۶^{ns}$	۶/۲۵	$۳۷/۳۹^{ns}$	$۱/^{ns}$	$۳/۰۶^{ns}$	$۲/^{ns}$
هیبرید	۲	۴۴۸۹۵۳۴۵۷^{**}	$۸۵/۰۵^{**}$	$۲۳/۹۵^{*}$	$۸۲/۱۸^{**}$	$۶/^{*}$	$۱۱/۷۴^{*}$	$۴۱/^{**}$
آبیاری × هیبرید	۴	۴۰۱۸۱۵۹۶^{ns}	$۶/۹۶^{**}$	$۱۳/۲۹^{ns}$	$۳۵/۳۴^{*}$	$۱۴/^{ns}$	$۶/۵۱^{ns}$	$۱۴/^{ns}$
کلینوپتیلولیت × هیبرید	۲	۳۲۷۲۶۶^{ns}	$۴/۰۵^{ns}$	$۲۸/^{ns}$	$۱۲/۵۲^{ns}$	$۰۱/^{ns}$	$۱۴/^{ns}$	$۰۵/^{ns}$
آبیاری × کلینوپتیلولیت × هیبرید	۴	۴۷۶۸۱۱^{ns}	$۲/۶۷^{ns}$	$۴/۹۳^{ns}$	$۱۰/۸۱^{ns}$	$۰۳/^{ns}$	$۲/۴۲^{ns}$	$۰۶/^{ns}$
خطای فرعی فرعی	۲۴	۳۶۳۰۸۶۴۳	۱/۴	۵/۵۶	۱۰/۹	/۱۲	۲/۷۲	/۰۵
ضریب تغییرات (درصد)	-	۱۲/۸۹	۴/۳۵	۹/۱۰	۷/۵	۶/۴۲	۲/۳۷	۸/۳۷

^{ns} غیر معنی‌دار. * و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.42.8.5]

در سایر مطالعه‌های نیز کاربرد زئولیت باعث افزایش عملکرد علوفه در ذرت (Najafinezhad *et al*., 2015)، ارزن (Keshavarz and Farahbakhsh, 2012) و سورگوم (Najafinezhad *et al*., 2014) شده است که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. در بین هیبریدهای مورد بررسی، هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ با میانگین عملکرد ۵۲۰۳۰ کیلوگرم در هکتار، بیشترین علوفه تر را تولید نمود و دو هیبرید KSC705 و KSC720 اختلاف معنی‌داری نسبت به یکدیگر نشان ندادند (جدول ۵).

جدول ۵: مقایسه میانگین اثر اصلی تنش خشکی، کلینوپتیلولیت و هیبرید بر عملکرد و صفات کیفی در ذرت علوفه‌ای

عوامل آزمایشی	عملکرد علوفه (کیلوگرم در هکتار)	کربوهیدرات‌های محلول در آب (درصد)	فیبرهای محلول در شوینده اسیدی (درصد)	فیبرهای محلول در شوینده خنثی (درصد)	خاکستر (درصد)	کل مواد غذایی قابل‌هضم (درصد)	جذب ماده خشک (درصد)
آبیاری							
آبیاری نرمال	a۵۶۹۵۴	c۲۴/۸	c۲۲/۰۸	b۳۹/۸	a۶/۰۱	a۷۲/۳۴	a۳/۰۶
تنش خشکی ملایم	b۴۵۱۳۳	b۲۶/۹۴	b۲۶/۰۳	b۴۱/۴۲	b۵/۳۱	b۶۹/۵۸	a۲/۹۵
تنش خشکی شدید	b۳۸۱۴۸	a۲۹/۹۴	a۲۹/۵۳	a۵۰/۷۴	c۴/۷۸	c۶۷/۱۳	b۲/۳۸
کلینوپتیلولیت (تن در هکتار)							
۰	b۴۳۷۰۹	a۲۷/۷۹	a۲۵/۴۵	a۴۲/۱۲	b۵/۱۱	a۶۹/۹۹	a۲/۹۱
۱۰	a۴۹۷۸۱	a۲۶/۶۶	a۲۶/۳۲	a۴۵/۸۵	a۵/۶۳	a۶۹/۳۸	a۲/۶۸
هیبرید							
سینگل کراس ۷۰۴	a۵۲۰۳۰	a۲۹/۳۳	a۲۶/۷۲	a۴۴/۶۴	b۵/۲۴	b۶۹/۱	b۲/۷۲
سینگل کراس ۷۰۵	b۴۲۱۰۴	c۲۴/۹۹	b۲۴/۵۷	b۴۱/۶	b۵/۲۹	a۷۰/۶	a۲/۹۷
سینگل کراس ۷۲۰	b۴۶۱۰۱	b۲۷/۳۶	a۲۶/۳۶	a۴۵/۷۲	a۵/۵۸	b۶۹/۳۵	b۲/۷

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن اختلاف آماری معنی‌داری در سطح پنج درصد ندارند.

کربوهیدرات‌های محلول در آب

در این مطالعه اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر درصد کربوهیدرات‌های محلول در آب علوفه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۴). به‌طوری‌که با افزایش فواصل آبیاری محتوای کربوهیدرات‌های محلول افزایش یافت. هیبریدهای مختلف نیز از نظر درصد کربوهیدرات‌های محلول اختلاف معنی‌داری با یکدیگر در سطح یک درصد نشان دادند، اما اثر کاربرد کلینوپتیلولیت و اثرهای برهم‌کنش تیمارها بر این صفت غیر معنی‌دار بود (جدول ۴). در تحقیقات مختلف به

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.42.8.5]

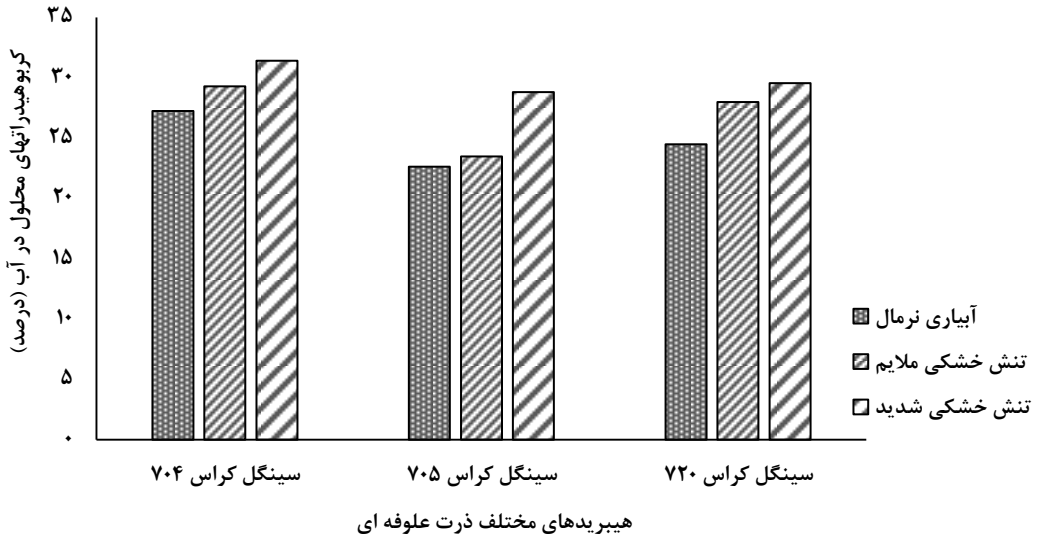
افزایش معنی‌دار میزان کربوهیدرات‌های محلول تحت اثر تنش خشکی، به علت تنظیمات اسمزی (DaCosta and Huang, 2006 ; Nakayama *et al*., 2007) و کاهش تشکیل نشاسته و ممانعت از فعالیت آنزیم سنتز کننده نشاسته (Wang and Frei, 2011) اشاره شده است. محققان اظهار داشتند که بستن روزنه‌ها و کاهش تثبیت دی‌اکسیدکربن و فتوسنتز در اثر تنش خشکی در گیاهان، منجر به ایجاد اختلال در متابولیسم کربوهیدرات‌ها و آمینواسیدها می‌شود که در این وضعیت کربوهیدرات‌ها و متابولیت‌های پروتئینی نظیر پرولین و گلایسین بتائین در برگ‌ها تجمع می‌یابند (Suriyan and Chalermpol, 2009; Pelleschi *et al*., 1997). این امر با نتایج این تحقیق مبنی بر افزایش کربوهیدرات‌های محلول در آب در شرایط تنش خشکی مطابقت دارد. Barlow و همکاران (۱۹۷۶) همچنین به افزایش ۴۲ درصدی کربوهیدرات‌های محلول در آب در گیاهچه های ذرت تحت تنش خشکی اشاره نمودند. در پژوهش مذکور از پلی اتیلن گلیکول جهت اعمال تیمار تنش خشکی استفاده شد. میزان کربوهیدرات‌های محلول در آب همچون قابلیت هضم از مهم‌ترین اجزا مؤثر در کیفیت علوفه می‌باشد. این صفت نماینده مهم‌ترین منبع انرژی در جیره تمام‌شده است (Coleman and Moore, 2003). کربوهیدرات‌های محلول اثر مثبت بر جذب علوفه دارند و برای کارایی مصرف پروتئین دارای اهمیت می‌باشند (Moorby *et al*., 2006). در این پژوهش برهم‌کنش اثر تنش خشکی و هیبرید بر درصد کربوهیدرات‌های محلول در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید. اگرچه اعمال تنش خشکی ملایم نسبت به رژیم آبیاری نرمال باعث افزایش معنی‌دار درصد کربوهیدرات‌های محلول در آب در هیبرید سینگل کراس۷۰۴ از ۲۷/۲۵ به ۲۹/۳۱ درصد و در هیبرید سینگل کراس ۷۲۰ از ۲۴/۴۹ به ۲۸/۰۱ درصد گردید اما در هیبرید سینگل کراس ۷۰۵، تنش خشکی ملایم اثر معنی‌داری بر غلظت کربوهیدرات‌های محلول در آب نداشت. بیشترین درصد کربوهیدرات‌های محلول در آب در تیمار تنش خشکی شدید و هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ با میانگین ۳۱/۴۳ درصد مشاهده گردید (شکل ۲).

در این پژوهش، رژیم‌های مختلف آبیاری بر درصد فیبر محلول در شوینده اسیدی و فیبر محلول در شوینده خنثی علوفه به ترتیب اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد داشتند (جدول ۴). به‌طوری‌که با افزایش فواصل آبیاری از رژیم آبیاری نرمال به رژیم آبیاری تنش شدید میزان فیبر محلول در شوینده اسیدی و فیبر محلول در شوینده خنثی علوفه به ترتیب ۳۴ و ۲۷ درصد افزایش یافت. محتوای فیبر محلول در شوینده اسیدی از ۲۲/۰۸ درصد به ۲۹/۵۳ درصد و محتوای فیبر محلول در شوینده خنثی از ۳۹/۸ درصد به ۵۰/۷۴ درصد افزایش یافت (جدول ۵).Newman (۲۰۱۴) گزارش نمود که محتوای فیبر محلول در شوینده اسیدی و فیبر محلول شوینده خنثی علوفه ذرت، در گیاهانی که با تنش خشکی مواجه شده بودند در مقایسه با گیاهانی که در شرایط نرمال رشد کرده بودند، به میزان ۱۸ درصد بیشتر

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.42.8.5]

بود. Xu و Lascano (۲۰۰۷) اظهار داشتند که در ذرت سیلویی اعمال تنش رطوبتی به شیوه کم آبیاری منجر به افزایش محتوای فیبر محلول در شوینده اسیدی و خنثی به ترتیب به میزان ۱۷/۵ و ۱۵/۱ درصد گردید.



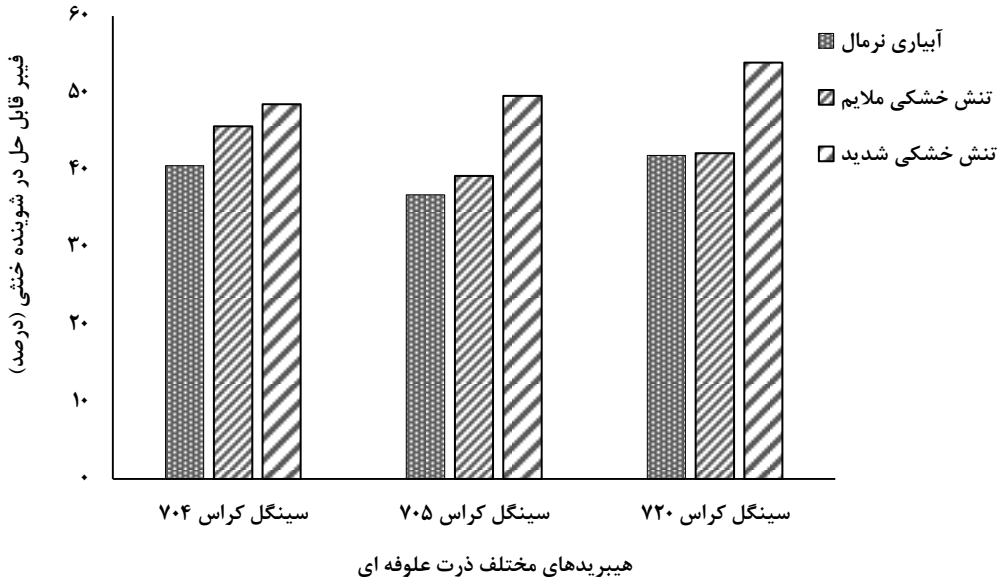
شکل ۲: اثر برهم‌کنش تنش خشکی و هیبرید بر محتوای کربوهیدرات‌های محلول در آب

فیبر محلول در شوینده اسیدی و فیبر محلول در شوینده خنثی

این محققان گزارش کردند که تنش خشکی در ذرت سیلویی با کاهش دانه‌بندی و سهم بلال منجر به افزایش درصد فیبر محلول در شوینده اسیدی و فیبر محلول در شوینده خنثی علوفه می‌گردد. در پژوهش مذکور تنش خشکی به شیوه کم آبیاری و با کاهش ۵۰ درصدی آب مورد نیاز گیاه از مرحله ۱۰ برگی تا دو هفته بعد از گلدهی اعمال گردید. در مقابل Huang و همکاران (۱۹۹۷) گزارش کردند که در لگوم‌های علوفه‌ای، تنش خشکی غلظت فیبر محلول در شوینده خنثی و فیبر محلول در شوینده اسیدی را کاهش می‌دهد. Seguin و همکاران (۲۰۰۲) گزارش کردند که در لگوم های علوفه‌ای، تنش خشکی غلظت فیبر محلول در شوینده اسیدی را افزایش می‌دهد، اما غلظت فیبر محلول در شوینده خنثی را تحت اثر قرار نمی‌دهد. در این پژوهش کاربرد کلینوپتیلولیت اثر معنی‌داری بر درصد فیبر محلول در شوینده اسیدی و فیبر محلول در شوینده خنثی علوفه نداشت (جدول ۴). Bernardi و همکاران (۲۰۱۱) نیز اظهار داشتند که کاربرد زئولیت اثر معنی‌داری بر درصد فیبر محلول در شوینده اسیدی و فیبر محلول در شوینده خنثی علوفه ذرت سیلویی ندارد. در بین هیبریدهای مورد بررسی، از نظر درصد فیبر محلول در شوینده اسیدی و فیبر محلول در شوینده خنثی به ترتیب در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد اختلاف معنی‌داری مشاهده گردید (جدول۴). به‌طوری‌که هیبرید سینگل کراس ۷۰۵ از فیبر محلول در شوینده اسیدی (۲۴/۵۷ درصد) و فیبر محلول در شوینده خنثی (۴۱/۶ درصد) کمتری نسبت به هیبریدهای سینگل کراس ۷۰۵ و ۷۲۰ برخوردار بود (جدول ۵). در این پژوهش اثر برهم‌کنش تنش خشکی و هیبرید بر

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]
[DOR: 20.1001.1.20084403.1398.11.42.8.5]

درصد فیبر محلول در شوینده خنثی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار گردید. در همه هیبریدهای مورد بررسی، اعمال تیمار تنش خشکی شدید نسبت به رژیم آبیاری نرمال منجر به افزایش معنی‌دار درصد فیبر محلول در شوینده خنثی علوفه گردید. در مقابل تنش خشکی ملایم فقط در هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ منجر به افزایش معنی‌دار درصد فیبر محلول در شوینده خنثی گردید و در سایر هیبریدهای مورد بررسی این سطح از تنش، اثر معنی‌داری بر درصد فیبر محلول در شوینده خنثی علوفه نداشت. بیشترین درصد فیبرهای محلول در شوینده خنثی در تیمار تنش خشکی شدید و هیبرید سینگل کراس ۷۲۰ با میانگین ۵۳/۹۶ درصد مشاهده گردید (شکل ۳).



شکل ۳: اثر برهم‌کنش تنش خشکی و هیبرید بر فیبر محلول در شوینده خنثی

خاکستر

در این پژوهش اثرهای اصلی تنش خشکی بر درصد خاکستر علوفه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). به‌طوری‌که با افزایش فواصل آبیاری و اعمال تیمارهای تنش خشکی، درصد خاکستر علوفه کاهش معنی‌داری نشان داد. کمترین محتوای خاکستر علوفه (۴/۷۸ درصد) در تیمار تنش خشکی شدید مشاهده گردید که نسبت به تیمار آبیاری نرمال (۶/۰۱ درصد) حدود ۲۰ درصد کمتر بود و بیشترین محتوای خاکستر علوفه (۶/۰۱ درصد) در تیمار آبیاری نرمال مشاهده گردید (جدول۵). با توجه به این‌که درصد خاکستر در واقع بیانگر مواد معدنی موجود در بافت گیاهی می‌باشد و جذب مواد معدنی توسط ریشه در شرایط تنش خشکی کاهش می‌یابد (Kramer and Boyer,1995) لذا کاهش خاکستر در شرایط تنش خشکی بسیار محتمل است. کاهش درصد خاکستر گیاه در شرایط تنش رطوبتی توسط Paygozar و همکاران (۲۰۰۹) در ارزن به میزان ۳ درصد و توسط Wilson (۱۹۸۳) در گونه‌های مرتعی منطقه گرمسیری به میزان ۶

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.42.8.5]

درصد گزارش شده است که با نتایج بررسی حاضر مطابقت دارد. در مقابل Jahanzad و همکاران (۲۰۱۳) اظهار داشتند که اعمال تنش خشکی به شیوه کم آبیاری منجر به افزایش درصد خاکستر علوفه در سورگوم می‌گردد. در این بررسی کاربرد کلینوپتیلولیت منجر به افزایش معنی‌دار درصد خاکستر علوفه در سطح احتمال یک درصد گردید (جدول ۴). به‌طوری‌که محتوای خاکستر علوفه در تیمار کاربرد زئولیت (۵/۶۳ درصد) نسبت به تیمار عدم کاربرد زئولیت (۵/۱۱ درصد) به میزان ۱۰ درصد افزایش یافت (جدول ۵). Keshavarz و Farahbakhsh (۲۰۱۲) نیز اظهار داشتند که کاربرد زئولیت به میزان ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار باعث افزایش درصد خاکستر در ارزن گردید. به‌طوری‌که محتوای خاکستر در تیمار کاربرد زئولیت (۱۱/۲۵ درصد) نسبت به تیمار عدم کاربرد زئولیت (۱۰/۷۶ درصد) به میزان ۴/۵ درصد افزایش یافت. در پژوهش مذکور زئولیت قبل از کشت در عمق ۱۵ سانتی‌متری خاک قرار گرفت. با توجه به‌این‌که درصد خاکستر در واقع بیانگر مواد معدنی موجود در بافت گیاهی می‌باشد. به‌نظر می‌رسد افزایش درصد خاکستر علوفه در اثر مصرف کلینوپتیلولیت در این پژوهش، ناشی از اثر زئولیت در بهبود رطوبت خاک و در نتیجه جذب بیشتر عناصر غذایی از جمله عناصر معدنی نظیر کلسیم، پتاسیم و فسفر باشد (Ahmed *et al.*, 2010). در این تحقیق در بین هیبریدهای مختلف نیز از نظر درصد خاکستر اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد مشاهده شد. بیشترین محتوای خاکستر با میانگین ۵/۵۸ درصد در هیبرید سینگل کراس ۷۲۰ مشاهده گردید و دو هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ و ۷۰۵ از این نظر اختلاف معنی‌داری نسبت به یکدیگر نشان ندادند (جدول ۵).

کل مواد غذایی قابل‌هضم

در این پژوهش اثرهای ساده آبیاری و هیبرید بر کل مواد غذایی قابل هضم علوفه به ترتیب در سطح یک درصد و پنج درصد معنی‌دار بود (جدول۴). با اعمال تنش خشکی، درصد کل مواد غذایی قابل هضم علوفه روند کاهشی نشان داد (جدول ۵). به‌طوری‌که با افزایش فواصل آبیاری، کل مواد غذایی قابل هضم علوفه از ۷۲/۳۴ درصد در رژیم آبیاری نرمال به ۶۷/۱۳ درصد در تیمار تنش خشکی شدید کاهش یافت (جدول ۵). به نظر می‌رسد کاهش قابلیت هضم علوفه همراه با فواصل آبیاری بیشتر در این پژوهش ناشی از افزایش درصد فیبر محلول در شوینده اسیدی در اثر تنش خشکی و همبستگی منفی قوی بین کل مواد غذایی قابل هضم و فیبر محلول در شوینده اسیدی (**۱-) باشد (جدول ۶). Wilson و Ng (۱۹۷۵) گزارش کردند که در چیک واش (*Panicum maximum*) تنش خشکی در گیاهان بالغ باعث کاهش قابلیت هضم علوفه می‌گردد. Newman (۲۰۱۴) نیز اظهار داشت که تنش خشکی منجر به کاهش درصد مواد غذایی قابل هضم در علوفه ذرت می‌گردد. به‌طوری‌که کل مواد غذایی قابل هضم علوفه در گیاهانی که با تنش خشکی مواجه شده بودند (۷۹/۶۸ درصد) نسبت به تیمار شاهد (۷۳/۳۱ درصد) به میزان ۸ درصد کاهش یافت. همچنین Jahanzad و

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.42.8.5]

همکاران (۲۰۱۳) اظهار داشتند که اعمال تنش خشکی به شیوه کم آبیاری، منجر به کاهش درصد مواد غذایی قابل هضم در علوفه سورگوم گردید و کل مواد غذایی قابل هضم علوفه در تیمار تنش خشکی شدید (۲۱۱ گرم بر کیلوگرم ماده خشک) نسبت به تیمار آبیاری نرمال (۲۲۷ گرم بر کیلوگرم ماده خشک) حدود ۷ درصد کاهش نشان داد. کل مواد غذایی قابل هضم بیانگر میزان مواد غذایی و انرژی قابل‌دسترس برای دام است و با درصد فیبر محلول در شوینده اسیدی علوفه در ارتباط می‌باشد (Newman *et al*., 2006). در واقع هرچه میزان فیبر محلول در شوینده اسیدی علوفه بیشتر باشد درصد کل مواد غذایی قابل هضم علوفه کاهش می‌یابد و توانایی دام برای استفاده از مواد غذایی قابل‌دسترس علوفه کاهش می‌یابد (Carmi *et al*., 2006). در این پژوهش بیشترین مواد غذایی قابل هضم با میانگین ۷۰/۶ درصد به هیبرید سینگل کراس ۷۰۵ تعلق داشت و محتوای کل مواد غذایی قابل هضم در دو هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ (۶۹/۱) و سینگل کراس ۷۲۰ (۶۹/۳۵) اختلاف معنی‌داری نسبت به یکدیگر نشان نداد (جدول ۵). به نظر می‌رسد این امر ناشی از کمتر بودن درصد فیبر محلول در شوینده اسیدی در این هیبرید در مقایسه با سایر هیبریدها باشد. اثر کاربرد کلینوپتیلولیت و برهم‌کنش تیمارهای مورد بررسی بر درصد کل مواد غذایی قابل هضم علوفه غیر معنی‌دار بود (جدول ۴). با توجه به وجود همبستگی منفی قوی و معنی‌دار بین درصد فیبر محلول در شوینده اسیدی و درصد کل مواد غذایی قابل هضم در این پژوهش (**۱-) به‌نظر می‌رسد که عدم اثر این ماده بر درصد فیبر محلول در شوینده اسیدی، منجر به عدم اثر این ماده بر درصد کل مواد غذایی قابل هضم شده است (جدول ۶). Carmi و همکاران (۲۰۰۶) نیز به همبستگی منفی قوی بین فیبر محلول در شوینده اسیدی و کل مواد غذایی قابل هضم در سورگوم اشاره نمودند.

جذب ماده خشک

در این پژوهش اثر تیمار تنش خشکی بر درصد جذب ماده خشک علوفه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار گردید. بیشترین میزان جذب ماده خشک علوفه (۳/۰۶ درصد) در تیمار تنش آبیاری نرمال حاصل شد که نسبت به تیمار تنش خشکی شدید (۲/۳۸درصد) حدود ۲۲ درصد بیشتر بود (جدول ۵). به‌طور کلی با افزایش درصد فیبر محلول در شوینده خنثی علوفه، میزان مصرف علوفه توسط دام و درصد جذب ماده خشک کاهش می‌یابد (Paterson *et al*., 1994). در این پژوهش نیز همبستگی بسیار منفی و معنی‌داری بین درصد فیبر محلول در شوینده خنثی علوفه و جذب ماده خشک (**۰/۹۸-) وجود داشت (جدول ۶)، لذا به‌نظر می‌رسد که علت کاهش درصد جذب ماده خشک علوفه در تنش خشکی شدید، بالاتر بودن درصد فیبر محلول در شوینده خنثی در این سطح تنش نسبت به سایر رژیم‌های مورد بررسی باشد (جدول ۵). Van Soest (۱۹۶۵) نیز اظهار داشت که همبستگی منفی بین درصد جذب ماده خشک علوفه و درصد فیبر محلول در شوینده خنثی علوفه وجود دارد. در این پژوهش کاربرد کلینوپتیلولیت بر درصد جذب ماده خشک علوفه اثر

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.42.8.5]

معنی‌داری نداشت (جدول ۴). در بین هیبریدهای مورد بررسی از لحاظ جذب ماده خشک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد مشاهده شد (جدول ۴). بیشترین جذب ماده خشک (۲/۹۷ درصد) به علوفه هیبرید سینگل کراس ۷۰۵ تعلق داشت و هیبریدهای سینگل کراس ۷۰۴ (۲/۷۲ درصد) و سینگل کراس ۷۲۰ (۲/۷۰ درصد) از این نظر اختلاف معنی‌داری نسبت به یکدیگر نشان ندادند (جدول ۵).

در این پژوهش عملکرد علوفه تر همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح یک درصد با درصد خاکستر (۰/۶۵**) و کل مواد غذایی قابل هضم (۰/۴۸**) داشت. در مقابل این صفت همبستگی منفی و معنی‌داری با درصد کربوهیدرات‌های محلول در آب (۰/۳۱*-)، فیبر محلول در شوینده اسیدی (۰/۴۸**-) و فیبر محلول در شوینده خنثی (۰/۳۱*-) نشان داد. درصد کربوهیدرات‌های محلول در آب همبستگی مثبت و معنی‌داری با فیبر محلول در شوینده اسیدی (۰/۵۳**) و فیبر محلول در شوینده خنثی (۰/۴۹**) نشان داد و با درصد خاکستر (۰/۵۵**-)، کل مواد غذایی قابل هضم (۰/۵۳**-) و جذب ماده خشک (۰/۴۹**-) ارتباط منفی و معنی‌دار داشت. فیبر محلول در شوینده اسیدی همبستگی مثبت و معنی‌دار با فیبر محلول در شوینده خنثی (۰/۵۶**) و همبستگی منفی و معنی با درصد خاکستر (۰/۴۹**-) و کل مواد غذایی قابل هضم (۱**-) و جذب ماده خشک (۰/۵۵**-) نشان داد. فیبر محلول در شوینده خنثی همبستگی منفی و معنی‌دار با درصد خاکستر (۰/۴۳**-) ، کل مواد غذایی قابل هضم (۰/۵۶**-) و جذب ماده خشک (۰/۹۸**-) داشت. درصد خاکستر همبستگی مثبت و معنی‌دار با کل مواد غذایی قابل هضم (۰/۴۹**) و جذب ماده خشک (۰/۴۴**) داشت و کل مواد غذایی قابل هضم همبستگی مثبت و معنی‌دار با جذب ماده خشک (۰/۵۵**) نشان داد.

جدول ۶: میزان ضرایب همبستگی بین صفات مورد مطالعه در آزمایش

صفات	عملکرد علوفه	کربوهیدرات‌های محلول در آب	فیبرهای محلول در شوینده اسیدی	فیبرهای محلول در شوینده خنثی	خاکستر	کل مواد غذایی قابل‌هضم	جذب ماده خشک
عملکرد علوفه تر	۱						
کربوهیدرات‌های محلول در آب	۰/۳۱*-	۱					
فیبر محلول در شوینده اسیدی	۰/۴۸**-	۰/۵۳**	۱				
فیبر محلول در شوینده خنثی	۰/۳۱*-	۰/۴۹**	۰/۵۶**	۱			
خاکستر	۰/۶۵**	۰/۵۵**-	۰/۴۹**-	۰/۴۳**-	۱		
کل مواد غذایی قابل هضم	۰/۴۸**	۰/۵۳**-	۱**-	۰/۵۶**-	۰/۴۹**	۱	
جذب ماده خشک	۰/۲۶^{ns}	۰/۴۹**-	۰/۵۵**-	۰/۹۸**-	۰/۴۴**	۰/۵۵**	۱

^{ns} غیر معنی‌دار. * و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.42.8.5]

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج این پژوهش تنش خشکی منجر به کاهش عملکرد و کیفیت علوفه در ذرت سیلویی گردید. مصرف کلینوپتیلولیت در کلیه رژیم‌های آبیاری مورد بررسی، منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد علوفه تر گردید و با افزایش محدودیت آبی کارایی کاربرد آن بالاتر رفت. در این بررسی هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ بالاترین عملکرد علوفه را تولید نمود و از نظر اکثر پارامترهای کیفی، هیبرید سینگل کراس ۷۰۵ نسبت به دیگر هیبریدهای مورد بررسی برتری نشان داد و تیمار تنش خشکی بیش از کاربرد کلینوپتیلولیت بر پارامترهای کمی و کیفی علوفه مؤثر بود. با توجه به محدودیت منابع آبی در کشور و نیاز آبی بالای ذرت علوفه‌ای و ارزانی و فراوانی کلینوپتیلولیت در کشورمان، به نظر می‌رسد در این شرایط کاربرد این زئولیت طبیعی می‌تواند در بهبود عملکرد ذرت علوفه‌ای مؤثر واقع شود.

منابع

احسانی، م. و خالدی، ه. ۱۳۸۲. بهره‌وری آب کشاورزی به‌منظور تأمین امنیت آبی و غذایی کشور. انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ۱۲۰ ص.

حاجی بابایی، م. و عزیزی، ف. ۱۳۹۳. اثر رژیم‌های آبیاری بر ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی و عملکرد هیبریدهای ذرت علوفه‌ای. مجله فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۲۲: ۱۰۰-۸۹.

چوگان، ر. ۱۳۹۱. ذرت و ویژگی‌های آن. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، معاونت ترویج و آموزش، نشر کشاورزی، ۴۶۶ ص.

رفیعی منش، ش.، آینه بند، ا. و نباتی احمدی، د. ۱۳۸۹. بررسی اثر مقدار آب آبیاری و زمان قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ در شرایط آب و هوایی اهواز. مجله فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۷ (۳): ۱۳-۱.

ماهرخ، ع. و عزیزی، ف. ۱۳۹۳. اثر کاربرد زئولیت طبیعی بر تحمل به تنش کم آبیاری در ذرت دانه‌ای. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران. ۱۲: ۳۰۴-۲۹۶.

میرزا خانی، م.، همتی، ز. و ملکی، غ. ۱۳۹۴. بررسی اثر مقادیر زئولیت در شرایط تنش آبی بر صفات فیزیولوژیک گلرنگ. مجله فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۲۷: ۶۶-۵۵.

Ahmed, O.H., Sumalatha, G. and Nik Muhamad, A. 2010. Use of zeolite in maize (Zea mays) cultivation on nitrogen, potassium and phosphorus uptake and use efficiency. International Journal Physiology Science, 5(15): 2393-2401.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.42.8.5]

Barlow, E., Boersma, L. and Young, J. 1976. Root temperature and soil water potential effects on growth and soluble carbohydrate concentration of corn seedlings. Crop Science, 16(1): 59-62.

Bernardi ,A.C.d.C., de Souza, G.B., Polidoro, J.C., Paiva, P.R.P. and Monte, M.B.D.M. 2011. Yield, quality components, and nitrogen levels of silage corn fertilized with urea and zeolite. Communications in soil science and plant analysis, 42(11): 1266-1275.

Bittman, S. and Kowalenko, C. 2004. Advanced silage corn management: A production guide for coastal British Columbia and the Pacific Northwest. Agassiz, B.C: Pacific Field Corn Association.

Carmi, A., Aharoni, Y., Edelstein, M., Umiel, N., Hagiladi, A., Yosef, E., Nikbachat, M., Zenou, A. and Miron, J. 2006. Effects of irrigation and plant density on yield, composition and in vitro digestibility of a new forage sorghum variety, Tal, at two maturity stages. Animal Feed Science and Technology., 131(1):121-133.

Coleman, S.W. and Moore, J.E. 2003. Feed quality and animal performance. Feed quality and animal performance, 84(1): 17-29.

DaCosta, M. and Huang, B. 2006. Deficit irrigation effects on water use characteristics of bentgrass species. Crop science, 46(4): 1779-1786.

Di Giuseppe, D., Faccini, B., Melchiorre, M., Ferretti, G., Coltorti, M., Ciuffreda, G. and Zago, A. 2016. Yield and quality of maize grown on a loamy soil amended with natural chabazite zeolitite. EQA-International Journal of Environmental Quality, 17(1): 35-45.

Huang, B., Duncan ,R. and Carrow, R. 1997. Drought-resistance mechanisms of seven warm-season turfgrasses under surface soil drying: II. Root aspects. Crop Science, 37(6):1863-1869.

Jafari, A., Connolly, V., Frolich, A. and Walsh, E. 2003. A note on estimation of quality parameters in perennial ryegrass by near infrared reflectance spectroscopy. Irish Journal of Agricultural And Food Research, 42(3): 293-299.

Jahanzad, E., Jorat, M., Moghadam, H., Sadeghpour, A., Chaichi, M.-R. and Dashtaki, M. 2013. Response of a new and a commonly grown forage sorghum cultivar to limited irrigation and planting density. Agricaltural Water Managment, 117: 62-69.

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): 149-156.

Kramer, P.J. and Boyer, J.S. 1995. Water relations of plants and soils. Academic Press, New York, Pp 349-374.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.42.8.5]

Krutilina, V.S., Polyanskaya, S.M., Goncharova, N.A. and Letchamo, W. 2000. Effects of zeolite and phosphogypsum on growth, photosynthesis and uptake of Sr, Ca and Cd by barley and corn seedlings. Journal Of Environmental Science And Health Part A-Toxic/Hazardous Substanc, 35(1):15-29.

Lija, M., Haruna, A.O. and Kasim, S. 2014. Maize (Zea mays L.) nutrient use efficiency as affected by formulated fertilizer with Clinoptilolite Zeolite. Emirates Journal of Food and Agriculture, 26(3): 284.

Marsalis, M.A., Angadi, S., Contreras-Govea, F.E. and Kirksey, R.E. 2009. Harvest timing and byproduct addition effects on corn and forage sorghum silage grown under water stress. Agric. Exp. Stn. Bull. 799. New Mexico State Univ., Las Cruces, NM.

Ming, D.W. and Allen, E.R. 2001. Use of natural zeolites in agronomy, horticulture and environmental soil remediation. D.L. Bish & D.W. Ming, eds., Rev. Mineral. Geochem., 43, Mineralogical Society of America, Washington, DC, 619–654.

Moorby, J.M., Evans, R.T., Scollan, N.D., MacRae, J.C. and Theodorou, M.K. 2006. Increased concentration of water-soluble carbohydrate in perennial ryegrass (Lolium perenne L.). Evaluation in dairy cows in early lactation. Grass and Forage Science, 61(1): 52-59.

Mumpton, F.A. 1999. La roca magica: uses of natural zeolites in agriculture and industry. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 96(7): 3463-3470**.**

Najafinezhad, H., Sarvestani, Z., Sanavy, S. and Naghavi, H. 2014. Effects of irrigation regimes and the use of barley residue, zeolite and superabsorbent polymer on forage yield and water use efficiency of maize and sorghum in double cropping system under minimum tillage. *Seed and Plant Production Journal*, *30*(3): 698-511

Najafinezhad, H., Tahmasebi Sarvestani, Z., Modarres Sanavy, S.A.M. and Naghavi, H. 2015. Evaluation of yield and some physiological changes in corn and sorghum under irrigation regimes and application of barley residue, zeolite and superabsorbent polymer. Archives of Agronomy and Soil Science, 61(7): 891-906.

Nakayama, N., Saneoka, H., Moghaieb, R., Premachandra, G. and Fujita, K. 2007. Response of growth, photosynthetic gas exchange, translocation of 13C-labelled photosynthate and N accumulation in two soybean (Glycine max L.) Merrill) cultivars to drought stress International Journal of Agriculture and Biology,9(5): 669-674.

Newman, Y.C., Lambert, B. and Muir, J.P. 2006. Defining forage quality. Texas Cooperative extension. The Texas A & M University System, U.S. Department of Agriculture and the County Commissioners Courts of Texas Cooperating, Pp 1-13.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.42.8.5]

Newman, M.A. 2014. Defining the energy and nutrient content of corn grown in drought-stressed conditions and determining the relationship between energy content of corn and the response of growing pigs to xylanase supplementation. MSc Thes. Iowa State University, Pp 5-25

Paterson, J., Bowman, J., Belyea, R., Kerley, M. and Williams, J. 1994. The impact of forage quality and supplementation regimen on ruminant animal intake and performance. In: G. C. Fahey, Jr. (ed.) Forage Quality, Evaluation and Utilization. pp 59–114. American Society of Agronomy, Inc., Crop Science Society of America, Inc., Madison, WI.

Paygozar, Y., Ghanbari, A., Heydari, M. and Tavassoli, A. 2009. Effect of foliar application of micronutrients on qualitative and quantitative characteristics of Pearl millet (Pannisetum glacum) under drought stress. Journal of Agricultural Science, 3(10): 67-80

Pelleschi, S., ROCHER, J.P. and PRIOUL, J.L. 1997. Effect of water restriction on carbohydrate metabolism and photosynthesis in mature maize leaves. Plant, Cell & Environment, 20(4): 493-503.

Perez-Caballero, R., Gil, J., Benitez, C. and Gonzalez, J. 2008. The effect of adding zeolite to soils in order to improve the NK nutrition of Olive trees. Preliminary results. American Journal of Agricultural and Biological Sciences, 2(1): 321-324.

Sánchez-Rodríguez, E., del Mar Rubio-Wilhelmi, M., Cervilla, L.M., Blasco, B., Rios, J.J., Leyva, R., Romero, L. and Ruiz, J.M. 2010. Study of the ionome and uptake fluxes in cherry tomato plants under moderate water stress conditions. Plant and soil, 335(1): 339-347.

Seguin, P., Mustafa, A. and Sheaffer, C. 2002. Effects of soil moisture deficit on forage quality, digestibility, and protein fractionation of Kura clover. Journal Agronomy Crop Science, 188(4): 260-266.

Suriyan, C.U. and Chalermpol, K. 2009. Proline accumulation, photosynthetic abilities and growth characters of sugarcane (Saccharum officinarum L.) plantlets in response to iso-osmotic salt and water-deficit stress. Agricultural Sciences in China, 8(1): 51-58.

Torkashvand, A.M. and Shadparvar, V. 2013. Effect of some organic waste and zeolite on water holding capacity and PWP delay of soil. Curr. Biot., 6(4): 459-465.

Van Soest, P. 1965. Symposium on factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants: voluntary intake in relation to chemical composition and digestibility. Journal of animal science, 24(3): 834-843.

Wahid A. and Rasul, E.2005. Photosynthesis in leaf, stem, flower and fruit, in: Pessarakli M. (Ed.), Handbook of Photosynthesis, 2nd ed., CRC Press, Florida, pp. 479–497

Wang, Y. and Frei, M. 2011. Stressed food–The impact of abiotic environmental stresses on crop quality. Agriculture, ecosystems & environment, 141(3): 271-286.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.42.8.5]

Wilson, J. 1983. Effects of water stress on in vitro dry matter digestibility and chemical composition of herbage of tropical pasture species. Crop & Pasture Science, 34(4): 377-390.

Wilson, J. and Ng, T. 1975. Influence of water stress on parameters associated with herbage quality of Panicum maximum var. trichoglume. Crop & Pasture Science ,26(1): 127-136.

Xiubin, H. and Zhanbin, H. 2001. Zeolite application for enhancing water infiltration and retention in loess soil. Resources, Conservation and Recycling, 34(1): 45-52.

Xu, W. and Lascano, R .2007. New Stress Tolerant Corn Germplasm for Higher Water Use Efficiency and Water Conservation. The final report of the research project, Texas Water Development Board. Available on http://www.twdb.texas.gov/publications/reports/contracted_ reports \/doc/2005358021_germplasm.pdf accessed on 30 November 2007, Pp 1-10.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.42.8.5]