

اثر هیدروژل و رژیم‌های آبیاری بر میزان کلروفیل، نیتروژن و بعضی شاخص‌های رشد و عملکرد ارزن علوفه‌ای (*Pennisetum glaucum* L.)

لیلا کشاورز^{۱*}، حسن فرحبخش^۱ و پوران‌دخت گلکار^۲

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۳/۲۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۶/۲۱)

چکیده

تنش خشکی نقش مهمی در کاهش عملکرد گیاهان دارد. به منظور بررسی تأثیر کاربرد هیدروژل سوپرجاذب زئولیت در کاهش آثار سوء ناشی از تنش خشکی بر محتوای کلروفیل، نیتروژن، شاخص‌های رشد و ارتباط آنها با عملکرد کمی و کیفی ارزن علوفه‌ای رقم نوتریفید، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده (اسپلیت پلات در مکان و زمان) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهید باهنر کرمان در سال زراعی ۱۳۹۰ انجام شد. تنش خشکی به‌عنوان فاکتور اصلی در چهار سطح (آبیاری در ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) و هیدروژل سوپرجاذب در سه سطح (صفر، ۱۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) به‌عنوان کرت فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که بین میزان کلروفیل و درصد نیتروژن برگ همبستگی مثبت و معنی‌داری ($r=0.97^{**}$) وجود داشت. همچنین، بین این دو پارامتر با وزن علوفه تر، خشک، عملکرد پروتئین و درصد الیاف خام علوفه نیز همبستگی معنی‌داری دیده شد. با افزایش تنش خشکی، صفات اندازه‌گیری شده روند کاهشی نشان دادند. پلیمر سوپرجاذب موجب افزایش وزن تر و خشک علوفه، شاخص‌های رشد و خصوصیات کیفی ارزن علوفه‌ای گردید. میانگین وزن علوفه تر، میزان کلروفیل، محتوای پروتئین و درصد الیاف علوفه در سطوح آبیاری ۱۰۰٪ و ۸۰٪ تفاوتی نداشتند. استفاده از سوپرجاذب باعث ۲۰٪ صرفه‌جویی در مصرف آب شد. بنابراین، می‌توان احتمال داد که کاربرد هیدروژل سوپرجاذب باعث بهبود عملکرد، خصوصیات کیفی و شاخص‌های رشد ارزن علوفه‌ای تحت شرایط تنش از طریق افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک، کاهش شستشوی مواد غذایی، رشد سریع و مطلوب ریشه‌ها و هوادهی بهتر خاک شود.

واژه‌های کلیدی: آرز، تنش خشکی، ذخیره رطوبت، سوپرجاذب

۱. گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان

۲. پژوهشکده زیست فناوری و مهندسی زیستی، دانشگاه صنعتی اصفهان

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: leila.keshavarz67@yahoo.com

مقدمه

ناکافی بودن آب قابل دسترس (شامل بارش‌ها، ظرفیت ذخیره رطوبت خاک و افزایش پراکندگی آن) طی دوره رشد گیاهان زراعی، منجر به خشکی و محدود شدن پتانسیل ژنتیکی عملکرد گیاهان زراعی می‌شود (۲۱). این محدودیت به همراه سایر تنش‌های غیرزیستی از جمله شوری، سرما، گرما و تنش‌های زنده، پتانسیل ژنتیکی عملکرد گیاهان زراعی را به مقدار قابل توجهی کاهش می‌دهد (۱۶). بنابراین، شناسایی و به‌کارگیری روش‌های جدید به منظور حفظ ذخیره رطوبت خاک، افزایش نگهداری آب در خاک و در نتیجه افزایش راندمان مصرف آب لازم و ضروری است. برخی مواد نظیر بقایای گیاهی، کود دامی، کمپوست و هیدروژل‌های سوپرجاذب می‌توانند مقادیر متفاوتی آب در خود ذخیره نموده و قابلیت نگهداری و ذخیره‌سازی آب را در خاک افزایش دهند (۸). امروزه با توجه به مطالعات گسترده در جهان از روش‌های گوناگونی برای مبارزه و کاهش اثر خشک‌سالی بر گیاهان زراعی و باغی استفاده می‌گردد که از آن جمله می‌توان به مدیریت خاک، کوددهی مناسب، حفظ رطوبت در خاک، استفاده از روش‌های گوناگون آبیاری و کاربرد مواد جاذب رطوبت اشاره نمود (۷).

تاریخچه استفاده از هیدروژل‌های سوپرجاذب به حدود ۴۰ سال پیش برمی‌گردد. در آن زمان، برای اولین بار از این مواد در صنایع نساجی استفاده گردید (۱۱). هیدروژل‌های سوپرجاذب پلیمرهای به شدت آب‌دوستی هستند که ضمن بر خورداری از سرعت و ظرفیت زیاد جذب آب، موقع نیاز ریشه، به راحتی آب و مواد غذایی محلول را در اختیار ریشه گیاه قرار می‌دهند. همچنین، این پلیمرها ضمن بالا بردن ظرفیت نگهداری آب در خاک‌های سبک، می‌توانند مشکل نفوذپذیری خاک‌های سنگین و شسته شدن کودها را نیز مرتفع سازند (۱۲). آب ذخیره شده در این مواد در مواقع کم‌آبی در خاک آزاد شده و مورد استفاده ریشه گیاه قرار می‌گیرد. این مخازن ذخیره‌کننده آب وقتی در داخل خاک قرار می‌گیرند آب آبیاری و بارندگی را به خود

جذب کرده و از فرونشست آن جلوگیری می‌کنند و پس از خشک شدن محیط، آب داخل پلیمر به تدریج تخلیه شده و بدین ترتیب خاک به مدت طولانی و بدون نیاز به آبیاری مجدد، مرطوب می‌ماند (۷ و ۱۱). ژئولیت، یک نمونه از پلیمرهای سوپرجاذب است که در کشاورزی کاربرد دارد.

ژئولیت‌ها ترکیبات حفره‌دار با چارچوب‌های آلومینوسیلیکاتی هستند که در کشاورزی کاربرد داشته و با ساختمان کریستالی خود مانند غربال مولکولی عمل کرده و به‌وسیله قابلیت تبادل کاتیونی مناسب و از طرفی جذب انتخابی یون آمونیوم که در حفرات و کانال‌های آنها قرار می‌گیرند درصد تبدیل آمونیوم به نیترات را کاهش داده و از این طریق موجب کاهش شستشوی نیترژن می‌گردند (۱). براساس گزارش هوترمن و همکاران (۱۱) ژئولیت‌ها می‌توانند رطوبت خاک را برای مدت بیشتری در اختیار گیاه قرار داده، و اثر سوء تنش خشکی در گیاهان زراعی را کاهش دهند. در اثر خشکی محیط، آب داخل پلیمر به تدریج تخلیه می‌شود و بدین ترتیب خاک به مدت طولانی و بدون نیاز به آبیاری مجدد، مرطوب می‌ماند. ذرات هیدروژل سوپرجاذب تا رسیدن به حجم تعادلی خود متورم شده و به دلیل داشتن اتصالات عرضی در شبکه پلیمری خود در آب حل نمی‌شوند (۱۹). برخلاف مواد اسفنجی که جذب آب در آنها فیزیکی است، جذب آب در پلیمرها به صورت شیمیایی است و آب را به مدت طولانی‌تری حفظ می‌کنند (۶). مقدار جذب آب در این پلیمرها بسته به فرمولاسیون، ناخالصی‌ها و میزان نمک موجود در آب از مقادیر بسیار کم (حدود ۲۰ برابر) تا بیش از ۲۰۰۰ برابر وزنی متغیر است (۲۰ و ۲۳). ژئولیت‌ها جزو کانی‌های طبیعی کشور ما محسوب می‌شوند و تاکنون در شش منطقه وجود معادن آنها گزارش شده است (۸). از طرفی، به دلیل سهولت و ارزانی مصرف آنها، به‌عنوان مکمل کودهای شیمیایی در جهت افزایش عملکرد کمی و کیفی گیاهان علوفه‌ای پیشنهاد شده‌اند.

ارزن مرواریدی (*Pennisetum glaucum* L.) گیاهی علوفه‌ای است و عموماً در مناطق نیمه خشک و شرایط

۱/۳۰ دسی‌زیمنس بر متر و ۷/۶ ph بود. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در مکان و زمان در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. رژیم‌های آبیاری (۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) به‌عنوان کرت اصلی و سطوح سوپرچاذب ژئولیت (صفر، ۱۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) به‌عنوان کرت فرعی در نظر گرفته شدند. هر کرت آزمایشی شامل ۵ ردیف کاشت به طول ۳ متر، فاصله بین ردیف‌ها ۵۰ سانتی‌متر، فاصله گیاهان روی ردیف ۸ سانتی‌متر، با تراکم ۲۵ بوته در مترمربع بود. در یک بلوک، فاصله بین کرت‌های اصلی ۱/۵ متر و فاصله بین دو بلوک ۲ متر در نظر گرفته شد تا رطوبت کرت‌های مجاور اثری روی هم نداشته باشند. قبل از کاشت، براساس آزمون خاک، ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره به خاک اضافه شد. بعد از انجام مراحل آماده‌سازی و ایجاد جوی و پشته، رأس پشته‌ها به عمق ۱۵ سانتی‌متر شکافته شد و پلیمر در سه سطح شاهد (عدم مصرف سوپرچاذب)، ۱۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار به‌صورت کاملاً یکنواخت در داخل شیارهای مربوطه توزیع گردید و در عمق ۱۵ سانتی‌متری با خاک مخلوط گردید. سپس پشته‌ها به حالت ابتدایی درآورده شد و بلافاصله یک آبیاری سنگین به منظور متورم شدن پلیمرها صورت گرفت. هیدروژل سوپرچاذب مصرفی از پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران، واقع در کرج تهیه گردید. برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی هیدروژل سوپرچاذب مورد استفاده در جدول ۱ ارائه شده است.

عملیات کاشت به‌صورت دستی روی پشته‌ها با تراکم ۲۵۰/۰۰۰ بوته در هکتار انجام شد. برای آبیاری واحدهای آزمایشی از لوله‌های پلی‌اتیلن همراه با کنتور حجمی استفاده شد. میزان آب مورد نیاز با استفاده از لایسیمتر برحسب ظرفیت زاعی بود و آب مورد استفاده در هر کرت آزمایشی با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید:

$$V_w = S_A \times V_L / S_L \quad [1]$$

که V_w حجم آب مصرفی در هر کرت آزمایشی برحسب

نامطلوب محیطی رشد می‌کند (۱۹). کیفیت علوفه این گیاه خوب است و به‌طور وسیعی پس از هر چین رشد می‌کند. ارزن علوفه‌ای نسبت به سورگوم دارای مزایای زیادی است و کیفیت خوراکی بهتر آن نسبت به سورگوم علوفه‌ای برای دام و عدم وجود خطر اسید پروسیک سمی از مزایای این گیاه است (۲۲). براساس پژوهش‌های قبلی، محتوای کلروفیل برگ ارزن با درصد نیتروژن آن همبستگی مثبت و رابطه خطی نشان داده است. نتایج آزمایش‌های شارف و همکاران (۱۸) و آرختا (۲) نیز نشان داد که از عدد قرائت شده به‌وسیله کلروفیل متر می‌توان برای تعیین غلظت نیتروژن و همچنین قابلیت دسترسی گیاه ذرت به نیتروژن استفاده نمود.

با توجه به ویژگی منحصر به فرد ژئولیت‌ها از قبیل قابلیت تبادل کاتیونی زیاد به جذب انتخابی کاتیون‌های مفید مانند آمونیوم، ثبات چارچوب ساختمانی در درازمدت، وفور قابل توجه ژئولیت‌های طبیعی در کشور، استخراج آسان و قیمت اقتصادی مناسب، به‌کارگیری این ترکیبات به منظور صرفه‌جویی در مصرف آب و جلوگیری از هدرروی کودهای شیمیایی مورد انتظار است (۸). هدف از اجرای این آزمایش بررسی رژیم‌های مختلف آبیاری و سطوح هیدروژل سوپرچاذب بر محتوای کلروفیل، نیتروژن، شاخص‌های رشد و ارتباط آن با عملکرد کمی و کیفی ارزن نوتریفید در یک خاک دارای بافت لوم شنی بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به منظور بررسی تأثیر کاربرد هیدروژل‌های سوپرچاذب بر محتوای کلروفیل و نیتروژن، شاخص‌های رشد و ارتباط آن با عملکرد ارزن علوفه‌ای رقم نوتریفید، در بهار و تابستان ۱۳۹۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان واقع در ۶ کیلومتری جنوب شرقی کرمان با طول جغرافیایی ۵۶° ۵۸' شرقی، عرض جغرافیایی ۱۵° ۳۰' شمالی، ارتفاع ۱۷۴۵ متر از سطح دریا و میانگین بارندگی سالانه ۱۵۰ میلی‌متر انجام شد. خاک محل آزمایش براساس نتایج تجزیه خاک دارای بافت لوم شنی، با هدایت الکتریکی

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و ترکیبات شیمیایی موجود در هیدروژل سوپرجاذب مورد استفاده

الف: خصوصیات فیزیکی (%)

CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	Al ₂ O ₃	SiO ₂
۲/۳	۰/۱	۱/۱	۳	۱۲	۶۵
Cl	SO ₃	P ₂ O ₅	TiO ₃	MnO	Fe ₂ O ₃
-	-	۰/۰۱	۱/۰۳	۱/۰۴	۱/۵

ب: ترکیبات شیمیایی

رنگ	مقدار رطوبت (%)	سمیت	غلظت (g/cm ³)	pH	آب محلول	اندازه (میکرومتر)
سفید	۵-۳	-	۱/۵	۷-۶	-	۱۵۰-۵۰

در هر کرت آزمایشی دو گیاه و از هر گیاه چهار برگ به طور تصادفی انتخاب و از هر برگ سه نقطه (ابتدا، انتها و وسط برگ) اندازه‌گیری و ثبت شد. سپس با استفاده از رابطه خطی و همبستگی مثبت و معنی‌دار ($R^2=0/97$) بین عدد SPAD و میزان نیتروژن برگ، درصد نیتروژن برگ از همان برگ‌هایی که محتوای کلروفیل اندازه‌گیری شد، محاسبه گردید (۲ و ۱۸).

$$N = 0.017332 + 0.0016322 \times SPAD \quad [3]$$

در هر دو برداشت، پس از حذف اثر حاشیه‌ای، گیاهان باقی‌مانده، به منظور این‌که برداشت‌های بعدی تحت تأثیر قرار نگیرند، از ارتفاع ۱۰ سانتی‌متری قطع و بلافاصله وزن علوفه تر به وسیله ترازوی دیجیتالی تعیین گردید. برای اندازه‌گیری وزن علوفه خشک، نمونه نیم کیلویی از کل علوفه تر به آزمایشگاه انتقال داده شد و به مدت ۴۸ تا ۷۲ ساعت در آون با دمای ۷۵-۸۰ درجه سلسیوس قرار داده شد. سپس، با تعمیم به کل علوفه تر، میزان علوفه خشک در هر کرت و برحسب هکتار محاسبه گردید. برای اندازه‌گیری عملکرد پروتئین، ابتدا درصد نیتروژن به روش تیتراسیون بعد از تقطیر با استفاده از دستگاه Tecator Kjeltac Auto 1030 Analyzer اندازه‌گیری شد. پس از ضرب درصد نیتروژن در عدد ۶/۲۵، درصد پروتئین خام علوفه به دست آمد، و از ضرب درصد پروتئین خام در عملکرد ماده خشک، عملکرد پروتئین (کیلوگرم در هکتار) حاصل شد

لیتر، S_A مساحت کرت اصلی برحسب مترمربع، V_L حجم آب مصرفی لایسیمتر (مقدار آب مصرف شده توسط لایسیمتر تا زمان آبیاری) و S_L مساحت لایسیمتر برحسب مترمربع است. دور آبیاری نیز براساس ۱۰۰ میلی‌لیتر تبخیر از سطح تشت تبخیر کلاس A براساس فرمول زیر تعیین گردید:

$$E = 10000 V / SP \quad [2]$$

در این رابطه، V حجم آب ریخته شده در تشت به صورت روزانه برحسب لیتر، SP مساحت تشت تبخیر کلاس A و E تبخیر صورت گرفته از تشت در طول شبانه‌روز برحسب میلی‌متر در نظر گرفته شد. زمان آبیاری براساس تبخیر جمعی از تشت هر ۷ روز یک‌بار بود. در تمام فصل رشد، وجین علف‌های هرز به صورت دستی انجام شد. شروع پنجه‌زنی حدود ۱۹ روز بعد از کاشت صورت گرفت. به دلیل تولید پنجه‌های زیاد در این گیاه و امکان برداشت دو چین، ارتفاع کانوپی (سایه‌انداز) ۱/۲ متر برای برداشت در چین اول مد نظر قرار گرفت (۹). برداشت دوم ۶۰ روز بعد از برداشت اول و تقریباً در اوایل فاز زایشی، که ارتفاع گیاه در تیمارهای شاهد ۱/۲ متر بود انجام شد. اندازه‌گیری شاخص کلروفیل در برداشت اول پس از مرحله پنجه‌زنی و برداشت دوم ۲۰ روز پس از اولین برداشت با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر SPAD-۵۰۲ ساخت کشور ژاپن) اندازه‌گیری شد. به طوری‌که

تیمار ۸۰٪ ظرفیت زراعی با ۱۰۰٪ اختلاف معنی‌داری نداشت. اما وزن علوفه خشک در آبیاری در حد ۱۰۰٪ ظرفیت زراعی از همه تیمارها بیشتر و تفاوت آن معنی‌دار بود (جدول ۳). با افزایش میزان مصرف سوپرجاذب، میانگین وزن علوفه تر و خشک به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. به گونه‌ای که کمترین میانگین علوفه تر و خشک مربوط به سطح (عدم مصرف سوپرجاذب) و بیشترین آنها مربوط به سطح ۳۰۰ کیلوگرم پلیمر در هکتار بود که از نظر آماری با سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار تفاوت معنی‌داری نشان داد (جدول ۴). میانگین این صفات در چین دوم بیشتر از چین اول بود (جدول ۵). هم‌چنین، نتایج نشان داد که وزن علوفه تر به‌طور بسیار معنی‌داری تحت تأثیر اثر متقابل آبیاری و سوپرجاذب قرار گرفت، که در واقع نشان‌دهنده واکنش متفاوت هیدروژل سوپرجاذب در شرایط تنش است.

تیمار I1S1 (۷۶۱۱۰ کیلوگرم در هکتار) بیشترین و تیمار I4S3 (۳۸۲۱۰ کیلوگرم در هکتار) مقدار علوفه را به خود اختصاص دادند. تیمارهای با آبیاری ۶۰٪ ظرفیت زراعی و کاربرد ۱۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار پلیمر زئولیت از نظر اثر متقابل آبیاری و سوپرجاذب در یک گروه آماری قرار گرفتند. تیمارهای با آبیاری در حد ظرفیت زراعی و عدم مصرف سوپرجاذب با تیمارهای آبیاری در حد ۸۰٪ ظرفیت زراعی و مصرف ۳۰۰ کیلوگرم سوپرجاذب در هکتار تفاوتی نشان ندادند که نشان‌دهنده نقش مثبت هیدروژل‌های سوپرجاذب در جذب آب و تقلیل آثار سوء تنش خشکی می‌باشد (شکل ۱). با توجه به این‌که اثر متقابل سوپرجاذب در برداشت، در رابطه با وزن علوفه تر و خشک بسیار معنی‌دار شد، می‌توان افزایش عملکرد در چین دوم را به نقش مثبت پلیمرهای سوپرجاذب در کاهش آبشویی عناصر غذایی در مقایسه با تیمار شاهد نسبت داد هم‌چنین، در دو نوبت برداشت، در تیمارهای عدم مصرف زئولیت، وزن علوفه تر و خشک در مقایسه با تیمارهای با کاربرد هیدروژل زئولیت کاهش یافت. به‌طوری‌که تیمار CYS1 (دومین برداشت و تیمارهای با مصرف ۳۰۰ کیلوگرم پلیمر

(۸). درصد الیاف خام با استفاده از روش ون سوئست و گئورینگ براساس شستشو با اسید و سود جوشان تعیین گردید (۱۵). جهت اندازه‌گیری شاخص سطح ویژه برگ در طول دوره رشد، هر دو هفته یک‌بار یک برگ (از محل‌های تقریباً یکسان گیاه در هر واحد آزمایشی، به منظور هم‌سن بودن برگ‌ها) انتخاب گردید و پس از انتقال به آزمایشگاه روی کاغذ شطرنجی قرار داده و دور آن را خط کشیده تا با شمارش خانه‌های کاغذ شطرنجی اندازه برگ مشخص شود (A). بعد از آن برگ را در آون با دمای ۷۰ درجه سلسیوس به‌مدت ۲۴ ساعت گذاشته تا خشک شود. سپس، به‌وسیله ترازوی حساس، نمونه را وزن کرده (W) و با استفاده از فرمول $SLA = A/W$ سطح ویژه برگ محاسبه شد. سطح ویژه برگ ۱۰ روز بعد از کاشت هر دو هفته یک‌بار اندازه‌گیری شد. به‌طوری‌که در هر دو برداشت، چهار بار اندازه‌گیری انجام شد. دوام شاخص سطح برگ که یک کمیت انتگرالی است از طریق معادله زیر محاسبه شد (۱۶):

$$LAID = \int_{t_1}^{t_2} LA \quad [4]$$

که LAID دوام شاخص سطح برگ، t_1 زمان اندازه‌گیری سطح برگ در مرحله قبل و t_2 زمان اندازه‌گیری در مرحله جدید است. فاصله زمانی جهت اندازه‌گیری دوام سطح برگ ۱۴ روز یک‌بار بود.

محاسبات آماری در این بررسی با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها به روش LSD در سطح ۵٪ انجام شد. هم‌چنین، به منظور بررسی تعیین روابط بین صفات مورد ارزیابی، ضرایب همبستگی محاسبه شد.

نتایج و بحث

وزن علوفه تر و علوفه خشک

وزن علوفه تر و خشک به‌طور معنی‌داری ($P < 0/01$) تحت تأثیر آبیاری، هیدروژل سوپرجاذب و برداشت قرار گرفت (جدول ۲). بیشترین میانگین علوفه تر و خشک از سطح آبیاری ۱۰۰٪ ظرفیت زراعی به‌دست آمد (جدول ۳). علوفه تر در

جدول ۲. تجزیه واریانس سطوح مختلف آبیاری و پلیمر سوپر جاذب بر صفات اندازه‌گیری شده ارزش ترفیید

منابع تغییرات	درجه آزادی	علوفه تر	علوفه خشک	شاخص کلروفیل	درصد نیتروژن	عملکرد پروتئین	درصد لیاف	دوام شاخص سطح برگ	منابع تغییرات
بلوک	۲	۶۲۵۷۷۰۵۳	۲۹۷۶۱۲	۲۷/۵۶	۰/۰۰۰۲۱	۵۶۹۳۱۴/۲۷	۸/۹۷	۲۲/۸۹	۲۵۶۹۴/۸۵
آبیاری	۳	۲۴۹۵۳۷۸۰۳۹**	۴۲۱۱۶۳۲۷**	۱۹۲/۱۰**	۰/۰۰۰۷۷*	۷۶۰۳۵/۹۲**	۱۳۹/۵۹*	۳۵۰/۰۶*	۵۰۵۲۷/۴۰*
خطای (الف)	۶	۴۹۹۳۹۱۲	۶۳۰۰۱۱	۲۸۸/۵	۰/۰۰۰۰۶۲	۲۲۱۹۲۶/۸۵	۱/۸۶	۶۲/۴۱۴	۳۵۳۵۷/۰۷
سوپر جاذب	۲	۷۲۶۱۷۹۸۷۹**	۸۴۳۳۸۹۶۳**	۲۳۴/۲۲**	۰/۰۰۰۰۴۳*	۱۸۵۰۰۷۴/۲۳**	۲۳/۳۵	۳۱۸/۱۴*	۳۱۸۳۹/۲۸*
آبیاری x سوپر جاذب	۶	۱۴۴۸۴۸۶۴۲**	۴۱۹۸۱۸۷	۷/۲۱	۰/۰۰۰۰۱۲	۴۸۱۷۱۲۷/۶۶	۱/۱۷	۶۹/۰۷	۲۱۸۷۵/۴۱
خطای (ب)	۱۶	۳۱۰۵۳۰۸۷	۱۶۶۲۱۶	۹۳/۵	۰/۰۰۰۰۳۰	۲۷۵۰۷۸۱/۱۹	۰/۸۹	۴۱۹/۱۵	۹۷۴۸/۱۴
برداشت	۱	۴۲۷۳۹۲۳۵۱۷۹**	۸۲۴۷۶۷۴۷**	۱۸۶/۵۶*	۰/۰۰۰۰۰۱	۶۹۶۸۶۵۱/۹۱**	۰/۰۴۷*	۱۱۸۹/۹۵	۱۵۸۱۷/۹۱
برداشت x آبیاری	۳	۷۶۳۰۷۹۵۵۰	۱۰۸۵۰۸۷۶۷	۱۷/۶۹	۰/۰۰۰۱۶	۲۵۴۱۹۲/۳۹	۱/۶۱	۸۱۹/۷۵	۷۱۹۱۴/۹۹
خطای برداشت ۱	۸	۵۳۶۱۲۷۲۲	۳۵۴۶۶۷	۵/۶۹	۰/۰۰۰۰۱۲	۲۸۶۰۲۰۰/۱۹	۰/۵۲	۶۷۹/۲۴	۳۲۸۲۲/۲۵
برداشت x سوپر جاذب	۲	۶۱۵۵۹۹۰۲**	۶۷۲۲۵۲۳**	۱۰/۹۶	۰/۰۰۰۰۵۶	۱۰۵۷۶۵۷/۷۴*	۱/۲۶	۹۱۵۹	۴۵۳۲۶/۸۴
برداشت x آبیاری x سوپر جاذب	۶	۷۸۱۱۴۳۳۶**	۵۸۰۲۵۴	۵/۸۱	۰/۰۰۰۰۲۳	۵۰۳۰۷۹۶/۳۸	۰/۶۹	۲۹۷/۹۴	۲۳۱۳۱/۰۶
خطا (ج)	۱۶	۱۸۶۳۳۱۶۳	۴۶۹۶۳۳	۶/۵۵	۰/۰۰۰۰۳۲	۲۵۵۷۶۰۸۷	۰/۲۹	۷۵۹/۱۶	۱۱۳۶۹/۹۵
ضریب تغییرات		۳/۵۵	۳/۳۸	۶/۶۵	۱۲/۰۹	۱۱/۳۶	۴/۰۶	۲۱/۶۴	۹/۴

**، * و NS به ترتیب معنی دار در سطوح ۱٪ و ۵٪ و بدون اختلاف معنی دار

جدول ۳. اثر سطوح آبیاری بر صفات اندازه‌گیری شده ارزن نوتریفید

سطح آبیاری	علوفه تر (کیلوگرم در هکتار)	علوفه خشک (کیلوگرم در هکتار)	شاخص کلروفیل	درصد نیتروژن	عملکرد پروتئین (کیلوگرم در هکتار)	درصد الیاف	دوام شاخص سطح برگ	سطح ویژه برگ
۱۰۰٪ ظرفیت زراعی	۷۸۴۳۳/۲۰ ^a	۲۳۷۴۴/۴ ^a	۳۲/۲۴ ^c	۰/۰۳ ^c	۳۲۶۴/۳ ^a	۳۸/۸۲ ^a	۱۴۲/۳۷ ^a	۲۱۲/۳۶ ^a
۸۰٪ ظرفیت زراعی	۶۹۰۳۳/۲۰ ^{ab}	۱۷۲۵۰ ^b	۳۷/۱۱ ^{bc}	۰/۰۴ ^b	۲۶۹۱/۳ ^b	۳۸/۸۰ ^{ba}	۱۳۲/۳۷ ^b	۱۷۱/۱۳ ^b
۶۰٪ ظرفیت زراعی	۶۵۶۶۱/۱۰ ^c	۱۴۶۹۷ ^c	۳۹/۴۴ ^{ab}	۰/۰۵ ^a	۲۰۰۶/۷ ^c	۳۴/۹۹ ^c	۱۲۸/۴۹ ^c	۱۲۰/۱۲ ^c
۴۰٪ ظرفیت زراعی	۴۷۷۷/۲۰ ^d	۱۲۲۳۱/۱ ^d	۴۳/۰۴ ^a	۰/۰۵ ^a	۱۵۹۲/۰۰ ^d	۳۲/۱۵ ^d	۱۲۲/۴۰ ^d	۹۷/۹۵ ^d

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف متفاوت، براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ دارای تفاوت معنی‌دار هستند.

جدول ۴. اثر سطوح سوپر جاذب بر صفات اندازه‌گیری شده ارزن نوتریفید

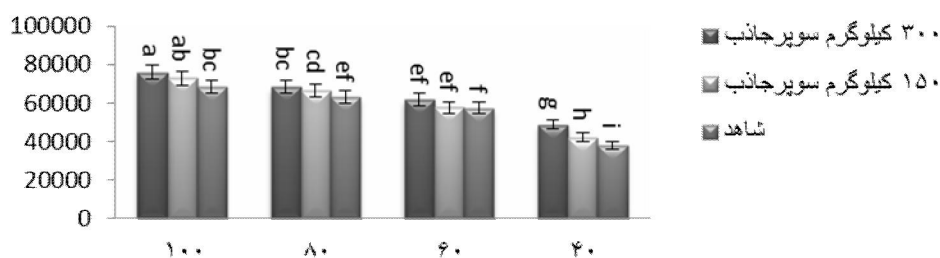
سطوح سوپر جاذب زئولیت	علوفه تر (کیلوگرم در هکتار)	علوفه خشک (کیلوگرم در هکتار)	شاخص کلروفیل	درصد نیتروژن	عملکرد پروتئین (کیلوگرم در هکتار)	درصد الیاف	دوام شاخص سطح برگ	سطح ویژه برگ
۳۰۰ کیلوگرم در هکتار	۷۱۰۰۰ ^a	۱۸۹۰۲/۵ ^a	۳۶/۴۷ ^b	۰/۰۴ ^b	۲۵۴۴/۹ ^b	۳۶/۸۴ ^a	۱۳۵/۳۲ ^a	۱۸۰ ^{ab}
۱۵۰ کیلوگرم در هکتار	۶۵۷۷۷ ^b	۱۶۹۹۱/۷ ^b	۳۶/۲۸ ^b	۰/۰۴ ^b	۲۶۷۴/۰۰ ^a	۳۶/۸ ^a	۱۳۵/۳۴ ^a	۱۸۳/۰۱ ^a
شاهد (بدون جاذب)	۵۸۹۰۴ ^b	۱۵۰۴۸/۳ ^c	۴۲/۴۶ ^a	۰/۰۵ ^a	۱۹۶۰/۴ ^c	۳۴/۷۱ ^a	۱۲۰/۳۰ ^b	۱۵۲/۲۲ ^c

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف متفاوت، براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ دارای تفاوت معنی‌دار هستند.

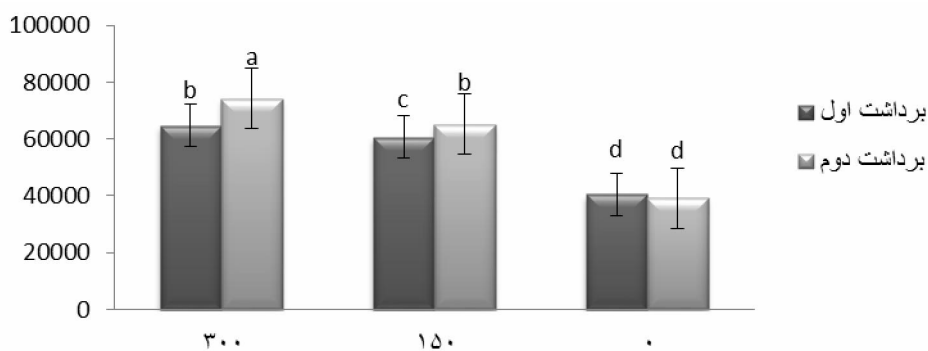
جدول ۵. اثر سطوح برداشت بر صفات اندازه‌گیری شده ارزن نوتریفید

سطوح برداشت	علوفه تر (کیلوگرم در هکتار)	علوفه خشک (کیلوگرم در هکتار)	شاخص کلروفیل	درصد نیتروژن	عملکرد پروتئین (کیلوگرم در هکتار)	درصد الیاف	دوام شاخص سطح برگ	سطح ویژه برگ
برداشت اول	۴۰۵۵۶ ^b	۱۳۵۱۳/۷۸ ^b	۳۹/۹۰ ^a	۰/۴۶ ^a	۱۸۲۵/۵ ^b	۳۵/۹۶ ^a	۱۳۱/۸۴ ^a	۲۶۸/۶۴ ^a
برداشت دوم	۸۹۸۹۴ ^a	۲۰۴۴۷/۷۸ ^a	۳۷/۰۲ ^b	۰/۰۴۷ ^a	۳۳۴۲/۸ ^a	۲۵/۸۳ ^b	۱۲۲/۷۱ ^a	۲۳۲/۱۴ ^a

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف متفاوت، براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ دارای تفاوت معنی‌دار هستند.



شکل ۱. مقادیر میانگین وزن علوفه تر در سطوح مختلف آبیاری و سوپر جاذب



شکل ۲. مقادیر میانگین وزن علوفه خشک در سطوح مختلف سوپر جاذب و برداشت

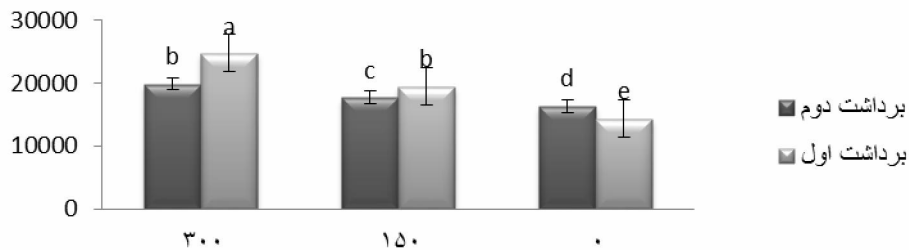
زئولیت در هکتار) بیشترین (۷۴۲۸۲ کیلوگرم در هکتار علوفه تر و ۲۴۷۵۵ کیلوگرم در هکتار علوفه خشک) و تیمار C2S3 (دومین برداشت و تیمارهای عدم مصرف پلیمر زئولیت) کمترین (۳۹۱۰۰ کیلوگرم در هکتار علوفه تر و ۱۴۳۴۲ کیلوگرم در هکتار علوفه خشک) مقدار را داشتند (شکل های ۲ و ۳). وزن علوفه خشک در سطح احتمال ۱٪ تحت تأثیر اثر متقابل آبیاری، سوپر جاذب و برداشت قرار گرفت. تیمارهای آبیاری در حد ظرفیت زراعی، مصرف ۳۰۰ کیلوگرم سوپر جاذب در هکتار و دومین برداشت (I1S1C2) بیشترین مقدار (۲۴۴۳۳ کیلوگرم در هکتار) علوفه خشک را تولید کردند، و تیمارهای با آبیاری در حد ۴۰٪ ظرفیت زراعی و عدم مصرف زئولیت در دومین برداشت (I4S3C2) در مقایسه با سایر تیمارها کمترین مقدار (۴۵۴۲ کیلوگرم در هکتار) وزن علوفه خشک را به خود اختصاص دادند (شکل ۴).

تحت تأثیر رژیم آبیاری، سوپر جاذب و برداشت قرار گرفت (جدول ۲). با افزایش تنش خشکی، عدد قرائت شده به وسیله دستگاه کلروفیل متر افزایش یافت. به طوری که بیشترین قرائت (۴۳/۰۴) از سطح آبیاری در حد ۴۰٪ ظرفیت زراعی حاصل شد که با آبیاری در حد ۶۰٪ ظرفیت زراعی تفاوتی نداشت و کمترین مقدار (۳۲/۲۴) مربوط به آبیاری ۱۰۰٪ ظرفیت زراعی بود که با آبیاری در حد ۸۰٪ ظرفیت زراعی تفاوتی نداشت. علیرغم عدم تفاوت معنی دار و تقسیم شدن شاخص کلروفیل به دو گروه مشخص آماری، با افزایش تنش (از سطح ۱۰۰٪ به سطح ۴۰٪ ظرفیت زراعی) روندی افزایشی در این شاخص مشاهده شد (جدول ۳).

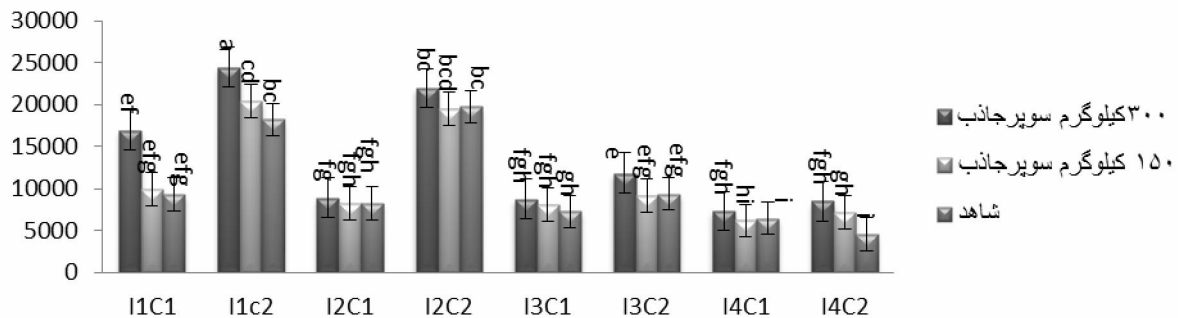
با کاربر پلیمر سوپر جاذب، محتوای کلروفیل نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. اما بین سطوح ۱۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار پلیمر سوپر جاذب تفاوتی مشاهده نشد (جدول ۴). در دو برداشت متوالی، عدد قرائت شده در چین اول برتری یافت که نشان دهنده افزایش اثر سوء تنش خشکی و کاهش محتوای کلروفیل گیاه در این دوره رشد است (جدول ۵). سطوح آبیاری

محتوی کلروفیل و درصد نیتروژن

نتایج نشان داد که شاخص کلروفیل به طور بسیار معنی داری



شکل ۳. مقادیر میانگین وزن علوفه خشک در سطوح مختلف سوپرجاذب و برداشت



شکل ۴. مقادیر میانگین وزن علوفه خشک در سطوح مختلف آبیاری، سوپرجاذب و برداشت

زراعی به ۴۰٪، این صفت روند کاهشی نشان داد (جدول ۳). با افزایش مصرف سوپرجاذب، عملکرد پروتئین علوفه نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. کمترین میانگین پروتئین (۱۹۶۰/۴ کیلوگرم در هکتار) مربوط به سطح شاهد و بیشترین آن (۲۶۴۷/۰۰ کیلوگرم در هکتار) مربوط به سطح ۱۵۰ کیلوگرم پلیمر در هکتار بود (جدول ۴). میانگین این صفت در چین دوم نسبت به چین اول برتری یافت (جدول ۵).

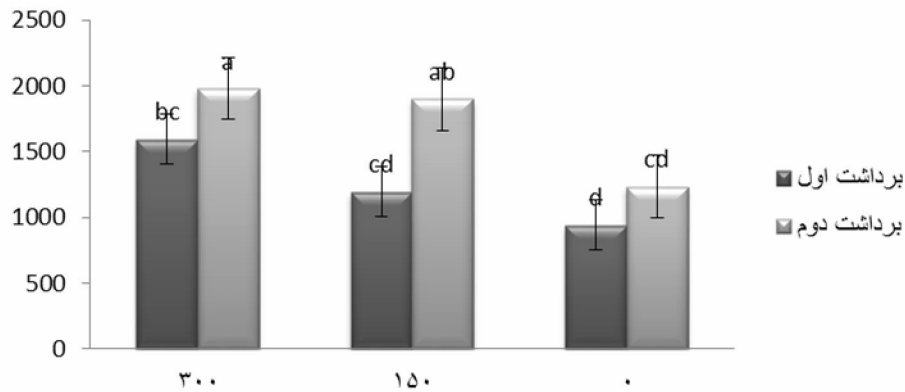
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که درصد لیاف علوفه به‌طور معنی‌داری ($P < 0/05$) تحت تأثیر آبیاری و برداشت قرار گرفت (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین درصد لیاف (۳۸/۸۲) از سطح آبیاری ۱۰۰٪ ظرفیت زراعی حاصل شد که با آبیاری ۸۰٪ ظرفیت زراعی تفاوتی نداشت. کمترین درصد لیاف (۳۲/۱۵) مربوط به سطح آبیاری ۴۰٪ بود که با دیگر سطوح از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نشان داد (جدول ۳). درصد لیاف علوفه بین تیمارهای حاوی پلیمر سوپرجاذب و تیمار شاهد تفاوتی نداشت (جدول ۴). درصد لیاف علوفه در برداشت اول برتری یافت (جدول ۵). اثر متقابل

و سوپرجاذب به‌طور معنی‌داری ($P < 0/05$) درصد نیتروژن برگ را تحت تأثیر قرار دادند (جدول ۲). با افزایش تنش خشکی، کلروفیل‌متر عدد بزرگتری نشان داد و به تبع آن محتوای نیتروژن بیشتر بود. بیشترین درصد نیتروژن (۰/۰۵) در سطح آبیاری ۴۰٪ ظرفیت زراعی مشاهده شد که با سطح ۶۰٪ ظرفیت زراعی تفاوتی نشان نداد و کمترین آن (۰/۰۳ درصد) در سطح ۱۰۰٪ ظرفیت زراعی مشاهده شد (جدول ۳).

مقایسه میانگین سطوح سوپرجاذب نشان داد که بیشترین محتوای نیتروژن (۰/۰۵ درصد) مربوط به سطح شاهد و کمترین مقدار (۰/۰۴ درصد) در سطح ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار پلیمر بود (جدول ۴). محتوای نیتروژن در دو برداشت متوالی از نظر آماری تفاوتی نداشت (جدول ۵).

عملکرد پروتئین و درصد لیاف علوفه

سطوح آبیاری، سوپرجاذب، برداشت و اثر متقابل سوپرجاذب و برداشت به‌طور معنی‌داری بر عملکرد پروتئین تأثیر داشتند (جدول ۲). به‌طوری‌که با کاهش مقدار آب از حد ظرفیت



شکل ۵. مقادیر میانگین عملکرد پروتئین در سطوح مختلف سوپر جاذب و برداشت

داد که با افزایش تنش خشکی سطح ویژه برگ کاهش و با مصرف سوپر جاذب این صفت نسبت به سطح شاهد روند افزایشی نشان داد. بیشترین مقدار سطح ویژه برگ با مصرف ۱۵۰ کیلوگرم سوپر جاذب در هکتار به دست آمد که با دو سطح دیگر از نظر آماری تفاوت معنی داری نشان داد (جدول ۳ و ۴). این صفت تحت تأثیر سطوح برداشت قرار نگرفت (جدول ۵).

بحث

در این پژوهش، با کاهش مقدار آب از حد ظرفیت زراعی به ۴۰٪، عملکرد علوفه تر و خشک به طور معنی داری روند کاهشی نشان دادند. ملکیان و همکاران (۱۴) گزارش کردند که اثر تنش کم آبی بر عملکرد عمدتاً به این موضوع بستگی دارد که چه مقدار از ماده خشک تولیدی به عنوان ماده مفید برداشت می‌گردد. وقتی تمام اندام هوایی گیاه (گیاه علوفه‌ای) عملکرد را تشکیل می‌دهد، اثر تنش بر عملکرد، شبیه اثر آن بر کل پارامترهای رشد است و تنش خشکی غالباً یک عامل کاهش‌دهنده عملکرد می‌باشد (۱۴). ناخدا و هاشمی دزفولی (۱۵) در بررسی اثر چهار تیمار آبیاری بر عملکرد ارزن نوتریفید به این نتیجه رسیدند که عملکرد علوفه تر و خشک، وزن خشک برگ و ساقه تحت تأثیر تنش کم آبی قرار گرفته و بین شدت تنش اعمال شده با کلیه صفات مذکور همبستگی منفی و معنی داری وجود دارد. اثرهای منفی تنش کم آبی بر عملکرد علوفه تر و خشک گیاهان علوفه‌ای توسط سعید و النادی نیز

سوپر جاذب و برداشت در سطح ۱٪ عملکرد پروتئین علوفه را تحت تأثیر قرار داد. به طوری که بیشترین مقدار پروتئین (۱۹۸۱ کیلوگرم در هکتار) در دومین برداشت (C۲S۱) در تیمارهای با مصرف ۳۰۰ کیلوگرم سوپر جاذب در هکتار و کمترین مقدار (۹۴۳ کیلوگرم در هکتار) در تیمارهای عدم مصرف سوپر جاذب و در اولین برداشت (C۱S۲) حاصل شد (شکل ۵).

دوام شاخص سطح برگ (LAID) و سطح ویژه برگ (SLA)

برای نشان دادن دوام و پایداری اندام‌های فتوسنتزکننده از شاخص‌های مختلفی استفاده می‌شود. یکی از این شاخص‌ها، دوام سطح برگ می‌باشد. در آزمایش حاضر، این شاخص نیز به طور معنی داری تحت تأثیر سطوح سوپر جاذب و تنش کم آبی قرار گرفت (جدول ۲). به طوری که با افزایش تنش کم آبی و میزان سوپر جاذب به ترتیب روند کاهشی و افزایشی نسبت به تیمار شاهد نشان داده شد. اما بین سطوح ۱۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر جاذب، تفاوت معنی داری دیده نشد (جدول ۳ و ۴). دوام سطح برگ بر اساس تعداد روزهای ماندگاری برگ روی گیاه در نظر گرفته می‌شود و با کاربرد سوپر جاذب اثر سوء تنش کاهش یافته و دوام سطح برگ به طور معنی داری افزایش یافت. دوام سطح برگ در دو برداشت انجام شده تفاوتی نداشت (جدول ۵). نتایج نشان داد که سطوح کم آبی و سوپر جاذب به طور معنی داری سطح ویژه برگ را تحت تأثیر قرار دادند (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها نشان

یافت. آرخنت و همکاران (۳) بیان کردند که میزان زیاد نیتروژن گیاهانی که در معرض تنش خشکی هستند به دلیل تجمع سریع اسیدهای آمینه آزادی است که تبدیل به پروتئین نشده‌اند. چون در گیاهان زراعی، کمبود نیتروژن باعث کاهش محتوای پروتئین و کلروفیل می‌شود و کمترین اعداد کلروفیل متر در گیاهان شاهد مشاهده شد (۲). در تیمارهای حاوی پلیمر سوپرجاذب، مقدار پروتئین بیشتر بود که با نتایج حسین‌پور و همکاران (۱۰) مطابقت داشت. همان‌طور که از همبستگی بین صفات مشخص گردید، همبستگی مثبت و معنی‌داری (۰/۹۷) بین شاخص کلروفیل و محتوای نیتروژن برگ وجود داشت. ولی همبستگی بین عدد کلروفیل متر و سایر صفات منفی است. چون در شرایط تنش، عدد کلروفیل متر افزایش یافت ولی بقیه صفات تحت تنش کم‌آبی کاهش یافتند.

در این پژوهش، با افزایش شدت تنش کم‌آبی، درصد پروتئین نیز روند کاهشی نشان داد. کاهش پروتئین تحت شرایط تنش خشکی توسط محققین دیگر نیز گزارش شده است و علت آن، تجزیه پروتئین‌ها در شرایط تنش خشکی و عدم سنتز آنها در این شرایط می‌باشد (۹ و ۱۵). یزدانی و همکاران (۲۳) بیشترین عملکرد پروتئین دانه سویا را در تیمار ۲۲۵ کیلوگرم پلیمر سوپرجاذب در هکتار گزارش کردند (۲۳). بیشتر بودن عملکرد پروتئین را می‌توان به جذب و نگهداری نیتروژن، فسفر و گوگرد برای رشد گیاهان، پایداری ساختمان خاک و تبادل هوای مناسب در خاک انتساب کرد. سوپرجاذب شرایط بهتری را برای گیاه در شرایط کم‌آبی فراهم می‌کند و در حضور آن دسترسی ریشه گیاه به آب قابل استفاده بیشتر می‌شود و گیاه کمتر تحت تأثیر شرایط تنش کم‌آبی قرار می‌گیرد. حاجی حسنی اصل و همکاران (۹) گزارش کردند که تأثیر نوبت برداشت بر عملکرد پروتئین از نظر آماری معنی‌دار بود و در برداشت دوم این صفت در گروه آماری بالاتری قرار گرفت، که با نتایج این پژوهش که درصد پروتئین علوفه در برداشت دوم برتری یافت مطابقت دارد. افزایش درصد پروتئین در برداشت دوم را احتمالاً می‌توان به خصوصیت مثبت سوپرجاذب‌ها در

گزارش شده است (۱۷). با افزایش مصرف سوپر جاذب، عملکرد علوفه تر و خشک افزایش یافت. کریمی و نادری (۱۳) نیز گزارش کردند که با افزایش کاربرد سوپرجاذب، عملکرد ماده خشک در گیاه ذرت افزایش می‌یابد. جانسون و ووده‌اوس (۱۲) اعلام کردند که با کاربرد پلیمر سوپرجاذب، وزن خشک گندم افزایش یافت.

مقایسه میانگین‌های مربوط به برداشت نشان داد که عملکرد علوفه در برداشت دوم برتری داشته که با یافته‌های ویلسون و همکاران (۲۲) که بیان کردند عملکرد علوفه ارزن در چین دوم بیشتر می‌باشد مطابقت دارد. بین عملکرد علوفه تر و علوفه خشک همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت ($r = 0/99$ ، جدول ۵). سپاسخواه و یوسفی (۱۹) گزارش کردند که به‌کارگیری ترکیباتی با خصوصیت سوپرجاذب‌ها از طریق جلوگیری از هدرروی عناصر غذایی باعث جذب بیشتر عناصر و کودها شده و در نهایت موجب بهبود رشد گیاه می‌شوند. با توجه به این‌که اثر متقابل سوپرجاذب و برداشت بسیار معنی‌دار شده است می‌توان افزایش عملکرد را به نقش مثبت سوپرجاذب در کاهش آبتشویی عناصر غذایی در مقایسه با تیمار شاهد نسبت داد.

آنتولین و یولر (۲) دریافتند که با افزایش تنش خشکی، میزان کلروفیل برگ کاهش می‌یابد؛ ولی نسبت کلروفیل a/b افزایش می‌یابد. به نظر می‌رسد افزایش نسبت کلروفیل a/b موجب تیره شدن برگ‌ها و افزایش عدد کلروفیل متر می‌گردد. این چنین گزارش شده که تنش‌های رطوبتی باعث کاهش کلروفیل برگ و به تبع آن کاهش درصد نیتروژن برگ می‌شود و بیان نمودند که آنزیم‌های کلروفیل‌لاز و پراکسیداز از عوامل مؤثر در کاهش کلروفیل در شرایط تنش رطوبتی هستند. توحیدی مقدم و همکاران (۲۰) در بررسی و مقایسه ۶ ژنوتیپ کلزا تحت تنش خشکی و کاربرد هیدروژل سوپرجاذب نشان دادند که در شرایط تنش، محتوای کلروفیل و به تبع آن فتوسنتز کاهش و سبزیگی رنگ برگ در حضور پلیمر سوپرجاذب به‌وسیله جذب، حفظ و نگهداری آب به‌طور معنی‌داری افزایش

جدول ۶. ضرایب همبستگی ساده بین صفات مورد ارزیابی

	علوفه تر	علوفه خشک	شاخص کلروفیل	محتوای نیتروژن	عملکرد پروتئین	درصد الیاف	LAI	SLA
علوفه تر	۱							
علوفه خشک	۰/۹۹**	۱						
شاخص کلروفیل	-۰/۹۸*	-۰/۹۸**	۱					
محتوای نیتروژن	-۰/۹۹**	-۰/۹۸**	۰/۹۷**	۱				
درصد پروتئین	۰/۹۶**	۰/۹۵*	-۰/۹۸**	-۰/۹۸**	۱			
درصد الیاف	۰/۸۸*	۰/۸۳*	-۰/۸۱ ^{ns}	-۰/۷۳ ^{ns}	۰/۹۱**	۱		
دوام برگ (LAI)	۰/۸۷*	۰/۸۹*	۰/۷۱ ^{ns}	۰/۶۷ ^{ns}	۰/۷۹ ^{ns}	۰/۶۷ ^{ns}	۱	
سطح ویژه برگ (SLA)	۰/۹۶*	۰/۹۶*	۰/۹۵**	۰/۹۷*	۰/۷۹ ^{ns}	۰/۸۵*	۰/۹۹**	۱

نوبت برداشت با تنش و سوپر جاذب بر این صفت معنی دار نبود. به عبارت دیگر، بین نوبت برداشت با تنش و سوپر جاذب بر درصد الیاف خام تعامل وجود نداشته و اثر این دو عامل مستقل از یکدیگر بوده است.

با توجه به تخصیص قابل ملاحظه مواد فتوسنتزی، استفاده مطلوب و بهینه از برگ‌های گیاه مهم است و باید عواملی که موجب پیری برگ‌ها (کاهش دوام سطح برگ) که در نهایت منجر به کاهش عملکرد گیاه می‌گردد را کاهش داد. در این پژوهش، سطح برگ با دوام سطح برگ همبستگی معنی داری نشان داد (جدول ۵، $r=0/99$). نتایج نشان داد که کاربرد سوپر جاذب موجب افزایش دوام سطح برگ گیاه و سطح ویژه برگ گردید که در نهایت بیشتر بودن این فاکتورها می‌تواند موجب افزایش میزان فتوسنتز و افزایش وزن خشک گردد. حسین‌پور و همکاران (۱۰) طی آزمایشی نشان دادند که تنش آب در طول دوره رویشی منجر به کوچک شدن برگ‌ها گردیده و سطح ویژه برگ کاهش می‌یابد. دال و دانیلز (۴) اظهار داشتند که برگ‌های رشد یافته در شرایط مصرف سوپر جاذب معمولاً کمتر در معرض تنش خشکی قرار گرفته و در نتیجه از سطح ویژه بالاتری برخوردار هستند که باعث افزایش شاخص سطح برگ، دوام سطح برگ و در نهایت عملکرد کمی و کیفی علوفه می‌گردد (۴).

جذب آب و مواد غذایی نسبت داد. همان طور که در جدول ۶ مشاهده می‌شود، با افزایش خواص کیفی علوفه، عملکرد علوفه افزایش یافته و همبستگی معنی داری در سطح ۰/۵٪ بین خواص کمی و کیفی علوفه وجود دارد. اما بین عملکرد پروتئین با عدد قرائت شده به وسیله کلروفیل متر و محتوای نیتروژن وابسته به آن همبستگی منفی دیده شد.

نتایج نشان داد که بین شدت تنش اعمال شده و درصد الیاف خام علوفه همبستگی منفی وجود دارد. به طوری که با افزایش شدت تنش، درصد الیاف علوفه به طور معنی داری کاهش یافت. کاهش درصد الیاف خام علوفه توسط محققین مختلف از جمله فورد و ویلسون (۵) گزارش گردیده است و علت کاهش درصد الیاف خام را در گیاهان تحت شرایط تنش خشکی به دلیل کاهش ساخته شدن دیواره سلولی در این شرایط گزارش کرده‌اند (۵). از آنجا که الیاف خام با سن گیاه رابطه مستقیم دارد، چین اول به دلیل برخورداری از دوره رویش طولانی‌تر از درصد بالاتر الیاف خام برخوردار بوده، در حالی که در چین دوم به علت جوان بودن بوته‌ها درصد الیاف خام کاهش نشان داد که باعث خوش خوراکی و قابلیت هضم بیشتر علوفه می‌گردد. ناخدا و هاشمی دزفولی (۱۵)، حاجی حسنی اصل و همکاران (۹) نیز در مطالعه روی ارزن علوفه‌ای به نتایج مشابهی دست یافتند. اثر متقابل

نتیجه گیری

مواد می‌توان حدود ۲۰٪ در مصرف آب صرفه‌جویی کرد و علوفه‌ای با کیفیت در حد آبیاری ۱۰۰٪ ظرفیت زراعی داشت. با مصرف پلیمر سوپرجاذب، شاخص‌های رشد افزایش یافته و عملکرد کمی و کیفی علوفه بهبود می‌یابد، که این امر در توسعه کشاورزی و افزایش سطح زیرکشت گیاهان زراعی در مناطق خشک و نیمه خشک بسیار مفید است. با توجه به نقش مثبت و مؤثر پلیمرهای سوپرجاذب در جذب و نگهداری آب، تحقیقات بیشتر در مورد کاربرد پلیمرهای سوپرجاذب به منظور افزایش عملکرد گیاهان زراعی و صرفه‌جویی در مصرف آب مورد انتظار است.

نتایج آزمایش نشان داد که اکثر صفات کمی و کیفی ارزن علوفه‌ای در تیمارهای حاوی ژئولیت، با توجه به خصوصیات مثبت این پلیمرها از قبیل استحکام بخشیدن به خاک و فراهم آوردن شرایط مناسب برای رشد گیاهان، تقویت خاک، جلوگیری از فرسایش خاک و همچنین توانایی جذب آب، برتری قابل ملاحظه‌ای را نسبت به شرایط عدم مصرف ژئولیت نشان دادند. از عملکرد یکسان تیمار آبیاری در حد ۸۰٪ ظرفیت زراعی با مصرف ۳۰۰ کیلوگرم پلیمر سوپرجاذب در هکتار با تیمار شاهد می‌توان به این نتیجه دست یافت که با مصرف این

منابع مورد استفاده

1. Abedi-Koupai, J. and J. Asadkazemi. 2006. Effects of hydrophilic polymer on the field performance of an ornamental plant (*Cupressus arizonica*) under reduced irrigation regimes. *Iranian Polymer Journal* 15: 715-725. (In Farsi).
2. Antolin, M. and J. Yoller. 1995. Effects of temporary drought on nitrate-fed and nitrogen-fixing alfalfa plants. *Plant Science* 107: 159-165.
3. Argenta, G., P. R. F. Da Silva and L. Sangoi. 2004. Leaf relative chlorophyll content as an indicator parameter predicts nitrogen fertilization in maize. *Crop Science* 34: 1379-1387.
4. Dale, R. F. and J. A. Daniels. 1995. A weather-soil variable for estimating soil moisture stress and corn yield probabilities. *Agronomy Journal* 87: 115-121.
5. Ford, C. W. and J. R. Wilson. 1981. Changes in levels of solutes during osmotic adjustment to water stress in leaves of four tropical pasture species. *Australian Journal of Plant Physiology* 8: 77-91.
6. Franz, C. 1983. Nutrient and water management for medicinal and aromatic plants. *Acta Horticulturae* 132: 203-215.
7. Ghamsari, B., Gh. Akbari and M. Zohuryan. 2008. Performance indicators of plant growth and forage maize under stress affect the application of different amounts super absorbent. *Iranian Journal of Crop Science* 40: 1-8. (In Farsi).
8. Gholamhosseini, M., M. Agha Ali Khani and M. J. Malakouti. 2008. Evaluation of different levels of nitrogen and zeolite on qualitative and quantitative on forage *Brassica Spp* autumn. *Iranian Journal of Agricultural Science and Natural Resources* 12: 537-548. (In Farsi).
9. Haji Hassani Asl, N., A. Moradi Aghdam, H. Aliabadi Farahani, N. Hosseini and M. Rassaei Far. 2011. Three forage yield and its components under water deficit conditions on delay cropping in Khoy zone (Iran). *Advances in Environmental Biology Journal* 5: 847-852.
10. Hosseinpour, T., A. Siadat and M. Rafiee. 2000. Evaluation some of effects morphological effective on yield and yield components of wheat genotypes under irrigated conditions. *Iranian Journal of Crop Science* 5: 23-36. (In Farsi).
11. Huttermann, A., M. Zommodi and K. Raeisi. 1999. Addition of hydrogels to soil prolonging the survival of *Pinus halepensis* seedlings subjected to drought. *Soil and Tillage Research* 50: 295-304.
12. Johnson, M. S. and J. Woodhouse. 1990. Effect of superabsorbent polymers on efficiency of water use by crop seeding. *Science of Food and Agriculture Journal* 52: 431-434.
13. Karimi, A. and M. Naderi. 2007. Yield and water use efficiency of forage corn as influenced by superabsorbent polymer application in soils with different textures. *Iranian Journal of Research in Agriculture* 3: 187-198. (In Farsi).
14. Malekian, R., J. Abedi-Koupai and S. S. Eslamian. 2011. Influences of clinoptilolite and surfactant-modified clinoptilolite zeolite on nitrate leaching and plant growth. *Journal of Hazardous Materials* 185: 970-976.
15. Nakhoda, B. and A. Hashemi Dezfuli. 2000. Study of water deficit stress on forage yield and quality characters in forage millet (*panicum miliacum* cv. Notrifed). *Agricultural Science* 31: 701-712. (In Farsi).

16. Panahi, M. 2004. Yield and water use efficiency in pearl millet in different irrigation regimes. *Iranian Journal of Soil and Water* 18: 69-79. (In Farsi).
17. Saeed, I. A. M. and A. H. El-Nadi. 1998. Forage sorghum yield and water use efficiency under variable irrigation. *Irrigation Science* 18: 67-71.
18. Scharf, P. C., S. M. Brouder and R. G. Hoefl. 2006. Chlorophyll meter reading can predict nitrogen need and yield response of corn in the north-central USA. *Agronomy Journal* 98: 655-665.
19. Sepaskhah, A. R. and F. Yousefi. 2007. Effect of zeolite application on nitrate and ammonium retention of a loamy soil under saturated conditions. *Soil Restoration* 45: 368-373.
20. Tohidi-Moghaddam, H. R., A. H. Shirani-Rad, Gh. Nour-Mohammadi, D. Habibi Modarres, S. A. M. Sanavy, M. Mashhadi- Akbar-Boojar and A. Dolatabadian. 2009. Response of six oilseed rape genotypes to water stress and hyhydrogel application. *Pesquisa Agropecuaria Topical Journal* 39: 243-250.
21. Vinocur, B. and A. Altman. 2005. Recent advances in engineering plant tolerance to abiotic stress: Achievements and limitations. *Soil Science* 16: 123-132.
22. Wilson, J. R. 1983. Effect of water stress on invitro dry matter digestibility and chemical composition of herbage of tropical pasture species. *Australian Journal of Agricultural Research* 34: 377-390.
23. Yazdani, F., I. Allahdadi and Gh. A. Akbari. 2007. Impact of superabsorbent polymer on yield and growth analysis of soybean (*Glycine max* L.) under drought stress conditions. *Biological Science* 10: 4190-4196.