شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/IDAJ.2021.342918.306

بررسی اثر کاربرد پلیمر سوپرجاذب برخصوصیات زراعی و عملکرد علوفه اکوتیپ یونجه یزدی تحت شرایط مختلف رطوبتی در استان آذربایجان غربی

معروف خلیلی*[۱] و حمزه حمزه[۲]

۱-گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

۲- بخش تحقیقات چغندرقند، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی همدان، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران

چکیده

به منظور بررسی اثر دور آبیاری و پلیمر سوپر جاذب بر خصوصیات زراعی و عملکرد علوفه در یونجه دیم رقم یزدی آزمایشی در دو سال زراعی ۹۶-۱۳۹۴ به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه مهاباد اجرا گردید. تیمارها شرایط آبیاری شامل آبیاری کامل (آبیاری در ۸۰ درصد ظرفیت زراعی خاک)، تنش ملایم (آبیاری در ۵۰ درصد ظرفیت زراعی خاک) و تنش شدید (بدون آبیاری) و کاربرد پلیمر سوپر جاذب A200 در چهار سطح شاهد (عدم کاربرد) و ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار بودند. نتایج نشان داد بین تیمارهای آبیاری از لحاظ اثر بر کلیه صفات مورد بررسی به غیر از شاخص سطح برگ اختلاف معنی‌دار وجود داشت، درحالی‌که تفاوت بین سطوح سوپر جاذب از لحاظ اثر بر روی کلیه صفات معنی‌دار گردید. اثر متقابل تیمار آبیاری و سطوح سوپر جاذب نیز بر ارتفاع بوته، عملکرد خشک علوفه و درصد پروتئین خام معنی‌دار بود. در این تحقیق استفاده از سطوح ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپر جادب در هر سه شرایط رطوبتی اثر مثبتی بر بهبود عملکرد علوفه خشک یونجه داشت. بنابراین دو تیمار مذکور جهت افزایش عملکرد علوفه خشک به خصوص در شرایطی که یونجه با دوره های مختلف تنش کم‌آبی روبرو می‌باشد، قابل توصیه است، همچنین به نظر می‌رسد استفاده از سوپرجادب در شرایط تنش شدید می‌تواند راهکار مناسبی برای صرفه جویی در مصرف آب و افزایش عملکرد کمی و کیفی علوفه در یونجه باشد.

واژه‌های کلیدی: یونجه دیم، پروتئین خام، تعداد برگ، کم آبی.

* نگارنده مسئول: *makhalily@yahoo.com* تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۲/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۰۷

مقدمه

یونجه (*Medicago sativa* L.) یکی از گیاهان مهم علوفه‌ای در دنیا می‌باشد. این گیاه در حدود ۸۰ کشور دنیا کشت می‌شود. تنش کم آبی معمولاً به عنوان محدودیت فیزیکی برای تولید علوفه به شماره می‌آید و بر عملکرد و کیفیت علوفه تأثیر می‌گذارد. سطح زیر کشت یونجه در جهان بیش از ۳۳ میلیون هکتار و سطح زیر کشت آن در ایران حدود ۶۵۰ هزار هکتار برآورد شده است (FAO, 2017). تنش کم آبی هرچند باعث افزایش ۱۸ درصدی نسبت برگ به ساقه می‌شود (افزایش کیفیت) ولی به دلیل کاهش ۴۹ درصدی علوفه به عنوان یک محدودیت فیزیکی به شمار می‌آید (Buxton, 2004)

بخش وسیعی از ایران تحت تأثیر اقلیم خشک و نیمه‌خشک می‌باشد و در سال‌های اخیر خشک‌سالی منجر به افزایش مشکلات مربوطه شده است، در چنین شرایطی می‌توان با اعمال مدیریت صحیح و به کارگیری موادی همچون سوپرجاذب‌ها، ضمن حفظ ذخیره رطوبتی خاک باعث افزایش ظرفیت نگه‌داری آب در خاک و افزایش راندمان آبیاری و در نتیجه بهبود بهره‌برداری از منابع محدود آب شد. سوپرجاذب‌ها موادی هستند که چندین برابر وزن خود آب را جذب و در خود نگه‌داری می‌نمایند (Islam *et al.*, 2011). کاربرد پلیمرهای سوپرجاذب در مزرعه باعث افزایش نگه‌داری آب در خاک، کاهش مصرف‌آب و آبشویی کودها می‌گردد در واقع سوپرجاذب شبکه پلیمری به شدت آب دوستی است که به مقدار زیاد آب جذب می‌کند، اما به دلیل وجود تعداد اندکی پیوندهای عرضی حل نمی‌شود (Fazeli Rostampour *et al.*, 2012).

در مطالعه اثر سوپر جاذب بر عملکرد علوفه و خصوصیات کمی ذرت علوفه‌ای در منطقه خوی گزارش شد تنش کم‌آبی موجب کاهش عملکرد بیولوژیک و عملکرد علوفه شد، همچنین کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر جاذب در کلیه سطوح تیمار آبی بالاترین عملکرد بیولوژیک، عملکرد علوفه، کارایی مصرف آب و محتوی نسبی آب برگ را به خود اختصاص داد (Mahalleh *et al.*,2011). در مطالعه فاضلی رستم پور (Fazeli Rostampour, 2013) تیمار دور آبیاری بعد از ۸۰ درصد ظرفیت زراعی مزرعه همراه با کاربرد ۷۵ کیلوگرم در هکتار سوپر جاذب در مقایسه با دیگر تیمارها از تعداد برگ در بوته، تعداد پنجه در بوته، شاخص سطح برگ، محتوی آب نسبی برگ و مقدار ماده خشک بالاتری در گیاه سورگوم برخوردار بود. خلیلی و حمزه (۱۳۹۸) در مطالعه‌ای بر روی چغندر قند نشان دادند کاربرد سطوح ۵۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب بیشترین شاخص سطح برگ، طول غده و محتوی آب نسبی برگ و کمترین درصد قند خالص را به خود اختصاص دادند. فاضلی رستم پور و همکاران (Fazeli Rostampour *et al.*, 2016) نشان دادند کاربرد

۷۵ کیلوگرم سوپرجاذب در هکتار همراه با تیمار آبیاری ۲۰ درصد کاهش آب مورد نیاز سورگوم، عملکرد ماده خشکی مشابه تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری تولید کرد. کشاورز و همکاران (Keshavars *et al.*, 2015) اظهار داشتند تنش کم‌آبی به صورت معنی‌داری تعداد برگ در گیاه، محتوی کلروفیل و وزن خشک گیاه را در ارزن مرواریدی کاهش داد اما کاربرد سوپر جاذب به خصوص در مقادیر بالا اثرات منفی تنش کم آبی را بر گیاه جبران کرد.

در مطالعه‌ای دیگر بر روی چغندرقند خلیلی و حمزه (۱۳۹۹) نشان دادند بالاترین شاخص سطح برگ ، محتوی آب نسبی برگ، وزن خشک اندام هوایی، عملکرد ریشه، عملکرد قند ناخالص و عملکرد قند خالص به رژیم آبیاری بعد از ۶۰ میلی‌متر تبخیر و کاربرد سوپرجاذب اختصاص داشت، همچنین در رژیم آبیاری بعد از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر کاربرد میکوریزا و سوپرجاذب توانستند عملکرد قند خالص را به صورت معنی‌دار در مقایسه با شاهد در رژیم آبیاری ۶۰ میلی متر تبخیر افزایش دهند.

در مطالعه تأثیر سوپرجاذب، اسید هیومیک و باکتری‌ها در گیاه پالایی خاک های آلوده با سرب توسط یونجه یک ساله، جوانمرد و همکاران (Javanmard et al., 2012) نشان دادند استفاده از سوپرجاذب به صورت معنی داری بر وزن تر علوفه افزوده است.

در مطالعه رشنو و همکاران (۱۳۹۲) تنش خشکی سبب کاهش عملکرد علوفه تر و عملکرد غلاف به‌میزان ۲۷ و ۳۳ درصد نسبت به تیمار شاهد گردید. وادی زاده و همکاران (۱۳۹۶) نشان دادند تنش خشکی به صورت معنی‌داری عملکرد علوفه‌تر، تعداد ساقه در بوته، فاصله میانگره و وزن خشک برگ در یونجه را کاهش داد.

اسماعیل و آلمرشدی (Ismail and Almarshadi, 2011) اظهار داشتند تیمار آبیاری بعد از ۸۰ و ۷۵ درصد ظرفیت زراعی مزرعه موجب کاهش ۱۲ تا ۲۱ درصد در عملکرد علوفه یونجه شد. لیو و همکاران (Liu *et al.*, 2018) اثر تنش خشکی را بر عملکرد علوفه و عناصر غذایی علوفه را در دو رقم یونجه مورد مطالعه قرار دادند و اظهار داشتند تنش کم آبی عملکرد علوفه را در هر دو رقم کاهش داد. در مطالعه لی و همکاران (Li *et al.*, 2017) نیز تیمار آبیاری تأمین ۶۰ درصد آب قابل استفاده در یونجه در مقایسه با تیمار تأمین ۸۰ و ۱۰۰ درصد آب قابل استفاده عملکرد علوفه را به ترتیب ۱۰ و ۱۱درصد کاهش داد.

با توجه به اهمیت تولید علوفه درکشور و استان آذربایجان غربی و همچنین شایع بودن تنش کم-آبی، تحقیق حاضر به منظور بررسی اثر کاربرد موادی مانند سوپرجاذب در شرایط مختلف رطوبتی در یونجه انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه پیام نور مهاباد، در دو سال زراعی ۹۶-۱۳۹۴ به صورت طرح کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. این مزرعه در ۱۵ کیلومتری شمال شهرستان مهاباد با طول

جغرافیایی °۴۵ و ′۴۳ و عرض جغرافیایی °۳۶ و ′۱ با متوسط بارندگی سالیانه ۳۶۰ میلی متر و ارتفاع ۱۳۲۰ متر از سطح دریا قرار دارد. این منطقه بر اساس طبقه‌بندی دو مارتن، جزو مناطق نیمه‌خشک کشور طبقه‌بندی شده است. کرت‌های اصلی تیمار آبیاری در سه سطح شامل آبیاری کامل (آبیاری بعد از اینکه رطوبت خاک به ۸۰ درصد ظرفیت زراعی رسید)، تنش ملایم (آبیاری بعد از اینکه رطوبت خاک به ۵۰ درصد ظرفیت زراعی رسید) و شرایط تنش شدید(بدون آبیاری) و کرت‌های فرعی استفاده از پلیمر سوپر جاذب A200 در چهار سطح صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار بودند.

جهت کنتـرل و اندازه‌گیـری دقیق آب روش آبیاری قطره‌ای انتخـاب گردید و با نصب کنتورهای حجمی در کنار کنترل مرکزی، میزان آب محاسـبه شده برای هر تیمار اندازه‌گیری شد. زمان آبیاری و مقدار آبیاری با استفاده از رطوبت موجود در خاک و تبخیر از سطح تشتک کلاس A محاسبه شد. بدین ترتیب وقتی که رطوبت خاک به ۸۰ و ۵۰ درصد F.C می‌رسید میزان آب مصرفی بر اساس فرمول تشتک تبخیر کلاس A، Et0= KP × EPan تبخیر و تعرق گیاه پایه محاسـبه و سـپس در فاکتور گیاهی ضرب و آب مصرفی محاسبه شد Et0 × Kc = ETc

در این رابطه Et0= تبخیر و تعرق گیاه پایه بر حسب میلی‌متر، KP = میزان تبخیر از سـطح تشتک (میلی‌متر)،EPan = ضریب تشتک، Etc تبخیر و تعرق گیاه مورد نظر (یونجه)، Kc= فاکتور گیاهی بود. ضریب تشـتک بسـتگی به اسـتقرار آن و محیط اطراف آن داشـته و مقدار آن بین ۰/۵ تا ۰/۸۵ متغیر اسـت و بـرای کارهای عملـی معمولاً ۰/۶۶ در نظر گرفته می‌شود. مقدار KC در این مطالعه برای یونجه ۰/۹۲ در نظر گرفته شد (Fransen *et al.*, 2001). اندازه‌گیری رطوبت خاک با دستگاه رطوبت سنج و میزان تبخیر روزانه صورت گرفت.

میزان سوپرجاذب مورد نیاز در هر کرت در عمق ۳۰ سانتی‌متری از سطح خاک به طور کاملاً یکنواخت توزیع شد، به این صورت که قبل از کاشت و بعد از تعیین خطوط کشت در هر کرت خاک تا عمق ۳۰ سانتی‌متری برداشت و بعد از ریختن سوپر جاذب در طول خط کشت، خاک برداشته شده بازگشت داده شد و با سوپرجاذب مخلوط گردید. خصوصیات سوپرجاذب A200 مورد استفاده شرکت رهاب رزین تحت لیسانس پژوهشگاه پلیمر پتروشیمی ایران در جدول ۱ آورده شده است. رقم مورد آزمایش (رقم یزدی به عنوان رقم مقاوم به خشکی) در پنج ردیف ۵ متری با فاصلهٔ خطوط ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بین بوته حدود ۵ تا ۷ سانتیمتر (تراکم بوته حدود ۴۰ بوته در مترمربع) کشت گردید.

کلیهٔ مراقبت‌های زراعی برای تیمارها بطور یکسان انجام شده وکوددهی بر اساس توصیه کودی بخش تحقیقات خاک و آب انجام گرفت. کاشت به صورت پاییزه و در اواسط شهریور ماه انجام شد. سال اول آزمایش به استقرار گیاه اختصاص یافت و از سال دوم مطالعات و یادداشت برداری‌ها از صفات صورت پذیرفت. در سال اول اجرای طرح عملیات زراعی و مدیریتی برای همه تیمارها

یکسان بود.آبیاری مطابق عرف منطقه وده روز یک بار برای کلیه کرت‌های آزمایشی انجام شد. به منظور حذف اثرات نزولات اول فصل صفات و داده های مرتبط با چین اول حذف و کلیه محاسبات بر اساس سه رویش متوالی پس ازآن صورت پذیرفت. در این مطالعه صفات ارتفاع بوته، تعداد برگ، وزن خشک برگ، شاخص سطح برگ، وزن خشک علوفه و درصد پروتئین خام اندازه‌گیری شدند.

برای محاسبه شاخص سطح برگ در مرحله یک روز قبل از برداشت از رابطه ۱ استفاده شد. (Watson, 1947)

$$LAI = \frac{LA}{LG} \quad (۱)$$

LA= مساحت برگ LG= مساحت زمین اشغال شده

جهت تعیین وزن علوفه خشک زیست توده بالای سطح خاک هر گیاه از ارتفاع ۵ سانتی‌متری در بالای طوقه از سه خط وسط با حذف یک متر از ابتدا و انتهای خط(اثر حاشیه)، برداشت و به صورت تازه توزین گردید. جهت اندازه‌گیری وزن خشک، ۲۵ درصد نمونه‌ها در داخل آون با دمای ۷۰ درجه به مدت ۴۸ ساعت خشک گردید. برای محاسبه وزن خشک برگ، برگ‌ها از بوته جدا شده و برای مدت ۲۴ ساعت در آون ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و سپس وزن خشک برگ محاسبه گردید. برای اندازه‌گیری طول ساقه، ۲۰ ساقه از هرکرت آزمایشی انتخاب و طول آنها اندازه‌گیری شد. همچنین میانگین ۲۰ ساقه بعنوان طول ساقه هر کرت آزمایشی استفاده شد. همچنین تعداد برگ ۲۰ ساقه مذکور جدا و شمارش شده و میانگین آنها به عنوان تعداد برگ در ساقه ثبت گردید.

با توجه به اینکه یونجه یک گیاه چند ساله است تجزیه‌های آماری بر اساس مدل آماری طرح بلوک کامل تصادفی در دو سال توسط نرم‌افزار SAS 9.2 در هر دو سال صورت گرفت. مقایسهٔ میانگین‌های هر صفت با استفاده از آزمونSNK در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت. همچنین برای محاسبه ضریب همبستگی از روش پیرسون و بر اساس میانگین تیمارهای آزمایشی، همبستگی بین صفات مورد بررسی، محاسبه شد.

جدول ۱- خصوصیات پلیمر سوپر جاذب SuperabA200

						ظرفیت جذب آب (gr/gr)	
محتوی رطوبت	چگالی (g/cm3)	pH	اندازه ذرات (µm)	حداکثر طول عمر (سال)	آب مقطر	آب معمولی	محلول ۰/۹Nacl درصد
۷-۵	۱/۱-۴/۵	۷-۶	۵۰ -۱۵۰	۷	۲۲۰	۱۹۰	۴۵

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در جدول ۲ درج شده است. بین دورهای آبیاری از لحاظ اثر برکلیه صفات مورد بررسی به غیر از شاخص سطح برگ اختلاف معنی‌دار مشاهده شد، همچنین تفاوت بین سطوح سوپرجاذب از لحاظ اثر بر کلیه صفات معنی‌دار بود. اثر متقابل دور آبیاری و سطوح سوپرجاذب نیز بر ارتفاع بوته، عملکرد

خشک علوفه و درصد پروتئین خام معنی‌دار بود. اثر سال نیز بر کلیه صفات به غیر از وزن خشک برگ و عملکرد خشک علوفه معنی‌دار بود. وجود چنین اختلاف معنی‌داری، احتمالاً به دلیل تغییرات محیطی متفاوت در دو سال مورد بررسی باشد. در نهایت اثر متقابل سال در آبیاری نیز بر وزن خشک برگ و عملکرد خشک علوفه معنی‌دار بود (جدول، ۲).

جدول۲- تجزیه واریانس مرکب صفات مرتبط با خصوصیات کمی و کیفی یونجه

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		ارتفاع بوته	تعداد برگ در ساقه	وزن خشک برگ	شاخص سطح برگ	عملکرد خشک علوفه	درصد پروتئین خام
بلوک	۲	۱۱/۶۸^{ns}	۱۴/۱۱^{ns}	۴۷/۸۶^{ns}	۱/۳۲*	۰/۰۲^{ns}	۸۲/۹۹*
آبیاری	۲	۱۰۰۵/۵۴**	۲۰۶/۰۲**	۱۱۳۳/۱۵**	۰/۹۵^{ns}	۰/۲**	۴۵/۱۸*
خطای ۱	۴	۱۷/۱۶	۵/۶۵	۴۵/۳۰	۰/۱۸	۰/۰۰۷	۶/۱۵
سوپر جاذب	۳	۴۸۱/۶۸**	۸۸/۰۷*	۴۸۴/۳۲**	۰/۹۹*	۰/۰۱**	۲۷/۱۶**
آبیاری × سوپر جاذب	۶	۶۰/۳۴*	۲۱/۵۸^{ns}	۱۰۵/۹۰^{ns}	۲۱/۵۸^{ns}	۰/۰۰۳*	۱۷/۰۸*
خطای ۲	۱۸	۱۹/۱۴	۲۰/۹۰	۵۱/۸۷	۰/۳۱	۰/۰۰۱	۵/۱۱
سال	۱	۴۸/۳۸*	۸۶/۴۳*	۲/۰۲^{ns}	۱/۱۰*	۰/۰۰۰۶^{ns}	۵/۹۸*
سال × آبیاری	۲	۰/۳۳^{ns}	۹/۹۲^{ns}	۳۴/۷۲*	۰/۰۵^{ns}	۰/۰۰۲*	۲/۵۷^{ns}
سال × سوپر جاذب	۳	۲/۰۴^{ns}	۸/۹۴^{ns}	۲۸/۷۲^{ns}	۰/۰۹^{ns}	۰/۰۰۰۶^{ns}	۰/۸۲^{ns}
سال× آبیاری × سوپر جاذب	۶	۸/۷۲^{ns}	۲۸/۲۰^{ns}	۳۵/۱۹^{ns}	۰/۰۸^{ns}	۰/۰۰۰۴^{ns}	۱/۹۰^{ns}
خطای ۳	۲۴	۴/۵۶	۱۴/۸۸	۹/۴۶	۰/۲۷	۰/۰۰۰۶۲	۱/۳۳
ضریب تغییرات (٪)	-	۸/۵۲	۱۵/۸۷	۱۰/۶۹	۱۳/۳۲	۱۰/۰۸	۸/۵۷

ns، * و ** به ترتیب عدم معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱٪

ارتفاع بوته: نتایج مقایسه میانگین تیمارهای مورد مطالعه نشان داد تیمار آبیاری کامل همراه با کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب با متوسط ۷۹/۰۵ سانتی متر، بالاترین ارتفاع بوته را به خود اختصاص داد، بین تیمار مذکور و تیمارهای استفاده از ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب در تیمار آبیاری کامل و کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپر جاذب در تیمار آبیاری تنش ملایم اختلاف معنی‌دار دیده نشد. در این بررسی کمترین ارتفاع بوته با متوسط ۵۴/۶۵ سانتی متر به تیمار شاهد در شرایط تنش شدید اختصاص یافت (جدول ۴). نتایج همچنین نشان داد کاربرد سوپرجاذب هم در شرایط آبیاری کامل و هم در شرایط تنش ملایم اثر مثبتی بر ارتفاع بوته یونجه داشت. همچنین در شرایط تنش شدید نیز کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب ارتفاع بوته را به صورت معنی‌داری در مقایسه با شاهد در شرایط تنش شدید افزایش داد. تنش خشکی منجر به کاهش فتوسنتز در گیاه می‌شود و این خود باعث کاهش تولید مواد فتوسنتزی و اختلال در روند رویشی خواهد شد. تنش خشکی جذب آب و مواد غذایی محلول یا شیره خام توسط ریشه را کاهش داده و در نتیجه مقدار انتقال این مواد به اندام‌های هوایی و فتوسنتزی کاهش می‌یابد و در نتیجه تبدیل

شیره خام به شیره پرورده یا مواد فتوسنتزی نیز کاهش و در نهایت انتقال این مواد به اندام های گیاهی نیز کاهش یافته که موجب کاهش ارتفاع بوته خواهد شد. سوپر جاذب در شرایط تنش که میزان نیاز گیاه به آب و مواد غذایی افزایش می‌یابد، قادر است با در اختیار قرار دادن آب و کاهش تنش مقدار رشد رویشی گیاه را افزایش دهد. علت اینکه سوپر جاذب در شرایط آبیاری نرمال هم سبب افزایش ارتفاع بوته شده است این است که این ماده ضمن تأمین آب مورد نیاز گیاه قادر است انتقال آب و مواد غذایی را برای گیاه تسهیل و مصرف یکنواخت آب را برای گیاه فراهم سازد و شسته شدن مواد غذایی خاک را کاهش دهد و در نهایت رشد سریع‌تر و مطلوب تر ریشه و بالطبع آن سایر بخش‌های گیاه را فراهم نماید. اسیلان و حاجیلویی (۱۳۸۹) بیشترین و کمترین ارتفاع ساقه یونجه را به ترتیب از تنش ملایم و شدید کم آبی به میزان ۴۷/۳ و ۳۹/۸ سانتی‌متر مشاهده کردند. قنبری و آریافر (Ghanbari and Ariafar, 2013) اظهار داشتند در سطوح آبیاری بعد از ۵۰ و ۷۵ درصد ظرفیت زراعی با افزایش سطح زئولیت (از صفر به ۲/۵ گرم در کیلوگرم خاک) بر ارتفاع گیاه نعناع فلفلی بوته افزوده شد. جلیلی و همکاران (۱۳۹۵) گزارش کردند تنش کم‌آبی موجب کاهش ارتفاع بوته شد اما کاربرد زئولیت موجب افزایش ارتفاع بوته در گندم گردید.

تعداد برگ در ساقه: بر اساس نتایج مقایسه میانگین تیمارهای آبیاری مشاهده شد، شرایط تنش شدید با متوسط ۲۰/۵۴ عدد، تعداد برگ در ساقه را در مقایسه با تیمار آبیاری کامل و تنش ملایم به ترتیب با متوسط ۲۶/۲۷ و ۲۴/۶۸ عدد به صورت معنی‌دار کاهش داد. بین دو تیمار آبیاری کامل و تنش ملایم از نظر تعداد برگ اختلاف معنی‌دار دیده نشد (جدول ۳).کاهش در تعداد برگ بر اثر تنش خشکی می‌تواند به علت اثر مستقیم تنش در تقسیم سلولی باشد که خود ناشی از کاهش تشکیل اسیدهای نوکلئیک و یا افزایش شکسته شدن آن‌ها است (Ashraf et al., 1996). علت دیگر کاهش تعداد برگ، افزایش پیری برگ‌ها و در نتیجه ریزش آنها به واسطه عدم بالانس هورمون‌ها است، که خود ناشی از افزایش سطح هورمون اسید آبسزیک و کاهش سطح هورمون ایندول اسید استیک می‌باشند. در مطالعه اریک و همکاران (Erice et al., 2010) تنش کم‌آبی به صورت معنی‌داری از تعداد برگ در یونجه کاست، آنها همچنین اظهار داشتند برگ‌ها در یونجه نسبت به تنش کم آبی بسیار حساس هستند و حتی بعد از سپری شدن دوره تنش کم آبی، بازیابی نخواهند شد.

در این بررسی کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپر جاذب تعداد برگ در ساقه را در مقایسه با سطوح شاهد، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب ۱۱/۹۲، ۲۵/۴۴ و ۱۸/۶۸ درصد افزایش دادند (جدول ۴). کاهش تعداد برگ در تیمار عدم کاربرد سوپرجاذب، احتمالاً به دلیل نقصان رطوبت قابل دسترس گیاه و ایجاد تنش خشکی رخ داده است. در مطالعه قنبری و آریافر (Ghanbari and Ariafar, 2013) کاربرد زئولیت

(۲/۵ گرم در کیلوگرم خاک) موجب افزایش تعداد برگ در بوته گیاه ریحان تحت شرایط تنش کم آبی (آبیاری بعد از ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی)، مزرعه شد. در مطالعه نظرلی و همکاران (۱۳۹۴) بیشینه (۱۹ عدد) و کمینه (۶ عدد) تعداد برگ فعال در مرحله گلدهی در گیاه آفتابگردان به ترتیب مربوط به مقدار ۳ گرم سوپرجاذب در یک کیلوگرم خاک با آبیاری کامل و شاهد (عدم کاربرد سوپرجاذب) همراه با تنش شدید کم آبی بود. فاضلی رستم پور (Fazeli Rostampour *et al.*, 2013) بالاترین تعداد برگ را در سورگوم علوفه از تیمار دور آبیاری بعد از ۸۰ درصد ظرفیت زراعی مزرعه همراه با کاربرد ۷۵ کیلوگرم در هکتار گزارش کردند.

در این بررسی همبستگی تعداد برگ در ساقه با ارتفاع بوته در سطح احتمال یک درصد مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۵). می‌توان اظهار داشت فراهم سازی شرایط محیطی مناسب (رطوبت و کاربرد سوپرجاذب) به واسطه افزایش ارتفاع بوته موجب افزایش تعداد برگ در بوته شده است.

وزن خشک برگ: نتایج نشان داد با تشدید تنش کم‌آبی از وزن خشک برگ یونجه کاسته شد به نحوی‌که در تیمار تنش شدید وزن خشک برگ در مقایسه با تیمار آبیاری کامل و تنش ملایم به ترتیب ۲۱/۹۷ و ۱۰/۱۰ درصد کاهش نشان داد (جدول ۳). تنش کمبود آب باعث افزایش دمای برگ و در نتیجه، پژمردگی، پیچیدگی و پیری زودرس برگ‌ها می‌شود که این امر نیز کاهش جذب پرتو فعال فتوسنتزی را در پی خواهد داشت که منجر به کاهش تولید ماده خشک می‌شود. با افزایش تنش کمبود آب، اسمولیت‌ها با صرف انرژی زیاد در گیاه تجمع یافته و در نتیجه انرژی که می‌تواند برای رشد و توسعه برگ ها استفاده شود، صرف کاهش پتانسیل اسمزی شده و در نتیجه باعث کاهش وزن برگ می‌شود (Haghoghi et al., 2013). کاهش وزن برگ در یونجه در اثر تنش کم آبی در مطالعات بهنام‌فر و همکاران (۱۳۹۳) و بوکستون (Buxton, 2004) نیز گزارش شده است.

نتایج نشان داد اگر چه کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب با متوسط ۶۰/۲۹ میلی‌گرم بالاترین وزن برگ را به خود اختصاص داد اما کاربرد سطوح ۵۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیز توانستند وزن خشک برگ را در مقایسه با تیمار شاهد (عدم کاربرد سوپرجاذب) به صورت معنی‌دار افزایش دهند. در مطالعه وادی زاده و همکاران (۱۳۹۶) تنش کم آبی به صورت معنی دار از وزن برگ یونجه کاست اما استفاده از اسید سالیسیلیک و گلایسین به صورت معنی‌داری بر وزن برگ در شرایط تنش کم آبی افزود. در این تحقیق همبستگی وزن برگ با ارتفاع بوته و وزن ساقه در سطح احتمال یک درصد مثبت و معنی‌دار بودند (جدول ۵). جوانمرد و همکاران (Javanmard et al., 2012) نشان دادند استفاده از سوپرجاذب به صورت معنی داری بر وزن تر علوفه افزود.

شاخص سطح برگ: مقایسه میانگین تیمارهای آبیاری از لحاظ شاخص سطح برگ نشان داد

شرایط تنش شدید شاخص سطح برگ را در مقایسه با تیمار آبیاری کامل و تنش ملایم به ترتیب ۱۱/۳۰ و ۷/۲۴ درصد کاهش داد. در مطالعه فاضلی رستم پور (Fazeli Rostampour *et al.*, 2012) و محله و همکاران (Mahalleh *et al.*, 2011) نیز با افزایش شدت تنش کم‌آبی از شاخص سطح برگ ذرت علوفه‌ای و سورگوم علوفه‌ای کاسته شد.

در این تحقیق کاربرد سوپرجاذب در سطوح ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار شاخص سطح برگ را در مقایسه با تیمار شاهد (عدم کاربرد سوپر جاذب) به ترتیب۸/۳۸، ۱۴/۵۱ و ۱۷/۰۹ درصد افزایش دادند (جدول ۴). در مطالعه قنبری و آریافر (Ghanbari and Ariafar, 2013) تنش کم آبی از ۱۰۰ درصد به ۵۰ درصد ظرفیت زراعی، کاهش شاخص سطح برگ نعناع فلفلی را نشان داد اما کاربرد زئولیت (۲/۵ گرم در کیلوگرم خاک) موجب افزایش شاخص سطح برگ در شرایط تنش کم‌آبی شد. خلیلی و حمزه (۱۳۹۸) گزارش کردند کاربرد سطوح ۵۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب، بیشترین شاخص سطح برگ و محتوی آب نسبی برگ را به خود اختصاص دادند.

عملکرد خشک علوفه: در مطالعه حاضر با تشدید تنش کم آبی به صورت معنی‌دار از عملکرد خشک علوفه در کلیه سطوح تیمار سوپرجاذب کاسته شد کاهش عملکرد خشک بوته در شرایط کم‌آبی در تحقیق حاضر را می‌توان به کاهش در اجزای عملکرد خشک بوته نسبت داد. کم آبی ارتفاع بوته، تعداد برگ در ساقه، وزن خشک برگ و شاخص سطح برگ را کاهش داد، کاهش در هر یک از اجزای مذکور کاهش عملکرد علوفه را به دنبال دارد. کاهش در عملکرد خشک علوفه در یونجه در مطالعات لیو و همکاران (Liu et al., 2018)، لی و همکاران (Li et al., 2017) و بهنام‌فر و همکاران (۱۳۹۳) و اسیلان و حاجیلویی (۱۳۸۹) نیز گزارش شده است.

مقایسه میانگین تیمارهای اثر متقابل سطوح آبیاری و کاربرد سوپرجاذب نشان داد کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب در دو تیمار تنش ملایم و آبیاری کامل به ترتیب با متوسط ۰/۳۱ و ۰/۳۰ کیلوگرم در متر مربع بالاترین عملکرد خشک علوفه را به خود اختصاص دادند، لازم به ذکر است که بین دو ترکیب تیمار مذکور کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد (جدول ۴). نتایج همچنین نشان داد در تیمار آبیاری کامل کاربرد ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپر جاذب عملکرد خشک علوفه را در مقایسه با تیمار شاهد (در تیمار آبیاری کامل) به ترتیب۳۱/۸۱ و ۳۶/۳۶ درصد افزایش دادند، درحالی‌که در تیمار تنش ملایم سطوح ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپر جاذب عملکرد خشک علوفه را در مقایسه با تیمار شاهد (در تیمار تنش ملایم) به ترتیب ۱۸/۱۸ و ۴۰/۹۰ درصد افزایش دادند، مقدار افزایش عملکرد خشک علوفه دو سطح مذکور در تیمار آبیاری تنش شدید در مقایسه با شاهد (در شرایط دیم) ۲۲/۲۲ درصد بود. چنانچه ملاک مقایسه تیمار شاهد (عدم کاربرد سوپرجاذب) در تیمار آبیاری کامل باشد مشاهده شد که کاربرد سطوح ۱۰۰ و ۱۵۰

کیلوگرم در هکتار سوپر جاذب در تیمار تنش ملایم عملکرد علوفه را به صورت معنی‌داری در مقایسه با تیمار مذکور افزایش دادند، همچنین بر اساس نتایج مقایسات میانگین اختلاف بین تیمار شاهد (عدم کاربرد سوپر جاذب) در شرایط آبیاری کامل، با تیمارهای کاربرد ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپر جاذب در شرایط تنش شدید معنی دار نبود. در مجموع می‌توان به این نتیجه رسید که زمانی که گیاه با تنش کم آبی روبرو است کاربرد سوپرجاذب می‌تواند جایگزین بخشی از آب آبیاری باشد و عملکرد علوفه همسان با زمانی که آبیاری به صورت نرمال انجام می‌شود، تولید نماید. سوپر جاذب‌ها با ذخیره آب و مواد غذایی قادر هستند انتقال مواد فتوسنتزی و آب را به گیاه به صورت مناسبی کنترل نموده و در شرایط تنش کم‌آبی آب را دراختیار گیاه قرار داده و باعث افزایش عملکرد گیاه شوند. همچنین می‌توان گفت سوپر جاذب‌ها سبب افزایش طول دوره رشد گیاه می‌شوند که منجر به افزایش انتقال مواد آسیمیلاسیون در اندام‌های رویشی می‌شود. در تحقیقی در شهرستان خوی بر روی ذرت علوفه ای گزارش شد با افزایش تعداد روزهای دور آبیاری از عملکرد بیولوژیک و عملکرد علوفه کاسته شد در حالیکه بالاترین عملکرد بیولوژیک و عملکرد علوفه‌ای به ترتیب با متوسط ۵۵/۵۴ و ۱۶/۱۲ تن در هکتار در کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم سوپرجاذب گزارش گردید (Mahalleh *et al.*, 2011).

در این تحقیق بین عملکرد خشک علوفه و ارتفاع بوته و تعداد برگ در ساقه در سطح احتمال یک درصد و شاخص سطح برگ در سطح احتمال پنج درصد همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت (جدول، ۵). می‌توان اظهار داشت با افزایش شاخص سطح برگ و تعداد برگ‌ها بر مقدار منابع فتوسنتزی و تولید آسمیلات‌ها افزوده شده که خود موجب افزایش ارتفاع بوته و درنهایت عملکرد علوفه خواهد شد. در مطالعه اسیلان و حاجیلویی (۱۳۸۹) عملکرد خشک علوفه در یونجه با ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ و تعداد گره ساقه همبستگی مثبت و معنی دار نشان داد. در مطالعه‌ای بر روی چغندر قند خلیلی و حمزه (۱۳۹۹) نشان دادند با افزایش شدت تنش کم‌آبی از عملکرد خشک ماده هوایی چغندر قند کاسته شد اما استفاده از مایکوریزا و سوپرجاذب عملکرد ماده خشک هوایی را در سطوح مختلف کم آبی بهبود بخشید.

درصد پروتئین علوفه: نتایج مقایسات میانگین نشان داد کم‌آبی محتوی پروتئین علوفه یونجه را به صورت معنی‌دار افزایش داد. نتایج همچنین نشان داد کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب در شرایط تنش شدید با متوسط ۱۵/۵۵ درصد بالاترین درصد پروتئین علوفه را به خود اختصاص داد هر چند بین تیمار مذکور و تیمار کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار در شرایط تنش شدید و کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در شرایط تنش ملایم اختلاف معنی‌دار دیده نشد. در این بررسی کمترین درصد پروتئین علوفه در تیمار عدم کاربرد سوپر جادب (تیمار شاهد) و شرایط تنش شدید با متوسط ۱۰/۲۶ درصد دیده شد (جدول ۴)، هر چند بین تیمار مذکور و تیمارهای استفاده از ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم

در هکتار سوپرجاذب در شرایط آبیاری کامل اختلاف معنی دار وجود نداشت. به نظر می‌رسد کاهش درصد پروتئین برگ در تیمار تنش‌های شدید بدون کاربرد سوپر جاذب تخریب ساختار پروتئین برگ به واسطه تنش اکسیداتیو باشد. گزارش شده است که شرایط تنش خشکی شدید پروتئین‌های استرومای کلروپلاست به ویژه آنزیم رابیسکو بوسیله رادیکال‌های فعال اکسیژن بصورت غیر آنزیمی تخریب می‌شوند (Parry *et al.*, 2002) همچنین گزارش شده در یونجه تحت تنش کم آبی شدید، کاهش پروتئین محلول کل همراه با افزایش فعالیت آنزیمهای پروتئاز بود (Zeid and Shedeed, 2006). حدادی و همکاران (Haddadi et al., 2010) نشان دادند که که تحت تاثیر خشکی میزان پروتئین افزایش یافته ولی خشکی شدید در آفتابگردان میزان پروتئین بذرها را کاهش داد.

در مطالعه تاج الدین و همکاران (Tag ei Din et al., 1995) تنش کم آبی به صورت معنی‌دار بر محتوی پروتئین علوفه در یونجه افزود. اعتدالی و نوری امامزاده‌ایی (۱۳۹۱) گزارش کردند با مصرف مقادیر بیشتری آب، درصد پروتئین به طور معنی‌دار در ذرت علوفه ای کاهش می‌یابد. بر اساس نتایج جدول همبستگی بین صفات، درصد پروتیئن خام با ارتفاع بوته همبستگی منفی و معنی-دار در سطح احتمال یک درصد و با شاخص سطح برگ همبستگی مثبت و معنی دار در سطح احتمال پنج درصد نشان داد (جدول ۵).

نتیجه‌گیری کلی

در این مطالعه شرایط تنش شدید رطوبتی، عملکرد خشک علوفه را در مقایسه با شرایط آبیاری کامل و تنش ملایم به ترتیب ۲۸/۳۹ و ۲۷/۱۶ درصد کاهش داد اختلاف بین دو شرایط تنش ملایم و آبیاری کامل معنی‌دار نبود، می‌توان نتیجه گرفت یونجه در منطقه و سال مورد بررسی نسبت به تنش خفیف کم‌آبی بدون از دست دادن عملکرد اقتصادی محسوس، متحمل بود. در تحقیق حاضر استفاده از سوپرجاذب به خصوص سطوح ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم توانست عملکرد خشک علوفه را در مقایسه با تیمار عدم کاربرد سوپر جاذب در شرایط تنش ملایم و شدید افزایش دهد، بنابراین دو تیمار مذکور جهت افزایش عملکرد کمی و کیفی یونجه به خصوص در شرایطی که یونجه با دوره های مختلف تنش کم آبی روبرو است، می‌توانند قابل توصیه باشند. لازم به ذکر است اختلاف بین تیمارهای کاربرد ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب در شرایط تنش شدید با تیمار شاهد (عدم استفاده از سوپرجاذب) در شرایط آبیاری کامل از لحاظ عملکرد خشک علوفه معنی‌دار نبود. بنابراین استفاده از سوپرجادب در شرایط تنش شدید شاید راهکار مناسبی برای صرفه‌جویی در مصرف آب و افزایش عملکرد کمی و کیفی علوفه در یونجه باشد. لازم به ذکر است که در این تحقیق استفاده از ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتارسوپر جاذب در دو سال آزمایش در شرایط آبیاری کامل (۴۲۰۰، ۴۸۰۰ کیلوگرم در هکتار)، تنش ملایم (۱۲۰۰ و ۲۴۰۰ کیلوگرم در هکتار)، و تنش شدید (هر دو ۲۴۰۰ کیلوگرم در هکتار) در مجموع سه چین عملکرد خشک علوفه را نسبت به تیمار عدم

کاربرد سوپرجاذب در هر دور آبیاری افزایش داد، قیمت هر کیلو علوفه خشک در دو سال انجام (۹۶-۱۳۹۴) تحقیق ۴۰۰۰ تومان برآورد شد، بنابراین ارزش مالی کاربرد ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار در مجموع دو سال مطالعه در شرایط آبیاری کامل به ترتیب ۱۶/۸ و ۱۹/۲ میلیون تومان، در شرایط تنش ملایم ۴/۸ و ۹/۶ میلیون تومان و در شرایط تنش شدید در هر دو تیمار کاربرد سوپرجاذب ۹/۶ میلیون تومان برآورد شد. قیمت سوپرجاذب در تیمار ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار در سال انجام آزمایش به ترتیب ۵ و ۷/۵ میلیون برآورد شد، صرف نظر از قیمت آب و سایر نهاده‌های دیگر صرفه‌جویی شده در آزمایش کاربرد سوپر جاذب توانسته است توجیه اقتصادی قابل توجهی داشته باشد.

جدول۳- مقایسه میانگین تیمارهای دور آبیاری و سطوح سوپر جاذب از لحاظ اثر بر صفات مورد بررسی در یونجه در دو سال

آبیاری	تعداد برگ در ساقه	وزن خشک برگ (میلی‌گرم)	شاخص سطح برگ
کامل	۲۶/۲۷a	۶۲/۱۸a	۳/۵۹a
تنش ملایم	۲۴/۶۸a	۵۳/۵۲b	۳/۴۵ab
تنش شدید	۲۰/۵۴b	۴۸/۶۱c	۳/۲۰b
سوپر جاذب			
شاهد (صفر)	۲۱/۶۸b	۴۸/۰۶d	۳/۱۰b
۵۰کیلوگرم در هکتار	۲۲/۳۴b	۵۳/۷۹c	۳/۳۶b
۱۰۰ کیلوگرم در هکتار	۲۴/۴۵ab	۶۰/۲۹a	۳/۵۵a
۱۵۰ کیلوگرم در هکتار	۲۶/۴۷a	۵۷/۰۴b	۳/۶۳a

میانگین های دارای حروف مشترک فاقد اختلاف معنی دار با آزمون در سطح احتمال ۵٪ هستند.

جدول۴ - مقایسه میانگین تیمارهای اثر متقابل سطوح آبیاری و سوپر جاذب از لحاظ اثر بر صفات مورد بررسی در یونجه در دو سال.

آبیاری	سوپرجاذب	ارتفاع بوته (سانتی متر)	عملکرد خشک علوفه (کیلوگرم در متر مربع)	درصد پروتئین خام
کامل	شاهد (صفر)	۶۱/۹۵cd	۰/۲۲de	cd۱۱/۴۰
	۵۰ کیلوگرم در هکتار	۷۵/۷۸a	۰/۲۳cde	d۱۰/۵۱
	۱۰۰ کیلوگرم در هکتار	۷۲/۹۸ab	۰/۲۹ab	d۱۰/۷۳
	۱۵۰ کیلوگرم در هکتار	۷۹/۰۵a	۰/۳۰a	cd۱۱/۹۲
تنش ملایم	شاهد (صفر)	۶۱/۷۱cd	۰/۲۲de	cd۱۱/۱۸
	۵۰ کیلوگرم در هکتار	۶۶/۹۱bc	۰/۲۴cd	bc۱۳/۱۱
	۱۰۰ کیلوگرم در هکتار	۶۹/۱۱b	۰/۲۶bc	cd۱۲/۲۹
	۱۵۰ کیلوگرم در هکتار	۷۳/۰۵ab	۰/۳۱a	ab۱۴/۵۸
تنش شدید	شاهد (صفر)	۵۴/۶۵e	۰/۱۸f	d۱۰/۲۶
	۵۰ کیلوگرم در هکتار	۵۹/۸۵de	۰/۱۹f	cd۱۱/۳۰
	۱۰۰ کیلوگرم در هکتار	۶۲/۷۱cd	۰/۲۲de	a۱۵/۵۵

۱۵۰ کیلوگرم در هکتار	۶۰/۳۱de	۰/۲۲de	ab۱۴/۸۸

ns، * و ** به ترتیب عدم معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱٪

جدول ۵- ضرایب همبستگی صفات بر اساس میانگین دو سال

	درصد پروتئین خام	عملکرد خشک علوفه	شاخص سطح برگ	وزن خشک برگ	تعداد برگ در ساقه	ارتفاع بوته
تعداد برگ در ساقه					۱	۰/۴۹**
وزن برگ				۱	-۰/۰۱ns	۰/۰۶۶ns
شاخص سطح برگ			۱	۰/۱۷ns	۰/۰۴ns	۰/۱۵ns
عملکرد خشک علوفه		۱	۰/۲۹*	۰/۱۰ns	۰/۲۴*	۰/۳۷**
درصد پروتئین خام	۱	-۰/۱۵ns	۰/۲۵*	۰/۸۰**	۰/۰۲ns	-۰/۴۰**

ns، * و ** به ترتیب عدم معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱٪

منابع

اسیلان کمال سادات، حاجیلویی، سعید. ۱۳۸۹. بررسی تاثیر تنش کم‌آبی بر صفات کمی و کیفی ارقام یونجه (*Medicago sativa* L.). اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی ۲ (۱): ۵۱-۴۱.

بهنام‌فر کورش، سیادت سید عطاالله، بخشنده عبدالمهدی، کاشفی پور سید محمود، خلیل عالمی سعید، جعفری علی اشرف. ۱۳۹۳. بررسی اثر کم آبیاری بر عملکرد علوفه و کارائی مصرف آب در چهار رقم یونجه (*Medicago sativa*) در شرایط آب و هوایی خوزستان – اهواز. علوم و مهندسی آبیاری (مجله‌ی علمی کشاورزی). ۳۷ (۳): ۶۴-۷۱

یزدانی، ع.، نادری، ر. ا.، فاضلی، ع. ا.، بحرانی، م. ج. ۱۳۹۲. اثر روشهای کاشت و مقادیر مختلف بذر بر عملکرد علوفه یونجه همدانی (*Medicago sativa* L.) در منطقه باجگاه استان فارس. نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی. ۵ (۴): ۱۶۷- ۱۷۵.

خلیلی معروف، حمزه حمزه. ۱۳۹۸. اثر رژیم آبیاری و سوپرجاذب بر خصوصیات کمّی و کیفی چغندرقند (*Beta vulgaris* L.). اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. ۳ (۵۱): ۳۹۵-۴۱۲.

خلیلی معروف، حمزه حمزه. ۱۳۹۹. اثر تیمارهای مختلف مواد افزودنی به خاک بر خصوصیات کمی و کیفی چغندر قند (*Beta vulgaris* L.) تحت رژیم‌های مختلف آبیاری. دانش کشاورزی و تولید پایدار. انتشار آنلاین از تاریخ ۲۰ فروردین ۱۴۰۰. https://sustainagriculture.tabrizu.ac.ir/ article_12392.html

میرزاحسین رشنو، زین‌العابدین طهماسبی سروستانی، حسین حیدری‌شریف‌آباد، سیدعلی‌محمد مدرس‌ثانوی، رضا توکل‌افشاری. ۱۳۹۲. اثر تنش خشکی و محلول‌پاشی آهن و روی بر ویژگی‌های کمی و کیفی دو گونه یونجه یک‌ساله. تولید گیاهان زراعی. ۶ (۱): ۱۲۵-۱۴۸.

وادی زاده پیمان، سراجوقی منصور و میرطاهری سید مهدی. ۱۳۹۶. مطالعه تأثیر اسید سالیسیلیک و گالیسین بر روی برخی صفات زراعی یونجه در شرایط تنش رطوبتی. زراعت و اصلاح نباتات، ۱ (۲): ۱-۱۴.

جلیلی سعید، هادی معین، مجنونی هریس ابوالفضل، دلیر حسن نیا. ۱۳۹۵. اثر تنش کمبود آب و کاربرد سوپرجاذب استاکوزورب بر برخی صفات زراعی گندم زمستانه در تبریز. فیزیولوژی گیاهان زراعی ۸ (۳۲): ۱۰۷-۱۲۰.

اعتدالی سپیده، نوری امام زاده ای محمدرضا. ۱۳۹۱. اثرات تنش آب و کود بر عملکرد و مقدار پروتئین ذرت علوفه ای در سیستم کود – آبیاری. علوم مهندسی آبیاری (مجله علمی کشاورزی) ۳۵ (۴): ۳۹-۴۷.

نظرلی حسین، درویش زاده رضا، زردشتی محمدرضا، حاتمی ملکی حمید، رسولی صدقیانی میرحسن، قویدل فرزاد . ۱۳۹۴. بررسی اثر کاربرد سوپرجاذب و کم آبیاری بر صفت های مورفولوژیک و فیزیولوژیک آفتابگردان. پژوهش های کاربردی زراعی (پژوهش و سازندگی) ۱۰۸: ۱۷-۲۳.

Ashraf M Y, Mazhar H Naqvi L. and Khan, A H. 1996. Effect of water stress on total phenols, peroxidase activity, growth and yield of tomato. Acta Horticulturae 516: 41-45.

Buxton DR. 2004. Growing quality forages under variable environmental conditions USDA. Iowa State University, USA

Erice G, Louahlia S, Irigoyen JJ, Sanchez-Diaz M, Avice JC. 2010. Biomass partitioning, morphology and water status of four alfalfa genotypes submitted to progressive drought and subsequent recovery. Journal of Plant Physiology. 167(2):114–20.

FAO Statistical Yearbook. 2017. http://faostat.fao.org.

Fazeli Rostampour M, 2013. The effect of irrigation regimes and polymer on several physiological traits of forage sorghum. Asian Journal of Agricultural and Food Sciences 1(5): 274-280.

Fazeli Rostampour M, Yarnia M, Rahimzadeh Khoee F, Seghatoleslami MJ, Moosavi, GR. 2012b. Effect of superab A200 and drought stress on dry matter yield in forage sorghum. American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences 12(2): 231-236.

Fazeli Rostampour M, Yarnia M, Rahimzadeh Khoee F, Seghatoleslami MJ, Moosavi, G R. 2013. Physiological response of forage sorghum to polymer under water deficit conditions. Agronomy Journal 105(4): 951-959.

Fazeli Rostampour M, Yarnia M, Rahimzadeh Khoee, F. 2012a. Effect of polymer and irrigation regimes on dry matter yield and several physiological traits of forage sorghum. African Journal of Biotechnology 11(48):10834-10840.

Fazeli Rostampour M, Yarniya M, Moosavi SG, Seghatoleslami MJ. 2016. Study the effect of irrigation regimes and superabsorbent on proline and soluble sugars and their relationship with forage dry matter of sorghum. Journal of plant ecophysiology 27: 90-102.

Fransen S, Kugler J, Evan DW, Ford W. P. 2001; Alfalfa irrigation management, In drought advisory, EM 4824, Washington State University cooperative Extension. (http://pubs. Wsu. edu type “drought” in the search box for downloadable files.

Ghanbari M, Ariafar S. 2013. The effects of water deficit and zeolite application on growth traits and oil yield of medicinal peppermint (*Mentha piperita* L). International Journal of Medicinal and Aromatic Plants 3(1):32-39.

Haddadi P, Yazdi-samadi B, Langlade NB, Naghavi MR, Berger M, Kalantari A, Calmon A, Maury P, Vincourt P, Sarrafi A. 2010. Genetic control of protein, oil and fatty acids content under partial drought stress and late sowing conditions in sunflower (Helianthus annuus). African Journal of Biotechnology, 9(40): 6768-6782.

Haghoghi M, Mozaffarian M, Afifipour, Z. 2013 Effect of super absorbent polymer and different levels of low irrigation on growth and some quantitative and qualitative characteristics of tomato fruit (*Lycopersicum esculentum* L). Journal of Horticulture Sciences (Agricultural Sciences and Technology) 28 (1), 12-29 .

Islam MR, Xue X, Mao S, Zhao X, Eneji AE, Hu, Y. 2011b. Superabsorbent polymers (SAP) enhance efficient and eco-friendly production of corn (*Zea mays* L.) in drought affected areas of northern China. African Journal of Biotechnology 10(24): 4887-4894.

Ismail SM, Almarshadi. MH. 2011. Effects of Water Stress Applied with Sub-surface Drip Irrigation on Forage Productivity and Water Use Efficiency of Alfalfa under Precise Irrigation Practice in Arid Climate. American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture. 5(1):97–106.

Javanmard Hamid Reza, mokhtari karchegani hosein, gholami ali. 2018. Effect of Super Absorbent Polymer, Humic Acid and Bacteria on Physiological Traits of Annual Alfalfa (Medicago Scutellata) in Lead-Contaminated Soils. crop physiology. spring 2018, Volume 10, Number 37 #g00664; Page(s) 119 To 138.

Javanmard HR, Habibi D, Hoodaji M, Paknejad F, Boojar MMA. 2012. nfluence of humic acid, super absorbent and bacteria usage on the lead phytoextraction by annual alfalfa (Medicago scutellata L.) from contaminated soil. Research on crops. 18 (3): 1048-1052

Keshavars L, Farahbakhsh H, Golkar, P. 2015. The Effects of Drought Stress and Super Absorbent Polymer on Morphphysiological Traits of Pear millet (*Pennisetum glaucum*). International Research Journal of Applied and Basic Sciences 3 (1): 148-154.

Li M, LiuY, Yan H, and Sui R. 2017. Effects of Irrigation Amount on Alfalfa Yield and Quality with a Center-Pivot System. Transactions of the ASABE. 60(5): 1633-1644.

Li X, He JZ, Hughes J, Liu YR, Zheng, Y. M. 2013. Effects of super-absorbent polymers on soil-wheat (Triticum aestivum L.) system in the field. Applied Soil Ecology 73:58-63.

Mahalleh JK, Abad HHS, Nourmohammadi G, Darvish F, Haravan IM, Valizadegan, E. 2011. Effect of superabsorbent polymer (Tarawat a200) on forage yield and qualitative characters in corn under deficit irrigation condition in Khoy zone (Northwest of Iran). Article in Advances in Environmental Biology 5(9): 2579-2587.

Parry MAJ, Andralojc PJ, Khan S, Lea PJ, Keys AJ. 2002. Rubisco activity: effects of drought stress. Annals of Botany, 89: 833-839.

Tag EI Din S, Abdulaziz M, Assaeed M.1995. Effect of Phosphorus Fertilizer and Irrigation Frequency on Yield and Protein Content of Alfalfa. Journal of King Saud University. (1): 49-60.

Watson DJ. 1947. Comparative physiological studies in the growth of field crops.Variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within and between years. Annals of Botany, 11: 41-76.

Yinghao L, Wu Q Ge G, Han G, Yushan Jia Y. 2018. Influence of drought stress on afalfa yields and nutritional composition. BMC Plant Biology .18 (13): 225-271.

Zeid IM, Shedeed ZA, 2006. Response of alfalfa to putrescine treatment under drought stress. Biologia Plantarum, 50 (4): 635-640.

DOI: 10.22092/IDAJ.2021.342918.306

Investigating the effect of superabsorbent polymer application on agronomic properties and forage yield of alfalfa under different moisture conditions

Marouf Khalili[*1], Hamzeh Hamzeh[2]

1- Department of Biotechnology and Plant Breeding, Payame Noor University, Tehran, Iran

2- Department of sugar beet research, Hamadan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Hamadan, Iran.

Abstract

To investigate the effect of superabsorbent polymer application on agronomic properties and forage yield of alfalfa under different moisture conditions, a split plots experiment was conducted based on a randomized complete block design with three replicas, in the year 2014-2017. Treatments were irrigation in three levels including included at three levels including complete irrigation (irrigation after soil moisture reaches 80% of field capacity), supplementary (irrigation after soil moisture reaches 50% of field capacity) and rainfed conditions (without irrigation) (and super absorbents including 0, 50,100, and 150 Kg/h. There was a significant difference between irrigation treatments in terms of the effect on all studied traits except for the leaf area index, while the difference between superabsorbent levels was significant on all studied traits. The interaction effect of irrigation treatment and superabsorbent levels on plant height, dry forage yield and crude protein percentage was also significant. In this study, the use of levels of 100 and 150 Kg/h of superabsorbent in all three wet conditions had a positive effect on improving the dry forage yield of alfalfa.. Therefore, these two treatments are recommended to increase the quantitative and qualitative yield of alfalfa, especially in conditions where alfalfa is facing different periods of water deficit, Also, the difference between the treatments of 100 and 150 Kg/h in superabsorbent treatment under severe stress conditions with the control treatment (no use of superabsorbent) in full irrigation conditions was not significant in terms of dry forage yield. Therefore, the use of superabsorbent in severe water deficit conditions can be a suitable solution to save water consumption and increase the quantitative and qualitative yield of forage in alfalfa.

Key word: Crude protein, leaf number, water deficit

* *Corresponding author:* makhalily@yahoo.com *Submit date:2020/05/10 Accept date: 2021/04/27*