

بررسی عملکرد و بهره‌وری مصرف آب کاهوبرگی تحت تنش خشکی و شوری در شرایط گلخانه‌ای

الهه ذرتی پور^۱، امیرسلطانی محمدی^{۲*} و ناصر عالم‌زاده‌انصاری^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۲/۲۰

چکیده

به منظور بررسی اثر کم‌آبیاری و شوری آب آبیاری بر عملکرد، اجزای عملکرد و بهره‌وری مصرف آب کاهوبرگی رقم *Red Salad Bowl* تحقیقی در سال ۱۳۹۶ در دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز انجام گرفت. این تحقیق به صورت یک طرح کاملاً تصادفی در قالب فاکتوریل و در سه تکرار انجام شد که شامل سه تیمار آبیاری ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه (I_1 ، I_2 و I_3) و چهار تیمار شوری ۰/۵، ۲، ۳/۵ و ۵ دسی‌زیمنس بر متر (S_1 ، S_2 ، S_3 و S_4) بود. نتایج نشان داد که اثر میزان آب آبیاری بر تمام پارامترهای مورد بررسی گیاه غیر از قطر ساقه و بهره‌وری مصرف آب در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. بیشترین (۱۴۸ گرم در بوته) میزان عملکرد مربوط به تیمار I_1 بود. اثر شوری آب آبیاری فقط بر سطح برگ، طول بوته، طول ساقه و بهره‌وری مصرف آب در سطح پنج درصد معنی‌دار شد و بیشترین (۱۲۷ گرم در بوته) میزان عملکرد مربوط به تیمار S_4 بود. اثر متقابل آبیاری و شوری بر هیچ کدام از صفات مورد بررسی به جز طول ساقه معنی‌دار نبود. با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق، رقم مورد مطالعه قابلیت تحمل شوری نسبت به رقم‌های معمول کاهو را دارد.

واژه‌های کلیدی: بهره‌وری مصرف آب، شوری، عملکرد، کم‌آبیاری

مقدمه

رشد جمعیت، نیاز به غذای بیشتر و منابع محدود آب در مناطق خشک و نیمه خشک نیاز به استفاده از منابع آب با کیفیت پایین و مدیریت کم‌آبیاری و یا استفاده از هر دو استراتژی را شامل می‌گردد (Babazadeh et al., 2017). تنش ناشی از کمبود آب ضمن کاهش محتوای آب در بافت‌های گیاهان باعث محدود شدن رشد و برخی تغییرات فیزیولوژیکی و متابولیکی در آن‌ها می‌گردد. از طرف دیگر، قابلیت دسترسی عناصر غذایی مختلف در خاک تحت تأثیر تنش خشکی تغییرات قابل ملاحظه‌ای می‌یابد. بنابراین مدیریت تغذیه گیاه در شرایط تنش یکی از مسائل مهم در تولید محصولات گیاهی محسوب می‌شود (احمدیان و همکاران، ۱۳۹۰). تنش شوری بر همه فرآیندهای اصلی مثل رشد، فتوسنتز، سنتز پروتئین و متابولیسم چربی اثر دارد. شوری باعث کاهش عملکرد اکثر

محصولات کشاورزی به خصوص سبزی‌ها می‌گردد. سبزی‌ها در مقایسه با دیگر محصولات زراعی حساسیت بالاتری به تنش شوری دارند. از جمله کاهو که در ردیف سبزی‌های حساس به شوری طبقه‌بندی شده است (فتاحی و همکاران، ۱۳۹۶). کاهو یک محصول گیاهی سرد فصل و موردپسند همگان با توجه به میزان مصرف و اهمیت اقتصادی در سراسر جهان است (Patil et al., 2013) و گیاهی نسبتاً حساس، که آستانه تحمل آن به شوری ۱/۳ دسی‌زیمنس بر مترو شیب کاهش عملکرد آن ۱۳ درصد می‌باشد. حساسیت کاهو به شوری ممکن است در میان ارقام مختلف آن متفاوت باشد (Unlukara et al., 2008). در این پژوهش از کاهوی برگ‌گی رقم *Red Salad Bowl* با نام علمی *Lactuca sativa L.* استفاده گردید. *Red Salad Bowl* نوعی از کاهو است، که دارای برگ‌های جدا از هم بوده و یک رقم متعلق به گونه کاهوبرگی می‌باشد (Bartha et al., 2011). ایکس‌یو و موی (۲۰۱۵)، در مطالعه خود، تحت عنوان ارزیابی میزان تحمل ارقام و ژنوتیپ‌های مختلف کاهو نسبت به شوری، در شرایط گلخانه‌ای و شناسایی ارقام مقاوم در برابر شوری، دریافتند افزایش شوری میزان ماده خشک و ماده تر محصول را کاهش داد ولی باعث افزایش نسبت آن‌ها شد و بر برخی پارامترها هیچ تأثیری نداشت. همچنین تعدادی از ارقام کاهو به عنوان مثال کاهوبرگی نسبت به شوری مقاوم بودند، به طور کلی حساسیت ارقام

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز

۲- دانشیار گروه آبیاری و زهکشی دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز

۳- دانشیار گروه باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز

(Email: A.soltani@scu.ac.ir)

* - نویسنده مسئول:

تنش خشکی (۶۰،۸۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی) و قارچ میکوریزا بر برخی از خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی کاهو پرداختند. نتایج نشان داد، اثر تنش خشکی بر تمامی صفات از جمله تعداد برگ، سطح برگ، وزن تر و خشک شاخساره و سایر پارامترها به جز درصد کلونیزاسیون ریشه کاهو در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود و بیشترین و کمترین وزن تر و خشک در تیمار ۱۰۰ درصد و ۶۰ درصد رطوبت مشاهده شد. زارع و همکاران (۱۳۹۵)، تأثیر تنش شوری بر خصوصیات مورفولوژیک ژنوتیپ‌های کاهو (*Lactuca sativa*.L) را در سه سطح (۰، ۲ و ۴ دسی‌زیمنس بر متر) مورد بررسی قرار دادند، نتایج نشان داد، وزن تر ریشه و بوته در ژنوتیپ‌های کاهو به طور معنی‌داری تحت تأثیر سطوح مختلف شوری قرار گرفت و بیشترین وزن تر در سطح شاهد و کمترین آن در سطح ۴ دسی‌زیمنس بر متر بدست آمد. هوشمندزاده و همکاران (۱۳۹۲)، در پژوهش خود به بررسی روند افزایش ارتفاع کاهو و کارایی مصرف آب تحت تیمارهای دور آبیاری (۱ روز و ۲ روز) و سطوح مختلف آبیاری قطرهای (۱۰۰ درصد و ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه) پرداختند. آزمایش در چهار تکرار و در گلخانه انجام گرفت. نتایج نشان داد که اختلاف معنی‌دار بین سطوح آبیاری وجود دارد به طوری که بهترین کارایی مصرف آب را تیمار ۸۰ درصد نیاز آبی با دور دو روز و کمترین کارایی مصرف آب مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبیاری با دور ۱ روز بود. طاهری و همکاران (۱۳۹۶) به بررسی تأثیر پلیمر سوپر جاذب و تنش خشکی بر تعداد و سطح برگ گیاه کاهو پرداختند. نتایج نشان داد که بیشترین تعداد برگ در تیمار ۸ گرم سوپر جاذب و ۸۰ درصد نیاز آبی، بیشترین سطح برگ در تیمار ۶ گرم سوپر جاذب و ۱۰۰ درصد نیاز آبی و کمترین تعداد برگ و سطح برگ در تیمار صفر گرم سوپر جاذب و ۱۰۰ درصد نیاز آبی مشاهده شد. نوکلوز و همکاران (۲۰۱۴)، در پژوهش خود، تغییرات در فتوسنتز، عملکرد و کیفیت دو رقم کاهو را تحت تنش شوری مورد بررسی قرار دادند و از غلظت‌های مختلف شوری (۰، ۵، ۱۰ و ۲۰ میلی‌مولار) استفاده کردند. نتایج نشان داد که در غلظت شوری ۲۰ میلی‌مولار، وزن تازه برگ در هر دو رقم کاهو، در مقایسه با تیمار شاهد کاهش یافت (Neocleous et al., 2014). ناگاز و همکاران (۲۰۱۳)، اثر سطوح مختلف آب شور را بر عملکرد و بهره‌وری مصرف آب کاهو مورد بررسی قرار دادند. بیشترین عملکرد کاهو و کمترین میزان بهره‌وری مصرف آب مربوط به تیمار شاهد (۱۰۰ درصد نیاز آبی) و بیشترین مقدار بهره‌وری مصرف آب مربوط به تیمار ۳۰ درصد نیاز آبی بدست آمد (Nagaz et al., 2013). یازگان و همکاران (۲۰۰۸)، تأثیر سطوح مختلف آبیاری را بر عملکرد و اجزای عملکرد کاهو در شرایط کشت گلخانه‌ای، در ترکیه بررسی کردند، نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی به مقدار ۱۵/۱ کیلوگرم در هکتار بود و اجزای عملکرد نظیر تعداد برگ و ارتفاع بوته نیز اختلاف معنی‌دار با هم داشتند (Yazgan et al., 2008). ارس و

مختلف کاهو به شوری متفاوت بود. ضمن این که معتقدند، به منظور سازگاری این ارقام نسبت به تنش شوری، برای تولیدکنندگان می‌تواند مفید باشند (Xu and Mou., 2015). بارتا و همکاران (۲۰۱۱)، به منظور شناسایی شاخص‌های فیزیولوژیکی برای انتخاب مؤثر ارقام مقاوم به شوری و گونه‌هایی که باعث افزایش شوری خاک می‌شوند، پنج رقم کاهو تحت تنش شوری مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد، رشد پارامترهای مختلف تحت تنش شوری در ارقام مختلف کاهو متفاوت بود و تأخیر جوانه زنی و رشد شاخساره به عنوان شاخص‌های رشد زودرس، تحت تنش شوری ارقام مختلف کاهو مورد استفاده قرار گرفت. از بین ارقام مختلف، رقم *Red Salad Bowl* فقط جوانه زنی را به تأخیر انداخت و اثر معنی‌دار در کاهش درصد جوانه زنی نداشت و به عنوان گونه مقاوم در برابر شوری معرفی گردید (Bartha et al., 2011). طاهری (۱۳۹۶)، در پژوهش خود به بررسی سطوح مختلف آبیاری کاهوپنج (*Lactuca sativa* var. *longifolia*) بر کارایی مصرف آب پرداختند. نتایج نشان داد، اثر میزان آبیاری بر کارایی مصرف آب معنی‌دار نبوده است و اعمال کم آبیاری باعث افزایش کارایی مصرف آب، نسبت به تیمار شاهد (۱۰۰ درصد نیاز آبی) می‌شود اما این تفاوت معنی‌دار نمی‌باشد. زیرا اعمال کم آبیاری، کاهش محصول را در پی داشته در نتیجه اعمال تنش تأثیر چندانی بر کارایی مصرف آب نداشته است. فرهادی و همکاران (۱۳۹۶)، به بررسی و تعیین پایه‌های متحمل به تنش شوری برای پیوند خیار گلخانه‌ای رقم اسپادانا پرداختند. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. نتایج نشان داد، که کاهش رشد بوته از شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر به طور ملموس شروع شد و در شرایط تنش شوری، طول ریشه و نسبت ریشه به اندام هوایی افزایش و حجم و ماده خشک ریشه کاهش یافت. همچنین، رشد رویشی شامل طول بوته، سطح برگ، حجم و ماده خشک ریشه و شاخساره به عنوان پایه‌های متحمل به شوری شناخته شدند. شیخی و رونقی (۱۳۹۲)، اثر شوری را بر عملکرد اسفناج رقم ویروفلی، مورد بررسی قرار دادند. بدین منظور آزمایشی گلدانی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در شرایط گلخانه طراحی و اجرا کردند. نتایج نشان داد، کاربرد کلرید سدیم اثر معنی‌داری بر عملکرد اندام هوایی نداشت و آستانه شوری برای رقم مورد آزمایش حداقل ۱۱/۵ دسی‌زیمنس بر متر بود که این مقدار، به مراتب بیشتر از آستانه ذکر شده در بیشتر منابع برای اسفناج (۲ دسی‌زیمنس بر متر) می‌باشد. صداقت‌پور و همکاران (۱۳۹۴)، اثر سطوح مختلف شوری را با استفاده از نمک کلرید سدیم، بر برخی ویژگی‌های رشد شامل طول ریشه، طول و قطر ساقه، طول و قطر میوه، در ژنوتیپ‌های مختلف گیاه فلفل مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد، که شوری بر طول ریشه، طول و قطر ساقه و طول و قطر میوه تأثیر معنی‌داری داشت. بدوی و همکاران (۱۳۹۴)، به بررسی تأثیر

عدم کاهش محصول با کیفیت، باعث بهینه‌سازی الگوی مصرف آب نیز خواهد شد. براین اساس همان‌گونه که گفته شد، مطالعات محدودی روی ارقام کاهوبرگی به‌ویژه رقم *Red Salad Bowl* انجام گرفته، که در آن‌ها، از سدیم کلرید به عنوان عامل شوری استفاده شده و در نهایت به تحمل بالای این ارقام به شوری، نسبت به ارقام دیگر اشاره گردیده است، در مطالعه حاضر از زه‌آب با شوری ۸۶ دسی‌زیمنس بر متر استفاده شد که به میزان سطوح شوری مورد بررسی با آب آبیاری مخلوط گشت، قابل توجه است، که یافتن ارقام شورپسند و بررسی میزان تحمل آن‌ها به شوری کمک شایانی به مدیریت مصرف بهینه آب می‌نماید. لذا هدف از انجام این پژوهش، بررسی اثر کم‌آبیاری و شوری آب آبیاری بر عملکرد، اجزای عملکرد و بهره‌وری مصرف آب کاهو برگی رقم *Red Salad Bowl* در شرایط گلخانه‌ای در اهواز می‌باشد. همچنین معرفی این رقم به‌عنوان گونه‌ای مقاوم به شوری از دیگر اهداف تحقیق حاضر است. *Red Salad Bowl* یک رقم از خانواده کاهوبرگی محسوب می‌شود و تاکنون در ایران اثر سطوح مختلف آبیاری و شوری بر عملکرد و اجزای عملکرد آن بررسی نشده است، که این موضوع ضرورت انجام این پژوهش را دو چندان می‌کند.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی پارامترهای فیزیولوژیکی کاهوبرگی در طی رشد و میزان تحمل آن در شرایط تنش توأم خشکی و شوری آزمایشی به صورت یک طرح کاملاً تصادفی در قالب فاکتوریل با سه تکرار، در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز انجام شد. زمان کاشت ۲۱ آذر ماه سال ۱۳۹۶ بود و کشت به صورت غیر مستقیم (کاشت نشاء) درون گلدان صورت گرفت. آزمایش شامل سه سطح آبیاری ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه (به ترتیب I_1 ، I_2 و I_3) و چهار تیمار شوری ۰/۵، ۲، ۳/۵ و ۵ دسی‌زیمنس بر متر (به ترتیب با حروف S_1 ، S_2 ، S_3 و S_4) بود. خاک مورد استفاده دارای بافت متوسط بود. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول ۱ ارائه شده است.

سورز (۲۰۱۷)، به بررسی عملکرد اسفناج و پاسخ فیزیولوژیکی آن تحت شرایط توأم تنش خشکی و شوری پرداختند. نتایج نشان داد که پاسخ عملکرد اسفناج به تنش خشکی و شوری بسیار متفاوت است، به طوری که عملکرد اسفناج در ابتدا با افزایش شوری تا ۹ دسی‌زیمنس بر متر افزایش یافت اما با افزایش شوری از ۹ دسی‌زیمنس بر متر عملکرد کاهش یافت، برخلاف آن، عملکرد در سطوح مختلف تنش خشکی نسبت به شاهد کاهش یافت (Ors and Suarez., 2017). ایاز و همکاران (۲۰۱۱)، تاثیر کم‌آبیاری را بر عملکرد کلم بروکلی در شرایط گلخانه‌ای بررسی و مشاهده کردند اثر سطوح آب آبیاری بر عملکرد، ارتفاع سر، قطر سر، وزن سر و ماده خشک در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود و بالاترین عملکرد ۲۹/۲ تن در هکتار، مربوط به بیشترین سطح آبیاری بود (Ayas et al., 2011). به‌علت بهره‌برداری از منابع آب و خاک مساله شوری به تدریج جدی‌تر می‌شود. با توجه به مشکلات موجود روش‌هایی جهت احیاء خاک‌های شور، معرفی رقم‌های مقاوم به شوری و اصلاح گیاهان برای تحمل به شوری می‌تواند روش اقتصادی مفید جهت غلبه بر این مشکل باشد (کشاورز و همکاران، ۱۳۹۴). برای به حداقل رساندن تأثیر شوری بایستی روش‌های مطلوب به‌زراعی، مدیریت بهینه مزرعه، به‌نژادی و استفاده از گیاهان و ارقام مناسب و سازگار با شرایط شور را اعمال نمود. یکی از راه‌های برون‌رفت از محدودیت‌های پیش‌رو، استفاده از محیط‌های کنترل شده (گلخانه) و تولید در ارتفاع به‌جای توسعه سطح است. اما به‌دلیل هزینه زیاد احداث سازه و تولید در شرایط گلخانه‌ای، کشاورزان ناچارند پی در پی کشت نمایند و از نهاده‌های موجود حداکثر استفاده را نمایند که ممکن است در دراز مدت بیش‌بود یا کم‌بود عناصر و یا بروز عوامل بیماری‌زا رخ نماید (فرهادی و همکاران، ۱۳۹۶). بنابراین در محیط گلخانه به‌دلیل فراهم بودن کنترل دما، ایجاد محیط مناسب برای رشد گیاه و به حداقل رساندن حمله آفات و بیماری‌ها محیط مناسبی برای پرورش و رشد گیاه می‌باشد. با توجه به کاهش منابع آب با کیفیت، وسعت اراضی شور و اهمیت واکنش ارقام مختلف سبزی‌ها در شرایط مختلف رشد به تنش، نیاز مبرمی به شناسایی و معرفی گونه‌ها و ارقام مقاوم به شوری می‌باشد، شناخت و استفاده از ارقام متحمل به شوری ضمن

جدول ۱- خصوصیات خاک مورد آزمایش

pH	ECe(dS/m)	$\rho_b(g/cm^3)$	θ_{vPWP} (%)	θ_{vFC} (%)	درصد شن	درصد سیلت	درصد رس	بافت خاک
۷/۹	۲/۲	۱/۴	۱۳	۲۴	۴۷/۶	۲۸	۲۴/۴	لوم رسی شنی

استفاده قرار گرفت. سپس درصد عناصر تشکیل‌دهنده هریک از تیمارها معین شد که در جدول ۲ ارائه گردیده است. آب شور مورد استفاده از طریق مخلوط کردن آب کانال با زه‌آب، در نسبت‌های معین

در جدول (۲) خصوصیات کیفی آب آبیاری نشان داده شده است. نسبت‌های شوری ۰/۵، ۲، ۳/۵ و ۵ دسی‌زیمنس بر متر برای هر کدام از تیمارها با توجه به میزان ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی تهیه و مورد

صورت گرفت و برای تیمار شوری ۰/۵ دسی زیمنس بر متر (با توجه به حد آستانه تحمل کاهو که برابر ۰/۹ می‌باشد) (وزیری و همکاران، ۱۳۸۷)، آب کانال با آب مقطر مخلوط گردید.

جدول ۲- خصوصیات کیفی آب آبیاری در تیمارهای مختلف

تیمار	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	CL ⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	pH	EC
	(meq/lit)								
	(dS/m)								
S ₁	۱/۶۵	۰/۰۴	۱/۹۱	۰/۵	۰/۴	۳/۷۵	۰/۰۲۵	۸	۰/۵
S ₂	۹/۳	۰/۰۸	۱۰/۹۱	۱/۱	۱۵	۶	۰/۰۷۲	۷/۸۴	۲
S ₃	۵/۷	۰/۱۰	۲۴/۵۵	۴/۷	۳۱/۵	۳/۵	۰/۰۵۱	۷/۸۱	۳/۵
S ₄	۷/۵	۰/۱۵	۳۶/۳۶	۷/۳	۴۸/۵	۵	۰/۰۷۰	۷/۸۳	۵

شد. آبیاری به صورت دستی و به کمک پیمان‌مدراج انجام شد. همچنین از کود NPK به صورت محلول در طول دوره رشد استفاده گردید. با توجه به این‌که، مصرف بیش از اندازه کود آسیب جدی به گیاه وارد می‌کند، لذا غلظت استفاده‌شده کود در این آزمایش، یک گرم در هر لیتر آب بود. در شکل ۱ نحوه قرارگیری تیمارها در گلخانه و مراحل انجام کار را نشان می‌دهد.

نیاز آبی گیاه باتوجه به نشریه فائو ۵۶ و براساس درصد تخلیه مجاز رطوبتی (۳۰ درصد)، برای تیمار شاهد (۱۰۰ درصد نیاز آبی) تامین گشت و برای سایر تیمارهای آبیاری درصدی از این مقدار منظور شد. بدین منظور از ۳۶ گلدان با قطر ۲۲ و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر استفاده گردید. دوره رشد گیاه مورد بررسی در حدود ۷۰ روز بود. پس از ریختن فیلتر در ته گلدان‌ها و پرکردن آن‌ها از مقدار معینی خاک خشک، انتقال نشاءها به گلدان‌ها صورت گرفت و اعمال تیمار انجام



شکل ۱- نحوه قرارگیری تیمارها در گلخانه و مراحل انجام کار

۱۳۹۶ انجام گرفت. در پایان طول دوره رشد، صفات مورفولوژیکی شامل تعداد برگ، سطح برگ، طول بوته، طول ساقه، قطر ساقه، عملکرد (وزن تر) و بهره‌وری مصرف آب برای گیاه کاهو اندازه‌گیری گردید. تعداد برگ‌های هر بوته شمارش و طول آن اندازه‌گیری شد. همچنین قسمت هوایی بوته که روی سطح خاک قرار گرفته بود،

برای تعیین زمان آبیاری از روش وزنی استفاده شد به این صورت که با وزن کردن روزانه گلدان‌های شاهد (بدون تنش) مقدار رطوبت خاک گلدان به دست آمد. هنگامی که رطوبت حجمی خاک به حد تخلیه مجاز رسید اقدام به آبیاری بعدی گردید و رطوبت گلدان دوباره به حد ظرفیت زراعی ارتقاء داده شد. برداشت محصول در ۵ اسفند

نتایج و بحث

اثر سطوح مختلف آبیاری و شوری بر وزن تر بوته

نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد که آبیاری و میزان شوری بر وزن تر بوته اثر معنی‌دار دارند، اما اثر متقابل آبیاری و شوری بر این پارامتر معنی‌دار نیست. بیشترین مقدار وزن تر بوته در سطح شاهد (۱۴۸ گرم در بوته) و کمترین آن در سطح آبیاری ۶۰ درصد (۸۸ گرم در بوته) بدست آمد (جدول ۴). با کاهش سطوح آبیاری وزن تر کاهش یافت، که دلیل آن کاهش تعداد برگ و سطح برگ است.

به وسیله چاقو جدا و پس از اندازه‌گیری وزن هر بوته، سطح برگ‌های هر بوته، به صورت وزنی و با استفاده از دستگاه Leaf Area Meter و نرم‌افزار win Dias اندازه‌گیری گردید. برای اندازه‌گیری طول بوته، طول ساقه، قطر ساقه از خط‌کش میلی‌متری استفاده شد. وزن تر بوته (قسمت هوایی) با استفاده از ترازوی دقیق دیجیتال دقیق اندازه‌گیری شد. برای تجزیه و تحلیل نتایج از نرم‌افزار SPSS و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن (در سطح ۵ درصد) استفاده گردید.

جدول ۳- تجزیه واریانس پارامترهای اندازه‌گیری شده تحت تیمارهای مختلف آبیاری و شوری

میانگین مربعات								درجه آزادی	منابع تغییرات
بهره‌وری مصرف آب	وزن تر بوته	قطر ساقه	طول ساقه	طول بوته	سطح برگ	تعداد برگ	سطح برگ		
۱۳/۳ns	۱۰۷۹۲/۷*	۰/۲ns	۲۱/۰*	۲۵/۹*	۸۰۷۳۵۸۷/۰*	۷۷/۲*	۳	آبیاری	
۲۲/۴*	۳۷۵/۱*	۰/۳ns	۹/۸*	۱۰/۱*	۶۰۷۹۵۰/۰*	۳/۹ns	۳	شوری	
۲/۱ns	۵۰/۸ns	۰/۱۴ns	۱/۶*	۰/۹ns	۵۲۸۳۵/۰ns	۰/۶ns	۶	آبیاری × شوری	
۶/۹	۱۲۷/۷	۰/۱	۱/۲	۱/۹	۵۴۷۸۱/۲	۴/۵	۲۴	خطا	

*: در سطح پنج درصد معنی‌دار می‌باشد، ns: از نظر آماری معنی‌دار نمی‌باشد.

جدول ۴- مقایسه میانگین پارامترهای اندازه‌گیری شده تحت سطوح مختلف آبیاری براساس آزمون دانکن

میزان آبیاری (درصد)			پارامتر
I ₃	I ₂	I ₁	سطوح مختلف
۳۶/۲a	۳۰/۲ b	۳۱/۰ b	تعداد برگ
۲۳۲۵a	۳۴۵۶ b	۳۸۱۹ c	سطح برگ (سانتی‌متر مربع)
۲۶/۶a	۲۷/۷b	۲۹/۵ c	طول بوته (سانتی‌متر)
۵/۳a	۷/۱ b	۷/۹ b	طول ساقه (سانتی‌متر)
۱/۴ a	۱/۴ a	۱/۷ a	قطر ساقه (سانتی‌متر)
۸۸a	۱۲۵b	۱۴۸c	وزن تر بوته (گرم در بوته)
۲۸/۹a	۲۹a	۲۹/۳a	بهره‌وری مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب)

در هر ردیف میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

می‌گردد. قابل ذکر است در تحقیق شیخی و رونقی (۱۳۹۲)، اثر شوری بر عملکرد اسفناج رقم ویروفلی، برخلاف سایر رقم‌ها، اثر معنی‌داری بر عملکرد اندام هوایی نداشت و آستانه شوری برای این رقم حداقل ۱۱/۵ دسی‌زیمنس بر متر بود که نسبت به ارقام دیگر اسفناج، گونه‌ای مقاوم در برابر تنش شوری می‌باشد.

براساس اثر متقابل میزان آبیاری و شوری بر وزن تر بوته (جدول ۶) بیشترین میزان وزن تر را تیمار I₁ S₄ و کمترین میزان آن مربوط به تیمار I₃ S₁ می‌باشد، که نشانی از اهمیت فاکتور کم‌آبیاری نسبت به تنش شوری می‌باشد.

طبق جدول مقایسه میانگین‌ها، بیشترین وزن تر بوته در سطح شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده می‌شود، همچنین اثر معنی‌داری بین تیمارهای S₂، S₃ و S₄ وجود ندارد. شاید عدم تنظیم اسمزی از طریق ساخت مواد آلی کم بتواند دلیلی بر افزایش وزن تر محصول باشد (جدول ۵)، ضمن این‌که از مهم‌ترین دلایل افزایش وزن تر محصول، به رقم کاهوی قابل استفاده در این پژوهش می‌توان اشاره نمود. در حالی که دیگر محققان به بررسی ارقام دیگر کاهو پرداخته‌اند. تعداد برگ و سطح برگ نیز در این سطح به بیشترین میزان خود بوده است که در نهایت منجر به افزایش وزن تر بوته

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر میزان شوری بر پارامترهای اندازه‌گیری شده براساس آزمون دانکن

میزان شوری (dS/m)				پارامتر	
S ₄	S ₃	S ₂	S ₁	سطوح مختلف	
۳۰/۱a	۲۹/۰a	۲۸/۷ a	۲۸/۸ a	تعداد برگ	
۳۴۳۶b	۳۳۳۲b	۳۰۷۳a	۲۸۶۰a	سطح برگ(سانتی متر مربع)	
۲۶/۸a	۲۷/۳ a	۲۸/۷b	۲۹/۰ b	طول بوته(سانتی متر)	
۵/۵a	۶/۳ a	۷/۷ b	۷/۶ b	طول ساقه(سانتی متر)	
۱/۸ b	۱/۵ab	۱/۳ a	۱/۵ab	قطر ساقه(سانتی متر)	
۱۲۷b	۱۲۲ab	۱۲۰ab	۱۱۲a	وزن تر بوته (گرم در بوته)	
۳۱/۴b	۳۰/۰	ab	۲۹/۶	ab	بهره‌وری مصرف آب(کیلوگرم بر مترمکعب)

در هر ردیف میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر متقابل میزان آبیاری و میزان شوری بر پارامترهای اندازه‌گیری شده کاهو براساس آزمون دانکن

میزان شوری (dS/m)				میزان آبیاری (درصد)	پارامتر
S ₄	S ₃	S ₂	S ₁		
۳۲/۰ d	۳۰/۷ cd	۳۰/۷ cd	۳۰/۷ cd	I ₁	تعداد برگ
۳۰/۷ cd	۳۰/۰bcd	۲۹/۷bcd	۳۰/۳cd	I ₂	
۲۷/۷abc	۲۶/۳ab	۲۵/۷a	۲۵/۳a	I ₃	
۴۱۶۱d	۴۱۲۱d	۴۵۸۳c	۳۴۱۰c	I ₁	سطح برگ(سانتی متر مربع)
۳۶۸۳c	۳۴۹۳c	۳۳۷۲c	۳۲۷۵c	I ₂	
۲۴۶۵b	۲۳۸۴b	۲۲۶۳ab	۱۸۹۵a	I ₃	
۲۹/۰cd	۲۹/۰cd	۳۰/۰d	۳۰/۰d	I ₁	طول بوته(سانتی متر)
۲۶/۰ab	۲۷/۰abc	۲۹/۰cd	۲۹/۰cd	I ₂	
۲۵/۳a	۲۶/۰ab	۲۷/۰abc	۲۸/۰bcd	I ₃	
۵/۵ab	۷/۳bcd	۹/۵e	۹/۲de	I ₁	طول ساقه(سانتی متر)
۶/۳abc	۶/۸bc	۷/۷cde	۷/۵bcd	I ₂	
۴/۷ a	۴/۷a	۵/۸abc	۶/۰abc	I ₃	
۲/۲b	۱/۷ab	۱/۵a	۱/۳a	I ₁	قطر ساقه(سانتی متر)
۱/۷ab	۱/۳a	۱/۲a	۱/۷ab	I ₂	
۱/۵a	۱/۵a	۱/۳a	۱/۵a	I ₃	
۱۵۸۹e	۱۵۱۷de	۱۴۸cde	۱۳۳bcd	I ₁	وزن تر بوته(گرم در بوته)
۱۲۹۵bc	۱۲۳۷b	۱۲۴۵b	۱۲۲۲b	I ₂	
۹۴۹a	۹۰۹a	۸۸۲a	۸۰۵a	I ₃	
۳۱/۴ab	۳۰/۰ab	۲۹/۳ab	۲۶/۴a	I ₁	بهره‌وری مصرف آب(کیلوگرم بر مترمکعب)
۳۲/۰b	۳۰/۶ab	۳۰/۷ab	۳۰/۲ab	I ₂	
۳۰/۹ab	۲۹/۶ab	۲۸/۷ab	۲۶/۲a	I ₃	

میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

تحقیق، از دلایل احتمالی آن می‌تواند عدم تنظیم اسمزی از طریق ساخت مواد آلی و صرف انرژی برای تولید آن باشد، در نتیجه از رشد اندام هوایی گیاه کاسته نشده و عملکرد روند کاهشی به خود نگرفته است. در نهایت علت وقوع این امر، به رقم مورد کشت در این تحقیق برمی‌گردد. ارس و سورز(۲۰۱۷)، در بررسی عملکرد اسفناج تحت شرایط توأم تنش خشکی و شوری به نتایج متفاوتی رسیدند، به طوری که عملکرد اسفناج در ابتدا با شوری افزایش یافت و پس از آن کاهش

زارع و همکاران(۱۳۹۵) اعلام داشتند، از جمله دلایلی که می‌توان برای این کاهش وزنی در گیاهان بیان نمود، از بین رفتن تعادل اسمزی می‌باشد که از آثار مخرب شوری به حساب می‌آید. گیاهان برای تحمل شوری به تنظیم اسمزی نیاز دارند و یکی از راه‌های تنظیم اسمزی ساخت مواد آلی است، ساخت این مواد برای گیاهان با صرف انرژی مصرفی برای تنظیم اسمزی، باعث کاهش رشد اندام هوایی در گیاه می‌گردد. بنابراین با توجه به نتایج حاصل از این

برگ مربوط به سطح ۱۰۰ درصد نیاز آبی می‌باشد (Yazgan et al., 2008). مطالعه ارس و سورز (۲۰۱۷)، در بررسی عملکرد اسفنج تحت شرایط توأم تنش خشکی و شوری نشان داد، گیاه تا شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر مقاومت کرده و پس از آن کاهش محصول داشت، تعداد برگ نیز در ابتدا به طور قابل توجهی افزایش و سپس با افزایش شوری کاهش یافت، اما تفاوت‌ها نسبتاً کم بود. با افزایش تنش آبی در تمام سطوح شوری، تعداد برگ کمی کاهش یافت (Ors and Suarez., 2017).

اثر سطوح مختلف آبیاری و شوری بر سطح برگ

نتایج (جدول ۳) نشان داد، که اثر میزان آبیاری و شوری بر سطح برگ، در سطح ۵ درصد ($P \leq 0.05$) معنی‌دار بود. باتوجه به جدول (۴)، کمترین سطح برگ (۲۳۲۵ سانتی‌متر مربع) مربوط به تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی بوده که دلیل آشکار اثر کم‌آبیاری بر کاهش رشد محصول می‌باشد، همچنین بیشترین سطح برگ (۳۸۱۹ سانتی‌متر مربع) کاهو را تیمار شاهد (۱۰۰ درصد نیاز آبی) به خود اختصاص داده است. مقایسه میانگین اثر میزان شوری بر سطح برگ کاهو، نیز بیانگر معنی‌داری آن می‌باشد، به طوری که طبق جدول (۵)، بیشترین سطح برگ کاهو (۳۴۳۶ سانتی‌متر مربع) تحت سطوح مختلف شوری، مربوط به تیمار S_4 و کمترین آن (۲۸۶۰ سانتی‌متر مربع) مربوط به تیمار S_1 می‌باشد و آزمون دانکن معنی‌داری این پارامتر را در برابر شوری استنباط می‌کند، به گونه‌ای که تیمارهای S_1 و S_2 با تیمارهای S_3 و S_4 اختلاف معنی‌دار داشته و روند افزایشی سطح برگ را نشان می‌دهد، که نشانی از شورپسندی و تحمل بالای گیاه در برابر شوری می‌باشد. براساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر متقابل میزان آبیاری و شوری بر سطح برگ (جدول ۶)، بیشترین سطح برگ (۴۱۶۱ سانتی‌متر مربع) مربوط به تیمار $I_1 S_4$ و کمترین آن (۱۸۹۵ سانتی‌متر مربع) مربوط به تیمار $I_3 S_1$ می‌باشد. در این مورد نیز می‌توان به اهمیت فاکتور میزان آبیاری نسبت به فاکتور شوری اشاره کرد و طبق برآوردهای حاصل از آزمون دانکن افزایش میزان شوری، اثر کاهشی بر سطح برگ نداشته است. طاهری و همکاران (۱۳۹۶)، دریافتند که تنش خشکی بر تعداد و سطح برگ گیاه کاهو معنی‌دار بود و بیشترین سطح برگ در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی مشاهده شد. بدوی و همکاران (۱۳۹۴)، بیان نمودند اثر تنش خشکی بر سطح برگ کاهو، در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود و بیشترین (۱۴۷۱/۶ سانتی‌متر مربع در بوته) و کمترین (۱۲۵۵/۵ سانتی‌متر مربع در بوته) سطح برگ کاهو در تیمار ۱۰۰ درصد و ۶۰ درصد رطوبت مشاهده شد. فتاحی و همکاران (۱۳۹۶)، نیز معتقدند که سطح برگ کاهو با افزایش شوری به طور معنی‌داری کاهش یافت و در آزمایش‌های انجام شده، گزارش کاهش اندازه و سطح برگ با شوری بیان شده

یافت، برخلاف آن، عملکرد در همه سطوح مختلف تنش خشکی نسبت به سطح شاهد کاهش یافت (Ors and Suarez., 2017). یافته‌های ایاز و همکاران (۲۰۱۱)، بر آن بود، که اثر سطوح آب آبیاری بر عملکرد کلم بروکلی، وزن سر و ماده خشک در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود و بالاترین عملکرد ۲۹/۲ تن در هکتار و مربوط به بیشترین سطح آبیاری بود (Ayas et al., 2011). یازگان و همکاران (۲۰۰۸)، گزارش کردند، عملکرد کاهو تحت سطوح مختلف آبیاری در شرایط کشت گلخانه‌ای، اختلاف معنی‌دار با هم دارند و بیشترین عملکرد مربوط به سطح ۱۰۰ درصد نیاز آبی به مقدار ۱۵/۱ کیلوگرم در هکتار می‌باشد (Yazgan et al., 2008). بدوی و همکاران (۱۳۹۴)، بیان نمودند اثر تنش خشکی بر تمامی صفات فیزیولوژیکی کاهو از جمله تعداد برگ، سطح برگ، وزن تر و خشک شاخساره در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود و بیشترین و کمترین وزن تر و خشک در تیمار ۱۰۰ درصد و ۶۰ درصد رطوبت مشاهده شد.

اثر سطوح مختلف آبیاری و شوری بر تعداد برگ

طبق نتایج بدست آمده از تجزیه واریانس (جدول ۳) مشخص شد تنها میزان آبیاری تحت تاثیر سطوح مختلف به کار برده شده و در سطح پنج درصد ($P \leq 0.05$)، بر تعداد برگ معنی‌دار بوده و میزان شوری و اثر متقابل میزان آبیاری و شوری معنی‌دار نمی‌باشد. براساس مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون دانکن (جدول ۴)، کم‌آبیاری روی تعداد برگ موثر بوده و با کاهش میزان آب آبیاری، تعداد برگ در هر بوته کاهش می‌یابد. به طوری که بیشترین تعداد برگ به طور میانگین مربوط به تیمار شاهد (۱۰۰ درصد نیاز آبی) برابر ۳۱ برگ و کمترین تعداد برگ نیز مربوط به تیمار ۶۰ درصد نیاز آبیاری برابر ۲۶ برگ بود، که نشانی از ارتباط کم‌آبیاری با کاهش محصول می‌باشد. اثر کمبود آب در کاهش سطح برگ کاهو نیز به عنوان نتیجه‌ای از کاهش تعداد برگ می‌باشد. میزان شوری طبق جدول تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها بر تعداد برگ معنی‌دار نبود و با افزایش میزان شوری تعداد برگ نیز افزایش یافت، که می‌توان دریافت شوری روی این پارامتر اثرگذار نبوده و روند آن افزایشی بوده است (جدول ۵). با مقایسه میانگین اثر متقابل میزان آبیاری و میزان شوری بر تعداد برگ (جدول ۶)، بیشترین تعداد برگ (۳۲) مربوط به تیمار $I_1 S_4$ و کمترین تعداد برگ (۲۵/۳) نیز مربوط به تیمار $I_3 S_1$ می‌باشد و تیمار $I_3 S_1$ حدود ۱۸ درصد با تیمار شاهد ($I_1 S_1$)، به طور میانگین با تعداد برگ ۳۰/۷، اختلاف دارد، که نشانی از اهمیت فاکتور میزان آبیاری نسبت به میزان شوری روی این پارامتر می‌باشد. یازگان و همکاران (۲۰۰۸)، گزارش کردند، تعداد برگ کاهو تحت سطوح مختلف آبیاری در شرایط کشت گلخانه‌ای، اختلاف معنی‌دار با هم دارند و بیشترین تعداد

گلخانه‌ای و در سطوح آبیاری مختلف، نشان دادند، اجزای کاهو نظیر ارتفاع کاهو اختلاف معنی‌دار با هم دارند و میزان پارامترهای اندازه‌گیری شده کاهش خواهد یافت (Yazgan et al., 2008). هوشمندزاده و همکاران (۱۳۹۲)، در بررسی روند افزایش ارتفاع کاهو و کارایی مصرف آب تحت تیمارهای دور آبیاری (۱ روز و ۲ روز) و سطوح مختلف آبیاری قطره‌ای دریافتند که اختلاف معنی‌دار بین سطوح آبیاری وجود دارد. زارع و همکاران (۱۳۹۵)، اظهار داشتند با افزایش سطوح مختلف شوری طول بوته و طول ریشه کاهش یافت و نسبت طول ریشه به طول بوته افزایش پیدا کرد، به این دلیل که در محیط تنش، گیاه انرژی بیشتری برای استقرار و رشد ریشه مصرف می‌کند، بنابراین رشد ریشه بیشتر از اندام‌های هوایی است. همچنین معتقدند کاهش رشدی گیاهان تحت شرایط تنش شوری می‌تواند به دلیل کاهش ذخایر انرژی گیاه باشد که این امر از طریق کاهش و اختلال فعالیت‌های زیستی و متابولیسمی در گیاهان مختلف است.

اثر سطوح مختلف آبیاری و شوری بر طول ساقه و قطر ساقه

مقدار طول ساقه تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری و شوری و اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار ($P \leq 0.05$) بود (جدول ۳). بیشترین طول ساقه در تیمار شاهد، $7/9$ سانتی‌متر و کمترین مقدار آن مربوط به نیاز آبیاری 60 درصد (I_3)، $5/3$ سانتی‌متر بدست آمد (جدول ۴). با افزایش شوری، طول ساقه کاهش یافت (جدول ۵)، به طوری که بیشترین طول ساقه تیمار S_2 برابر $7/7$ سانتی‌متر است و با تیمار S_1 تفاوت معنی‌دار نداشت. کمترین طول را تیمار S_4 به میزان $5/5$ سانتی‌متر در برداشت، که این تیمار و تیمار S_3 نیز اختلاف معنی‌دار با هم نداشتند. کمترین میزان طول ساقه برای این صفت در بالاترین میزان شوری، 5 دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد (جدول ۵). اثر متقابل آبیاری و شوری نیز بر طول ساقه معنی‌دار بود (جدول ۶) و بیشترین طول را تیمار $I_1 S_1$ و $I_1 S_2$ با اختلافی اندک از یکدیگر و به ترتیب با مقادیر $9/2$ و $9/5$ سانتی‌متر و کمترین طول را تیمار $I_3 S_4$ با مقدار $4/7$ سانتی‌متر به خود اختصاص دادند. براساس نتایج (جدول ۳) میزان قطر ساقه در سطوح مختلف آبیاری و در سطوح متفاوت شوری معنی‌دار نبوده است. بیشترین قطر ساقه مربوط به تیمار شاهد (I_1) به میزان $1/7$ سانتی‌متر بود در حالی که مقادیر دو سطح آبیاری دیگر برابر با یکدیگر و به میزان $1/4$ سانتی‌متر بدست آمدند (جدول ۴). در بالاترین سطح شوری نیز گیاه بالاترین میزان قطر را برابر $1/8$ سانتی‌متر در برداشته است (جدول ۵) و در بررسی اثر توأم میزان آبیاری و شوری تیمار $I_1 S_4$ بالاترین مقدار قطر را نشان می‌دهد، که در نهایت بیانگر عدم معنی‌داری قطر ساقه می‌باشد. از دلایل این امر می‌توان به ارتباط میان طول ساقه با قطر آن که دو پارامتر اساسی در انتقال آب و املاح در گیاه است، اشاره کرد. بدیهی است با افزایش طول ساقه از میزان

است. همین‌طور اظهار کردند تحت تنش شوری توسعه سطح برگ کاهش و برگ‌ها کوچک می‌شوند و در پی کاهش سطح برگ از میزان جذب نور کاسته و ظرفیت کل فتوسنتزی کاهش می‌یابد و در نتیجه از میزان رشد به دلیل کاهش مواد پرورده فتوسنتزی کاسته می‌گردد. پیر شدن سریع برگ‌ها نیز ناشی از شوری، دوام برگ را برای انجام فعالیت‌های فتوسنتزی کاهش می‌دهد. در بررسی عملکرد اسفناج حاصل از تحقیق ارس و سورز (۲۰۱۷)، سطح برگ گیاه به طور قابل ملاحظه‌ای با افزایش شوری و در شرایط بدون تنش آبی افزایش یافت (Ors and Suarez., 2017). از دلایل احتمالی افزایش سطح برگ با شوری می‌تواند این باشد که، گیاه در شرایط تنش شوری در جهت سازگاری با تنش، اقدام به افزایش غلظت شیره داخلی خود کرده و آب بیشتری را جذب نموده و باعث افزایش سطح برگ شده است، همچنین از دلایل عمده افزایش سطح برگ، به رقم مورد مطالعه در این تحقیق برمی‌گردد.

اثر سطوح مختلف آبیاری و شوری بر طول بوته

در بررسی میزان طول بوته طبق جدول تجزیه واریانس (جدول ۳)، میزان آبیاری و شوری روی این پارامتر در سطح پنج درصد ($P \leq 0.05$) معنی‌دار بود. طبق جدول مقایسه میانگین‌ها (جدول ۴) براساس آزمون دانکن، میزان آبیاری در سطوح مختلف بر طول بوته موثر بوده و بین سطوح مختلف اختلاف معنی‌دار وجود دارد، به طوری که با اعمال کم آبیاری، طول بوته کاهو کاهش یافته است. بیشترین طول بوته مربوط به تیمار شاهد (100 درصد نیاز آبی) برابر با $29/5$ سانتی‌متر و برای تیمار 80 درصد نیاز آبی این صفت برابر با $27/7$ سانتی‌متر می‌باشد و سپس تیمار مربوط به 60 درصد نیاز آبی کمترین طول بوته را به میزان $26/6$ سانتی‌متر دارد. میزان شوری نیز با توجه به جدول (۳) روی طول بوته در سطح 5 درصد معنی‌دار بود. بیشترین و کمترین طول بوته مربوط به تیمار شوری $0/5$ دسی‌زیمنس بر متر و 5 دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب برابر با 29 سانتی‌متر و $26/8$ سانتی‌متر است. طول بوته $28/7$ سانتی‌متر مربوط به سطح شوری 2 دسی‌زیمنس بر متر و مقدار $27/3$ سانتی‌متر مربوط به این صفت، برای شوری $3/5$ دسی‌زیمنس بر متر بدست آمد، براساس آن تیمارهای S_1 و S_2 با تیمارهای S_3 و S_4 اختلاف معنی‌دار دارند. طبق نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر متقابل میزان آبیاری و میزان شوری (جدول ۶)، بیشترین طول بوته مربوط به تیمار $I_1 S_1$ و $I_1 S_2$ برابر با 30 سانتی‌متر بود و کمترین طول بوته را تیمار $I_3 S_4$ ، با اختلاف 15 درصد از تیمار شاهد ($I_1 S_1$) به خود اختصاص داد، که نشان‌دهنده تأثیر توأم میزان آبیاری و شوری بر طول بوته می‌باشد. ضمن اینکه فاکتور کم آبی اثر بیشتری از خود نشان داده است. یازگان و همکاران (۲۰۰۸)، در ارزیابی عملکرد کاهو در شرایط کشت

عملکرد و حجم آب مصرفی در کل دوره رشد، برای تمامی تیمارها بهره‌وری مصرف آب محاسبه گردید. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد (جدول ۳)، میزان بهره‌وری مصرف آب به طور معنی‌داری تحت تأثیر سطوح مختلف شوری قرار می‌گیرد و با افزایش شوری کاهش معنی‌دار این صفت صورت می‌گیرد، اما اعمال مختلف آبیاری روی این پارامتر معنی‌دار نبود به گونه‌ای که با اعمال کم آبیاری میزان بهره‌وری مصرف آب اندکی کاهش یافت (جدول ۴). با این حال کمترین مقدار این پارامتر در سطح آبیاری ۶۰ درصد و برابر با ۲۸/۹ کیلوگرم بر مترمکعب مشاهده شد. میزان وزن تر نیز با اعمال کم آبیاری به گونه‌ای یکنواخت کاهش یافت، اما اختلاف معنی‌داری در سطوح مختلف آبیاری مشاهده نشد. براساس نتایج طاهری (۱۳۹۶)، در بررسی سطوح مختلف آبیاری کاهوییچ/ *Lactuca sativa var. longifolia* بر کارایی مصرف آب، اثر میزان آبیاری بر کارایی مصرف آب معنی‌دار نبوده است و مشاهده شد، اعمال کم آبیاری باعث افزایش کارایی مصرف آب، نسبت به تیمار شاهد (۱۰۰ درصد نیاز آبی) شده است اما این تفاوت معنی‌دار نمی‌باشد. زیرا اعمال کم آبیاری، کاهش محصول را در پی داشته در نتیجه اعمال تنش تأثیر چندانی بر کارایی مصرف آب نداشته است. با زیاد شدن شوری، میزان بهره‌وری روندی افزایشی به خود گرفت (جدول ۵) و بالاترین مقدار بهره‌وری مربوط به تیمار S_4 برابر با ۳۱/۴ کیلوگرم بر مترمکعب بود. با توجه به این که افزایش شوری باعث افزایش عملکرد شده است، لذا به میزان بهره‌وری مصرف آب افزوده شده است، که عدم مطابقت این موضوع با تحقیقات دیگران، به رقم مورد کشت و در واقع مقاوم بودن رقم استفاده شده در این تحقیق به شوری برمی‌گردد، که ایکس‌یو و موی (۲۰۱۵) و بارتا و همکاران (۲۰۱۱)، در پژوهش خود نیز به این نتیجه رسیدند که گونه‌های کاهو برگی و رقم *Red Salad Bowl* مقاوم به شوری هستند. اثر توأم آبیاری و شوری نشان‌دهنده تأثیر به‌سزای شوری نسبت به کم آبیاری بر بهره‌وری مصرف آب می‌باشد، براین اساس بیشترین میزان بهره‌وری (۳۲ کیلوگرم بر مترمکعب) مربوط به تیمار $I_2 S_4$ و کمترین آن (۲۶/۲ کیلوگرم بر مترمکعب) مربوط به تیمار $I_3 S_1$ می‌باشد، ضمن اینکه نتایج بیشترین و کمترین میزان عملکرد (وزن تر) نزدیک و مشابه همین تیمارها بوده است، که نشان‌دهنده عدم معنی‌داری تیمارهای آبیاری بر میزان بهره‌وری مصرف آب و دربرگیرنده درجه اهمیت میزان شوری نسبت به سطوح آبیاری بر این پارامتر می‌باشد این در حالی است که وزن تر وابسته به میزان بهره‌وری در سطوح مختلف آبیاری معنی‌دار بود و نسبت به سطوح شوری اثر چندانی بروز نداد. در مطالعه ناگاز و همکاران (۲۰۱۳)، صفات روی عملکرد و بهره‌وری مصرف آب کاهو، پایین‌ترین میزان بهره‌وری مصرف آب مربوط به تیمار شاهد (۱۰۰ درصد نیاز آبی) و بیشترین مقدار بهره‌وری مصرف آب مربوط به تیمار ۳۰ درصد نیاز آبی بدست آمد (Nagaz et al., 2013).

قطر آن کم شده و کشیدگی ساقه اثر قطر آن را می‌کاهد و رفتار طول ساقه در سطوح مختلف آبیاری و شوری بارزتر به نظر می‌رسد. در مطالعه ناگاز و همکاران (۲۰۱۳)، صفات کاهو شامل عملکرد، قطر سر و تعداد برگ تحت تأثیر رژیم آبیاری قرار گرفتند و با کاهش میزان آبیاری در سطح ۳۰ درصد نیاز آبی، قطر سر و تعداد برگ کمترین میزان خود را در مقایسه با سطح آبیاری کامل در برداشتند (Nagaz et al., 2013). با کاهش میزان آبیاری طول و قطر ساقه کاهش یافتند که این خود می‌تواند یک مکانیسم سازگار با شرایط کم‌آبی تلقی گردد و در خصوص ثابت شدن قطر با کاهش بیشتر سطوح آبیاری گیاه نتوانسته خود را با این شرایط وفق دهد و تغییری در اندازه آن ایجاد نشده است (جدول ۴). از طرفی با افزایش اندک شوری (S_2) طول ساقه مقاومت کرده و مقداری افزایش یافته است ولی با افزایش بیشتر میزان شوری طول ساقه کاهش یافته است اما قطر در ابتدا اندکی کاهش و سپس افزایش پیدا کرده است (جدول ۵). در این راستا اگیانایا و همکاران (۱۹۹۸)، معتقد بود محدود شدن شاخه‌دهی تحت شرایط خشکی در گیاه کف یک نوع مکانیسم سازگاری می‌باشد، تا به کمک آن گیاه برای حفظ آب تلاش می‌کند (Ogbonnaya et al., 1998). احمدیان و همکاران (۱۳۹۰)، نشان دادند تیمار شاهد (آبیاری کامل) کمترین میزان قطر ساقه و قطر طبق بابونه را به خود اختصاص داد و با افزایش شدت تنش خشکی، صفات قطر ساقه و طبق افزایش یافتند، همچنین با سایر صفات مورد مطالعه همبستگی منفی و معنی‌داری داشتند.

اثر سطوح مختلف آبیاری و شوری بر بهره‌وری مصرف آب کاهو

در طول فصل رشد گیاه، ۱۵ بار اعمال تیمار آبیاری و شوری صورت گرفت. مقدار حجم آب مصرفی در کل طول دوره رشد، برای تیمارهای I_1 ، I_2 و I_3 به ترتیب ۸۱۰، ۱۰۶۸ و ۱۳۳۵ مترمکعب بر هکتار به دست آمد، که این مقادیر باتوجه به نیاز آبی گیاه در هر مرحله از رشد گیاه برای تیمار شاهد (نیاز آبی ۱۰۰ درصد و شوری ۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر) و در نظر گرفتن ضریبی از آن برای دو تیمار دیگر لحاظ گردید. در حالی که در پژوهش طاهری (۱۳۹۶)، کل میزان آب مصرفی کاهو (*Lactuca sativa var. longifolia*) برای تیمار ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی به ترتیب ۳۴۰۳، ۲۸۳۷ و ۲۲۶۲ مترمکعب بر هکتار بدست آمد، که علت اختلاف حجم آب مصرفی، به تفاوت در ارقام مورد مطالعه و طول دوره کشت برمی‌گردد. برای محاسبه بهره‌وری مصرف آب آبیاری از رابطه (۱) استفاده خواهد شد:

$$\text{رابطه (۱)} \quad WP = \frac{\text{عملکرد (کیلوگرم)}}{\text{حجم آب مصرفی (مترمکعب)}}$$

که در آن، WP: بهره‌وری مصرف آب آبیاری بر حسب کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد (ناگاز و همکاران، ۲۰۱۳). براین اساس با داشتن

احمدیان، ا.، قنبری، ا.، سیاه‌سر، ب. ۱۳۹۰. اثر تنش خشکی و مصرف انواع کود آلی و معدنی و بقایای آنها بر عملکرد و اجزای عملکرد بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla L.*). نشریه بوم‌شناسی کشاورزی. ۳: ۳۸۳-۳۹۵.

بدوی، ه.، عالم‌زاده انصاری، ن.، محمودی‌سورستانی، م.، اسکندری، ف. ۱۳۹۴. تاثیر تنش خشکی و قارچ میکوریزا بر برخی از خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی کاهو (*Lactuca sativa L.*). تولیدات گیاهی (مجله علمی کشاورزی). ۳۸: ۳۰۳-۳۰۹.

- زارع، م.، فاخری، ب.، فرخ‌زاده، س. ۱۳۹۵. تاثیر تنش شوری بر خصوصیات مورفولوژیک ژنوتیپ‌های کاهو (*Lactuca sativa L.*) (نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)). ۳۰: ۳-۴۵۷-۴۶۸.

شیخی، ج.، رونقی، ع.ا. ۱۳۹۲. اثر شوری و کاربرد ورمی کمپوست بر غلظت عناصر غذایی و عملکرد اسفناج (رقم ویروفلی) در یک خاک آهکی. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای. ۴: ۱۳-۱۴: ۸۱-۹۲.

صداقت‌پور، ع.، زاهدی، ب.، احتشام‌نیا، ع. و رضانی، م. ۱۳۹۴. بررسی برخی از ویژگی‌های رشد فلفل (*Capsicum annum L.*) تحت تنش شوری. همایش بین‌المللی پژوهش‌های کاربردی در کشاورزی. خرداد ماه.

طاهری، ه. ۱۳۹۶. ارزیابی کاربرد پلیمر سوپرجاذب بر عملکرد و کارایی مصرف آب کاهو. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز.

طاهری، ه.، سلطانی‌محمدی، ا.، عالم‌زاده انصاری، ن. ۱۳۹۶. بررسی اثر سطوح مختلف سوپرجاذب بر تعداد و سطح برگ کاهو (*Longifolia Lactuca sativa var.*) تحت تنش خشکی. فصلنامه تخصصی علوم و مهندسی آب - دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۷: ۱۵: ۶۹-۷۸.

فتاحی، س.، صیدی، م.، زارع، م. ج. ۱۳۹۶. بررسی پاسخ‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه کاهو در تلقیح با قارچ *Piriformospora indica* تحت تنش شوری. به‌زرایی کشاورزی. ۱۹: ۲: ۲۴۳-۲۵۵.

فرهادی، ع.، آرویی، ح.، نعمتی، ح.، صالحی، ر.، جوفریدا، ف. ۱۳۹۶. اثرات پیوند بر افزایش تحمل به شوری در خیار گلخانه‌ای رقم اسپادانا. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای. ۸: ۳: ۱۲۱-۱۳۷.

کشاورز، ل.، صفاری، م.، گلکار، پ. ۱۳۹۴. بررسی تحمل به شوری در مرحله جوانه‌زنی و گیاهچه‌ای رازیانه (*Foeniculum vulgare Mill*) در کشت بدون خاک. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای.

علت تفاوت در نتایج بدست آمده با نتایج تحقیقات مشابه، رقم کاهوی مورد بررسی در این پژوهش می‌باشد. ضمن این که رقم کاهوی کشت شده، در تحقیقات مشابه مورد آزمایش قرار نگرفته است.

نتیجه‌گیری

نتایج بدست آمده از بررسی میزان سطوح مختلف آبیاری نشان داد، با کاهش میزان آبیاری، تمامی پارامترهای مورد بررسی کاهو روندی کاهشی داشتند. با افزایش شوری نیز سطح برگ، وزن تر بوته و بهره‌وری مصرف آب افزایش پیدا کردند، ضمن اینکه طول بوته کاهش یافت. در اثر اعمال کم‌آبیاری، بیشترین مقادیر از تمامی پارامترهای فیزیولوژیکی گیاه مربوط به تیمار شاهد بود، به‌طوری‌که بیشترین وزن تر بوته ۱۴۸ گرم در بوته، بیشترین تعداد برگ به طور میانگین برابر ۳۱ برگ، بیشترین سطح برگ کاهو ۳۸۱۹ سانتی‌متر مربع، بیشترین طول بوته برابر ۲۹/۵ سانتی‌متر، بیشترین طول ساقه ۸/۹ سانتی‌متر، بیشترین قطر ساقه به‌میزان ۱/۷ سانتی‌متر و بالاترین مقدار بهره‌وری ۲۹/۳ کیلوگرم بر مترمکعب بدست آمد. واکنش پارامترهای گیاه نسبت به شوری متفاوت بود، با مقایسه تیمارهای شوری بیشترین وزن تر، تعداد برگ، سطح برگ، قطر ساقه و بالاترین میزان بهره‌وری مصرف آب مربوط به سطح شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر بود، که به‌ترتیب برابر ۱۲۷ گرم در بوته، ۳۰ برگ، ۳۴۳۶ سانتی‌متر مربع، ۱/۸ سانتی‌متر و ۳۱/۴ کیلوگرم بر مترمکعب بدست آمدند. بیشترین طول بوته نیز مربوط به تیمار شوری S₁ برابر ۲۹ سانتی‌متر و بیشترین طول ساقه تیمار S₂ برابر ۷/۷ سانتی‌متر حاصل شد. اثر متقابل آبیاری و شوری نیز بر هیچ‌کدام از صفات مورد بررسی به‌جز طول ساقه معنی‌دار نبود. با توجه به عدم معنی‌داری اکثر پارامترها در برابر افزایش شوری، به کاربردی بودن این رقم، مقاومت در برابر شوری و اثرگذاری مثبت آن نیز می‌توان اشاره کرد. درنهایت این رقم از کاهو در اکثر صفات در برابر تنش شوری مقاوم بوده و نه تنها اثر کاهشی نداشته، بلکه اثر افزایشی آن‌ها را به دنبال داشته است. براساس نتایج حاصل می‌توان پی برد، اثر کم‌آبیاری نسبت به تنش شوری در کاهش عملکرد محصول تأثیر بیشتری داشته است. ضمن اینکه رقم مورد بررسی برخلاف رقم‌های دیگر، مقاوم به شوری است و می‌توان از آب با کیفیت پایین برای آبیاری آن استفاده نمود. بنابراین با معرفی این رقم کاهو می‌توان از کاهش عملکرد محصول، در صورت عدم وجود آب باکیفیت بالا جلوگیری به عمل آورد و به استفاده از آب‌های نامتعارف و شور در راستای بهینه‌سازی مصرف آب پرداخت.

منابع

Production .892-900.

۶ ۲۳: ۱۶۳-۱۷۳.

- Neocleous, D., Koukounaras, D., Siomos, A. S and Vasilakakis, M. 2014. Changes in photosynthesis, yield, and quality of baby lettuce under salinity stress. *Journal Agricultural Sciences Technology*. 16: 1335-1343.
- Ogbonnaya, C.L., Nwalozie, M.C., Roy-Macauley, H and Annerose, D.J.M. 1998. Growth and water relations of Kenaf (*Hibiscus cannabinus L.*) under water deficit on a sandy soil. *Industrial Crops and Products*. 8: 65-76.
- Ors, S and Suarez, D. L. 2017. Spinach biomass yield and physiological response to interactive salinity and water stress. *Contents Lists Available at Science Direct. Agricultural Water Management*. 190: 31-41.
- Patil, T., Singh, M., Khanna, M., Singh, D.K and Hasan, M. 2013. Response of lettuce (*Lactuca Sativa L.*) to trickle irrigation under different irrigation intervals, application rate and crop geometry. *Indian Journal of Agricultural Economics*. 573-582.
- Unlukara, A., Cemek, B., Karaman, S and Ersahin, S. 2008. Response of lettuce (*Lactuca Sativa Var. Crispa*) to salinity of irrigation water. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*. 36. 4: 265-273.
- Xu, C. and Mou, B. 2015. Evaluation of Lettuce Genotypes for Salinity Tolerance. *Hort Science*. 50.10: 1441-1446.
- Yazgan, S., Ayas, S., Demirtas, C., Buyukcangaz, H and B.N.Candogan. 2008. Deficit irrigation effects on lettuce (*Lactuca Sativa Var. Olenka*) yield in unheated greenhouse condition. *Journal of Food, Agriculture and Environment*. 6.2: 357-361.
- وزیری، ژ، سلامت، ع.ر، انتصاری، م.ر، مسچی، م، حیدری، ن، دهقانی‌سانبچ، ح. ۱۳۸۷. تبخیر-تعرق گیاهان (دستورالعمل محاسبه آب مورد نیاز گیاهان). کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.
- هوشمندزاده، ع.ر، هوشمند، ع.ر، برومندنسب، س.، عالمزاده‌انصاری، ن. ۱۳۹۲. بررسی روند افزایش ارتفاع کاهو (*Lactuca sativa.L*) و کارایی مصرف آب تحت تیمارهای دور آبیاری و سطوح مختلف آبیاری قطره‌ای. علوم و مهندسی آبیاری (مجله‌ی علمی کشاورزی). ۳۸: ۱: ۳۹-۳۱.
- Ayas, S., Orta, H and Yazgan, S. 2011. Deficit irrigation effects on broccoli (*Brassica Oleracea L.var. Monet*) yield in unheated greenhouse condition. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 17.4: 551-559.
- Babazadeh, H., Sarai Tabrizi, M and Homaei, M. 2017. Assessing and modifying macroscopic root water extraction basil (*Ocimum Basilicum*) models under simultaneous water and salinity stresses. *Soil Physics and Hydrology. Soil Science Society of America Journal*. 81:10-19.
- Bartha, C., Fazakas, I and Fodorpataki, L. 2011. Developmental and metabolic changes in different lettuce cultivars under high salinity conditions. *Acta Scientiarum Transylvanica*. 19.1: 23-39.
- Nagaz, K., ElMokh, F., Moncef Masmoudi, M and Ben Mechlia, N. 2013. Soil salinity, yield and water productivity of lettuce under irrigation regimes with saline water in arid conditions of Tunisia. *International journal of Agronomy and Plant*

Evaluation of Yield and Water Productivity of Lettuce under Drought and Salinity Stress in Greenhouse Conditions

E. Zoratipour¹, A. Soltani Mohammadi^{2*} and N. Alemzadeh Ansari³

Received: Jan.27, 2019

Accepted: May.10, 2019

Abstract

The aim of this research was to investigate effect of deficit irrigation and salinity of irrigation water on yield, yield components and water productivity of lettuce (*Red Salad Bowl*) in greenhouse conditions, in 2017 in Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz. The experiment was conducted in a completely randomized design with factorial arrangement with three replications, with water of irrigation at three levels (I_1 :100%, I_2 :80% and I_3 :60%) and salinity of irrigation water at four levels (S_1 :0.5, S_2 :2, S_3 :3.5 and S_4 :5 dSm^{-1}). The results showed that, The effect of irrigation water on all of the studied parameters was significantly different than stem diameter at 5% probability level. Also, its effect on water productivity was not significant. The highest fresh weight was 148 g per plant, related to I_1 . Irrigation water salinity effect was significant only on leaf area, plant length, stem length and water productivity at 5% level. The highest fresh weight was related to S_4 , which was 127 g per plant. The interaction effect of irrigation and salinity stress was not significant on any of the parameters except stem length. The results showed that this cultivar has the ability to tolerate of salinity.

Keywords: Water productivity, Salinity, Yield, Deficit irrigation

1- M. Sc. Student of Irrigation and Drainage, Faculty of Water Sciences Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran.

2- Associate Professor, Irrigation and Drainage Department, Faculty of Water Sciences Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran.

3- Associate Professor, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.

(*-Corresponding Author Email: A.soltani@scu.ac.ir)