Archive of SID

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۲، جلد ۱۳، خرداد - تیر ۱۳۹۸، ص. ۴۶۱-۴۵۰

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 2, Vol. 13, Jan.-Jul. 2019, p. 450-461

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

الهه ذرتی‌پور[۱]، امیرسلطانی‌محمدی[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 و۶۰ درصد نیاز آبی گیاه (I_1، I_2 و I_3) و چهار تیمار شوری ۰/۵، ۲، ۳/۵ و۵ دسی زیمنس 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 هیچ‌کدام از صفات مورد بررسی به‌جز طول ساقه معنی‌دار نبود. با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق، رقم مورد مطالعه قابلیت تحمل شوری نسبت به رقم های 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 کم آبیاری 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 به‌خصوص 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) وگیاهی نسبتا 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 برگی رقم *Red Salad Bowl* با نام علمی *Lactuca sativa L.* استفاده گردید. *Red Salad Bowl* نوعی از کاهو است، که دارای برگ‌های جدا ازهم 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
(* - نویسنده مسئول: (Email: A.soltani@scu.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

مختلف کاهو به شوری متفاوت بود. ضمن این‌که 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 شاخص های 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 کاهوپیچ(*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 برای اسفناج(۲ دسی‌زیمنس بر متر) می‌باشد. صداقت‌پور و همکاران(۱۳۹۴)، اثر سطوح مختلف شوری را با استفاده از نمک کلریدسدیم، 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 تاثیر تنش خشکی(۶۰،۸۰ و۱۰۰ 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 وخشک 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 تاثیر پلیمر سوپر جاذب و تنش خشکی بر تعداد وسطح برگ گیاه کاهو پرداختند. نتایج نشان داد که بیشترین تعداد برگ در تیمار ۸ گرم سوپرجاذب و۸۰ درصد نیاز آبی، بیشترین سطح برگ در تیمار ۶ گرم سوپرجاذب و۱۰۰ درصد نیاز آبی و کمترین تعداد برگ و سطح برگ در تیمار صفر گرم سوپرجاذب و ۱۰۰ در صد نیاز آبی مشاهده شد. نئوکلوز 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(۱۰۰درصد 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)، تاثیر 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

www.SID.ir

Archive of SID

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 کم آبیاری 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. باتوجه 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 بنمایند 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 عدم کاهش محصول با کیفیت، باعث بهینه‌سازی الگوی مصرف آب نیز خواهد شد. براین‌اساس 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 درنهایت 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 درطی 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 (به‌ترتیب I_3، I_2 و I_1) و چهار تیمار شوری ۰/۵، ۲، ۳/۵ و۵ دسی زیمنس بر متر (به‌ترتیب 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.

جدول ۱- خصوصیات خاک مورد آزمایش

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

درجدول(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 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

www.SID.ir

Archive of SID

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.

جدول۲- 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

نیاز آبی گیاه باتوجه به نشریه فائو۵۶ 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 شد. آبیاری به صورت دستی و به کمک پیمانه مدرج 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 می‌کرد، 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.

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

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. هنگامی‌که 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 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،

www.SID.ir

Archive of SID

به‌وسیله 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، قطرساقه از خط‌کش میلی‌متری استفاده شد. وزن تر بوته (قسمت هوایی) با استفاده از ترازوی دقیق دیجیتالی 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.

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 تربوته 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 آبیاری۶۰ درصد (۸۸ گرم در بوته) بدست آمد(جدول۴). با کاهش سطوح آبیاری وزن تر کاهش یافت، که دلیل آن کاهش تعداد برگ و سطح برگ است.

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

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

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

جدول ٤- مقایسه میانگین پارامترهای اندازه‌گیری شده تحت سطوح مختلف آبیاری براساس آزمون دانکن

پارامتر	میزان آبیاری (درصد)		
سطوح مختلف	I_1	I_2	I_3
تعداد برگ	۳۱/۰۰b	۳۰/۲ b	۲۶/۲a
سطح برگ(سانتی‌متر مربع)	۳۸۱۹ c	۳۴۵۶ b	۲۳۲۵a
طول بوته(سانتی‌متر)	۲۹/۵ c	۲۷/۷b	۲۶/۶a
طول ساقه(سانتی‌متر)	۷/۹ b	۷/۱ b	۵/۳a
قطر ساقه(سانتی‌متر)	۱/۷ a	۱/۴ a	۱/۴ a
وزن تر بوته (گرم در بوته)	۱۴۸c	۱۲۵b	۸۸a
بهره‌وری مصرف آب(کیلوگرم بر مترمکعب)	۲۹/۳a	۲۹a	۲۸/۹a

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

طبق جدول مقایسه میانگین‌ها، بیشترین وزن تر بوته در سطح شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده می‌شود، همچنین اثر معنی‌داری بین تیمارهای S_2، S_3 و S_4 وجود ندارد. شاید عدم تنظیم اسمزی از طریق ساخت مواد آلی کم بتواند دلیلی بر افزایش وزن تر محصول باشد(جدول۵)، 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 درنهایت منجر به افزایش وزن تر بوته 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 اثرمتقابل میزان آبیاری و شوری بر وزن‌تر بوته(جدول۶) بیشترین میزان وزن تر را تیمار $I_1 S_4$ و کمترین میزان آن مربوط به تیمار $I_3 S_1$ می‌باشد، که نشانی از اهمیت فاکتور کم‌آبیاری نسبت به تنش شوری می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

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

پارامتر	میزان شوری (dS/m)			
سطوح مختلف	S_1	S_2	S_3	S_4
تعداد برگ	۲۸/۸ a	۲۸/۷ a	۲۹/۰a	۳۰/۱a
سطح برگ(سانتی‌متر مربع)	۲۸۶۰a	۳۰۷۳a	۳۳۳۲b	۳۴۳۶b
طول بوته(سانتی‌متر)	۲۹/۰ b	۲۸/۷b	۲۷/۳ a	۲۶/۸a
طول ساقه(سانتی‌متر)	۷/۶ b	۷/۷ b	۶/۳ a	۵/۵a
قطر ساقه(سانتی‌متر)	۱/۵ab	۱/۳ a	۱/۵ab	۱/۸ b
وزن تربوته (گرم در بوته)	۱۱۲a	۱۲۰ab	۱۲۲ab	۱۲۷b
بهره‌وری مصرف آب(کیلوگرم بر مترمکعب)	۲۷/۶a ab	۲۹/۶ ab	۳۰/۰ ab	۳۱/۴b

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

جدول ٦- مقایسه میانگین اثرمتقابل میزان آبیاری و میزان شوری بر پارامترهای اندازه‌گیری شده کاهو براساس آزمون دانکن

پارامتر	میزان آبیاری (درصد)	میزان شوری (dS/m)			
		S_1	S_2	S_3	S_4
تعداد برگ	I_1	۳۰/۷ cd	۳۰/۷ cd	۳۰/۷ cd	۳۲/۰ d
	I_2	۳۰/۳cd	۲۹/۷bcd	۳۰/۰bcd	۳۰/۷ cd
	I_3	۲۵/۳a	۲۵/۷a	۲۶/۳ab	۲۷/۷abc
سطح برگ(سانتی‌متر مربع)	I_1	۳۴۱۰c	۳۵۸۳c	۴۱۲۱d	۴۱۶۱d
	I_2	۳۲۷۵c	۳۳۷۲c	۳۴۹۳c	۳۶۸۳c
	I_3	۱۸۹۵a	۲۲۶۳ab	۲۳۸۴b	۲۴۶۵b
طول بوته(سانتی‌متر)	I_1	۳۰/۰d	۳۰/۰d	۲۹/۰cd	۲۹/۰cd
	I_2	۲۹/۰cd	۲۹/۰cd	۲۷/۰abc	۲۶/۰ab
	I_3	۲۸/۰bcd	۲۷/۰abc	۲۶/۰ab	۲۵/۳a
طول ساقه(سانتی‌متر)	I_1	۹/۲de	۹/۵e	۷/۳bcd	۵/۵ab
	I_2	۷/۵bcd	۷/۷cde	۶/۸bc	۶/۳abc
	I_3	۶/۰abc	۵/۸abc	۴/۷a	۴/۷ a
قطر ساقه(سانتی‌متر)	I_1	۱/۳a	۱/۵a	۱/۷ab	۲/۲b
	I_2	۱/۷ab	۱/۲a	۱/۳a	۱/۷ab
	I_3	۱/۵a	۱/۳a	۱/۵a	۱/۵a
وزن تر بوته(گرم در بوته)	I_1	۱۳۳bcd	۱۴۸cde	۱۵۱۷de	۱۵۸۹e
	I_2	۱۲۲۲b	۱۲۴۵b	۱۲۳۷b	۱۲۹۵bc
	I_3	۸۰۵a	۸۸۲a	۹۰۹a	۹۴۹a
بهره‌وری مصرف آب(کیلوگرم بر مترمکعب)	I_1	۲۶/۴a	۲۹/۳ab	۳۰/۰ab	۳۱/۴ab
	I_2	۳۰/۲ab	۳۰/۷ab	۳۰/۶ab	۳۲/۰b
	I_3	۲۶/۲a	۲۸/۷ab	۲۹/۶ab	۳۰/۹ab

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

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 به‌حساب 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 تحقیق، از دلایل احتمالی آن می‌تواند عدم تنظیم اسمزی از طریق ساخت مواد آلی و صرف انرژی برای تولید آن باشد، درنتیجه از رشد اندام هوایی گیاه کاسته نشده و عملکرد روند کاهشی به خود نگرفته است. درنهایت 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

www.SID.ir

Archive of SID

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 وخشک 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 (جدول۳) مشخص شد تنها میزان آبیاری تحت تاثیر سطوح مختلف به کار برده شده و در سطح پنج درصد($P\leq ۰/۰۵$) ، بر تعداد برگ معنی‌دار بوده و میزان شوری و اثر متقابل میزان آبیاری و شوری معنی‌دار نمی‌باشد. براساس مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون دانکن (جدول۴)، کم‌آبیاری روی تعداد برگ موثر بوده و با کاهش میزان آب آبیاری، تعداد برگ در هر بوته کاهش می‌یابد. به‌طوری‌که بیشترین تعداد برگ به طور میانگین مربوط به تیمار شاهد (۱۰۰درصد 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(جدول۵). با مقایسه میانگین اثرمتقابل میزان آبیاری و میزان شوری بر تعداد برگ (جدول۶)، 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 برگ مربوط به سطح ۱۰۰ درصد نیاز آبی می‌باشد (Yazgan et al., 2008). مطالعه ارس و سورز(۲۰۱۷)، در بررسی عملکرد اسفناج تحت شرایط توأم تنش خشکی و شوری نشان داد، گیاه تا شوری ۱۲دسی‌زیمنس 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 تفاوت ها نسبتا 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 (جدول۳) نشان داد، که اثر میزان آبیاری و شوری بر سطح برگ، در سطح ۵ درصد($P\leq ۰/۰۵$) 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، به‌طوری‌که 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، به‌گونه‌ای 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 (جدول۶)، 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 این‌مورد 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 وسطح 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

www.SID.ir

Archive of SID

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 درنتیجه از میزان رشد به‌دلیل 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 (جدول۳)، میزان آبیاری و شوری روی این پارامتر در سطح پنج درصد($P\leq$۰/۰۵) معنی‌دار بود. طبق جدول مقایسه میانگین‌ها (جدول۴) براساس آزمون دانکن، میزان آبیاری در سطوح مختلف بر طول بوته موثر بوده و بین سطوح مختلف اختلاف معنی‌دار وجود دارد، به‌طوری که با اعمال کم‌آبیاری، طول بوته کاهو کاهش یافته است. بیشترین طول بوته مربوط به تیمار شاهد (۱۰۰ درصد نیاز آبی) برابر با ۲۹/۵ سانتی‌متر و برای تیمار۸۰ درصد نیاز آبی این صفت برابر با ۲۷/۷ سانتی‌متر می‌باشد و سپس تیمار مربوط به ۶۰ درصد نیاز آبی کمترین طول بوته را به میزان ۲۶/۶ سانتی‌متر دارد. میزان شوری نیز با توجه به جدول(۳) روی طول بوته در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. بیشترین و کمترین طول بوته مربوط به تیمار شوری ۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر و ۵ دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب برابر با ۲۹ سانتی‌متر و ۲۶/۸ سانتی‌متر است. طول بوته ۲۸/۷ سانتی‌متر مربوط به سطح شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر و مقدار ۲۷/۳ سانتی‌متر مربوط به این صفت، برای شوری ۳/۵ 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 اثرمتقابل میزان آبیاری و میزان شوری (جدول۶)، بیشترین طول بوته مربوط به تیمار $I_1 S_1$ و $I_1 S_2$ برابر با ۳۰ سانتی‌متر بود و کمترین طول بوته را تیمار $I_3 S_4$، با اختلاف ۱۵ درصد از تیمار شاهد($I_1 S_1$) به خود اختصاص داد، که نشان‌دهنده تاثیر توأم میزان آبیاری وشوری بر طول بوته می‌باشد. ضمن اینکه فاکتور کم‌آبی اثر بیشتری از خود نشان داده است. یازگان و همکاران(۲۰۰۸)، در ارزیابی عملکرد کاهو در شرایط کشت 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 به‌دلیل 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 ($P\leq$ ۰/۰۵) بود(جدول۳). بیشترین طول ساقه در تیمار شاهد، ۷/۹ سانتی‌متر و کمترین مقدار آن مربوط به نیاز آبیاری ۶۰ درصد (I_3)، ۵/۳ سانتی‌متر بدست آمد(جدول۴). با افزایش شوری، طول ساقه کاهش یافت(جدول۵)، به‌طوری که بیشترین طول ساقه تیمار S_2 برابر ۷/۷ سانتی‌متر است و با تیمار S_1 تفاوت معنی‌دار نداشت. کمترین طول را تیمار S_4 به میزان ۵/۵ سانتی‌متر دربرداشت، که این تیمار و تیمار S_3 نیز اختلاف معنی‌دار با هم نداشتند. کمترین میزان طول ساقه برای این صفت در بالاترین میزان شوری، ۵ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد (جدول۵). اثر متقابل آبیاری و شوری نیز بر طول ساقه معنی‌دار بود(جدول۶) و بیشترین طول را تیمار $I_1 S_1$ و $I_1 S_2$ با اختلافی اندک از یکدیگر و به‌ترتیب با مقادیر ۹/۲ و ۹/۵ سانتی‌متر و کمترین طول را تیمار $I_3 S_4$ با مقدار ۴/۷ سانتی‌متر به خود اختصاص دادند. براساس نتایج(جدول۳) میزان قطر ساقه در سطوح مختلف آبیاری و در سطوح متفاوت شوری معنی‌دار نبوده است. بیشترین قطر ساقه مربوط به تیمار شاهد(I_1) به‌میزان ۱/۷ سانتی‌متر بود در حالی‌که مقادیر دو سطح آبیاری دیگر برابر با یکدیگر و به‌میزان۱/۴ سانتی‌متر بدست آمدند (جدول۴). در بالاترین سطح شوری نیز گیاه بالاترین میزان قطر را برابر ۱/۸ سانتی‌متر در برداشته است(جدول۵) و در بررسی اثر توأم میزان آبیاری و شوری تیمار $I_1 S_4$ بالاترین مقدار قطر را نشان می‌دهد، که درنهایت 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

www.SID.ir

Archive of SID

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، قطرسر 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(جدول۴). 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(جدول۵). در این راستا اگبانایا و همکاران(۱۹۹۸)، معتقد بود محدود شدن شاخه‌دهی تحت شرایط خشکی در گیاه کنف 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_3، I_2 و I_1 به‌ترتیب ۸۱۰، ۱۰۶۸ و ۱۳۳۵ مترمکعب بر هکتار به‌دست 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 دسی زیمنس 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 و۶۰ درصد نیاز آبی به‌ترتیب، 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:

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

که در آن، WP: بهره‌وری مصرف آب آبیاری بر حسب کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد(ناگاز و همکاران، ۲۰۱۳). براین‌اساس با داشتن 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(جدول۳)، میزان بهره‌وری مصرف آب به طورمعنی‌داری تحت تأثیر سطوح مختلف شوری قرار می‌گیرد و با افزایش شوری کاهش معنی‌دار این صفت صورت می‌گیرد، اما سطوح مختلف آبیاری روی این پارامتر معنی‌دار نبود به‌گونه‌ای که با اعمال کم‌آبیاری میزان بهره‌وری مصرف آب اندکی کاهش یافت(جدول۴). 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 کم‌آبیاری به گونه‌ای یکنواخت کاهش یافت، اما اختلاف معنی‌داری در سطوح مختلف آبیاری مشاهده نشد. براساس نتایج طاهری(۱۳۹۶)، در بررسی سطوح مختلف آبیاری کاهوپیچ(*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(جدول۵) و بالاترین مقدار بهره‌وری مربوط به تیمار S_4 برابر با ۳۱/۴ کیلوگرم بر مترمکعب بود. با توجه به این‌که 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 درواقع 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 تاثیر به‌سزای شوری نسبت به کم‌آبیاری بر بهره‌وری مصرف آب می‌باشد، براین‌اساس بیشترین میزان بهره‌وری(۳۲ کیلوگرم بر مترمکعب) مربوط به تیمار I_2S_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 اهیمت 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(۱۰۰درصد نیاز آبی) و بیشترین مقدار بهره‌وری مصرف آب مربوط به تیمار ۳۰ درصد نیاز آبی بدست آمد(Nagaz et al., 2013).

www.SID.ir

Archive of SID

علت تفاوت در نتایج بدست آمده با نتایج تحقیقات مشابه، رقم کاهوی مورد بررسی در این پژوهش می‌باشد. ضمن این‌که 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 S_1 برابر ۲۹سانتی‌متر و بیشترین طول ساقه تیمار S_2 برابر ۷/۷ سانتی‌متر حاصل شد. اثر متقابل آبیاری و شوری نیز بر هیچ‌کدام از صفات مورد بررسی به‌جز طول ساقه معنی‌دار نبود. باتوجه 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 دربرابر 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

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 بوم شناسی کشاورزی. ۳. 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. ۳: ۲۷-۳۹.

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

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

صداقت‌پور، ع.، زاهدی، ب.، احتشام‌نیا، ع و رمضانی، 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. به‌زراعی 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.

www.SID.ir

Archive of SID

۶. ۲۳: ۱۶۳-۱۷۳.

وزیری، ژ.، سلامت، ع.ر.، انتصاری، م.ر.، مسچی، م.، حیدری، ن.، دهقانی‌سانیچ، 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: ۳۱-۳۹.

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 Homaee, 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 Production .892-900.

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.

www.SID.ir

Archive of SID

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 2, Vol. 13, Jan.-Jul. 2019, p. 450-461

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۲، جلد ۱۳، خرداد - تیر ۱۳۹۸، ص. ۴۶۱-۴۵۰

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

E. Zoratipour[1], A. Soltani Mohammadi[2]*and N. Alemzadeh Ansari[3]

Recived: 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)

www.SID.ir