

مقاله علمی-پژوهشی

اثر سطوح مختلف آب آبیاری و مقادیر شوری بر وزن ژل و رشد آلوئه‌ورا (*Aloe vera L.*) در دو فصل مختلف برداشت (مطالعه موردی: شهرستان امیدیه)

حسین حمیدی^{۱*}، عبد علی ناصری^۲، سعید برومند نسب^۳، موسی مسکرباشی^۴ و محمد الباجی^۵

چکیده

آلوئه‌ورا گیاهی علفی و چندساله است که از نظر اقتصادی و دارویی مورد توجه بسیاری از کشاورزان در کشور قرار گرفته است. شرایط اقلیمی در طول سال و کمیت و کیفیت آب آبیاری روی عملکرد آن اثرگذار است. تحقیق حاضر با هدف بررسی میزان اثرگذاری عوامل مذکور بر عملکرد و اجزای عملکرد آلوئه‌ورا انجام شد. برای دستیابی به این هدف، طرح آزمایشی به صورت کرت‌های خردشده نواری در قالب بلوک-های کامل تصادفی با مقدار آب آبیاری در سه سطح I1، I2 و I3 به ترتیب ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد تأمین نیاز آبی و شوری آب آبیاری در دو سطح S1 و S2 به ترتیب ۵ دسی‌زیمنس بر متر به‌عنوان شاهد و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر در سه تکرار در یک مزرعه تحقیقاتی در شهرستان امیدیه در دو برداشت پاییز ۱۳۹۹ و بهار ۱۴۰۰ انجام شد. نتایج نشان داد که در برداشت اول، سطوح آبیاری بر عرض برگ، وزن تازه برگ، وزن ژل، نسبت وزن ژل به وزن برگ، تعداد پاجوش و بهره‌وری آب معنی‌دار بود. همچنین شوری بر ضخامت برگ، عرض برگ، وزن تازه برگ، وزن ژل، نسبت وزن ژل به وزن برگ و بهره‌وری آب اثر معنی‌دار داشت. در برداشت دوم، آب آبیاری در نسبت وزن ژل به وزن برگ، تعداد برگ و بهره‌وری آب و شوری بر عرض برگ، ضخامت برگ، وزن تازه برگ و وزن ژل و نسبت وزن ژل به وزن برگ و بهره‌وری آب اثر معنی‌دار داشت. در هر دو برداشت اول و دوم، اثر متقابل آب آبیاری و شوری فقط بر بهره‌وری آب اثر معنی‌دار نشان داد. اثر زمان برداشت بر طول برگ، عرض برگ، ضخامت برگ، وزن تازه برگ، وزن ژل، تعداد برگ و بهره‌وری آب معنی‌دار بود. افزایش تنش آبی و شوری سبب کاهش وزن ژل و سایر خصوصیات رشدی گیاه آلوئه‌ورا در هر دو برداشت شد. بیشترین وزن ژل، طول و عرض برگ، وزن تر برگ، ضخامت برگ و تعداد پاجوش در هر دو برداشت در تیمار I3S1 به دست آمد. لیکن این تیمار کمترین تعداد برگ را در هر دو برداشت داشت. مقایسه‌ی دو فصل برداشت نشان داد که تعداد پاجوش و برگ در برداشت دوم کمتر شد ولی وزن ژل افزایش یافت؛ بنابراین توصیه می‌شود علاوه بر توجه به تأمین کامل نیاز آبی این گیاه، تکثیر آن در پاییز و برداشت آن در بهار انجام شود.

واژه‌های کلیدی: تنش آبی، تنش شوری، کم‌آبیاری، نیاز آبی

مقدمه

اقلیم خشک و نیمه‌خشک ایران سبب شده است تا اکثر استان‌های کشور تحت تأثیر مشکلات کم‌آبی و کیفیت پایین آب در بخش کشاورزی قرار گیرد. پیش‌بینی شده است که این مشکل در دهه‌های آینده بیشتر می‌شود (یعقوب‌زاده و همکاران، ۱۳۹۵). کم‌آبیاری به‌عنوان یکی از روش‌های سازگاری با خشکسالی در بخش کشاورزی برای شرایط فعلی و آتی به شمار می‌رود که اگر به‌صورت اصولی انجام شود، می‌تواند علاوه بر مدیریت عملکرد گیاهان زراعی، بهره‌وری آب را نیز افزایش دهد (Ahmadede, 2014). این شرایط در صورت وجود کیفیت پایین آب برای آبیاری اهمیت بیشتری پیدا می‌کند (شهیدی و احمدی، ۱۳۹۴). برخی گیاهان زراعی کم‌آب‌بر مانند خانواده CAM علاوه بر ارزش اقتصادی بالا، نسبت به سایر گونه‌های زراعی

^۱ دانشجوی دکتری، گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
(#نویسنده مسئول: Email: h.hamidi2014@yahoo.com)
^۲ استاد، گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
^۳ استاد، گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
^۴ استاد، گروه زراعت و تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
^۵ دانشیار، گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/۳۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۷/۱۲

سیستم فتوستتزی کراسوله و سنتز پلی ساکارید از بهره‌وری آب بالایی نسبت به سایر گیاهان برخوردار است (Herrera, 2009; Delatorre-Herrera et al., 2010). این موضوع توسط محققان مختلف گزارش شده است (Winter et al., 2005; Delatorre-Herrera et al., 2010; Silva et al., 2010; Silva et al., 2014). برخی محققان گزارش کرده‌اند که این گیاه حتی در اثر کمبود آب روزنه‌های خود را باز نگه می‌دارد و عمل فتوستتزی را به‌خوبی انجام می‌دهد. در نتیجه از کاهش عملکرد زیاد حتی در شرایط تنش شدید جلوگیری می‌کند (Rodríguez-García et al., 2007; Lüttge, 2004; Cousins and Witkowski, 2012). کوتیکول ضخیم برگ، سلول‌های بزرگ پارانشیمی و واکوئل‌های با ظرفیت زیاد ذخیره آب در گیاه آلوئه‌ورا سبب می‌شود که این گیاهان بتوانند تنش‌های رطوبتی را تحمل کنند (Cushman, 2001). در مطالعه‌ی انجام شده توسط سالیناس و همکاران پلی ساکارید موجود در ژل تولید شده در برگ‌های آلوئه‌ورا که منجر به تحمل تنش خشکی می‌شود با نام آسامانان شناسایی شد (Salinas et al., 2019). این پلی ساکارید به این گیاه اجازه می‌دهد که آب را در خود ذخیره کند. با این وجود در شرایط کشت زراعی آن نباید اجازه داد تنش‌های آبی سبب کاهش عملکرد آن شود. در غیر این صورت مزیت اقتصادی برای کشاورزان نخواهد داشت. از این رو، توجه به این موضوع برای کشت اقتصادی آن در مناطق خشک و نیمه‌خشک اهمیت زیادی دارد. تعداد برگ و وزن ژل عوامل مهمی در رشد و ارزش اقتصادی گیاه آلوئه‌ورا می‌باشد. افزایش تعداد برگ آلوئه‌ورا در هر ماه به‌صورت متوسط ۱/۸ است که تحت تأثیر عوامل محیطی کاهش می‌یابد (حضرتی و همکاران، ۱۳۹۶؛ Hernandez et al., 2002).

رودریگز-گارسیا و همکاران و هرناندز و همکاران گزارش کردند که عملکرد تر برگ و ژل آلوئه‌ورا در اثر شدت‌های تنش آبی زیاد کاهش یافت. (Rodríguez-García et al., 2007; Hernandez et al., 2002) در مطالعات انجام شده توسط سیلوا و همکاران مشاهده شد که تنش آبی تا ۲۰ میلی‌متر از سطح تشت تبخیر سبب کاهش تعداد برگ به میزان ۸/۶ شد. البته این محققان نشان

تحمل بیشتری در شرایط عدم تأمین کافی آب آبیاری دارند. به همین دلیل این گیاهان می‌توانند به‌عنوان گزینه‌های مناسبی برای کشت در اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک باشند (حبیبی و همکاران، ۱۳۹۹).

آلوئه‌ورا (*Aloe vera*) یکی از گیاهان دارویی علفی و چندساله است که برگ‌های ضخیم و گوشتی دارد (Morton, 1961) و از قدیم‌الایام در کشور ما با نام صبر زرد شناخته می‌شده است. این گیاه بومی مناطق گرم و خشک است و برخی محققان منشأ آن را آفریقا معرفی کرده‌اند (Ray and Gupta, 2013). گرچه قبلاً آلوئه‌ورا در استان‌های بوشهر، هرمزگان و سیستان و بلوچستان به‌وفور کشت می‌شده است ولی امروزه کشت آن در بسیاری از استان‌ها مورد توجه قرار گرفته است. این گیاه تحمل دمایی بین ۱۰ الی ۵۰ درجه سانتی‌گراد را دارد (سرطاوی، ۱۳۷۸). گرچه دماهای پایین‌تر تا ۵ درجه سانتی‌گراد را برای مدت محدود می‌تواند تحمل کند. در گزارشی که توسط ساکس و همکاران منتشر شد، مشخص گردید که این گیاه به‌سختی صدمات ناشی از سرما تا ۳- درجه سانتی‌گراد را تحمل کرد و حدود ۱۵ درصد از طول برگ‌ها در این شرایط از بین رفت. همچنین حدود ۵ درصد از ذخیره ژل در این گیاه بر اثر سرما از بین رفت (Saks et al., 1995). امروزه محصولات متنوعی از آلوئه‌ورا در صنایع بهداشتی، غذایی و دارویی ساخته می‌شود و مصرف آن در حال گسترش است (کدوری و همکاران، ۱۳۹۳). علی‌رغم نیاز شدید به خرید آن توسط صنایع مختلف، با توجه به افزایش اشتغال در پی کشت این گیاه به‌خصوص در مناطق روستایی (یزدانی و همکاران، ۱۳۸۵)، کشت آن در کشور در حال گسترش است.

آلوئه‌ورا جز گیاهان CAM است که چرخه‌ی فتوستتزی را در چهار مرحله انجام می‌دهد (Winter, 2019). در طول روز روزنه‌های خود را می‌بندد و فرایند تعرق آن در طول شب انجام می‌شود. به‌این ترتیب از دست دادن آب در طول روز به حداقل ممکن می‌رسد. این عمل سبب افزایش تحمل به خشکی و افزایش بهره‌وری آب در این گیاه می‌شود (حضرتی و همکاران، ۱۳۹۶؛ Winter et al., 2005). این گیاه به دلیل دارا بودن

شوری ممکن است فقط در شرایط تأمین رطوبت کافی اتفاق بیفتد (Kafi et al., 2007). تاکنون گزارش‌های محدودی در خصوص اثرات تنش شوری بر آلوئه‌ورا منتشر شده است. در تحقیقی اثر شوری ۴ در هزار کلرید سدیم بر عملکرد و شاخص‌های رویشی آلوئه‌ورا بررسی و مشاهده شد که این مقدار تنش شوری سبب کاهش شدید پارامترهای مورد مطالعه گردید (Mustafa, 1995).

ژان و همکاران به بررسی اثر شوری بر آلوئه‌ورا پرداختند و گزارش کردند که این گیاه جز گیاهان مقاوم به شوری نیست؛ بنابراین افزایش شوری آب و خاک علاوه بر کاهش رشد سبب افزایش درصد ماده خشک بافت می‌گردد. این موضوع از بازارپسندی و عملکرد ژل آن می‌کاهد (Zan et al., 2007).

مقبلی و همکاران سطوح مختلف شوری آب آبیاری (حداکثر ۸ دسی‌زیمنس بر متر) را بر این گیاه دارویی مطالعه کردند. نتایج ایشان نشان داد که با افزایش شوری به ۵ دسی‌زیمنس بر متر، حدود نیمی از وزن تر برگ و ژل کاهش یافت (Moghbeli et al., 2012).

محمودی و همکاران به بررسی اثر کلرید سدیم و کلسیم بر رشد، میزان ژل و برخی عناصر آلوئه‌ورا تحت شرایط گلخانه‌ای در شهر کرد پرداختند. این محققان از غلظت‌های مختلف نمک کلرید کلسیم (صفر، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ میلی‌مولار) و کلسیم (صفر، ۵، ۱۰ و ۲۰ میلی‌مولار) و ترکیب آن‌ها استفاده کردند. نتایج ایشان نشان داد که افزایش غلظت نمک سبب کاهش میزان ژل و عملکرد برگ شد. این محققان در جمع‌بندی خود بیان کردند که آلوئه‌ورا در برابر تنش شوری مقاوم نیست و اثرات منفی شوری ناشی از سدیم نسبت به کلسیم بیشتر است. ایشان حداکثر شوری خاک برای کشت این گیاه را ۷ دسی‌زیمنس بر متر توصیه کردند. (Mahmoudi et al., 2016).

استان خوزستان یکی از قطب‌های کشاورزی در کشور محسوب می‌شود که الگوی کشت آن در سال‌های اخیر در حال تغییر است. با توجه به مشکلات به وجود آمده در خصوص کمبود آب و لزوم توجه به کشت گیاهان با مصرف آب کمتر، زراعت گیاهان دارویی و کم‌آب‌بر مانند آلوئه‌ورا مورد استقبال و

دادند که بیشترین تعداد برگ تولیدی در تابستان به دست آمد. علت آن نیز درجه حرارت زیاد فصل رشد در تابستان بود (Silva et al., 2010). تنش‌های محیطی روی تعداد پاجوش آلوئه‌ورا نیز اثر منفی می‌گذارند (حضرتی و همکاران، ۱۳۹۶). این موضوع از این جهت اهمیت دارد که روش تکثیر این گیاه استفاده از پاجوش‌هایی است که از انتهای گیاه مادری تولید می‌شوند (Hazrati-Yadekori and Tahmasebi-Sarvestani, 2012). کاهش تعداد پاجوش در اثر کاهش رطوبت توسط سیلوا و همکاران گزارش شده است (Silva et al., 2010).

در تحقیقی که روی اثرات تنش خشکی بر گیاه آلوئه‌ورا انجام شد، مشاهده گردید که اثرات طولانی‌مدت خشکی سبب ۵۵ تا ۶۵ درصدی ضخامت برگ و ۵۴ تا ۶۲ درصدی تبخیر-تعرق شد. کاهش آب آبیاری تا ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه به‌عنوان حد آستانه تحمل به خشکی برای این گیاه محاسبه شد به‌طوری‌که در شرایط تنش طولانی، این گیاه توانست نسبت به تنش‌های شدید مقاومت کند (Delatorre-Castillo et al., 2022). در تحقیقی که روی اثرات کودهای زیستی و تنش آبی بر صفات فیزیولوژیک و وزن تر برگ آلوئه‌ورا انجام شد، بیشترین وزن عملکرد در شرایط تأمین نیاز آبیاری کامل این گیاه به دست آمد. لیکن استفاده از کودهای زیستی تا حدودی اثرات کم‌آبیاری را جبران کرد. به همین دلیل استفاده از این کودها در شرایط کم‌آبیاری تا ۵۰ درصد نیاز آبی آلوئه‌ورا توسط محققان پیشنهاد شد (Khajeeyan et al., 2019).

لوسینی و همکاران و همچنین راهی و همکاران گزارش کرده‌اند که عواملی مانند تنش شوری، شدت نور زیاد و سمیت سدیم در آب و خاک شور سبب تغییر در پارامترهای رشد گیاه آلوئه‌ورا می‌شود (Lucini et al., 2013; Rahi et al., 2013). کاهش عملکرد و توقف رشد در شرایط تنش شوری معمولاً به دلیل کاهش پتانسیل اسمزی است (Hernandez et al., 2002). در این شرایط همانند تنش آبی، گیاه مجبور به وفق دادن خود با این شرایط است و این عمل از میزان رشد و عملکرد آن می‌کاهد. گیاهان CAM از نظر مقاومت به تنش شوری حد واسط گیاهان C3 و C4 قرار می‌گیرند. گرچه تحمل

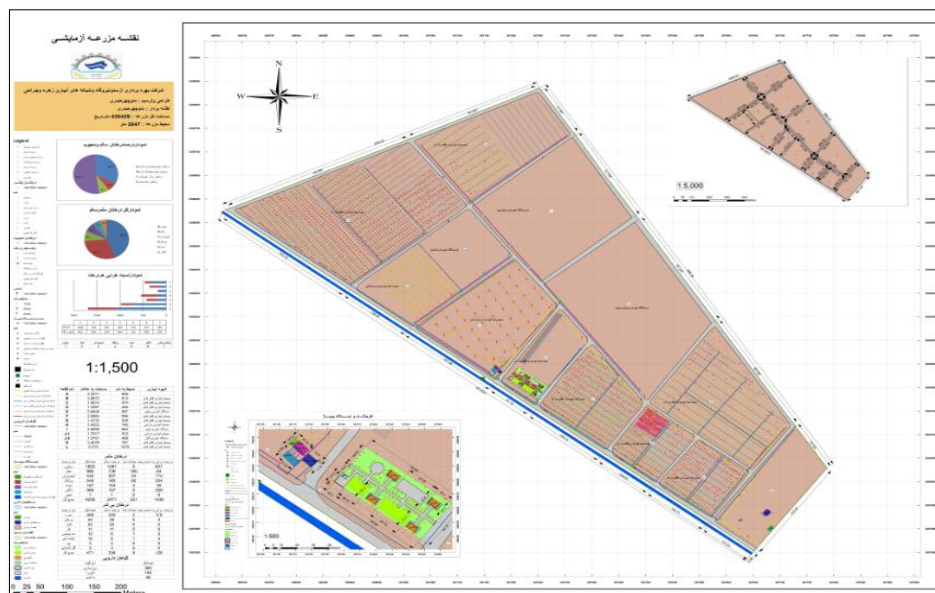
مزرعه تحقیقاتی مورد مطالعه در طول جغرافیایی 37° و 30° و عرض جغرافیایی $49'$ و $49''$ قرار دارد (شکل ۱). اقلیم منطقه براساس طبقه‌بندی دوماترن گرم و خشک است (احمدی، ۱۳۹۹). متوسط بارندگی در سال‌های آزمایش ۱۶۷ میلی‌متر، حداقل و حداکثر رطوبت نسبی به ترتیب ۱۸ و ۶۰ درصد و متوسط درجه حرارت ۲۵ سانتی‌گراد بود. برخی پارامترهای هواشناسی در شکل (۲) نشان داده شده است. رودخانه زهره و مارون منابع تأمین آب بخش کشاورزی این شهرستان هستند. رودخانه مارون از منطقه‌ی تنگ سادات ولی می‌سرچشمه گرفته و پس از عبور از شهرستان بهبهان به شهرستان امیدیه وارد می‌شود. رودخانه زهره از نورآباد ممسنی و رودخانه فهلیان سرچشمه گرفته و پس از عبور از کوه‌های زاگرس جنوبی وارد منطقه دشت زیدون بهبهان شده و با ادغام با رودخانه خیرآباد وارد امیدیه و سپس هندیجان می‌گردد. هدایت الکتریکی آب این دو رودخانه به‌طور متوسط چهار دسی‌زیمنس بر متر است. خاک زراعی محل آزمایش لومی و هدایت الکتریکی آن $1/6$ دسی‌زیمنس بر متر بود. سایر مشخصات خاک مورد استفاده در آزمایش در جدول (۱) نشان داده شده است.

توجه بهره‌برداران قرار گرفته است. علاوه بر آن، اکثر زمین‌های کشاورزی این استان دچار مشکل شوری هستند. از این رو، کشت اکثر گیاهان با تنش آبی و شوری مواجه است. با این وجود اطلاعات کافی در خصوص اثرات مقادیر مختلف آب آبیاری و شوری بر عملکرد و شاخص‌های عملکرد این گیاه در استان خوزستان وجود ندارد. همچنین به دلیل شوری آب آبیاری در استان خوزستان، برخی کارشناسان توسعه کشت این گیاه در شرایط استان خوزستان را با تردید بیان کرده‌اند. از این رو، نوآوری‌های این تحقیق بررسی اثر این دو عامل بر عملکرد و شاخص‌های عملکرد آلوئه‌ورا طی دو بازه‌ی مختلف برداشت پاییز و بهار است؛ بنابراین، در این تحقیق سعی می‌شود به این سؤال پاسخ داده شود که اعمال کم‌آبیاری با دو کیفیت مختلف آب آبیاری تا چه اندازه بر عملکرد و اجزای عملکرد آلوئه‌ورا در استان خوزستان مؤثر است.

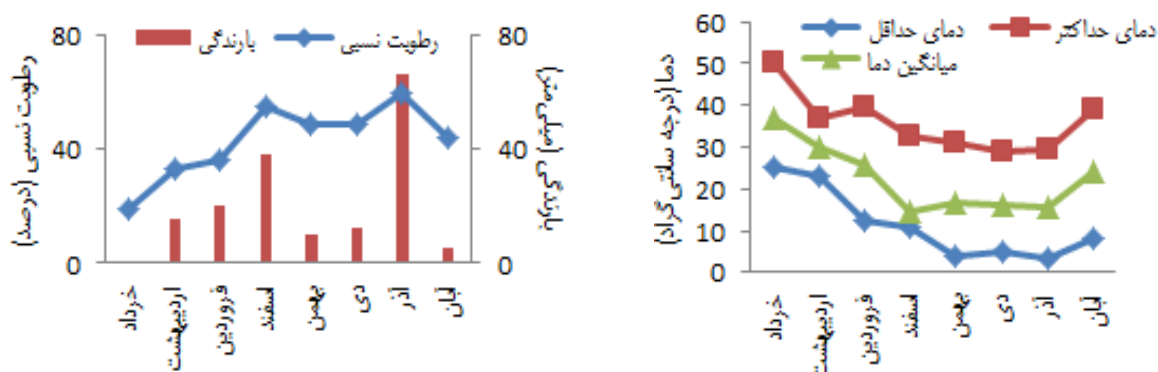
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

این پژوهش طی دوره زمانی آبان ماه سال ۱۳۹۷ تا مهرماه سال ۱۴۰۰ در شهرستان امیدیه در استان خوزستان انجام شد.



شکل ۱- جانمایی منطقه مورد مطالعه در کشور و استان خوزستان



شکل ۲- متوسط مقادیر هواشناسی در طول دوره آزمایش

جدول ۱- مشخصات خاک مورد استفاده

K	P	N	pH	EC	رس	سیلت	شن	بافت خاک	عمق خاک
	پی پی ام		-	دسی زیمنس بر متر	درصد		پی پی ام	سانتی متر	
۱۴۸	۱۰/۴	۰/۰۷	۷/۵	۱/۶	۲۳	۴۷	۳۰	لوم	۰-۳۰

قطعه زمین از مزرعه آزمایشی در شهرستان امیدیه در نظر گرفته شد. سپس با یک دستگاه گریدر محل مورد نظر از خار و خاشاک زدوده شده و تسطیح گردید. با استفاده از یک دستگاه کمپرسی و یک دستگاه لودر، یک سرویس خاک باکیفیت مناسب از اطراف مزرعه آزمایشی به نقطه نصب لایسیمترها انتقال داده شد. برای استقرار هر لایسیمتر چهار عدد بلوک در نظر گرفته شد. لایسیمترها روی آن‌ها مستقر شدند. پس از آماده‌سازی لایسیمترها، پاجوش آلوتئورا از مزرعه اصلی و توسط دست از ریشه مادر جدا شده و به لایسیمترها انتقال داده شدند. براساس تجربه محققان، به‌منظور حفظ آلوتئورا در هوای بسیار گرم در تابستان و هوای زیر ۱۰ درجه سانتی‌گراد در زمستان، از شید گلخانه برای سایه‌اندازی در تابستان و پلاستیک در زمستان استفاده شد. البته پوشش پلاستیکی سبب حفاظت آلوتئورا از بادهای تند و ریزش باران نیز گردید. مراحل انجام کار در شکل (۳) نشان داده شده است.

اجرای آزمایش

در این تحقیق اثر تیمارهای مقدار آب آبیاری در سه سطح I1، I2 و I3 به ترتیب ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد تأمین نیاز آبی و شوری آب آبیاری در دو سطح (S1 و S2 به ترتیب ۵ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر) روی عملکرد، اجزای عملکرد و بهره‌وری آب آلوتئورا مورد مطالعه قرار گرفتند. طرح آزمایشی مورد استفاده به صورت کرت‌های خرد شده نواری پیاده شد و هر تیمار در سه تکرار در نظر گرفته شد. پیش از اعمال تیمارها و برای تهیه پاجوش آلوتئورا، از سال ۱۳۹۷ الی ۱۳۹۹ به کشت پاجوش آلوتئورا اقدام شد. با توجه به شرایط محیطی منطقه، از پاجوش‌ها به مدت دو سال مراقبت به عمل آمد تا به سن تولید اقتصادی رسیدند. سپس جهت بررسی تیمارها، از ۱۸ عدد لایسیمتر استفاده شد. جهت ساخت لایسیمترها ابتدا به تعداد لازم بشکه با ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر و قطر ۵۲ سانتی‌متر تهیه شد. سپس در انتهای آن‌ها، جهت خروج آب زهکشی، یک شیر آب نصب گردید و دور آن‌ها عایق‌بندی شد. جهت استقرار لایسیمترها، یک



شکل ۳- مراحل انجام کار برای تهیه محل مناسب طرح تحقیقاتی

استفاده از لایسیمتر و کنترل حجم آب برای هر تیمار آبیاری، راندمان آبیاری ۱۰۰ درصد فرض شد. همچنین با توجه به اینکه از پلاستیک برای کنترل میزان آب ورودی استفاده شد، پارامتر ER برابر با صفر بود.

$$LR = \frac{EC_w}{EC_d} \quad (2)$$

در این رابطه، EC_w هدایت الکتریکی آب آبیاری و EC_d هدایت الکتریکی آب خروجی از زهکش است. میزان نیاز آبیاری با توجه به شوری متفاوت تیمارها، برای هر تیمار به صورت مجزا محاسبه شد. پس از محاسبه نیاز آبی، با استفاده از یک استوانه مدرج میزان آب هر تیمار تعیین و اعمال شد. دو عدد مخزن هزار لیتری نیز تهیه شد تا جهت تهیه آب با دو شوری پنج و ده دسی زیمنس بر متر مورد استفاده قرار گیرد. براساس شوری آب زهکش با مشخصات جدول (۲) و پس از اختلاط با آب شیرین میزان شوری هر کدام از مخازن تثبیت شد. برای تعیین میزان هدایت الکتریکی در هر مرحله از یک دستگاه EC سنج استفاده گردید. این عملیات برای هر بار تخلیه مخازن تکرار شد. مقادیر نیاز آبی برای تیمار آبیاری کامل در دو تیمار شوری S1 و S2 در جدول (۳) نشان داده شده است.

اعمال تیمارها

جهت محاسبه نیاز آبی گیاه مرجع از روش تشتت تبخیر کلاس A استفاده گردید. سپس نیاز آبی از رابطه (۱) محاسبه شد. نیاز آبی محاسبه شده از رابطه (۱) برای تیمار I3 به دست آمد. لذا نیاز آبی دو تیمار I2 و I1 با ضرب نسبت اعمال تنش محاسبه گردید.

$$IR = \frac{K_p \times K \times E}{E_a(1 - LR)} - ER \quad (1)$$

در این رابطه، K_p ضریب تشتک تبخیر، E تبخیر تجمعی از تشتک کلاس A، K ضریب گیاهی، LR نیاز آبیاری، E_a راندمان آبیاری و ER بارندگی مؤثر است. برای تعیین ضریب گیاهی آلئوئورا از گزارش آلن و همکاران در خصوص ضریب گیاهی گیاهان CAM مانند آگاو ۰/۴ تا ۰/۷ و آناناس ۰/۳ تا ۰/۵ استفاده شد (Allen et al., 1998). همچنین، برای گیاه آناناس ۰/۴ تا ۰/۵ (Doorenbos and Kassam, 1979) و برای گیاه آلئوئورا ۰/۲۵ تا ۰/۴ استفاده شد (Genet and Van Schooten, 1992). با توجه به اینکه آلئوئورا گیاهی چندساله و همیشه سبز است و پس از دو سال مراقبت از پاجوش‌ها اعمال تیمارها صورت گرفت؛ لذا برای همه تیمارها ضریب گیاهی ۰/۴ منظور گردید. نیاز آبیاری نیز از رابطه (۲) تعیین شد. به دلیل

جدول ۲- مشخصات آب زهکشی مورد استفاده

EC	pH	کاتیون‌ها					آنیون‌ها				
		مجموع	Ca+2	Mg+2	Na+	K+	مجموع	CO-2	HCO- ₃	CL-	SO-2
دسی زمینس بر متر	-	میلی اکی والانت بر لیتر					میلی اکی والانت بر لیتر				
۲۱۶	۷/۲	۳۹۸۵	۱۰۵	۴۹۶	۳۳۶۸	۱۶	۳۹۸۴	۰	۱/۴۷	۳۷۰۸	۲۷۰

جدول ۳- مقادیر نیاز آبی برای تیمار آبیاری کامل در دو تیمار شوری S1 و S2

پارامتر	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت
تبخیر از تشت	۲۳	۱۷/۳	۱۵/۴	۱۱/۵	۷/۳	۳/۷	۱/۴	۲/۴	۴/۵	۵/۳	۹/۵	۱۴
ضریب تشت	۰/۷۷	۰/۷۶	۰/۷۵	۰/۷۲	۰/۶۹	۰/۶۳	۰/۵۸	۰/۶۲	۰/۷۲	۰/۷۷	۰/۷۷	۰/۷۸
ضریب گیاهی	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴
نیاز آبی روزانه (میلی‌متر)	۹/۲	۶/۹	۶/۲	۴/۶	۲/۹	۱/۵	۰/۵۸	۰/۹۷	۱/۸	۱/۲	۳/۸	۵/۶
تبخیر-تعرق در دهه (میلی‌متر)	۹۲	۶۹	۶۲	۴۶	۲۹	۱۵	۶	۱۰	۱۸	۲۱	۳۸	۵۶
نیاز آیشویی S1 در دهه (میلی‌متر)	۲۳	۱۷	۱۵	۱۱	۷	۳	۲	۲/۵	۵	۵	۱۰	۱۴
نیاز آبی هر دهه (میلی‌متر)	۱۱۵	۸۶	۷۷	۵۷	۳۶	۱۸	۷	۱۲	۲۲	۲۶	۴۷	۷۰
نیاز آیشویی S2 هر دهه (میلی‌متر)	۴۶	۳۴	۳۱	۲۳	۱۴	۷	۳	۵	۹	۱۰	۱۹	۲۸
نیاز آبی هر دهه (میلی‌متر)	۱۳۸	۱۰۴	۹۲	۷۰	۴۳	۲۲	۹	۱۵	۲۷	۳۲	۵۷	۸۴

* مقادیر صحیح به صورت گرد شده ذکر شده است.

برداشت محصول

برداشت نخستین محصول در پاییز ۱۳۹۹ و برداشت دوم در بهار ۱۴۰۰ انجام شد. در هر دو دوره، برداشت برگ از بوته‌ها انجام می‌شد. سپس پارامترهای طول برگ، عرض سطح مقطع برگ، وزن ژل در یک برگ، وزن تر برگ، نسبت بین وزن ژل به وزن کل برگ، تعداد پاجوش هر بوته و تعداد برگ هر بوته در هر تیمار اندازه‌گیری گردید. برای تعیین تعداد برگ، در دو مرحله از رشد گیاه آلوتهورا تعداد برگ تولیدی هر گیاه مورد شمارش قرار گرفت به این صورت که از هر تیمار در هر سه تکرار تعداد برگ‌ها مورد شمارش قرار گرفته و میانگین آن‌ها برای هر بوته در نظر گرفته شد. برای اندازه‌گیری طول برگ ۳ عدد برگ از هر گیاه که به حداکثر رشد خود از لحاظ فیزیولوژیک رسیده بودند از قسمت پایین برگ که به ساقه متصل بودند برداشت شد. سپس از نقطه سفید رنگ محل اتصال برگ به ساقه تا نوک برگ به وسیله خط-کش مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. برای اندازه‌گیری عرض برگ از کولیس استفاده شد. بدین منظور سه برگ از هر گیاه انتخاب و از قسمت پهن‌ترین نقطه هر برگ عرض آن‌ها اندازه‌گیری گردید و میانگین آن‌ها برای هر تکرار در نظر گرفته شد. برای اندازه‌گیری

ضخامت برگ نیز از کولیس استفاده شد و سه برگ از هر گیاه انتخاب و از قسمت ضخیم‌ترین نقطه هر برگ، ضخامت آن‌ها اندازه‌گیری شد. وزن تر برگ با استفاده از ترازوی دیجیتال و براساس سه برگ از هر تکرار محاسبه گردید. بعد از برداشت گیاهان، ژل گیاه به صورت دستی استخراج گردید. به این صورت نوک، انتها و کناره‌ی برگ‌ها با چاقو برداشته شدند. سپس مزوفیل دو سطح بالایی و پائینی به وسیله چاقوی تیز جدا و بعد از جدا کردن ژل به وسیله ترازوی دیجیتال توزین شدند. باقیمانده‌های برگ هم که قسمت سبزرنگ و بافت فتوسنتز کننده برگ محسوب می‌شود به عنوان پوست برگ توزین گردید. برای تعیین بهره‌وری آب، از رابطه‌ی (۳) استفاده گردید.

$$WP = \frac{Y}{I} \quad (3)$$

که در این رابطه، WP بهره‌وری آب (گرم در لیتر)، Y عملکرد ژل (گرم در بوته) و I مقدار آب آبیاری (لیتر) است. پس از تعیین همه‌ی پارامترها، مقادیر به دست آمده در نرم‌افزار EXCEL وارد و دسته‌بندی گردیدند. این مقادیر توسط نرم‌افزار SAS و با استفاده از روش آماری دانکن تجزیه و تحلیل شدند.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس در برداشت نخست نشان داد که اثر سطوح مختلف آبیاری بر عرض برگ و وزن تازه برگ در سطح پنج درصد ($P\text{-value} \leq 0.05$) و وزن ژل، نسبت وزن ژل به وزن برگ، تعداد پاچوش و بهره‌وری آب در سطح یک درصد ($P\text{-value} \leq 0.01$) معنی‌دار بود (جدول ۴). این نتایج با مشاهدات حسین و همکاران مطابقت داشت (Hossein et al., 2015). این محققان تیمارهای مختلف آب آبیاری از ۲۰ الی ۲۰۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تست تبخیر کلاس A را بر آلوده‌ورا مورد بررسی قرار دادند. نتایج این محققان نشان داد که مقدار آب آبیاری بر برخی خصوصیات برگ و ژل این گیاه اثر معنی‌دار داشت. تحقیقات سایر محققان از جمله حضرتی و همکاران (۱۳۹۶) نیز این نتایج را تأیید می‌کند. شوری بر ضخامت برگ در سطح پنج درصد ($P\text{-value} \leq 0.05$) و عرض برگ، وزن تازه برگ، وزن ژل، نسبت وزن ژل به وزن برگ و بهره‌وری آب در سطح یک درصد ($P\text{-value} \leq 0.01$) اثر معنی‌دار داشت. این نتایج با مشاهدات دلاتور هررا و همکاران مطابقت داشت (Delatorre-Herrera et al., 2010). این محققان نیز اثرات تغییرات اسمزی را بر مقادیر ژل این گیاه مؤثر دانسته‌اند. با این وجود اثر متقابل این دو عامل فقط بر بهره‌وری آب در سطح پنج درصد ($P\text{-value} \leq 0.05$) معنی‌دار بود. با توجه به اینکه این گیاه جز دسته CAM است، عوامل آبیاری و شوری و تنش‌های حاصل از آن‌ها، سبب سازگاری این گیاه نسبت به مصرف بهتر آب برای تولید عملکرد می‌شود (Winter et al., 2005). از این رو، این دو عامل بر وزن ژل و در نهایت بر بهره‌وری آب اثر معنی‌دار داشت. این نتایج به دلیل جذب شبانه‌ی دی‌اکسید کربن، بسته بودن روزنه‌ها روزنه‌های آن در طول روز (Winter et al., 2005)، تراکم کم روزنه‌ها (حدود ۲۰ تا ۳۰ روزنه در میلی‌متر مربع) و ظرفیت بالای تجمیع آب در بافت برگ‌ها و ساقه‌ها از طریق بیوسنتز پلی‌ساکاریدهای نگهدارنده آب (Nobel, 1997) است. در اغلب گیاهان C3 و C4، مقدار آب آبیاری نیز سبب اثرات معنی‌دار بر بهره‌وری آب می‌شود؛ لیکن در گیاهان CAM به دلیل پنج برابر بودن بهره‌وری آب نسبت به گیاهان C3 و دو الی سه برابر بودن

آن نسبت به گیاهان C4 (Nobel, 2001)، تغییرات مقادیر آب آبیاری اثر بیشتری بر بهره‌وری آب داشت. اثر زمان برداشت بر طول برگ، عرض برگ، ضخامت برگ، وزن تازه برگ، وزن ژل، تعداد برگ و بهره‌وری آب در سطح یک درصد ($P\text{-value} \leq 0.01$) معنی‌دار بود. با توجه به تغییرات خصوصیات اقلیمی از جمله دما و رطوبت نسبی در طول پاییز (در برداشت اول) و زمستان و بهار (در برداشت دوم) این نتایج توجیه می‌شود. این نتایج با مشاهدات کدوری و همکاران (۱۳۹۳)، پائز و همکاران، سیلوا و همکاران (Paez et al., 2000; Silva et al., 2010) اثر متقابل زمان برداشت و مقدار آب آبیاری و همچنین اثر متقابل آن با شوری فقط بر بهره‌وری آب در سطح یک درصد ($P\text{-value} \leq 0.01$) معنی‌دار شد. اثر متقابل هر سه عامل زمان برداشت، آبیاری و شوری بر هیچکدام از پارامترهای مورد بررسی معنی‌دار نبود.

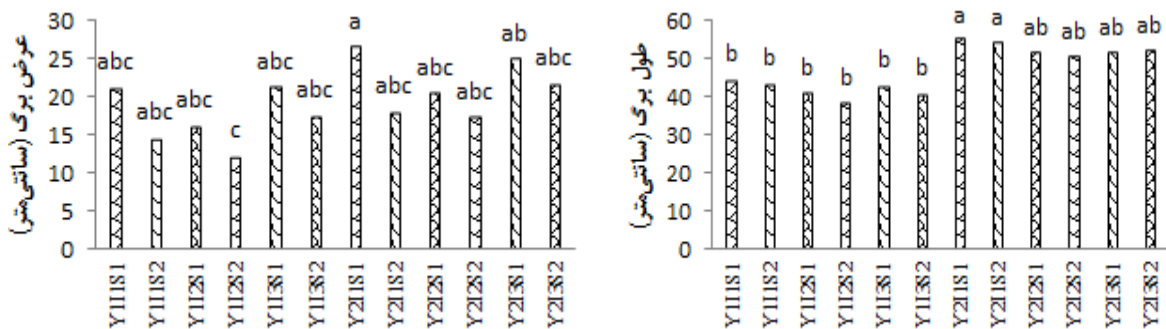
طول‌ترین برگ در برداشت اول در دو تیمار IIS1 و IIS2 مشاهده شد (شکل ۴). با افزایش مقدار آب آبیاری طول برگ کاهش یافت ولی تغییرات شوری آب آبیاری اثر معنی‌داری بر این پارامتر نداشت. کوتاه‌ترین برگ در تیمار I2S2 مشاهده شد که البته فقط نسبت به دو تیمار IIS1 و IIS2 اختلاف معنی‌دار داشت. طول‌ترین برگ در برداشت دوم در تیمار IIS1 و کوتاه‌ترین برگ در تیمار I2S2 مشاهده شد. اختلاف طول برگ در این دو تیمار ۸ درصد بود. بین سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. طول برگ در برداشت دوم در همه‌ی تیمارها بیشتر از برداشت اول بود. افزایش مقدار آب آبیاری سبب عریض‌تر شدن برگ در برداشت اول شد به طوری که عرض برگ در دو تیمار I3S1 و I3S2 نسبت به سایر تیمارها بیشتر بود. باریک‌ترین برگ در تیمار I2S2 به دست آمد و نسبت به دو تیمار اشاره شده اختلاف آماری معنی‌داری داشت. مقایسه‌ی تیمارهای متناظر از نظر مقدار آب آبیاری نشان داد که شوری آب آبیاری اثری بر تغییر عرض برگ نداشت. مقایسه‌ی متناظر تیمارها در هر دو برداشت نشان داد که خصوصیات برگ شامل عرض برگ، ضخامت برگ و وزن تازه برگ در برداشت دوم بیشتر از برداشت اول بود. همین عامل سبب شد که وزن ژل برای تیمارها در

برداشت دوم بیشتر از برداشت اول باشد. کدوری و همکاران (۱۳۹۳) نیز کشت بهاره را برای افزایش وزن ژل (حداکثر ۱۰۶ گرم) مناسب گزارش کردند.

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس عملکرد و شاخص‌های عملکرد آلوئه‌ورا

منابع تغییر	درجه آزادی	طول برگ	عرض برگ	ضخامت برگ	وزن تازه برگ	وزن ژل به وزن برگ	نسبت وزن	تعداد برگ	تعداد پاجوش	بهره‌وری آب
بلوک	۲	۸/۳۳**	۳/۳**	۳/۵**	۳/۳**	۴/۶**	۵/۳**	۶/۰**	۰/۸۸ ^{ns}	۱۸/۳**
برداشت	۱	۸۲/۳**	۱۰/۹**	۱۶/۳**	۱۰/۱**	۷/۵**	۰/۱۳ ^{ns}	۱۸/۹**	۰/۸۸ ^{ns}	۸۶/۶**
آبیاری	۲	۳/۷*	۴/۶*	۳/۶*	۴/۶*	۸/۴**	۱۴/۶**	۱۹/۱**	۲/۰ ^{ns}	۲۰/۱**
شوری	۱	۱/۲۴ ^{ns}	۱۳/۷**	۹/۹**	۱۳/۷**	۲۳/۲**	۲۳/۳**	۱/۱ ^{ns}	۰/۸۶ ^{ns}	۴۱/۴**
برداشت×آبیاری	۲	۰/۱ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۰۵ ^{ns}	۰/۴ ^{ns}	۱/۴ ^{ns}	۰/۵۱ ^{ns}	۳/۸*
برداشت×شوری	۱	۰/۲۵ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۱ ^{ns}	۰/۴۳ ^{ns}	۸/۰**
آبیاری×شوری	۲	۰/۰۵ ^{ns}	۱/۰ ^{ns}	۲/۵ ^{ns}	۱/۰ ^{ns}	۱/۶ ^{ns}	۲/۵ ^{ns}	۱/۰ ^{ns}	۰/۱۸ ^{ns}	۶/۶**
برداشت×آبیاری×شوری	۲	۰/۱۱ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۳۴ ^{ns}	۰/۱۲ ^{ns}	۰/۱ ^{ns}	۰/۲ ^{ns}	۱/۷ ^{ns}	۰/۹۵ ^{ns}	۱/۷ ^{ns}

ns، * و ** به ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح یک و پنج درصد است.



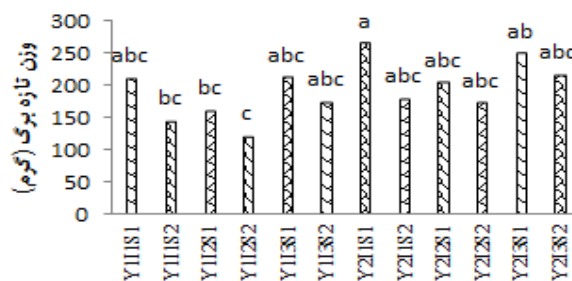
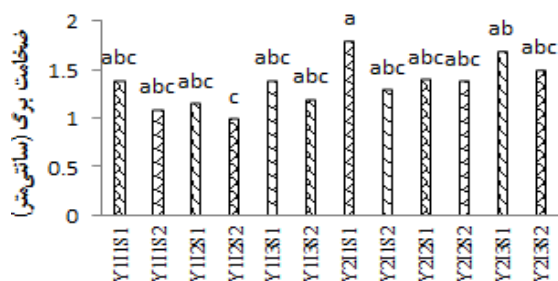
شکل ۴- مقایسه طول و عرض برگ تحت تنش‌های آبی و شوری

نیست. در شرایط تنش شدید (I1) نیز گیاه خود را با شرایط تنش آبی وفق می‌دهد. لیکن در حالت بینابینی گیاه واکنش مناسبی در این خصوص نداده و به همین دلیل رشد برگ‌ها با مشکل مواجه شد. با افزایش شوری در تیمارهای با آبیاری یکسان ضخامت برگ در برداشت دوم کاهش یافت ولی تنها در تیمار آبیاری I1 این اختلاف معنی‌دار بود. بیشترین و کمترین ضخامت برگ به ترتیب در تیمارهای I1S1 و I1S2 و با اختلاف ۲۷ درصد مشاهده شد؛ بنابراین در شرایط کم‌آبیاری، اثرات شوری بر ضخامت برگ کاهش یافت. مجموع این عوامل سبب شد که وزن تازه برگ در برداشت اول در تیمار آبیاری I2

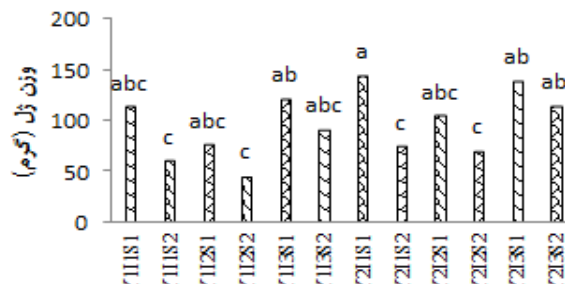
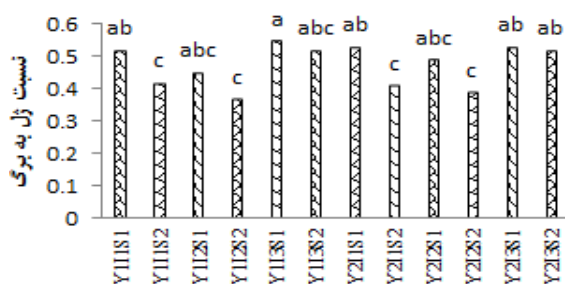
مقایسه‌ی دو تیمار I1S1 و I1S2 نشان داد که افزایش شوری سبب کاهش ضخامت برگ در برداشت اول شد (شکل ۵). این تغییرات بین تیمارهای I2S2-I2S1 و I3S2-I3S1 نیز مشاهده شد. البته اثرگذاری شوری در تیمار با تنش آبی بیشتر (I1) از نظر عددی مشهودتر و از نظر آماری معنی‌دار بود. کمترین ضخامت برگ در تیمار I2S2 مشاهده شد. مقایسه تیمارها از نظر مقدار آب آبیاری نشان داد که با کاربرد تیمار I2 (تأمین ۷۵ درصد نیاز آبی) کمترین ضخامت برگ به دست می‌آید. این نتایج برای عرض و طول برگ نیز مشاهده شد. در شرایط تأمین کامل نیاز آبی (I3) گیاه با هیچ‌گونه تنشی مواجه

اول، این اثرات در شرایط کم آبیاری ملایم بیشتر از کم آبیاری شدید بود. از این رو، وزن ژل در شرایط کم آبیاری ملایم نیز از شرایط کم آبیاری شدید کمتر بود. این موضوع در برداشت اول نیز مشاهده شد. با این وجود، مقایسه‌ی وزن ژل تیمارها با سایر خصوصیات برگ (طول، عرض و ضخامت) نشان داد که اثرپذیری وزن ژل از ضخامت برگ بیشتر از دو خصوصیت دیگر بود. این موضوع به ویژه بین دو تیمار I1S1 و I2S2 در برداشت دوم، با اختلاف ۴۸ درصد، به وضوح مشخص است. در برداشت دوم، نسبت وزن ژل به وزن برگ در تیمارهای I2S2 و I1S2 نسبت به سایر تیمارها کمتر بود. مقایسه‌ی وزن تازه برگ و وزن ژل در تیمارهای مختلف نشان داد که در شرایط تنش شدید، تولید بافت برگ نسبت به ژل بیشتر است. احتمالاً به همین دلیل وزن ژل در تیمار آبیاری I2 کمتر از سایر تیمارهای آبیاری بود. با این وجود، در تحقیق حاضر، وزن ژل در شش تیمار بیشتر از ۱۰۶ بود. بیشترین وزن ژل در تیمار Y2I1S1 به دست آمد که نسبت به مطالعات کدوری و همکاران (۱۳۹۳) حدود ۲۶/۸ درصد بیشتر بود.

نسبت به تیمارهای آبیاری با شوری یکسان، کمتر باشد. سنگین ترین برگ در برداشت اول در دو تیمار I1S1 و I3S1 مشاهده شد که نسبت به سایر تیمارها اختلاف معنی دار داشتند. این مهم به صورت هم زمان علت و معلول بیشتر بودن وزن ژل در این دو تیمار است (شکل ۶). این نتایج با گزارش محققانی از جمله رودریگز-گارسیا و همکاران و هرناندز کروز و همکاران (Rodríguez-García et al., 2007; (Hernandez Cruz et al., 2002) ایشان نیز بیان کردند که وزن تر برگ و ژل آلوئه‌ورا در اثر شدت‌های تنش آبی زیاد کاهش یافت. بین هر دو تیمار آبیاری با شوری متفاوت نیز اختلاف معنی دار در خصوص وزن تازه برگ و وزن ژل مشاهده شد؛ بنابراین اثر شوری بر این دو پارامتر بسیار اثرگذار بود. نسبت وزن ژل به برگ در شکل (۶) نشان داد که با افزایش شوری این نسبت کاهش یافت. کمتر بودن نسبت وزن ژل به برگ در تیمار آبیاری I2 نشان داد که تنش ملایم اثر مخرب تری بر این پارامتر نسبت به تنش شدید یا تأمین نیاز آبی داشت. کاهش مقدار آب آبیاری و افزایش شوری بر وزن تازه برگ در برداشت دوم اثرات منفی داشتند. لیکن همانند برداشت



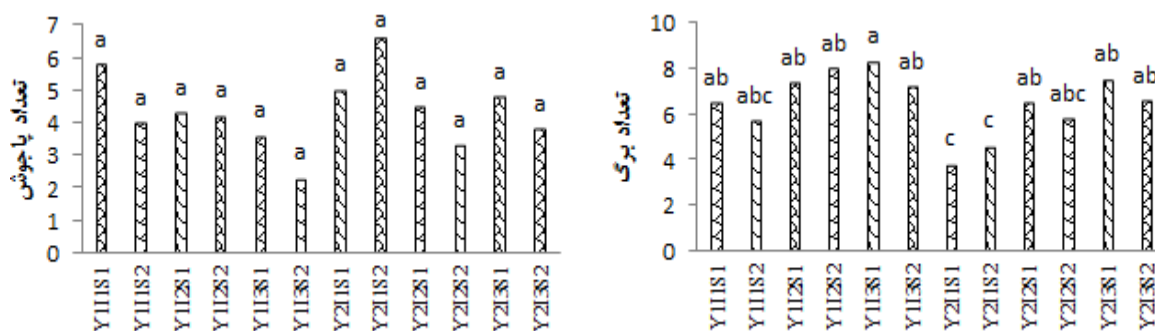
شکل ۵- مقایسه ضخامت و وزن تر برگ تحت تنش‌های آبی و شوری



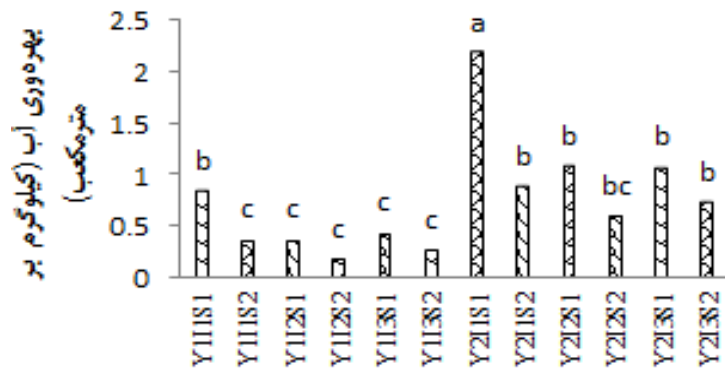
شکل ۶- مقایسه وزن ژل و نسبت وزن ژل به برگ تحت تنش‌های آبی و شوری

بهره‌وری آب در تیمار IIS1 به دست آمد که نسبت به سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت (شکل ۸). کمترین بهره‌وری آب نیز در تیمار I2S2 مشاهده شد که نسبت به IIS1 حدود ۲/۵ برابر کمتر بود. افزایش شوری سبب کاهش بهره‌وری آب شد ولی اختلاف بین تیمارهای شوری (S1 و S2) در تیمارهای با مقدار آب آبیاری مساوی، یکسان نبود. بیشترین اختلاف بین دو تیمار IIS1 و IIS2 با ۵۷ درصد و کمترین اختلاف بین I3S1 و I3S2 با ۲۸ درصد بود. علت آن به اختلاف بین وزن ژل در این تیمارها برمی‌گردد (شکل ۶). در فصل دوم برداشت، گرچه آلوئه‌ورا با افزایش تنش آبی، تولید ژل را کاهش داد ولی تعداد برگ در این فصل افزایش یافت. مقایسه‌ی دو تیمار I3S1 و I3S2 در برداشت دوم به ترتیب با تیمارهای IIS1 و IIS2 نشان داد که تعداد برگ به ترتیب ۴۹ و ۳۰ درصد بیشتر بود. دو تیمار I3S1 و I3S2 اختلاف معنی‌داری با تیمارهای I2S1 و I2S2 نداشتند. این نتایج به‌صورت مشابه در فصل اول مشاهده شد. در حالت کلی، تعداد برگ‌های تولید شده در برداشت اول بیشتر از برداشت دوم بود که به علت دمای بالاتر در طول فصل رشد در برداشت اول (شکل ۲) بود. این نتایج توسط سیلوا و همکاران نیز گزارش شده است (Silva et al., 2010).

متوسط افزایش برگ آلوئه‌ورا در هر ماه ۱/۸ عدد است (حضرتی و همکاران، ۱۳۹۶؛ Hernandez Cruz et al., 2002) که با احتساب دوره‌ی رشد ۵ ماهه در برداشت اول، این تعداد تنها در تیمار I3S1 تحقق یافت (شکل ۷). تعداد برگ در تیمار I3S1 نسبت به سایر تیمارها معنی‌دار بود و با کاهش مقدار آب آبیاری از I3 به I1 در برداشت اول، تعداد برگ کاهش یافت. با افزایش شوری از ۵ به ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر، در شرایط تأمین نیاز آبی کامل، ۱/۸ عدد از تعداد برگ‌ها کاسته شد. این میزان بین دو تیمار IIS1 و IIS2 برابر با ۰/۸ برگ بود. لذا در شرایط تنش شدید، اثر شوری بر کاهش تعداد برگ کمتر بود. اختلاف تعداد برگ بین دو تیمار I2S1 و I2S2 اختلاف معنی‌داری نسبت به یکدیگر نداشت؛ بنابراین تنش شوری در شرایط تنش آبی ملایم اثری بر تعداد برگ نداشت. اختلاف تعداد برگ بین دو تیمار IIS1 و I3S1 برابر با ۱/۸ عدد بود. این اختلاف بین دو تیمار IIS2 و I3S2 برابر با ۱/۵ عدد بود. این نتایج با مشاهدات سیلوا و همکاران مطابقت داشت (Silva et al., 2010). البته این محققان نشان دادند که تنش آبی شدید سبب کاهش تعداد برگ به میزان ۸/۶ عدد شد که نسبت به شرایط تحقیق حاضر بسیار زیاد است. علت آن استفاده از یک پاچوش در هر لایسی‌متر در این تحقیق بود. بیشترین



شکل ۷-مقایسه تعداد برگ و پاچوش تحت تنش‌های آبی و شوری



شکل ۸- مقایسه بهره‌وری آب تحت تنش‌های آبی و شوری

نتیجه‌گیری

در این تحقیق اثر دو عامل آب آبیاری و شوری بر عملکرد و اجزای عملکرد آلوئه‌ورا در دو برداشت مختلف مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که وزن ژل در شش تیمار بیشتر از ۱۰۶ بود. بیشترین وزن ژل در تیمار Y2I1S1 به دست آمد که نسبت به مطالعات سایر محققان بیشتر بود. به دلیل اثر مثبت درجه حرارت و اثر منفی رطوبت بر تعداد پاجوش، تعداد پاجوش در برداشت دوم کمتر از برداشت اول بود. به دلیل بیشتر بودن ژل تولیدی در برداشت دوم، بهره‌وری آب در این برداشت نسبت به برداشت اول افزایش یافت. این تغییرات به حدی بود که کمترین بهره‌وری آب در برداشت دوم (Y2I2S2) نسبت به بالاترین مقدار در برداشت اول (Y1I1S1) از نظر آماری اختلاف معنی‌داری نداشت و فقط ۲۸ درصد از آن کمتر بود. بهره‌وری آب در تیمار Y2I2S2 از سایر تیمارهای برداشت اول بیشتر بود. در حالت کلی، در اکثر تیمارها با کاهش آب آبیاری و افزایش شوری، عملکرد و اجزای عملکرد کاهش یافت. در خصوصیات برگ‌گی مانند ضخامت برگ و وزن تازه برگ که رابطه‌ی مستقیمی با وزن ژل (به‌عنوان بخش اقتصادی آلوئه‌ورا) دارند، تنش آبی ملایم (I2) اثر منفی بیشتری نسبت به تنش آبی شدید (II) داشت. در شرایط تنش آبی ملایم، گرچه خصوصیات برگ‌گی به شدت کاهش یافت، لیکن گیاه تمرکز بیشتری برای افزایش برگ داشت. در شرایط تحقیق حاضر، رشد گیاه برای برداشت دوم مصادف با کاهش دما و افزایش رطوبت نسبی بود. این دو عامل سبب کاهش تعداد پاجوش و برگ و افزایش وزن

ژل شدند؛ بنابراین، پیشنهاد می‌شود زمان تکثیر آلوئه‌ورا در پاییز مد نظر قرار گیرد تا بتوان از حداکثر پاجوش با بیشترین برگ استفاده کرد. بلافاصله با کاشت این پاجوش‌ها، می‌توان از حداکثر عملکرد و بهره‌وری آب در طول زمستان بهره برد.

منابع

- احمدی، م. ۱۳۹۹. بهینه‌سازی پارامترهای دبی و زمان قطع جریان در آبیاری جویچه‌ای با استفاده از روش تحلیل شبکه‌ای و الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات، پایان‌نامه دکتری، دانشگاه شهید چمران اهواز.
- حبیبی، ق. ۱۳۹۹. ارزیابی دو گونه گوشتی بومی با توان القا CAM در خاک‌های شور و خشک حوضه دریاچه ارومیه، زیست‌شناسی گیاهی ایران. ۱۲ (۴-۴۶): ۹۵-۱۰۹.
- حضرتی، س.، طهماسبی سروستانی، ز. و صادقی بختوری، ا. ۱۳۹۶. ارزیابی اثر ژئولیت بر گیاه دارویی صبر زرد (Aloe barbadensis Miller.) در شرایط تنش آبی. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۳۳(۴): ۵۵۱-۵۳۵.
- سرطاوی، ک. ۱۳۸۵. کاشت گیاه دارویی صبر زرد. مدیریت ترویج و مشارکت مردمی با همکاری مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی بوشهر، ۱۶ صفحه.
- شهیدی، ع. و احمدی، م. ۱۳۹۴. توابع تولید گیاهی در مناطق خشک. انتشارات دانشگاه بیرجند.
- کدوری، م. ر.، شریفی عاشورآبادی، ا. و غنچه‌ای، م. ۱۳۹۳. بررسی تأثیر زمان کاشت بر استقرار و سازگاری گیاه صبر

- Water requirement of Aloe Vera in a dry Caribbean climate, *Journal of Irrigation Science*. 13:81-85.
- Hazrati-Yadekori, S. and Tahmasebi-Sarvestani, Z., 2012. Effects of different nitrogen fertilizer levels and hormone benzyl adenine (BA) on growth and ramet production of Aloe vera L. Iran. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 28(2): 210-223.
- Hernández Cruz, L.R., Rodríguez-García, R., Jasso de Rodríguez, D. and Angulo-Sánchez, J. L. 2002. Aloe vera response to plastic mulch and nitrogen. 570-574. In: Janick, J. and Whipkey, A., (Eds). *Trends in new crops and new uses*. ASHS Press, Alexandria, 599p.
- Herrera, A. 2009. Crassulacean acid metabolism and fitness under water deficit stress: If not for carbon gain, what is facultative CAM good for? *Annals of Botany*, 103: 645-653.
- Hossein, S.M., Omrani Nejad, A. and Rezvani Aghdam, A. 2015. Investigation of different irrigation regimes on the morphological factors of Aloe vera. *Intl. J. Agri. Crop Sci.* 8 (3): 412-418.
- Kafi, M., Griffiths, H., Nezami, A., Kazaie, H. R. and Sharif, A. 2007. Effect of salinity on carbon isotope discrimination of shoot and grain of salt-tolerant and salt-sensitive wheat cultivars. *Asian J. Plant Sci.* 6(8): 1166-1173.
- Khajeeyan, R., Salehi, A., Movahhedi Dehnavi, M., Farajee, H. and Kohanmoo, M. A. 2019. Physiological and yield responses of Aloe vera plant to biofertilizers under different irrigation regimes. *Agricultural Water Management*. 225: 105768.
- Lucini, L., Pellizzoni, M. and Molinari, G. P. 2013. Anthraquinones and β -polysaccharides content and distribution in Aloe plants grown under different light intensities. *Biochemical Systematics and Ecology*, 51: 264-268.
- Lüttge, U., 2004. Ecophysiology of crassulacean acid metabolism (CAM). *Annals of Botany*, 93: 629-652.
- Mahmoudi, S., Mohammadkhani, A. and Rouhi, V. 2016. Effects of sodium chloride and calcium chloride on growth, gel content and concentration of some nutrients in Aloe vera under greenhouse conditions. *JSPI*. 7 (2):85-97.
- زرد (Aloe vera L.) در دو منطقه شه‌داد کرمان. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۱۸۵-۱۷۴.
- یزدانی، د، رضایی، م. ب، کیان‌بخت، س، و خسروانی، س. ۱۳۸۵. مروری بر جنبه‌های مختلف گیاه صبر زرد. گیاهان دارویی. ۵(۱۹): ۸-۱.
- یعقوب‌زاده، م، احمدی، م، برومندنسب، س، حقایقی‌مقدم، س. ا. ۱۳۹۵. اثر تغییر اقلیم بر روند تغییرات تبخیر-تعرق در طی دوره رشد گیاهان مزارع آبی و دیم با استفاده از مدل‌های AOGCM، پژوهش آب در کشاورزی، ۳۰ (۴): ۵۱۱-۵۲۳.
- Ahmadee, M. 2014. Effect of zeolite on fertility and reducing nitrate leaching from saline soil under saffron cultivation. MSc Thesis, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Iran.
- Allen, R.G., Pereira, L. S., Raes, D. and M., Smith. 1998. Crop evapotranspiration: guidelines for computing water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No 56, FAO, Rome.
- Cousins, S.R. and Witkowski, E.T.F. 2012. African aloe ecology: A review. *Journal of Arid Environments*, 85: 1-17.
- Cushman, J.C. 2001. Crassulacean acid metabolism. A plastic photosynthetic adaptation to arid environments. *Plant Physiol.* 127(4): 1439-1448.
- Delatorre-Castillo, J. P., Delatorre-Herrera, J., Lay, K. S., Arenas-Charlin, J., Sepulveda-Soto, I., Cardemil, L. and Ostría-Gallardo, E. 2022. Preconditioning to Water Deficit Helps Aloe vera to Overcome Long-Term Drought during the Driest Season of Atacama Desert. *Plants*. 11 (11): 1523.
- Delatorre-Herrera, J., Delfino, I., Salinas, C., Silva, H. and Cardemil, L., 2010. Irrigation restriction effects on water use efficiency and osmotic adjustment in Aloe vera plants (Aloe barbadensis Miller). *Agricultural Water Management*, 97: 1564-1570.
- Doorenbos, J., and Kassam, A. H. 1979. Yield response to water. FAO irrigation and drainage paper 33. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Genet, W.B. M. and Van Schooten, C.A.M. 1992.

- and Products, 25: 123-128.
- Saks, Y., Ish, S. and Gordon, N. 1995. *Aloe vera* L , potential crop for cultivation under condition of low temperature winter and basalt soils. Industrial Crops and Products, 4(2): 85-90.
- Salinas, P., Salinas, C., Contreras, R. A., Zuñiga, G. E., Dupree, P. and Cardemil, L. 2019. Water deficit and abscisic acid treatments increase the expression of a glucomannan mannosyltransferase gene (GMMT) in *Aloe vera* Burm. F., Phytochemistry, 159: 90-101.
- Silva, H., Sagardia, S., Ortiz, M., Franck, N., Opazo, M., Quiroz, M., Baginsky, C. and Tapia, C. 2014. Relationships between leaf anatomy, morphology and water use efficiency in *Aloe vera* (L.) Burm f. as a function of water availability. Revista Chilena de Historia Natural, 87: 1-13.
- Silva, H., Sagardia, S., Seguel, O., Torres, C., Tapia, C., Franck, N. and Cardemil, L., 2010. Effect of water availability on growth and water use efficiency for biomass and gel production in *Aloe vera* (*Aloe barbadensis* M). Industrial Crops and Products, 31: 20-27.
- Winter, K., Aranda, J. and Holtum, J.A.M., 2005. Carbon isotope composition and water-use efficiency in plants with crassulacean acid metabolism. Functional Plant Biology, 32: 381-388.
- Winter, K. 2019. Ecophysiology of constitutive and facultative CAM photosynthesis. Journal of Experimental Botany. 70 (22): 6495-508.
- Zan, M.J., Chang, H.W., Zhao P.L. and Wei, J.G. 2007. Physiological and ecological characters studies on *Aloe vera* under soil salinity and seawater irrigation. Process Biochem. 42: 710-714.
- Moghbeli, E., Fathollahi, S., Salari, H., Ahmadi, G., saliqehdar, F., Safari, A. and Hosseini Grouh, M.S. 2012. Effects of salinity stress on growth and yield of *Aloe vera* L. J. Med. Plants Res. 6(16): 3272-3277.
- Morton, J. F., 1961. Folk uses and commercial exploitation of *Aloe* leaf pulp. Economic Botany, 15(4): 311-319.
- Mustafa, M. 1995. Physiological studies on growth and active constituents of *Aloe vera* L. J. Agric. Res. 47: 151-162.
- Nobel, P.S. 2001. Ecophysiology of *Opuntia ficus-indica*. p. 13-19. In: C. Mondragón-Jacobo and S. PérezGonzález (Eds). Cactus (*Opuntia* spp.) as forage. FAO Plant protection and production paper 169: 146 pp.
- Nobel, P.S. 1997. Root distribution and seasonal production in the northwestern Sonoran Desert for a C-3 subshrub, a C-4 bunchgrass, and a CAM leaf succulent. Am. J. Bot. 84: 949-955.
- Paez, A., Michael Gebre, G., Gonzalez, M.E. and Tschaplinski, T.J. 2000. Growth, soluble carbohydrates, and aloin concentration of *Aloe vera* plants exposed to three irradiance level. Environmental and Experimental Botany, 44: 133-139.
- Rahi, T.S., Singh, K. and Singh, B. 2013. Screening of sodicity tolerance in *Aloe vera* : An industrial crop for utilization of sodic lands. Industrial Crops & Products. 44: 528-533.
- Ray, A. and Gupta, S.D. 2013. A panoptic study of antioxidant potential of foliar gel at different harvesting regimens of *Aloe vera* L. Industrial Crops and Products, 51: 130-137.
- Rodríguez-García, R., Rodríguez, D.J. De Gil-Marín, J.A., Angulo-Sánchez, J.L. and Lira-Saldivar, R.H., 2007. Growth, stomatal resistance, and transpiration of *Aloe vera* under different soil water potentials. Industrial Crops

The Effect of Different Irrigation Levels and Salinity Amounts on Aloe Vera L. Gel Weight and Growth in two Different Seasons (Case Study: Omidiyeh City)

H. Hamidi^{1*}, A.B. Naseri², S. Boroomandnasab³, M. Meskarbashi⁴, and M. Albaji⁵

Abstract

The herbaceous and perennial crop, Aloe vera, has caught the interest of numerous farmers in Iran due to its economic and medicinal importance. Climatic conditions throughout the year and the quantity and quality of irrigation water affect Aloe vera yield. For this reason, the research was conducted with the aim of investigating the effect of aforementioned factors on the Aloe vera yield and yield components. To achieve this goal, a stripblock design was carried with two factors, include: amount of irrigation water at three levels I1, I2, I3 (as 50, 75 and 100% of irrigation water requirement, respectively) and irrigation water salinity at two levels S1 and S2 (as 5 [control] and 10 dS.m-1, respectively) with three replications, in a research farm in Omidiye, during 2020-2021. The results showed that in the first harvest, irrigation had a significant effects on leaf width, leaf fresh weight, gel weight, the ratio of gel weight to leaf weight, the number of leaves and the water productivity. Salinity had a significant effects on leaf thickness, leaf width, leaf fresh weight, gel weight, the ratio of gel weight to leaf weight and water productivity. In the second harvest, irrigation had a significant effects on the ratio of gel weight to leaf weight, number of leaves and water productivity and salinity had a significant effects on leaf width, leaf thickness, leaf fresh weight, gel weight, the ratio of gel weight to leaf weight and water productivity. In both the first and second harvests, the interaction effect of irrigation water and salinity only showed a significant effect on the water productivity. The effect of harvesting time showed significant effects on leaf length, leaf width, leaf thickness, leaf fresh weight, gel weight, number of leaves and water productivity. Increasing water stress and salinity caused a decrease in gel weight and other yield criteria in both harvests. The highest gel weight, leaf length and width, leaf fresh weight, leaf thickness and the number of leaves in both harvests were obtained in the I3S1 treatment. But this treatment had the lowest number of leaves in both harvests. The comparison of two harvest seasons showed that the number of leaves and offsets decreased in the second harvest, but the weight of the gel increased. Hence, it is advisable to not only fulfill the crop's water needs entirely but also to cultivate it during autumn and harvest in spring.

Keywords: Deficit irrigation, Irrigation Requirement, Salinity Stress, Water Stress

¹ Phd Student, Irrigation and Drainage Dept., Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran (* Corresponding Author Email: H.Hamidi2041@yahoo.com)

² Professor, Irrigation and Drainage Dept., Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

³ Professor, Irrigation and Drainage Dept., Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

⁴ Professor, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

⁵ Associate Professor, Irrigation and Drainage Dept., Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

Received: 21 Aug 2022

Accepted: 4 Oct 2022