

Investigation of Different Levels of Irrigation on Yield and Water Use Efficiency of *Stevia Rebaudiana* Bertoni in Greenhouse and Field Environment Conditions

HOUSHANG GHAMARNIA^{1*}, ZAHRA JALILI¹, SEYED VAHIDODDIN REZVANI²

1. Water Engineering Department, Faculty of Agricultural Sciences and Engineering, Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran.

2. Water Engineering Department, Faculty of Agriculture Engineering, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran.

(Received: Aug. 23, 2020- Revised: Oct. 6, 2020- Accepted: Oct. 18, 2020)

ABSTRACT

Iran, with a mean precipitation of 230 mm per year, is classified as arid and semi-arid region in the world, facing a water crisis. Since, water resources with high quality for irrigation are limited, therefore the use of deficit irrigation as a method for reducing water consumption is essential in the future. Stevia is a plant with medicinal and anti-diabetic effects, native to the mountainous region of Amoeba, located on the border of Brazil and Paraguay, which is widely cultivated in Shiraz and Isfahan of Iran. The diterpene glycosides in this plant (the main cause of the very sweet taste in plant extracts) are up to 300 times sweeter than sugar used in the pharmaceutical and food industries. In the present study, different treatments consist of 40, 60, 80 and 100% of total crop water requirement were carried out to investigate the effects of different water shortage on (*Stevia Rebaudiana* B.). This experiment was performed in three replications in the greenhouse and farm environment condition in 2016 and 2017. The results showed that the tolerance threshold of stevia in low irrigation to prevent reduced leaf and sugar yield in the greenhouse environment was about (3.2 and 3.1) and (0.94 and 0.83) and in the farm condition was obtained as: (3.3 and 3.1) and (1.12 and 0.98) of deficit irrigation percentage in the first and second year of cultivation respectively.

Keywords: Lysimeter, (*Stevia Rebaudiana* B.), Loss Irrigation, Greenhouse, Field.

بررسی سطوح مختلف کم‌آبیاری بر عملکرد و کارایی مصرف آب گیاه استویا (*Stevia rebaudiana Bertoni*) در محیط‌های گلخانه و مزرعه

هوشنگ قمرنیا^{۱*}، زهرا جلیلی^۱، سیدوحیدالدین رضوانی^۲

۱. گروه مهندسی آب، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

۲. گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۶/۲ - تاریخ بازنگری: ۱۳۹۹/۷/۱۵ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۹/۷/۲۷)

چکیده

ایران با متوسط بارندگی ۲۳۰ میلی‌متر در سال، در زمره مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان طبقه‌بندی می‌شود که با بحران آب روبرو است. از آن جا که منابع آبی با کیفیت مطلوب برای آبیاری محصولات در جهان محدود است، لذا استفاده از کم‌آبیاری به عنوان روشی برای کاهش مصرف آب در آینده امری ضروری است. گیاه استویا به‌عنوان گیاهی با اثرات دارویی و ضد دیابت، بومی منطقه کوهستانی آمامبی واقع در مرز برزیل و پاراگوئه است که در ایران در شیراز و اصفهان به‌صورت انبوه کشت می‌شود. گل‌یکوزیدهای دی‌ترپنی موجود در این گیاه (عامل اصلی ایجاد طعم بسیار شیرین در عصاره‌های گیاه) تا ۳۰۰ برابر شیرین‌تر از شکر می‌باشند که در صنایع دارویی و غذایی کاربرد دارند. در این پژوهش، به منظور بررسی تاثیر کم‌آبیاری بر عملکرد محصول استویا، تیمارهای آبیاری شامل ۱۰۰ (تیمار شاهد)، ۸۰، ۶۰ و ۴۰ درصد نیاز آبی گیاه مورد نظر قرار گرفتند. این آزمایش در سه تکرار و در محیط گلخانه و مزرعه در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ انجام شد. نتایج تحقیق نشان داد که آستانه تحمل گیاه استویا به کم‌آبیاری برای جلوگیری از کاهش عملکرد برگ و قند در محیط گلخانه به ترتیب حدود ۳/۲ و ۳/۱) و (۰/۹۴ و ۰/۸۳) و در مزرعه تحقیقاتی (۳/۳ و ۳/۱) و (۱/۱۲ و ۰/۹۸) برابر درصد کم‌آبیاری در سال اول و دوم کشت می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: لایسیمتر، استویا، کم‌آبیاری، گلخانه، مزرعه.

مقدمه

امروزه بحران آب مشکل اصلی اغلب کشورهای جهان است، زیرا که منابع آب تجدید شونده جهان محدود است. ایران کشوری با متوسط بارندگی ۲۳۰ میلی‌متر در سال است که در زمره مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان طبقه‌بندی می‌شود. محدودیت منابع آبی مناسب از عمده‌ترین تنگناها و مشکلات کشاورزی در کشور می‌باشد. از طرف دیگر، افزایش روز افزون جمعیت نیاز به تولید مواد غذایی بیشتر را ایجاد می‌کند. بنابراین یافتن راه کارهایی برای غلبه بر کمبود آب در این مناطق همواره از اولویت‌های مطالعاتی و پژوهشی بوده تا بتوان محصولات کشاورزی را برای این جمعیت رو به ازدیاد تولید نمود (Kheirabi et al., 1998). سازمان ملل متحد در برنامه جمعیت و محیط زیست خود، ایران را در ردیف ۱۰۰ کشوری قرار داده که سرانه آب شیرین تجدید شونده آن‌ها پایین است. بر پایه این بررسی، سرانه آب در سال ۱۳۳۴، ۶۲۰۶ متر مکعب بوده که در سال ۱۳۶۹، به ۲۰۲۵ متر مکعب و در سال ۱۳۹۸ به حدود ۷۱۶ متر مکعب رسیده که

تقریباً ۳۰ درصد کمتر از سرانه آب در خط فقر (۱۰۰۰ متر مکعب) است. بنابراین بر پایه معیارهای بین‌المللی دیری نخواهد گذشت تا ایران به مرحله کمیابی آب رسیده و در زمره کشورهای گریبان‌گیر بحران آب قرار گیرد (Kheirabi et al., 1998).

از طرفی، شیرین‌کننده‌ها از جمله مواد غذایی مهمی هستند که در طیف وسیعی از محصولات غذایی به‌عنوان طعم‌دهنده و شیرین‌کننده به کار برده می‌شوند. رایج‌ترین ماده شیرین‌کننده‌ای که توسط بشر برای ایجاد طعم مطلوب در انواع مواد غذایی کاربرد فراوانی دارد شکر است. شکر به‌عنوان یکی از منابع مهم تامین انرژی در رژیم غذایی انسان، دارای مصرف روزمره بوده و در مقایسه با میزان کالری تولیدی نسبتاً ارزان و به‌عنوان یک کالای استراتژیک همواره مورد توجه و حمایت دولت‌ها بوده است. تولید شکر در جهان با اندکی نوسان دارای ثبات می‌باشد اما با گذشت زمان از زمین‌های زیر کشت چغندر قند کاسته و به زمین‌های زیر کشت نیشکر افزوده می‌شود و مصرف شکر نیز با مقدار تولید آن برابری داشته و کمبودی را نشان

در گرم). معمولاً ارتفاع بوته استویا در حدود ۳۰ تا ۶۰ سانتیمتر در برخی مناطق ارتفاع گیاه تا ۱۰۰ الی ۱۲۰ سانتیمتر هم گزارش شده است (Ghaheri (2015).

در تحقیق انجام شده به وسیله Aladakatti et al. (2012) در مزرعه تحقیقاتی واقع در منطقه هارواد هند اثر برنامه ریزی آبیاری و فرم کشت بر روی گیاه استویا در قالب کرت‌های خرد شده و در سه تکرار مورد بررسی قرار گرفت. نسبت IW/CPE (نسبت آب آبیاری به آب تجمعی تبخیر شده از طشتک تبخیر) به عنوان عامل اصلی در سه سطح ۰/۸، ۱ و ۱/۲ و چهار فرم کشت به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد بالاترین و پایین‌ترین وزن خشک برگ به ترتیب در سطوح ۱/۲ و ۰/۸ به دست می‌آید و اثر متقابل سطوح آبیاری و فرم کشت بر وزن خشک برگ استویا معنی‌دار نیست. همچنین این مطالعه نشان داد که آبیاری در سطح ۱ IW/CPE با فرم کاشت ۳۰×۳۰ سانتی‌متر بهینه‌ترین حالت برای دستیابی به بالاترین عملکرد وزن خشک برگ و راندمان بالاتر مصرف آب است. در تحقیق دیگری در استان سینای شمالی مصر به وسیله Mubarak et al. (2012) اثر شوری و خشکی بر روی گیاه استویا مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که تنش رطوبتی اثر به مراتب بالاتری نسبت به تنش شوری بر روی استویا داشته و بالاترین عملکرد رشد در سطح شوری ۵۰۰۰ ppm و کمترین عملکرد رشد در تنش رطوبتی ۱۰ بار مشاهده می‌شود. Srivastava and Srivastava (2014) اثرات تنش کم آبیاری را بر عملکرد و محتوای گلیکوزید تولید شده محصول استویا در داخل گلدان مورد بررسی قرار دادند. تیمارهای تنش کم آبیاری اعمال شده شامل آبیاری گیاه به مقدار ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی لیتر در روز و تیمار شاهد در این آزمایش شامل آبیاری گیاه به مقدار ۴۰۰ میلی لیتر در روز بود. تنش کم آبیاری بر روی پارامترهای گیاهی شامل ارتفاع گیاه، سطح برگ و آنزیم‌های آنتی اکسیدان (peroxidase and catalase) مورد بررسی قرار گرفت. تمامی پارامترهای مورد آزمایش به هنگام اعمال تنش کم آبیاری کاهش یافتند. بیشترین کاهش در تیمار آبیاری گیاه به مقدار ۱۰۰ میلی لیتر در روز مشاهده شد. حداکثر کاهش در پارامترهای گیاهی شامل ارتفاع گیاه، سطح برگ و در انتهای فصل رشد مشاهده شد. Pordel et al. (2015) اثر تنش خشکی و ماندابی را بر روی گیاه استویا مورد بررسی قرار داده و نشان دادند که به طور کلی افزایش میزان آبگرفتگی چه از نظر مقدار و چه در طول زمان باعث کاهش میزان صفات ریشه و قسمت‌های هوایی در همه تیمارها شده است. کود نیتروژن باعث افزایش صفات ریشه و قسمت‌های هوایی و در مقابل، تنش خشکی در مراحل پایانی رشد منجر به کاهش کلیه

نمی‌دهد. با وجود اهمیت قند و شکر در سبب خانوار و سهم آن در اقتصاد ایران، نباید از مضرات مصرف بیش از حد قند و شکر غافل شد. ماده کریستالی سفید رنگی که به عنوان شکر شناخته می‌شود، یک ماده مصنوعی و فرآوری شده است که اغلب از نیشکر یا چغندر قند به دست می‌آید. قند موجود در نیشکر و چغندر قند بعد از جداسازی تمام املاح، ویتامین‌ها، پروتئین، آنزیم و سایر مواد مغذی مفید، در کارخانه تصفیه شده و به ساکاروز خالص تبدیل می‌شود، چیزی که بعد از فرآیند باقی می‌ماند ماده مصنوعی غلیظ شده‌ای است که استفاده از آن فایده‌ای برای بدن ندارد (Ghaheri (2015).

استویا گیاهی تقریباً کوتاه قد و بوته‌ای می‌باشد که بومی منطقه کوهستانی آمامبی واقع در مرز برزیل و پاراگوئه است. آخرین یافته‌های علمی دانشمندان نشان می‌دهد که استفاده از برگ‌های گیاه استویا توسط بومیان منطقه آمامبی به بیش از ۱۵۰۰ سال قبل باز می‌گردد. با توجه به نقش موثر این گیاه در سلامتی به ویژه در افراد مبتلا به دیابت، توسعه سرمایه‌گذاری روی تولید و فرآوری این گیاه در دنیا به شدت در حال گسترش است. پیش بینی می‌شود به زودی بازار فروش این گیاه از مرز ۱۰ میلیارد دلار در سال فراتر رود. اتحادیه اروپا در سال ۲۰۱۱ کاربرد استویا را مجاز اعلام نمود. نتایج بررسی‌ها بیانگر آن است که گلیکوزیدهای دی ترپنی ترکیباتی می‌باشند که به عنوان عامل اصلی ایجاد طعم بسیار شیرین در عصاره‌های گیاه استویا شناخته شده‌اند؛ به طوری که میزان شیرینی آنها تا ۳۰۰ برابر شکر تخمین زده شده است. استویوزید (Stevioside) به عنوان یک ترکیب گلیکوزیدی غالب در عصاره برگ‌های استویا شناسایی شده است. وجود سه ترکیب گلیکوزیدی: استویوزید، ربادیوزید A (Rebadioside A) و ربادیوزید B (Rebadioside B) و غالب بودن میزان استویوزید بر دو ترکیب دیگر به اثبات رسیده است. اگرچه این گیاه تحت برخی از شرایط زیست محیطی و عملیات مدیریتی می‌تواند به صورت یک گیاه یکساله یا ترکیبی از هر دو نوع الگوی رشدی رفتار کند؛ گیاهانی که در شرایط مزرعه و تحت مدیریت‌های مناسب زراعی مورد کشت قرار می‌گیرند از لحاظ خصوصیات رویشی دارای رشد و نمو بیشتر و قوی‌تر و همچنین بوته‌های پرپشت و مملو از شاخه هستند. تمامی قسمت‌های سبز رنگ گیاه از طعم و مزه شیرین برخوردار است. از آن جایی که برگ‌ها قسمت‌های اصلی حاوی مواد شیرین کننده در این گیاه هستند، سهم برگ و نسبت وزن آن به کل گیاه بسیار حائز اهمیت می‌باشد. دست یافتن به نسبت‌های بالای وزن برگ به ساقه در زراعت استویا بسیار مطلوب است، زیرا که میزان غلظت گلیکوزید استویوزید در بافت‌های ساقه پایین می‌باشد (کمتر از ۵ میلی گرم

ثانویه در گیاه استویا را مورد بررسی قرار دادند و نشان دادند که در گیاه استویا PGR ها نقش مهمی در تعدیل پاسخ گیاهان به تنش کم آبی از طریق فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی (مانند بیوسنتز استویول گلیکوزید، تحریک فعالیت آنتی اکسیدانی و تولید فندهای محلول) بازی می کنند. (Gorzi et al. 2020) تأثیر پرایمینگ با اسید سالیسیلیک و عناصر ریزمغذی آهن و روی بر برخی شاخص های جوانه زنی، رشد گیاهچه و همچنین محتوای رنگیزه های فتوسنتزی استویا تحت شرایط نرمال و تنش خشکی را بررسی کردند که نتایج به دست آمده حاکی از افزایش مقاومت استویا به تنش خشکی در مرحله جوانه زنی با استفاده از این روش بود.

با بررسی منابع در دسترس مشخص شد که تاکنون تحقیقی در خصوص اعمال تیمارهای کم آبیاری به صورت درصدی از نیاز آبی گیاه (۱۰۰، ۸۰، ۶۰ و ۴۰ درصد نیاز آبی گیاه) در هر دو محیط گلخانه و مزرعه و بررسی اثرات این تیمارها بر عملکرد و کارایی مصرف آب گیاه استویا در محیط گلخانه و مزرعه در اقلیم خشک و نیمه خشک انجام نشده است. که ملاک این طرح تحقیقاتی قرار گرفته است.

مواد و روش ها

این طرح در محیط گلخانه و مزرعه تحقیقاتی گروه مهندسی آب دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی دانشگاه رازی (واقع در ۴۷ درجه و ۹ دقیقه طول شرقی و ۳۴ درجه و ۲۱ دقیقه عرض شمالی با ارتفاع آن از سطح دریا ۱۳۱۹/۸ متر) در سال های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ انجام شد. با نمونه گیری از خاک منطقه مورد مطالعه، طبقه بندی خاک مزرعه و گلخانه مورد مطالعه از نظر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی به شرح جدول (۱) ارائه گردیده است. همچنین متوسط آنالیز خصوصیات آب که در تاریخ های ۱۳۹۵/۰۲/۱۵ و ۱۳۹۶/۰۲/۱۵ صورت گرفت به شرح جدول (۲) می باشد.

صفات ریشه و قسمت های هوایی گیاه استویا می شود. Karimi *et al.* (2015) در تحقیقی تعیین مقادیر آستانه میزان رطوبت خاک گیاه استویا و ارزیابی تأثیر تنش خشکی بر متابولیت های اصلی آن را مورد بررسی قرار دادند. بدین منظور آزمایش گلخانه ای با چهار سطح رطوبت خاک در سطوح رطوبت متفاوت خاک ۹۰، ۷۵، ۶۰ و ۴۵ درصد ظرفیت زراعی انجام شد. نتایج حاصله نشان داد که کاهش آب خاک تا ۶۰ درصد ظرفیت زراعی بر رشد گیاه و وزن خشک برگ اثر منفی نداشت در حالی که کاهش قابل توجهی در ۴۵ درصد سطح رطوبت ظرفیت زراعی رخ داد. مقدار کل گلیکوزید استویول نیز وضعیت مشابهی داشت. همچنین نتایج حاکی از تحمل قابل توجه استویا در برابر تنش بود و مشخص شد که سطح رطوبتی ۴۵ درصد ظرفیت زراعی در شرایط گلخانه ای مضر بود. همچنین بهبود ظرفیت آنتی اکسیدانی و میزان قند محلول در اثر شرایط تنش آبی می تواند به عنوان پاسخ های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی به آن باشد. در تحقیق انجام شده به وسیله Cheryl *et al.* (2017) در انتاریوی کانادا معیارهای مختلف آبیاری و تنش رطوبتی بر عملکرد برگ و ترکیب گلیکوزید استویول مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که آبیاری در تنش رطوبتی ۱۰ کیلو پاسکال باعث افزایش وزن خشک برگ، ربادیوزید A و به طور کلی بهبود عملکرد نسبت به آبیاری در تنش های بالاتر می شود. اثر پلی اتیلن گلایکول (PEG) ناشی از تنش خشکی بر فتوسنتز، کربوهیدرات و غشای سلولی در کشت گلخانه ای استویا به وسیله Hajihashemi and Sofo (2018) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که استرس اکسیداتیو ناشی از PEG القا شده ناشی از تنش، به دلیل مکانیسم های کافی آنتی اکسیدانی، باعث تخریب غشای سلولی و سیستم فتوسنتزی شده و در نتیجه میزان کربوهیدرات ها و رشد گیاهان کاهش می یابد. در پژوهش انجام شده به وسیله Thakur *et al.* (2018) and نیز نتایج مشابهی به دست آمده است. Karimi *et al.* (2019) در تحقیقی اثر عوامل بازدارنده رشد گیاه (PGRs) ناشی از تنش کم آبی بر میزان رشد و بیوسنتز متابولیت

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک منطقه مورد مطالعه

الف) خصوصیات فیزیکی خاک						
عمق نمونه گیری (سانتی متر)	بافت خاک	وزن مخصوص ظاهری (g/cm ³)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	
۰-۳۰	سیلتی رسی	۱/۳۰	۴/۲	۴۴/۲	۵۱/۶	
۳۰-۶۰	سیلتی رسی	۱/۳۱	۳/۹	۴۵/۵	۵۰/۶	
۶۰-۱۰۰	سیلتی رسی	۱/۲۹	۳/۲	۴۳/۱	۵۳/۷	
ب) خصوصیات شیمیایی خاک						
pH	EC	فسفر قابل جذب (p.p.m)	پتاسیم قابل جذب (p.p.m)	کربن آلی (%)	Mn (Meq/l)	Fe (Meq/l)
۷/۳	۱/۲	۲۶	۴۴۰	۱/۳۸	۷/۸	۱۱/۹
						Zn (Meq/l)
						۱/۲۶

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی آب منطقه مورد مطالعه

SAR	درصد سدیم محلول	مجموع کاتیونها	Na ⁺ (Meq/l)	Mg ⁺⁺ + Ca ⁺⁺ (Meq/l)	مجموع آنیونها	SO ₄ ⁻ (Meq/l)	CL ⁻ (Meq/l)	HCO ₃ ⁻ (Meq/l)	CO ₃ ⁻ (Meq/l)	pH	TDS (mg/lit)	شوری آب (ds/m)
۰/۵۴	۱۱/۷	۹/۲۷	۱/۰۹	۸/۱۸	۹/۱۶	۱/۱۵	۱/۸	۶/۲۰	۰/۰۱	۶/۹	۶۳۱	۱

توسط داده‌های لایسیمتری کشت گیاه چمن و در نظر گرفتن ضرایب گیاهی معادل ۱/۱۵، ۱/۴۹ و ۱/۱۷ برای چهار مرحله رشد گیاه استویا در منطقه مورد مطالعه (گلخانه و مزرعه تحقیقاتی) محاسبه شد و با استفاده از آبیاری سطحی در اختیار گیاه قرار گرفت (Jalily and et al. (2019). آزمایش در سه تکرار و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد و مجموعاً از ۲۴ لیسیمتر به قطر خارجی ۱۰۰ سانتی متر استفاده گردید. در انتهای این لیسیمترها یک لایه ۵ سانتی متری شن ریخته شد که بر روی آن یک لایه ۲ سانتی متر ماسه قرار گرفت و در نهایت تمامی لیسیمترها از خاک سیلتی رسی (خاک منطقه) که شامل ۵۲ درصد رس، ۴۴/۳ درصد سیلت و ۳/۷ درصد شن بود پرگردیدند. خاک از الک ۲ میلی متری گذرانده شد تا سنگریزه‌های آن جدا گشت و خاک به صورت لایه‌های ۱۰ سانتی متری داخل هر لیسیمتر ریخته شده و به صورت دستی متراکم گشته و به چگالی ۱/۳ گرم بر سانتی متر مکعب رسانیده شد.

آمار و اطلاعات هواشناسی به کار رفته در این طرح جهت ایستگاه لایسیمتری (مزرعه) از ایستگاه هواشناسی واقع در فاصله یکصد متری محل آزمایشات اخذ گردید. میانگین پارامترهای هواشناسی در طی مدت کشت در جداول (۳ الف و ب) ارائه شده‌اند. در محیط گلخانه برای محاسبه پارامترهای حداکثر و حداقل دما و رطوبت نسبی از سنسورهای داخل گلخانه استفاده گردید. آمار استخراج شده از این ایستگاه‌ها جهت برآورد مشخصات آب و هوایی طرح و هم چنین برآورد میزان نیاز آبی گیاه (به صورت روزانه در طول دوره رشد گیاه استویا) و برآورد تبخیر و تعرق گیاه مرجع در سال‌های ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶ استفاده شد. در این پژوهش برای بررسی تاثیر تنش کم آبی بر روی عملکرد محصول استویا ۴ حالت از تنش کم آبی در نظر گرفته شد. سطوح تنش کم آبیاری در نظر گرفته شده در این تحقیق شامل ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه در طول دوره رشد می‌باشد. نیاز آبی با استفاده از داده‌های روزانه استخراج شده

جدول ۳- میانگین پارامترهای هواشناسی در طی مدت کشت

(الف) در محیط ایستگاه لایسیمتری (مزرعه)

سال	ماه	حداقل دما (سانتی‌گراد)	حداکثر دما (سانتی‌گراد)	سرعت باد (متر بر ثانیه)	رطوبت حداکثر (درصد)	رطوبت حداقل (درصد)	ساعات آفتابی (ساعت)	مجموع بارندگی (میلی‌متر)
۱۳۹۵	اردیبهشت	۱۷/۰۰	۲۵/۴۳	۲/۵۷	۵۰/۰۶	۹/۸۲	۸/۹۸	
	خرداد	۱۱/۵۱	۳۱/۰۵	۲/۶۱	۲۹/۵۸	۵/۱۰	۱۰/۷۰	
	تیر	۱۷/۲۱	۳۸/۶۹	۲/۳۸	۲۵/۰۶	۴/۵۸	۱۰/۳۹	
	مرداد	۱۷/۱۱	۳۹/۳۶	۲/۵۵	۲۲/۴۸	۳/۹۴	۱۱/۲۰	
	شهریور	۱۴/۷۹	۳۶/۰۴	۲/۴۵	۳۱/۸۴	۸/۱۶	۹/۷۰	
	مهر	۸/۱۱	۲۸/۴۶	۲/۳۸	۳۷/۹۰	۱۲/۴۳	۸/۱۹	۲۶۷/۴
	آبان	۵/۲۵	۲۲/۸۴	۲/۲۱	۸۸/۲۰	۴۲/۳۳	۵/۹۹	
	آذر	-۱/۸۳	۱۱/۷۶	۲/۲۱	۸۷/۴۰	۴۱/۰۳	۶/۴۶	
	دی	-۰/۸۹	۱۱/۰۰	۲/۰۳	۸۰/۶۳	۳۸/۴۷	۵/۴۱	
۱۳۹۶	بهمن	-۳/۴۲	۷/۲۰	۲/۱۸	۸۲/۶۷	۳۴/۸۳	۶/۳۰	
	اسفند	-۰/۴۱	۱۴/۵۴	۱/۷۹	۷۹/۲۰	۲۸/۹۷	۶/۷۵	
	فروردین	۶/۲۵	۱۷/۷۲	۲/۲۳	۸۱/۱۶	۳۱/۲۶	۵/۶۶	
	اردیبهشت	۹/۴۶	۲۶/۵۱	۲/۴۶	۷۳/۴۵	۱۸/۲۶	۶/۱۴	
	خرداد	۱۱/۶۶	۳۲/۵۶	۲/۷۵	۴۴/۲۶	۵/۹۷	۷/۰۹	۱۵۵/۴
۱۳۹۶	تیر	۱۷/۶۷	۳۸/۱۱	۲/۲۶	۲۶/۴۵	۴/۴۵	۵/۹۸	
	مرداد	۱۸/۷۴	۳۹/۲۴	۲/۲۹	۲۱/۳۵	۳/۲۳	۷/۳۱	
	شهریور	۱۸/۲۱	۳۸/۴۱	۲/۱۴	۲۰/۱۴	۳/۸۱	۸/۲۶	
	مهر	۱۷/۵۲	۳۶/۲۳	۲/۱۱	۲۱/۳۱	۴/۱۲	۷/۱۷	

ب) در محیط گلخانه

سال	ماه	حداقل دما (سانتی‌گراد)	حداکثر دما (سانتی‌گراد)	سرعت باد (متر بر ثانیه)	رطوبت حداکثر (درصد)	رطوبت حداقل (درصد)	مجموع بارندگی (میلی‌متر)
۱۳۹۵	اردیبهشت	۲۲/۲۰	۲۹/۷۱	۰	۵۳/۵۸	۱۱/۴۳	۰
	خرداد	۲۴/۲۳	۳۵/۵۶	۰	۳۴/۳۹	۱۵/۰۳	۰
	نیر	۲۶/۱۲	۳۹/۴۲	۰	۳۵/۱۶	۲۱/۷۵	۰
	مرداد	۲۸/۱۷	۴۱/۷۷	۰	۳۷/۵۳	۲۵/۲۲	۰
	شهریور	۳۱/۱۱	۴۲/۰۱	۰	۴۳/۲۸	۱۸/۴۶	۰
	مهر	۲۵/۸۶	۳۵/۵۲	۰	۵۳/۱۲	۲۵/۵۱	۰
	آبان	۱۴/۸۵	۳۰/۰۰	۰	۶۵/۴۱	۳۲/۲۰	۰
	آذر	۱۰/۲۹	۲۵/۷۰	۰	۷۲/۷۸	۳۹/۷۰	۰
	دی	۷/۱۲	۲۰/۶۴	۰	۷۵/۳۲	۲۹/۲۳	۰
	بهمن	۲/۵۲	۱۸/۳۳	۰	۷۹/۲۰	۲۲/۲۹	۰
۱۳۹۶	اسفند	۷/۲۱	۱۷/۱۲	۰	۷۵/۲۴	۲۱/۵۱	۰
	فروردین	۹/۵۱	۲۲/۲۲	۰	۷۱/۱۹	۱۸/۰۶	۰
	اردیبهشت	۱۹/۱۱	۲۹/۱۹	۰	۶۲/۱۸	۱۴/۲۶	۰
	خرداد	۲۱/۵۱	۳۵/۰۶	۰	۴۸/۷۲	۱۰/۱۱	۰
	نیر	۲۶/۲۴	۳۹/۱۰	۰	۴۰/۸۳	۸/۱۲	۰
	مرداد	۲۷/۲۲	۴۲/۰۳	۰	۳۲/۵۶	۵/۰۴	۰
	شهریور	۲۹/۳۱	۴۰/۴۳	۰	۲۵/۴۹	۳/۴۳	۰
	مهر	۲/۰۵	۳۸/۷۶	۰	۱۹/۷۷	۲/۳۹	۰

۴ برگ جدید در نشاءها و پایداری ساقه نشاءها در محیط گلخانه و مزرعه تحقیقاتی به ترتیب حدود ۴۶ روز (۳۱ خرداد) و ۵۵ روز (۹ تیر) پس از کاشت اعمال گردید. کل مقدار آب مصرفی توسط گیاهان در طول دوره اعمال تیمار عبارت بود از مجموع آب آبیاری سطحی و آب باران (بارندگی در محیط گلخانه صفر بود).

برای اندازه گیری قند و سایر شاخص های گیاهی، برگ ها و سایر پارامترهای گیاه استویا در سال اول و دوم کشت به ترتیب در تاریخ های ۱۵ مهر سال ۱۳۹۵ و ۲۹ مهر سال ۱۳۹۶ برداشت شدند. برداشت محصول به صورت دستی انجام گرفت.

تعیین شاخص های اندازه گیری شده

شاخص های فیزیکی گیاه نظیر وزن برگ (مقدار کل برگ برداشت شده برای هر تیمار که با واحد گرم اندازه گیری و بیان می شود)، ارتفاع بوته (طول قسمت هوایی گیاه که از سطح خاک تا انتهای بلندترین برگ روییده می باشد)، وزن ۱۰۰ عدد برگ که یکی از مهمترین و قابل توجه ترین شاخص ها در میان اجزای عملکرد است. این پارامتر به راحتی و با شمارش ۱۰۰ عدد از برگ های برداشت شده (در چند تکرار و تعیین میزان متوسط تکرارها) و توزین آنها بر اساس واحد گرم حاصل شد، طول ریشه (که یکی از شاخص های بسیار مهم مد نظر در آزمایشات، تعیین و اندازه گیری طول ریشه برای تیمارها است. با توجه به قرارگیری کامل ریشه در خاک لیسیمترها، دستیابی به طول دقیق ریشه به سختی حاصل شد. در اکثر لیسیمترها با توجه به عدم وجود سله در خاک

در طی این تحقیق، پس از مشخص کردن حجم آب مورد نیاز گیاه استویا در طول دور آبیاری (با مشخص بودن ضریب گیاهی، نیاز آبی گیاه، مقدار بارندگی، آب زهکش شده و رطوبت خاک در حد فاصل دو آبیاری) و اعمال درصد کم آبیاری، مقدار حجم آب مورد نیاز گیاه در طی دور آبیاری در اختیار گیاه قرار می گرفت. در طی مراحل رشد عملیات کوددهی بر اساس توصیه کودی به صورت ذیل انجام شد.

قبل از انتقال نشاء به زمین (در حین آماده سازی زمین - در ماه اسفند ۱۳۹۴): ۵۰ تا ۸۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره استارتر و ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفات و ۸۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاس

بعد از کشت نشاء (هفته دوم پس از کشت در ماه اردیبهشت ۱۳۹۵): محلول پاشی کود اوره و استفاده از کود ارگانیک مولتی هیومکس جهت بهبود ریشه زایی

رشد مجدد در سال دوم (۱۴ فروردین ۱۳۹۶): ۵۰ تا ۸۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره استارتر به صورت محلول در آب. کلیه مقادیر کود اضافه شده در مراحل مختلف بر اساس نتایج آزمایشات خاک بوده است.

با توجه به تراکم بوته مناسب تعداد ۱۰ عدد در تاریخ ۱۵ اردیبهشت ۱۳۹۵ نشاء ریشه لخت گیاه استویا در هر لیسیمتر کاشته شد (تراکم کاشت ۱۰۰ هزار بوته در هکتار). قبل از اعمال تیمارهای کم آبیاری همه تیمارها با آبی با کیفیت ۱ دسی زیمنس بر متر و ۱۰۰ درصد نیاز آبی آبیاری شدند. تیمارها با ظاهر شدن

۱۲۵۰ میکرو لیتر اسید سولفوریک ۹۸ درصد به هر یک از نمونه‌ها اضافه شد. نمونه‌ها به مدت ۱۰ دقیقه در دمای اتاق گذاشته و سپس میزان جذب نوری آن در طول موج ۴۸۸ نانومتر توسط دستگاه الیزا (Bio Tek Powerwave XS2) قرائت شد. برای تهیه استانداردها از گلوکز استفاده شد. بدین منظور ابتدا یک گرم گلوکز در یک لیتر آب مقطر حل گردید. تا محلول استوک استاندارد 1000 PPM تهیه شود. از استوک مذکور مقادیر ۰/۱، ۰/۲، ...، ۰/۹، ۱ و ۱/۵ میلی لیتر برداشته و با آب مقطر به حجم ۱۰ میلی لیتر رسانده شد تا استانداردهای سایر مراحل کار همانند نمونه‌های اصلی انجام شد و منحنی استاندارد تهیه گردید. برای تهیه نمونه شاهد یا صفر به جای عصاره قند، ۲ میلی لیتر آب مقطر درون فالتون ریخته شد و به آن ۱ میلی لیتر فنل و ۲ میلی لیتر اسید سولفوریک اضافه گردید. سپس با توجه به مقادیر جذب نوری و غلظت های محلول قندها منحنی استاندارد رسم و محتوی قند محلول محاسبه شد.

تعیین کار آئی مصرف آب بر اساس عملکرد برگ و قند تولیدی
در این تحقیق کار آئی مصرفی بر اساس عملکرد برگ و قند تولیدی در هر تیمار به ترتیب با تقسیم هر کدام از عملکردهای ذکر شده بر میزان آب مصرفی در هکتار تعیین گردید.

نتایج و بحث

کارایی مصرف آب در تیمار تنش کم آبیاری

کل آب مورد نیاز در طول دوره رشد گیاه استویا برای همه تیمارها در سال اول و دوم کشت در محیط مزرعه تحقیقاتی به ترتیب شامل ۲۶۷/۴ و ۱۵۵/۴ میلی متر بارندگی برابر با ۱۸۲۴/۴ و ۱۶۸۵/۵ میلیمتر و در محیط گلخانه به ترتیب شامل صفر میلی-متر بارندگی برابر با ۲۰۲۳/۷ و ۱۷۴۷/۵ میلی متر بود (جدول ۴).

و نرم بودن آن به راحتی با بیرون کشیدن بوته، ریشه‌ها نیز به صورت کامل خارج گشتند و سایر پارامترهای گیاهی از قبیل: تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد برگ‌ها در یک بوته و غیره برای هر تیمار در پایان فصل رشد اندازه گیری شدند.

تعیین درصد قند گیاه استویا

برای اندازه‌گیری قند گیاه استویا که به صورت قند محلول می‌باشد از روش فنل - اسید سولفوریک با کمی تغییر استفاده شد (Nielsen, 2017). نمونه‌های برگ پودر شده با ازت مایع، برای تعیین قندهای محلول مورد استفاده قرار گرفتند. محلول‌های مورد نیاز شامل اتانول ۸۰ درصد، محلول ۰/۵ درصد فنول (۰/۵ گرم فنول در ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر حل شد) و اسید سولفوریک ۹۸ درصد بودند. مطابق این روش از هر نمونه، ۰/۵ گرم نمونه برگ پودر شده به ظرف پلاستیکی (vial) ۲ میلی متری منتقل شد. مقدار ۱/۵ میلی لیتر اتانول ۸۰ درصد به ظرف‌های حاوی ماده خشک اضافه شده و ظروف به مدت ۲۰ ثانیه به شدت ورتکس شدند. سپس ظروف به مدت ۶۰ دقیقه در دمای ۸۰ درجه سانتی گراد قرار داده شدند. پس از سرد شدن نمونه‌ها، به منظور جدا کردن فاز جامد از مایع، ظروف پلاستیکی به مدت ۵ دقیقه با سرعت (۱۳۰۰۰ دور در دقیقه) سانتریفیوژ شده، سپس عصاره (فاز مایع) حاصل به ظروف پلاستیکی ۲ میلی لیتری منتقل گردید. ظروف پلاستیکی تا زمان تبخیر کامل اتانول در دمای ۵۰ درجه سانتیگراد نگهداری شد. پس از تبخیر الکل و خشک شدن نمونه‌ها، مقدار ۱/۵ میلی لیتر آب مقطر به ظروف پلاستیکی اضافه شد و به شدت ورتکس گردید تا انحلال قندهای چسبیده به جداره ظروف در آب مقطر به خوبی صورت گیرد. سپس ۱۰ میکرو لیتر از نمونه به ۲۵۰ میکرو لیتر محلول ۰/۵ درصد فنول اضافه، درب ظروف پلاستیکی بسته شد و به شدت تکان داده شد. در ادامه زیر هود و با فشار به وسیله سمپلر مقدار

جدول ۴- تاثیر تیمارهای آزمایش بر روی عملکرد برگ و قند و کارایی مصرف آب

محیط کشت	سال	درصد تامین نیاز آبی	عملکرد برگ (kg/ha)	عملکرد قند (kg/ha)	کل آب مصرفی (mm)	کارایی مصرف آب بر اساس عملکرد قند (kg/ha/mm)	کارایی مصرف آب بر اساس عملکرد برگ (kg/ha/mm)
مزرعه	۱۳۹۵	۱۰۰	۳۲۶/۴ b	۶۳/۶ ab	۱۸۲۴/۴	۰/۵۴ b	۰/۹۳ ab
		۸۰	۲۵۱/۰ c	۴۰/۲ bc		۰/۳۴ c	۰/۷۱ bc
		۶۰	۲۲۴/۵ de	۲۶/۹ cd		۰/۲۳ de	۰/۶۴ cd
	۱۳۹۶	۴۰	۱۳۰/۷ f	۱۴/۱ e	۱۶۸۵/۵	۰/۱۱ f	۰/۳۷ e
		۱۰۰	۳۶۶/۸ a	۸۰/۷ a		۰/۶۹ a	۱/۰۴ a
		۸۰	۲۹۰/۶ bc	۵۲/۳ b		۰/۴۵ bc	۰/۸۳ b
		۶۰	۲۶۱/۰ d	۳۶/۵ c		۰/۳۱ d	۰/۷۴ c
		۴۰	۱۷۲/۴ e	۲۰/۸ d		۰/۱۸ e	۰/۴۹ d

۶۰ و ۴۰ درصد نیاز آبی گیاه) بر اساس آزمون دانکن در جدول (۴) آمده است. نتایج دو ساله طرح نشان داد که بیشترین و

نتایج عملکرد برگ و قند و کارایی مصرف آب (بر اساس عملکرد برگ و قند)، برای سطوح مختلف آبیاری (۱۰۰ و ۸۰ و

کمترین عملکرد برگ در محیط گلخانه و مزرعه تحقیقاتی به ترتیب (۳۶۹/۱ و ۱۶۲/۴) و (۱۵۲/۱ و ۳۴۶/۶) کیلوگرم بر هکتار و عملکرد قند در محیط گلخانه و مزرعه تحقیقاتی به ترتیب (۸۱/۴ و ۱۸/۸) و (۷۲/۲ و ۱۶/۹) کیلوگرم بر هکتار به ترتیب تیمارهای ۱۰۰ و ۴۰ درصد نیاز آبیاری به دست آمد. با توجه به دو سال کشت استویا بیشترین و کمترین کارایی مصرف آب برای تیمارهای ۱۰۰ و ۴۰ درصد نیاز آبیاری بر اساس عملکرد برگ و قند در محیط گلخانه و مزرعه تحقیقاتی به ترتیب (۰/۹۸ و ۰/۴۳) و (۰/۹۹ و ۰/۴۳) کیلوگرم بر هکتار بر میلیمتر و (۰/۶۵ و ۰/۱۵) و (۰/۶۲ و ۰/۱۴) کیلوگرم بر هکتار بر میلیمتر، بدست آمد (جدول ۴).

سطوح مختلف کم آبیاری (۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبیاری گیاه) بر روی کارایی مصرف آب در سطح احتمال (p < ۰/۰۱) مورد بررسی قرار گرفت، که نشان داد بین تیمارها به طور معنی داری تفاوت وجود دارد. با توجه به نتایج به دست آمده، مشخص گردید که کمترین کارایی مصرف آب بر اساس عملکرد برگ و قند مربوط به تیماری است که کمترین میزان آبیاری را دریافت کرده است (تیماری با ۴۰ درصد تامین نیاز آبیاری)، که این امر منجر به کاهش عملکرد برگ و قند گردید. نتایج نشان داد که تیمار با ۱۰۰ درصد تامین نیاز آبیاری دارای بیشترین کارایی مصرف آب از لحاظ عملکرد برگ و قند نسبت به سایر تیمارها بود. نتایج نشانگر آن است که در محیط گلخانه افزایش کم آبیاری از ۱۰۰ به ۸۰ و ۶۰ و ۴۰ درصد به ترتیب باعث کاهش به میزان (۲۲/۶ و ۳۵/۰) درصد با ۸۰ درصد نیاز آبی، (۳۱/۴ و ۵۶/۲) درصد، با ۶۰ درصد نیاز آبی و (۵۶/۱ و ۷۷/۰) درصد، برای آب آبیاری با ۴۰ درصد تامین نیاز آبی گیاه در میزان عملکرد برگ و قند گردید. نتایج نشانگر آن است که در محیط مزرعه تحقیقاتی افزایش کم آبیاری از ۱۰۰ به ۸۰ و ۶۰ و ۴۰ درصد به ترتیب باعث کاهش به میزان (۲۱/۹ و ۳۶/۰) درصد برای آب آبیاری با ۸۰ درصد نیاز آبی، (۳۰/۰ و ۵۶/۱) درصد با ۶۰ درصد نیاز آبی و (۵۶/۲ و ۷۶/۵) درصد برای آب آبیاری با ۴۰ درصد تامین نیاز آبی گیاه در مقدار عملکرد برگ و قند گردید.

اجزای عملکرد استویا در تیمار تنش کم آبیاری

نتایج این تحقیق برای تاثیر سطوح مختلف آبیاری در سطح احتمال (p < ۰/۰۱) بر روی خصوصیات مورفولوژیکی اصلی گیاه نظیر عمق ریشه، ارتفاع بوته، وزن ۱۰۰ عدد برگ، تعداد برگها در یک بوته، تعداد شاخه های فرعی مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به جدول (۵) اثر سطوح مختلف آبیاری (۱۰۰، ۸۰، ۶۰ و ۴۰ درصد نیاز آبی گیاه) روی طول ریشه گیاه در سطح

۱٪ اثر معنی دار بود. نتایج دو ساله طرح در جدول (۵) نشان می دهد که بیشترین و کمترین طول ریشه مربوط به تیمارهای ۱۰۰ و ۴۰ درصد نیاز آبی می باشد که در محیط گلخانه و مزرعه تحقیقاتی به ترتیب برابر با (۱۴۶ و ۸۳/۵) و (۱۳۸/۵ و ۷۷/۵) سانتی متر است. با توجه به جدول (۵) اثر سطوح مختلف کم آبیاری (۱۰۰، ۸۰، ۶۰ و ۴۰ درصد نیاز آبی گیاه) روی ارتفاع بوته در سطح ۱٪ اثر معنی داری بود. به طور متوسط و در طی دو سال کشت استویا بیشترین و کمترین ارتفاع گیاه مربوط به تیمار ۱۰۰ و ۴۰ درصد نیاز آبی بود که در گلخانه و مزرعه تحقیقاتی به ترتیب برابر (۱۱۴/۵ و ۴۶/۵) و (۱۰۹/۵ و ۳۹/۵) به دست آمد. با توجه به جدول (۵) اثر سطوح مختلف کم آبیاری (۱۰۰، ۸۰، ۶۰ و ۴۰ درصد نیاز آبی گیاه) بر روی وزن ۱۰۰ عدد برگ برداشتی از گیاه در سطح ۱٪ اثر معنی دار بود. اندازه گیری ها در طول دو سال کشت نشان می دهد که بیشترین و کمترین وزن ۱۰۰ عدد برگ برداشتی مربوط به تیمارهای ۱۰۰ و ۴۰ درصد نیاز آبی گیاه می باشد که در گلخانه و مزرعه تحقیقاتی به ترتیب برابر (۱۸۸/۴ و ۵۹/۰) و (۱۷۲/۲ و ۵۲/۴) گرم بود. جدول (۵) نشان می دهد که اثر سطوح مختلف کم آبیاری روی تعداد برگها در یک بوته در سطح ۱٪ اثر معنی دار بود. با توجه به داده های دو ساله بیشترین و کمترین تعداد برگها در یک بوته مربوط به تیمارهای ۱۰۰ و ۴۰ درصد نیاز آبی می باشد که در گلخانه و مزرعه تحقیقاتی به ترتیب برابر با (۵۷/۵ و ۳۳) و (۵۲/۵ و ۲۷) می باشد. جدول (۵) نشان می دهد که اثر سطوح مختلف کم آبیاری روی تعداد شاخه های فرعی در یک بوته در سطح ۱٪ اثر معنی دار بود. با توجه به داده های دو ساله بیشترین و کمترین تعداد شاخه های فرعی در یک بوته مربوط به تیمارهای ۱۰۰ و ۴۰ درصد نیاز آبی می باشد که گلخانه و مزرعه تحقیقاتی به ترتیب برابر با (۱۷/۵ و ۶) و (۱۵/۵ و ۴/۵) می باشد.

آستانه تحمل گیاه استویا در تیمار تنش کم آبیاری

برای به دست آوردن آستانه تحمل گیاه استویا به کم آبیاری (با سطوح ۱۰۰، ۸۰، ۶۰ و ۴۰ درصد نیاز آبیاری) ابتدا درصد عملکرد برگ و قند در تیمارهای مورد بررسی در این پژوهش نسبت به تیمار شاهد (تیماری با ۱۰۰ درصد تامین نیاز آبی) اندازه گیری و محاسبه شد. نتایج این مقایسات در جدول (۶) ارائه شده است. با توجه به جدول (۶) و داده های حاصل از دو سال تحقیق بیشترین و کمترین درصد عملکرد برگ و قند در محیط گلخانه و مزرعه تحقیقاتی نسبت به تیمار شاهد به ترتیب (۷۸/۰ و ۴۱/۳) و (۶۵/۸ و ۲۱/۶) و (۷۹/۲ و ۴۰/۱) و (۶۴/۸ و ۲۰/۵) می باشد که متعلق به تیمارهایی با ۸۰ و ۴۰ درصد نیاز آبی است.

جدول ۵- تاثیر تیمارهای مختلف بر روی پارامترهای گیاهی

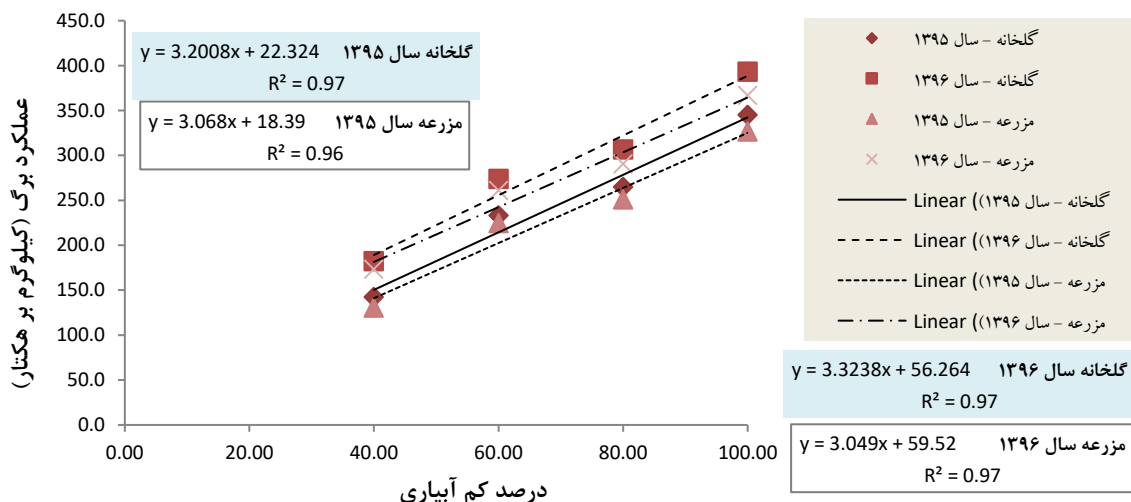
محیط کشت	سال	درصد تامین نیاز آبی	عمق ریشه (cm)	ارتفاع بوته (cm)	وزن ۱۰۰ برگ (g)	تعداد شاخه های فرعی	تعداد برگ ها در یک بوته
گلخانه	۱۳۹۵	۱۰۰	۱۴۱ ab	۱۰۲ ab	۱۸۱/۲ ab	۱۶ ab	۵۲ b
		۸۰	۱۱۶ b	۷۱ c	۱۳۲/۵ bc	۱۳ b	۴۱ ab
		۶۰	۹۲ c	۶۱ cd	۱۱۵/۶ cd	۹ bc	۳۲ c
		۴۰	۸۱ d	۴۲ e	۵۲/۶ e	۵ d	۲۷ d
گلخانه	۱۳۹۶	۱۰۰	۱۵۱ a	۱۲۷ a	۱۹۵/۶ a	۱۹ a	۶۳ a
		۸۰	۱۴۱ ab	۱۱۲ bc	۱۵۶/۳ b	۱۶ ab	۵۳ ab
		۶۰	۱۰۱ bc	۷۲ c	۱۱۰/۲ c	۱۰ b	۴۶ bc
		۴۰	۸۶ cd	۵۱ d	۶۵/۳ d	۷ c	۳۹ cd
مزرعه	۱۳۹۵	۱۰۰	۱۳۴ ab	۹۷ ab	۱۶۲/۳ ab	۱۴ ab	۴۷ ab
		۸۰	۱۰۸ bc	۶۵ b	۱۲۶/۵ b	۱۲ c	۳۷ b
		۶۰	۸۷ cd	۵۶ bc	۹۵/۴ bc	۷ cd	۲۵ bc
		۴۰	۷۵ e	۳۸ d	۴۹/۵ d	۴ e	۲۱ d
مزرعه	۱۳۹۶	۱۰۰	۱۴۳ a	۱۲۲ a	۱۸۲/۱ a	۱۷ a	۵۸ a
		۸۰	۱۳۳ b	۹۵ ab	۱۴۴/۵ ab	۱۴ bc	۴۸ ab
		۶۰	۹۵ c	۶۸ b	۹۷/۲ b	۸ c	۴۲ b
		۴۰	۸۰ d	۴۱ c	۵۵/۲ c	۵ d	۳۳ c

جدول ۶- درصد عملکرد برگ و قند نسبت به تیمار شاهد

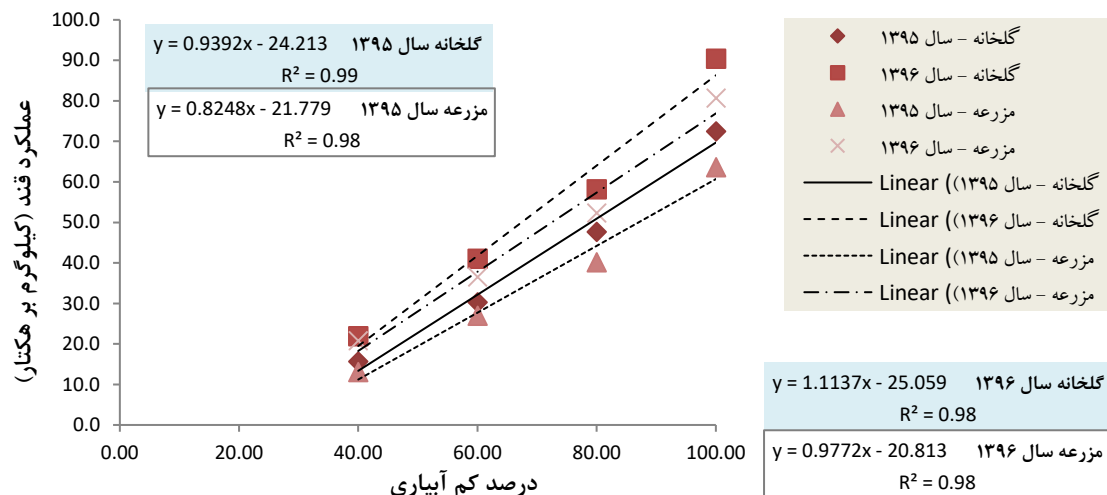
محیط کشت	سال	درصد تامین نیاز آبی	عملکرد برگ (kg/ha)	درصد عملکرد برگ نسبت به تیمار شاهد (%)	عملکرد قند (kg/ha)	درصد عملکرد قند نسبت به تیمار شاهد (%)
گلخانه	۱۳۹۵	۱۰۰	۳۴۵/۱	۱۰۰	۷۲/۵	۱۰۰
		۸۰	۲۶۵/۰	۷۶/۸	۴۷/۷	۶۵/۸
		۶۰	۲۳۳/۰	۶۷/۵	۳۰/۳	۴۱/۸
		۴۰	۱۴۲/۴	۴۱/۳	۱۵/۷	۲۱/۶
گلخانه	۱۳۹۶	۱۰۰	۳۹۳/۱	۱۰۰	۹۰/۴	۱۰۰
		۸۰	۳۰۶/۴	۷۸/۰	۵۸/۲	۶۴/۴
		۶۰	۲۷۳/۸	۶۹/۷	۴۱/۱	۴۵/۴
		۴۰	۱۸۲/۴	۴۶/۴	۲۱/۹	۲۴/۲
مزرعه	۱۳۹۵	۱۰۰	۳۲۶/۴	۱۰۰	۶۳/۶	۱۰۰
		۸۰	۲۵۱/۰	۷۷/۰	۴۰/۲	۶۳/۱
		۶۰	۲۲۴/۵	۶۸/۸	۲۶/۹	۴۲/۳
		۴۰	۱۳۰/۷	۴۰/۱	۱۴/۱	۲۰/۵
مزرعه	۱۳۹۶	۱۰۰	۳۶۶/۸	۱۰۰	۸۰/۷	۱۰۰
		۸۰	۲۹۰/۶	۷۹/۲	۵۲/۳	۶۴/۸
		۶۰	۲۶۱/۰	۷۱/۲	۳۶/۵	۴۵/۳
		۴۰	۱۷۳/۴	۴۷/۳	۲۰/۸	۲۵/۸

و (۳/۱) برابر درصد کم‌آبیاری در سال‌های اول و دوم کشت بدست آمده است. همچنین با توجه به نتایج حاصله و مندرج در شکل (۲)، آستانه تحمل گیاه استویا به کم‌آبیاری برای جلوگیری از کاهش عملکرد قند در محیط‌های گلخانه و مزرعه تحقیقاتی به- ترتیب حدود (۰/۹۴ و ۰/۸۳) و (۱/۱۲ و ۰/۹۸) برابر کم‌آبیاری در سال‌های اول و دوم کشت به‌دست آمده است.

نتایج به‌دست آمده از این تحقیق، نشانگر آن است که با افزایش میزان کم‌آبیاری عملکرد برگ و قند نسبت به تیمار شاهد کاهش بیشتری داشته است. لذا، با توجه به شواهد بدست آمده برای گیاه استویا درصد تامین نیاز آبی کمتر از ۸۰ درصد توصیه نمی‌شود. همچنین با توجه به شکل (۱)، آستانه تحمل گیاه استویا به کم‌آبیاری برای جلوگیری از کاهش عملکرد برگ در محیط‌های گلخانه و مزرعه تحقیقاتی به‌ترتیب در حدود (۳/۲ و ۳/۱) و (۳/۳ و ۳/۲)



شکل ۱- ارتباط بین عملکرد برگ و کم آبیاری در محیط گلخانه و مزرعه تحقیقاتی



شکل ۲- ارتباط بین عملکرد قند و کم آبیاری در محیط گلخانه و مزرعه تحقیقاتی

بر اساس عملکرد برگ و قند در گیاه استویا شده است. هر چه درصد تامین نیاز آبی گیاه کمتر شود کاهش کارایی مصرف آب نیز بیشتر می‌گردد. بنابراین برای جلوگیری از کاهش عملکرد و بازده تولیدی این گیاه، توصیه می‌شود که برای آبیاری استویا کمتر از ۸۰ درصد تامین نیاز آبی گیاه استفاده نشود.

سپاس‌گزاری

نویسندگان مقاله از مساعدت و همکاری صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور در انجام این تحقیق تشکر می‌نمایند.

"هیچ‌گونه تعارض منافع بین نویسندگان وجود ندارد"

بحث و نتیجه‌گیری

محققانی نظیر (Jolaini (2012); Mohammadi *et al.* (2010); و (Sadr Ghaeini *et al.* (2010) و (Golkar *et al.* (2009) مقادیر ۱۰۰ درصد نیاز آبی را بعنوان بهترین تیمار به ترتیب برای محصولات تحت شرایط آبیاری با آب با کیفیت، آب شور، در شرایط استفاده از سیستم آبیاری زیر سطحی و دریافت سطوح مختلف آبیاری معرفی نموده‌اند. در این بررسی مشخص شد که کم آبیاری باعث کاهش عملکرد برگ و قند تولیدی توسط گیاه استویا شد. هر چه درصد اعمال کم آبیاری بیشتر شود کاهش عملکرد نیز بیشتر می‌گردد که کاهش قند با نتایج (Karimi *et al.* (2015) مطابقت دارد. همچنین اعمال کم آبیاری باعث کاهش کارایی مصرف آب

REFERENCES

Aladakatti, Y., Palled, Y., Chetti, M., Halikatti, S., Alagundagi, S., Patil, P., Patil, V. C., & Janawade, A. (2012). Effect of irrigation schedule and

planting geometry on growth and yield of stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni.). *Karnataka J Agr Sci*, 25(1), 30-35.

- <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.890.2417&rep=rep1&type=pdf>
- Cheryl, A. P., Clinton, C. S., & Michael, Q. (2017). Soil Water Tension Irrigation Criteria Affects Stevia rebaudiana Leaf Yield and Leaf Steviol Glycoside Composition. *HortScience horts*, 52(1), 154-161. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI11352-16>
- Ghaehri, M. (2015). study of stevia Micropropagation and the effect of mannitol on the production of rebaudioside A and stevioside in this plant and its anti-diabetic effects Razi University. (In Farsi) <http://ganj-old.irandoc.ac.ir/articles/890692>
- Golkar, F., Farahmand, A. R., & Fardad, H. (2009). Response of Yield and Water Use Efficiency of Early Urbana Tomato to Different Levels of Irrigation. *Water Engineering*, 1(1), 13-19. (In Farsi) <https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?ID=184810>
- Gorzi, A., Omid, H., & Bostani, A. (2020). Effect of Stevia (Stevia rebaudiana) Seed Priming Treatments with Salicylic Acid, Iron, and Zinc on Some Germination Traits and Photosynthetic Pigments under Drought Stress [Research]. *Iranian Journal of Seed Research*, 6(2), 125-135. (In Farsi) <https://doi.org/10.29252/yujs.6.2.125>
- Hajihashemi, S., & Sofo, A. (2018). The effect of polyethylene glycol-induced drought stress on photosynthesis, carbohydrates and cell membrane in Stevia rebaudiana grown in greenhouse. *Acta Physiologiae Plantarum*, 40(8), 142. <https://doi.org/10.1007/s11738-018-2722-8>
- Jalili, Z., Ghamarnia, H., & Kahrizi, D. (2019). Estimated Water Requirements and Stevia Rebaudiana Bertoni Crop Coefficient in Semi - Dry Climate under Lysimetric Conditions. *Journal of Water and Soil Science (Science and Technology of Agriculture and Natural Resources)*, 23(3), 37-52. (In Farsi). <https://jstnar.iut.ac.ir/article-1-3669-en.html>
- Jolaini, M. (2012). Investigation the Effect of Different Water and Plastic Mulch Levels on Yield and Water Use Efficiency of Tomato in Surface and Subsurface Drip Irrigation Method. *Journal of Water and Soil (Agricultural Sciences and Technology)*, 25(5), 1025-1032. (In Farsi) <https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?ID=261712>
- Karimi, M., Ahmadi, A., Hashemi, J., Abbasi, A., Tavarini, S., Guglielminetti, L., & Angelini, L. G. (2015). The effect of soil moisture depletion on Stevia (Stevia rebaudiana Bertoni) grown in greenhouse conditions: Growth, steviol glycosides content, soluble sugars and total antioxidant capacity. *Scientia Horticulturae*, 183, 93-99. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.11.001>
- Karimi, M., Ahmadi, A., Hashemi, J., Abbasi, A., Tavarini, S., Pompeiano, A., Guglielminetti, L., & Angelini, L. G. (2019). Plant growth retardants (PGRs) affect growth and secondary metabolite biosynthesis in Stevia rebaudiana Bertoni under drought stress. *South African Journal of Botany*, 121, 394-401. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.sajb.2018.11.028>
- Kheirabi, J., Tavakoli, A., Entesari, M. R., & Salamat, A. R. (1998). *Introducing Theoretical and Practical Aspects of Penman-Monteith Method in Iran* (1 ed.). National Committee on Irrigation & Drainage (IRNCID). (In Farsi)
- Mohammadi, M., Liaghat, A., & Molavi, H. (2010). Optimization of Water Use and Determination of Tomato Sensitivity Coefficients under Combined Salinity and Drought Stress in Karaj. *Journal of Water and Soil (Agricultural Sciences and Technology)*, 24(3), 583-592. (In Farsi) <https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?ID=186040>
- Mubarak, M., Belal, A. H., ElSarag, E. I., & NasrElDeen, T. M. (2012). In Vitro Response Growth of Stevia Rebaudiana Under Salinity and Drought. *Sinai Journal of Applied Sciences*, 1(1), 13-20. <https://doi.org/10.21608/sinjas.2012.78374>
- Nielsen, S. S. (2017). Total Carbohydrate by Phenol-Sulfuric Acid Method. In *Food Analysis Laboratory Manual* (pp. 137-141). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-44127-6_14
- Pordel, R., Esfahani, M., Kafi, M., & Nezami, A. (2015). Response of Stevia rebaudiana Bertoni root system to waterlogging and terminal drought stress. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 6(3), 238-247. <https://europub.co.uk/articles/38291>
- Sadr Ghaeini, S. H., Akbari, M., Afshar, H., & Nakhjavani Moghadam, M. M. (2010). Effect of Three Methods of Micro-Irrigation and Irrigation Levels on Yield of Tomato. *Journal of Water and Soil (Agricultural Sciences and Technology)*, 24(3), 574-582. (In Farsi) <https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?ID=186036>
- Srivastava, S., & Srivastava, M. (2014). Morphological Changes and Antioxidant Activity of Stevia rebaudiana under Water Stress. *American Journal of Plant Sciences*, 5(22), 3417-3422. <https://doi.org/10.4236/ajps.2014.522357>
- Thakur, A., & Thakur, C. L. (2018). Evaluation of four medicinal herb species under conditions of water-deficit stress. *Indian Journal of Plant Physiology*, 23(3), 459-466. <https://doi.org/10.1007/s40502-018-0387-3>