Advanced Technologies in Water Efficiency
homepage:https://atwe.razi.ac.ir
Online ISSN:2783-4964

The effect of supplementary irrigation on yield and water use efficiency of Stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) in greenhouse and farm investigation

Houshang Ghamarnia [1]✉, Zahra Jalili [2], Farhang Sargordi [3]

[1] Corresponding Author, Professor, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran. E-mail: hghamarnia@razi.ac.ir

[2] Ph. D student of Irrigation and Drainage, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran. E-mail: z_jalili1988@yahoo.com

[3] Assistant professor, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran. E-mail: fsargordi@razi.ac.ir

ABSTRACT

Introduction

Today, limited water resources are one of the most problems of agriculture in Iran country. On the other hand, the growing population necessitates the production of more food. Therefore, finding solutions to overcome water shortages in different regions has always been one of the studies and research priorities (Khairabi et al., 2017). On the other hand, sweeteners among the important foods are used as a flavoring and sweetener in a wide range of food products. The most common sweetener that is widely used by humans to create the desired taste in a variety of foods is sugar. Sugar is, one of the most important sources of energy in the human diet. It has a daily consumption and is relatively cheap compared to the amount of calories produced. Sugar has always been considered and supported by governments as a strategic commodity (Azarpour et al., 2017). According to different researches, there are many natural sweeteners to replace sucrose in food, and the side effects of artificial sweeteners, especially on the characteristics of the final product, have been significant. Therefore, the use of natural sweeteners instead of sucrose has received special attention (Alizadeh et al., 2014). Stevia, as a plant with medicinal and anti-diabetic effects, is native to the mountainous region of Amoeba, located on the border of Brazil and Paraguay, which is widely cultivated in Shiraz and Isfahan in Iran. This plant has medicinal and nutritional properties that contain sweet compounds and it contains (steviosides and ribadiosides) which are approximately 200 to 300 times sweeter than sucrose (Hanson et al., 1993). Stevia is used as a sweetener in the production of jams, drinks, juices, soft drinks and ice cream suitable for diabetics (Raisi et al., 2014).

Because of water resources of suitable quality for irrigation of crops in our country are limited, the use of auxiliary methods, such as supplementary irrigation (to meet the water needs of the plant during the growing season and increase yield) is essential. In this study, research on stevia plant under different treatments such as: (without supplementary irrigation, single irrigation at flowering and two irrigations at flowering and seedling) and study of different treatments on stevia yield in both greenhouse and farm environment have been carried out.

Material and methods

This research was carried out in the greenhouse and research farm of the Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Razi University (located at 47 degrees and 9 minutes east longitude and 34 degrees and 21 minutes north latitude with 1319.8 meters above sea level) during 2016 and 2017. In this study, three treatments of supplementary irrigation were considered to investigate the effect of supplementary irrigation on stevia crop yield. The considered levels were included as no supplementary irrigation, single irrigation at flowering time and two irrigations at seedling and flowering times respectively. During the research, water requirement using daily data extracted from lysimetric data of grass cultivation and considering plant coefficients equal to 0.76, 1.15, 1.49 and 1.17 for four stages of stevia plant growth in both the study area (greenhouse and research farm) was calculated and provided to the plant using surface irrigation (Jalili et al. 2019).The experiment was performed in three replications and a total of 18 pots in each places (greenhouse and research farm) with an outer diameter of 40 cm and 4 plants were planted in each pot. The pots were prepared for stevia cultivation on May 1st. On May 25, fertilizing the soil inside the pots was carried out based on the fertilizer recommendation. The amount of 120 kg/ha of triple superphosphate, 120 kg/ha of urea fertilizer, 120 kg/ha of potassium sulfate and 5 tons/ha of rotted manure were considered for plant growth period. The fertilizers were mixed with soil before planting. After the initial fertilization, the surface soil of the pot was shaken to mix the fertilizer with the soil.

Measured indicators

Plant indices measured in this study were included root length, leaf weight (total amount of leaves harvested for each treatment), plant height (length of aerial part of the plant from soil surface to the end of the tallest leaf), weight of 100 leaves, number of branches, the number of leaves per plant and the sugar content of the stevia plant. The phenol-sulfuric acid method was used to measure the sugar content of stevia, which is a soluble sugar (Nielsen, 2017). Leaf samples powdered with liquid nitrogen were used to determine soluble sugars. Required solutions were included 80% ethanol, 0.5% phenol solution (0.5 g of phenol dissolved in 100 ml of distilled water) and 98% sulfuric acid. In this study, water use efficiency was determined based on leaf yield and sugar production in each treatment by dividing each of the mentioned functions by the amount of water consumption per hectare, respectively.

Results and discussion

The total water requirement during the growth period of stevia for all treatments in the first and second year of cultivation in the greenhouse environment were zero mm of rainfall and 2023.7 and 1747.5 mm of water requirement, respectively. In the research farm, were 267.4 and 155.4 mm of rainfall and 1824.4 and 1685.5 mm.

The average two-year results of the study showed that the highest and lowest leaf yields, in the greenhouse and research farm environment were (367.80 and 260.80) and sugar yield in the greenhouse were (337.2 and 235.4) kg/ha, respectively. The average yield of sugar in greenhouse and research farm were (81.3 and 41.9), (70.2 and 30.8) kg/ha for dual irrigation treatments at the time of flowering and seedling and without supplementary irrigation respectively. The highest and lowest water use efficiencies in the greenhouse and research farm environment for dual irrigation treatments at the time of flowering and seeding and without supplementary irrigation based on leaf yield were (0.98 and 0.69), (0.96) and 0.67) and sugar yield (0.65, 0.33), (0.60 and 0.26) kg/ha/mm, respectively.

In this study, the application of different treatments on water use efficiency at the probability level ($P < 0.01$) was investigated. The results indicated a significant difference between the applied treatments. According to the obtained results, the lowest water use efficiency based on leaf and sugar yield was related to the treatment without supplementary irrigation. This has led to a reduction in surface water consumption by the plant without the effect of increasing leaf and sugar yield. Therefore, water use efficiency based on leaf and sugar yield were decreased. The results showed that the treatment with two supplementary irrigations at the time of flowering and seeding had the highest water use efficiency in terms of leaf and sugar yield compared to the other treatments. The results obtained in the greenhouse showed that single irrigation treatment at flowering time and treatment without supplementary irrigation compared to double irrigation treatment at flowering and seedling (control treatment) caused a decrease of (20.9% and 33.6%) and (29.3% and 48.5%) in leaf and sugar yield respectively. In the research farm environment, the results showed that single irrigation treatment at flowering time and treatment without supplementary irrigation compared to double irrigation treatment at flowering and seedling (control treatment) caused a decrease of (22.9% and 36.8%) and (30.2% and 56.2%) in leaf and sugar yield respectively.

Based on the Benhmimou et al. (2017) study, the dry stevia leaf yield was 24.79, 20.36, and 11.44 gram per plant at irrigation levels of 100%, 80% and 50%. This indicated that dry leaf yield decreased by irrigation reduction. In addition, leaf stevia yield was investigated by Parris et al. (2016) for different irrigation treatments, which confirmed the results of the current study. In that study, dry leaf yield was measured at irrigation levels of 10, 20, 40, 60, 80 kPa of stevia, which were reported to be 5.68, 5.25, 4.63, 4.76 and 4.25 t/ha, respectively. In this study, except of 60 kPa irrigation suction treatment, which showed a small increase in dry leaf yield, the rest of the results showed a direct relationship between irrigation rate and dry leaf yield, which confirms the results of this study. Also, based on the results presented by Parris et al. (2017), the relationship between the total amount of steviol glycoside and different levels of irrigation was direct. Based on different irrigation treatments of 10, 20, 40, 60, 80 kPa, its amount was reported to be 898, 855, 700, 634 and 579 kg/ha, respectively, which is consistent and confirms the research results obtained in this study. Meanwhile, the results of Ghamarnia et al. (2016) were showed that different levels of irrigation under 40, 60, 80 and 100 percent on water use efficiency of stevia had a significant difference at the level of one percent. Irrigation levels of 40 and 100 percent had the lowest and highest water use efficiency in terms of leaf and sugar yield compared to other treatments, respectively. Also, their published results showed that all the various parameters of the stevia plant were significantly decreased with increasing the percentage of low irrigation.

Conclusions

The present study was conducted to investigate the effect of supplementary irrigation on stevia yield in research farm and greenhouse environment. The experiment was carried out in different treatments such as: without supplementary irrigation, single irrigation at flowering time and two irrigations at flowering and seedling time. The results of this study indicated that supplementary irrigation has an effective role in increasing leaf and sugar yield of stevia. Among the different treatments that were considered for supplementary irrigation, two supplementary irrigations at the time of flowering and seedling of the plant had the best yield results, which indicates the need for more water for the plant due to its physiological characteristics at the time of flowering and seedling. This amount had around 53.6% increase in leaf and sugar yield in the field and 54.4% increase in yield in the greenhouse compared to the control treatment respectively.

In this study, the effect of different irrigation treatments on the morphological characteristics of stevia was evaluated and it was found that different levels of irrigation had a significant effect on those characteristics. The results showed that dual irrigation treatment at the time of flowering and seedling had the most effective results in increasing root length, plant height, leaf weight, number of branches and number of leaves. For example, the root length in the two supplementary irrigation treatments in the field environment was 132 cm, while without supplementary irrigation was only 94.5 cm. Also, the number of leaves per stevia plant in the treatment of two supplementary irrigations was 47 versus 32.5 in the treatment without supplementary irrigation. This means that supplementary irrigation was played an important role in the development and completion of growth of various parts of the stevia plant. According to the results obtained in this study for stevia, two supplementary irrigations at the time of flowering and seeding were recommended to increase all yields.

Keywords: Lysimeter, (*Stevia Rebaudiana* B.), supplement irrigation, greenhouse, farm

Article Type: Research Article
Article history: Received: 08 September 2021 **Revised:** 17 October 2021 **Accepted:** 08 November 2021 **ePublished:** 29 May 2022

Cite this article: Ghamarnia, H., Jalili, Z., & Sargordi, F. (2022). The effect of supplementary irrigation on yield and water use efficiency of Stevia (Stevia rebaudiana Bertoni) in greenhouse and farm investigation, *Advanced Technologies in Water Efficiency*, 2(1), 1-15. DOI: 10.22126/ATWE.2021.6917.1006

Publisher: Razi University
© The Author(s).

فناوری های پیشرفته در بهره وری آب

وبگاه نشریه: https://atwe.razi.ac.ir شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳-۴۹۶۴

بررسی تاثیر آبیاری تکمیلی بر عملکرد و کارایی مصرف آب گیاه استویا (*Stevia rebaudiana* Bertoni) در محیط‌های گلخانه و مزرعه

هوشنگ قمرنیا [۱]✉، زهرا جلیلی [۲]، فرهنگ سرگردی [۳]

[۱] نویسنده مسئول، استاد گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. رایانامه: hghamarnia@razi.ac.ir

[۲] دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. رایانامه: z_jalili1988@yahoo.com

[۳] استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. رایانامه: fsargordi@razi.ac.ir

چکیده

ایران با متوسط ریزش‌های آسمانی ۲۲۰ میلیمتر در سال، در زمره مناطق خشک و نیمه خشک جهان طبقه بندی 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 روش‌های کمک کننده نظیر آبیاری تکمیلی (جهت تامین نیاز آبی گیاه در طول دوره رشد و افزایش عملکرد) امری ضروری است. گیاه استویا به عنوان 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 به صورت انبوه کشت می‌شود. گلیکوزیدهای دیترپنی موجود در این گیاه (عامل اصلی ایجاد طعم بسیار شیرین در عصاره‌های گیاه) تا ۳۰۰ برابر شیرین تر از شکر می‌باشند که در صنایع دارویی و غذایی کاربرد دارند. در این پژوهش، آزمایشی به منظور بررسی تاثیر آبیاری تکمیلی (بدون آبیاری تکمیلی، تک آبیاری در زمان گل‌دهی و دو آبیاری در زمان‌های گل‌دهی و دانه‌دهی) بر عملکرد محصول استویا در محیط گلخانه و مزرعه تحقیقاتی انجام شد. نتایج نشان داد آبیاری تکمیلی برای جلوگیری از کاهش عملکرد قند در محیط گلخانه و مزرعه تحقیقاتی به ترتیب حدود (۱۸/۷ و ۱۸/۱) و (۲۰/۷ و ۲۱/۴) برابر آبیاری در سال اول و دوم کشت می‌باشد. با توجه به این نتایج، آبیاری گیاه استویا با دو آبیاری تکمیلی در زمان گل‌دهی و دانه‌دهی برای افزایش عملکرد گیاه توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: لیسیمتر، استویا، آبیاری تکمیلی، گلخانه، مزرعه تحقیقاتی

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

سابقه مقاله: دریافت: ۱۷ شهریور ۱۴۰۰ **اصلاح:** ۲۵ مهر ۱۴۰۰ **پذیرش:** ۱۷ آبان ۱۴۰۰ **چاپ الکترونیکی:** ۰۸ خرداد ۱۴۰۱

استناد: قمرنیا. ه.، جلیلی، ز.، و سرگردی، ف. (۱۴۰۱). بررسی تاثیر آبیاری تکمیلی بر عملکرد و کارایی مصرف آب گیاه استویا (*Stevia rebaudiana* Bertoni) در محیط‌های گلخانه و مزرعه ، *فناوری‌های پیشرفته در بهره‌وری آب*، ۲(۱)، ۱۵- ۱، شناسه دیجیتال: 10.22126/ATWE.2021.6917.1006

ناشر: دانشگاه رازی

© نویسندگان.

مقدمه

امروزه محدودیت منابع آب مناسب از عمده ترین تنگناها و مشکلات کشاورزی در ایران است. از طرف دیگر، افزایش روز افزون جمعیت نیاز به تولید مواد غذایی بیشتر را ایجاب می‌کند. بنابراین یافتن راه کارهایی برای غلبه بر کمبود آب در مناطق مختلف، همواره از اولویت‌های مطالعاتی و پژوهشی بوده است (خیرابی و همکاران، ۱۳۹۶).

از طرفی شیرین‌کننده‌ها از جمله مواد غذایی مهمی هستند که در دامنه وسیعی از محصولات غذایی به عنوان طعم دهنده و شیرین‌کننده به کار برده می‌شوند. شکر رایج ترین ماده شیرین‌کننده ای که توسط بشر برای ایجاد طعم مطلوب در انواع مواد غذایی کاربرد فراوانی دارد. شکر به عنوان یکی از منابع مهم تامین انرژی در رژیم غذایی انسان، دارای مصرف روزمره بوده و در مقایسه با میزان کالری تولیدی نسبتاً ارزان است. شکر همواره به عنوان یک کالای استراتژیک مورد توجه و حمایت دولت‌ها بوده است (آذرپور و همکاران، ۱۳۹۶). بر اساس تحقیقات انجام شده شیرین‌کننده‌های طبیعی بسیاری، جهت جایگزینی قند ساکارز در مواد غذائی وجود داشته و اثرات سوئ شیرین‌کننده‌های مصنوعی به‌ویژه بر روی ویژگی‌های محصول نهائی نیز قابل توجه بوده است. لذا، امروزه استفاده از شیرین‌کننده‌های طبیعی جایگزین ساکارز، مورد توجه ویژه قرار گرفته است (علیزاده و همکاران، ۲۰۱۴) .

گیاه استویا به عنوان 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 به صورت انبوه کشت می‌شود. این گیاه دارای مشخصات داروئی و غذائی بوده که ترکیبات شیرین موجود در آن شامل (استویوزید و ریبادیوزید) تقریبا ۲۰۰ الی ۳۰۰ برابر شیرین تر از ساکارز هستند (هانسون و همکاران،۱۹۹۳). از استویا به عنوان شیرین‌کننده در تولید انواع مربا، نوشیدنی‌ها، آبمیوه‌ها، نوشابه و بستنی‌های مناسب افراد دیابتی استفاده می‌شود (رئیسی و همکاران، ۲۰۱۴).

مبانی نظری و پیشینه پژوهش

تاکنون بر روی میزان آب مورد نیاز و اثرات رژیم‌های مختلف آبیاری بر روی میزان محصول استویا تحقیقات مختلفی انجام شده است. جلیلی و همکاران (۱۳۹۷) در آزمایشی که در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار به صورت فاکتوریل در طی دو سال بر روی گیاه استویا انجام دادند، به این نتیجه رسیدند که استفاده از آب‌های زیرزمینی کم عمق با شوری کمتر از ۲ دسی‌زیمنس بر متر برای آبیاری این گیاه می‌تواند به صورت قابل توجهی نیاز آبی گیاه را برطرف نموده و به تبخیر و تعرق آن کمک کند. قمرنیا و همکاران (۱۳۹۹) در پژوهشی با هدف بررسی تاثیر کم آبیاری بر عملکرد محصول استویا، تیمارهای آبیاری شامل ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ (تیمار شاهد) درصد نیاز آبی گیاه را در نظر گرفته و آزمایش را در سه تکرار در محیط‌های مزرعه و گلخانه انجام دادند. یافته‌های تحقیق آن‌ها نشان داد که آستانه تحمل استویا برای جلوگیری از کاهش عملکرد برگ و قند نسبت به کم‌آبیاری، در محیط مزرعه به ترتیب (۳,۳و۳,۱) و (۱,۱۲ و ۰,۹۸) و در محیط گلخانه در حدود (۳,۲و ۳,۱) و (۰,۹۴ و ۰,۸۳) برابر درصد کم آبیاری در سال اول و دوم کشت است.

کریمی و همکاران (۲۰۱۹) در مطالعه‌ای که بر روی استویا و اثرات عوامل بازدارنده رشد گیاه ناشی از تنش کم آبی در موسسه تحقیقات بیوتکنولوژی کشاورزی اصفهان در شرایط گلخانه ای، نشان دادند که عوامل بازدارنده رشد گیاه استویا نقش مهمی در تعدیل پاسخ گیاهان به تنش کم‌آبی از طریق فرآیندهای بیوشیمیائی و فیزیولوژیکی دارند. اصلان و همکاران[1](۲۰۱۷) در طی مطالعه‌ای، میزان هدایت روزنه‌ای ۲ گیاه استویا در تیمارهای مختلف آبیاری در ۱۵ روز پی در پی را بررسی نمودند. مقادیر اندازه‌گیری شده آبیاری جهت این تحقیق ۱۲۰، ۸۰، ۶۰،۴۰ و ۲۰ درصد میزان نیاز آبی گیاه نسبت به مقدار شاهد ۱۰۰ درصد آبیاری در نظر گرفته شد. نتیجه این پژوهش نشان داد که میزان هدایت روزنه‌ای استویا همراه با افزایش تنش آبی، کاهش پیدا می‌کند. بنهمیمو و همکاران[3](۲۰۱۷)، در پژوهشی که در مرکز تحقیقات زراعی رباط مراکش انجام دادند، در سه تیمار آبیاری ۱۰۰، ۸۰ و ۵۰ درصد، تاثیر رژیم‌های مختلف آبیاری را بر روی عملکرد و رشد گیاه استویا اندازه گرفتند. بر اساس نتایج بدست آمده، پارامترهای ارتفاع گیاه، قطر ساقه، تعداد برگ‌ها و شاخص سطح برگ در رژیم آبیاری ۵۰ درصد به ترتیب ۲۲,۴۴%، ۳۶,۵۴%، ۴۵,۱۰%

[1] Aslan et al
[2] Stomatal Conductance
[3] Benhmimou et al

و ۵۸,۱۵% کاهش داشته‌اند. همچنین در رژیم آبیاری ۵۰ درصد میزان عملکرد ۳۷,۶۶ درصد کاهش پیدا کرده بود. ماهاجان و همکارا ن [1](۲۰۲۱)، در پژوهشی اثرات رژیم‌های مختلف آب موجود در خاک و همچنین نیتروژن را در پانزده تیمار متفاوت بر روی گیاه استویا انجام دادند. سه سطح مختلف پتانسیل آب خاک شامل ۲۰، ۵۰ و ۷۵ کیلوپاسکال در پنج مقدار نیتروژن از صفر تا ۱۴۰ کیلوگرم در هکتار در نظر گرفته شد. نتایج بدست آمده نشانگر آن بود که آبیاری در سطح پتانسیل آب خاک ۵۰ کیلو پاسکال، ۶,۳–۱۸,۹٪ و٪ ۲۰,۷–۲۱,۲ماده خشک بیشتری نسبت دو سطح دیگر آبیاری در ۲۰ و ۷۵ درصد تولید کرده است. نتایج نهائی تحقیق بر این موضوع دلالت داشت که آبیاری در ۵۰ کیلو پاسکال پتانسیل آب خاک به همراه کاربرد ۱۰۵ کیلو گرم نیتروژن در هکتارترکیب مناسبی برای کشت پایدار گیاه استویا است.

حال از آنجائی‌که منابع آبی با کیفیت مناسب برای آبیاری محصولات در کشور ما ایران محدود است، لذا استفاده از روش‌های کمک کننده، نظیر آبیاری تکمیلی (جهت تامین نیاز آبی گیاه در طول دوره رشد و افزایش عملکرد) امری ضروری است. در این پژوهش، تحقیقاتی بر روی گیاه استویا، تحت تیمارهای (بدون آبیاری تکمیلی، تک آبیاری در زمان گل‌دهی و دو آبیاری در زمان‌های گل‌دهی و دانه‌دهی) و بررسی تیمارهای مختلف بر عملکرد محصول استویا در دو محیط گلخانه و مزرعه تحقیقاتی به انجام رسیده است.

روش پژوهش

این طرح در محیط گلخانه و مزرعه تحقیقاتی گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی (واقع در ۴۷ درجه و ۹ دقیقه طول شرقی و ۳۴ درجه و ۲۱ دقیقه عرض شمالی با ۱۳۱۹/۸ متر ارتفاع از سطح دریا) در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ انجام شد. با نمونه‌گیری از خاک منطقه مورد مطالعه، طبقه‌بندی خاک مزرعه و گلخانه از نظر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی به شرح جداول الف و ب (۱) است. همچنین متوسط آنالیز خصوصیات شیمیائی آب آبیاری مورد استفاده در جدول (۲) آمده است.

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی وشیمیایی خاک منطقه مورد مطالعه

الف) خصوصیات فیزیکی خاک

عمق نمونه‌گیری (سانتیمتر)	بافت خاک	وزن مخصوص ظاهری (gr/cm^3)	Sand (٪)	Silt (٪)	Clay (٪)
۳۰-۰	سیلتی رسی	۱/۳۰	٤/۲	٤٤/۲	٥١/٦
٦٠-۳۰	سیلتی رسی	۱/۳۱	۳/۹	٤٥/٥	٥٠/٦
١٠٠-٦٠	سیلتی رسی	۱/۲۹	۳/۲	٤۳/۱	٥۳/۷

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)	Zn (Meq/l)
۷/۳	۱/۲	۲٦	٤٤۰	۱/۳۸	۷/۸	۱۱/۹	۱/۲٦

[1] Mahajan et al

جدول ۲. خصوصیات شیمیایی آب منطقه مورد مطالعه

شوری آب (ds/m)	TDS (mg/lit)	pH	$CO3^{--}$ (Meq/l)	$HCO3^{-}$ (Meq/l)	CL^{-} (Meq/l)	SO_4^{--} (Meq/l)	مجموع آنیونها	$Mg^{++} + Ca^{++}$ (Meq/l)	Na^{+} (Meq/l)	K^{+} (Meq/l)	مجموع کاتیونها	درصد سدیم محلول	SAR
۱	۶۳۱	۶/۹	۰/۰۱	۶/۲۰	۱/۸	۱/۱۵	۹/۱۶	۸/۱۸	۱/۰۹	۲/۱۵	۱۱/۴۲	۱۱/۷	۰/۵۴

آمار و اطلاعات هواشناسی در طی دوسال تحقیق از ایستگاه هواشناسی واقع در ۱۰۰ متری محل انجام تحقیقات اخذ گردید. ضمنا، در محیط گلخانه برای محاسبه پارامترهای حداکثر و حداقل دما و رطوبت نسبی از سنسورهای داخل گلخانه استفاده شد. آمار استخراج شده از این ایستگاه‌ها جهت برآورد مشخصات آب و هوایی طرح در طول دو سال تحقیق در جداول۳ (الف و ب) آورده شده‌اند.

جدول ۳. الف-میانگین پارامترهای هواشناسی در طی مدت کشت در محیط ایستگاه لایسیمتری (مزرعه)

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

جدول ۳. ب- میانگین پارامترهای هواشناسی در طی مدت کشت در محیط گلخانه

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

در این پژوهش برای بررسی تاثیر آبیاری تکمیلی بر عملکرد محصول استویا سه حالت از آبیاری تکمیلی در نظر گرفته شد. سطوح در نظر گرفته شده شامل بدون آبیاری تکمیلی، تک آبیاری در زمان گل‌دهی و دو آبیاری در زمان‌های دانه‌دهی و گل‌دهی بودند. نیاز آبی با استفاده از داده‌های روزانه استخراج شده توسط داده‌های لایسیمتری کشت گیاه چمن و در نظر گرفتن ضرایب گیاهی معادل ۰/۷۶، 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 (جلیلی و همکاران۲۰۱۹). آزمایش در سه تکرار انجام شده و مجموعا از ۱۸ گلدان در هر محیط به قطر خارجی ۴۰ سانتی‌متر و کاشت ۴ گیاه در هر کدام از گلدان‌ها به انجام رسید. گلدان‌های مورد نظر در ۱ اردیبهشت جهت کشت استویا آماده شدند. در تاریخ ۵ اردیبهشت کود دهی خاک داخل گلدان‌ها بر اساس توصیه کودی انجام شد. مقدار ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل، ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم و ۵ تن در هکتار کود دامی پوسیده برای دوره رشد گیاه در نظر گرفته شد. کودهای مورد نظر قبل از کاشت با خاک مخلوط شدند. بعد از کود پاشی اولیه، خاک سطحی گلدان به هم زده شد تا کود با خاک مخلوط گردد.

کاشت نشاء استویا در این گلدان‌ها در تاریخ ۱۵ اردیبهشت ماه صورت پذیرفت. قبل از اعمال تیمار آبیاری تکمیلی همه گلدان‌ها با آبی با شوری ۱ دسی زیمنس بر مترآبیاری شدند. در مزرعه تحقیقاتی، تیمار آبیاری تکمیلی در زمان گل‌دهی با ظاهر شدن اولین گل در گیاهان کشت شده یعنی حدود ۱۵۸ روز پس از کاشت (۱۹ مهر) در سال اول انجام شد. در سال دوم نیز درحدود ۴۶۲ روز (۱۹ مرداد) از مرحله کاشت، تیمار دو بار

آبیاری تکمیلی در زمان گل‌دهی و دانه‌دهی یعنی در حدود ۱۵۹ روز (۲۰ مهر) پس از کاشت و دومین آبیاری تکمیلی در زمان دانه‌دهی با تبدیل شدن اولین گل به بذر گیاه استویا یعنی حدود ۱۹۱ روز (۲۲ آبان) پس از کاشت به انجام رسید. در سال دوم انجام آزمایش تیمار دو بار آبیاری تکمیلی در زمان گل‌دهی و دانه‌دهی در حدود ۴۶۴ روز (۲۱ مرداد) پس از کاشت و دومین آبیاری تکمیلی در زمان دانه‌دهی با تبدیل شدن اولین گل در گیاهان کشت شده به بذر گیاه استویا یعنی حدود ۴۸۶ روز (۱۲ شهریور) پس از کاشت اعمال گردید.

همچنین در سال اول در گلخانه تیمار آبیاری تکمیلی در زمان گل‌دهی در حدود ۱۵۴ روز پس از کاشت (۱۵ مهر) و در حدود ۴۵۸ روز (۱۵ مرداد) در سال دوم انجام آزمایش به انجام رسید. ضمنا تیمار دو بار آبیاری تکمیلی در زمان گل‌دهی و دانه‌دهی که در آن در حدود ۱۵۴ روز (۱۵ مهر) پس از کاشت به انجام رسید. دومین آبیاری تکمیلی در زمان دانه‌دهی با تبدیل شدن اولین گل در گیاهان کشت شده به بذر گیاه استویا یعنی حدود ۱۸۴ روز (۱۵ آبان) پس از کاشت در سال اول و تیمار دو بار آبیاری تکمیلی در زمان گل‌دهی و دانه‌دهی که در حدود ۴۵۸ روز (۱۵ مرداد) پس از کاشت و دومین آبیاری تکمیلی در زمان دانه‌دهی در حدود ۴۸۳ روز (۹ شهریور) پس از کاشت در سال دوم انجام آزمایش اعمال گردید. کل مقدار آب مصرفی توسط گیاهان در طول دوره اعمال تیمار عبارت بود از مجموع آب آبیاری سطحی و آب باران (که در گلخانه صفر است). برای اندازه‌گیری قند و سایر شاخص‌های گیاهی، برگ‌ها و سایر پارامترهای گیاه استویا در سال اول و دوم کشت به ترتیب در تاریخ‌های ۱۶ مهر سال ۱۳۹۵ و ۳۰ مهر سال ۱۳۹۶ برداشت شدند. برداشت محصول به صورت دستی انجام گرفت.

شاخص‌های اندازه‌گیری شده

شاخص‌های گیاهی اندازه‌گیری شده در این تحقیق شامل طول ریشه، وزن برگ (مقدار کل برگ برداشت شده برای هر تیمار)، ارتفاع بوته (طول قسمت هوایی گیاه از سطح خاک تا انتهای بلندترین برگ روییده)، وزن ۱۰۰ عدد برگ،تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد برگ در یک بوته و قند گیاه استویا بودند. برای اندازه‌گیری قند گیاه استویا که به صورت قند محلول است از روش فنل – اسید سولفوریک با کمی تغییر استفاده شد (نیلسن ، ۲۰۱۷). نمونه‌های برگی 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.

تعیین کار آئی مصرف آب بر اساس عملکرد برگ و قند تولیدی

در این تحقیق کارآیی مصرف آب بر اساس عملکرد برگ و قند تولیدی درهر تیمار به ترتیب با تقسیم هرکدام از عملکردهای ذکر شده بر میزان آب مصرفی در هکتار تعیین گردید.

یافته‌ها

کارایی مصرف آب در تیمار آبیاری تکمیلی

کل آب مورد نیاز در طول دوره رشد گیاه استویا برای همه تیمارها در سال اول و دوم کشت در محیط گلخانه به ترتیب شامل صفر میلی متر بارندگی و ۲۰۲۳/۷ و ۱۷۴۷/۵میلی متر نیاز آبی بود. در محیط مزرعه تحقیقاتی نیز به ترتیب شامل ۲۶۷/۴ و ۱۵۵/۴ میلیمتر بارندگی و ۱۸۲۴/۴ و ۱۶۸۵/۵ میلیمتر نیاز آبی بود. نتایج عملکرد برگ و قند وکارایی مصرف آب (بر اساس عملکرد برگ و قند) برای سطوح مختلف اعمال تیمار (بدون آبیاری تکمیلی، تک آبیاری در زمان گل‌دهی، دو آبیاری در زمان گل‌دهی و دانه‌دهی) بر اساس آزمون دانکن در جدول (۴) آمده است. متوسط نتایج دو ساله طرح نشان می‌دهد که بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد برگ در محیط گلخانه و مزرعه تحقیقاتی به ترتیب (۳۶۷/۸ ۲۶۰/۸) و (۳۳۷/۲ و ۲۳۵/۴) کیلوگرم بر هکتار و عملکرد قند در محیط گلخانه و مزرعه تحقیقاتی به ترتیب (۸۱/۳ و ۴۱/۹) و (۷۰/۲ و ۳۰/۸) و کیلوگرم بر هکتار به ترتیب برای تیمارهای دو آبیاری در زمان گل‌دهی و دانه‌دهی و بدون آبیاری تکمیلی بودند. با توجه به دو سال کشت استویا بیش‌ترین وکم‌ترین کارایی مصرف آب در محیط گلخانه و مزرعه تحقیقاتی برای تیمارهای دو آبیاری در زمان گل‌دهی و دانه‌دهی و بدون آبیاری تکمیلی بر اساس عملکرد برگ (۰/۹۸ و ۰/۶۹) و (۰/۹۶ و ۰/۶۷) و عملکرد قند به ترتیب (۰/۶۵ و ۰/۳۳) و (۰/۶۰ و ۰/۲۶) کیلوگرم بر هکتار بر میلیمتر ، بدست آمد (جدول ۴) .

در این تحقیق، اعمال تیمارهای مختلف بر روی کارایی مصرف آب در سطح احتمال ($P < ۰/۰۱$) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بدست آمده، دلالت بر تفاوتهای معنی داری در بین تیمارهای اعمال شده داشت. با توجه به نتایج بدست آمده کم‌ترین کارایی مصرف آب بر اساس عملکرد

برگ و قند مربوط به تیماری بدون آبیاری تکمیلی بود. این امر منجر به کاهش مصرف آب سطحی توسط گیاه بدون اثر افزایش در عملکرد برگ و قند گردیده است. بنابراین کارایی مصرف آب بر اساس عملکرد برگ و قند کاهش پیدا کرده است. نتایج بدست آمده نشانگر آن است که تیمار با دو آبیاری تکمیلی در زمان گل‌دهی و دانه‌دهی دارای بیش‌ترین کارایی مصرف آب از لحاظ عملکرد برگ و قند نسبت به سایر تیمارها بوده است.

نتایج بدست آمده در گلخانه نشان می‌دهند که تیمار تک آبیاری در زمان گل‌دهی و تیمار بدون آبیاری تکمیلی نسبت به تیمار دو آبیاری در زمان گل‌دهی و دانه‌دهی (تیمار شاهد) به ترتیب باعث کاهشی به میزان (۲۰/۹ و ۳۳/۶) درصد و (۲۹/۳ و ۴۸/۵) درصد در مقدار عملکرد برگ و قند گردیده اند. در محیط مزرعه تحقیقاتی نیز نتایج نشانگر آن است که تیمار تک آبیاری در زمان گل‌دهی و تیمار بدون آبیاری تکمیلی نسبت به تیمار دو آبیاری در زمان گل‌دهی و دانه‌دهی (تیمار شاهد) به ترتیب باعث کاهشی به میزان (۲۲/۹ و ۳۶/۸) درصد و (۳۰/۲ و ۵۶/۲) درصد در مقدار عملکرد برگ و قند شده اند.

جدول ٤. تاثیر تیمارهای آزمایش بر روی عملکرد برگ و قند و کارایی مصرف آب

محیط کشت	سال	تیمار	عملکرد برگ (Kg/ha)	عملکرد قند (Kg/ha)	کل آب مصرفی (mm)	کارایی مصرف آب بر اساس عملکرد برگ (Kg/ha/mm)	کارایی مصرف آب بر اساس عملکرد قند (Kg/ha/mm)
گلخانه	۱۳۹۵	دو آبیاری در زمان گل‌دهی و دانه‌دهی	۳۵۱/۲**ab**	۷۳/۸**b**	۲۰۲۳/۷	۰/۹۳**ab**	۰/۵۹**b**
		یک آبیاری در زمان گل‌دهی	۲۷۶/٦**bc**	٤۹/۸**c**		۰/۷۳**c**	۰/٤۰**c**
		بدون آبیاری تکمیلی	۲٤۲/٤**d**	۳٦/٤**d**		۰/٦٤**d**	۰/۲۹**e**
	۱۳۹٦	دو آبیاری در زمان گل‌دهی و دانه‌دهی	۳۸٤/٤**a**	۸۸/۹**a**	۱۷٤۷/۵	۱/۰۳**a**	۰/۷۱**a**
		یک آبیاری در زمان گل‌دهی	۳۰٦/۵**b**	۵۸/۲**bc**		۰/۸۱**b**	۰/٤٦**bc**
		بدون آبیاری تکمیلی	۲۷۹/۲**c**	٤۷/۵**cd**		۰/۷٤**cd**	۰/۳۸**d**
مزرعه	۱۳۹۵	دو آبیاری در زمان گل‌دهی و دانه‌دهی	۳۱۹/۰**b**	٦۲/۲**ab**	۱۸۲٤/٤	۰/۹۱**ab**	۰/۵۳**ab**
		یک آبیاری در زمان گل‌دهی	۲٤۲/۵**c**	۳۸/۸**bc**		۰/٦۹**c**	۰/۳۳**bc**
		بدون آبیاری تکمیلی	۲۱٦/۸**d**	۲٦/۱**d**		۰/٦۲**d**	۰/۲۲**d**
	۱۳۹٦	دو آبیاری در زمان گل‌دهی و دانه‌دهی	۳۵۵/۵**a**	۷۸/۲**a**	۱٦۸۵/۵	۱/۰۱**a**	۰/٦۷**a**
		یک آبیاری در زمان گل‌دهی	۲۷۷/۸**bc**	۵۰/۱**b**		۰/۷۹**b**	۰/٤۳**b**
		بدون آبیاری تکمیلی	۲۵٤/۱**cd**	۳۵/٦**c**		۰/۷۲**cd**	۰/۳۰**c**

اجزای عملکرد استویا در تیمار آبیاری تکمیلی

برای سطوح مختلف تیمارهای آبیاری در نظر گرفته شده، همه پارامترهای اصلی گیاه استویا در پایان فصل رشد اندازه‌گیری شد و توسط آزمون دانکن مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت که نتایج در جدول (۵) آمده است. نتایج این تحقیق برای تاثیر سطوح مختلف تیمارهای 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 شاخه‌های فرعی مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به نتایج مندرج در جدول (۵) اثر سطوح مختلف تیمارهای آبیاری بر روی طول ریشه گیاه در سطح ۱٪ اثر معنی دار بوده است. نتایج دو ساله طرح در جدول (۵) نشانگر آن است که بیش‌ترین وکم‌ترین متوسط طول ریشه مربوط به تیمارهای دو آبیاری در زمان گل‌دهی و دانه‌دهی و بدون آبیاری تکمیلی است که در محیط گلخانه و مزرعه تحقیقاتی به ترتیب برابر با (۱۴۰ و ۱۰۳/۵) و (۱۳۲ و ۹۴/۵) سانتیمتر است. با توجه به نتایج دو ساله مندرج در جدول (۵)، اثر سطوح مختلف تیمارهای آبیاری بر روی ارتفاع بوته در سطح ۱٪ اثر معنی داری داشته است. به طور متوسط و در طی دو سال کشت استویا بیش‌ترین وکم‌ترین متوسط ارتفاع گیاه مربوط به تیمار دو

آبیاری در زمان گل‌دهی و دانه‌دهی و بدون آبیاری تکمیلی بوده که در محیط گلخانه و مزرعه تحقیقاتی به ترتیب برابر (۱۱۳ و ۶۵/۵) و (۱۰۲/۵ و ۵۶) سانتیمتر بدست آمده است.

نتایج مندرج در جدول (۵) همچنین نشاندهنده آن است که اثر سطوح مختلف تیمارهای آبیاری بر روی وزن ۱۰۰ عدد برگ برداشتی از گیاه در سطح ۱٪ معنی‌دار بوده است. اندازه‌گیری‌ها در طول دو سال کشت نشان می‌دهند که کم‌ترین و بیش‌ترین وزن ۱۰۰ عدد برگ برداشتی مربوط به تیمارهای بدون آبیاری تکمیلی و دو آبیاری در زمان گل‌دهی و دانه‌دهی است که در محیط گلخانه و مزرعه تحقیقاتی به ترتیب برابر (۱۸۳/۹ و ۱۳۲/۹) و (۱۶۸/۶ و ۱۱۷/۷) گرم بوده است. ضمنا اثر سطوح مختلف آبیاری بر روی تعداد برگ‌ها در یک بوته نیز در سطح ۱٪ معنی دار بوده است. با توجه به داده‌های دو ساله بیش‌ترین وکم‌ترین تعداد برگ‌ها در یک بوته مربوط به تیمارهای دو آبیاری در زمان گل‌دهی و دانه‌دهی و بدون آبیاری تکمیلی است که در گلخانه و مزرعه تحقیقاتی به ترتیب برابر با (۵۹ و ۳۹/۵) و (۴۷ و ۳۲/۵) بدست آمده است. با توجه به داده‌های دو ساله بیش‌ترین وکم‌ترین تعداد شاخه‌های فرعی در یک بوته نیز مربوط به تیمارهای دو آبیاری در زمان گل‌دهی و دانه‌دهی و بدون آبیاری تکمیلی است که در محیط گلخانه و مزرعه تحقیقاتی به ترتیب برابر با (۱۶ و ۱۰) و (۱۱ و ۶/۵) است.

جدول ۵. تاثیر تیمارهای مختلف بر روی پارامترهای گیاهی

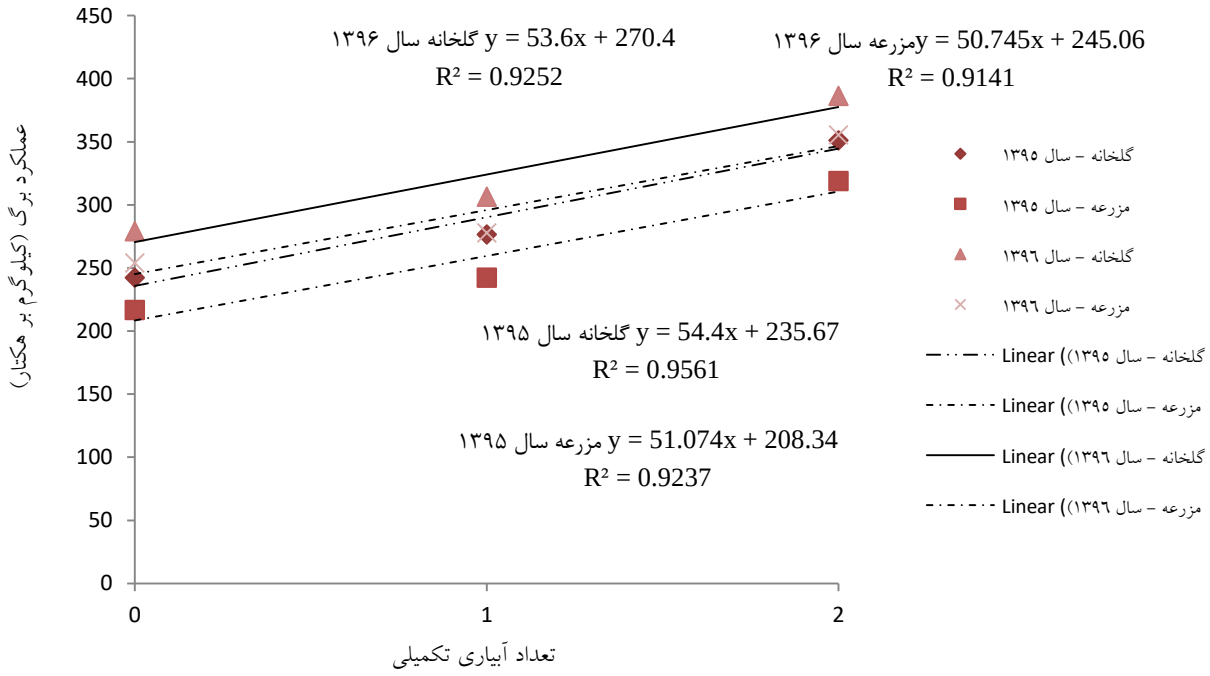
محیط کشت	سال	تیمار	طول ریشه (cm)	ارتفاع بوته (cm)	وزن ۱۰۰ برگ (gram)	تعداد شاخه‌های فرعی	تعداد برگ‌ها در یک بوته
گلخانه	۱۳۹۵	دو آبیاری در زمان گل‌دهی و دانه‌دهی	۱۳۷ **ab**	۱۰۱ **b**	۱۷۲/۵ **b**	۱۵ **ab**	۵۳ **ab**
		یک آبیاری در زمان گل‌دهی	۱۱۷ **c**	۷۲ **c**	۱۴۰/۲ **c**	۱۲ **c**	۴۲ **c**
		بدون آبیاری تکمیلی	۹۵ **d**	۶۱ **e**	۱۲۳/۵ **e**	۹ **d**	۳۶ **e**
	۱۳۹۶	دو آبیاری در زمان گل‌دهی و دانه‌دهی	۱۴۳ **a**	۱۲۵ **a**	۱۹۵/۲ **a**	۱۷ **a**	۶۵ **a**
		یک آبیاری در زمان گل‌دهی	۱۳۲ **b**	۹۶ **bc**	۱۵۳/۶ **bc**	۱۴ **b**	۵۱ **b**
		بدون آبیاری تکمیلی	۱۱۲ **cd**	۷۰ **d**	۱۴۲/۳ **d**	۱۱ **cd**	۴۳ **d**
مزرعه	۱۳۹۵	دو آبیاری در زمان گل‌دهی و دانه‌دهی	۱۲۹ **ab**	۹۰ **ab**	۱۵۹/۵ **ab**	۱۰ **ab**	۴۲ **b**
		یک آبیاری در زمان گل‌دهی	۱۰۳ **c**	۶۳ **c**	۱۲۱/۲ **c**	۹ **b**	۳۳ **c**
		بدون آبیاری تکمیلی	۸۹ **e**	۴۹ **d**	۱۰۸/۴ **d**	۷ **c**	۲۶ **d**
	۱۳۹۶	دو آبیاری در زمان گل‌دهی و دانه‌دهی	۱۳۵ **a**	۱۱۵ **a**	۱۷۷/۸ **a**	۱۲ **a**	۵۲ **a**
		یک آبیاری در زمان گل‌دهی	۱۲۵ **b**	۹۰ **b**	۱۳۸/۹ **b**	۱۰ **ab**	۴۵ **ab**
		بدون آبیاری تکمیلی	۱۰۰ **de**	۶۳ **c**	۱۲۷/۰ **cd**	۶ **bc**	۳۹ **bc**

آستانه تحمل گیاه استویا در آبیاری تکمیلی

برای بدست آوردن آستانه تحمل گیاه استویا به تیمارهای آبیاری تکمیلی (بدون آبیاری تکمیلی، تک آبیاری در زمان گل‌دهی، دو آبیاری در زمان گل‌دهی و دانه‌دهی) ابتدا درصد عملکرد برگ و قند را در تیمارهای مورد بررسی در این پژوهش نسبت به تیمار شاهد (تیماری با دو آبیاری تکمیلی در زمان گل‌دهی و دانه‌دهی) اندازه‌گیری و محاسبه شد. نتایج این مقایسات در جدول (۶) ارائه شده است. با توجه به نتایج بدست آمده در جدول (۶) و شکل ۱ داده‌های حاصل از دو سال تحقیق بیش‌ترین وکم‌ترین درصد عملکرد برگ در محیط گلخانه و مزرعه تحقیقاتی نسبت به تیمار شاهد به ترتیب (۵۴/۴ و ۵۱/۱) و (۵۳/۶ و ۵۰/۸) است که متعلق به تیمارهایی با دو آبیاری در زمان گل‌دهی و دانه‌دهی و بدون آبیاری تکمیلی است.

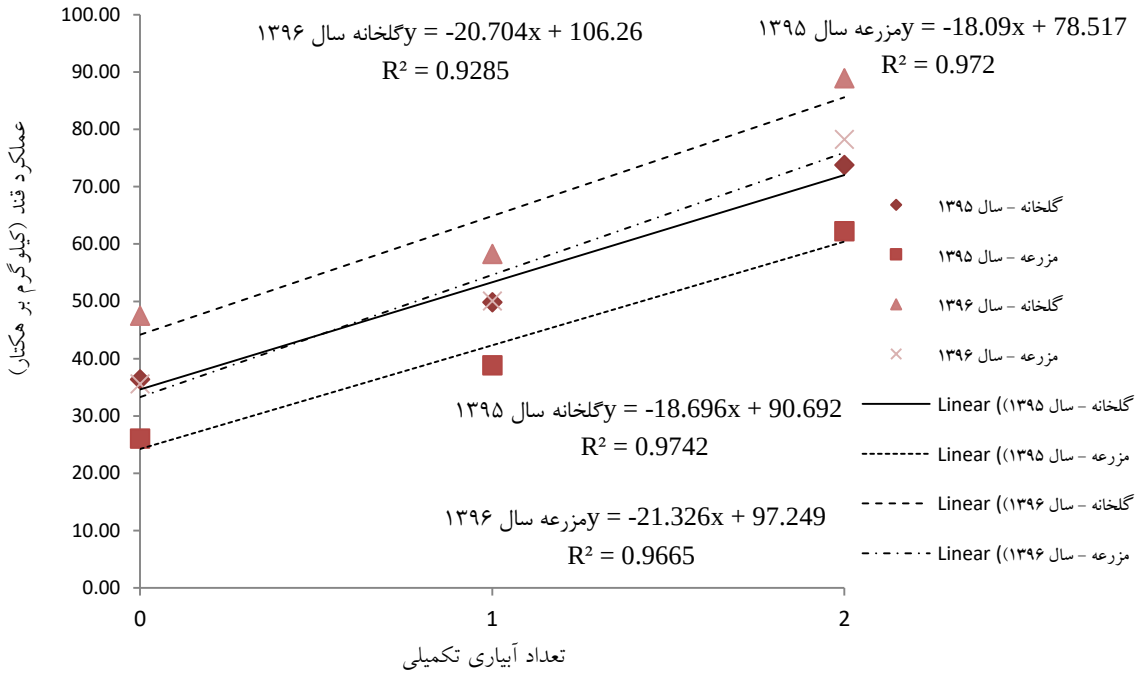
جدول ٦. درصد عملکرد برگ و قند نسبت به تیمار شاهد

محیط کشت	سال	تیمار	عملکرد برگ (Kg/ha)	درصد عملکرد برگ نسبت به تیمار شاهد (%)	عملکرد قند (Kg/ha)	درصد عملکرد قند نسبت به تیمار شاهد (%)
گلخانه	۱۳۹۵	دو آبیاری در زمان گل‌دهی و دانه‌دهی	۳۵۱/۲	۱۰۰	۷۳/۸	۱۰۰
		یک آبیاری در زمان گل‌دهی	۲۷٦/٦	۷۸/۸	٤۹/۸	٦۷/٥
		بدون آبیاری تکمیلی	۲٤۲/٤	٦۹/۱	۳٦/٤	٤۹/۳
	۱۳۹٦	دو آبیاری در زمان گل‌دهی و دانه‌دهی	۳۸٤/٤	۱۰۰	۸۸/۹	۱۰۰
		یک آبیاری در زمان گل‌دهی	۳۰٦/٥	۷۹/۳	٥۸/۲	٦٥/٥
		بدون آبیاری تکمیلی	۲۷۹/۲	۷۲/۳	٤۷/٥	٥۳/٤
مزرعه	۱۳۹٥	دو آبیاری در زمان گل‌دهی و دانه‌دهی	۳۱۹/۰	۱۰۰	٦۲/۲	۱۰۰
		یک آبیاری در زمان گل‌دهی	۲٤۲/٥	۷٦/۱	۳۸/۸	٦۲/٤
		بدون آبیاری تکمیلی	۲۱٦/۸	٦۸/۰	۲٦/۱	٤۱/۹
	۱۳۹٦	دو آبیاری در زمان گل‌دهی و دانه‌دهی	۳٥٥/٥	۱۰۰	۷۸/۲	۱۰۰
		یک آبیاری در زمان گل‌دهی	۲۷۷/۸	۷۸/۲	٥۰/۱	٦٤/۰
		بدون آبیاری تکمیلی	۲٥٤/۱	۷۱/٥	۳٥/٦	٤٥/٥



شکل ۱. ارتباط بین عملکرد برگ و تیمار آبیاری تکمیلی در محیط گلخانه و مزرعه تحقیقاتی

با توجه به شکل (۲) آستانه تحمل گیاه استویا به آبیاری تکمیلی یا عدم آبیاری تکمیلی برای جلوگیری از کاهش عملکرد قند در محیط گلخانه و مزرعه تحقیقاتی به ترتیب حدود (۱۸/۷ و ۱۸/۱) و (۲۰/۷ و ۲۱/۴) برابرآبیاری تکمیلی در سال اول و دوم کشت است.



شکل ۲. ارتباط بین عملکرد قند و تیمار آبیاری تکمیلی در محیط گلخانه و مزرعه تحقیقاتی

بررسی‌های مختلف نشانگر آن است که در مطالعه بنهمیموو همکاران (۲۰۱۷) نیز عملکرد برگ خشک برابر ۲۴,۷۹، ۲۰,۳۶، و ۱۱,۴۴ گرم در هر بوته گیاه در سطوح آبیاری ۱۰۰٪، ۸۰٪ و ۵۰٪ بوده‌است، یعنی عملکرد برگ خشک با کاهش آبیاری کاهش پیدا نموده‌است. ضمنا عملکرد برگ در تحقیقات پاریس و همکاران[1](۲۰۱۶) نسبت به تیمارهای بیشتری از آبیاری بررسی شده است که موید نتایج مطالعه کنونی است. در آن مطالعه عملکرد خشک برگ در سطوح آبیاری ۱۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰ کیلوپاسکال گیاه استویا اندازه‌گیری شد که به ترتیب برابر ۵,۶۸، ۵,۲۵، ۴,۶۳، ۴,۷۶ و ۴,۲۵ تن در هکتار گزارش شده‌است. در این مطالعه به غیر از تیمار ۶۰ کیلوپاسکال مکش آبیاری که نشان دهنده مقدار کمی افزایش در عملکرد برگ خشک بوده‌است بقیه نتایج نمایانگر رابطه مستقیم میزان آبیاری و عملکرد برگ خشک بوده که تایید کننده نتایج این پژوهش است. همچنین بر اساس نتایج ارائه شده توسط پاریس و همکاران (۲۰۱۷)، رابطه بین میزان کل گلیکوزید استویول با سطوح مختلف آبیاری نیز مستقیم است. به طوری‌که در تیمارهای آبیاری ۱۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰ کیلوپاسکال، مقدار آن به ترتیب برابر با ۸۹۸، ۸۵۵، ۷۰۰، ۶۳۴ و ۵۷۹ کیلوگرم در هکتار گزارش شده‌است که هماهنگ و موید نتایج تحقیق بدست آمده در این تحقیق است.

ضمنا نتایج تحقیق قمرنیا و همکاران (۱۳۹۹) نشان داده است که سطوح مختلف کم‌آبیاری۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ در صد بر روی کارآیی مصرف آب تفاوت معنی داری در سطح یک در صد داشته است. بطوری‌که سطوح آبیاری ۴۰ و ۱۰۰ در صد به ترتیب دارای کم‌ترین و بیش‌ترین کارآیی مصرف آب از لحاظ عملکرد برگ و قند نسبت به سایر تیمارها بوده‌اند. همچنین نتایج منتشر شده آن‌ها نشانگر آن است که تمامی پارامترهای مختلف گیاه استویا با افزایش درصد کم آبیاری به صورت معنی داری کاهش پیدا نموده‌اند.

[1] Parris et al

نتایج تحقیقات کریمی و همکاران(۲۰۱۵) در رابطه با اثرات تنش خشکی بر روی گیاه استویا نشانگر این موضوع بود که کاهش آب خاک به میزان ۶۰ در صد ظرفیت زراعی بر روی رشد گیاه و وزن خشک برگ استویا آنچنان اثرات منفی معنی داری نداشته است. اما کاهش چشم‌گیری بر روی پارامترهای ذکر شده در ۴۵ درصد سطح رطوبت زراعی نمایان گردید.

بحث

ایران با متوسط ریزش‌های آسمانی ۲۲۰ میلیمتر در سال، در زمره مناطق خشک و نیمه خشک جهان طبقه بندی 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 روش‌های کمک کننده نظیر آبیاری تکمیلی (جهت تامین نیاز آبی گیاه در طول دوره رشد و افزایش عملکرد) امری ضروری است. گیاه استویا به عنوان 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 به صورت انبوه کشت می‌شود. گلیکوزیدهای دیترپنی موجود در این گیاه (عامل اصلی ایجاد طعم بسیار شیرین در عصاره‌های گیاه) تا ۳۰۰ برابر شیرین تر از شکر می‌باشند که در صنایع دارویی و غذایی کاربرد دارند. پژوهش حاضر به منظور بررسی تاثیر آبیاری تکمیلی بر عملکرد محصول استویا در مزرعه تحقیقاتی و محیط گلخانه صورت گرفت. برای نیل به این هدف، آزمایش در حالت‌های بدون آبیاری تکمیلی، تک آبیاری در زمان گل‌دهی و دو آبیاری در زمان‌های گل‌دهی و دانه‌دهی انجام پذیرفت.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش بیانگر آن است که آبیاری تکمیلی نقش موثری در افزایش میزان عملکرد برگ و قند گیاه استویا دارد. در بین تیمارهای مختلفی که برای آبیاری تکمیلی در نظر گرفته شد، دو آبیاری تکمیلی در زمان گل‌دهی و دانه‌دهی گیاه دارای بهترین نتایج عملکرد بوده است که بیانگر نیاز آبی بیشتر گیاه با توجه به خصوصیات فیزیولوژیکی آن در زمان گل‌دهی و دانه‌دهی است. این میزان حدود ۵۳/۶ درصد افزایش عملکرد برگ و قند در محیط مزرعه و ۵۴/۴ درصد افزایش عملکرد در محیط گلخانه نسبت به تیمار شاهد داشت. برآیند آزمایشات نشان داد که آستانه تحمل استویا نسبت به آبیاری تکمیلی و یا عدم آن برای جلوگیری از کاهش عملکرد قند در محیط گلخانه مزرعه و تحقیقاتی و به ترتیب حدود (۲۰/۷ و ۲۱/۴) و (۱۸/۷ و ۱۸/۱) برابر آبیاری تکمیلی در سال اول و دوم کشت می‌باشد.

در این تحقیق همچنین اثر تیمارهای مختلف آبیاری بیان شده، بر روی خصوصیات مورفولوزیک گیاه استویا نیز ارزیابی شد و مشخص گردید که سطوح مختلف آبیاری تاثیر معنی داری بر روی این خصوصیات داشته است. یافته‌ها حاکی از آن بود که تیمار دو آبیاری در زمان گل‌دهی و دانه‌دهی گیاه موثرترین نتیجه در افزایش طول ریشه، ارتفاع گیاه، وزن برگ، تعداد شاخه‌های فرعی و تعداد برگ را داشته است. به عنوان مثال طول ریشه در تیمار دو آبیاری تکمیلی در محیط مزرعه ۱۳۲ سانتیمتر است، در حالیکه بدون آبیاری تکمیلی فقط ۹۴/۵ سانتیمتر بوده است. همچنین تعداد برگ در یک بوته استویا در تیمار دو آبیاری تکمیلی ۴۷ عدد در مقابل ۳۲/۵ عدد در حالت بدون آبیاری تکمیلی به‌دست آمده است. این بدین معنی است که آبیاری تکمیلی نقش به سزائی در توسعه و تکمیل رشد قسمت‌های مختلف اندام‌های گیاه استویا داشته است. با توجه به نتایج به‌دست آمده در این تحقیق برای گیاه استویا، دو آبیاری تکمیلی در زمان گل‌دهی و دانه‌دهی برای افزایش کلیه عملکردها توصیه می‌شود.

منابع

آذرپور، ابراهیم.، معتمد، محمدکریم.، و بزرگی، حمیدرضا. (۱۳۹۲). زراعت و ترویج استویا (گیاهشناسی، کاشت، داشت، برداشت، شیمی، صنعت و فرآوری). تالیف دانشگاه آزاد اسلامی لاهیجان.

جلیلی، زهرا.، قمرنیا، هوشنگ.، و کهریزی، دانیال. (۱۳۹۷). بررسی تاثیر آب زیرزمینی کم عمق و شور بر عملکرد گیاه استویا. مجله مدیریت آب و آبیاری، ۸(۲)، ۱۹۳-۲۰۹. https://dx.doi.org/10.22059/jwim.2018.264526.630

جلیلی، زهرا.، قمرنیا، هوشنگ.، و کهریزی، دانیال. (۱۳۹۸). براورد آب مورد نیاز و ضرایب‌گیاهی استویا (Stevia rebaudiana Bertoni) در اقلیم نیمه‌خشک در شرایط لایسیمتری. مجله علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی)، ۲۳(۳)، ۵۲-۳۷. http://dorl.net/dor/20.1001.1.24763594.1398.23.3.1.1

خیرابی، جمشید.، توکلی، علیرضا.، انتصاری، محمدرضا.، و سلامت، علیرضا. (۱۳۹۶). معرفی جهات نظری و کاربردی روش پنمن مانتیث و ارائه تبخیر تعرق مرجع استاندارد برای ایران. گروه کار آب مورد نیاز گیاهان و مدیریت محصولات زراعی، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ۱۶-۷۶. https://www.sid.ir/paper/448553/fa

قمرنیا، هوشنگ.، جلیلی، ز.، و رضوانی، سید وحیدالدین. (۱۳۹۹). بررسی سطوح مختلف کم‌آبیاری بر عملکرد و کارایی مصرف آب گیاه استویا (Stevia rebaudiana Bertoni) در محیط‌های گلخانه و مزرعه. مجله تحقیقات آب و خاک ایران، ۵۱(۱۲)، ۳۱۱۵-۳۱۲۵. https://dx.doi.org/10.22059/ijswr.2020.308735.668716

References

Alizadeh, M., Azizi-Lalabadi, M., Ansari, H., & Kheirouri, S. (2014). Effect of stevia as a substitute for sugar on physicochemical and sensory properties of fruit-based milk shake. Journal of Research and Reports, 3(11), 1421-1429. https://doi.org/10.9734/JSRR/2014/8623

Aslan, G.E., Karaca, C., Kurunc, A., & Kaman, H.(2017). Effects on water stress on daily stomatal conductivity of Stevia rebaudiana. International Journal of Plant & Soil Science, 19(4),1-8. https://doi.org/10.9734/IJPSS/2017/36999

Azarpour, I., Motamed, M.K., & Bozorgi, H.R. (2018). Cultivation and promotion of stevia (botany, planting, holding, harvesting, chemistry, industry and processing). Compiled by Lahijan Islamic Azad University. [Persian]

Benhmimou, A., Mohammed, I., Chaouki, A.F., Ahmed, D., Abdelkarim, K., Fatima, Z.A., & Mounira, L. (2017). Productivity of new sweet plant in Morocco (Stevia rebaudiana Bertoni) under water stress. Journal of medical plants studies, 5(5), 126-131. https://www.plantsjournal.com/archives/2017/vol5issue5/PartB/5-4-51-121.pdf

Jalili, Z., Ghamarnia, H., Kahrizy, D. (2018). Investigating on the effect of shallow saline groundwater on the Stevia yield. Water and Irrigation Management, 8(2), 193-209. https://dx.doi.org/10.22059/jwim.2018.264526.630 [Persian]

Jalili. Z., Ghamarnia.H., & Kahrizy, D. (2019). Estimation of water requirements and plant coefficients of stevia in semi-arid climate and lysimetric conditions. Journal of Soil and Water Sciences (Agricultural Science and Technology and Natural Resources), 23(3), 37-52. http://dorl.net/dor/20.1001.1.24763594.1398.23.3.1.1 [Persian]

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/10.1016/j.sajb.2018.11.028

Kheirabi, J., Tavakoli, A., Entesari, M.R., & Salamat, A. (2017). Introduction of theoretical and practical aspects of Penman-Montith method and presentation of standard reference transpiration evaporation for Iran. Working group on water requirements for plants and crop management. National Committee for Irrigation and Drainage of Iran, 16-76. https://www.sid.ir/paper/448553 [Persian]

Mahajan, M., Babit, K., Thakur, P., & Kumar, P. (2021). Moisture stress and nitrogen availability modulate the secondary metabolite profiles, enzymatic activity, and physiological and agronomic traits of Stevia rebaudiana. Journal of Plant Physiology and Biochemistry, 1(62). 56-68. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2021.02.018

Nielsen, S. (2017). Total Carbohydrate by Phenol- Sulfuric Acid Method. In Food Analysis Laboratory Manual, 137-141. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-44127-6_14

Parris, C.A, Shock, C.C., & Qian, M. (2016). Dry Leaf and Steviol Glycoside Productivity of Stevia rebaudiana in the Western United States. The American Society for Horticultural Science, 51(10), 1220-1227. https://doi.org/10.21273/HORTSCI11149-16

Parris, C.A., Shock, C.C., & Qian, M. (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

Ghamarnia, H., Jalili. Z., & Rezvani, S.V. (2020). Investigation of different levels of low irrigation on the yield and water use efficiency of stevia, in greenhouses and farms. Iranian Journal of Soil and Water Research, 51(12), 3115-3125. https://dx.doi.org/10.22059/ijswr.2020.308735.668716 [Persian]