

Research Paper

The Effect of Different Harvesting Seasons and Amounts of Irrigation and Superabsorbent on Aloe Vera Yield and Yield Components in Omidiyeh City

Hossein Hamidi¹, Saeid Boroomand Nasab^{2*}, Abd Ali Naseri³ Moahammad Albaji⁴ Moosa Mekarbashee⁵

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

² Professor, Irrigation and Drainage Dept., Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran. Email: a.a.naseri@scu.ac.ir

³ Professor, Irrigation and Drainage Dept., Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran. Email: s.boroomandnasab@scu.ac.ir

⁴Associate Professor, Irrigation and Drainage Dept., Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran. Email: m.albaji@scu.ac.ir

⁵Professor, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran. Email: m. meskarbashi@scu.ac.ir



[10.22125/IWE.2022.361323.1671](https://doi.org/10.22125/IWE.2022.361323.1671)

Received:
November 19, 2022
Accepted:
January 25, 2023
Available online:
October 3, 2023

Keywords:
Dehydration, Deficit irrigation, Gel weight, Water stress, Yellow patience.

Abstract

Aloe vera L. is one of the medicinal and perennial plants, which is cultivated in arid and semi-arid regions. Although this plant is relatively resistant to lack of irrigation, but in the conditions of commercial cultivation, it is necessary to pay attention to the supply of irrigation water during the growing season. Due to that, the present study was conducted in order to investigate the effect of the amount of irrigation water (I1: 50, I2: 75 and I3: 100% of water requirement) and Trava 2020 superabsorbent (A1: zero, A2: 5 and A3: 10 grams per kilogram soil) on the yield and yield components of Aloe vera. These treatments were applied in three replications and the crop was harvested in two times include: autumn 2020 and spring 2021. The experiment was carried out in a research farm in Omidiyeh city with longitude 30°37' and latitude 49°49'. Leaf length, leaf width, leaf weight, number of leaves and number of offsets in the second harvest were 26.8%, 25.1%, 25.5%, 27.0%, 24.1% and 17.5% more than the first harvest. Increasing the consumption of superabsorbent caused an increase in leaf length. The difference between the leaf length in two treatments A3 and A2 was about 3.4% and between two treatments A3 and A1 was about 6.9%. With the increase of superabsorbent consumption, the leaf width increased so that its value reached from 79 mm in A1 treatment to 83 mm in A3 treatment. The highest leaf weight was observed in treatment I3, which was 6% and 22.4% higher than treatments I1 and I2, respectively. The highest gel weight with an average of 117.6 grams was observed in I3 irrigation treatment, which increased by 15.3% and 35.8%, respectively, compared to I1 and I2 treatments. The highest number of leaves was observed in treatment I3 (with an average of 7.4) and the lowest number of leaves was observed in treatment I1 (with an average of 1.5). According to all the results, the

* **Corresponding Author:** Name

Address: Department, University, Country,

Email: Academic Email

Tel: Number

Y2I3A2 treatment had more gel weight and yield than the other treatments, but the Y1I1A3 treatment produced more offsets. Therefore, if yield is important for farmers, Y2I3A2 is recommended. In case of reproduction of this crop, Y1I1A3 treatment is recommended.

1. Introduction

Aloe vera L. is one of the medicinal and perennial plants, which is cultivated in arid and semi-arid regions. Although this plant is relatively resistant to lack of irrigation, but in the conditions of commercial cultivation, it is necessary to pay attention to the supply of irrigation water during the growing season. Cultivation of Aloe vera as a medicinal in Khuzestan province, Iran, has received less attention than other southern provinces. But due to its high economic value and water shortage problems of Khuzestan province in recent years, its development has been considered. Therefore, accurate data for reaction of this crop to different amounts of irrigation water along with super absorbents can be of great help in this matter. Therefore, the purpose of this research is to investigate the superabsorbent amount and different levels of irrigation water effects on the growth of Aloe vera in autumn and spring.

2. Materials and Methods

Due to that, the present study was conducted in order to investigate the effect of the amount of irrigation water (I1: 50, I2: 75 and I3: 100% of water requirement) and Trava 2020 superabsorbent (A1: zero, A2: 5 and A3: 10 grams per kilogram soil) on the yield and yield components of Aloe vera. These treatments were applied in three replications and the crop was harvested in two times include: autumn 2020 and spring 2020. The experiment was carried out in a research farm in Omidiyeh city with longitude 30°37' and latitude 49°49'.

3. Results

The amount of irrigation water for irrigation treatments I3, I2 and I1 was 132.8, 99.6 and 69.4 mm, respectively. The results showed that the year had an effect on the leaf length, leaf width, leaf thickness, leaf fresh weight, leaf fresh weight, skin weight, leaf number, water use efficiency (P-value<0.01) and gel weight (P-value<0.05). The amount of irrigation had a significant effect on gel weight, gel-to-leaf ratio, leaf number, yield and water use efficiency (P-value<0.01), and on leaf length, leaf width, leaf thickness, leaf fresh weight and leaf number (P-value<0.05). The amount of superabsorbent had a significant effect on leaf width, leaf thickness, leaf fresh weight, skin weight, number of leaves and yield (P-value<0.01), and on the ratio of gel to leaf weight (P-value<0.05). The interaction effect of year and amount of superabsorbent on the number of leaves showed a significant effect at (P-value<0.01) and other interaction effects were not significant on any of the parameters. Leaf length, leaf width, leaf weight, number of leaves and number of offsets in the second harvest were 26.8%, 25.1%, 25.5%, 27.0%, 24.1% and 17.5% more than the first harvest. Increasing the consumption of superabsorbent caused an increase in leaf length. The difference between the leaf length in two treatments A3 and A2 was about 3.4% and between two treatments A3 and A1 was about 6.9%. With the increase of superabsorbent consumption, the leaf width increased so that its value reached from 79 mm in A1 treatment to 83 mm in A3 treatment. The highest leaf weight was observed in treatment I3, which was 6% and 22.4% higher than treatments I1 and I2, respectively. The highest gel weight with an average of 117.6 grams was observed in I3 irrigation treatment, which increased by 15.3% and 35.8%, respectively, compared to I1 and I2 treatments. The highest number of leaves was observed in treatment I3 (with an average of 7.4) and the lowest number of leaves was observed in treatment I1 (with an average of 1.5).

4. Discussion and Conclusion

According to all the results, the Y2I3A2 treatment had more gel weight and yield than the other treatments, but the Y1I1A3 treatment produced more offsets. Therefore, if yield is important for farmers, Y2I3A2 is recommended. In case of reproduction of this crop, Y1I1A3 treatment is recommended.

5. Six important references

- 1) 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.
- 2) 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 and Products*, 25: 123-128.
- 3) 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 levels. *Environmental and Experimental Botany*, 44: 133-139.
- 4) 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.
- 5) Yaghoobzadeh, M., Ahmadee, M., Boroomand Nasab, S., Haghayeghi Maghamam, A. 2017, Impact of Climate Change on Changing Trend of Evapotranspiration during the Growth Period of Irrigated and Rainfed Field Crops by AOGCM Models, *Iranian Journal of Water Research in Agriculture (Formerly Soil and Water Sciences)*, 30(4): 511-523. (In Persian with extended abstract in English).
- 6) Yaghoobzadeh, M., Ahmadee, M., Seyyed Kaboli, H., Zamani, Gh. R., Amirabadizadeh, M., 2017, The evaluation of effect of climate change agricultural drought using ETDI and SPI indexes, *Journal of Water and Soil Conservation*, 24(4): 43-61. (In Persian with extended abstract in English).

Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.



بررسی اثر مقادیر آبیاری و سوپر جاذب بر عملکرد و اجزای عملکرد آلوئه‌ورا در

شهرستان امیدیه

حسین حمیدی^۱، سعید برومند نسب^۲، عبدعلی ناصری^۳، محمد الباجی^۴، موسی مسکرباشی^۵

تاریخ ارسال: ۱۴۰۱/۰۸/۲۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۰۵

مقاله پژوهشی

چکیده

آلوئه‌ورا (*Aloe vera L.*) از جمله گیاهان دارویی و چندساله است که در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشت می‌شود. گرچه این گیاه نسبت به کم‌آبیاری نسبتاً مقاوم است ولی در شرایط کشت تجاری لازم است به تأمین آب آبیاری در طول فصل رشد توجه شود. با توجه به اهمیت این موضوع، تحقیق حاضر به منظور بررسی اثر مقدار آب آبیاری (I1: ۵۰، I2: ۷۵ و I3: ۱۰۰ درصد نیاز آبی) و سوپرجاذب از نوع تراوا-۲۲۰ (A1: صفر، A2: ۵ و A3: ۱۰ گرم در هر کیلوگرم خاک) بر عملکرد و اجزای عملکرد آلوئه‌ورا انجام شد. در این تحقیق از مدل آماری به صورت کرت‌های نواری خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در لایسومتر و در قالب سه تکرار، سه تیمار آبیاری، و سه تیمار سوپرجاذب مورد آزمایش قرار گرفتند و محصول در دو نوبت پاییز ۱۳۹۹ (از اردیبهشت ۱۳۹۹ تا اول آذر ۱۳۹۹) و بهار ۱۴۰۰ (از اول آذر ۱۳۹۹ تا ۳۰ اردیبهشت ۱۴۰۰) برداشت شد. آزمایش در یک مزرعه تحقیقاتی در شهرستان امیدیه با طول جغرافیایی ۳۷° ۳۰' و عرض جغرافیایی ۴۹° ۴۹' انجام شد. طول برگ، عرض برگ، وزن برگ، تعداد برگ و تعداد پاجوش در برداشت دوم به ترتیب ۲۶/۸، ۲۵/۱، ۲۵/۵، ۲۷/۰، ۲۴/۱ و ۱۷/۵ درصد نسبت به برداشت نخست بیشتر بود. افزایش مصرف سوپرجاذب سبب افزایش طول برگ شد. اختلاف بین طول برگ در دو تیمار A3 و A2 حدود ۳/۴ درصد و بین دو تیمار A3 و A1 حدود ۶/۹ درصد به دست آمد. با افزایش مصرف سوپرجاذب عرض برگ افزایش یافت به طوری که مقدار آن از ۷۹ میلی‌متر در تیمار A1 به ۸۳ میلی‌متر در تیمار A3 رسید. بیشترین وزن برگ در تیمار I3 مشاهده شد که نسبت به دو تیمار I1 و I2 به ترتیب ۶ و ۲۲/۴ درصد بیشتر بود. بیشترین وزن ژل با متوسط ۱۱۷/۶ گرم در تیمار آبیاری I3 مشاهده شد که نسبت به دو تیمار I1 و I2 به ترتیب ۱۵/۳ و ۳۵/۸ درصد افزایش یافت. بیشترین تعداد برگ در تیمار I3 (با متوسط ۷/۴) و کمترین تعداد برگ در تیمار I1 (با متوسط ۵/۱) مشاهده شد. با توجه به کلیه نتایج، تیمار Y2I3A2 دارای وزن ژل و عملکرد بیشتری نسبت به سایر تیمارها بود ولی تیمار Y1I1A3 تعداد پاجوش بیشتری تولید کرد. بنابراین اگر عملکرد برای بهره‌بردار اهمیت دارد Y2I3A2 پیشنهاد می‌شود. در صورت تکثیر این گیاه تیمار Y1I1A3 پیشنهاد می‌شود.

^۱ دانشجوی دکتری، گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

Email: H.Hamidi2041@yahoo.com

^۲ استاد، گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران. Email: a.a.nasari@scu.ac.ir

^۳ ستاد، گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران. Email: s.boroomandnasab@scu.ac.ir

^۴ دانشیار، گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران. Email: m.albaji@scu.ac.ir

^۵ استاد، گروه زراعت و تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران. Email: m. meskarbashi@scu.ac.ir

واژه های کلیدی: تنش آبی، صبر زرد، کم آبیاری، وزن ژل.

مقدمه

آلوئه‌ورا (Aloe vera L.) از جمله گیاهان دارویی است که از قدیم‌الایام به دلیل مصارف دارویی در اکثر کشورهای دنیا شناخته شده است. امروزه از این گیاه برای تولید انواع محصولات بهداشتی، غذایی و دارویی استفاده می‌شود و مصرف آن روز به روز در حال گسترش است (کدوری و همکاران، ۱۳۹۳). این گیاه چندساله به دلیل ساختار آن از جمله ضخیم و گوشتی بودن برگ‌ها برای مناطق خشک و نیمه‌خشک مناسب است (Morton, 1961) به همین دلیل توسعه کشت آن در اقلیم خشک و نیمه‌خشک ایران، و افزایش کم‌آبی در سال‌های آتی (یعقوب‌زاده و همکاران، ۱۳۹۵؛ یعقوب‌زاده و همکاران، ۱۳۹۶؛ اگدرنژاد و همکاران، ۱۳۹۷) به خصوص به منظور افزایش اشتغال در مناطق روستایی توصیه شده است (یزدانی و همکاران، ۱۳۸۵). برخی منشأ آن را آفریقا می‌دانند ولی در سایر کشورها از جمله ایران نیز از سده‌های گذشته کشت می‌شده است (Ray and Gupta, 2013). استان‌های بوشهر، هرمزگان و سیستان و بلوچستان مناطق عمده کشت این گیاه به صورت غیرگلخانه‌ای می‌باشند. این گیاه تحمل دمای بین ۱۰ الی ۵۰ درجه سانتی‌گراد را دارد (سرطاوی، ۱۳۷۸) ولی در برخی گزارش‌ها دمای ۵ درجه سانتی‌گراد به عنوان حد پایین برای آلوئه‌ورا ذکر شده است. کاهش دمای هوا کمتر از این مقدار، حتی تا ۳- درجه‌سانتی‌گراد، آسیبی به زنده‌مانی گیاه نمی‌زند ولی سبب کاهش حداکثر ۱۵ درصد برگ‌ها و ۵ درصد ذخیره ژل می‌گردد (Saks et al., 1995).

آلوئه‌ورا جز گیاهان متابولیسم اسید کراسولاسه (CAM) است. کوتیکول ضخیم در برگ، سلول‌های پاراننشیمی بزرگ و واکوئل‌های با ظرفیت زیاد ذخیر آب دارد و سیستم فتوسنتزی آن برای مقابله با کم‌آبی ایجاد شده است (حضرتی و همکاران، ۱۳۹۶؛ Herrera, 2009; Rodríguez-García et al., 2007; Lüttge, 2004; Cousins and Witkowski, 2012; Delatorre-Herrera et al., 2010; Winter et al., 2005). با این وجود برای تولید اقتصادی نباید اجازه‌ی تنش آبی به این گیاه داد زیرا عملکرد آن کاهش می‌یابد. این موضوع برای

کشت اقتصادی آلوئه‌ورا در مناطق خشک و نیمه‌خشک اهمیت زیادی دارد. تعداد برگ و وزن ژل عوامل مهمی در رشد و ارزش اقتصادی گیاه آلوئه‌ورا می‌باشد. در شرایط بدون تنش، به طور متوسط ۱/۸ برگ در هر ماه توسط این گیاه ساخته می‌شود. در شرایط تنش تعداد برگ تولید شده کاهش می‌یابد (حضرتی و همکاران، ۱۳۹۶؛ Hernandez Cruz et al., 2002). براساس مطالعاتی که روی سطوح تنش آبی بر تعداد برگ آلوئه‌ورا انجام شد؛ مشخص گردید که تنش آبی تا ۲۰ میلی‌متر از سطح تشت تبخیر سبب کاهش تعداد برگ به میزان ۸/۶ شد. همچنین بیشترین تعداد برگ تولیدی در تابستان به دست آمد و علت آن نیز درجه حرارت زیاد فصل رشد در تابستان بود (Silva et al., 2010). تنش‌های محیطی روی تعداد پاجوش آلوئه‌ورا اثر نیز اثر منفی می‌گذارند (حضرتی و همکاران، ۱۳۹۶). این موضوع از این جهت اهمیت دارد که از روش تکثیر این گیاه استفاده از پاجوش‌هایی است که از انتهای گیاه مادری تولید می‌شوند (Hazrati-Yadekori and Tahmasebi-Sarvestani, 2012). برخی محققان کاهش رطوبت را به عنوان عاملی برای کاهش تعداد پاجوش نیز گزارش کرده‌اند (Silva et al., 2010). استفاده از سوپرژادها یکی از روش‌های کاهش اثرات تنش آبی است. ژئولیت، پیت، پرلیت و سوپرژادها از جمله موادی هستند که به عنوان بستر کشت یا مواد جاذب رطوبت برای گیاهان مختلف از جمله آلوئه‌ورا پیشنهاد شده‌اند. در تحقیقی که توسط Ray و همکاران (2013) به منظور کاهش اثرات تنش آبی روی گیاه آلوئه‌ورا انجام شد از مواد جاذب رطوبتی به نام ژئولیت استفاده گردید. این محققان نشان دادند که ماده جاذب رطوبت با در اختیار گذاشتن رطوبت برای مدت طولانی‌تر، سبب بهبود رشد رویشی گیاه آلوئه‌ورا شد. حضرتی و همکاران (۱۳۹۶) به بررسی رشد گیاه آلوئه‌ورا در شرایط تنش آبی با استفاده از ژئولیت پرداختند. این محققان از چهار تنش (۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد تخلیه رطوبت از خاک) به همراه ژئولیت (در سطوح صفر، ۴ و ۸ گرم در کیلوگرم خاک) استفاده کردند. ایشان گزارش کردند که در تنش‌های آبی شدید وزن تر برگ، وزن تر ژل و رشد گیاه کاهش یافت.



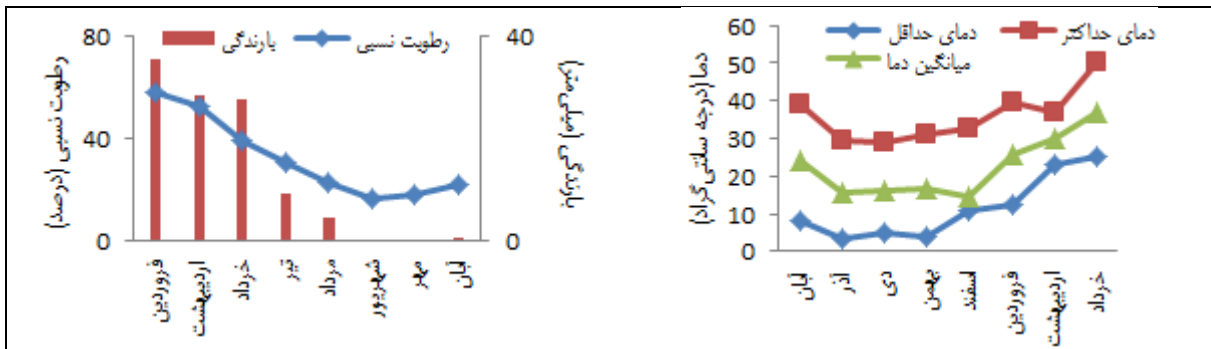
خاک، سوپر جاذب می‌تواند گزینه مناسب‌تری برای کاهش شرایط تنش آبی در کشت آلوئه‌ورا باشد. کشت آلوئه‌ورا به عنوان یک گیاه دارویی و کم‌آب‌بر در استان خوزستان کمتر از سایر استان‌های جنوبی کشور مورد توجه بوده است. لیکن به دلیل ارزش اقتصادی بالای آن و مشکلات کم‌آبی استان خوزستان در سال‌های اخیر، توسعه آن مورد توجه قرار گرفته است. لذا، اطلاع دقیق از واکنش این گیاه نسبت به مقادیر مختلف آب آبیاری به همراه سوپر جاذب‌ها می‌تواند کمک شایانی به این امر کند. از این رو، هدف این تحقیق بررسی وزن ژل و شاخص‌های عملکرد در سطوح مختلف آب آبیاری و مقادیر متفاوت سوپر جاذب و همچنین تفاوت رشد این گیاه در دو فصل پاییز و بهار است.

مواد و روش‌ها

مزرعه تحقیقاتی

پژوهش حاضر در یک مزرعه تحقیقاتی در شهرستان امیدیه واقع در عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۳۷ دقیقه و طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۴۹ دقیقه در بازه‌ی زمانی ۱۳۹۷-۱۴۰۰ انجام شد. این تحقیق در قالب طرح بلوک کامل تصادفی و به صورت کرت‌های خرد شده نواری با تیمارهای مقدار آب آبیاری (I1: ۵۰، I2: ۷۵، I3: ۱۰۰) درصد نیاز آبی) و سوپر جاذب (A1: صفر، A2: ۵ و A3: ۱۰ گرم در هر کیلوگرم خاک) در سه تکرار اجرا شد. سوپر جاذب‌های مورد استفاده از نوع میکروگرانول سفید شرکت تراوا (Trava-220) با pH بین ۸-۷ و قدرت جذب ۴۷۰ گرم آب در هر گرم از آن و مدت زمان جذب ۱۵ دقیقه بود. منطقه مورد مطالعه دارای اقلیم گرم و خشک (براساس تقسیم‌بندی دومارتن) و با متوسط بارندگی ۱۶۷ میلی‌متر، حداقل و حداکثر رطوبت نسبی به ترتیب ۱۸ و ۶۰ درصد و متوسط درجه حرارت ۲۵ سانتی‌گراد است. برخی مشخصات هواشناسی این منطقه در شکل ۱ نشان داده شده است.

در این تحقیق مشاهده شد بیشترین تعداد برگ و پاجوش در مقادیر ۲۰ و ۴۰ درصد تخلیه رطوبتی به دست آمد. گرچه کاربرد ژئولیت سبب تعدیل تنش رطوبتی در گیاه شد به طوری که بیشترین وزن تر برگ و ژل در مقدار ۶۰ درصد تخلیه رطوبتی و کاربرد ۸ گرم ژئولیت مشاهده شد. این محققان گزارش کردند که با کاهش مقدار آب آبیاری می‌توان به افزایش کارایی مصرف آب دست یافت. Salighehdar et al., (2016) نسبت مقادیر مختلف پیت و پرلیت را بر خصوصیات کمی و کیفی آلوئه‌ورا در استان گیلان انجام دادند. نتایج این محققان نشان داد که افزودن پرلیت سبب افزایش شاخص‌های مورد مطالعه شد. بیشترین درصد وزن خشک گیاه با کاربرد پرلیت بیشتر به دست آمد در حالی که بیشترین تعداد برگ، ارتفاع گیاه، تعداد پاجوش، وزن برگ، وزن کل، وزن ژل و وزن ماده خشک در محیط کشت مسآوری پرلیت و پیت مشاهده شد. انتخاب یک ماده برای به کارگیری در بستر رشد برای کاهش اثرات کم‌آبی به عواملی از جمله در دسترس بودن، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی ماده مورد استفاده، قیمت، تجربه بهره‌بردار و عدم مزاحمت برای رشد گیاه دارد (Salighehdar et al., 2016). پیت‌ها عمدتاً وارداتی و گران هستند و خصوصیات آن‌ها وابستگی خیلی زیادی به روش پردازش و آماده‌سازی دارد (Abad et al., 2002). عدم به کارگیری صحیح ژئولیت‌ها نیز ممکن است سبب ایجاد شوری در طولانی مدت شوند (احمدی، ۱۳۹۳؛ احمدی و همکاران، ۱۳۹۳؛ خاشعی‌سیوکی و احمدی، ۱۳۹۴). پرلیت از نظر شیمیایی خنثی است و معمولاً در بسترهای کشت هیدروپونیک مورد استفاده قرار می‌گیرد. سوپر جاذب‌ها به خوبی در بین کشاورزان شناخته شده هستند و قیمت به صرفه‌تری دارند. همچنین در دهه‌ی اخیر چندین نوع سوپر جاذب در کشور تولید شده است که کارایی قابل قبولی از نظر نگهداشت آب در خاک داشته‌اند. به همین دلیل در بین مواد مورد نیاز برای مخلوط کردن با



شکل (۱): متوسط مقادیر هواشناسی در طول دوره آزمایش

عملیات مزرعه‌ای

پیش از اعمال تیمارها و برای تهیه پاجوش آلوده‌وار، از سال ۱۳۹۷ الی ۱۳۹۹ به کشت پاجوش آلوده‌وار 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 ۲۷ 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 قطعه زمین از مزرعه آزمایشی در شهرستان امیدیه در نظر گرفته شد. سپس با یک دستگاه گریدر محل مورد نظر از خار و خاشاک برچیده و تسطیح گردید. با استفاده از یک دستگاه کمپرسی و یک دستگاه لودر، یک سرویس خاک با کیفیت مناسب از اطراف مزرعه آزمایشی به نقطه نصب لایسیمترها انتقال داده شد. براساس خصوصیات هر تیمار، مقدار کافی خاک با

سوپرجاذب مخلوط شد. برای استقرار هر لایسیمتر چهار عدد بلوک در نظر گرفته شد. لایسیمترها روی آنها مستقر شدند. پس از آماده سازی لایسیمترها، پاجوش آلوده‌وار از مزرعه اصلی و توسط دست از ریشه مادر جدا شده و به لایسیمترها انتقال داده شدند. براساس تجربه محققان، به منظور حفظ آلوده‌وار در هوای بسیار گرم در تابستان و هوای زیر ۱۰ درجه سانتی‌گراد در زمستان، از شید گلخانه (تور سایبان) برای سایه‌اندازی در تابستان و پلاستیک در زمستان استفاده شد. البته پوشش پلاستیکی سبب حفاظت آلوده‌وار از بادهای تند و ریزش باران نیز گردید. مراحل انجام کار در شکل ۲ نشان داده شده است. برای تأمین آب آبیاری، از رودخانه مارون که از این شهرستان می‌گذرد استفاده شد. هدایت الکتریکی آب این رودخانه به طور متوسط چهار دسی‌زیمنس بر متر است. خاک زراعی محل آزمایش دارای بافت لومی و هدایت الکتریکی آن ۱/۶ دسی‌زیمنس بر متر بود. سایر مشخصات خاک مورد استفاده در آزمایش در جدول (۱) نشان داده شده است.





شکل ۲(۲): مراحل انجام کار برای تهیه محل مناسب طرح تحقیقاتی

جدول (۱): مشخصات خاک مورد استفاده

K	P	N	pH	EC _e	نقطه پژمردگی دائم	ظرفیت زراعی	رس	سیلت	شن	جرم مخصوص ظاهری	بافت خاک
ppm	ppm	ppm	-	dS.m ⁻¹	cm ³ .cm ⁻³	cm ³ .cm ⁻³	%	%	%	gr/cm ³	لوم
۱۴۸	۱۰/۴	۰/۰۷	۷/۵	۱/۶	۱۵/۳	۳۱/۱	۲۳	۴۷	۳۰	۱/۳	

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

در این رابطه، EC_w هدایت الکتریکی آب آبیاری (پنج دسی‌زیمنس بر متر) و EC_D هدایت الکتریکی آب خروجی از زهکش (۲۰ دسی‌زیمنس بر متر) است. پس از محاسبه نیاز آبی، با استفاده از یک استوانه مدرج میزان آب هر تیمار تعیین و اعمال شد.

برداشت محصول

برداشت محصول در دو نوبت (Y1): پاییز سال ۱۳۹۹ و (Y2): بهار سال ۱۴۰۰ انجام شد. در هر دو دوره، برداشت برگ انجام و 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. البته تعداد برگ بدون نمونه‌گیری و براساس کل برگ‌های تولید شده در هر تکرار در نظر گرفته شد. اندازه‌گیری طول برگ براساس میانگین سه برگ با طول بیشتر در هر تکرار و با استفاده از خط‌کش انجام شد. معیار طول برگ، فاصله‌ی بین قسمت پایین متصل به ساقه تا انتهای برگ بود. این رویه برای عرض برگ نیز در نظر گرفته شد و سه برگ با پهن‌ترین عرض در هر تکرار برای اندازه‌گیری با کولیس انتخاب شد. در تعیین ضخامت، سه برگ از هر گیاه انتخاب و از قسمت ضخیم‌ترین نقطه هر برگ، اندازه‌گیری با استفاده از کولیس انجام 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

محاسبه نیاز آبی

جهت تعیین نیاز آبی گیاه مرجع از روش تشتت تبخیر کلاس A استفاده گردید. سپس نیاز آبی آلوتهورا از رابطه‌ی (۱) محاسبه شد. نیاز آبی محاسبه شده 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_c ضریب گیاهی، LR نیاز آبتشویی، E_a راندمان آبیاری و ER بارندگی مؤثر است. برای تعیین ضریب گیاهی آلوتهورا به گزارش Allen *et al.* (۱۹۹۸) در خصوص ضریب گیاهی گیاهان CAM مانند آگاو (۰/۴ تا ۰/۷) و آناناس (۰/۳ تا ۰/۵)، Doorenbos and Kassam (۱۹۷۹) برای گیاه آناناس (۰/۴ تا ۰/۵) و Genet and Van Schooten (۱۹۹۲) برای گیاه آلوتهورا (۰/۲۵ تا ۰/۴) مراجعه شد. با توجه به اینکه آلوتهورا گیاهی چند ساله و همیشه سبز است و پس از کاشت پاجوش‌ها اعمال تیمارها صورت گرفت؛ لذا برای همه تیمارها ضریب گیاهی ۰/۴ منظور گردید. نیاز آبتشویی نیز از رابطه (۲) تعیین شد. به دلیل استفاده از لایسیومتر 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.

معنی دار داشت (جدول ۳). مقدار آب آبیاری بر وزن ژل، نسبت ژل به برگ، تعداد برگ، عملکرد و کارایی مصرف آب اثر معنی دار در سطح احتمال یک درصد و بر طول برگ، عرض برگ، ضخامت برگ، وزن تازه برگ و تعداد پاجوش در سطح احتمال پنج درصد اثر معنی دار نشان داد. این نتایج با مشاهدات حضرتی و همکاران (۱۳۹۶) مطابقت داشت. این محققان نیز گزارش کردند که مقدار آب آبیاری بر برخی پارامترهای رشد گیاه آلوئه‌ورا از جمله تعداد برگ، وزن برگ، وزن ژل و تعداد پاجوش اثر معنی دار داشت. Hussein et al., (۲۰۱۵) نیز با مطالعه تیمارهای مختلف آب آبیاری از ۲۰ الی ۲۰۰ میلی‌متر تبخیر جمعی از تشت تبخیر کلاس A نشان دادند که مقدار آب آبیاری بر برخی خصوصیات برگ و ژل گیاه آلوئه‌ورا اثر معنی دار داشت. مقدار سوپرچاذب بر عرض برگ، ضخامت برگ، وزن تازه برگ، وزن پوست، تعداد پاجوش و عملکرد در سطح احتمال یک درصد و بر نسبت وزن ژل به برگ در سطح احتمال پنج درصد اثر معنی دار داشت. اثر متقابل زمان برداشت و مقدار سوپرچاذب بر تعداد برگ در سطح احتمال یک درصد اثر معنی داری نشان داد و سایر اثرات متقابل بر هیچکدام از پارامترها معنی دار نبود.

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 (کیلوگرم بر مترمکعب)، Y عملکرد (کیلوگرم بر هکتار) و I مقدار آب آبیاری (مترمکعب) 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

میزان آب آبیاری برای تیمارهای آبیاری I1، I2 و I3 به ترتیب ۱۳۲/۸، ۹۹/۶ و ۶۹/۴ میلی‌متر در طول سال بود. نتایج نشان داد که زمان برداشت بر پارامترهای طول برگ، عرض برگ، ضخامت برگ، وزن تازه برگ، وزن پوست، تعداد برگ و بهره‌وری آب در سطح احتمال یک درصد و بر وزن ژل در سطح احتمال پنج درصد اثر

جدول (۳): نتایج تجزیه واریانس عملکرد و شاخص‌های عملکرد آلوئه‌ورا در هر دو برداشت

منابع تغییر	درجه آزادی	طول برگ	عرض برگ	ضخامت برگ	وزن تازه برگ	وزن ژل	وزن پوست	وزن به وزن برگ	نسبت		بهره وری آب
									تعداد برگ	تعداد پاجوش	
بلوک	۱۷	۷/۰**	۲/۲**	۲/۱*	۲/۲**	۲/۰*	۲/۸**	۲/۸**	۵/۱**	۴/۶**	۲/۹**
برداشت	۱	۹۲/۱**	۱۰/۵**	۱۵/۲**	۱۰/۵**	۶/۴*	۱۶/۱**	۰/۱۲	۲۰/۷**	۱/۳	۰/۰۸
آبیاری	۲	۴/۱*	۴/۵*	۳/۴*	۴/۵*	۷/۲**	۱/۴	۱۳/۰**	۲۰/۹**	۳/۳*	۱۲/۴**
سوپرچاذب	۲	۳/۳	۴/۹**	۵/۵**	۴/۹**	۲/۸	۱۰/۲**	۴/۶*	۲/۶	۲۷/۷**	۴/۸**
برداشت×آبیاری	۲	۱۲	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۳	۱/۵	۰/۸	۱/۲
برداشت×سوپرچاذب	۲	۰/۸۵	۰/۴۲	۰/۵۲	۰/۴۲	۰/۴	۰/۲۶	۰/۴	۵/۲**	۱/۷	۱/۶
آبیاری×سوپرچاذب	۴	۱/۸	۱/۲۱	۰/۱۹	۱/۲	۰/۸	۱/۷	۱/۰	۰/۵	۱/۹	۰/۹
برداشت×آبیاری×سوپرچاذب	۴	۱/۱	۰/۷۴	۰/۳۲	۰/۷۴	۱/۰	۰/۴	۱/۷	۱/۰	۰/۴	۱/۵

* و ** به ترتیب نشان دهنده‌ی معنی‌داری در سطوح پنج و یک درصد هستند.

از برداشت نخست بود (شکل ۳). بیشترین طول برگ با اعمال کم‌آبیاری به میزان ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه (I1) و

مقایسه‌ی میانگین‌های طول برگ در تیمارهای مختلف نشان داد که طول برگ در برداشت دوم ۲۶/۸ درصد بیشتر

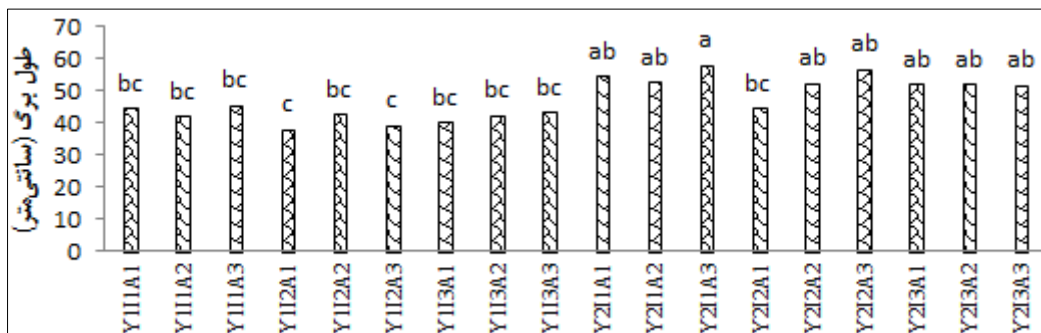


متوسط ضخامت برگ در برداشت دوم ۱۵/۲ درصد نسبت به برداشت نخست بیشتر بود (شکل ۵). کمترین ضخامت برگ در تیمار I2 (با متوسط ۱/۲۵ سانتی‌متر) مشاهده شد که نسبت به دو تیمار آبیاری I1 و I3 به ترتیب ۱۴/۴ و ۱۴/۹ درصد کمتر بود. از نظر مصرف سوپرجاذب، بیشترین ضخامت برگ در تیمار A2 (با متوسط ۱/۵ سانتی‌متر) و کمترین ضخامت در تیمار تیمار A1 (با متوسط ۱/۲ سانتی‌متر) مشاهده شد. با این وجود تفاوت آماری معنی‌داری بین برهمکنش تیمارها مشاهده نشد.

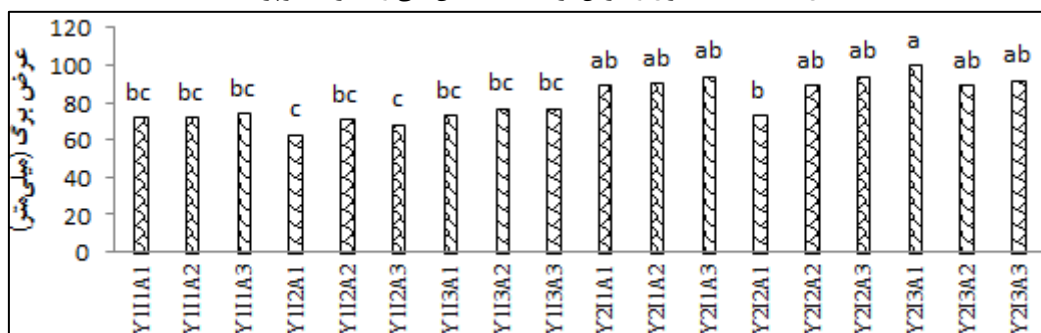
وزن برگ در برداشت دوم ۲۵/۵ درصد نسبت به برداشت نخست بیشتر بود (شکل ۶). بیشترین وزن برگ در تیمار I3 مشاهده شد که نسبت به دو تیمار I1 و I2 به ترتیب ۶ و ۲۲/۴ درصد بیشتر بود. افزایش مصرف سوپرجاذب سبب افزایش وزن برگ از ۱۶۵ گرم (در تیمار A1) به ۲۱۷ گرم (در تیمار A3) شد. گرچه بیشترین ضخامت برگ در تیمار Y2I2A1 مشاهده شد ولی مقایسه‌ی برهمکنش تیمار نشان داد که تفاوت آماری معنی‌داری بین آن‌ها وجود نداشت.

کمترین طول برگ با اعمال کم‌آبیاری به میزان ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه (I2) به دست آمد. بین دو تیمار I1 و I2 از نظر آماری اختلاف معنی‌دار وجود داشت ولی تیمار I3 با هیچکدام از این دو تیمار از نظر آماری اختلاف معنی‌داری نداشت. افزایش مصرف سوپرجاذب سبب افزایش طول برگ شد. اختلاف بین طول برگ در دو تیمار A2 و A3 حدود ۳/۴ درصد و بین دو تیمار A1 و A3 حدود ۶/۹ درصد بود. براساس مقایسه‌ی کلیه تیمارها، طویل‌ترین برگ در تیمار Y2I2A2 و کوتاه‌ترین طول برگ در تیمار Y1I2A3 مشاهده شد.

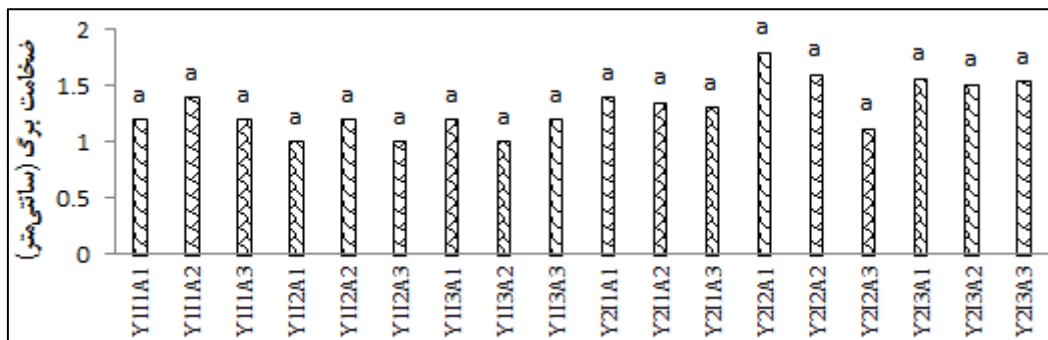
متوسط عرض برگ در برداشت دوم (Y2) ۲۵/۱ درصد نسبت به برداشت نخست بیشتر بود (شکل ۴). در بین تیمارهای آبیاری، بیشترین و کمترین عرض برگ به ترتیب در I3 (با متوسط ۸۵ میلی‌متر) و I2 (با متوسط ۷۷ میلی‌متر) به دست آمد. عرض برگ در تیمار I2 با دو تیمار آبیاری I1 و I3 از نظر آماری اختلاف معنی‌داری داشت. با افزایش مصرف سوپرجاذب عرض برگ افزایش یافت به طوری که مقدار آن از ۷۹ میلی‌متر در تیمار A1 به ۸۳ میلی‌متر در تیمار A3 رسید. تفاوت آماری معنی‌داری بین برهمکنش تیمارها از نظر عرض برگ مشاهده نشد.



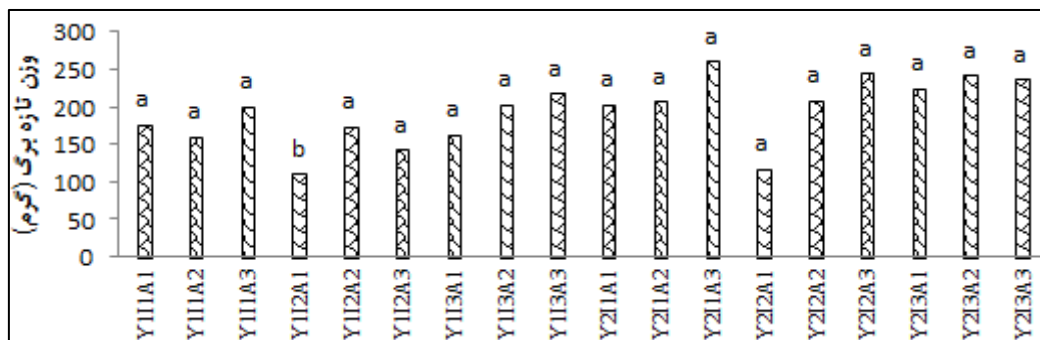
شکل (۳): مقایسه طول و عرض برگ تحت تنش آبی و مصرف سوپرجاذب



شکل (۴): مقایسه طول و عرض برگ تحت تنش آبی و مصرف سوپرجاذب



شکل (۵): مقایسه ضخامت برگ تحت تنش آبی و مصرف سوپرجاذب



شکل (۶): مقایسه وزن تازه برگ تحت تنش آبی و مصرف سوپرجاذب

۸). نسبت وزن ژل به برگ در تیمار I3 برابر با ۰/۵۳ بود که نسبت به دو تیمار I1 و I2 به ترتیب ۶ و ۱۱ درصد بیشتر و از نظر آماری معنی دار بود. تغییرات نسبت وزن ژل به برگ با افزایش مقدار سوپرجاذب از A1 و A2 روند صعودی (۵ درصد افزایش) داشت ولی پس از آن با افزایش مصرف سوپرجاذب از A2 به A3 روند نزولی (۶ درصد کاهش) مشاهده شد. با اعمال برهمکنش تیمارها، بالاترین نسبت ژل به برگ در تیمار Y1I3A3 (با مقدار ۰/۵۸) و کمترین نسبت ژل به برگ در تیمار Y1I2A3 (با مقدار ۰/۴۷) مشاهده شد. گرچه اختلاف آماری معنی داری بین تیمارها در وزن ژل و وزن برگ وجود نداشت، لیکن به دلیل اینکه اختلاف وزن برگ بین دو تیمار Y1I3A3 و Y1I2A3 بیشتر از اختلاف آن‌ها در وزن ژل بود، نسبت ژل به برگ در این دو تیمار از نظر آماری اختلاف معنی دار داشت.

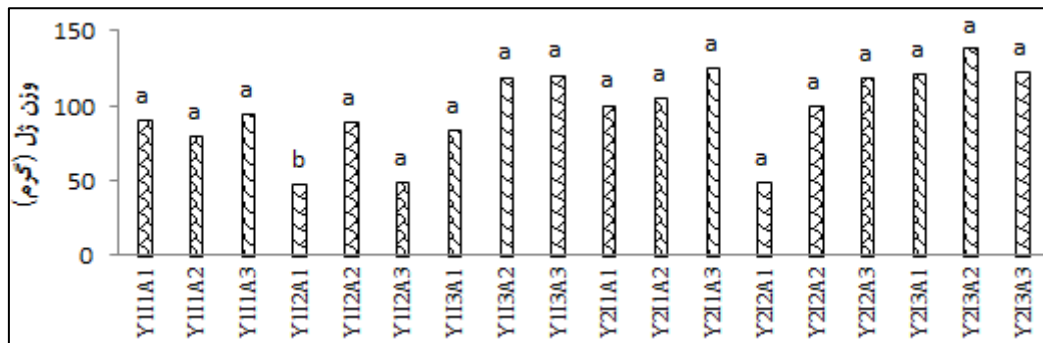
وزن پوست در برداشت دوم ۲۳/۸ درصد نسبت به برداشت نخست بیشتر بود (شکل ۹). وزن پوست در دو تیمار آبیاری I1 و I3 تقریباً برابر بود و مقادیر این دو تیمار نسبت به I2 حدود ۱۱/۸ درصد بیشتر بود. گرچه اختلاف آماری معنی داری بین هر سه تیمار وجود نداشت. افزایش

وزن ژل در برداشت دوم ۲۷/۰ درصد نسبت به برداشت نخست بیشتر بود (شکل ۷). این نتایج با مشاهدات کدوری و همکاران (۱۳۹۳) مطابقت داشت. این محققان با بررسی کشت آلوئه‌ورا در دو تاریخ کشت متفاوت (مهر و بهمن) نشان دادند که بیشترین وزن ژل (۱۰۶ گرم) در کشت بهمن به دست آمد. در بین تیمارهای آبیاری، بیشترین وزن ژل با متوسط ۱۱۷/۶ گرم در تیمار آبیاری I3 مشاهده شد و این مقدار نسبت به دو تیمار I1 و I2 به ترتیب ۱۵/۳ و ۳۵/۸ درصد بیشتر بود. این نتایج با مشاهدات محققانی از جمله Rodríguez-García et al. (2007) و Hernandez Cruz et al. (2002) مطابقت داشت. ایشان نیز بیان کردند که وزن ژل آلوئه‌ورا در اثر تنش آبی زیاد کاهش یافت. کمترین وزن ژل در شرایط عدم مصرف سوپرجاذب (A1) به دست آمد و با کاربرد دو مقدار ۵ (A2) و ۱۰ (A3) درصد سوپرجاذب وزن ژل به ۱۰۵ گرم رسید. اختلافی بین دو مقدار A2 و A3 از نظر وزن ژل وجود نداشت. مقایسه‌ی برهمکنش تیمارها نشان داد که تفاوت آماری معنی داری بین آن‌ها وجود ندارد.

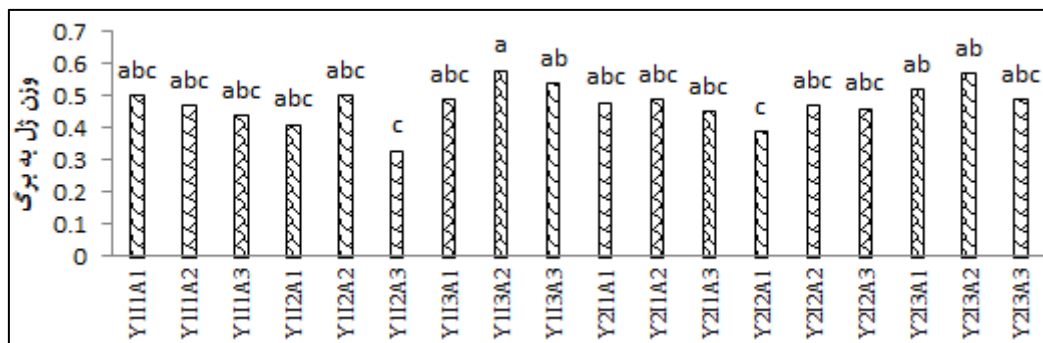
نسبت وزن ژل به برگ در برداشت دوم فقط ۲/۱ درصد افزایش داشت که از نظر آماری نیز معنی دار نبود (شکل

افزایش وزن ژل، وزن پوست نیز افزایش یافت. به همین دلیل تیمار با در نظر گرفتن بر همکنش تیمارها، بیشترین وزن پوست برگ در تیمار Y2I1A3 مشاهده شد که نسبت به سه تیمار Y1I1A1، Y1I1A2 و Y2I2A1 اختلاف معنی‌دار داشت. افزایش وزن پوست در تیمار Y2I1A3 نسبت به تیمارهای اشاره شده به ترتیب ۵۳، ۴۲ و ۵۰ درصد بود. بین سایر تیمارها اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نشد.

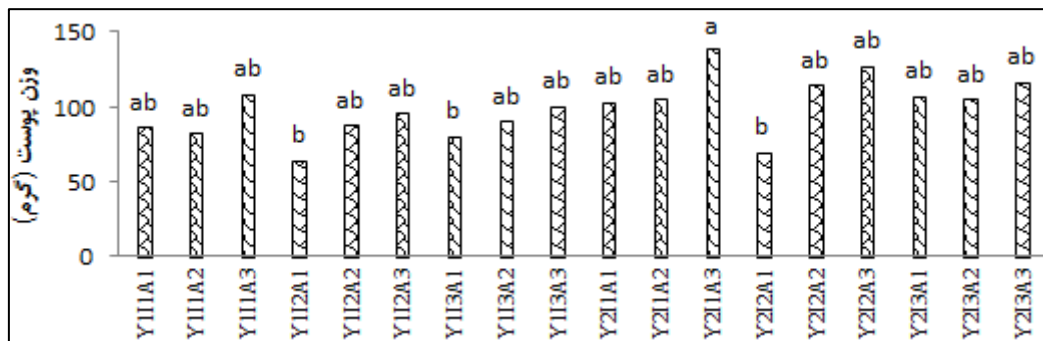
مصرف سوپرچادب سبب افزایش وزن پوست برگ شد به طوری که مقدار آن از ۸۵/۲ گرم در تیمار A1 به ۱۱۴/۵ گرم در تیمار A3 رسید. اختلاف وزن پوست برگ بین دو تیمار A1 و A2 حدود ۱۴/۱ درصد و اختلاف وزن پوست برگ بین دو تیمار A2 و A3 حدود ۱۸ درصد بود. بنابراین در مقادیر بالاتر مصرف سوپرچادب، افزایش وزن پوست برگ بیشتر بود. وزن تازه‌ی برگ شامل وزن ژل و وزن پوست آن می‌شود. علی‌رغم این موضوع، براساس نتایج، با



شکل (۷): مقایسه وزن ژل تحت تنش آبی و مصرف سوپرچادب



شکل (۸): مقایسه نسبت وزن ژل به وزن برگ تحت تنش آبی و مصرف سوپرچادب

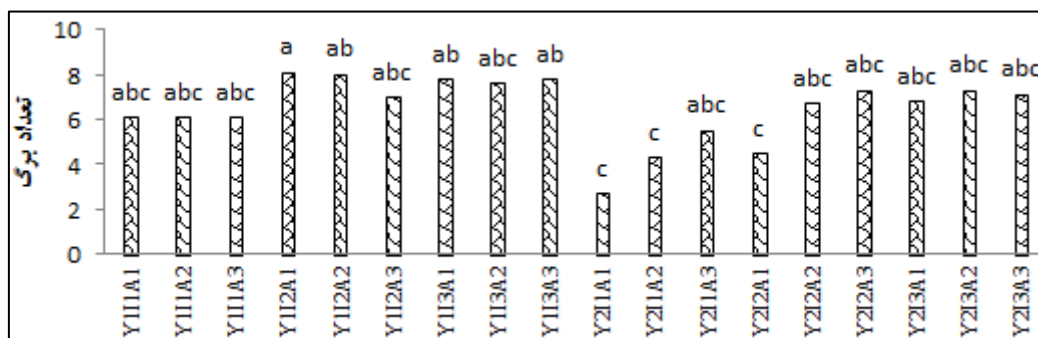


شکل (۹): مقایسه وزن پوست برگ تحت تنش آبی و مصرف سوپرچادب

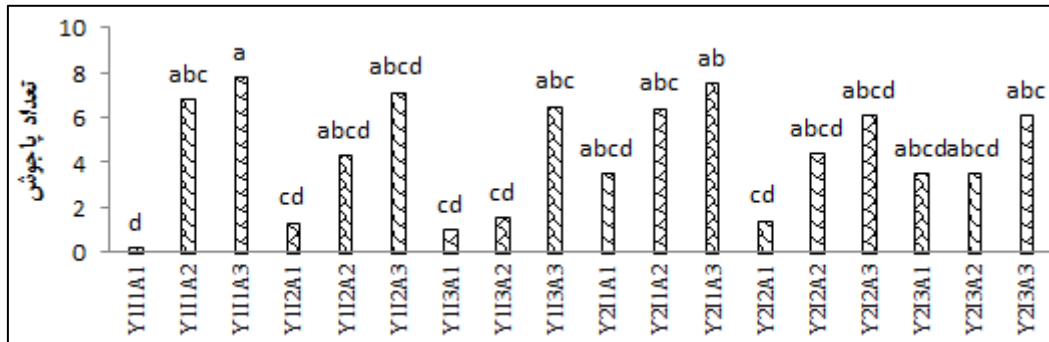
اختلاف بین تعداد پاجوش در این تیمار با I2 و I3 به ترتیب ۲۲/۶ و ۳۰/۰ درصد به دست آمد. با افزایش مصرف سوپرچاذب تعداد پاجوش نیز افزایش یافت. تعداد پاجوش در تیمار A1 حدود ۱/۸ عدد بود و با افزایش مصرف سوپرچاذب به A2 و A3 تعداد پاجوش‌ها به ترتیب ۱۵۰ و ۲۷۰ درصد افزایش یافت. با در نظر گرفتن برهمکنش تیمارها، اختلاف معنی‌دار و شدیدی بین تیمارها مشاهده شد. بیشترین تعداد پاجوش در تیمار Y111A3 (با تعداد ۷/۸ عدد) به دست آمد که نسبت به تیمارهای Y111A1، Y112A1، Y113A1، Y113A2 و Y212A1 به ترتیب ۸۳، ۸۷، ۸۰ و ۸۲ درصد بیشتر بود. به طور کلی، در فصل نخست برداشت اثر مصرف سوپرچاذب بر تعداد پاجوش بیشتر از فصل دوم برداشت بود. در فصل دوم اختلاف بین مقادیر مصرف سوپرچاذب کمتر و نقش آبیاری بر تعداد پاجوش پررنگ‌تر بود. مقایسه‌ی تیمارهای Y111A3 با تیمار Y211A3 در فصل دوم برداشت نشان داد که تعداد پاجوش‌های بیشتری در فصل نخست برداشت تولید شده است. این نتایج برای تیمارهای Y112A3 و Y113A3 نیز مشاهده شد. این تیمارها نسبت به تیمارهای متناظر در فصل دوم برداشت از تعداد پاجوش‌های بیشتری برخوردار بودند. علت آن دمای هوای بیشتر در فصل نخست برداشت است که Paez et al (2000) نیز به این موضوع اشاره کرده است.

تعداد برگ در برداشت نخست حدود ۲۴/۱ درصد بیشتر از برداشت دوم بود (شکل ۱۰). با اعمال تنش آبی، از تعداد برگ کاسته شد به طوری که بیشترین تعداد برگ در تیمار I3 (با متوسط ۷/۴) و کمترین تعداد برگ در تیمار I1 (با متوسط ۵/۱) مشاهده شد. این نتایج با مشاهدات Silva et al. (2010) مطابقت داشت. البته این محققان نشان داد 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 پاجوش در هر لایسی‌متر در این تحقیق بود. اختلاف معنی‌داری نسبت به مقادیر مختلف سوپرچاذب بر تعداد برگ مشاهده نشد. با این وجود بیشترین تعداد برگ در تیمار A3 مشاهده شد. بیشترین تعداد برگ در تیمار Y112A1 مشاهده شد که نسبت به سایر تیمارهای برداشت نخست اختلاف آماری معنی‌داری نداشت. ولی تعداد برگ در این تیمار نسبت به تیمارهای Y211A1، Y211A2 و Y212A1 به ترتیب ۶۶/۶، ۴۹/۹ و ۴۴/۴ درصد افزایش داشت که از نظر آماری نیز معنی‌دار بود. بین تعداد برگ در تیمارهای برداشت دوم اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نشد.

تعداد پاجوش در برداشت دوم ۱۷/۵ درصد نسبت به برداشت نخست بیشتر بود ولی از نظر آماری تفاوتی بین دو برداشت وجود نداشت (شکل ۱۱). تعداد پاجوش در تیمار آبیاری I1 نسبت به دو تیمار دیگر بیشتر بود.



شکل (۱۰): مقایسه تعداد برگ تحت تنش آبی و مصرف سوپرچاذب

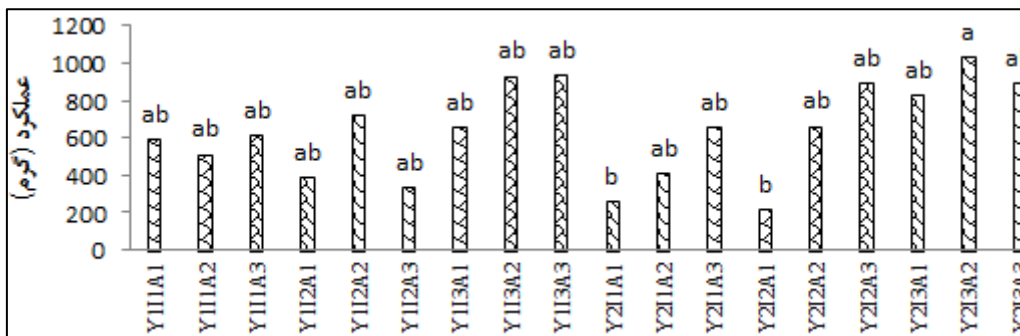


شکل (۱۱): مقایسه تعداد پاجوش تحت تنش آبی و مصرف سوپرچادب

آماري اختلاف معنی‌دار (به ترتیب ۷۴/۹ و ۷۸/۹ درصد) داشت.

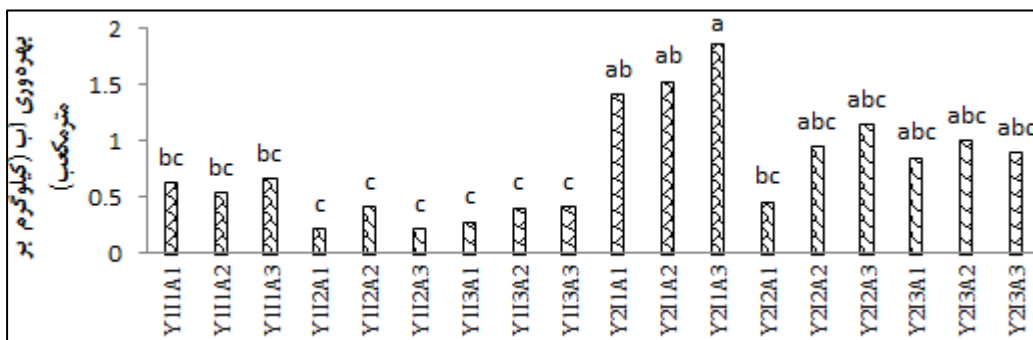
بهره‌وری آب در برداشت دوم ۱۷۵ درصد بیشتر از برداشت نخست بود (شکل ۱۳). کاهش مقدار آب آبیاری در تیمار I1 سبب افزایش کارایی مصرف آب شد ولی کم‌آبیاری در تیمار I2 مقدار این پارامتر را کاهش داد. علت آن کاهش شدیدتر عملکرد نسبت به کاهش مقدار آب آبیاری در این تیمار بود. بین مقادیر مختلف مصرف سوپرچادب اختلاف معنی‌داری در کارایی مصرف آب مشاهده نشد. با این وجود مقدار این پارامتر در تیمار A3 حدود ۳۳/۸ و ۷/۴ درصد نسبت به تیمارهای A1 و A2 بیشتر بود. بیشترین کارایی مصرف آب در تیمارهای Y211A3، Y211A2 و Y212A1 مشاهده شد که نسبت به اکثر تیمارها از نظر آماری اختلاف معنی‌دار داشتند. گرم‌تر بودن هوا در فصل نخست برداشت سبب افزایش مصرف آب شد که همین موضوع علت کمتر بودن کارایی مصرف آب در این برداشت بود. افزایش آب آبیاری در فصل دوم برداشت نیز سبب کاهش کارایی مصرف آب در تیمارهای با مقدار آبیاری I2 و I3 شد. گرچه مقدار آب آبیاری در تیمار I3 بیشتر از I2 بود، ولی عملکرد آلوئه‌ورا در این تیمار بیشتر بود که همین موضوع سبب شد اختلاف معنی‌داری بین عملکرد این دو تیمار آبیاری وجود نداشته باشد.

با وجود افزایش ۳/۰ درصدی عملکرد در برداشت دوم، مقدار این پارامتر در دو فصل برداشت تفاوت آماری با یکدیگر نداشت (شکل ۱۲). کاهش آب آبیاری سبب کاهش عملکرد شد به طوری که بیشترین و کمترین عملکرد به ترتیب در تیمارهای I3 (با متوسط ۸۷۸ گرم) و I1 (با متوسط ۵۰۶ گرم) به دست آمد. اختلاف بین عملکرد در دو تیمار I1 و I2 برابر با ۳۴۳ گرم بود. این اختلاف برای دو تیمار I2 و I3 برابر با ۲۹ گرم به دست آمد. بنابراین، در تنش‌های خشکی شدید، کاهش عملکرد بیشتری نمایان شد. با توجه به اینکه این گیاه جز دسته CAM است، تنش آبی سبب سازگاری این گیاه نسبت به مصرف بهتر آب برای تولید عملکرد می‌شود. این نتایج به دلیل جذب شبانه‌ی دی‌اکسید کربن، بسته بودن روزنه‌های آن در طول روز (Winter et al., 2005)، تراکم کم روزنه‌ها (حدود ۲۰ تا ۳۰ روزنه در میلی‌متر مربع) و ظرفیت بالای تجمع آب در بافت برگ‌ها و ساقه‌ها از طریق بیوسنتز پلی‌ساکاریدهای نگهدارنده آب (Nobel, 1997) است. عملکرد آلوئه‌ورا با مصرف ۱۰ گرم سوپرچادب (A3) حدود ۴۶/۹ درصد نسبت به A1 به صورت معنی‌داری افزایش یافت. لیکن با وجود اختلاف ۱/۵ درصدی بین دو تیمار A1 و A2، اختلاف معنی‌داری بین آن‌ها مشاهده نشد. بالاترین عملکرد در تیمار Y213A2 (۱۰۳۴ گرم) به دست آمد که نسبت به تیمارهای Y211A1 و Y212A1 از نظر



شکل (۱۲): مقایسه عملکرد نهایی تحت تنش آبی و مصرف سوپرجاذب

شکل (۱۳): مقایسه بهره‌وری آب تحت تنش آبی و مصرف سوپرجاذب



۱/۸ عدد مشاهده شد و با افزایش مصرف سوپرجاذب به A2 و A3 تعداد پاجوش‌ها به ترتیب ۱۵۰ و ۲۷۰ درصد افزایش یافت. در بین تیمارهای آبیاری، بیشترین و کمترین عرض برگ به ترتیب در I3 (با متوسط ۸۵ میلی‌متر) و I2 (با متوسط ۷۷ میلی‌متر) به دست آمد. بیشترین وزن برگ در تیمار I3 مشاهده شد که نسبت به دو تیمار I1 و I2 به ترتیب ۶ و ۲۲/۴ درصد بیشتر بود. در بین تیمارهای آبیاری، بیشترین وزن ژل با متوسط ۱۱۷/۶ گرم در تیمار آبیاری I3 مشاهده شد و این مقدار نسبت به دو تیمار I1 و I2 به ترتیب ۱۵/۳ و ۳۵/۸ درصد بیشتر بود. با اعمال تنش آبی، از تعداد برگ کاسته شد به طوری که بیشترین تعداد برگ در تیمار I3 (با متوسط ۷/۴) و کمترین تعداد برگ در تیمار I1 (با متوسط ۵/۱) مشاهده شد. اختلاف بین تعداد پاجوش در این تیمار با I2 و I3 به ترتیب ۲۲/۶ و ۳۰/۰ درصد به دست آمد. براساس کلیه نتایج، تیمار Y213A2 به دلیل وزن ژل و عملکرد بیشتر پیشنهاد می‌شود. همچنین، اگر تکثیر این گیاه مد نظر باشد، تیمار Y111A3 به دلیل تعداد پاجوش بیشتر به عنوان تیمار مناسب پیشنهاد معرفی می‌شود.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش به بررسی اثر مقادیر مختلف آب آبیاری و سوپرجاذب بر عملکرد و اجزای عملکرد آلوده‌ورا در دو نوبت برداشت پرداخته شد. مقایسه‌ی میانگین‌های طول برگ در تیمارهای مختلف نشان داد که طول برگ در برداشت دوم ۲۶/۸ درصد بیشتر از برداشت نخست بود. متوسط عرض برگ، وزن برگ، وزن ژل، تعداد برگ و تعداد پاجوش در برداشت دوم به ترتیب ۲۵/۱، ۲۵/۵، ۲۷/۰، ۲۴/۱ و ۱۷/۵ درصد به دست آمد. افزایش مصرف سوپرجاذب سبب افزایش طول برگ گردید به طوری که اختلاف بین طول برگ در دو تیمار A2 و A3 حدود ۳/۴ درصد و بین دو تیمار A1 و A3 حدود ۶/۹ درصد به دست آمد. با افزایش مصرف سوپرجاذب عرض برگ افزایش یافت و مقدار آن از ۷۹ میلی‌متر در تیمار A1 به ۸۳ میلی‌متر در تیمار A3 رسید. افزایش مصرف سوپرجاذب سبب افزایش وزن برگ از ۱۶۵ گرم (در تیمار A1) به ۲۱۷ گرم (در تیمار A3) شد. با افزایش مصرف سوپرجاذب تعداد پاجوش نیز افزایش یافت. این پارامتر در تیمار A1 حدود

منابع

- احمدی، ۱۳۹۳. اثر ژئولیت بر حاصلخیزی و کاهش آبشویی نیترات از خاک شور تحت کشت زعفران، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه بیرجند.
- احمدی، م.، خاشعی سیوکی، ع.، شهیدی، ع. ۱۳۹۳. تأثیر آب مغناطیسی و نوع ژئولیت طبیعی کلینوپتیلولایت بر مولفه‌های رشد لوبیای سبز (*Phaseolus vulgaris* L). آبیاری و زهکشی ایران. ۸(۲-۴۶): ۳۹۳-۴۰۱.
- اگدرنژاد، ا.، ابراهیمی‌پاک، ن. ع.، تافته، آ.، احمدی، م. ۱۳۹۷. برنامه‌ریزی آبیاری کلزا با استفاده از مدل AquaCrop در دشت قزوین. مدیریت آب در کشاورزی. ۵(۲-۱۰): ۵۳-۶۴.
- حضرتی، س.، طهماسبی سروسستانی، ز.، و صادقی بختوری، ا. ۱۳۹۶. ارزیابی اثر ژئولیت بر گیاه دارویی صبر زرد (*Aloe barbadensis* Miller). رشد کرده در شرایط تنش آبی. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۳۳(۴): ۵۳۵-۵۳۵.
- خاشعی سیوکی و احمدی، ۱۳۹۴. ژئولیت‌ها؛ معرفی، خواص و کاربرد آن، انتشارات دانشگاه بیرجند.
- سرطاوی، ک. ۱۳۸۵. کاشت گیاه دارویی صبر زرد. مدیریت ترویج و مشارکت مردمی با همکاری مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی بوشهر، ۱۶ صفحه.
- کدوری، م. ر.، شریفی عاشورآبادی، ا.، و غنچه‌ای، م. ۱۳۹۳. بررسی تأثیر زمان کاشت بر استقرار و سازگاری گیاه صبر 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): ۱-۸.
- یعقوب‌زاده، م.، احمدی، م.، برومند نسب، س.، و حقایقی مقدم، 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): ۵۲۳-۵۱۱.
- یعقوب‌زاده، م.، احمدی، م.، سیدکابلی، ح.، زمانی، غ.، و امیرآبادی‌زاده، م. ۱۳۹۶. ارزیابی اثر تغییر اقلیم بر خشکسالی کشاورزی به کمک شاخص‌های ETDI و SPI. پژوهش‌های حفاظت آب و خاک. ۲۴(۴): ۴۳-۶۱.
- Abad, M., P. Noguera, R. Puchades, A. Maquieira and V. Noguera. 2002. Physico-chemical and chemical properties of some coconut dusts for use as a peat substitute for containerized ornamental plants. *Bioresour. Technol.* 82: 241-245.
- 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.
- 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 A.H. Kassam. 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 C.A.M. Van Schooten. 1992. 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.
- Hernandez, L.R., R. Rodriguez-Garcia, D.J. de Rodriguez and J.L. Angulo-Sanchez. 2002. *Aloe vera* response to plastic mulch and nitrogen. *Purdue University*, pp. 570-574.
- 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 A. Rezvani Aghdam. 2015. Investigation of different irrigation regimes on the morphological factors of *Aloe vera*. *Intl. J. Agri. Crop Sci.* 8 (3): 412-418.



- Lüttge, U., 2004. Ecophysiology of crassulacean acid metabolism (CAM). *Annals of Botany*, 93: 629-652.
- Morton, J. F., 1961. Folk uses and commercial exploitation of Aloe leaf pulp. *Economic Botany*, 15(4): 311-319.
- 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 levels. *Environmental and Experimental Botany*, 44: 133-139.
- 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 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.
- Salighehdar F, Safari A R, Molaahmad Nalouisi A, and Avestan S. 2016. The effect of different ratios of peat and perlite on quantitative and qualitative characteristics of Aloe vera grown in hydroponic system. *JSPI*. 7 (2) :113-124.
- 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.