

EXTENDED ABSTRACT

The Effect of Different Management of Sub-surface Irrigation on Water Productivity, Yield and Yield Component of Sugarcane (Var. CP69-1062)

E. Zanganeh Yusef Abadi¹, A. R. Hooshmand^{2*}, A. A. Naseri³, S. Boroomand Nasab⁴ and M. Parvizi⁵

1- Ph.D. student of irrigation and drainage, Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz.

2*- Corresponding Author, Associate Professor of Irrigation and Drainage Department, Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz (hooshmand_a@scu.ac.ir)

3- Professors of Irrigation and Drainage Department, Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz.

4- Professors of Irrigation and Drainage Department, Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz.

5- Director of Breeding and Biotechnology Department, Sugarcane and Byproducts Research and Training Institute of Khuzestan.

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 11 March 2018

Revised: 5 September 2018

Accepted: 11 September 2018

Keywords:

Dripper spacing, dripper depth, quantitative and qualitative yield of sugarcane.

TO CITE THIS ARTICLE :

Zanganeh Yusef Abadi, E., Hooshmand, A., Naseri, A., Boroomand-Nasab, S., Parvizi, M. (2021). 'The Effect of Different Management of Sub-surface Irrigation on Water Productivity, Yield and Yield Component of Sugarcane (Var. CP69-1062)', *Irrigation Sciences and Engineering*, 44(1), pp. 1-15. doi: 10.22055/jise.2018.25258.1747.

Introduction

Sugarcane (*Saccharum officinarum*) is a perennial plant from graminea family that has high commercial and nutrient values for producing sugar (Abdollahi, 2009). In addition, special attention has been given to sugarcane cultivation in Iran because of its many applications in food, medicine and chemical industries. In this line, a large number of areas in Khuzestan (about 100,000 ha) is under cultivation of this plant (Abbasi & Sheini, 2017). Due to having a long duration especially in the hot season as well as high evaporation and evapotranspiration, it is classified as a high water requiring plant (Singh et al., 2018, Bhingardeva et al., 2017). For this reason, it is cultivated in areas with high amounts of rainfall (Abbasi & Sheini, 2017). Since furrow irrigation is used to supply water requirement of sugarcane, it leads to a decrease of irrigation efficiency. The sub-surface drip irrigation system, as a system set up under the soil, plays a better role in controlling salinity and deep percolation compared to drip irrigation. This method saves water by applying water in the root zone and decreasing deep percolation. So, it increases irrigation water productivity (Camp, 1998; Lamm & Trooien, 2003; Lamm & Camp, 2007). Due to scarcity of water resources in Iran, it is necessary to evaluate the effect of sub-surface irrigation system on sugarcane. Therefore, the objectives of this study were to achieve yield and yield component variation under different dripper spacings and depths in the sub-surface drip irrigation system.

Methodology

This research was conducted at Khuzestan Sugarcane and By-products Research and Training Institute with an area of 0.82 ha located at latitude 30° 59' N and longitude 48° 32' E with an elevation

of 6.6 m. Treatments consisted of dripper spacing in sub-main pipe (L1: 30 cm, with discharge of 2.2 l.h⁻¹, and L2: 50 cm, with discharge 3.8 l.h⁻¹) and dripper depth (D1: 15 cm, D2: 25 cm, and D3: 35 cm) with six blocks as a strip split plot in randomized complete block design. The impermeable layer was up, hence two blocks of each treatment were not studied. Each plot had three furrows with two rows. Pipes with a diameter of 16 mm were set in the middle of each furrow. In-line pressure-compensated PC2 drippers were used for irrigation. Sugarcane (*Var.* CP69-1062) was cultivated on October 2016 and was harvested on November 2017 and all the process was done manually. For removing the marginal effects, 10 meters of mid furrows was manually harvested and weighted. Then 20 stems were randomly selected and the height of stem, the biomass weight and the net stem weight were measured. Then, the samples were transferred to the laboratory for extraction. Percentage of sucrose in juice (pol) was measured using saccharimeter by applying a correction factor. Percentage of soluble solids in juice (brix) was measured using refractometer. Finally, the following equations were used to determine sugar quality and yield:

$$Pty = \frac{Pol}{BRIX} \quad (1)$$

$$Q.R = \frac{P.F}{Pol} \quad (2)$$

$$PSS = \frac{100}{Q.R} \quad (3)$$

$$RS = 0.83PSS \quad (4)$$

$$NSY = SY \times RS \quad (5)$$

$$GSY = SY \times PSS \quad (6)$$

where Pty is the purity of sugar, P.F is the correction factor for purity, Q.R is the quality of sugar, PSS is the percentage of gross sugar, RS is the percentage of recoverable sugar, NSY is the sugar yield (ton.ha⁻¹), GSY is the gross sugar yield (ton.ha⁻¹), and SY is the stem yield (ton.ha⁻¹). In order to determine biomass water productivity and sugar water productivity, the following equations were used:

$$WP_b = \frac{Y_b}{V_{IRR}} \quad (7)$$

$$WP_s = \frac{NSY}{V_{IRR}} \quad (8)$$

where WP_b is the biomass water productivity (kg.m⁻³), WPs is the sugar water productivity (kg.m⁻³), Y_b is the biological yield (kg.ha⁻¹), NSY is the sugar yield (kg.ha⁻¹), and V_{IRR} is the volume of irrigation water (m³.ha⁻¹).

After collecting the data, statistical analysis was done with ANOVA by SPSS 24 software. Then mean comparison was done by the Duncan test.

Results and discussion

The results showed that dripper depth had a significant effect on the height of stem, biomass yield, water productivity of sugarcane biomass, net stem yield, gross sugarcane yield, net sugarcane yield and sugarcane water productivity (p-value≤0.05). Also, dripper spacing had a significant effect on

biomass yield, sugarcane water productivity, and net stem yield ($p\text{-value}\leq 0.05$). Interactions between dripper depth and spacing had significant effects ($p\text{-value}\leq 0.05$) on biomass yield, net stem yield and sugarcane water productivity. The results revealed that D2L1 had the highest biomass yield ($142.73\text{ ton}\cdot\text{ha}^{-1}$). In addition, the highest net stem yield and water productivity were observed for the mentioned treatments. These values were $124.40\text{ ton}\cdot\text{ha}^{-1}$ and $5.6\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, respectively. The values obtained for this treatment were significantly different as compared to D2L2, D3L1 and D3L2. It might be due to the moistening of a large area of root zone as compared with other treatments. It decreased moisture loss as evaporation and deep percolation.

Conclusion

Based on the results, the pipe depth of 25 cm and the dripper spacing of 30 cm were the suitable options to set drippers for irrigation of sugarcane in subsurface drip irrigation system. Nevertheless, no significant difference was observed among the treatments for technological yield (percentage of sucrose in juice and soluble solids in juice, purity and sugar percentage), sugarcane yield and sugarcane water productivity. Therefore, further research is recommended to evaluate the effect of depth and spacing for other varieties under different conditions.

Acknowledgments

The authors of this article thank Mr. Derakhshan Zade, CEO of Khuzestan Sugarcane and Byproducts Research and Training Institute, and Dr. Ahmad pour planning director of Khuzestan Sugarcane and Byproducts Research and Training Institute, for financing this research and cooperating in the operation stages of the project.

References

- 1- Abbasi, F. and Sheini Dashtegol, A., 2017. Evaluating and Improving the Sugarcane Furrow Irrigation Management in Khuzestan. *Water and soil sci.* 26(2,4), pp.109-121. (In Persian)
- 2- Abd Abdollahi, L., 2009. A revision of sugarcane fertilizer irrigation management and integration of domestic and foreign experience and using plant models predict. *Shekarshekan Magazine.* (In Persian)
- 3- Bhingardev S.D., et al., 2017. Water Productivity in Sugarcane under Subsurface Drip Irrigation. *International Journal of Agriculture Sciences*, 9(29), pp.-4377-4381.
- 4- Camp, C.R., 1998. Subsurface drip irrigation: a review. *Transactions of the ASAE*, 41(5), p.1353.
- 5- Lamm, F.R. and Trooien, T.P., 2003. Subsurface drip irrigation for corn production: a review of 10 years of research in Kansas. *Irrigation Science*, 22(3-4), pp.195-200.
- 6- Lamm, F.R. and Camp, C.R., 2007. Subsurface drip irrigation. In *Developments in Agricultural Engineering*, Chapter13, pp. 473-551. Elsevier.
- 7- Singh, I., Verma, R.R. and Srivastava, T.K., 2018. Growth, Yield, Irrigation Water Use Efficiency, Juice Quality and Economics of Sugarcane in Pusa Hydrogel Application Under Different Irrigation Scheduling. *Sugar Tech*, 20(1), pp.29-35.



تأثیر مدیریت های مختلف آبیاری قطره‌ای زیرسطحی بر بهره‌وری آب آبیاری، عملکرد و اجزای عملکرد نیشکر رقم CP69-1062

الهام زنگنه یوسف آبادی¹، عبدالرحیم هوشمند^{2*}، عبدعلی ناصری³، سعید برومند نسب⁴ و مسعود پرویزی⁵

- 1- دانشجوی دکتری، گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز.
- 2- نویسنده مسئول، دانشیار دانشکده مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز، (hooshmand_a@scu.ac.ir)
- 3- استاد گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز.
- 4- استاد گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز.
- 5- مدیریت به‌نژادی و بیوتکنولوژی موسسه تحقیقات و آموزش توسعه نیشکر و صنایع جانبی.

پذیرش: 1397/6/20

بازنگری: 1397/6/14

دریافت: 1396/12/20

چکیده

محدودیت منابع آب در دسترس در سال‌های اخیر سبب توجه به استفاده از روش‌های نوین آبیاری برای افزایش بهره‌وری مصرف آب در بخش کشاورزی شده است. به همین منظور برای بررسی اثر مدیریت‌های مختلف آبیاری قطره‌ای زیرسطحی بر عملکرد و اجزای عملکرد نیشکر و تعیین بهره‌وری آب آبیاری، پژوهشی با سه تیمار عمق قرارگیری لوله‌های آبیاری (D1 : 15 سانتی‌متری، D2 : 25 سانتی‌متری و D3 : 35 سانتی‌متری) و دو فاصله قرارگیری قطره‌چکان (L1 : 30 سانتی‌متر و L2 : 50 سانتی‌متر) در چهار تکرار، به صورت کرت‌های نواری خرد شده در قالب بلوک‌های کاملاً تصادفی در ایستگاه تحقیقاتی شماره یک موسسه تحقیقات و آموزش توسعه نیشکر خوزستان انجام گرفت. نتایج نشان داد از نظر عملکرد زیست‌توده و بهره‌وری آب آبیاری نیشکر رقم CP69-1062 تیمار D2L1 نسبت به سایر تیمارها دارای برتری بود. بیشترین عملکرد زیست‌توده و بیشترین بهره‌وری آب آبیاری در تولید زیست‌توده نیشکر برای تیمار D2L1 حاصل شد که این مقادیر به ترتیب برابر 142/73 تن در هکتار و 6/8 کیلوگرم بر مترمکعب بود. از نظر عملکرد کیفی و عملکرد شکر تولیدی و بهره‌وری آب آبیاری در تولید شکر بین تیمارهای این تحقیق در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. با توجه به نتایج این پژوهش استفاده از عمق 25 سانتی‌متر و فاصله قطره‌چکان 30 سانتی‌متر در روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی نیشکر در جنوب خوزستان مناسب به نظر می‌رسد، لیکن انجام تحقیقات بیشتر برای بررسی اثر دو فاکتور عمق و فاصله قطره‌چکان برای سایر ارقام و در شرایط متفاوت پیشنهاد می‌شود.

کلید واژه‌ها: فاصله قطره چکان ها، عمق کارگزاری قطره چکان ها، عملکرد کمی و کیفی نیشکر.

مقدمه

نیشکر به دلیل دوره داشت طولانی، که طی آن گیاه جوان و حساس بوده، هم‌زمانی دوره داشت با گرمای تابستان و بالا بودن تبخیر در کلاس گیاهانی قرار می‌گیرد که در طول دوره رشد خود به آب فراوانی احتیاج دارد (Bhingardeva ; Singh et al., 2018)؛ (Degefa et al., 2016؛ et al., 2017). در اراضی تحت کشت نیشکر در استان خوزستان، آبیاری جوی و پشته به دلیل هزینه کمتر نسبت به سایر روش‌ها و قابلیت استفاده در اراضی با شیب کم مورد استفاده قرار می‌گیرد، این در حالی است که در سال‌های اخیر تلفات آب از طریق نفوذ عمقی و اثرات زیست‌محیطی ناشی از آن بیش از

نیشکر (*Saccharum officinarum*) گیاهی چند ساله از تیره غلات است که با توجه به عملکرد آن در تولید شکر، ارزش غذایی و تجاری بالایی دارد (Abdollahi, 2009). علی‌رغم این، مصارف دیگر این گیاه در صنایع غذایی، دارویی و شیمیایی سبب شده است تا به کشت آن در کشور توجه ویژه‌ای به عمل آید (Khodabande, 1987). بر این اساس، چندین سال است که در استان خوزستان، بالغ بر صد هزار هکتار از اراضی این استان در هفت کشت و صنعت زیر کشت نیشکر قرار گرفته است (Abbasi and Sheini, 2017).

عملکرد کاهش یافت. مقادیر پل و بازده شکر برای تیمارهای مختلف از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نداشت.

با توجه به سابقه تحقیق و وضعیت منابع آب ایران، تحقیق حاضر با هدف بررسی اثر آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در شرایط مختلف از نظر فاصله و عمق کارگزاری قطره چکان‌ها بر روی خصوصیات کمی و کیفی نیشکر و همچنین کارایی مصرف آب، در استان خوزستان انجام شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه و طرح آزمایشی

این تحقیق در ایستگاه تحقیقاتی شماره یک مؤسسه تحقیقات و آموزش نیشکر خوزستان با مساحت حدود یک هکتار واقع در طول جغرافیایی 48 درجه و 32 شرقی و عرض جغرافیایی 30 درجه و 59 دقیقه شمالی با ارتفاع 6/603 متر از سطح دریا انجام شد. پارامترهای هواشناسی از ایستگاه هواشناسی کشت و صنعت حکیم فارابی که به فاصله حدود پنج کیلومتر از محل اجرای طرح قرار دارد، دریافت شد. مقادیر روزانه پارامترهای هواشناسی در طول دوره تحقیق در جدول (1) ارائه شده است.

آزمایش حاضر به صورت کرت‌های خرد شده نواری و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شد. تیمارهای این تحقیق شامل فاصله قطره‌چکان روی لوله فرعی (شامل فواصل L1: 30 سانتی‌متر با دبی 2/2 لیتر در ساعت و L2: 50 سانتی‌متر با دبی 3/8 لیتر در ساعت) و سه عمق قرارگیری قطره‌چکان‌ها (شامل D1: 15 سانتی‌متر، D2: 25 سانتی‌متر و D3: 35 سانتی‌متر) بود. این طرح متشکل از چهار تکرار بود. هر کرت دارای سه جویچه دو ردیفه و لوله‌های آبدۀ با قطر 16 میلی‌متر در وسط دو ردیف بود. قطره‌چکان‌ها از نوع داخل خط تنظیم‌کننده فشار PC2 یورو درپ بودند و با توجه به فواصل مختلف قطره‌چکان‌ها، انتخاب دبی به گونه‌ای بود که همه پلات‌ها به یک اندازه آب دریافت کنند. پیش از آزمایش، به منظور تعیین خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک از 5 نقطه زمین (به شکل W) از اعماق 0-30، 30-60 و 60-90 سانتی‌متری، نمونه برداری انجام شد و نمونه مرکب تهیه شد. مشخصات آزمایش خاک در جدول (2) ارائه شده است.

در این آزمایش از نیشکر واریته CP69-1062 استفاده شد. کشت در تاریخ 1395/07/13 به صورت دستی و دو ردیفه با تراکم چهار الی شش قلمه 50 سانتی‌متری در هر مترمربع انجام گردید. برداشت محصول نیز در تاریخ 1396/08/29 انجام شد.

برنامه ریزی آبیاری و کودآبیاری

منبع تأمین آب، رودخانه کارون بود که توسط ایستگاه پمپاژ به محل مزرعه منتقل می‌شد. شوری آب آبیاری بین 1/9 دسی زیمنس

پیش مورد توجه قرار گرفته است (Sheynidashtgol et al., 2012).

روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با کاربرد آب در ناحیه ریشه و حذف رواناب و کاهش تلفات نفوذ عمقی، سبب صرفه جویی در مصرف آب می‌شود و به همین دلیل موجب افزایش بهره‌وری آب آبیاری می‌گردد (Lamm and Trooien, 2003؛ Camp, 1998). (Camp, 2007).

تحقیقات محدودی نیز با استفاده از این روش برای کشت نیشکر انجام شده است که از این جمله می‌توان به مطالعه‌های Bhingardev et al. (2017) اشاره کرد. این محققان میزان آب مصرفی در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی نیشکر نسبت به آبیاری قطره‌ای سطحی را 13 تا 32 درصد و نسبت به آبیاری سطحی جوی و پشته 62/37 درصد کمتر گزارش کردند. همچنین گزارش کردند که بهره‌وری آب آبیاری در روش قطره‌ای زیرسطحی 24/2-28/5 درصد بیشتر از قطره‌ای سطحی و 73/69-75/18 درصد بیشتر از آبیاری سطحی جوی و پشته بود. در تحقیقی دیگر، Dos Santos et al. (2016) در یک مزرعه تحقیقاتی در برزیل، اثر آبیاری قطره‌ای زیرسطحی را با استفاده از فاضلاب تصفیه شده و آب شیرین و کاربرد دو عمق 0/2 متر و 0/4 متر در کشت نیشکر مورد بررسی قرار دادند. این محققان گزارش کردند که قرار گرفتن قطره‌چکان‌ها در عمق 0/2 متر سبب افزایش رطوبت در ناحیه ریشه و کاهش تلفات آب (تبخیر و نفوذ عمقی) شد.

Andrade Junior et al. (2017) با هدف ارزیابی عملکرد نیشکر در شرایط بیش آبیاری، آبیاری کامل و کم آبیاری با استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، پژوهشی را در طی سه سال در برزیل انجام دادند. از میان ارقام مورد آزمایش رقم RB862962 با عملکرد 162/3 تن در هکتار و رقم RB867515 با عملکرد 158/5 تن در هکتار در همه رژیم‌های آبیاری و در کشت‌های پلنت و راتون سازگاری بهتری با سیستم قطره‌ای زیرسطحی داشتند. Célia de Matos Pires et al. (2014) در سائوپائولو برزیل اثر آبیاری قطره‌ای زیرسطحی را در کشت یک ردیفه با دو فاصله و کشت دو ردیفه روی بازده و کیفیت نیشکر بررسی کردند. Leandro (2014) اثر سه فاصله قطره‌چکان شامل 31 سانتی‌متر، 46 سانتی‌متر و 61 سانتی‌متر با دبی‌های 0/79، 0/78 و 1/11 لیتر در ساعت روی جذب آب و عملکرد نیشکر رقم CP78-1628 در شهرستان مارتین فلوریدا را با استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی مورد بررسی قرار دادند. نتایج این تحقیق حاکی از این بود که با افزایش فاصله بین قطره‌چکان‌ها رطوبت حجمی از سطح به عمق کاهش داشت. در این تحقیق فاصله 31 سانتی‌متری بالاترین عملکرد زیست‌توده (94/7 تن در هکتار) را داشت و با افزایش فاصله

قطره‌ای زیرسطحی صورت گرفت. در طول دوره رشد به دلیل افزایش شوری خاک دو نوبت آبیاری با روش آبیاری سطحی صورت گرفت و حجم آب آبیاری و آب مورد استفاده در عملیات آبیاری توسط کنتور حجمی ثبت گردید. مقادیر ماهانه آب آبیاری در جدول (5) ارائه شده است. این مقادیر، بدون احتساب آب مصرفی در عملیات آبیاری در ماه های خرداد و مهر می باشد. نیتروژن مورد نیاز گیاه از منبع کود اوره به میزان 350 کیلوگرم در هکتار به صورت کودآبیاری طی هفت نوبت در اختیار گیاه قرار گرفت.

اندازه‌گیری عملکرد و اجزای عملکرد

برای برآورد عملکرد، در پلات‌های به طول ده متر از جویچه میانی، نیشکر به صورت دستی بریده شد و تعداد ساقه‌ها شمارش و توزین گردید و سپس این مقادیر به تن در هکتار تعمیم داده شد.

بر متر تا 2/75 دسی زیمنس بر متر در ماه‌های مختلف متغیر بود. جدول (3) خصوصیات کیفی آب آبیاری را در ماه حداکثر مصرف (تیرماه 96) نشان می دهد. در این تحقیق نیاز آبیاری تیمارها بر اساس تبخیر و تعرق گیاه نیشکر و دور آبیاری تعیین شد (Célia de Matos Pires et al., 2014). به همین منظور برای محاسبه تبخیر و تعرق گیاه (ET_c) از داده‌های تبخیر از تشت کلاس A آمریکایی ایستگاه هواشناسی کشت و صنعت حکیم فارابی (ET₀) و ضرایب گیاهی (Kc) بدست آمده از داده‌های لایسیمتری موسسه تحقیقات و آموزش نیشکر برای رقم CP69-1062 در سال‌های 1395-1393 استفاده گردید (Shokri et al., 1998). مقادیر ضرایب گیاهی و تبخیر و تعرق استاندارد گیاه نیشکر در جدول (4) ارائه شده است. در ابتدای فصل کشت سه نوبت آبیاری به روش سطحی انجام شد تا گیاه نیشکر مرحله جوانه زنی و استقرار اولیه را بگذراند و پس از آن از نیمه آبان، آبیاری به روش

جدول 1- پارامترهای آب و هوایی در طول دوره تحقیق

Table1- Climatic parameters during the research period

Month/year	Monthly rainfall (mm)	monthly Average of maximum temperature (°C)	monthly Average of minimum temperature (°C)	Monthly evaporation (mm)
Oct-Nov2016	0	31.2	12.7	125.5
Nov-Dec2016	42.7	20.4	6.4	49.6
Dec2016-Jan2017	3.2	20.5	6.9	47.5
Jan -Feb2017	5	19.6	5.7	52.1
Feb -Mar2017	25.7	25.3	9.9	70.2
Mar-Apr2017	23	30.7	16.3	110.2
Apr-May2017	0	39.5	21.4	376.6
May-Jun2017	0	43.8	23.5	539
Jun-Jul2017	0	45.7	25.3	524.1
Jul-Agu2017	0	46	25.9	394.8
Agu-Sep2017	0	44.2	23.6	331
Sep-Oct2017	0	38.6	18.3	253.3
Oct-Nov2017	0.8	31.9	14.2	176.5
Total	100.4	-	-	3161.4

جدول 2- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک

Table2- Soil physical and chemical properties

Soil depth	Soil texture	EC (dS/m)	pH	SAR	Meq/lit						
					Mg ²⁺	Ca ²⁺	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	So ₄ ²⁻
0-30	Silty Clay Loam	4.7	7.17	9.09	9.12	14.9	31.52	0.2	2.1	26	27.37
30-60	Silty Clay Loam	5.08	7.03	11.02	7.86	14.64	36.96	0.28	1.42	29	26.49
60-90	Silty Clay Loam	5.38	7.15	11.36	8.08	15.93	39.35	0.3	1.22	27	34.56

جدول 3- مقادیر متوسط خصوصیات کیفی آب آبیاری در ماه حداکثر مصرف

Table3- Average values of irrigation water quality at peak consumption

Mg ²⁺	Ca ²⁺	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	So ₄ ²⁻	SAR	pH	EC(dS/m)
meq/lit									
3.86	4.18	14.86	0.069	4.14	7.25	9.33	7.4	7.56	2.1

جدول 4- مقادیر ماهانه تبخیر و تعرق گیاه مرجع و ضرایب گیاهی
 Table4-Monthly reference evapotranspiration and crop coefficient values

month	Feb -Mar	Jan -Feb	Dec-Jan	Nov-Dec	Oct-Nov	Sep-Oct	Agu-Sep	Jul-Agu	Jun-Jul	May-Jun	Apr-May	Mar-Apr
K _c	0.68	0.52	0.47	0.54	0.65	0.77	1.03	1.12	1.21	1.09	0.87	0.7
ET ₀ (mm/day)	1.2	0.56	0.43	0.55	2.63	4.74	8.25	11	15.95	14.78	8.14	1.9

جدول 5- مقادیر ماهانه حجم آب آبیاری
 Table 5- Monthly values of irrigation water

month	Sep- Oct 2016	Oct- Nov 2016	Nov- Dec 2016	Dec2 016- Jan20 17	Jan – Feb 2017	Feb – Mar 2017	Mar- Apr 2017	Apr- May 2017	May- Jun 2017	Jun- Jul 2017	Jul- Agu 2017	Agu- Sep 2017	Sep-Oct 2017	Oct- Nov 2017
Irrigation water (m ³ / ha)	1165	442.3	97.56	103.6 6	243.9 0	322	724.4	2503. 2	2900	3310	2150	1900	1158	640

$$WP_s = \frac{NSY}{V_{IRR}} \quad (8)$$

که در این روابط:

WP_b : بهره‌وری آب آبیاری در تولید زیست‌توده نیشکر (کیلوگرم بر مترمکعب)
 WP_s : بهره‌وری آب آبیاری در تولید شکر (کیلوگرم بر مترمکعب)
 Y_b : عملکرد بیولوژیکی (کیلوگرم بر هکتار)
 NYS : عملکرد شکر (کیلوگرم بر هکتار)
 V_{IRR} : حجم آب آبیاری (متر مکعب بر هکتار)

تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه واریانس داده‌های تحقیق از روش ANOVA با استفاده از نرم افزار آماری SPSS Ver.24 صورت گرفت. سپس مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح آماري پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس در جدول (6) نشان داد که عمق قطره‌چکان بر ارتفاع ساقه، عملکرد زیست‌توده، بهره‌وری آب آبیاری زیست‌توده نیشکر، عملکرد خالص ساقه، عملکرد ناخالص شکر، عملکرد خالص شکر و بهره‌وری آب آبیاری شکر اثر معنی‌دار داشت ($P \leq 0.05$).

هم‌چنین فاصله قطره‌چکان بر عوامل عملکرد زیست‌توده، بهره‌وری آب آبیاری زیست‌توده نیشکر، عملکرد خالص ساقه و بهره‌وری آب آبیاری شکر اثر معنی‌دار داشت ($P \leq 0.05$). با این وجود اثر متقابل عمق و فاصله قطره‌چکان تنها بر عملکرد زیست‌توده، عملکرد خالص ساقه و بهره‌وری آب آبیاری زیست‌توده نیشکر اثر معنی‌دار داشت ($P \leq 0.05$).

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که ارتفاع ساقه با افزایش فاصله قطره‌چکان به میزان 5/26 درصد کاهش یافت و این تغییرات در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول 7). به‌همین ترتیب عملکرد خالص ساقه با افزایش فاصله قطره‌چکان به میزان 0/9 درصد کاهش یافت. زیست‌توده نیز با افزایش فاصله قطره‌چکان به میزان 7/64 درصد کاهش یافت ($p < 0.05$). علت این نتایج ناشی از افزایش فاصله قطره‌چکان‌ها از 30 سانتی‌متر به 50 سانتی‌متر بود. بدین ترتیب به‌علت کاهش همپوشانی رطوبتی در فاصله بین دو قطره‌چکان، غلظت املاح افزایش و جذب آب توسط گیاه کاهش یافته است. به همین دلیل رشد و عملکرد زیست‌توده کاهش یافته است. نتایج مشابهی توسط Leandro (2014) برای نیشکر گزارش شده است.

سپس برای اندازه‌گیری اجزای عملکرد، از میان تمامی نی‌های بریده شده هر کرت، 20 نی به‌طور تصادفی انتخاب و پارامترهای ارتفاع ساقه، وزن زیست‌توده و وزن خالص ساقه اندازه‌گیری گردید. سپس نمونه‌ها برای عصاره‌گیری به آزمایشگاه انتقال داده شدند. درصد قند عصاره نیشکر (pol) توسط دستگاه ساکاری‌متر و با کمک یک ضریب اصلاحی به‌دست آمدند. سپس درصد مواد جامد محلول در عصاره (brix) توسط دستگاه رفاکومتر اندازه‌گیری شد. فاکتورهای کیفی شربت و در نهایت عملکرد شکر به ترتیب توسط رابطه‌های (1) تا (6) به دست آمدند (Cunha et al., 2016).

$$Pty = \frac{Pol}{BRIX} \quad (1)$$

$$Q.R = \frac{P.F}{Pol} \quad (2)$$

$$PSS = \frac{100}{Q.R} \quad (3)$$

$$R.S = 0.83PSS \quad (4)$$

$$NSY = SY \times RS \quad (5)$$

$$GSY = SY \times PSS \quad (6)$$

که در روابط فوق:

Pty: درجه خلوص شربت یا پیوریتی

P.F: ضریب تصحیح درصد خلوص

Q.R: نسبت کیفیت

PSS: درصد شکر ناخالص موجود در ساقه (درصد)

RS: درصد شکر قابل استحصال (درصد)

NSY: عملکرد خالص شکر (تن در هکتار)

GSY: عملکرد ناخالص شکر (تن در هکتار)

SY: عملکرد خالص ساقه (تن در هکتار)

برای محاسبه شاخص بهره‌وری آب آبیاری در تولید زیست‌توده و شکر در تیمارهای مختلف به ترتیب از رابطه‌های (7) و (8) استفاده شد.

$$WP_b = \frac{Y_b}{V_{IRR}} \quad (7)$$

جدول 6- تجزیه واریانس صفات کمی و کیفی نیشکر رقم CP69-1062 و بهره‌وری آب آبیاری در تولید نیشکر و شکر در تیمارهای آزمایشی

Table6- Analysis of variance of quantitative and qualitative characteristics of sugarcane cultivar CP69-1062 and irrigation water efficiency in sugarcane and sugar production in experimental treatments

Source of variation	df	Mean of square										
		Stem height	Biomass yield	Net yield of stem	Percentage of sucrose in juice	percentage of soluble solids in juice	Percentage of purity	Percentage of recoverable sugar	Gross sugar yield	Net sugar yield	Water productivity of sugar	Water productivity of sugarcane
Block(repeat)	3	*3479.4	*322.04	*202.7	* 18.19	*19.08	14.09 ^{ns}	*8.06	*25.5	*17.5	*0.027	*0.49
depth of dripper	2	*2732.1	*1049.2	*855	4.39 ^{ns}	4 ^{ns}	10.03 ^{ns}	2.18 ^{ns}	*21.49	*14.85	*0.023	*1.6
first error	6	*403.7	*279.87	*222.3	2.44 ^{ns}	2.36 ^{ns}	4.56 ^{ns}	1.18 ^{ns}	9.15 ^{ns}	6.3 ^{ns}	0.01 ^{ns}	*0.43
distance of dripper	1	767.7 ^{ns}	*559.7	*433.47	1.83 ^{ns}	2.49 ^{ns}	0.18 ^{ns}	0.68 ^{ns}	11.3 ^{ns}	7.95 ^{ns}	0.012 ^{ns}	*0.86
second error	3	137.6 ^{ns}	66.47 ^{ns}	30.23 ^{ns}	1.63 ^{ns}	1.54 ^{ns}	5.46 ^{ns}	0.84 ^{ns}	2.61 ^{ns}	1.81 ^{ns}	0.003 ^{ns}	0.1 ^{ns}
depth and distance of dripper	2	226.2 ^{ns}	281.12*	*280.27	0.38 ^{ns}	0.17 ^{ns}	1.66 ^{ns}	0.26 ^{ns}	2.46 ^{ns}	1.79 ^{ns}	0.003 ^{ns}	0.43*
Main error	6	89.29	51.53	31.09	2.29	1.67	8.58	1.29	3.26	2.26	0.003	0.079
Coefficient of variation	-	4.52	5.89	5.29	8.83	6.39	3.46	11.01	13.62	13.66	13.42	5.86

** , * and respectively are significantly at the level of one percent, five percent and no significantly.

جدول 7- مقایسه‌ی میانگین صفات کمی و کیفی نیشکر رقم CP69-1062 و بهره‌وری آب آبیاری در تولید نیشکر و شکر تیمارهای آزمایشی فاصله قرارگیری قطره‌چکان
Table 7- Comparison of the mean of quantitative and qualitative properties of sugarcane cultivar CP69-1062 and irrigation water productivity in sugarcane and sugar production for experimental treatments of dripper spacing

Dripper spacing	Stem height(cm)	Biomass yield(ton/ha)	Net yield of stem(ton/ha)	Percentage of sucrose in juice	percentage of soluble solids in juice	Percentage of purity	Percentage of recoverable sugar	Gross sugar yield(ton/ha)	Net sugar yield(ton/ha)	Water productivity of sugar(kg/m ³)	Water productivity of sugarcane(kg/m ³)
L1	214.75 ^a	126.64 ^a	13.95 ^a	10.50 ^a	20.57 ^a	84.82 ^a	17.43 ^a	109.59 ^a	11.58 ^a	6.06 ^a	0.55 ^a
L2	203.45 ^b	116.97 ^b	12.57 ^a	10.17 ^a	19.93 ^a	84.45 ^a	16.88 ^a	101.09 ^b	10.43 ^a	5.59 ^b	0.5 ^a

In each column, the means with same letters are not significantly in the level of 5% with Duncan's multiple range test. In this table, L1 and L2 are the dripper spacing of 30 and 50 cm, respectively.

جدول 8- مقایسه‌ی میانگین صفات کمی و کیفی نیشکر رقم CP69-1062 و بهره‌وری آب آبیاری در تولید نیشکر و شکر تیمارهای آزمایشی عمق قرارگیری قطره‌چکان
Table 8- Comparison of the mean of quantitative and qualitative properties of sugarcane cultivar CP69-1062 and irrigation water productivity in sugarcane and sugar production for experimental treatments of dripper depth

Dripper depth	Stem height(cm)	Biomass yield(ton/ha)	Net yield of stem(ton/ha)	Percentage of sucrose in juice	percentage of soluble solids in juice	Percentage of purity	Percentage of recoverable sugar	Gross sugar yield(ton/ha)	Net sugar yield(ton/ha)	Water productivity of sugar(kg/m ³)	Water productivity of sugarcane(kg/m ³)
D1	216.16 ^a	124.38 ^a	108.47 ^a	17.9 ^a	20.85 ^a	85.81 ^a	10.89 ^a	14.24 ^a	11.81 ^a	5.95 ^a	0.56 ^a
D2	223 ^a	131.75 ^a	113.75 ^a	17.33 ^a	20.43 ^a	84.84 ^a	10.25 ^a	14.18 ^a	11.77 ^a	6.3 ^a	0.56 ^a
D3	188.13 ^b	109.28 ^b	93.8 ^b	16.42 ^a	19.47 ^a	84.08 ^a	9.86 ^a	11.37 ^b	9.43 ^b	5.23 ^b	0.45 ^b

In each column, the means with same letters are not significantly in the level of 5% with Duncan's multiple range test. In this table, D1, D2 and D3 are the dripper depth of 15, 25 and 35 cm, respectively.

یک روز و زمان آبیاری نسبتاً طولانی بود بیشتر رخ می‌داد. در این شرایط میزان تبخیر از سطح خاک نسبت به عمق 25 سانتی‌متر افزایش یافت و به نظر می‌رسد همین امر سبب کاهش عملکرد نسبت به این عمق گردید. از سوی دیگر با افزایش عمق از 25 به 35 سانتی‌متر، غلظت املاح در سطوح بالایی خاک و رطوبت در اعماق پایین‌تر افزایش یافت. با توجه به این که حداکثر تراکم ریشه نیشکر در عمق 60 سانتی‌متری می‌باشد، به نظر می‌رسد، در این شرایط جذب آب توسط بخشی از ریشه‌ها کاهش یافته و مقداری رطوبت از دسترس گیاه خارج گردیده و همین امر موجب کاهش عملکرد در عمق 35 سانتی‌متر نسبت به عمق 25 سانتی‌متر شده است. نتایج مشابه نیز توسط Dos Santos et al. (2016) گزارش شده است و این محققان نیز دلایل مشابه برای کاهش عملکرد محصول خود گزارش کرده‌اند.

نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که کاربرد هیچکدام از تیمارهای مورد استفاده روی ارتفاع ساقه اثر معنی‌دار نداشت (جدول 9). گرچه کمترین ارتفاع ساقه در تیمار با عمق کارگذاری 30 سانتی‌متر مشاهده شد، لیکن نسبت به سایر تیمارها تفاوت آماری معنی‌دار نداشتند. بیشترین عملکرد زیست‌توده برای تیمار D2L1 حاصل شد که برابر 142/73 تن در هکتار بود و نسبت به تیمارهای D3L1، D2L2 و D3L2 به ترتیب 18/18، 25/6 و 36 درصد افزایش معنی‌دار داشت. تیمار D2L1 بیشترین عملکرد خالص ساقه را در بین سایر تیمارها داشت و تفاوت مقدار به‌دست آمده برای این تیمار نسبت تیمارهای D3L1، D2L2 و D3L2 از نظر آماری معنی‌دار بود. بیشترین بهره‌وری آب آبیاری زیست‌توده نیشکر نیز در تیمار D2L1 و برابر با 6/8 کیلوگرم بر مترمکعب مشاهده شد، که نسبت به تیمارهای D3L1، D2L2 و D3L2، به ترتیب به میزان 17/24، 25/2 و 36 درصد در سطح آماری پنج درصد افزایش معنی‌دار داشت. علت این تغییرات، کاهش میزان تبخیر از سطح خاک، کاهش خروج رطوبت از ناحیه فعال ریشه و همچنین همپوشانی مطلوب رطوبتی در فواصل بین قطره‌چکان‌ها بود که سبب افزایش عملکرد و بهره‌وری شکر شد. این نتایج با مشاهدات Costa et al. (2016) مطابقت داشت. این محققان نیز با بررسی نیشکر رقم IACSP95-5000، در عمق 20 سانتی‌متری و فاصله 50 سانتی‌متر در خاک رسی، مقدار عملکرد را برابر با 141/9 تن در هکتار و متوسط ارتفاع ساقه را برابر با 237 سانتی‌متر گزارش کردند.

بهره‌وری آب آبیاری زیست‌توده نیشکر با افزایش فاصله قطره‌چکان از 6/06 کیلوگرم بر متر مکعب به 5/59 کیلوگرم بر متر مکعب کاهش یافت. همچنین گرچه افزایش فاصله قطره‌چکان باعث کاهش پارامترهای درصد قند شربت، ذرات جامد محلول در شربت، درصد خلوص شربت و درصد شکر در نیشکر گردید لیکن اثر معنی‌داری بر این پارامترها نداشت. افزایش فاصله قطره‌چکان از 30 به 50 سانتی‌متر سبب کاهش عملکرد خالص شکر به میزان 9/93 درصد شد لیکن اثر معنی‌داری بر این پارامتر نداشت. بهره‌وری آب آبیاری در تولید شکر نیز تحت تأثیر فاصله قطره‌چکان قرار نگرفت و تفاوت معنی‌داری بین دو فاصله 30 و 50 سانتی‌متر مشاهده نشد.

مقایسه عمق کاربرد قطره‌چکان‌ها نشان داد که ارتفاع ساقه در عمق 25 سانتی‌متری نسبت به عمق 15 سانتی‌متری به میزان 3/16 درصد افزایش یافت ولی این اثر معنی‌دار نبود (جدول 8). با این وجود افزایش عمق قطره‌چکان به 35 سانتی‌متر سبب کاهش معنی‌دار ارتفاع ساقه نسبت به دو عمق دیگر شد. این تغییرات نسبت به دو عمق 15 و 25 سانتی‌متر به ترتیب 12/97 و 15/64 درصد بود. زیست‌توده نیز تحت تأثیر عمق قطره‌چکان قرار گرفت و افزایش عمق به 35 سانتی‌متر باعث کاهش معنی‌دار این پارامتر در سطح پنج درصد نسبت به دو عمق دیگر شد. تغییرات این پارامتر در عمق 35 سانتی‌متر نسبت به اعماق 15 و 25 سانتی‌متری به ترتیب برابر با 11/72 و 17/06 بود. تغییرات بهره‌وری آب آبیاری نیشکر در عمق 15 سانتی‌متری نسبت به عمق 25 سانتی‌متری برابر با 5/6 درصد بود؛ گرچه این کاهش معنی‌داری نبود. افزایش عمق قطره‌چکان به 35 سانتی‌متر سبب کاهش معنی‌داری بهره‌وری آب آبیاری نیشکر نسبت به دو عمق 15 و 25 سانتی‌متر شد. بهره‌وری آب آبیاری نیشکر نیز با افزایش عمق قطره‌چکان تا 35 سانتی‌متر کاهش معنی‌داری در سطح پنج درصد نسبت به اعماق 15 و 25 سانتی‌متر داشت. این کاهش برای اعماق مذکور به ترتیب برابر با 12/1 و 17 درصد بود. افزایش عمق کارگذاری لوله‌های قطره‌چکان‌دار اثری بر درصد قند شربت و ذرات جامد محلول در شربت نداشت. از این رو، تغییر عمق کارگذاری لوله‌های قطره‌چکان‌دار بر درصد خلوص شربت نیز معنی‌دار نبود. عملکرد ناخالص و عملکرد خالص شکر با افزایش عمق کارگذاری لوله‌های قطره‌چکان‌دار کاهش یافت و کاهش عملکرد شکر در تیمار عمق 35 سانتی‌متر نسبت به تیمارهای عمق 15 و 25 سانتی‌متر از نظر آماری در سطح 5 درصد معنی‌دار بود. بهره‌وری آب آبیاری شکر با افزایش عمق کارگذاری لوله‌های قطره‌چکان‌دار به 35 سانتی‌متر نسبت به دو عمق 15 و 25 سانتی‌متری 19/64 درصد کاهش داشت. در زمان آزمایش مشاهده شد که در عمق 15 سانتی‌متری مقداری از آب خروجی از قطره‌چکان‌ها از طریق سله‌ها و شکاف‌های خاک به سطح خاک می‌رسید و در جویچه جریان می‌یافت. این امر به‌خصوص در دوره حداکثر آبیاری که دور آبیاری

جدول 9- مقایسه میانگین صفات کمی و کیفی نیشکر رقم CP69-1062 و بهره‌وری آب آبیاری در تولید نیشکر و شکر (مقایسه اثر متقابل فاصله و عمق قطره‌چکان ها)
 Table 9 - Comparison of mean of quantitative and qualitative properties of sugarcane cultivar CP69-1062 and water productivity in sugarcane and sugar production (comparison of interaction treatment effect of spacing and depth of drippers)

Dripper depth	Dripper spacing	Stem height (cm)	Biomass yield (ton/ha)	Net yield of stem (ton/ha)	Percentage of sucrose in juice	percentage of soluble solids in juice	Percent age of purity	Percentage of recoverable sugar	Gross sugar yield (ton/ha)	Net sugar yield (ton/ha)	Water productivity of sugar (kg/m ³)	Water productivity of sugarcane (kg/m ³)
	L1	223.92 ^a	123.53 ^{ab}	107.45 ^{ab}	18.18 ^a	21.10 ^a	86.10 ^a	11.09 ^a	14.13 ^a	11.89 ^a	5.9 ^{ab}	0.56 ^a
	L2	222.08 ^a	125.23 ^{ab}	109.5 ^{ab}	17.62 ^a	2.60 ^a	85.52 ^a	10.7 ^a	14.17 ^a	11.74 ^a	6 ^{ab}	0.56 ^a
	L1	227.57 ^a	142.73 ^a	124.4 ^a	17.19 ^a	19.96 ^a	83.28 ^a	10.22 ^a	15.39 ^a	12.78 ^a	6.8 ^a	0.61 ^a
	L2	204.76 ^a	120.77 ^b	103.10 ^b	17.07 ^a	18.98 ^a	84.15 ^a	10.27 ^a	12.97 ^a	10.76 ^a	5.8 ^b	0.51 ^a
	L1	192.77 ^a	113.64 ^b	96.92 ^b	16.91 ^a	18.18 ^a	84.48 ^a	10.19 ^a	12.14 ^a	10.08 ^a	5.43 ^b	0.48 ^a
	L2	183.49 ^a	104.93 ^b	90.67 ^b	15.92 ^a	17.62 ^a	83.68 ^a	9.53 ^a	10.59 ^a	8.97 ^a	8.79 ^a	0.42 ^a

In each column, the means with same letters are not significantly in the level of 5% with Duncan's multiple range test.

142/73 تن در هکتار، 124/40 تن در هکتار و 6/8 کیلوگرم بر مترمکعب بود. مقادیر به دست آمده برای این تیمار در هر دو پارامتر مورد بررسی، تفاوت آماری معنی داری نسبت به تیمارهای D2L2، D3L1 و D3L2 داشت. به طور کلی می توان گفت مرطوب شدن بخش بزرگتری از ناحیه توسعه ریشه، کاهش هدررفت آب از طریق تبخیر و کاهش فرونشست عمقی در تیمار D2L1 سبب برتری آن نسبت به سایر تیمارها بود. لذا عمق 25 سانتی متر با فاصله قطره چکان 30 سانتی متر را می توان به عنوان عمق و فاصله مناسب برای کارگذاری قطره چکان در روش آبیاری قطره ای زیرسطحی نیشکر توصیه نمود. البته این در شرایطی است که تفاوت آماری معنی داری از نظر عملکرد کیفی (درصد قند، ذرات جامد محلول و درجه خلوص شربت و درصد شکر)، عملکرد شکر تولیدی و بهره وری آب آبیاری در تولید شکر بین تیمارهای این تحقیق مشاهده نشد. بنابراین انجام تحقیقات بیشتر جهت بررسی اثر دو فاکتور عمق و فاصله قطره چکان برای سایر ارقام و در شرایط متفاوت پیشنهاد می شود.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله نویسندگان از جناب آقای مهندس امیر درخشان زاده مدیریت عامل مؤسسه تحقیقات و آموزش توسعه نیشکر و صنایع جانبی و جناب آقای دکتر سیدرضا احمدپور، مدیریت پژوهش و برنامه ریزی مؤسسه تحقیقات و آموزش توسعه نیشکر و صنایع جانبی که ضمن تأمین هزینه های این تحقیق در تمامی مراحل اجرایی طرح کمال همکاری و پشتیبانی را داشته اند تشکر و قدردانی می نمایند.

بر اساس نتایج جدول (9)، اثر متقابل عمق و فاصله قطره چکان بر هیچ یک از پارامترهای کیفی شربت تأثیر معنی دار نداشت. به همین ترتیب عملکرد شکر و بهره وری آب آبیاری شکر نیز تحت تأثیر اثر متقابل عمق و فاصله قطره چکان قرار نگرفت و اگرچه تیمار D2L1 بالاترین عملکرد شکر و بهره وری آب آبیاری شکر را داشت اما اختلاف این تیمار با سایر تیمارها از نظر آماری معنی دار نبود. Costa et al (2016) نیز در کشت راتون یک اختلاف معنی داری بین ویژگی های کیفی شربت در ارقام مختلف مشاهده نمودند.

نتیجه گیری

پژوهش حاضر به منظور بررسی اثر فاصله و عمق قطره چکان روی برخی خصوصیات کمی و کیفی نیشکر انجام شد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که عمق قطره چکان بر پارامترهای ارتفاع ساقه، عملکرد زیست توده، بهره وری آب آبیاری زیست توده نیشکر، عملکرد خالص ساقه، عملکرد ناخالص شکر، عملکرد خالص شکر و بهره وری آب آبیاری شکر اثر معنی دار داشت ($P \leq 0.05$). فاصله قطره چکان بر عوامل عملکرد زیست توده، بهره وری آب آبیاری شکر، عملکرد خالص ساقه و بهره وری آب آبیاری شکر و اثر متقابل عمق و فاصله قطره چکان بر عملکرد زیست توده، عملکرد خالص ساقه و بهره وری آب آبیاری زیست توده نیشکر اثر معنی دار داشتند ($P \leq 0.05$). مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که بیشترین عملکرد زیست توده، عملکرد خالص ساقه و بهره وری مصرف آب در تیمار D2L1 حاصل شد. مقادیر این سه پارامتر به ترتیب برابر با

References

- 1- Abbasi, F. and Sheini Dashtegol, A., 2017. Evaluating and Improving the Sugarcane Furrow Irrigation Management in Khuzestan. *Water and Soil Science*, 26(2,4), pp.109-121. (In Persian)
- 2- Abdollahi, L., 2009. A revision of sugarcane fertilizer irrigation management and integration of domestic and foreign experience and using plant models predict. *Shekarshekan Magazine*. (In Persian)
- 3- Andrade Junior, A.S.D., Bastos, E.A., Ribeiro, V.Q., Athayde Sobrinho, C. and da Silva, P.H., 2017. Stalk yield of sugarcane cultivars under different water regimes by subsurface drip irrigation. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 21(3), pp.169-174.
- 4- Allen, R.G., Pereira, L.S. Raes, D. and Smith, M., 1998. Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements. *Irrigation and Drainage Paper 56*, Food and Agriculture Organization of the United Nation, Rome, 300 P.
- 5- Bhingardev S.D., Pawar, D.D., Dinger, S.K. and Hasure R.R., 2017. Water Productivity in Sugarcane under Subsurface Drip Irrigation. *International Journal of Agriculture Sciences*, 9(29), pp.-4377-4381.
- 6- Camp, C.R., 1998. Subsurface drip irrigation: a review. *Transactions of the ASAE*, 41(5), p.1353.

- 7- Célia de Matos Pires, R., Barbosa, E.A.A., Arruda, F.B., Sakai, E. and Araujo da Silva, T.J., 2014. Effects of subsurface drip irrigation and different planting arrangements on the yields and technological quality of sugarcane. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 140(9), p.A5014001.
- 8- Costa, C.T.S., Saad, J.C.C. and Junior, S., 2016. Growth and productivity of sugarcane varieties under irrigation levels. *Caatinga*, 29(4), pp.945-955.
- 9- Cunha, F.N., Silva, N.F.D., Sousa, A.E., Teixeira, M.B., Soares, F.A. and Vidal, V.M., 2016. Yield of sugarcane submitted to nitrogen fertilization and water depths by subsurface drip irrigation. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 20(9), pp.841-846.
- 10-Degefa, A., Bosie, M., Mequanint, Y., Yesuf, E. and Teshome, Z., 2016. Determination of Crop Water Requirements of Sugarcane and Soybean Intercropping at Metahara Sugar Estate. *Advances in Crop Science and Technology*, 4(5):10-13.
- 11-Dos Santos, L.N., Matura, E.E., Gonçalves, I.Z., Barbosa, E.A., Nazário, A.A., Tuta, N.F., Elaiuy, M.C., Feitosa, D.R. and de Sousa, A.C., 2016. Water Storage in the soil profile under subsurface drip irrigation: Evaluating two installation depths of emitters and two water qualities. *Agricultural Water Management*, 170, pp.91-98.
- 12-Golabi, M., 2009. Mathematical modeling of sugarcane response to use of saline irrigation water and application in SALTMED model in order to irrigation water management for sugarcane in semiarid areas. Phd thesis of irrigation and drainage. *Faculty of Water Science Engineering Irrigation and Drainage Department. Shahid Chamran University of Ahvaz.* (In Persian)
- 13-Khodabande, N., 1987. Industrial Plants Cultivation. Sepehr Publishing Center.454 p. (In Persian).
- 14-Lamm, F.R. and Trooien, T.P., 2003. Subsurface drip irrigation for corn production: a review of 10 years of research in Kansas. *Irrigation Science*, 22(3-4), pp.195-200.
- 15-Lamm, F.R. and Camp, C.R., 2007. Subsurface drip irrigation. In *Developments in Agricultural Engineering* (13), pp. 473-551. Elsevier.
- 16-Leandro, J.E.V., 2014. Effects of subsurface drip irrigation flow rates and emitter spacing on sugarcane water uptake and production in Florida alfisols. Thesis. *University of Florida*.98p.
- 17-Shokri, S., Hooshman, A. and Ghorbani, m., 2017. The Estimation Evaporation Pan Coefficient for Reference Evapotranspiration in Ahvaz. *Journal of Irrigation Sciences and Engineering*.40(1): pp.1-12. (In Persian)
- 18-Singh, I., Verma, R.R. and Srivastava, T.K., 2018. Growth, Yield, Irrigation Water Use Efficiency, Juice Quality and Economics of Sugarcane in Pusa Hydrogel Application Under Different Irrigation Scheduling. *Sugar Technology*, 20(1), pp.29-35.
- 19-Sheynidashtgol, A., Naseri, A., Boroomandnasab, S. and Kashkouli, H., 2012. Water used Optimized Management in Southern Ahvaz Sugarcane Field. *Journal of Irrigation Sciences and Engineering*, 35(4), pp.21-31 (In Persian).