Lorestan University

Applied Researches in Water Engineering Vol. 1, No. 1, Autumn & Winter 2023,

Original Paper p. 29-40

https://doi.org/10.22034/arwe.2024.709853

ARWE

Investigating the Effect of Harvesting Method and Subsurface Drip Irrigation on Sugarcane Ratoon

Dorsa Namdarian[1*], Saeid Broomandnasab[2], Abdali Naseri[2]

1- Postdoctoral Researcher, Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

2- Professor, Faculty of Water and Environmental Sciences Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

[*]Corresponding Author, E-mail address: dorsanamdarian@gmail.com

Received: 11 November 2023/ **Revised**: 04 January 2024/ **Accepted**: 06 January 2024

Abstract

To study the effect of green harvesting and preservation of plant residues on the soil surface, simultaneously with subsurface drip irrigation management, germination and tillering was tested in the first ratoon Sugarcane. This experiment was conducted at the number one research station of sugarcane cultivation and industry in Khuzestan. The experiment was carried out in the form of a statistical design of split plots. The treatments included the harvesting method and the depth of the driper installation. Harvesting methods in this experiment was green harvesting and burning harvesting. The treatment was to install drippers at three depths of 15, 25 and 35 cm. The results showed that the harvesting method and plant residues caused a significant decrease in sugarcane germination and tillering. So that plant residues caused a decrease of 48% in germination and 33.3% in tillering of sugarcane. No significant difference was observed in the depth of installation of dripers on sugarcane germination and tillering. interaction effect of the installation depth of the drippers and the harvesting method did not make a significant difference on sugarcane germination and tillering.

Keywords: Germination, Green harvesting, Plant residues, Tillering, Trash Blanket.

پژوهش‌های کاربردی مهندسی آب، شماره ۱، دوره ۱، پاییز و زمستان ۱۴۰۲

مقاله پژوهشی، صفحه‌های ۴۰-۲۹

https://doi.org/10.22034/arwe.2024.709853

دانشگاه لرستان

ARWE

بررسی اثر روش برداشت و آبیاری قطره‌ای زیرسطحی روی بازرویی نیشکر

درسا نامداریان[1*]، سعید برومندنسب[2]، عبدعلی ناصری[2]

۱- پژوهشگر پسادکتری، دانشکده مهندسی علوم آب و محیط زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.

۲- استاد، دانشکده مهندسی علوم آب و محیط زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.

*نویسنده مسئول، آدرس ایمیل: dorsanamdarian@gmail.com

دریافت: ۲۰ آبان ماه ۱۴۰۲/ اصلاحات: ۱۴ دی ماه ۱۴۰۲/ پذیرش: ۱۶ دی ماه ۱۴۰۲

چکیده

برای مطالعه و بررسی اثر روش برداشت سبز و نگهداری بقایای گیاهی در سطح مزرعه (به‌عنوان مالچ) و مدیریت آبیاری قطره‌ای زیرسطحی روی قدرت جوانه‌زنی و پنجه‌زنی نیشکر در بازرویی اول، آزمایشی در ایستگاه تحقیقات کشت و صنعت نیشکر خوزستان انجام شد. آزمایش در قالب طرح آماری کرت‌های خرد شده با دو عامل روش برداشت و عمق نصب قطره‌چکان انجام شد. این آزمایش از دو روش برداشت سبز و برداشت به روش سوزاندن استفاده شد. تیمار نصب قطره‌چکان در سه عمق ۱۵، ۲۵ و ۳۵ سانتی‌متری در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که روش برداشت و وجود بقایای گیاهی کاهش معنی‌داری در قدرت جوانه‌زنی و پنجه‌زنی نیشکر ایجاد کرد. به‌طوری که وجود بقایای گیاهی ۴۸ درصد جوانه‌زنی و ۳۳/۳ درصد پنجه‌زنی نیشکر را کاهش داد. اما عمق نصب قطره‌چکان‌ها اختلاف معنی‌داری را روی قدرت جوانه‌زنی و پنجه‌زنی نیشکر ایجاد نکرد. اثر متقابل عمق نصب قطره‌چکان‌ها و روش برداشت نیز اختلاف معنی‌داری روی قدرت جوانه‌زنی و پنجه‌زنی نیشکر ایجاد نکرد.

کلمات کلیدی: برداشت سبز، بقایای گیاهی، جوانه‌زنی، پنجه‌زنی، تراش بلانکت.

مقدمه

امروزه کمبود آب از مهم‌ترین موضوعات پیش روست. کمبود آب و تنش خشکی موجب کاهش عملکرد بازرویی نیشکر در سراسر جهان شده است (Chumphu et al., 2019). نیشکر محصولی اقتصادی صنعتی است که در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری با نور خورشید و درجه حرارت بالا رشد می‌کند (Pandey et al., 2019) و به مقادیر زیادی آب نیاز دارد (Pandey et al., 2019). چرخه رشد نیشکر معمولاً ۵ تا ۶ سال طول می‌کشد. این چرخه شامل اولین کاشت[1] و بازرویی[2]هایی است که در سال‌های بعد اتفاق می‌افتند. برداشت نیشکر تا زمانی که عملکرد آن اقتصادی باشد انجام و پس از آن کاشت جدید صورت می‌گیرد (Carvalho et al., 2017). در بازرویی‌های متوالی قدرت جوانه‌زنی[3]، پنجه‌زنی[4] و عملکرد محصول به مراتب کاهش پیدا می‌کند (Chumphu et al., 2019). عملکرد نیشکر صفت پیچیده‌ای است و به‌طور کلی به همه‌ی اجزای عملکرد، از جمله تعداد جوانه‌ها، پنجه‌ها و ساقه‌های تولید شده بستگی دارد (Smit., 2010). جوانه‌زنی و پنجه‌زنی در بازرویی نیشکر رویداد مهمی به‌شمار می‌رود (Watanabe et al., 2018)، زیرا در این فرایند فیزیولوژیکی، تولید ساقه‌های قطورتر با وزن بیشتر در بازرویی نیشکر تحت تاثیر قرار می‌گیرد.

[1] Plant
[2] Ratoon
[3] Germination
[4] Tillering

کاهش جوانه‌زنی و پنجه‌زنی موجب کاهش عملکرد نیشکر می‌شود (Chumphu et al., 2019). بنابراین شناخت عوامل موثر بر جوانه‌زنی، پنجه‌زنی و رشد اولیه‌ی نیشکر امری ضروری به‌شمار می‌رود (Smit., 2010). جوانه‌های اولیه‌ی نیشکر ۷ تا ۱۰ روز پس از برداشت می‌رویند (Sanghera et al., 2019). روی جوانه‌ها بسته به رطوبت و مواد مغذی موجود در خاک حدود ۳ هفته ادامه می‌یابد (Chumphu et al., 2019). پنجه‌زنی حدود ۴۰ روز پس از برداشت آغاز می‌شود و ممکن است این روند تا ۱۲۰ روز به طول بیانجامد. پس از آن مرحله‌ی تثبیت پنجه‌ها و دوره‌ی رشد نیشکر آغاز می‌شود و تا ۲۷۰ روز ادامه پیدا می‌کند. تقریباً ۴۰ تا ۵۰ درصد از پنجه‌های تولید شده تثبیت می‌شوند که نی‌های قابل برداشت از آن‌ها می‌رویند (Sanghera et al., 2019). عوامل مختلفی روی قدرت جوانه‌زنی و پنجه‌زنی تاثیرگذار است از جمله این عوامل می‌توان به ژنوتیپ، مدیریت کود، تهویه‌ی خاک، رطوبت نسبی هوا، کنترل علف‌های هرز (Sanghera et al., 2019)، نور، شوری خاک (Gandonou et al., 2011)، دما (Caieiro et al., 2010)، رطوبت خاک و تنش خشکی (Chumphu et al., 2019) و توزیع ریشه (Chumphu et al., 2019) اشاره کرد. در میان این عوامل، دو عامل دما و رطوبت از اهمیت بالاتری برخوردار هستند (Sanghera et al., 2019; Kumar., 2018)، که باعث کاهش عملکرد این محصول بین ۴۰٪- ۳۰ می‌شوند (Singh and Rai., 2018). آبیاری قطره‌ای به‌دلیل توزیع موثر رطوبت و قابلیت کنترل بالا از موثرترین و مطمئن‌ترین روش‌ها برای تامین رطوبت مناسب گیاه به‌شمار می‌رود (Zhangzhong et al., 2019). راهکارهای مختلف دیگری نیز برای بهبود میزان رطوبت در خاک پیشنهاد شده است. یکی از این راهکارها کاهش تبخیر از سطح خاک به کم‌ترین میزان ممکن از طریق استفاده از مالچ است (Tejero et al., 2011). مالچ یک راه حل مؤثر و متداول است، نه‌تنها برای حفظ رطوبت خاک بلکه برای بهبود خصوصیات خاک و افزایش تولید گیاهی (Maggard et al., 2012; Wang et al., 2019). بسیاری از محققان نقش مفید مالچ برای حفظ رطوبت خاک را مورد مطالعه قرار دادند (Kanani et al., 2016). حفظ بقایای گیاهی نیشکر به‌عنوان مالچ از مزایای عمده‌ای شامل بهبود کیفیت محصول (Viator et al., 2005)، حفظ رطوبت در خاک (Wiedenfeld., 2009)، بهبود خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک (Cerri et al., 2011)، کاهش فرسایش خاک (Sandhu et al., 2017)، کاهش آلودگی هوا (Le Blond et al., 2008; Coelho et al., 2008; Wiedenfeld., 2009)، کنترل علف‌های هرز (Sandhu et al., 2017)، و کنترل برخی از آفات (Sandhu et al., 2011) برخوردار است. از سوی دیگر اثرات منفی گزارش شده در مورد آن شامل افزایش هزینه‌های برداشت و بارگیری (Sandhu et al., 2017)، افزایش حجم ترش[1] در عملیات عصاره‌گیری (Núñez and Spaans., 2008)، کاهش عملکرد و رشد نیشکر به‌دلیل کاهش دمای خاک (Sandhu et al., 2013)، افزایش بیش از حد رطوبت در خاک در مناطق مرطوب و آب‌شویی نیترات (Sandhu et al., 2017) نشان می‌دهد که مطالعه‌ی بیش‌تر در مورد تاثیر حفظ بقایای گیاهی به‌منظور بهبود استراتژی‌های مدیریت کشاورزی امری لازم است (Olivier and Singels., 2012). به‌طور کلی مطالعات پیشین نشان می‌دهند که بقایای گیاهی نیشکر به‌عنوان مالچ یا تاثیر منفی (Olivier and Singels., 2012) و یا اثری خنثی روی روند رشد نیشکر دارند. با توجه به کشت وسیع نیشکر در استان خوزستان، از آنجا که مدیریت آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به تازگی در این منطقه در حال اجراست و با توجه به سهولت استفاده از بقایای گیاهی حاصل از برداشت سبز نیشکر به‌عنوان مالچ در این نوع مدیریت آبیاری (Namdarian., 2020) در این پژوهش بر آن شدیم تا اثر برداشت سبز و حفظ بقایای گیاهی حاصل از آن را با مدیریت آبیاری قطره‌ای زیرسطحی مورد مطالعه و بررسی قرار دهیم.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه‌ی تحقیقاتی شماره یک واقع در مؤسسه تحقیقات و آموزش نیشکر خوزستان (با مختصات جغرافیایی ′۳۳ °۴۸ طول‌شرقی، ′۵۹ °۳۰ عرض‌شمالی و ارتفاع از سطح دریا به میزان ۷/۶ متر) انجام شد. گیاه مورد مطالعه بازرویی اول[2] نیشکر رقم CP69- 1062 بود که در زمینی به وسعت ۱/۲ هکتار کشت شده بود. اقلیم منطقه براساس تقسیم‌بندی دومارتن[3] گرم و خشک و بافت خاک مزرعه براساس آزمایش هیدرومتری، سیلتی‌کلی‌لوم بود. آب آبیاری از رودخانه‌ی کارون تامین می‌شد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه و آب آبیاری در جدول (۱) ارائه شده است.

[1] trash
[2] First ratoon
[3] De martonne

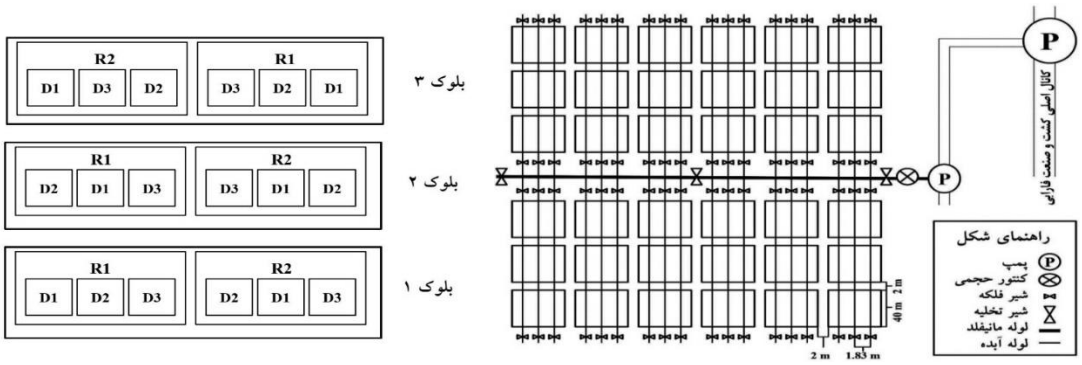
جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه و آب آبیاری (ایستگاه تحقیقاتی شماره یک، مؤسسه تحقیقات و آموزش نیشکر خوزستان)

Table 1. Physical and chemical properties of field soil and irrigation water (Research Station No. 1, Khuzestan Sugarcane Research and Training Institute)

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه												
EC (dS/m)	pH	ρ_b ($\frac{gr}{cm^3}$)	کاتیون‌ها (meq/l)				آنیون‌ها (meq/l)				SAR	عمق خاک (cm)
			Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	Cl^-	CO_3^{-2}	HCO_3^-	SO_4^{-2}		
5.8	7.1	1.5	41.4	13.0	10.3	0.19	39.1	0	2.15	20.5	12.1	0-30
4.9	7.1	1.5	36.2	11.2	7.95	0.20	29.1	0	1.76	20.0	11.6	30-60
5.0	7.2	1.6	35.8	12.8	9.44	0.15	28.8	0	1.22	26.8	10.7	60-90

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب آبیاری												
EC (dS/m)	pH	TDS (mg/l)	TH (mg/l)	کاتیون‌ها (meq/l)				آنیون‌ها (meq/l)			SAR	طبقه بندی
				Na +	Ca2 +	Mg2 +	K +	Cl −	CO_3^{-2}	HCO_3^-	SO_4^{-2}	
2.5	7.5	1793	531	13.9	3.8	5.1	0.08	14.8	0	2.98	5.9	6.6	$C_4 S_2$

طول مزرعه ۲۴۰ متر و فاصله‌ی لترال‌ها ۱/۸۳ متر بود. آرایش مزرعه به‌صورت دو طرفه و لوله‌ی اصلی در وسط مزرعه قرار گرفته بود، به‌صورتی که طول هر لترال ۱۲۰ متر است. قطره‌چکان‌ها با دبی ۲/۲ لیتر در ساعت تحت فشار ۲/۵ بار، در فاصله‌ی ۳۰ سانتی‌متری از هم و در سه عمق نصب ۱۵، ۲۵ و ۳۵ سانتی‌متری قرار گرفتند. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده با سه تکرار بود. به این ترتیب که کرت اصلی شامل دو روش برداشت: برداشت سبز و برداشت به روش سوزاندن بود. کرت فرعی عمق نصب قطره‌چکان‌ها در نظر گرفته شد. در هر کرت، تیمارهای روش برداشت (R) و عمق نصب قطره‌چکان‌ها (D) در قالب طرح بلوک کامل تصادفی پیاده شدند. بنابراین تیمارهای این تحقیق از ترکیب دو سطح روش برداشت و وجود بقایای گیاهی و سه عمق نصب قطره‌چکان حاصل می‌شوند که به این شرح می‌باشند: R_1 برداشت به روش سوزاندن و بدون وجود بقایای گیاهی در سطح مزرعه (بدون مالچ)، R_2 برداشت به روش سبز و وجود بقایای گیاهی در سطح مزرعه (به‌عنوان مالچ)، D_1 قرارگیری قطره‌چکان‌ها در عمق ۱۵ سانتی‌متر، D_2 قرارگیری قطره‌چکان‌ها در عمق ۲۵ سانتی‌متر، D_3 قرارگیری قطره‌چکان‌ها در عمق ۳۵ سانتی‌متر. در شکل (۱) طراحی سامانه‌ی آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، آرایش لترال‌ها در مزرعه و نقشه‌ی کلی طرح آزمایشی ارائه شده است.



شکل ۱- طراحی سامانه‌ی آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، آرایش لترال‌ها در مزرعه (الف) و نقشه‌ی کلی طرح آزمایشی (ب) در مزرعه‌ی مورد مطالعه (ایستگاه تحقیقاتی شماره یک، مؤسسه تحقیقات و آموزش نیشکر خوزستان).

Fig. 1. A diagram of the design of the subsurface drip irrigation system, the arrangement of the laterals in the field (a) and the general map of the experimental plan (b) in the study field (Research Station No. 1, Khuzestan Sugarcane Research and Training Institute).

در این شکل به ترتیب R_1 برداشت به روش سوزاندن و بدون وجود بقایای گیاهی در سطح مزرعه (بدون مالچ)، R_2 برداشت به روش سبز و وجود بقایای گیاهی در سطح مزرعه (به‌عنوان مالچ)، D_1 قرارگیری قطره‌چکان‌ها در عمق ۱۵ سانتی‌متر، D_2 قرارگیری قطره‌چکان‌ها در عمق ۲۵ سانتی‌متر، D_3 قرارگیری قطره‌چکان‌ها در عمق ۳۵ سانتی‌متر می‌باشد.

برداشت اول[1] در دی ماه ۱۳۹۶ انجام شد. از ۱۰ دی تا ۲ بهمن ماه عملیات تعمیر لوله‌ها، اسیدشویی سامانه، آبشویی مزرعه، بلوک‌بندی و سوزاندن مقداری از بقایای گیاهی در مزرعه انجام شد. به این ترتیب که در نیمی از مزرعه، بقایای گیاهی سوزانده و در

[1] Plant

نیمی دیگر بقایای گیاهی حاصل از برداشت در سطح مزرعه به‌عنوان مالچ نگه داشته شد. میزان این بقایا در سطح مزرعه به‌صورت میانگین ۱۴/۹ تن در هکتار بود. این بقایا بدون هیچ عملیات خاک‌ورزی در سطح خاک رها شدند. هر کرت با مساحت ۲۱۶ متر مربع، دارای سه جویچه بود. برای کاهش خطاهای احتمالی در شمارش تعداد جوانه‌ها و پنجه‌ها ناشی از اثرات حاشیه‌ای کرت، قسمت میانی جویچه‌ی وسط در نظر گرفته شد. به این ترتیب طول دو متر از جویچه میخ‌کوبی و علامت‌گذاری شد. شمارش جوانه‌زنی و پنجه‌زنی هر هفته انجام و از مقادیر میانگین این اندازه‌گیری‌ها برای انجام تجزیه و تحلیل‌های آماری استفاده شد. جوانه‌زنی از اواخر بهمن ماه آغاز و تا اواسط اسفند ماه به‌طول انجامید. اولین آبیاری در همین ماه قبل از جوانه‌زنی و در اواسط بهمن ماه صورت گرفت. با توجه به دوره جوانه‌زنی و رشد پنجه‌ها، شمارش در ماه‌های بهمن، اسفند، فروردین و اردیبهشت انجام شد.

نیاز آبیاری براساس اطلاعات روزانه‌ی تشت تبخیر کلاس A در ایستگاه هواشناسی که دقیقا در مجاورت مزرعه قرار داشت، براساس روابط (۱) و (۲) محاسبه شد (Alizadeh., 2010).

$$ET_0 = k_p \times ET_p \quad (۱)$$

$$ET_c = k_c \times ET_0 \quad (۲)$$

که در این روابط ET_0 تبخیر و تعرق گیاه مرجع $(\frac{mm}{day})$، k_p ضریب تشت تبخیر، ET_p میزان تبخیر از سطح تشت تبخیر $(\frac{mm}{day})$، ET_c تبخیر و تعرق واقعی گیاه نیشکر$(\frac{mm}{day})$، k_c ضریب گیاهی نیشکر است. برای ضریب گیاهی نیشکر در این مزرعه از داده‌های لایسیمتری استفاده شد (Sheini Dashtgol., 2015). برای محاسبه‌ی ET_0 از داده‌های تشت تبخیر با استفاده از ضریب تشت تبخیر آلن و پروت[1] استفاده شد. زیرا براساس تحقیقات پیشین این ضریب تشت برای منطقه‌ی مورد مطالعه دارای بالاترین دقت است (Shokri et al, 2017). ضریب تشت آلن و پروت براساس رابطه‌ی (۳) محاسبه شد (Namdarian et al., 2015).

$$K_p = 0.108 - (3.31\times 10^{-4} \times U) + (0.0422\times \mathrm{Ln}(F)) \quad (۳)$$

که در آن K_p ضریب تشت، U سرعت باد برحسب (km/d) (در رابطه فائو m/s)، RH رطوبت نسبی برحسب درصد، F فاصله سبزینگی از جهتی که باد به سمت تشت می‌وزد (m). میانگین ضریب تشت تبخیر در ماه‌های انجام آزمایش در جدول (۳) ارائه شده است. مقدار عمق خالص و ناخالص آبیاری، نیاز آبشویی و حجم مورد نیاز آبیاری نیز با استفاده از روابط (۴) تا (۶) محاسبه گردید (Alizadeh, 2010):

$$d_n = (\theta_{fc} - \theta_{pwp}) \times MAD \times Z \times P_w \quad (۴)$$

$$d_g = \frac{d_n}{Eu(1-LR)} \quad (۵)$$

$$LR = \frac{EC_{iw}}{2EC_{emax}} \quad (۶)$$

که در این روابط d_n عمق خالص آبیاری(mm)، θ_{fc}، رطوبت حجمی در نقطه ظرفیت زراعی، θ_{pwp} رطوبت نقطه پژمردگی است، MAD درصد مجاز تخلیه رطوبتی برای گیاه نیشکر (برای گیاه نیشکر با عمق ریشه‌ی بین ۰/۸ تا ۱/۸ متر این پارامتر ۶۵ درصد در نظر گرفته می‌شود.)، Z عمق موثر ریشه (m) (عمق موثر ریشه در این پژوهش ۰/۶۵ در نظر گرفته شد)، P_w درصد مساحت خیس شده، d_g عمق ناخالص آبیاری(mm)، Eu ضریب یکنواختی پخش آب در قطره‌چکان‌ها، LR نیاز آبشویی، EC_{iw} هدایت الکتریکی آب آبیاری $(\frac{dS}{m})$، EC_{emax} هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک در وضعیتی که محصول کاملا از بین برود (dS/m) مقدار آن برای نیشکر ۱/۷ dS/m می باشد (Ayers and Westcot., 1994). حجم مورد نیاز آبیاری با استفاده از رابطه (۷) محاسبه شد (Alizadeh, 2010).

$$V = d_g \times A \times 10^{-3} \quad (۷)$$

که در این رابطه V حجم آب آبیاری (m^3) و A مساحت مزرعه (m^2) است. مساحت مزرعه در آبیاری قطره‌ای براساس فاصله قطره‌چکان‌ها و فاصله خیس‌شدگی بین دو لترال در نظر گرفته شد. در جدول (۲) ضریب گیاهی نیشکر، ضریب تشت تبخیر آلن و پروت و دور آبیاری در ماه‌های انجام آزمایش ارائه شده است.

[1] Allen and Pruitt

جدول ۲- ضریب گیاهی نیشکر K_c ، ضریب تشت تبخیر آلن و پروت K_p و دور آبیاری در ماه‌های مختلف ۹۷ -۱۳۹۶ (ایستگاه تحقیقاتی شماره یک، مؤسسه تحقیقات و آموزش نیشکر خوزستان).

Table2. Plant coefficient of sugarcane Kc, evaporation pan coefficient of Allen and Perot Kp and irrigation cycle in different months of 2017-2018 (Research Station No. 1, Khuzestan Sugarcane Research and Training Institute).

آبان Nov	مهر Oct	شهریور Sep	مرداد Aug	تیر Jul	خرداد Jun	اردیبهشت May	فروردین Apr	اسفند Mar	بهمن Feb	ماه Months
0.58	0.77	1.06	1.13	1.22	1.11	0.85	0.79	0.70	0.48	K_c
0.63	0.67	0.69	0.60	0.60	0.55	0.64	0.65	0.70	0.69	K_p
6	3	2	1	1	2	2	3	3	6	دور آبیاری (day) Irrigation cycle

اولین آبیاری در تاریخ ۵ بهمن ماه ۱۳۹۶ صورت گرفت. برای اندازه‌گیری آب آبیاری از کنتور حجمی با دقت بالا استفاده شد (class B.H-R50). در این آزمایش سعی بر آن شد که هیچ تنش خشکی به گیاه وارد نشود، تا بتوان تاثیر عوامل مورد مطالعه را روی جوانه‌زنی و پنجه‌زنی با کمترین خطا مشاهده کرد. برای اطمینان حاصل کردن از تامین کامل نیاز آبی، رطوبت غلاف و برگ نیشکر به‌صورت هفتگی اندازه‌گیری شد. علاوه بر این قبل از هر آبیاری رطوبت خاک نیز با استفاده از دستگاه TDR (IDRG SMS-T1) اندازه‌گیری شد. در نهایت برای بررسی و مقایسه‌ی مقادیر اندازه‌گیری شده از نرم‌افزارهای Excel و SAS v9.4 استفاده شد.

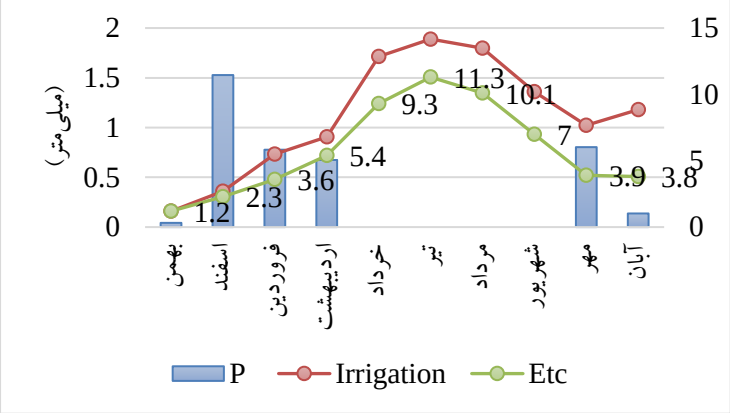
نتایج و بحث

همان‌طور که پیش‌تر شرح داده شد رشد گیاه نیشکر به چند مرحله تقسیم می‌شود. مقدار نیاز آبی با توجه به‌میزان دما و مراحل مختلف رشد تغییر می‌کند. در شکل (۲) میانگین مقادیر بارندگی، نیاز خالص آبی و آبیاری طی ماه‌های انجام آزمایش نشان داده شده است. در این آزمایش جوانه‌زنی در بهمن ماه روی داد و این مرحله حدود ۲۰ روز به طول انجامید. در بهمن ماه به‌دلیل رشد آهسته‌ی گیاه و دمای پایین در زمستان، کم‌ترین نیاز آبی اتفاق افتاد. پس از آن مرحله‌ی پنجه‌زنی آغاز و به‌مدت ۷۰ روز به طول انجامید. رویش پنجه‌ها تا اوایل اردیبهشت ماه ادامه پیدا کرد. با توجه به ایجاد پنجه‌ها و افزایش رشد، مقدار نیاز آبی با شیب تندی افزایش یافته است. افزایش دمای هوا روی این شیب تاثیرگذار است. در این راستا ژائو و همکاران (Zhao et al., 2018) در تحقیقات خود گزارش کردند که در مرحله‌ی جوانه‌زنی (۶۰- ۰ روز) ، جوانه‌ها به سمت سطح خاک رشد می‌کنند و هم‌زمان رشد ریشه افزایش می‌یابد و پنجه‌های اولیه[1] تشکیل می‌شوند. در مرحله‌ی پنجه‌زنی (۱۵۰- ۶۰ روز)، در ساقه‌ها و پنجه‌های ایجاد شده فتوسنتز انجام می‌گیرد.

در شکل (۲) دیده می‌شود که سهم بارندگی از تامین نیاز آبی بسیار اندک است و عمده نیاز آبی محصول با آبیاری باید تامین شود. طی انجام آزمایش آبیاری به‌نحوی انجام شد که هیچ تنش خشکی به گیاه وارد نشود و رشد به‌صورت کامل اتفاق افتد. از طرفی با توجه به‌میزان دما و نیاز آبی گیاه در دوره‌ی ابتدایی، دور آبیاری بیش‌تر و در بهار دور آبیاری کم‌تر در نظر گرفته شد تا بتواند نیاز محصول را برآورده کند (جدول ۲). پس از انجام آزمایش تعداد جوانه‌ها و پنجه‌ها در بازرویی اول نیشکر از نظر آماری با هم مقایسه شدند. نتایج تجزیه و تحلیل آماری در جدول (۳) ارائه شده است.

اثر متقابل دو عامل روش برداشت و عمق نصب قطره‌چکان‌ها برای جوانه‌زنی و پنجه‌زنی معنی‌دار نشده است. همچنین تیمار عمق نصب قطره‌چکان هم تاثیر معنی‌داری روی جوانه‌زنی و پنجه‌زنی نداشته است (جدول ۳). همان‌طور که در شکل (۳) مشاهده می‌شود تعداد جوانه‌ها در دو عمق نصب D_2 و D_3 تقریبا برابر هستند و در عمق D_1 تعداد جوانه‌ها کاهش داشته‌اند، که با توجه به نتایج جدول (۲) این کاهش معنی‌دار نیست. این روند در هر دو تیمار R_1 و R_2 تکرار شده است. در تیمار D_1 به‌علت نزدیک بودن قطره‌چکان به سطح زمین، در حین آبیاری گاهی جمع شدن آب در سطح خاک مشاهده می‌شد. به‌نظر می‌رسد که غرقاب شدن خاک و کاهش تهویه‌ی آن باعث کاهش قدرت جوانه‌زنی نیشکر شده است. از طرفی همان‌طور که در شکل (۳) مشاهده می‌شود تعداد جوانه‌ها در تیمار R_2 با وجود بقایای گیاهی در سطح مزرعه، کاهش چشم‌گیری به میزان ۴۸ درصد نسبت به تیمار R_1 داشته است.

[1] Primary shoot



شکل ۲- مقدار میانگین بارندگی، نیاز آبی خالص و آبیاری برای گیاه نیشکر در ماه‌های انجام آزمایش ۹۷- ۱۳۹۶

Fig. 2. The average amount of rainfall, net water requirement and irrigation for the sugarcane plant in the months of the experiment 2017-2018

جدول۳- تجزیه و تحلیل آماری برای رویش جوانه‌ها و پنجه‌های نیشکر در بازرویی اول ۹۷- ۱۳۹۶

Table 3. Statistical analysis for the growth of sugarcane buds and stalks in the first inspection 2017-2018

میانگین مربعات Mean of squares		df	منابع تغییرات
پنجه‌زنی Tillering	جوانه‌زنی Germination		
2122.05^{ns}	160.16^{ns}	2	بلوک (تکرار)
15080.05**	1300.5**	1	روش برداشت
460.05^{ns}	180.5^{ns}	2	عمق نصب قطره‌چکان
287.05^{ns}	32.16^{ns}	5	روش برداشت * عمق نصب قطره‌چکان
1759.47	49	8	خطا
29.18	26.08		CV

* نشان‌دهنده‌ی معنی‌دار بودن اختلاف در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد. **نشان‌دهنده‌ی معنی‌دار بودن اختلاف در سطح احتمال ۱ درصد می‌باشد. ns نشان‌دهنده‌ی معنی‌دار نشدن اختلاف می‌باشد.

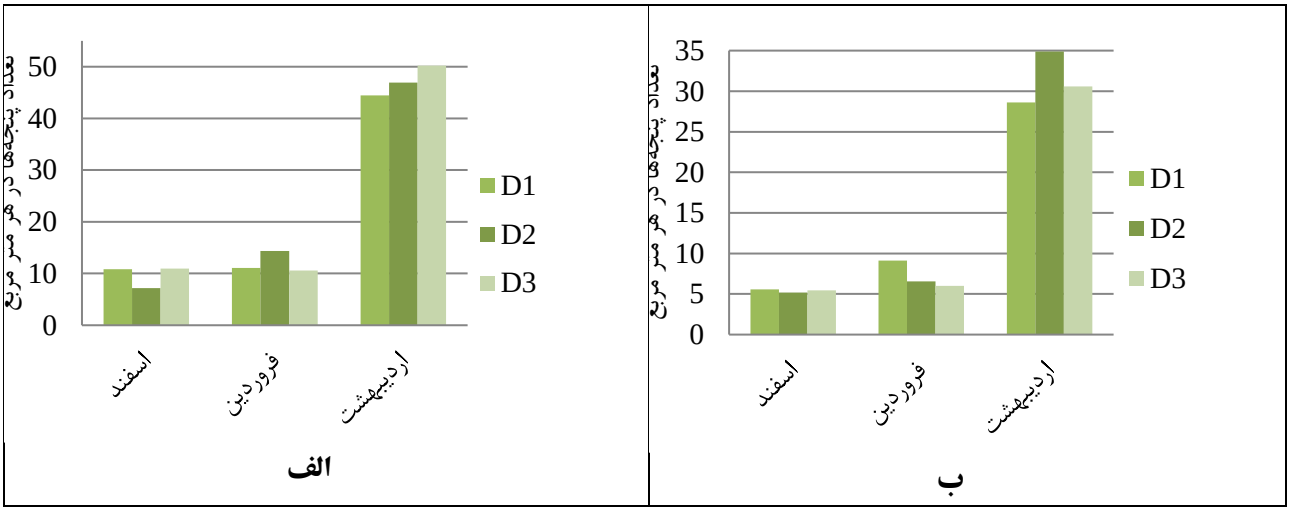
شکل ۳- مقایسه تعداد میانگین جوانه‌های نیشکر در بازرویی اول نیشکر برای سه عمق نصب قطره‌چکان، در دو روش برداشت.

Fig. 3. Comparison of the average number of sugarcane sprouts in the first sugarcane inspection for three dripper installation depths, in two harvesting methods

در این شکل به ترتیب R_1 برداشت به روش سوزاندن و بدون وجود بقایای گیاهی در سطح مزرعه (بدون مالچ)، R_2 برداشت به روش سبز و وجود بقایای گیاهی در سطح مزرعه (به‌عنوان مالچ)، D_1 قرارگیری قطره‌چکان‌ها در عمق ۱۵ سانتی‌متر، D_2 قرارگیری قطره‌چکان‌ها در عمق ۲۵ سانتی‌متر، D_3 قرارگیری قطره‌چکان‌ها در عمق ۳۵ سانتی‌متر می‌باشد.

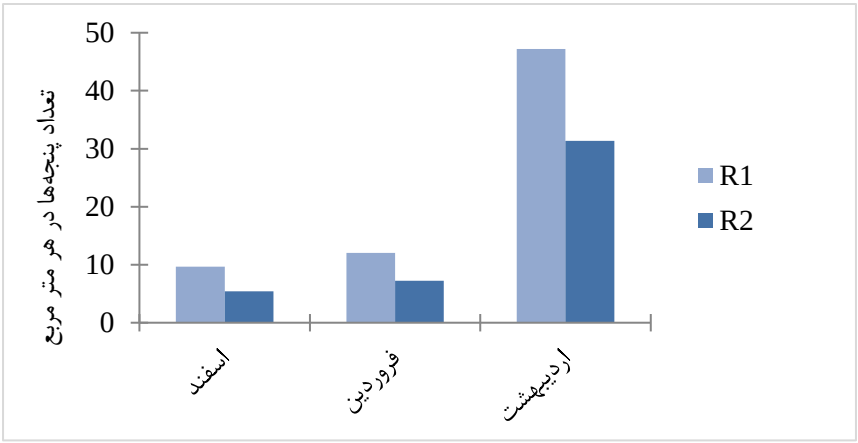
براساس جدول (۳) این کاهش در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شده است. با وجود بقایای گیاهی و کاهش تبخیر از سطح خاک، حالت غرقاب تا مدت طولانی‌تری برای محصول در تیمار R_2 اتفاق افتاده است. در نتیجه کاهش جوانه‌زنی در این تیمار بیشتر مشاهده می‌شود. این نتیجه با نتایج عباسی و شینی دشتگل (Abbasi and Sheini Dashtgol., 2015) مطابقت دارد. نتایج آن‌ها نشان می‌دهد که نیشکر با آن‌که در طول دوره‌ی رشد به آب فراوان احتیاج دارد اما ریشه آن به غرقاب شدن در دراز مدت سازگاری ندارد، بنابراین اعمال مدیریت صحیح آبیاری در کشت آن از اهمیت خاصی برخوردار است. همچنین این نتیجه با نتایج بالویندر و سینگ (Balwinder et al., 2011) مطابقت دارد. آن‌ها طی تحقیقات خود بر روی تاثیر استفاده از بقایای گیاهی، در آبیاری گزارش کردند که وجود بقایای گیاهی روی مزرعه می‌تواند میزان تبخیر از سطح خاک را تا ۴۷ mm در سال کاهش دهد. علاوه بر این در این پژوهش مشاهده شد که وجود بقایای گیاهی در سطح خاک مانند یک مانع فیزیکی عمل و جوانه‌زنی نیشکر را کاهش داد. این نتیجه با نتایج کاروالو و همکاران (Carvalho et al., 2017) هم‌خوانی دارد. نتایج آن‌ها در بررسی اثر برداشت سبز روی جوانه‌زنی نیشکر نشان داد لایه‌ای از بقایای گیاهی نیشکر که در سطح خاک باقی می‌ماند به‌عنوان یک مانع فیزیکی برای جوانه زدن نیشکر عمل می‌کند که ممکن است در رشد محصول تداخل داشته باشد و منجر به کاهش جوانه‌زنی و در پی آن پنجه‌زنی اولیه شود. همچنین علت دیگر کاهش جوانه‌زنی در شرایط وجود بقایای گیاهی در سطح خاک، کاهش انرژی ورودی خورشید به سطح خاک است. بنابراین با وجود نور کم‌تر دمای خاک کاهش یافته و کاهش جوانه‌زنی را در پی آن خواهیم داشت. این نتیجه با نتایج کمپس و همکاران (Campos et al., 2010)، گاندونو و همکاران (Gandonou et al., 2011)، آئو و همکاران (Awe et al., 2015) و لیسبوا و همکاران (Lisboa et al., 2018) هم‌خوانی دارد. کمپس و همکاران (Campos et al., 2010) ، آئو و همکاران (Awe et al., 2015) و لیسبوا و همکاران (Lisboa et al., 2018) با بررسی و مطالعه روش برداشت سبز و نگهداری نی‌های حاصل از برداشت در سطح خاک گزارش کردند که حتی در شرایط گرمسیری و نیمه‌گرمسیری نگهداری بقایای گیاهی در سطح خاک باعث کاهش دمای خاک می‌شود و این کاهش دما باعث کاهش جوانه‌زنی می‌شود. این کاهش در مناطق سردسیری بیش‌تر خواهد بود. علاوه بر این، گاندونو و همکاران (Gandonou et al., 2011) گزارش کردند که حفظ بقایای گیاهی حاصل از برداشت نیشکر در سطح زمین موجب کاهش جوانه‌زنی نیشکر شد، اما این کاهش معنی‌دار نبود. لیسبوا و همکاران (Lisboa et al., 2018) نیز عنوان کردند که در بازرویی اول تاثیر بقایای گیاهی روی کاهش جوانه‌زنی چشم‌گیرتر از بازرویی‌های بعدی است. در همین راستا ویاتور و همکاران (Viator et al., 2006) گزارش کردند که استفاده از بقایای گیاهی حاصل از برداشت نیشکر، برای کشت یولاف موجب تولید شیرابه و کاهش جوانه‌زنی و رشد اولیه‌ی یولاف شد. نتایج کار و کومار (Kar and Kumar., 2007) نیز در بررسی تاثیر بقایای گیاهی در سطح خاک برای کشت سیب‌زمینی نشان می‌دهد که با توجه به رسانایی کم مواد بقایای گیاهی، انرژی خورشیدی ورودی به خاک کاهش می‌یابد و در نتیجه دمای خاک در این تیمارها کم‌تر است. در این بین سوما و ساویتا (Suma and Savitha., 2015) نتایج متفاوتی به‌دست آوردند. آن‌ها با بررسی روش برداشت سبز و استفاده از بقایای گیاهی حاصل از نیشکر، گزارش کردند که وجود بقایای گیاهی موجب شد جوانه‌زنی نیشکر ۱۵ روز زودتر اتفاق افتد و عملکرد افزایش یابد. تحقیقات پیشین نشان می‌دهد که مالچ‌های پلاستیکی به‌علت افزایش دمای خاک تأثیر عکس روی جوانه‌زنی دارند. در این راستا نتایج بو و همکاران (Bu et al., 2013) نشان می‌دهد که در تیمارهایی که از مالچ پلاستیکی استفاده شده است، جوانه‌زنی زودتر از بقیه تیمارها اتفاق افتاده است. در پژوهش حاضر، با توجه به اینکه در تیمار برداشت به روش سوزاندن و بدون حضور بقایای گیاهی در سطح خاک، تراکم و توزیع ریشه در لایه نزدیک خاک به خوبی اتفاق افتاده بود (Namdarian et al., 2020)، تعداد جوانه‌زنی‌ها هم بیشتر است. این نتیجه با نتایج گاندونو و همکاران (Gandonou et al., 2011) مطابقت دارد. آن‌ها در مطالعات خود روی روش برداشت سبز گزارش کردند که تراکم و طول ریشه در مراحل اولیه رشد در لایه‌های بالایی خاک روی درصد جوانه‌زنی تاثیرگذار است و تراکم بالای ریشه با جوانه‌زنی بالا ارتباط مستقیم دارد. تعداد جوانه‌ها تاثیر مستقیمی روی تعداد پنجه‌های تشکیل شده دارد. به‌طوری که با شمارش و بررسی تعداد پنجه‌ها مشاهده شد که در تیمار D_1 که کمترین میزان جوانه‌ها اندازه‌گیری شده بود،

کمترین تعداد پنجه‌زنی نیز مشاهده شد. به‌طوری که تعداد پنجه‌های تثبیت شده در اردیبهشت ماه در تیمار R_1 برای سه عمق قطره‌چکان D_1، D_2 و D_3 به‌ترتیب و به‌صورت میانگین ۴۴/۴، ۴۶/۹ و ۵۰/۱ در هر متر مربع بود. همچنین در تیمار R_2 برای سه عمق قطره‌چکان D_1، D_2 و D_3 به‌ترتیب و به‌صورت میانگین ۲۸/۵، ۳۴/۸ و ۳۰/۶ در هر متر مربع اندازه‌گیری شد. براساس جدول (۳)، هم اثر متقابل هم اثر عمق نصب قطره‌چکان‌ها اختلاف معنی‌داری را روی تعداد پنجه‌ها ایجاد نکرده است. بنابراین کاهش تعداد پنجه‌ها در تیمار D_1 نسبت به دو عمق D_2 و D_3 معنی‌دار نیست. برای بررسی بهتر روند رشد پنجه‌ها در سه نوبت زمانی مختلف، تعداد پنجه‌ها اندازه‌گیری و ثبت شد. که نهایتا از تعداد پنجه‌های تثبیت شده در اردیبهشت ماه برای تجزیه و تحلیل آماری بهره گرفته شد. روند رشد پنجه‌ها در دو تیمار R_1 و R_2 در شکل (۴) ارائه شده است. همان‌طور که در شکل (۴) مشاهده می‌شود روند تغییرات رویش پنجه‌ها در تمام ماه‌های انجام آزمایش، برای هر سه عمق نصب قطره‌چکان، در هر دو تیمار R_1 و R_2 به‌صورت نزدیک و مشابهی اتفاق افتاده است که با توجه به غیرمعنی‌دار شدن اثر عمق نصب قطره‌چکان‌ها امری قابل توجیه است. تنها تفاوت قابل تامل در تعداد پنجه‌ها کاهش چشم‌گیر آن در تیمارهای روش برداشت و وجود بقایای گیاهی است. همان‌طور که در شکل (۵) مشاهده می‌شود در تمام ماه‌های انجام آزمایش رویش پنجه‌ها به شدت تحت تاثیر وجود بقایای گیاهی قرار گرفته است.



شکل ۴- روند رشد پنجه‌ها در ماه‌های انجام آزمایش، "الف" برای تیمار R_1 و "ب" برای تیمار R_2

Fig. 4. The growth process of claws in the months of the experiment, "a" for treatment R1 and "b" for treatment R2



شکل ۵- مقایسه میانگین تعداد پنجه‌ها در عمق‌های مختلف نصب قطره‌چکان در تیمارهای R_1 و R_2

Fig. 5. Comparison of the average number of claws at different depths of sprinkler installation in R1 and R2 treatments.

به‌طور کلی می‌توان گفت وجود بقایای گیاهی به‌صورت میانگین باعث کاهش ۳۳/۳ درصدی تعداد پنجه‌ها شده است. براساس جدول (۳) این کاهش در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار است. این نتیجه با نتایج لیسبوا و همکاران (Lisboa et al., 2018) هم‌خوانی دارد. آن‌ها گزارش کردند که تاثیر وجود بقایای گیاهی در کاهش پنجه‌زنی تا ۹۰ روز پس از برداشت وجود داشت و بعد از این مدت پنجه‌زنی افزایش یافت. کاهش پنجه‌زنی در فصل مرطوب ۱۸۰ روز پس از برداشت هم ممکن است طول بکشد. مطالعه‌ی تحقیقات پیشین نشان می‌دهد که در مورد استفاده از روش برداشت سبز و نگهداری بقایای گیاهی نتایج متفاوتی به‌دست آمده است و تاثیر بقایای گیاهی روی پنجه‌زنی نیشکر بحث برانگیز است. بالکوئلو و همکاران (Ball-Coelho et al., 1993)، روزتو و همکاران (Rossetto et al., 2010) و دی‌آکوئینو و همکاران (De Aquino et al., 2017) گزارش کردند که باقی‌مانده تاثیر معنی‌داری روی پنجه‌زنی ندارد. در حالی که کمپس و همکاران (Campos et al., 2010) و ناکسومالو و همکاران (Nxumalo et al., 2017) گزارش کردند که بقایای گیاهی باعث کاهش معنی‌داری روی پنجه‌زنی در نی‌های قابل برداشت می‌شود. بنابراین می‌توان گفت میزان پنجه‌زنی محصول در روش برداشت سبز و وجود بقایای گیاهی تحت تاثیر عوامل مختلفی مانند نوع خاک، مدیریت زراعی و شرایط آب و هوایی قرار می‌گیرد (Cherubin et al., 2018; Lisboa et al., 2018). بنابراین لزوم انجام تحقیقات بیشتر در این زمینه احساس می‌شود.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی در این آزمایش مشاهده شد که عمق نصب قطره‌چکان‌ها تاثیر معنی‌داری روی قدرت جوانه‌زنی و پنجه‌زنی نیشکر در بازرویی اول نداشت. حفظ و نگهداری بقایای گیاهی حاصل از برداشت در سطح مزرعه موجب کاهش معنی‌دار قدرت جوانه‌زنی در بازرویی اول نیشکر شد. این کاهش قدرت جوانه‌زنی متعاقباً روی تشکیل پنجه‌ها اثرگذار بود و رشد هفتگی محصول را تحت تاثیر قرار داد. بنابراین وجود بقایای گیاهی موجب کاهش معنی‌داری در رویش پنجه‌ها شد. بنابراین توصیه می‌شود در هنگام استفاده از روش برداشت سبز تمهیداتی برای جلوگیری از کاهش قدرت جوانه‌زنی در نظر گرفته شود. توصیه می‌شود که در مراحل جوانه‌زنی برای دریافت نور بیشتر توسط گیاه مقداری بقایا را روی جوانه‌ها جابه‌جا کرده یا تراکم آن را کاهش داد. یا توصیه می‌شود بقایای گیاهی بین دو جویچه متمرکز و جمع‌آوری شوند. بنابراین توصیه می‌شود در منطقه‌ی مورد مطالعه نیز آزمایش‌های بیشتری روی استفاده از بقایای گیاهی به‌عمل آید. همچنین براساس نتایج به‌دست آمده بیشترین کاهش جوانه‌زنی در عمق نصب ۱۵ سانتی‌متری قطره‌چکان‌ها مشاهده شد. اگر چه این کاهش معنی‌دار نبود، اما با توجه به حالت جمع شدن آب در سطح خاک در این تیمار توصیه می‌شود در مزارع منطقه‌ی مورد مطالعه برای مدیریت بهتر آبیاری قطره‌ای زیرسطحی از عمق‌های نصب بیشتر از ۱۵ سانتی‌متری استفاده شود.

منابع

Abbasi, F., & Shini-Dashtgol, A. (2015). Technical publication of recommendations for optimal use of fertilizer in sugarcane farms. Agricultural Engineering and Technical Research Institute, *Khuzestan Research and Training Institute for Sugarcane Development and Side Industries*. 14 pages. (In Persian).

Alizadeh, A. (2010). Irrigation systems design. Second volume, fourth edition, Ferdowsi University of Mashhad. 367 pages. (In Persian).

Awe, G. O., Reichert, J. M., & Wendroth, O. O. (2015). Temporal variability and covariance structures of soil temperature in a sugarcane field under different management practices in southern Brazil. Soil and Tillage Research, 150, 93-106.

Ayers, R. S., & Westcot, D. W. (1994). Water Quality for Agriculture (FAO Irrigation and Drainage Paper No. 29). Rome, Italy: Food and Agriculture Organization.

Ball-Coelho, B., Tiessen, H., Stewart, J. W. B., Salcedo, I. H., & Sampaio, E. V. S. B. (1993). Residue management effects on sugarcane yield and soil properties in Northeastern Brazil. agronomy Journal, 85(5), 1004-1008.

Balwinder, S., Humphreys, E., Eberbach, P.L., Katupitiya, A., & Kukkal, S.S., (2011). Growth yield and water productivity of zero till wheat as affected by rice straw mulch and irrigation schedule. *Field Crops Research*. 121(2), 209– 225.

Bu, L.D., Liu, J.L., Zhu, L., Luo, S.S., Chen, X.P., Li, S.Q., Hill R.L. and Zhao, Y. (2013). The effects of mulching on maize growth, yield and water use in a semi-arid region. *Agricultural Water Management*. 123, 71- 78.

Caieiro, J. T., Panobianco, M., Bespalhok Filho, J. C., & Ohlson, O. D. C. (2010). Physical purity and germination of sugarcane seeds (caryopses)(Saccharum spp.). Revista brasileira de sementes, 32, 140-145.

Campos, C. R., Silva, C. F., Dias, D. R., Basso, L. C., Amorim, H. V., & Schwan, R. F. (2010). Features of Saccharomyces cerevisiae as a culture starter for the production of the distilled sugar cane beverage, cachaça in Brazil. Journal of Applied Microbiology, 108(6), 1871-1879.

Cerri, C. C., Galdos, M. V., Maia, S. M. F., Bernoux, M., Feigl, B. J., Powlson, D., & Cerri, C. E. P. (2011). Effect of sugarcane harvesting systems on soil carbon stocks in Brazil: an examination of existing data. European Journal of Soil Science, 62(1), 23-28.

Cherubin, M. R., Oliveira, D. M. D. S., Feigl, B. J., Pimentel, L. G., Lisboa, I. P., Gmach, M. R., ... & Cerri, C. C. (2018). Crop residue harvest for bioenergy production and its implications on soil functioning and plant growth: A review. Scientia Agricola, 75, 255-272.

Chumphu, S., Jongrungklang, N., & Songsri, P. (2019). Association of physiological responses and root distribution patterns of ratooning ability and yield of the second ratoon cane in sugarcane elite clones. Agronomy, 9(4), 200.

Coelho, C. H., Francisco, J. G., Nogueira, R. F. P., & Campos, M. L. A. D. M. (2008). Dissolved organic carbon in rainwater from areas heavily impacted by sugar cane burning. Atmospheric Environment, 42(30), 7115-7121.

de Aquino, G. S., de Conti Medina, C., da Costa, D. C., Shahab, M., & Santiago, A. D. (2017). Sugarcane straw management and its impact on production and development of ratoons. Industrial Crops and Products, 102, 58-64.

Gandonou, C. B., Ahanhanzo, C., Agbangla, C., Errabii, T., Idaomar, M., Abrini, J., & Skali-Senhaji, N. (2011). NaCl effect on in vitro sugarcane bud emergency. African Journal of Biotechnology, 10(4), 539.

Kanani, E., Dehghanisanij, H., & Akhavan, S. (2016, November). Effects of different irrigation methods and mulch on corn (Zea mayz L.) evapotranspiration, yield, water use efficiency in a semi-arid climate. In 2nd world Irrigation Forum (WIF2) (pp. 6-8).

Kar, G. and Kumar, A. (2007). Effects of irrigation and straw mulch on water use and tuber yield of potato in eastern India. Agricultural Water Management. 94(1), 109- 116.

Le Blond, J. S., Williamson, B. J., Horwell, C. J., Monro, A. K., Kirk, C. A., & Oppenheimer, C. (2008). Production of potentially hazardous respirable silica airborne particulate from the burning of sugarcane. Atmospheric Environment, 42(22), 5558-5568.

Lisboa, I. P., Cherubin, M. R., Lima, R. P., Cerri, C. C., Satiro, L. S., Wienhold, B. J., ... & Cerri, C. E. (2018). Sugarcane straw removal effects on plant growth and stalk yield. Industrial Crops and Products, 111, 794-806.

Namdarian, D. (2020). Study of the effect of crop residues from sugarcane harvest on moisture, salinity and nitrate distribution under subsurface drip irrigation management and its simulation with AquaCrop model. Shahid Chamran University of Ahvaz. Faculty of Water Sciences Enginnering. Department of Irrigation and Drainage (Ph.D. Thesis). Pp 168. (In Persian).

Namdarian, D., Naseri, A. A., BoroomandNasab, S., & Parvizialmani, M. (2020). Effect of subsurface drip and furrow irrigation system on growth and yield indices in sugarcane cultivation. Iranian Journal of Soil and Water Research, 51(6), 1515-1527. (In Persian)

Namdarian, K., Naseri, A., Izadpanah, Z., & Maleki, A. (2015). Comparsion of the FAO Penman-Monteith method and class A evaporation pan with lysimeter data in estimating evapotranspiration (Cicer arietinum L.) in Khorramabad. Iranian Journal Pulses Research, 6(1), 92-99.

Núñez, O. and Spaans, E. (2008). Evaluation of green-cane harvesting and crop management with a trash-blanket. *Sugar Tech*. 10, 29–35.

Nxumalo, N., Ramburan, S., & Steyn, J. M. (2017). Growth and yield responses of commercial sugarcane cultivars to mulching in the coastal rainfed region of South Africa. South African Journal of Plant and Soil, 34(1), 9-18.

Olivier, F. C., & Singels, A. (2012). The effect of crop residue layers on evapotranspiration, growth and yield of irrigated sugarcane. Water SA, 38(1), 77-86.

Pandey, S., Patel, N. R., Danodia, A., & Singh, R. (2019). Discrimination of sugarcane crop and cane yield estimation using Landsat and IRS resourcesat satellite data. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 42, 229-233.

Rossetto, R., Dias, F.L.F., Landell, M.G.A., Cantarella, H, Tavares, S., Vitti, A.C. and Perecin, D. (2010). N and K fertilisation of sugarcane ratoons harvested without burning. Proc. Int. Soc. *Sugar Cane Technol*. 27, 8.

Sandhu, H. S., Gilbert, R. A., Kingston, G., Subiros, J. F., Morgan, K., Rice, R. W., ... & Davis, L. (2013). Effects of sugarcane harvest method on microclimate in Florida and Costa Rica. Agricultural and Forest Meteorology, 177, 101-109.

Sandhu, H. S., Nuessly, G. S., Cherry, R. H., Gilbert, R. A., & Webb, S. E. (2011). Effects of harvest residue and tillage on lesser cornstalk borer (Lepidoptera: Pyralidae) damage to sugarcane. Journal of economic entomology, 104(1), 155-163.

Sandhu, H.S., Singh, M.P., Gilbert, R.A., Subiros-Ruiz, F. and Rice, R.W., Jr., J.M.S. (2017). Harvest management effects on sugarcane growth, yield and nutrient cycling in Florida and Costa Rica. *Field Crops Research*. 214, 253–260.

Sanghera, G.S., and Kumar, A. (2018). Recent perspectives towards enhancing drought tolerance in sugarcane. *Journal of Plant Science and Research*. 34(1), 23- 34.

Sanghera, G.S., Malhotra, P.K., Singh, H. and Bhatt, R. (2019). Climate Change Impact in Sugarcane Agriculture and Mitigation Strategies. In book: Harnessing Plant Biotechnology and Physiology to Stimulate Agricultural Growth. 90- 114.

Sheini Dashtgol, A. (2015). Principles of applied water management in sugarcane. Kerdgar publication. Ahvaz. 144 p. (In Persian).

Shokri, S., Hooshmand, A. and Ghorbani, M. (2017). The Estimation Evaporation Pan Coefficient For Calculating Reference Evapotranspiration in Ahvaz. *Irrigation Science and Engineering Journal*. 40(1), 1- 12. Doi: 10.22055/JISE.2017.12641. (In Persian).

Singh, P., & Rai, R. K. (2018). Tailoring sugarcane for smart canopy architecture. Advances in Plants & Agriculture Research, 8(2), 142-147.

Suma, R. and Savitha, C.M. (2015). Integrated Sugarcane trash management: a novel technology for sustaining soil health and Sugarcane yield. *Advances in Crop Science and Technology*. 3(1), 1000160- 1000160.

Tejero, I. G., Zuazo, V. H. D., Bocanegra, J. A. J., & Fernández, J. L. M. (2011). Improved water-use efficiency by deficit-irrigation programmes: Implications for saving water in citrus orchards. Scientia horticulturae, 128(3), 274-282.

Viator, R. P., Johnson, R. M., Grimm, C. C., & Richard Jr, E. P. (2006). Allelopathic, autotoxic, and hormetic effects of postharvest sugarcane residue. Agronomy journal, 98(6), 1526-1531.

Wang, P., Deng, Y., Li, X. Y., Wei, Z., Hu, X., Tian, F., ... & Wang, J. (2019). Dynamical effects of plastic mulch on evapotranspiration partitioning in a mulched agriculture ecosystem: Measurement with numerical modeling. Agricultural and forest meteorology, 268, 98-108.

Watanabe, K., Saensupo, S., Na-iam, Y., Klomsa-ard, P., & Sriroth, K. (2019). Effects of superabsorbent polymer on soil water content and sugarcane germination and early growth in sandy soil conditions. Sugar Tech, 21(3), 444-450.

Zhangzhong, L., Yang, P., Zhen, W., Zhang, X., & Wang, C. (2019). A kinetic model for the chemical clogging of drip irrigation system using saline water. Agricultural water management, 223, 105696.

Zhao, Y., Justina, D. D., Watanabe, J., Rocha, J. V., Graziano, P., & Lamparelli, R. A. C. (2018, October). Multivariety sugarcane sucrose estimation using a combination of spectral and agrotechnology methods. In Remote Sensing for Agriculture, Ecosystems, and Hydrology XX (Vol. 10783, pp. 149-162). SPIE.