Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 2, Vol. 14, Jan.-Jul. 2020, p. 535-547

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۲، جلد ۱۴، خرداد - تیر ۱۳۹۹، ص. ۵۴۷-۵۳۵

اثر مدیریت سیستم‌های آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و جویچه‌ای انتهابسته روی متغیرهای رشد و توزیع ریشه در زراعت نیشکر

علی شینی‌دشتگل[۱*]، عبدعلی ناصری[۲]، سعید برومندنسب[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۹/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۰/۲۲

چکیده

در این پژوهش، اثر مدیریت آبیاری قطره‌ای زیرسطحی روی حجم آب مصرفی، متغیرهای رشد و توزیع ریشه، برای بازرویی اول نیشکر در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ مورد بررسی قرار گرفت. به‌همین منظور، مدیریت آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با مدیریت آبیاری جویچه‌ای انتها بسته (به‌عنوان شاهد)، مورد مطالعه قرار گرفتند. در هر مزرعه، سه ایستگاه اندازه‌گیری پارامترهای رشد انتخاب شد و تعداد ساقه‌ها، تعداد برگ‌های سبز، طول و عرض برگ در طول یک متر، در شش نوبت به‌ترتیب ۹۱، ۹۹، ۱۰۵، ۱۱۲، ۱۱۹ و ۱۲۸ روز پس از برداشت پلنت (کشت سال اول)، شمارش و اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که با اجرای روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در نیشکر و مدیریت مناسب آن، صرف‌نظر از اعمال عمق کارگذاری یا فاصله مشخص قطره‌چکان‌ها، به‌طور متوسط حدود ۳۱ درصد در مصرف آب آبیاری صرفه‌جویی خواهد شد. تعداد برگ‌ها و طول و عرض برگ در هر دو روش آبیاری اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند، ولی تعداد ساقه‌ها و شاخص سطح برگ، در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، به‌ترتیب در سطح احتمال ۹۵ و ۹۹ درصد اختلاف معنی‌داری با آبیاری جویچه‌ای داشتند. میانگین شاخص سطح برگ در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و آبیاری جویچه‌ای به‌ترتیب ۴/۱ و ۲/۷ به‌دست آمد و این شاخص، در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، به‌صورت میانگین ۳۴ درصد بیشتر از آبیاری جویچه‌ای بود. عمق فعال ریشه‌های نگهدارنده به‌صورت عمودی و افقی در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به‌ترتیب تا ۱۲۰ و ۱۴۳ سانتی‌متر و در آبیاری جویچه‌ای تا ۱۰۰ و ۱۰۴ سانتی‌متر گسترش داشته و این موضوع نشان می‌دهد که ریشه‌ها در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی حدود ۱۷٪ و ۲۷٪ عمیق‌تر و گسترده‌تر از آبیاری جویچه‌ای و در عین حال، ظریف‌تر و افشان‌تر هستند. در آبیاری‌های قطره‌ای زیرسطحی و جویچه‌ای، به‌ترتیب حدود ۹۶٪ و ۹۸٪ ریشه‌های عمودی در عمق ۶۰ سانتی‌متری خاک گسترش یافتند.

واژه‌های کلیدی: آب مصرفی، شاخص سطح برگ، گسترش ریشه، نیشکر

مقدمه

تولید نیشکر علاوه بر تولید شکر، به‌عنوان یک کالای اساسی در اقتصاد کشور، دارای کاربردهای گسترده‌ای در صنایع غذایی، دارویی و شیمیایی است و تولید فرآورده‌های جانبی مانند خوراک دام، خمیر مایه و الکل، چوب و کاغذ، نشان از اهمیت این گیاه و صنایع وابسته به آن دارد.

از آنجایی‌که نیشکر گیاهی آب‌دوست بوده و به شرایط ماندابی ناشی از بالا آمدن سطح ایستابی نیز حساس است، آبیاری آن نیازمند وجود یک شبکه آبیاری و زهکشی دقیق از نظر طراحی و اجراست و رسیدن به چنین شرایطی همواره تحت تأثیر محدودیت‌های انسانی (در بخش طراحی و اجرا) و لوازم و تجهیزات است، لذا انتخاب روش‌های مناسب آبیاری نیشکر جهت مصرف بهینه آب و انرژی، از اهمیت خاصی برخوردار است (عباسی و شینی‌دشتگل، ۱۳۹۵).

در طول دهه‌های گذشته، استفاده از آبیاری قطره‌ای زیرسطحی برای باغ‌ها و درختان روبه افزایش بوده و برای مدیریت منابع آب در مناطق کم‌آب و خشک پیشنهاد شده‌است (Consoli et al, 2014). روش‌های مدیریتی از قبیل انتخاب سیستم آبیاری، مانند سایر محصولات کشاورزی، روی میزان محصول نیشکر نیز تأثیر معنی‌داری می‌گذارد (Sajjad et al, 2016; Almeida Silva et al, 2017). آبیاری قطره‌ای زیرسطحی یکی از مؤثرترین سیستم‌های آبیاری موجود برای کشت نیشکر است. گرچه هزینه اولیه آن بالاست،

۱- دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز، گروه آبیاری و زهکشی و مدیر گروه تحقیقات به‌زراعی، مؤسسه تحقیقات و آموزش نیشکر خوزستان
۲- استاد گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز
۳- استاد گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز
(*- نویسنده مسئول: Email: sheinidasht1971 @gmail.com)

www.SID.ir

Archive of SID

اما مقدار قابل‌توجهی از آب با کاهش میزان تبخیر، روان‌آب و نفوذ عمقی صرفه‌جویی می‌شود (Almeida Silva et al, 2017; Barbosa et al, 2017). آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، از مؤثرترین راهکارها برای افزایش بهره‌وری و استفاده بهینه از منابع آب است و درک توانایی‌های کامل آن نیازمند بهینه‌سازی پارامترهای در دسترس بوده که مهم‌ترین این پارامترها دورآبیاری، شدت و مدت زمان آبیاری است (Skaggs et al, 2004). علاوه بر این، آبیاری قطره‌ای زیرسطحی دارای مزایای دیگری از جمله کوددهی بهینه است که افزایش محصول را در پی خواهد داشت (Bush et al, 2016; Almeida Silva et al, 2017).

متغیرهای رشد گیاهی به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر روش آبیاری قرار می‌گیرند (Amer, 2011). از طرفی برای مقایسه‌ی رشد و عملکرد بین رقم‌های مختلف و اقتصادی نیشکر، این متغیرها اندازه‌گیری می‌شوند (Sandhu et al, 2012). داشتن اطلاعات کافی در مورد متغیرهای رشد گیاه نیشکر برای توسعه‌ی مدل‌های پیش‌بینی عملکرد محصول بسیار بااهمیت است. متغیرهای رشد گیاه شامل پارامترهایی نظیر زیست توده[1]، شاخص سطح برگ (LAI)[2]، تعداد ساقه در متر و عملکرد محصول می‌باشد. تجزیه و تحلیل رشد محصول براساس اندازه‌گیری‌های متوالی شاخص سطح برگ (LAI)، امکان‌پذیر است(Simões et al, 2005).

ریشه نیز اندام مهمی برای گیاه در جذب آب و مواد غذایی است. مقدار ریشه و فعالیت آن نقش مهمی در جذب آب و مواد غذایی در شرایط تنش خشکی دارد (Lv et al, 2019). همچنین بین فعل و انفعالات واقعی که در پروفیل خاک اتفاق می‌افتد با تصورات ذهنی بشر به‌علت پیچیده بودن سیستم ریشه و فعالیت آن، تفاوت‌هایی وجود دارد و عدم دقت در بررسی، ممکن است باعث بروز مدیریت نامناسب مربوط به مسائل خاک و محصول و انتخاب ارقام شود (Smith et al, 2005).مطالعات کمی در مورد روند تغییرات LAI در مراحل مختلف رشد نیشکر وجود دارد (Sandhu et al, 2012). همچنین اطلاعات کمی در مورد چگونگی رشد ریشه‌ی نیشکر به‌ویژه در کشاورزی مدرن وجود دارد (Smith et al, 2005; Laclau and Laclau, 2009; Otto et al, 2011; Jangpromma et al, (2012). سندهو و همکاران، ارتباط بین تغییرات LAI، سرعت رشد و عملکرد نیشکر برای چند ژنوتیپ مختلف را مورد بررسی قرار دادند و نتایج آن‌ها نشان داد که رابطه بین عملکرد و LAI در دوره نهایی رشد همبستگی خوبی از خود نشان می‌دهد (Sandhu et al, 2012). داسیلوا و همکاران، رابطه بین LAI و زیست توده نیشکر را در چهار رقم مورد مقایسه و بررسی قرار دادند و نتایج آن‌ها نشان داد که رقم RB92579 با LAI بزرگتر از ۴/۴۶ بیشترین مقدار عملکرد را در بین ارقام مورد مطالعه داشت ((Da Silva et al, 2017). اوتو و همکاران، برای رقم SP81-3250 رابطه‌ی بین توزیع و تراکم ریشه با خصوصیات فیزیکی خاک را بررسی کردند و نتایج آن‌ها نشان داد که با افزایش تراکم خاک، رشد ریشه به‌شدت کاهش می‌یابد (Otto et al, 2011). لاکلائو و لاکلائو ، تراکم طولی ریشه را در ۳۴، ۴۹، ۱۲۵، ۱۷۹، ۲۴۱ و ۳۲۲ روز پس از کاشت در عمق یک متری خاک بررسی کردند و نتایج آن‌ها نشان داد بیشترین تراکم طولی در عمق کمتر از ۶۰ سانتی‌متر اتفاق می‌افتد (Laclau and Laclau, 2009). جانگپروما و همکاران، رابطه بین خصوصیات ریشه و کارایی مصرف آب را در ۱۰ رقم مختلف نیشکر مورد بررسی قرار دادند و نتایج آن‌ها نشان داد تغییرات قطر، طول، سطح و حجم ریشه در رقم‌های مختلف با هم اختلاف معنی‌داری داشت (Jangpromma et al, 2012). برای کشت نیشکر در ایران همچنان از شیوه‌ی آبیاری جویچه‌ای انتهابسته استفاده می‌شود، بنابراین اطلاعاتی در رابطه با تأثیر مدیریت آبیاری قطره‌ای زیرسطحی روی خصوصیات و متغیرهای رشد نیشکر که برای اولین بار در ایران اجرا شده، در دست نبود. با توجه به ساختار آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، به‌نظر می‌رسد که این روش بتواند با اعمال برخی شرایط از جمله طراحی خوب شبکه از نظر هیدرولیکی، فیلتراسیون با کیفیت آب و اجرای مناسب شبکه موفق عمل نماید، بنابراین هدف از انجام این پژوهش، اثر مدیریت آبیاری قطره‌ای زیرسطحی روی حجم آب مصرفی، متغیرهای رشد و توزیع ریشه و مقایسه آن با سیستم آبیاری جویچه‌ای انتها بسته به‌عنوان شاهد، برای بازرویی اول گیاه نیشکر است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش، در ایستگاه پژوهشی مؤسسه تحقیقات و آموزش نیشکر خوزستان و در دو قطعه زمین زراعی با سیستم‌های آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و آبیاری جویچه‌ای انتها بسته با استفاده از لوله‌های دریچه‌دار [3] به‌عنوان شاهد، به‌ترتیب با مساحت ۱/۲ و ۱/۵ هکتار (طول جویچه‌ها ۲۴۰ متر و عرض جوی و پشته ۱/۸۳ متر)، انجام شد. گیاه مورد نظر در این بررسی، نیشکر با رقم تجاری CP69-1062 که متداول‌ترین و سازگارترین رقم شناخته شده و سازگار با شرایط آب و هوایی منطقه است و بیش از ۶۰ درصد سطح زیرکشت نیشکر را به خود اختصاص داده است، کشت گردید و آزمایش طی سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ و در قالب بازرویی[4] اول اجرا شد.

1- Biomass
2- Leaf Area Index

3-Hydro-flome
4- Plant

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- میانگین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در دو قطعه زمین مورد مطالعه

Depthcm) (	EC (dS/m)	pH	ρb (gr/cm^3)	Soil Texture	Cations (meq/l)				(SAR)	EC-Classifi-cation
					Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+		
۳۰-۰	۶/۹۷	۷/۱۹	۱/۵	Si.C.L	۵۱/۳	۱۱/۰۹	۱۱/۵۲	۰/۱۸	۱۵/۳	کمی شور
۶۰-۳۰	۴/۷۵	۷/۲۸	۱/۵۷	Si.C.L	۳۶/۶	۷/۸۲	۸/۰۴	۰/۱۲	۱۲/۶۴	
۹۰-۶۰	۴/۷۳	۷/۲۹	۱/۶۱	Si.C.L	۳۲/۴	۸۹/۹	۱۰/۸۲	۰/۰۱	۱۰/۰۷	

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب آبیاری مورد استفاده در مزرعه

EC (dS/m)	pH	TDS (mg/l)	TH (mg/l)	Cations (meq/l)				Anions (meq/l)				SAR	Classifi-cation
				Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	Cl^-	CO_3^{-2}	HCO_3^-	SO_4^{-2}		
۲/۵	۷/۵	۱۷۹۳	۵۳۱	۱۳/۹	۳/۸	۵/۱	۰/۰۸	۱۴/۸	۰	۳	۵/۹	۶/۶	C_4 S_2

کشت سال اول[1] و عملیات داشت آن در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ صورت گرفت و در اوایل دی‌ماه ۱۳۹۶ برداشت انجام شد، بنابراین دوره داشت برای بازرویی اول (پس از برداشت نیشکر کشت شده)، از اوایل دی‌ماه ۱۳۹۶ شروع شده و جوانه‌زنی از نیمه دوم دی‌ماه آغاز شد. بنابراین اولین آبیاری در نیمه اول دی‌ماه و قبل از جوانه‌زنی انجام شد. موقعیت مزارع آزمایشی در ´۳۳ ,۴۸۰ طول شرقی و ´۵۹ ,۳۰۰ عرض‌شمالی و در ارتفاع ۷/۶۳ متری از سطح دریا بود. اقلیم منطقه براساس تقسیم‌بندی دومارتن[2] گرم و خشک محسوب می‌شود. بافت خاک مزارع با آزمایش هیدرومتری، سیلتی‌کلی‌لوم تعیین شد. با استفاده از دستگاه صفحه‌های فشاری، نقاط ظرفیت‌زراعی و پژمردگی‌دائم به‌طور میانگین و به‌ترتیب ۳۷/۷ و ۱۹/۴ درصد حجمی اندازه‌گیری شدند. منبع تأمین آب‌آبیاری، از رودخانه کارون بود. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزارع و آب آبیاری در جدول‌های ۱ و ۲ ارائه شده است.

در آبیاری قطره ای زیرسطحی، فشار در ایستگاه پمپاژ ۴۳ متر طراحی شد و لوله‌های قطره‌چکان‌دار از شرکت سان استریم ترکیه و با دبی ۱/۲ و ۲/۲ لیتر در ساعت بودند. فاصله قطره‌چکان‌های روی لوله‌ها ۵۰ و ۶۰ سانتی‌متر (برای دبی خروجی از قطره‌چکان‌ها، ۱/۲ لیتر در ساعت) و ۷۵ سانتی‌متر (برای دبی خروجی از قطره‌چکان‌ها، ۲/۲ لیتر در ساعت) و عمق کارگذاری لوله‌ها ۱۵، ۲۰ و ۳۰ سانتی‌متر از سطح خاک بودند. منبع تأمین آب، از کانال اصلی کشت و صنعت حکیم فارابی بوده که توسط ایستگاه پمپاژ به محل مزرعه منتقل و طراحی و اجرای ایستگاه پمپاژ و فیلتراسیون با توجه به آنالیز اولیه آب آبیاری انجام شد. یک حوضچه رسوب گیر نیز در کنار ایستگاه احداث و تزریق اسید، کلر و کود نیز از حوضچه انجام شد. زمان آبیاری با استفاده از اطلاعات لایسیمتر حجمی احداث‌شده در منطقه و استفاده از اطلاعات تشتک تبخیر، تعیین شد و از تعدادی حسگر رطوبتی جهت کنترل دقیق‌تر رطوبت نیز استفاده گردید. دور آبیاری در تیمارهای آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، براساس عمق خالص آب ذخیره شده در منطقه ریشه و تبخیر و تعرق گیاه بین محدوده ۳-۱ روز متغیر بود. آبیاری تیمارهای قطره ای زیرسطحی، بر اساس تخلیه مجاز رطوبتی گیاه نیشکر از آب قابل استفاده خاک و دور آبیاری صورت گرفت. در آبیاری جویچه‌ای نیز نیاز آبی با توجه به تبخیر و تعرق گیاه نیشکر و تخلیه مجاز رطوبتی و از روی اطلاعات هواشناسی و کراپ‌لاگ[3] هفتگی (رطوبت غلاف برگ و سطح ایستابی)، تعیین گردید و دور آبیاریدر پیک آبیاری (خردادماه و تیرماه)، ۸-۶ روزه و در سایر ماه‌ها با توجه به تبخیر و تعرق گیاه تعیین شد. همچنین حجم آب مصرفی برای هر دو مزرعه به‌صورت جداگانه با کنتورهای حجمی دقیق اندازه‌گیری و ثبت شد و جهت کنترل کارآیی کنتور آب، حجم آب مصرفی آبیاری جویچه‌ای، در دفعات مختلف با استفاده از فلوم WSC تیپ دو اندازه‌گیری شد.

در روش آبیاری جویچه‌ای، کشت نیشکر به‌صورت دو ردیفه و با فاصله ردیف‌های کشت حدود ۴۰ سانتی‌متر در داخل جویچه انجام شد و پس از رشد ۵۰-۴۰ سانتی‌متری نیشکر، با انجام عملیات هیلینگ‌آپ[4] (تعویض جای جوی و پشته)، با حفظ فاصله بین دو ردیف نیشکر، نیشکر به روی پشته انتقال داده شد، ولی در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، نیشکر مستقیماً روی پشته با فاصله ردیف‌های کشت ۴۰ سانتی‌متری کشت شد، به طوری که لوله قطره‌چکان‌دار در وسط دو ردیف نی قرار گرفت. از طرح آماری اسپلیت پلات در زمان با طرح آزمایشی پایه بلوک کامل تصادفی با دو تیمار (نوع آبیاری) و شش تکرار (نوبت‌های اندازه‌گیری) برای مقایسه‌ی شاخص سطح برگ استفاده شد. در هر نوبت میانگین طول،

1- De-Marton
2- Sunstream
3- Hilling-Up
4- Leaf Area Meter

www.SID.ir

Archive of SID

عرض، مساحت و شاخص سطح برگ در سه جویچه برای هر مزرعه اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری شاخص سطح برگ در مزرعه می‌تواند از دو روش مستقیم و غیرمستقیم صورت گیرد. در روش مستقیم با تخریب برگ و برداشت آن، اندازه‌گیری شاخص سطح برگ با دستگاه مخصوصی به نام سطح برگ سنج انجام می‌گیرد. در روش‌های غیرمستقیم شاخص سطح برگ با اندازه‌گیری‌های گیاهی یا عبور نور از گیاه و تجزیه و تحلیل آن و عکاسی دیجیتالی انجام و محاسبه می‌شود. روش‌های غیرمستقیم، غیرمخرب و مقرون به‌صرفه هستند (Zhang et al, 2016). در این مطالعه شاخص سطح برگ با استفاده از روش مرسوم در کشت و صنعت‌های نیشکری خوزستان، به‌صورت غیرمستقیم اندازه‌گیری شد. برای از بین بردن اثرات جانبی روی نتیجه‌ی پژوهش، از هر تیمار که شامل سه جویچه است، جویچه‌ی وسط در نظر گرفته شد. قسمت میانی هر جویچه به اندازه‌ی دو متر انتخاب و میخ‌کوبی شد. اندازه‌گیری‌ها به‌صورت هفتگی و در بین ساعات ۹ تا ۱۱ صبح انجام صورت گرفت. تعداد ساقه‌های رشد کرده شمارش و متوسط تعداد برگ‌های هر ساقه اندازه‌گیری شد. برای این کار تعداد برگ‌های سبز برای چند ساقه شمارش (برگ‌هایی که بیش از ۲۰ درصد از آن‌ها سبز باشد) و به‌صورت میانگین برای همه‌ی ساقه‌ها در نظر گرفته شد. طول و عرض برگ‌ها اندازه‌گیری شد. پهنای وسط برگ به‌عنوان عرض برگ در نظر گرفته شد. برای کاهش خطا، اندازه‌گیری‌ها دو یا سه بار تکرار شدند تا از صحت آن اطمینان حاصل شود. در مزرعه‌ی شاهد با توجه به اینکه در آبیاری جویچه‌ای، در طول جویچه‌ها مقدار نفوذ آب متغیر می‌باشد و در نتیجه شاخص‌های گیاهی نیز وابسته به رطوبت خاک بوده و متغیر خواهند بود، لذا در هر جویچه در سه نقطه‌ی ابتدایی، میانی و انتهایی اندازه‌گیری‌ها انجام و میانگین این سه نقطه به‌صورت میانگین برای هر جویچه در نظر گرفته شد. براساس توصیه‌ی هرمان و کامارا و داسیلوا و همکاران)، برای محاسبه‌ی سطح برگ ضریب تصحیح ۰/۷ در نظر گرفته شد (Hermann & Camara, 1999; Da Silva et al, 2017). مساحت سطح برگ و شاخص سطح برگ با استفاده از روابط (۱) و (۲) محاسبه شدند.

$$LA = 0.7 \times LL \times LW \times N \times S \quad (۱)$$

$$LAI = \frac{LA}{A} \quad (۲)$$

که در آن L: مساحت سطح برگ برحسب مترمربع، ۰/۷ ضریب تصحیح، LL طول برگ برحسب متر، LW: عرض برگ برحسب متر، N: تعداد متوسط برگ برای هر ساقه و S: تعداد ساقه‌ها در یک متر، LAI: شاخص سطح برگ برحسب مترمربع بر مترمربع و A: مساحتی که LA در آن اندازه‌گیری شده است و برحسب مترمربع می‌باشد. بهترین زمان اندازه‌گیری LAI نیشکر اواخر دوره‌ی میانی[1] یا اوایل دوره‌ی پایانی رشد[2] می‌باشد (Gutierrez & Miceli, 2004; Sandhu et al, 2012; Da Silva et al, 2017). بنابراین اندازه‌گیری‌ها در دوره‌ی میانی رشد، در بازه‌ی ۹۰ تا ۱۲۸ روز بعد از برداشت کشت سال اول انجام شد.

به منظور مقایسه آماری خصوصیات کیفی محصول از طرح بلوک های کامل تصادفی با دو تیمار (روش آبیاری) و سه تکرار (نقاط اندازه‌گیری) استفاده شد. برای مقایسه‌ی رشد ریشه نیز یک بوته از هر تیمار انتخاب و با روش حفاری اسکلت ریشه به‌صورت کامل مورد مطالعه قرار گرفت. این روش، یکی از روش‌های متداول جهت بررسی گسترش افقی و عمودی ریشه است و برای انجام این کار، با توجه به نوع گیاه و گستردگی ریشه، پروفیلی از خاک اطراف ریشه به ابعاد ۲- ۱ متر حفاری و اندازه‌گیری و بررسی‌ها در آن صورت می‌گیرد. به‌علت دشواری انجام این روش در هر تیمار فقط یک تکرار انجام و نتایج به‌صورت توصیفی مورد مقایسه قرار گرفت. مطالعه‌ی ریشه ده روز قبل از برداشت محصول انجام شد. پس از انتخاب گیاه (به‌عنوان نمونه و شاخصی از مزرعه)، کلیه‌ی مشخصات ظاهری گیاه یادداشت و سپس قسمت هوایی بریده شد تا در کار مطالعه اخلالی ایجاد نکند. از پیرامون و فاصله‌ای از گیاه که انشعاب ریشه‌ها بدان نمی‌رسید حفاری ترانشه‌ای آغاز شد. عرض ترانشه یک متر و عمق آن ۲۰ الی ۳۰ سانتی‌متر پائین‌تر از عمیق‌ترین ریشه‌ها بود. پس از آن که کار حفاری ترانشه به پایان رسید با دقت و با استفاده از یک میله‌ی تیز خاک اطراف ریشه‌ها خارج شد تا ریشه‌ها ظاهر شوند. هم‌زمان رسم الگوی انشعاب ریشه‌ها چه به‌صورت گرافیکی و چه به‌صورت عکاسی انجام شد. پس از خارج شدن کامل ریشه از خاک پارامترهایی که برای توصیف کمی رشد ریشه و گسترش آن به‌کار می‌روند شامل وزن، سطح، حجم، قطر و طول ریشه اندازه‌گیری شد. سطح ریشه با روش اتکینسون[3] و با استفاده از رابطه (۳) و طول ریشه‌ها با استفاده از رابطه (۴) محاسبه شد (علیزاده، ۱۳۸۹):

$$A = 2[V \times \pi \times L]^{0.5} \quad (۳)$$

$$L = 0.89W \quad (۴)$$

که در آن،A:سطح ریشه‌ها برحسب سانتی‌متر مربع،: V: حجم ریشه‌ها برحسب سی‌سی، L: طول ریشه‌ها برحسب سانتی‌متر،:W:وزن ریشه‌ها برحسب میلی‌گرم است. حجم ریشه‌ها مستقیماً از روی جا به جا شدن آب در ظرف مدرج پس از وارد کردن ریشه‌های شسته شده به داخل آن صورت گرفت. قطر ریشه‌ها نیز با استفاده از میکرومتر پیچی که دقت آن یک‌صدم میلی‌متر بود، اندازه‌گیری شد. در شکل ۱، حفاری پروفیل (سمت راست) و اندازه‌گیری عمق توسعه ریشه نیشکر (سمت چپ)، به‌ترتیب از کنده

1- Late mid-season

2- Early late-season

3- Atkinson

www.SID.ir

Archive of SID

سمت راست به چپ در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و آبیاری جویچه‌ای انتها بسته (شاهد)، نشان داده شده است. در نهایت، برای برازش داده‌ها، از نرم‌افزار EXCEL و جهت آنالیز آماری، از نرم‌افزار SPSS استفاده شد.

شکل ۱- حفاری پروفیل (سمت راست) وتوسعه ریشه نیشکر (سمت چپ) در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی (کنده سمت راست از شکل سمت چپ) و شاهد (کنده سمت چپ از شکل سمت چپ)

نتایج و بحث

حجم آب آبیاری و حجم آب ناشی از بارندگی و در نهایت حجم کل آب به‌کار برده شده در طول دوره رشد نیشکر، در تیمارهای آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و همچنین در آبیاری مرسوم منطقه (شاهد)، در جدول ۳، ارائه شده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، منبع اصلی تأمین آب مورد نیاز گیاه، ناشی از آبیاری است و حجم - آب‌بارندگی نسبت به حجم آب‌آبیاری ناچیز است. در تیمارهای آزمایش، با فاصله قطره‌چکان‌های ۵۰، ۶۰ و ۷۵ سانتی‌متری، به‌ترتیب مقدار آب آبیاری معادل ۱۷۶۱۶، ۱۴۹۳۶ و ۲۰۹۴۱ متر مکعب در هکتار بوده و به‌طور متوسط حدود ۸۵، ۷۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه تأمین شده است و این موضوع نشان می‌دهد که در تیمارهای با فاصله قطره‌چکان‌های ۵۰ و ۶۰ سانتی‌متری، به‌دلیل عدم تأمین نیاز آبی گیاه ناشی از خشکی (به‌دلیل پایین بودن دبی قطره‌چکان‌ها که ۱/۲ لیتر در ساعت بوده و در نتیجه طولانی بودن زمان آبیاری در هر مرحله که در پیک آبیاری به بیش از ۱۲ ساعت می‌رسید و به‌دلیل قطع برق و در نتیجه قطع شبکه آبیاری ناشی ازکمبود و سهمیه‌بندی آب، زمان آبیاری میسر نشد)، به‌ترتیب ۱۵ و ۳۰ درصد کمتر از نیاز آبی، آب دریافت کرده‌اند. در مقابل، در تیمار با فاصله قطره‌چکان‌های ۷۵ سانتی‌متری، دبی خروجی قطره‌چکان‌ها ۲/۲ لیتر بر ساعت بوده و در پیک آبیاری در مدت زمان ۷-۶ ساعت و قبل از قطع برق و قطع شبکه آبیاری، نیاز آبی گیاه تأمین گردید و در نتیجه کمبود آب به‌دلیل خشکسالی و در دسترس نبودن آب،سیستم آبیاری را تحت‌الشعاع قرار داد. در مجموع باتوجه به میانگین حجم آب‌مصرفی در تیمارهای آبیاری قطره‌ای زیرسطحی (۱۷۸۳۱ متر مکعب در هکتار) و میانگین حجم آب‌مصرفی در آبیاری جویچه‌ای به‌عنوان شاهد (۲۵۸۰۳ متر مکعب در هکتار)، حجم کل آب مصرفی ناشی از آبیاری در میانگین تیمارهای آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، حدود ۶۹ درصد آبیاری مرسوم است و این موضوع نشان می‌دهد که با اجرای این روش آبیاری و مدیریت مناسب آن، صرف‌نظر از اعمال عمق کارگذاری یا فاصله مشخص قطره‌چکان‌ها، به‌طور متوسط حدود ۳۱ درصد در مصرف آب آبیاری صرفه‌جویی خواهد شد.

جهت تعیین شاخص سطح برگ، در بازرویی اول در نقاط اندازه‌گیری تعداد ساقه‌ها، تعداد برگ‌های سبز، طول و عرض برگ‌ها در شش نوبت و هر نوبت در سه نقطه ابتدا، وسط و انتهای جویچه تیمار دوم و شاهد، به‌ترتیب در ۹۱، ۹۹، ۱۰۵، ۱۱۲، ۱۱۹ و ۱۲۵ روز پس از برداشت شمارش و اندازه‌گیری شد. برای هر سیستم آبیاری، مقدار میانگین این پارامترها محاسبه و از نظر آماری با هم مقایسه شدند. میانگین نتایج اندازه‌گیری فاکتورهای مورد بررسی و آنالیز آماری آنها برای گیاه نیشکر در بازرویی اول، در جداول ۴ و ۵ ارائه شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- حجم آب آبیاری، بارندگی و حجم کل آب مصرفی در تیمارهای مختلف و آبیاری مرسوم

حجم آب مصرفی (مترمکعب در هکتار)			تیمارهای آبیاری	
کل آب مصرف شده	بارندگی مؤثر	آبیاری	عمق (سانتی‌متر)	فاصله (سانتی‌متر)
۱۷۶۱۶	۱۴۷۰	۱۶۱۴۶	D_{30} D_{20} D_{15}	L_{50}
۱۴۹۳۶	۱۴۷۰	۱۳۴۶۶	D_{30} D_{20} D_{15}	L_{60}
۲۰۹۴۱	۱۴۷۰	۱۹۴۷۱	D_{30} D_{20} D_{15}	L75
۲۵۸۰۳	۱۴۷۰	۲۴۳۳۳	آبیاری مرسوم (شاهد)	

جدول ٤- میانگین نتایج اندازه‌گیری متغیرهای رشد برای گیاه نیشکر در بازرویی اول

شاخص سطح برگ	تعداد ساقه*	تعداد برگ	طول برگ (متر)	عرض برگ (متر)	نوع سیستم آبیاری
۴/۱	۴۴/۱	۷/۵	۱/۰۵	۰/۰۳۳	قطره‌ای زیرسطحی
۲/۷	۲۷/۸	۷/۶	۱/۰۱	۰/۰۳۲	جویچه‌ای (شاهد)

جدول ۵- نتایج آنالیز آماری متغیرهای رشد برای گیاه نیشکر در بازرویی اول

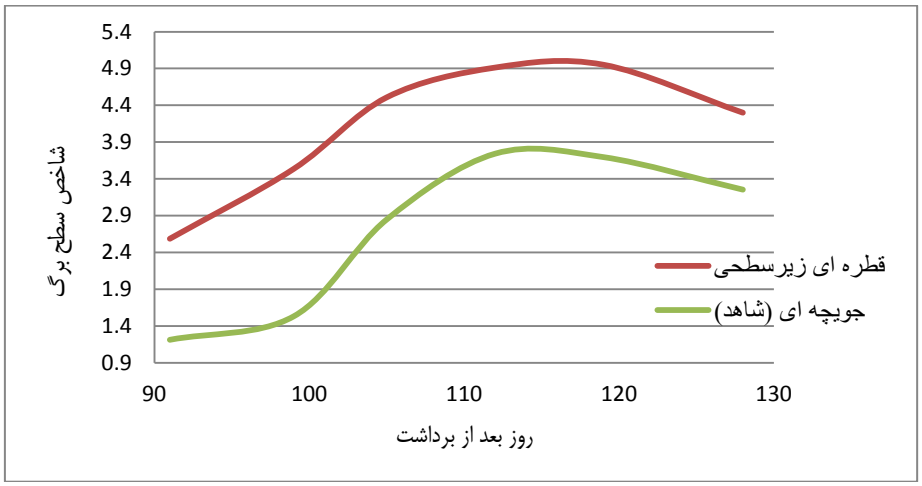
منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		تعداد ساقه‌ها	طول برگ‌ها	عرض برگ‌ها	تعداد برگ‌ها	LAI
مدیریت آبیاری	۱	۵۲۳/۴*	۰/۰۰۲ ns	۱/۱۸ ns	۰/۴۴ns	۶/۰۹**
خطا	۱۰	۲۶/۴	۰/۰۰۳	۱/۰۴	۲/۸	۱/۰۵
کل	۱۲					

نتایج حاکی از آن است که مقدار تغییرات پارامترهای طول و عرض برگ در آبیاری آبیاری قطره‌ای زیرسطحیبه‌صورت میانگین و به‌ترتیب ۳/۸ و ۳ درصد بیشتر از آبیاری جویچه‌ای و تعداد برگ در آبیاری جویچه‌ای به‌صورت میانگین حدود ۱/۳ درصد بیشتر از آبیاری قطره‌ای زیرسطحی بود. این نتیجه با نتایج داسیلوا و همکاران، هم‌خوانی دارد. نتایج آن‌ها نشان داد که در رقم‌های مختلف نیشکر، درصد تغییرات متغییرهای رشد در دوره‌ی حداکثر رشد کمتر از ۱۵ درصد است. تعداد و طول برگ‌ها، در آبیاری جویچه‌ای به‌صورت میانگین و به‌ترتیب ۷/۶ و ۱۰۱ سانتی‌متر است. این نتیجه با نتایج داسیلوا و همکاران، هم‌خوانی دارد. آنها با مطالعه‌ی چهار رقم مختلف نیشکر در آبیاری جویچه‌ای تعداد برگ را به‌صورت میانگین ۷/۹۵ به‌دست آوردند. ماچادو و همکاران، نیز برای دو رقم نیشکر به‌صورت میانگین در آبیاری جویچه‌ای تعداد برگ‌ها را ۷ برگ گزارش کردند (Machado et al, 2009). تعداد و طول برگ‌ها، در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به‌صورت میانگین و به‌ترتیب ۷/۵ و ۱۰۵ سانتی‌متر به‌دست آمد. عرض برگ نیز در آبیاری جویچه‌ای و قطره‌ای زیرسطحی به‌صورت میانگین و به‌ترتیب ۳/۲ و ۳/۳ سانتی‌متر بود. این نتیجه نیز با نتایج داسیلوا و همکاران، مطابقت دارد. آنها میانگین عرض برگ را ۳/۶۳ گزارش کردند. همان‌طوری که از نتایج ارائه شده در جدول ۵ مشاهده می‌شود، تعداد برگ‌ها، طول و عرض برگ در هر دو آبیاری اختلاف معنی‌داری با هم ندارند و مقادیر آن‌ها در هر دو حالت به هم نزدیک است. تعداد ساقه‌ها در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، در سطح احتمال ۹۵ درصد اختلاف معنی‌داری با آبیاری جویچه‌ای دارد. شاخص سطح برگ به‌صورت میانگین ۳۴ درصد بیشتر از آبیاری جویچه‌ای است. این نتیجه با نتایج (Malash et al, 2005)، (Amer, 2011) و (Senyigit et al, 2013)، هم‌خوانی دارد. سنیجیت و همکاران، شاخص سطح برگ را در درخت سیب با مدیریت‌های مختلف آبیاری سطحی، بارانی، قطره‌ای سطحی و قطره‌ای زیرسطحی اندازه‌گیری کردند و نتایج آن‌ها نشان داد که LAI در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی بیشتر از آبیاری سطحی است. عامر و همکاران، LAI را برای گیاه کدو در دو روش آبیاری جویچه‌ای و قطره‌ای اندازه‌گیری کردند و نتایج آن‌ها نشان داد که LAI در آبیاری قطره‌ای با اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۹۵ درصد بیشتر از آبیاری جویچه‌ای است. مالاش و همکاران، نیز همین

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه را برای گیاه گوجه‌فرنگی گزارش کردند. گیلبرت و همکاران، LAI را در آبیاری جویچه‌ای برای نیشکر، در شرایط معمول ۲/۳ به‌دست آوردند که با کوددهی مناسب میزان این شاخص تا ۴/۳ افزایش یافت (Gilbert et al, 2008). نتایج عامر،نیز روی شاخص سطح برگ کدو نشان داد که در دسترس قرار گرفتن بهتر آب باعث افزایش مقدار LAI می‌شود (Amer, 2011). در شکل ۲ منحنی تغییرات LAI در هر دو نوع آبیاری مشاهده می‌شود. همان طوری که در شکل ۲، مشخص است، تغییرات LAI در ابتدا به صورت سریع رشد یافته و بعد از رسیدن به بیشترین حد خود، در ابتدای دوره‌ی بلوغ کاهش می‌یابد. این تغییرات به‌صورت یک منحنی توانی است. این نتیجه با نتایج سیموئز و همکاران، مطابقت دارد. آن‌ها گزارش کردند که منحنی تغییرات LAI یک منحنی توانی است.



شکل ۲- منحنی تغییرات شاخص سطح برگ برای دو روش آبیاری

با توجه به اینکه عمق نصب قطره‌چکان‌ها، اختلاف معنی‌داری در عمق و تراکم ریشه ایجاد نمی‌کند، بنابراین می‌توان نتایج به‌دست آمده در یک سال زراعی (یک دوره بازرویی نیشکر) در روش حفاری که تنها برای تیمار عمق نصب ۲۰ سانتی‌متری به‌دست آمده است، به تیمارهای دیگر تعمیم داد. نتایج آنالیز آماری در جدول ۶، آمده است. براساس این جدول، بین هیچ کدام از تیمارهای عمق نصب ۱۵، ۲۰ و ۳۰ سانتی‌متری تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد، لذا قبل از برداشت، از تیمار ۲۰ سانتی‌متری آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به‌عنوان تیمار شاخص و به‌طور میانگین و تیمار شاهد، حفاری و پروفیل کامل ریشه از جنبه‌های مختلف، مورد بررسی قرار گرفت. براساس نتایج به‌دست آمده از روش پروفیل، توزیع افقی ریشه به‌ترتیب در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی برای قطره‌چکان مذکور و آبیاری جویچه‌ای مطابق با شکل ۳ است.

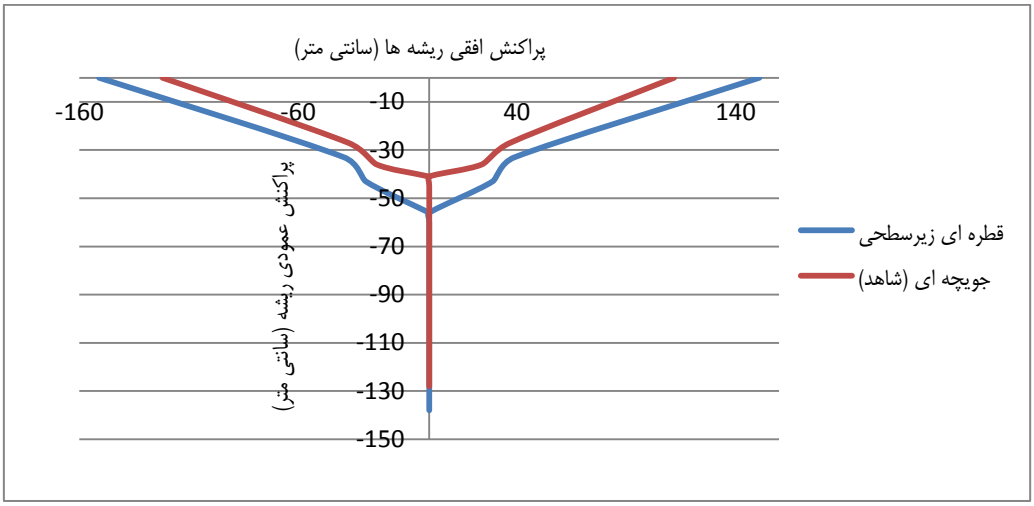
همان‌طوری که از شکل ۳ مشاهده می‌شود، توزیع افقی برای آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و جویچه‌ای به‌ترتیب ۱۴۳ و ۱۰۴ سانتی‌متر است. توزیع افقی ریشه برای آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با روش حفاری ۱۵۰ و ۱۱۰ سانتی‌متر بود که با این نتیجه هم‌خوانی دارد. عمق تراکم ریشه برای آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و جویچه‌ای به‌ترتیب ۶۰ و ۴۲ سانتی‌متر است. عمق تراکم ریشه برای آبیاری جویچه‌ای و قطره‌ای زیرسطحی در روش حفاری به‌ترتیب ۲۰ و ۴۰ سانتی‌متر به‌دست آمده است. بنابراین در هر دو روش، عمق تراکم حداکثر کمتر از ۶۰ سانتی‌متر است. این نتیجه با نتایج لاکلئو و لاکلئو، هم‌خوانی دارد.

جدول ٦- آنالیز آماری تیمارهای مختلف مقایسه‌ی عمق ریشه در عمق نصب قطره‌چکان

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		عمق ۱۵ سانتی‌متر	عمق ۲۰ سانتی‌متر	عمق ۳۰ سانتی‌متر	شاهد
عمق نصب قطره چکان	۱	ns۳۱۷/۴	ns۴۲۱/۴	ns۱۲۴۷/۴	۱۶۱/۴
خطا	۶	۳۰۰۱/۹	۱۷۸۰/۶	۱۱۵۶/۲	۵۷۰/۴
کل	۸				

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳- پروفیل توزیع ریشه در تیمار ۲۰ سانتی‌متری عمق خاک در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و آبیاری جویچه‌ای قبل از برداشت

جدول ۷- آیتم‌های اندازه‌گیری شده برای ریشه در آبیاری‌های قطره‌ای زیرسطحی و جویچه‌ای

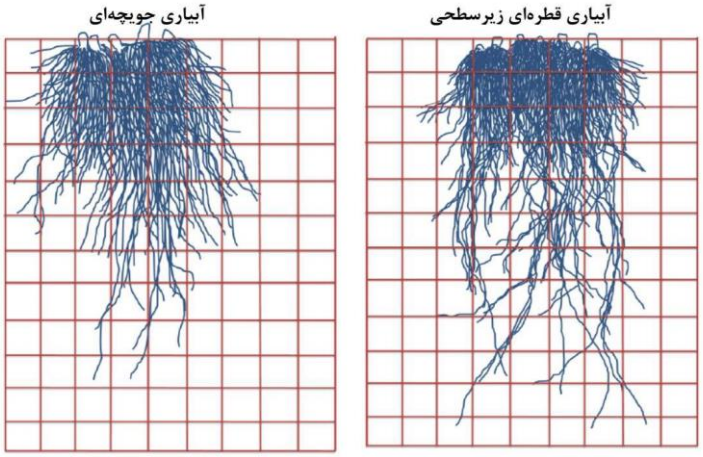
نسبت شاخه به ریشه	قطر ریشه (میلی‌متر)	حجم ریشه (سی‌سی)	سطح ریشه (سانتی‌متر مربع)	طول ریشه (سانتی-متر)	وزن ریشه (گرم)	نوع سیستم آبیاری
۵/۹	۱/۲	۷۲/۱	۸۰۷/۵	۷۲۰/۲	۸۰/۹	زیرسطحی
۷/۹	۲/۱	۴۹/۷	۵۵۷/۱	۴۹۶/۹	۵۹/۸	جویچه‌ای

نتایج آن‌ها نشان داد که بیشترین تراکم ریشه برای نیشکر در عمق کمتر از ۶۰ سانتی‌متری اتفاق می‌افتد (Laclau and Laclau, 2009). همچنین عمق ریشه در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و جویچه‌ای به‌ترتیب ۱۵۰ و ۱۰۸ سانتی‌متر است. عمق توزیع افقی ریشه نیز در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و جویچه‌ای به‌ترتیب ۱۲۰ و ۱۰۰ سانتی‌متر بوده است. با بررسی و مطالعه‌ی ریشه در هر دو آبیاری جویچه‌ای و قطره‌ای زیرسطحی در پایان فصل رشد، نتایج بدست آمده در جدول ۷، ارائه شده است.

با توجه به اطلاعات بدست آمده، مشاهده می‌شود که وزن، طول، سطح و حجم ریشه در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی بیشتر از آبیاری جویچه‌ای است. با توجه به این مطلب می‌توان متوجه شد که در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، ریشه‌ی گیاه برای جذب بهتر آب و مواد غذایی که به‌صورت جزئی و مداوم در اختیار گیاه قرار گرفته گسترش و انشعابات بیشتری داشته و حجم بیشتری از خاک را برای جستجوی آب در برگرفته است. میزان افزایش وزن، طول، سطح و حجم ریشه در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به‌صورت میانگین، نسبت به آبیاری جویچه‌ای به‌ترتیب ۲۵/۴، ۳۰/۴، ۲۶/۳ و ۳۰ درصد است. همچنین قطر ریشه در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی ۸۲ درصد کمتر از آبیاری جویچه‌ای است. این نتیجه با نتایج جنگپروما و همکاران، هم‌خوانی دارد. نتایج آنها نشان داد که با کاهش رطوبت خاک، قطر ریشه هم کاهش می‌یابد. این عامل باعث می‌شود که ریشه در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی بسیار ظریف و منشعب‌تر شود و سطح تماس بالاتری با خاک داشته باشد که به جذب بهتر آب کمک می‌کند (Jangpromma et al, 2012). در لایه‌های عمیق و پایین‌تر، قطر ریشه ۲۰ درصد بیشتر از لایه‌ی سطحی است. این نتیجه با نتایج اتو و همکاران، هم‌خوانی دارد. نتایج آن‌ها نشان داد که ریشه‌های لایه‌های عمیق، ضخیم‌تر از لایه‌های بالایی هستند. دلیل دیگر رشد بیشتر ریشه در آبیاری قطره‌ای، تهویه بهتر خاک در این نوع آبیاری است، زیرا در آبیاری جویچه‌ای هنگام آبیاری، خاک غرقاب می‌شود و تهویه مناسب نیست. رشد بیشتر ریشه را نیز می‌توان به توزیع بهتر آب و کود در این نوع آبیاری مرتبط دانست. زیرا آب و مواد غذایی به‌صورت مستقیم در دسترس گیاه قرار می‌گیرند (Otto et al, 2011). نسبت شاخه به ریشه در آبیاری جویچه‌ای ۳۶ درصد بیشتر از آبیاری قطره‌ای زیر سطحی است. این میزان با توجه به بزرگتر بودن حجم ریشه در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی قابل توجیه است. این نتیجه با نتایج اسمیت و همکاران، هم‌خوانی دارد. نتایج آنها نشان داد که نسبت ساقه به ریشه در ابتدای رشد کمتر و در ادامه افزایش می‌یابد. نسبت ساقه به ریشه برای جبران محدودیت‌هایی که در خاک یا اندام هوایی اتفاق می‌افتد تغییر می‌کند (Smith et al, 2005). در شکل ۴، تصویر پروفیل ریشه در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و جویچه‌ای که با استفاده از عکس‌برداری ریشه بدست آمد، نشان داده شده است.

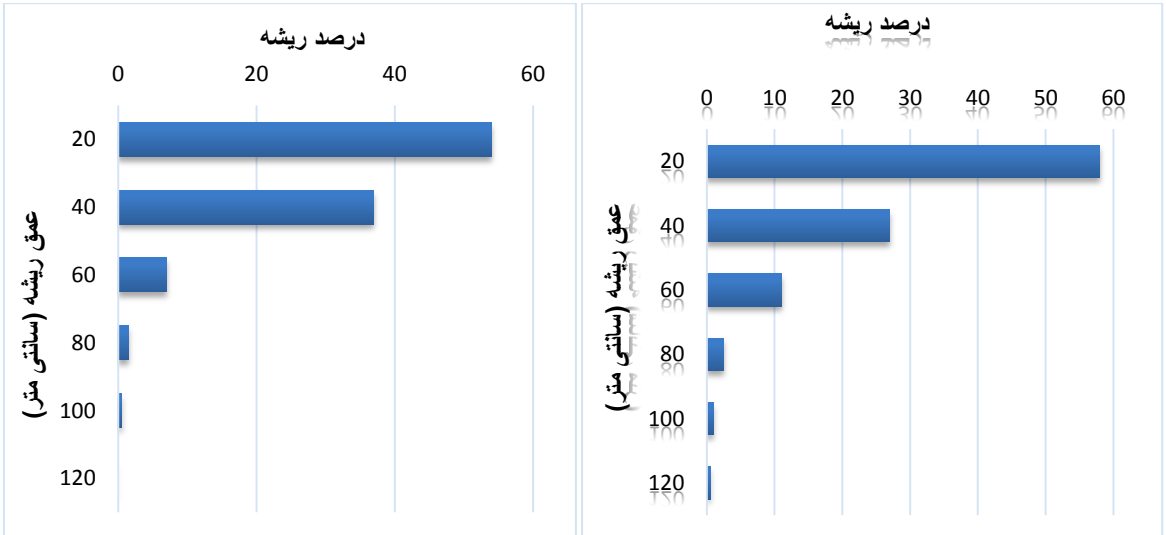
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ٤- پروفیل ریشه به‌ترتیب از راست به چپ، برای آبیاری قطره‌ای زیر سطحی و جویچه‌ای

در این شکل، مربع‌ها در این شبکه با ابعاد ۱۰ در ۱۰ سانتی‌متر هستند. همانطوری که از مقایسه ریشه‌ها مشاهده می‌شود، در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی ریشه‌ها افشان‌تر و با انشعاب بیشتر است. رشد ریشه‌ها از نظر طولی نیز در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی بیشتر از آبیاری جویچه‌ای است. این نتایج با نتایج بدست آمده از جدول ۷، کاملاً هم‌خوانی دارد. با توجه به شکل ۴، با افزایش فاصله از محور مرکزی گیاه و با افزایش عمق، تراکم ریشه کاهش می‌یابد. این نتیجه با نتایج اتو و همکاران، هم‌خوانی دارد. نتایج آن‌ها نشان داد کهتراکم ریشه در عمق‌های ۲۰، ۴۰ و ۶۰ سانتی‌متری به‌ترتیب ۳۳، ۱۹ و ۱ درصد بوده و با افزایش عمق، تراکم ریشه روند کاهشی داشته است. علت این امر، عمدتاً مقاومت مکانیکی و تأثیر کاهش نفوذپذیری گازها در خاک‌های فشرده است (Otto et al, 2011). توزیع ریشه‌ها در آبیاری قطره‌ای و جویچه‌ای به‌صورت میانگین و به‌ترتیب تا عمق ۱۲۰ و ۱۰۰ سانتی‌متر بود. توزیع افقی ریشه در آبیاری جویچه‌ای تا شعاع ۶۰ سانتی‌متری اتفاق افتاد، در صورتی که در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، تا فاصله‌ی ۱۵۰ سانتی‌متری از بوته نیز مشاهده شد. در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی که آب به‌صورت جزئی و مداوم در اختیار گیاه قرار می‌گیرد، گیاه برای مقاوم‌تر ساختن خود عکس‌العمل عمیق‌تر شدن ریشه‌ها به‌صورت افقی و عمودی را از خود نشان می‌دهد. این نتیجه با نتایج اسمیت و همکاران، هم‌خوانی دارد. آن‌ها در نتایج خود اعلام کردند که گونه‌های مقاوم‌تر نیشکر به خشکی دارای ریشه‌های عمیق‌تر هستند و گیاه برای جذب بهتر آب و مواد غذایی منشعب‌تر می‌شود (Smith et al, 2005). در شکل ۵، درصد رشد ریشه نسبت به عمق گسترش ریشه در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و آبیاری معمول مزارع (شاهد)، آمده است.



شکل ٥- پروفیل درصد توزیع ریشه نسبت به عمق در به ترتیب از راست به چپ در آبیاری قطره‌ای زیر سطحی و آبیاری جویچه‌ای

www.SID.ir

Archive of SID

همان‌طوری که در شکل ۵ مشاهده می‌شود در هر دو سیستم آبیاری، بیشترین توزیع ریشه در لایه سطحی خاک که توزیع رطوبت و تهویه خاک مناسب تر است، اتفاق افتاده است. این نتیجه با نتایج لاکلئو و لاکلئو، هم‌خوانی دارد. نتایج آنها نشان داد که بیشترین تراکم ریشه برای نیشکر در عمق کمتر از ۶۰ سانتی‌متری اتفاق می‌افتد (Laclau and Laclau, 2009). این نتیجه با نتایج مارتین و همکاران و کانگ و همکاران، همخوانی دارد. نتایج آنها نشان داد که وجود رطوبت مناسب و کافی در خاک، رشد ریشه را افزایش می‌دهد، از طرفی با کاهش مقدار رطوبت خاک از حد مطلوب آن، رشد ریشه کاهش می‌یابد و در نتیجه باعث کاهش پارامترهای مهم آن از جمله حجم، طول، سطح و وزن خشک ریشه می‌گردد (Martin et al, 1985; Kang et al, 2004). نتایج اسمیت و همکاران، نیز نشان داد که گرچه در شرایط خاص ریشه نیشکر قابلیت رشد تا عمق ۶ متری را هم دارد، اما فعالیت ریشه در عمق کمتر از ۲ متر اتفاق می‌افتد و حداکثر عمق فعالیت ریشه‌های نیشکر به‌طور معمول به عمق ۲-۱/۵ متر محدود شده است (Smith et al, 2005). در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، بیشترین توزیع ریشه که شامل ۵۸ درصد از کل ریشه است، در عمق ۲۰ سانتی‌متری خاک اتفاق افتاده است. با توجه به عمق نصب قطره‌چکان‌ها که در عمق ۲۰ سانتی‌متری هستند، می‌توان توزیع حداکثری ریشه در این عمق را توجیه کرد. این نتیجه با نتایج ال‌وی و همکاران، هم‌خوانی دارد. نتایج آنها برای مطالعه‌ی ریشه‌ی گندم بهاره نشان داد که وزن ریشه در مجاورت لوله‌های قطره‌چکان‌دار بیشتر است (Lv et al, 2019). در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی تا عمق ۴۰ سانتی‌متری، ۸۵ درصد از کل ریشه قرار گرفته است. این نتیجه با نتایج اوهاشی و همکاران، هم‌خوانی دارد. آن‌ها با مطالعه‌ی توزیع ریشه‌ی نیشکر در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به این نتیجه رسیدند که حدود ۵۰ درصد توزیع ریشه تا عمق ۲۰ سانتی‌متری و بیش از ۸۰درصد آن تا عمق ۴۰ سانتی‌متری خاک اتفاق می‌افتد (Ohashi et al, 2015). در آبیاری جویچه‌ای، حجم زیادی از ریشه، معادل ۹۱ درصد از ریشه در لایه‌های سطحی خاک، تا عمق ۴۰ سانتی‌متری که هنگام آبیاری مرطوب می‌شود، تجمع پیدا کرده است و تنها ۹ درصد از ریشه تا لایه‌های پایین‌تر برای جستجوی آب انشعاب پیدا کرده است. این نتیجه با نتایج اتو و همکاران، هم‌خوانی دارد. نتایج آنها نشان داد که با توجه به کمتر بودن تراکم خاک در لایه‌های سطحی، ریشه‌ها در جهتی که کمترین مقاومت در مسیر رشد آن‌ها وجود داشته باشد انتشار می‌یابند (Otto et al, 2011). همچنین عمق فعال ریشه‌های نگهدارنده به‌صورت عمودی در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی تا ۱۲۰ سانتی‌متر و در آبیاری جویچه‌ای تا ۱۰۰ سانتی‌متر گسترش داشته است که از دلایل آن می‌توان به تهویه مناسب‌تر ریشه در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، اشاره کرد که این موضوع عملکرد گیاه را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. این نتیجه با نتایج اسمیت و همکارن، همخوانی دارد. نتایج آنها نشان داد که ریشه نیشکر معمولاً در قسمت سطحی به‌شدت افشان و منشعب است و به‌صورت مخروطی رو به پایین در عمق و به‌صورت عمودی نفوذ می‌کند و توزیع ریشه با افزایش عمق کاهش می‌یابد. آبیاری در فواصل کوتاه‌مدت، سبب توسعه‌ی ریشه در نزدیکی سطح زمین می‌گردد و به هر حال خاکی که خوب تهویه نشده باشد، رشد ریشه را محدود می‌کند (Smith et al, 2005).

نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست آمده از بازرویی اول نیشکر با در نظرگرفتن خشکسالی ناشی از کمبود و عدم دسترسی به آب، نشان داد که حجم کل آب مصرفی ناشی از آبیاری در میانگین تیمارهای آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، حدود ۶۹ درصد آبیاری مرسوم است و این موضوع نشان می‌دهد که با اجرا و مدیریت مناسب این روش آبیاری، صرف‌نظر از اعمال عمق کارگذاری یا فاصله مشخص قطره‌چکان‌ها، حتی در شرایط بحران و خشکسالی هم حداقل ۳۱ درصد در مصرف آب آبیاری صرفه‌جویی خواهد شد. حداکثر شاخص سطح برگ در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و آبیاری جویچه‌ای به‌ترتیب ۴/۹۵ و ۳/۷ بوده و در محدوده ۱۲۰-۱۱۰ روز بعد از برداشت اتفاق افتاده است. گرچه در هر دو سیستم آبیاری، تغییرات شاخص سطح برگ در ابتدا به‌صورت سریع رشد یافته است، ولی این تغییرات در حالت آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با سرعت بیشتری در حال افزایش است. در هر دو سیستم آبیاری، بعد از رسیدن به بیشترین حد خود، در ابتدای دوره‌ی بلوغ کاهش می‌یابند و این تغییرات به‌صورت یک منحنی توانی است. با کاهش رطوبت خاک، قطر ریشه کاهش یافت و این عامل باعث می‌شود که ریشه در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی بسیار ظریف و منشعب‌تر شود و سطح تماس بالاتری با خاک داشته باشد که به جذب بهتر آب کمک می‌کند، به‌طوری که در لایه‌های عمیق و پایین‌تر، قطر ریشه ۲۰ درصد بیشتر از لایه‌ی سطحی بود. در بازرویی اول نیشکر، عمق فعال ریشه‌های نگهدارنده به‌صورت عمودی در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی تا ۱۲۰ سانتی‌متر و در آبیاری جویچه‌ای تا ۱۰۰ سانتی‌متر گسترش داشته است که از دلایل آن می‌توان به تهویه مناسب‌تر ریشه در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی اشاره کرد که این موضوع عملکرد گیاه را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، بیشترین توزیع ریشه که شامل ۵۸ درصد از کل ریشه است، در عمق ۲۰ سانتی‌متری خاک اتفاق افتاده است و با توجه به عمق نصب قطره‌چکان‌ها که در عمق ۲۰ سانتی‌متری هستند، می‌توان توزیع حداکثری ریشه در این عمق را توجیه کرد. با توجه به

www.SID.ir

Archive of SID

اینکه حجم زیادی از ریشه در اطراف لوله‌های قطره‌چکان‌دار انشعاب یافته است، احتمال گرفتگی قطره‌چکان‌ها توسط ریشه افزایش می‌یابد، بنابراین توصیه می‌شود در این سامانه گرفتگی قطره‌چکان‌ها به‌صورت متناوب مورد بررسی قرار گیرد و در صورت لزوم تمهیداتی مانند استفاده از علف‌کش، اسید رقیق شده و یا آبیاری با تناوب بالا برای کنترل آن صورت گیرد. با توجه به اینکه نیشکر یک گیاه چندساله است، لذا نتایج حاصل از این مقاله قابل ترویج و توسعه برای سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی گیاه نیشکر نیست، ولی با توجه به این نکته که آبیاری قطره‌ای زیرسطحی برای اولین بار در کشت نیشکر در ایران اجرا شده‌است و مطالعات مربوط به ریشه و شاخص سطح برگ نیز محدود هستند، بنابراین، نتایج این پژوهش می‌تواند جهت بهبود طراحی و مطالعه‌ی سامانه‌های آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در این منطقه مورد استفاده قرار گیرد ولی برای حصول نتایج قابل اطمینان و قابل توصیه کابردی، این پژوهش نیاز است در یک کشت و سه بازرویی بررسی شود تا بتوان در خصوص توزیع ریشه و شاخص سطح برگ نیشکر در سیستم آبیاری قطره‌ای زیر سطحی و مقایسه آن با آبیاری جویچه‌ای انتهابسته قضاوت کرد.

منابع

عباسی، ف. و شینی‌دشتگل، ع. ۱۳۹۵. ارزیابی و بهبود مدیریت آبیاری جویچه ای در اراضی تحت کشت نیشکر خوزستان. نشریه دانش آب و خاک. جلد ۲۶. ۲(۴)، ۱۰۹- ۱۲۱.

علیزاده، ا. ۱۳۸۹. طراحی سیستم‌های آبیاری تحت فشار، جلد دوم. ویرایش چهارم. دانشگاه فردوسی مشهد. ۳۶۷ صفحه.

Almeida Silva, M.D., Rhein, A.F.D.L. and Barbosa, A.D.M., 2017. Physiology and Productivity of Sugarcane as Affected by Nitrogen Applied Via Subsurface Drip Irrigation. Journal of Environmental and Agricultural Sciences, (11), 15-28.

Amer, K.H., 2011. Effect of irrigation method and quantity on squash yield and quality. Agricultural Water Management (98), 1197–1206.

Barbosa, E.A.A., Matsura, E.E., Santos, L.N.S.D., Gonçalves, I.Z., Nazário, A.A. and Feitosa, D.R.C., 2017. Water footprint of sugarcane irrigated with treated sewage and freshwater under subsurface drip irrigation, in Southeast Brazil. J. Cleaner Prod. (153), 448-456.

Bhingardeve 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.

Bush, A., Elamin, A.M., Ali, A.B. and Hong, L., 2016. Effect of different operating pressures on the hydraulic performance of drip irrigation system in Khartoum State conditions. J. Environ. Agric. Sci. (6), 64-68.

Consoli, S., Stagno, F., Roccuzzo, G., Cirelli, G.L. and Intrigliolo, F., 2014. Sustainable management of limited water resources in a young orange orchard. Agricultural water management. 132: 60-68.

Da Silva, V.S.G., Oliveira, M.W.D., Oliveira, T.B.A., Mantovanelli, B.C., Da Silva, A.C., Soares, A.N.R. and Clemente, P.R.A., 2017. Leaf area of sugarcane varieties and their correlation with biomass productivity in three cycles. African Journal of Agricultural Research, 12(7), 459-466.

Gilbert, R.A., Morris, D.R., Rainbolt, C.R., McCray, J.M., Perdomo, Eiland, B., Powell, G. and Montes, G., 2008. Sugarcane Response to Mill Mud, Fertilizer, and Soybean Nutrient Sources on a Sandy Soil. Agronomy Journal, 100(3), 845-854.

Hermann, E.R. and Câmara, G.M.S., 1999. Um método simples' para estimar a área foliar de cana-de-açúcar. Stab. (17), 32-34.

Jangpromma, N., Thammasirirak, S., Jaisil, P. and Songsri, P., 2012. Effects of drought and recovery from drought stress on above ground and root growth, and water use efficiency in sugarcane (Saccharum officinarum L.). Australian Journal of Crop Science (AJCS) 6(8), 1298-1304.

Kang, S., Zhang, J., 2004. Controlled alternate partial root- Zone irrigation: itsPhysiological consequences and impact on water use efficiency. Journal of Experimental botany. 5, 2437–2446.

Laclau, P.B. and Laclau, J.P., 2009. Growth of the whole root system for a plant crop of sugarcane under rainfed and irrigated environments in Brazil. Field Crops Research (114), 351–360.

Lv, Z., Diao, M., Li, W., Cai, J., Zhou, Q., Wang, X. and Dai, T., 2019. Impacts of lateral spacing on the spatial variations in water use and grain yield of spring wheat plants within different rows in the drip irrigation system. Agricultural Water Management (212), 252–261.

Machado, R.S., Ribeiro, R.V., Marchiori, P.E.R., Machado, D.F.S.P., Machado, E.C., Landell, M.G.D.A., (2009). A Biometric and physiological responses to water deficit in sugarcane at different phenological stages. Pesqui. Agropecu. Bras, (44), 1575-1582.

Malash, N., Flowers, T.J. and Ragab, R., 2005. Effect of irrigation systems and water management practices using saline and non-saline water on tomato production. Agric. Water Manage. (78), 25–38.

Martin, H. W. and D. L. Spark., 1985. On the behavior of nonexchangeable potassium in soils. In: Bartels,

www.SID.ir

Archive of SID

Growth Rating, and Sugarcane Yield. Journal American Society of Sugar Cane Technologists, (32), 1-14.

Simões, M.D.S., Rocha; J.V. and Lamparelli, R.A.C., 2005. Growth indices and productivity in Sugarcane. Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.), 62(1), 23-30.

Skaggs TH, Trout TJ, Šimůnek J and Shouse PJ. (2004). Comparison of HYDRUS-2D simulations of drip irrigation with experimental observations. J Irrig Drain Eng 130: 304–310.

Smith, D.M., Inman-Bamber, N.G. and Thorburn, P.J., 2005. Growth and function of the sugarcane root system. Field Crops Research. (92), 169–183.

Zhang; D., Song; X. Mansaray; L.R., Zhou; Z., Zhang; K., Han; J., Liu; W. and Huang, J., 2016. Estimating leaf area index of sugarcane based on multi-temporal digital images. Conference: IEEE fifth international conference on agro- geoinformatics, at Tianjin, China.

J. M. 1996. Methods of soil analysis.Part 3, Madison, W.I.

Ohashi, A.Y.P., Pires, R.C.D.M., Ribeiro, R.V. and Silva, A.L.B.D.O., 2015. Root growth and distribution in sugarcane cultivars fertigated by a subsurface drip system. Bragantia, Campinas, 74(2), 131-138.

Otto, R., Silva. A.P., Franco, H.C.J., Oliveira, E.C.A. and Trivelin, P.C.O., 2011. High soil penetration resistance reduces sugarcane root system development. Soil & Tillage Research (117), 201–210.

Sajjad, A., Bhutto, A.R., Imran, A. and Makhdum, A.H., 2016. Impact of better management practices on farmland biodiversity associated with sugarcane crop. J. Environ. Agric. Sci. (7), 48-54.

Sandhu, H.S., Gilbert, R.A., McCray, J.M., Perdomo, R., Eiland, B., Powell, G. and Montes, G., 2012. Relationships among Leaf Area Index, Visual

www.SID.ir

Archive of SID

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 2, Vol. 14, Jan.-Jul. 2020, p. 535-547

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۲، جلد ۱۴، خرداد - تیر ۱۳۹۹، ص. ۵۴۷-۵۳۵

Effects of Subsurface Drip Irrigation and Furrow Irrigation Management on Growth Variables and Root Distribution in Sugarcane Cultivation

A. Sheini-Dashtgol[1*], A.A. Naseri[2], S. Boroomand-Nasab[3]
Recived: Dec.04, 2019 Accepted: Jan.12, 2020

Abstract

This study aimed in the 2017-2018 year to investigate the effect of subsurface drip irrigation on the volume of irrigation water, growth variables and root distribution for the sugarcane first ratoon. For this purpose, the management of subsurface drip irrigation with closed end furrow irrigation (as control) were studied. Three measurement plots/pilots were selected in each field. Number of plants, number of green leaves, leaf length and width over one meter were counted and measured six times at 91, 99, 105, 112, 119 and 128 days after harvesting of plant, respectively. The results showed that by applying the subsurface drip irrigation in sugarcane and its proper management, no matter the depth of application or the specific space of the emitters, on average about 31% will save on irrigation water. Number of Leaf and leaf length and leaf width were not significantly different in both irrigations. The number of stems and leaf area index in subsurface drip irrigation had significant difference with irrigation in levels of 95 and 99 percent, respectively.

The mean of leaf area index in subsurface drip irrigation and furrow irrigation were 4.1 and 2.7, respectively, and this index, in the subsurface drip irrigation was 34% higher than the average of furrow irrigation. The active depth of preservative roots was up to 120 and 143 cm vertically and horizontally in subsurface drip irrigation and up to 100 and 104 cm in furrow irrigation, respectively. This indicates that the roots in subsurface drip irrigation are about 17% and 27% deeper and wider than furrow irrigation, and also were finer and deeper than the furrow irrigation. In subsurface and furrow drip irrigation, about 96% and 98% of the vertical roots, respectively, were propagated at a depth of 60 cm.

Keywords: Leaf area index, Root extension, Sugarcane, Irrigation water, Sub-surface drip irrigation

1- Ph.D. Student of Irrigation and Drainage of Shahid Chamran University of Ahvaz and Director of Agronomy Division Research Department, Khuzestan Sugarcane Research and Training Institute
2- Professor of Irrigation and Drainage Group, Faculty of Water Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz
3- Professor of Irrigation and Drainage Group, Faculty of Water Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz
(*- Corresponding Author Email: sheinidasht1971 @gmail.com

www.SID.ir