نشریه مدیریت آب در کشاورزی
جلد ۶، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۳۹۸، ص. ۱۲۲-۱۱۳

Water Management in Agriculture
Vol. 6, No. 1, Spring and Summer 2019, 113-122

ارزیابی فنی دو سامانه لوله‌های قطره‌چکان دار و آبیاری قطره‌ای نواری در گلخانه توت‌فرنگی

پریسا شاهین رخسار[۱*]، حسین دهقانی سانیج[۲]، قاسم زارعی[۳] و فاطمه حیدر نژاد[۴]

چکیده

استفاده از آبیاری قطره‌ای به‌عنوان روشی رایج در گلخانه‌ها مورداستفاده قرار می‌گیرد اما تنوع سامانه آبیاری قطره‌ای موجب سردرگمی بهره‌برداران شده است؛ از این‌رو ارزیابی فنی سامانه آبیاری می‌تواند به انتخاب سامانه مناسب منجر شود. در این مطالعه ارزیابی فنی دو سامانه لوله‌های قطره‌چکان‌دار و آبیاری قطره‌ای نواری در گلخانه توت‌فرنگی شهرک گلخانه‌ای کیشستان واقع در شهرستان صومعه‌سرا در استان گیلان انجام شد. تیمارها شامل دو سامانه آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ) و لوله‌های قطره‌چکان دار بودند. نتایج نشان داد شاخص‌های ارزیابی به‌غیراز نمای معادله دبی- فشار در آبیاری قطره‌ای نواری بیشتر از لوله‌های قطره‌چکان است و از نظر آماری دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند. عملکرد سامانه آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ) از نظر ضریب یکنواختی بهتر از آبیاری لوله‌های قطره‌چکان‌دار بود. لیکن کیفیت آب، طول گلخانه، هزینه سالیانه لوله‌های قطره‌ای نواری می‌تواند انتخاب آن را تحت الاشعاع قرار دهد.

واژه‌های کلیدی: لوله‌های قطره‌چکان دار، آبیاری قطره‌ای نواری، گلخانه، توت‌فرنگی.

مقدمه

آبیاری یکی از مهم ترین عوامل مؤثر در عملکرد و کیفیت محصولات گلخانه‌ای است. در حال حاضر مناسب‌ترین روش برای آبیاری گلخانه های تولید صیفی، آبیاری قطره ای است که همراه با کودآبیاری باعث افزایش بازده مصرف آب و کود شده است (نوشادی و قائمی، ۱۳۹۱). امروزه سامانه های آبیاری قطره ای متفاوتی به گلخانه داران پیشنهاد می شود که ازجمله آن ها می توان به آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ) و لوله‌های قطره‌چکان‌دار اشاره کرد. باوجودی که امروزه استفاده از سیستم آبیاری قطره ای نواری (تیپ) در گلخانه کاربرد وسیعی یافته است، ولی به دلیل مشکلات ناشی از عمر مفید کوتاه، مشکلات تعویض و جمع‌آوری بقایای نوارها و آسیب‌پذیر بودن آن ها نسبت به عوامل فیزیکی و محیطی موجب شده که لوله های قطره چکان‌دار به دلیل مزایای بیشتر نظیر ضخامت نسبتاً زیاد و به تبع عمر طولانی تر، مقاومت زیاد در برابر گرفتگی، مقاومت زیاد نسبت به تغییرات دما، فشار، صدمات فیزیکی و نور آفتاب نیز موردتوجه کشاورزان قرار گیرد. از طرف دیگر سرمایه گذاری اولیه بالای این سیستم نسبت به نوارهای آبیاری قطره ای، موجب سردرگمی بهره برداران در انتخاب سیستم مطلوب گشته است. یکی از راهکارهای تعیین کارایی بالای سامانه ارزیابی فنی آن ها است. با ارزیابی فنی، شاخص های یکنواختی توزیع آب، راندمان، تغییرات دبی و ضریب تغییرات ساخت در قطره‌چکان‌ها اندازه‌گیری می‌شوند تا بدین‌وسیله عملکرد سامانه مشخص گردد و بتوان با ارائه‌ی راه‌حل‌هایی در جهت رفع نواقص و بهبود وضعیت موجود گام برداشت. به نظر می‌رسد انجام تحقیقات در زمینه مقایسه فنی دو سیستم آبیاری مذکور برای بهبود مدیریت و استفاده بهینه از این سامانه ها موردنیاز است و به زارعین امکان انتخاب سیستم مناسب بر اساس نیاز خود را می‌دهد. نتایج این تحقیق می‌تواند در جهت بهبود وضعیت موجود، توسعه‌ی سامانه‌های آبیاری قطره‌ای، افزایش بهره‌وری مصرف آب و نهایتاً کاهش هزینه‌های تولید در گلخانه‌ها، مورداستفاده کشاورزان، کارشناسان طراح سامانه های آبیاری و همچنین علاقه‌مندان به تأسیس گلخانه قرار گیرد. بدین منظور

۱ عضو هیئت‌علمی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گیلان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایران (*نویسنده مسئول: pshahinrokhsar@yahoo.com)
۲ دانشیار پژوهشی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
۳ دانشیار پژوهشی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
۴ دانش‌آموخته دکتری خاکشناسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)
تاریخ دریافت: ۹۸/۲/۶
تاریخ پذیرش: ۹۸/۶/۳۰

پژوهشی در این راستا با مساعدت و حمایت مالی شرکت مهندسی تهران آزود برای ارزیابی فنی سیستم آبیاری قطره‌ای (لوله‌های قطره‌چکان‌دار) و قطره‌ای نواری (تیپ) ساخت شرکت آزود اسپانیا با هدف مقایسه فنی سامانه آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ) و لوله‌های قطره‌چکان‌دار و تعیین مناسب‌ترین روش آبیاری قطره‌ای توت‌فرنگی در گلخانه تدوین شد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در گلخانه توت‌فرنگی شهرک گلخانه‌ای کیشستان واقع در شهرستان صومعه‌سرا در استان گیلان انجام شد. مساحت تقریبی گلخانه ۵۰۰ مترمربع (عرض گلخانه ۹ متر و طول آن ۵۵ متر) در موقعیت (E ´۳۰ °۴۹ N ´۱۹ °۳۷) انجام گرفت. در این آزمایش تیمارها شامل دو سیستم آبیاری قطره‌ای (آبیاری قطره‌ای نواری تیپ و آبیاری قطره‌ای با لوله‌های قطره‌چکان‌دار) بود. نوارهای تیپ ۱۶/۱ میلی‌متری با دبی هشت لیتر بر ساعت در هر متر، فواصل روزنه ۲۰ سانتی‌متر و فشار یک‌بار و لوله‌های قطره‌چکان‌دار ۱۶ میلی‌متری با دبی ۲/۲ لیتر بر ساعت، فواصل ۴۰ سانتی‌متر و فشار یک‌بار ساخت شرکت آزود مورداستفاده قرار گرفتند. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک گلخانه (عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر) در آزمایشگاه تحقیقات مهندسی آب، خاک و فاضلاب مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی واقع در استان البرز اندازه‌گیری شد و مقدار هدایت الکتریکی (EC)، قلیائیت (pH)، مقادیر کاتیون‌ها و آنیون‌های موجود در خاک، توزیع اندازه ذرات و مقادیر رطوبت در نقاط (اشباع، مکش ۰/۳ اتمسفر و ۱۵ اتمسفر)، نتایج آنالیز شیمیایی آب آبیاری اندازه‌گیری شد (جداول ۱، ۲ و ۳). به‌منظور پمپاژ آب و تأمین فشار، از پمپ CAM 100/00 مدل Pentax با دبی ۵۰-۱۰ لیتر بر دقیقه، توان ۱ اسب بخار، ارتفاع ۲۷ متر استفاده گردید. یک فیلتر دیسکی با منافذ ۱۳۰ میکرون نصب گردید. از لوله‌های پلی‌اتیلنی و به قطر ۳۲ میلی‌متر برای لوله اصلی، ۲۵ میلی‌متر برای مانیفلد و ۱۶ میلی‌متری برای نوارهای تیپ و لوله‌های قطره‌چکان‌دار استفاده گردید. با قرارگیری یک فشارسنج و تنظیم دور موتورپمپ، فشار موردنیاز کنترل و اعمال گردید.

جدول ۱- مشخصات فیزیکی خاک

شن	سیلت	رس	بافت	رطوبت اشباع (درصد)	رطوبت وزنی در مکش ۰/۳ اتمسفر	رطوبت وزنی در مکش ۱۵ اتمسفر
(درصد)	(درصد)	(درصد)		(درصد)	(درصد)	(درصد)
۳۱	۳۶	۳۳	لومی رسی	۵۱/۵۱	۲۳/۴۴	۱۲/۴۴

جدول ۲- مشخصات شیمیایی خاک

EC (دسی زیمنس بر متر)	PH	آنیون‌ها (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)				جمع آنیون‌ها	کاتیون‌ها (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)				جمع کاتیون‌ها
		SO_4^{-2}	Cl^-	HCO_3^-	CO_3^{2-}		K^+	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	
۴/۰۳	۷/۹	۱۵/۳	۱۷/۷۵	۱۱/۳	–	۴۴/۳	–	۱۴/۷۳	۱۵/۲۵	۱۴/۱۱	۴۴/۰۹

جدول ۳- خصوصیات شیمیایی آب محل آزمایش

طبقه‌بندی	نسبت جذب سدیم	غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌ها (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)									PH	$EC_*\times10^6$ (میکرو موس بر سانتیمتر)
		مجموع کاتیون‌ها	Na^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	مجموع آنیون‌ها	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	CO_3^{2-}		
C2S1*	۱/۸	۵/۱۵	۲/۱۵	۱/۴	۱/۶	۵/۱۵	۰/۹۴	۲/۴	۱/۶	۰/۲۱	۷/۰۵	۴۰۰

*طبقه‌بندی کیفی آب بر اساس نمودار ویلکاکس صورت گرفت.

از رقم سلوا به‌صورت کشت دو ردیفه به فاصله‌ی برابر ۴۰ سانتیمتر بین ردیف و ۴۰ سانتیمتر روی ردیف استفاده شد. عملیات به زراعی از قبیل وجین علف های هرز، حذف رانرهای زائد و خاک‌دهی بوته‌ها برحسب نیاز صورت گرفت. میزان کود و سموم موردنیاز گیاه بر اساس نیاز گیاه در هر دو تیمار به‌صورت یکسان اعمال گردید. فاکتورهای محیطی گلخانه نظیر دما و گرما به‌وسیله‌ی دماسنج، گرماساز و ترموستات کنترل گردید. در طول فصل رشد کود اوره به میزان توصیه‌شده بر اساس آزمون خاک در دو نوبت به فاصله زمانی ۲۵ روز به کرت‌های آزمایشی با استفاده از تانک کود داده شد. به‌طوری‌که در هر کوددهی میزان کود موردنیاز در هر نوبت محاسبه

و سپس به داخل سیستم آبیاری تزریق گردید.

معادله دبی- فشار

حساسیت سامانه در مقابل فشار، از روی معادله دبی- فشار توسط ضریب X از رابطه ۱ و ۲ محاسبه شد.

$$q = KH^{x} \quad (۱)$$

$$x = \frac{\ln\left(\frac{q_1}{q_2}\right)}{\ln\left(\frac{H_1}{H_2}\right)} \quad (۲)$$

که در آن q؛ دبی گسیلنده (لیتر بر ساعت)، H؛ فشار (متر)، K؛ ضریب ثابت و X؛ نمای مربوط به فشار است. نمای X مربوط به شیب منحنی است که به‌طور عمده بستگی به نوع قطره‌چکان و رژیم جریان دارد و بر اساس استاندارد ASAE بین صفر تا یک متغیر است.

درصد خطای اندازه‌گیری دبی (q_d)

مقدار دبی اندازه‌گیری شده قطره‌چکان (q_a) با مقدار دبی اسمی قطره‌چکان (q_r) (تعیین‌شده توسط کارخانه سازنده در کاتالوگ) متفاوت است. درصد خطای دبی اندازه‌گیری (q_d) با استفاده از رابطه ۳ محاسبه گردید. طبقه‌بندی درصد خطای اندازه‌گیری دبی بر اساس استاندارد ASAE از خوب (کمتر از ۴ درصد) تا غیرقابل‌قبول (بیشتر از ۱۲ درصد) موردبررسی قرار گرفت (شکل ۱ و ۲).

$$q_d = \left(1 - \frac{q_a}{q_r}\right) \times 100 \quad (۳)$$

تغییرات دبی در قطره‌چکان‌ها (q_{var})

از روش‌های بررسی تغییرات دبی در قطره‌چکان‌ها مقایسه حداکثر و حداقل دبی در قطره‌چکان است که از رابطه ۴ محاسبه شد (علیزاده، ۱۳۸۸ الف). تغییرات دبی قطره‌چکان‌ها بر اساس استاندار انجمن مهندسان کشاورزی (ASAE) عالی (کمتر از ۱۰ درصد) و غیرقابل‌قبول (بیشتر از ۲۰ درصد) مورد مقایسه قرار گرفت.

$$q_{var} = \left(1 - \frac{q_{min}}{q_{max}}\right) 100 \quad (۴)$$

q_{min} و q_{max} به ترتیب حداقل و حداکثر دبی در قطره‌چکان‌ها و q_{var} تغییرات دبی در قطره‌چکان‌ها هستند.

شکل ۱- نحوه‌ی برآورد درصد خطای اندازه‌گیری دبی لوله‌های قطره‌چکان‌دار

شکل ۲- نحوه‌ی برآورد درصد خطای اندازه‌گیری دبی آبیاری قطره‌ای نواری

ضریب یکنواختی آب (CU)[1]

ضریب یکنواختی آب به ضریب کریستیانسن[2] نیز معروف است. به این منظور چهار قطره‌چکان در ابتدا، یک‌سوم، دوسوم و انتهای طول لوله‌های قطره‌چکان دار انتخاب شدند (Juana et al., 2007). در نوارهای قطره‌ای نیز چهار قسمت یک متری انتخاب گردید. پس از گذشت یک ساعت از کارکرد سامانه و رسیدن به تعادل هیدرولیکی ظرف‌های نمونه‌گیری در محل‌های تعیین‌شده قرار داده شد و مقدار حجم آب آبیاری اندازه‌گیری شد. به‌منظور بررسی یکنواختی پخش آب در خاک ۲۴ ساعت پس از آبیاری در محل‌های نمونه‌گیری (چهار نقطه) در نزدیکی قطره‌چکان‌ها و در عمق

[1] Coefficien Uniformity
[2] Christiansen

توسعه‌ی ریشه گیاه (۱۵-۰ سانتی‌متر) با مته نمونه خاک گرفته شد و با استفاده از روش وزنی میزان رطوبت حجمی خاک اندازه‌گیری شد (شکل ۳). مقادیر ضریب یکنواختی آب در خاک با استفاده از رابطه ۵ محاسبه گردید (شجاعیان و قائمی، ۱۳۸۹).

$$CU = 1 - \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\frac{\left|X_i - \bar{X}\right|}{\bar{X}} \times 100 \qquad (۵)$$

که در آن، CU؛ ضریب یکنواختی کریستیانسن، N؛ تعداد نقاط اندازه‌گیری شده، X_i؛ مقدار آب نفوذ یافته یا جمع شده در هر نقطه و $\bar{X}$ ؛ متوسط عمق آب نفوذ یافته می‌باشند. برای طبقه‌بندی ضریب یکنواختی از روش پیشنهادی برالتز (Bralts, 1986) کمتر از ۶۰ درصد غیرقابل‌قبول و بیش از ۹۰ درصد عالی استفاده شد.

شکل ۲- نمونه‌گیری از خاک در عمق توسعه‌ی ریشه

ضریب یکنواختی توزیع (DU)[1]

یکی از مهم‌ترین پارامترها در ارزیابی سامانه آبیاری مخصوصاً در کشت گیاهان با ارزش با ریشه کم‌عمق نظیر توت‌فرنگی محاسبه ضریب یکنواختی توزیع است. در این‌گونه شرایط معمولاً یکنواختی توزیع زیاد (DU بزرگ‌تر از ۸۰ درصد) مدنظر قرار می‌گیرد. یکنواختی توزیع پس از محاسبه ضریب یکنواختی از رابطه ۶ محاسبه شد (علیزاده، ۱۳۸۸ الف).

$$DU = 100 - 1.59(100 - CU) \qquad (۶)$$

ضریب یکنواختی آماری (SU)[2]

جهت ارزیابی یکنواختی کاربرد آب در یک سیستم از این پارامتر استفاده می‌شود که میزان انحراف از شرایط متوسط را نشان می‌دهد و مقدار آن از رابطه ۷ و طبقه‌بندی آن بر اساس انجمن مهندسان کشاورزی امریکا بر این اساس که ضریب یکنواختی آماری کمتر از ۶۰ درصد غیرقابل‌قبول و بیش از ۹۰ درصد عالی انجام شد (Bralts,1986). Sq؛ انحراف معیار نمونه‌های گسیلنده و $\bar{q}$ ؛ دبی متوسط گسیلنده‌ها است.

$$SU = \left(1 - \frac{S_q}{\bar{q}}\right) \times 100 \qquad (۷)$$

ضریب یکنواختی ریزش آب قطره‌چکان‌ها (EU)[3]

ضریب یکنواختی ریزش آب، معیاری است که یکنواختی ریزش از تمام گسیلنده‌ها در داخل یک سامانه آبیاری قطره‌ای را نشان می‌دهد و جزء مؤثر بر بازده آبیاری است (علیزاده، ۱۳۸۸ الف) که از رابطه ۸ محاسبه شد.

$$EU = \left(\frac{q_n}{q_{av}}\right) \times 100 \qquad (۸)$$

در آن؛ EU یکنواختی پخش آب (درصد)، q_{av} متوسط دبی کارکرد (لیتر بر ساعت) و q_n متوسط دبی چارک پایین (لیتر بر ساعت) هستند. بر اساس طبقه‌بندی مریام و کلر (۱۹۷۸) ضریب یکنواختی ریزش کمتر از ۶۶ درصد در محدوده‌ی ضعیف و بیش از ۹۰ درصد در محدوده عالی طبقه‌بندی می‌شود.

بازده کاربرد (Ea)[4]

در روش آبیاری قطره‌ای تلفات آب به‌طور عمده ناشی از نفوذ عمقی آب، عدم یکنواختی پخش آب از خروجی‌ها و تلفات جزئی به علت نشت از صافی‌ها، لوله‌ها و شیرآلات است. بر این اساس بازده کاربرد آب از رابطه ۹ محاسبه گردید (صحاف امین و فرشی، ۱۳۷۸).

$$Ea = EU\left(\frac{1}{T_r}\right) \qquad (۹)$$

که در آن، E_a؛ بازده کاربرد آب (درصد) و T_r؛ نسبت انتقال (اعشار) است (جدول ۴). از رابطه ۱۰ نیز برای محاسبه E_a استفاده گردید. این درصورتی‌که بود که مقدار ضریب آبشویی (LR) ۰/۰۵ و کوچک‌تر از ۰/۱ بود. در رابطه ۱۰ Et بازده مزرعه است. مقادیر Et در جدول ۵ آمده است (صحاف امین و فرشی، ۱۳۷۸).

$$Ea = EU \times Et \qquad (۱۰)$$

[1]. Distribution Uniformity
[2] Statistical Uniformity
[3]. Emitter Uniformity
[4]. Application Efficiency

جدول ٤- نسبت انتقال (Tr) در دوره‌ی بیشترین نیاز آبی در خاک‌های مختلف

بافت خاک	خیلی درشت	درشت	متوسط	ریز
کم (کمتر از ۰/۸ متر)	۱/۱	*۱/۱	۱/۰۵	۱
متوسط (بین ۰/۸ تا ۱/۵ متر)	۱/۱	۱/۰۵	۱	۱
زیاد (بزرگ‌تر از ۱/۵)	۱/۰۵	۱	۱	۱

* در طرح موردنظر انتخاب گردید.

جدول ٥- استاندارد Et در گیاهان با اعماق مختلف ریشه و انواع بافت‌های خاک

اعماق مختلف گیاهان و انواع بافت‌های خاک	Et
گیاهان باریشه عمیق بیش از ۱/۵ متر در تمام بافت‌های خاک به‌جز خاک‌های سبک و متخلخل	۱
گیاهان با ریشه ۰/۷۵ تا ۱/۵ متر در بافت‌های متوسط و سنگین	۱
گیاهان با ریشه کمتر از ۰/۷۵ متر ولی دارای بافت سنگین	۱
گیاهان با ریشه عمیق در روی خاک‌های سنگریزه دار	۰/۹۵
گیاهان با عمق ریشه متوسط در خاک‌های بافت درشت و شنی	۰/۹۵
گیاهان با عمق ریشه کم با بافت متوسط	۰/۹۵
گیاهان با ریشه کم با بافت سبک	*۰/۹۱

* در طرح موردنظر انتخاب گردید.

بازده پتانسیل کاربرد در چارک پایین (PELQ)[1]

بازده پتانسیل کاربرد در چارک پایین اشاره به عملکرد یک سامانه دارد. معمولاً پایین بودن PELQ در ارتباط با طراحی ناقص سامانه است که آب کاربردی تأمین‌کننده‌ی نیاز آبی گیاه نیست و حتی امکان عمدی بودن آن به دلایل اقتصادی نیز وجود دارد. مقدار PELQ در سامانه‌های آبیاری به‌صورت رابطه ۱۱ تعریف می‌شود.

$$PELQ = \frac{d_q}{d_a} \qquad (۱۱)$$

که در آن d_q؛ میانگین کمترین چارک عمق نفوذ ذخیره شده در ناحیه ریشه و d_a؛ میانگین عمق آب آبیاری است. در ارزیابی سامانه‌ی آبیاری قطره‌ای مفهوم PELQ متفاوت از تعریف فوق است؛ زیرا در این روش تنها بخشی از مساحت خاک خیس می‌شود و حداقل عمق آب آبیاری برابر صفر است؛ بنابراین مقدار PELQ از رابطه ۱۲ و فاکتور کاهش بازده (ERF) از رابطه ۱۳ محاسبه شد.

$$PELQ = 0.9 \times EU \times ERF \qquad (۱۲)$$

$$ERF = \frac{P_{avg} + 1.5P_{\min}}{2.5P_{avg}} \qquad (۱۳)$$

که در آن؛ PELQ بازده پتانسیل در چارک پایین (درصد)، ERF فاکتور کاهش بازده، p_{min} حداقل فشار ورودی در لاترال و p_{avg} میانگین حداقل فشار ورودی در لاترال است. در این پژوهش طبقه‌بندی سامانه‌های آبیاری بر اساس دستورالعمل SCS به این صورت که بازده پتانسیل در چارک پایین کمتر از ۷۰ درصد ضعیف و بیش از ۹۰ درصد عالی ارزیابی شد (احمد آلی به نقل از بامداد ماچیانی،۱۳۹۱).

بازده واقعی پتانسیل کاربرد در چارک پایین (AELQ)[2]

بازده کاربرد در چارک پایین به‌صورت نسبت میانگین عمق آب ذخیره‌شده در ناحیه ریشه با کمترین عمق آب به میانگین عمق آبیاری تعریف می‌گردد. مقدار کم AELQ بیانگر مشکلات مدیریتی و طرز کاربرد سامانه است. با توجه به اینکه در آبیاری قطره‌ای در مناطقی که کمترین آب را دریافت می‌کنند، دلیلی برای تلف شدن آب از طریق تبخیر و نفوذ عمقی وجود ندارد، بنابراین در آبیاری قطره‌ای بازده واقعی چارک پایین کاربرد آب از رابطه ۱۴ محاسبه شد.

$$AELQ = EU \times ERF \qquad (۱۴)$$

نتایج و بحث

شاخص‌های ارزیابی فنی در دو سامانه لوله‌های قطره‌چکان‌دار و آبیاری قطره‌ای نواری

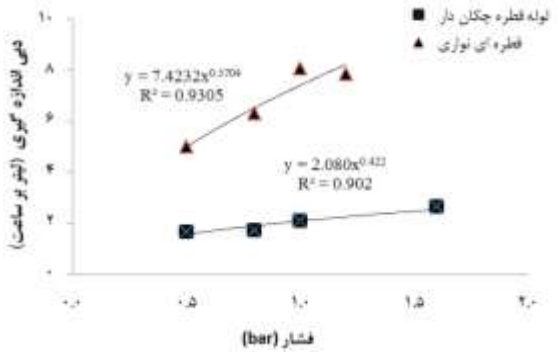
نمای معادله دبی- فشار

معادله دبی- فشار در دو سامانه آبیاری در شکل ۳ نشان داده‌شده است. مقدار نمای معادله در سامانه‌های لوله‌های قطره‌چکان‌دار و آبیاری قطره‌ای نواری به ترتیب ۰/۴۲۲ و ۰/۵۷۰ حاصل گردید. نمای معادله دبی- فشار در آبیاری قطره‌ای نواری بیشتر از لوله‌های قطره‌چکان‌دار است. هرچقدر توان معادله دبی- فشار کوچک باشد، دبی قطره‌چکان کمتر تحت تأثیر تغییرات فشار است، قدرت تنظیم فشار در آن‌ها نیز بیشتر خواهد بود و می‌توان افت مجاز در لوله‌های فرعی و رابط را بیشتر در نظر گرفت (کریمی و همکاران، ۱۳۸۴)؛ بنابراین آبیاری قطره‌ای نواری نسبت به لوله‌های قطره‌چکان‌دار

[1]. Potential Efficiency of Low Quarter

[2]. Application Efficiency of Low Quarter

بیشتر تحت تأثیر تغییرات فشار قرار دارد و قدرت تنظیم‌کنندگی فشار در لوله‌های قطره‌چکان‌دار بیشتر از آبیاری قطره‌ای نواری است. مطالعات پیشین نیز بیانگر حساسیت نوارهای آبیاری قطره‌ای به تغییرات فشار است که مشابه با نتیجه تحقیق حاضر است (حسن‌زاده آرنایی و فتحی،۱۳۹۲ و شجاعیان و قائمی، ۱۳۸۹).



شکل ۳- نمودار تغییرات دبی- فشار

دبی اسمی، دبی اندازه‌گیری شده و درصد خطای دبی اندازه‌گیری شده

مطابق با جدول ۷، مقدار دبی اسمی (q_r) برای لوله‌های قطره‌چکان‌دار در فشار کارکرد (یک‌بار) ۲/۲ لیتر بر ساعت است و در آبیاری قطره‌ای نواری هشت لیتر بر ساعت در هر متر توسط کارخانه سازنده گزارش‌شده است. میزان دبی اندازه‌گیری شده (q_{avg}) در فشار اسمی برای لوله‌های قطره‌چکان‌دار ۲/۱ لیتر بر ساعت و در آبیاری قطره‌ای نواری ۸/۰۷ لیتر بر ساعت در هر متر به دست آمد (جدول ۷). مقدار درصد خطای اندازه‌گیری دبی (q_d) در لوله‌های قطره‌چکان دار و آبیاری قطره‌ای نواری به ترتیب ۴/۵ و ۰/۸۸ درصد محاسبه شد (جدول ۷) که بر اساس تقسیم‌بندی انجمن مهندسان کشاورزی آمریکا (ASAE, 2003) سامانه‌های لوله‌های قطره‌چکان‌دار و آبیاری قطره‌ای نواری به ترتیب در گروه‌های متوسط و خوب قرار دارند.

همان‌گونه که در جدول ۷ ملاحظه می‌شود اختلاف دبی اسمی با دبی اندازه‌گیری شده در آبیاری قطره‌ای نواری کمتر از لوله‌های قطره‌چکان‌دار است درنتیجه مقدار ضریب تغییرات ساخت و ضریب یکنواختی کریستیانسن در آن به ترتیب کمتر و بیشتر از لوله‌های قطره‌چکان‌دار است.

با مقایسه دبی اندازه‌گیری شده (q_{avg}) با مقدار دبی اسمی (q_r) در سامانه‌های آبیاری می‌توان دریافت که دبی اسمی ارائه‌شده توسط کارخانه سازنده در آبیاری قطره‌ای نواری صحیح اعلام‌شده و مطلوب است و در لوله‌های قطره‌چکان‌دار اندکی با مقدار واقعی متفاوت است. از دلایل اختلاف دبی اسمی و دبی اندازه‌گیری شده می‌توان پایین بودن فشار موردنیاز در سامانه و همچنین گرفتگی قطره‌چکان‌ها را نام برد . مقدار درصد تغییرات دبی (qvar) در لوله‌های قطره‌چکان‌دار ۱۹/۱۸ درصد و در آبیاری قطره‌ای نواری ۸/۱۵ درصد محاسبه شد (جدول ۷). مطابق با طبقه‌بندی انجمن مهندسان کشاورزی آمریکا (ASAE, 2003) لوله‌های قطره‌چکان‌دار در محدوده قابل‌قبول و آبیاری قطره‌ای نواری در گروه عالی قرار دارند.

جدول ۷- دبی اسمی، اندازه‌گیری شده درصد خطای اندازه‌گیری شده و درصد تغییرات دبی

سامانه آبیاری	q_r (لیتر در ساعت)	q_{avg} (لیتر در ساعت)	q_d (درصد)	q_{var} (درصد)
لوله‌های قطره‌چکان دار	۲/۲	۲/۱	۴/۵	۱۹/۱۸
آبیاری قطره‌ای نواری	۸	۸/۰۷	۰/۸۸	۸/۱۵

ضریب یکنواختی توزیع آب (CU_1)

ضریب یکنواختی توزیع آب (CU_1) در دو سامانه لوله‌های قطره‌چکان دار و آبیاری قطره‌ای نواری به ترتیب ۹۱/۲۲ و ۹۷/۳۸ درصد محاسبه گردید (جدول ۸) که هر دو سامانه آبیاری در گروه عالی قرار دارند (ASAE, 2003).

مقدار یکنواختی پخش آب در خاک (CU_2)

مقدار یکنواختی پخش آب در خاک (CU_2) در سامانه‌های لوله‌های قطره‌چکان‌دار و آبیاری قطره‌ای نواری به ترتیب ۸۱/۴ و ۹۲/۴۵ درصد به دست آمد (جدول ۸). مقدار یکنواختی پخش آب در خاک در آبیاری قطره‌ای نواری بیشتر از لوله‌های قطره‌چکان‌دار است که مشابه با نتایج به‌دست‌آمده در ضریب یکنواختی توزیع آب در این دو سامانه آبیاری است. به دلیل آنکه در سامانه آبیاری قطره‌ای نواری فواصل قطره‌چکان‌ها نسبت به لوله‌های قطره‌چکان‌دار کمتر است، به نظر می‌رسد که تغییرات دبی قطره‌چکان‌ها اثر یکدیگر را تا اندازه‌ای تعدیل می‌نمایند که در این صورت یکنواختی توزیع آب در

خاک در آبیاری قطره‌ای نواری نسبت به لوله‌های قطره‌چکان‌دار افزایش‌یافته است.

مقدار یکنواختی توزیع (DU)

مقدار یکنواختی توزیع (DU) در سامانه لوله‌های قطره‌چکان دار ۸۶/۰۴ و در آبیاری قطره‌ای نواری ۹۵/۷۶ درصد حاصل گردید (جدول ۸) که بنا بر نظر قاسم‌زاده مجاوری (۱۳۶۹) مقادیر DU بیشتر از ۵۰ درصد مقدار قابل‌قبولی است؛ بنابراین هر دو سامانه آبیاری از لحاظ یکنواختی توزیع آب در وضعیت مطلوب قرار دارند.

مقدار ضریب یکنواختی آماری (SU)

مقدار ضریب یکنواختی آماری (SU) در دو سامانه لوله‌های قطره‌چکان‌دار و آبیاری قطره‌ای نواری به ترتیب ۹۳/۲۴ و ۹۶/۷۲ درصد محاسبه شد (جدول ۸). بر اساس طبقه‌بندی (ASAE, 2003) هر دو در درجه عالی قرار دارند.

ضریب یکنواختی ریزش آب قطره‌چکان‌ها (EU)

ضریب یکنواختی ریزش آب قطره‌چکان‌ها (EU) در لوله‌های قطره‌چکان‌دار ۸۴/۱۱ و در آبیاری قطره‌ای نواری ۹۵/۸۴ درصد برآورد شد که مقدار آن در آبیاری قطره‌ای نواری بیشتر از لوله‌های قطره‌چکان‌دار است (جدول ۸)؛ بنابراین بر اساس طبقه‌بندی ASAE سامانه قطره‌ای نواری در گروه عالی و لوله‌های قطره‌چکان‌دار در گروه‌های خوب قرار دارد (ASAE, 2003). به دلیل اینکه در آبیاری قطره‌ای نواری مقدار درصد تغییرات دبی (qvar) کمتر از لوله‌های قطره‌چکان‌دار است؛ درنتیجه مقدار یکنواختی انتشار در آن بیشتر از آبیاری قطره‌ای نواری است (Baragan et al., 2006).

بازده کاربرد Ea

مقدار بازده کاربرد در آبیاری قطره‌ای نواری و لوله‌های قطره‌چکان‌دار به ترتیب ۷۶/۵۴ و ۸۷/۶۱ به دست آمد به‌طورکلی بازده کاربرد در آبیاری قطره‌ای نواری بیشتر از لوله‌های قطره‌چکان-دار است که ناشی از یکنواختی بیشتر قطره‌چکان‌ها در آبیاری قطره‌ای نواری نسبت به لوله‌های قطره‌چکان دار است (جدول ۸).

جدول ۸- شاخص‌های یکنواختی در دو سامانه لوله‌های قطره‌چکان دار و آبیاری قطره‌ای نواری

تیمارها	CU_1	CU_2	DU	UC	EU	Ea
لوله‌های قطره‌چکان دار	۹۱/۲۲	۸۱/۴	۸۶/۰۴	۹۳/۲۴	۸۴/۱۱	۷۶/۵۴
آبیاری قطره‌ای نواری	۹۷/۳۸	۹۲/۴۵	۹۵/۷۶	۹۶/۷۲	۹۵/۸۴	۸۷/۶۱
آزمون t	**	**	**	*	*	*

* معنی‌دار بودن در سطح احتمال پنج درصد ** معنی‌دار بودن در سطح احتمال یک درصد

نتایج جدول ۸ حاکی از آن است که اگرچه بین دو سیستم آبیاری اختلاف وجود دارد لیکن هر دو در سطح مطلوب قرار دارند. البته در شرایط پایین بودن کیفیت آب و کاربرد زیاد مواد شیمیایی (کود آبیاری)، لوله های قطره چکان دار در اولویت قرار می گیرند، زیرا قطره چکان های آنها از قابلیت خودشویندگی برخودار بوده و در طول زمان انتظار می‌رود از یکنواختی پخش مناسب تری برخوردار باشند.

فاکتور کاهش بازده (ERF)، پتانسیل کاربرد در چارک پایین (PELQ) و بازده واقعی پتانسیل کاربرد در چارک پایین (AELQ)

فاکتور کاهش بازده (ERF) در هر دو سامانه آبیاری به عدد یک نزدیک است که درنتیجه یکنواختی پخش آب را به همراه خواهد داشت (جدول ۹). مقادیر PELQ در لوله‌های قطره‌چکان‌دار ۷۲/۶۷ و در آبیاری قطره‌ای نواری ۸۲/۳۱ درصد به دست آمد (جدول ۹) که بر اساس دستورالعمل SCS به ترتیب در گروه‌های خوب و متوسط قرار گرفتند (ASAE, 2003). مقادیر AELQ در لوله‌های قطره‌چکان‌دار ۸۰/۷۵ و در آبیاری قطره‌ای نواری ۹۱/۴۶ درصد محاسبه شد. مقدار بالای AELQ نشان از عملکرد مناسب سامانه آبیاری است و می‌توان نتیجه گرفت که مشکلات در طراحی و اجرای سامانه‌های آبیاری قطره‌ای نواری و لوله‌های قطره‌چکان‌دار و نواقص مدیریتی در گلخانه اندک است. مقدار AELQ بیشتر از PELQ است که نشان‌دهنده مقدار آبیاری مناسب در گلخانه است؛ زیرا در مواردی که بازده واقعی کاربرد کمتر از بازده پتانسیل کاربرد باشد، آبیاری بیش از نیاز صورت گرفته است و فرو نشت عمقی قابل‌توجهی داشته است (مصطفی‌زاده و همکاران، ۱۳۷۷؛ پیری، ۱۳۹۱).

جدول ۹- PELQ و AELQ در سامانه لوله‌های قطره‌چکان دار و آبیاری قطره‌ای نواری

تیمارها	ERF	PELQ (٪)	AELQ (٪)
لوله‌های قطره‌چکان دار	۰/۹۶	۷۲/۶۷	۸۰/۷۵
آبیاری قطره‌ای نواری	۰/۹۵	۸۲/۳۱	۹۱/۴۶
آزمون t	–	**	**

** معنی‌دار بودن در سطح احتمال یک درصد

همان‌طور که مشاهده می‌شود به‌طورکلی بازده‌ها در هر دو سامانه آبیاری مطلوب است ولی ازآنجایی‌که در سامانه تیپ یکنواختی دبی در قطره‌چکان‌ها نسبت به لوله‌های قطره‌چکان‌دار بیشتر است درنتیجه بازده بالاتری را هم دارا است.

کیفیت آب آبیاری

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از آزمایش آب (جدول ۳) و مطابق با نمودار ویل‌کاکس (علیزاده، ۱۳۸۸ ب)؛ آب آبیاری از نظر شوری در حد متوسط و از لحاظ سدیمی بودن در گروه کم قرار دارد (C2S1). pH آب آبیاری ۷/۰۵ و کمتر از هشت است به همین علت گرفتگی قطره‌چکان‌ها در سامانه‌های آبیاری کمتر و یا در زمان‌های طولانی‌تری اتفاق می‌افتد نتایج آزمایش کیفی آب نشان داد که غلظت کلسیم موجود در آب آبیاری ۱/۶ میلی اکی والانت بر لیتر یا ۳۲ میلی‌گرم بر لیتر است و مقدار منیزیم موجود در آب آبیاری ۱/۴ میلی اکی والانت یا ۱۶/۸ میلی‌گرم بر لیتر است پارامترهای کیفی آب گلخانه کمتر از حداکثر مجاز ارائه‌شده و کیفیت آب گلخانه مشکل خاصی برای رشد توت‌فرنگی ایجاد نمی‌کند (Robbins, 2006).

جدول ۱۰- مقادیر استاندارد پارامترهای کیفی آب آبیاری در محصولات گلخانه‌ای

پارامترهای کیفی	EC موس بر سانتی‌متر	pH	HCO^{3-}	Cl^{-}	$SO4^{2-}$	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	SAR
			میلی اکی والان در لیتر						
گلخانه	۴۰۰	۷/۰۵	۱/۶	۲/۴	۰/۹۴	۱/۶	۱/۴	۲/۱۵	۱/۸
حداکثر مجاز *	۱۲۵۰	۸	۲/۴	۳/۹	۵	۶	۴/۲	۲/۲	۴

*Robbins، 2006

رهیافت ترویجی

در محیط های خاک کشت و زراعت های متراکم سیستم قطره‌ای نواری به دلیل هزینه سرمایه‌گذاری اولیه پایین نسبت به لوله‌های قطره‌چکان دار می تواند تنها از نظر اقتصادی در اولویت کاربرد باشد. لیکن در شرایطی که محیط کشت در گلخانه مصنوعی باشد لوله های قطره چکان دار به علت دارا بودن استانداردهای فنی لازم توصیه می شود. با توجه به حساسیت سیستم قطره ای نواری به تغییرات فشار از کاربرد آن در گلخانه های با طول بیش از ۵۰ متر باید پرهیز شود و سیستم آبیاری با قطره چکان های تنظیم کننده فشار توصیه می شوند. لوله های قطره چکان دار همچنین در شرایط پایین بودن کیفیت آب در اولویت انتخاب قرار دارند چون قطره چکان های آنها از قابلیت خودشویندگی برخودار بوده و در طول زمان انتظار می‌رود از یکنواختی پخش مناسب تری برخوردار باشند.

مراجع

بامداد ماچیانی، س. ۱۳۹۱. ارزیابی سیستم آبیاری قطره‌ای در تعدادی از باغ‌های کیوی شرق استان گیلان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان.

پیری، ح. ۱۳۹۱. ارزیابی راندمان‌های پتانسیل (PELQ) و واقعی (AELQ) سیستم‌های آبیاری قطره‌ای (مطالعه موردی: شهرستان سرباز)، مجله مهندسی منابع آب، ۵ : ۱۲ ،۱۹ – ۳۶.

حسن‌زاده آرنایی، ش.، و فتحی، پ. ۱۳۹۲. بررسی اثر قطر ذرات بر گرفتگی فیزیکی نوارهای آبیاری قطره‌ای. نشریه حفاظت منابع آب‌وخاک، ۲(۳): ۸۱-۷۳.

شجاعیان، ف.، و قائمی، ع.ا. ۱۳۸۹. بررسی مزرعه‌ای یکنواختی پخش آب و کود در سطح و پروفیل خاک در سیستم آبیاری میکرو. مجله پژوهش‌های حفاظت آب‌وخاک، ۱۷(۱): ۹۵-۸۱.

صحاف امین، ب.، و فرشیف ع.ا. ۱۳۷۸. آبیاری قطره‌ای (اصول و

مبانی طراحی شبکه آبیاری قطره‌ای). نشر آموزش کشاورزی. ۲۵۱ صفحه.

علیزاده، ا. ۱۳۸۸ الف. آبیاری قطره‌ای (اصول و عملیات). انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۴۹۳ صفحه.

علیزاده، ا. ۱۳۸۸ ب. رابطه آب‌وخاک و گیاه. انتشارات آستان قدس رضوی. ۴۸۳ صفحه.

قاسم‌زاده مجاوری، ف. ۱۳۶۹. ارزیابی سیستم‌های آبیاری مزارع. (Guide Pratique Irrigation) انتشارات آستان قدس رضوی. ۳۲۹ صفحه.

کریمی، ا.، همائی، م.، لیاقت ع.ا.، و معزاردلان، م. ۱۳۸۴. یکنواختی توزیع آب و کود در سیستم آبیاری قطره‌ای – نواری. مجله پژوهش کشاورزی آب، خاک و گیاه در کشاورزی، ۵(۲): ۶۶-۵۳.

مصطفی‌زاده، ب.، عطائی، م.، و اسلامیان، س.س. ۱۳۷۷. ارزیابی طرح‌های آبیاری قطره‌ای اجراشده در منطقه اصفهان و بررسی امکان اصلاح آن‌ها. نهمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی. ۱ آبان ماه. تهران.

نوشادی، م.، و قائمی، ع.ا. ۱۳۹۱. بررسی فنی و هیدرولیکی سیستم‌های آبیاری قطره‌ای در استان فارس. نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۴ (۶): ۲۶۴-۲۵۴.

Barragan, J., Bralts, V. and Wu, I.P. 2006. Assessment of emission uniformity for micro-irrigation design. Biosystems Engineering, 93(1): 89-97.

Battikhi, A.M. and Abu-Hammad, A.H. 1994. Comparison between the Efficiencies of Surface and Pressurized Irrigation Systems. Irrigation Drainge System, 8(2): 109-121.

Bralts, V.F. 1986. Field Performance and Evaluation. Developments in Agricultural Engineering, 9: 216-240.

Juana, L., Rodriguez-Sinobas, L., Sanchez, R. and Losada, A. 2007. Evaluation of Drip Irrigation: Selection of Emitters and Hydraulic Characterization of Trapezoidal Units. Agricultural water management. 90: 13-26.

Robbins, G. 2006. Irrigation Water for Greenhouses and Nurseries. Agriculture and Natural Resources. University of Arkansas Cooperative Extension Service, (501): 671-2000.

Water Management in Agriculture
Vol. 6, No. 1, Spring and Summer 2019, 113-122

نشریه مدیریت آب در کشاورزی
جلد ۶، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۳۹۸، ص. ۱۲۲-۱۱۳

Technical Comparison of Two Tape and Drip Line Irrigation Systems on Greenhouse Strawberries

P. Shahinrokhsar[1*], H. Dehghanisanij[2], Gh. Zarei[3] and F. Heydarnezhad[4]

Abstract

Drip irrigation in greenhouses may be used as a common method, but because of the diversity of the drip irrigation systems, farmers are confused. Therefore, technical evaluation of drip irrigation system could lead to the selection of a suitable system. In this study was carried out technical evaluation of two drip irrigation systems including tape drip irrigation and drip line in strawberry greenhouse in kishestan greenhouse town located in Somesara (Guilan province). Treatments included two drip irrigation systems (tape and drip line). The result showed all of technical indexes apart of discharge pressure equation in tape drip irrigation is more than drip line and they had not statistical different. Distribution Coefficient Uniformity of the tape drip irrigation system was better than the drip irrigation systems.

Key words: Tape Irrigation, Drip Line Irrigation, Greenhouse, Strawberries.

[1] Agricultural Engineering Research Department, Guilan Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO. Rasht. Iran (pshahinrokhsar@yahoo.com).
[2] Associate Professor, Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran.
[3] Associate Professor, Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran.
[4] Ph.D of Soil Science Department, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran.
Received: 26 Apr 2019
Accepted: 21 Sep 2019