

## انتخاب مناسب‌ترین دبی گسیلنده با تحلیل توزیع رطوبت از یک گسیلنده نقطه‌ای

ابوالفضل ناصری<sup>۱\*</sup>، حسین بابازاده<sup>۲</sup> و سعید نخجوانی<sup>۳</sup>

۱\* عضو هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی، نویسنده مسئول مکاتبات: nasseri\_ab@yahoo.com

۲ استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

۳ دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۰/۶/۲۰ تاریخ پذیرش: ۹۰/۸/۵

### چکیده

توزیع رطوبت در خاک از مهم‌ترین اصول طراحی آبیاری قطره ای است. هر چند به منظور سهولت در طراحی، ساده سازی هایی در تحلیل توزیع رطوبت خاک صورت گرفته، لیکن انتخاب دبی مناسب گسیلنده اغلب بر پایه تشخیص مهندسی صورت می گیرد. هدف از این پژوهش، تحلیل توزیع رطوبت در خاک و معرفی مدل تصمیم گیری فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) به منظور انتخاب مناسب ترین دبی گسیلنده نقطه‌ای بود. برای آزمون مدل معرفی شده، آزمایش‌های لازم طراحی و طی آن‌ها، دبی جریان گسیلنده‌ها برابر ۴،۲ و ۸ لیتر در ساعت و نوع گسیلنده‌ها نقطه ای انتخاب شد. مختصات مکانی الگوی مرطوب شده و ابعاد پیاز رطوبتی (حداکثر عمق و قطر خیس شده) و نیز نمونه برداری از عمق‌های مختلف در نیمرخ خاک انجام شد. اندازه گیری‌ها و محاسبات برای سه نوع گیاه (پیاز، سیب زمینی و گوجه فرنگی) صورت گرفت. نتایج نشان داد برای آبیاری پیاز، دبی ۲ لیتر بر ساعت با دور آبیاری یک روز و مدت آبیاری ۶ ساعت در روز مناسب‌ترین گزینه است. همچنین برای آبیاری سیب زمینی، دبی ۲ لیتر بر ساعت با دور آبیاری یک روز و مدت ۷ ساعت و برای آبیاری گوجه فرنگی دبی ۸ لیتر بر ساعت با دور آبیاری سه روز به مدت ۲ ساعت در روز مناسب‌ترین گزینه‌ها می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: آبیاری قطره‌ای؛ تحلیل سلسله مراتبی؛ توزیع رطوبت؛ گسیلنده؛ منبع خطی

### مقدمه

بستگی دارد (Zur, 1996). ماهیت چند بعدی بودن جریان از گسیلنده‌های نقطه‌ای یا خطی موجب پیچیدگی مدل بندی توزیع رطوبت در خاک می‌گردد. مدل‌ها انواع مختلفی از جمله مدل فیزیکی، آنالوگ و ریاضی می‌توانند داشته باشند. مدل‌های ریاضی شامل فرمول‌های ساده شده بر مبنای بیلان حجم و تحلیل معادله ریچاردز برای حرکت آب می‌باشد. برای تعیین الگوی جریان از گسیلنده‌های نقطه‌ای و صفحه‌ای برای هر دو

توزیع رطوبت در خاک یکی از مهم‌ترین اصول طراحی آبیاری قطره‌ای و میکرو است. در این روش‌های آبیاری معمولاً بخشی از حجم منطقه رشد بالقوه ریشه گیاه در خاک مرطوب می‌شود. و توسعه حجم ریشه گیاه به منطقه مرطوب اطراف هر گسیلنده محدود می‌گردد (علیزاده، ۱۳۷۶ و برهان، ۱۳۵۴). وسعت حجم خاک مرطوب به دبی، فواصل گسیلنده‌ها و نوع خاک مزرعه

حالت دائمی و غیردائمی گزارش بررسی‌های صورت گرفته حاکی از تطابق خوب نتایج الگوبندی با داده‌های آزمایشی است. برای الگوبندی رطوبت خاک از گسیلنده‌های نقطه‌ای و صفحه‌ای معادله ریچاردز را برای حالت دائمی تحلیل نمودند (Philip, 1971 & Raats, 1971). Revol *et al.*, (1995) تئوری Raats (1971) را در حالت غیردائمی برای هردو مورد جبهه رطوبتی و نیمرخ محتوای رطوبتی خاک را با یک گسیلنده نقطه‌ای تقریب سازی کردند. ایشان بین نتایج مشاهدات آزمایشگاهی و برآورد با تحلیل تقریب سازی تطابق خوبی مشاهده کردند (Revol *et al.*, 1995). Yitayew and Alikhan (1995) حرکت آب و املاح را در یک مزرعه آزمایشی با اعمال تیمارهای مختلف در مورد دبی، حجم جریان و غلظت نمک از یک گسیلنده نقطه‌ای ارزیابی نمودند. برابر نتایج ارزیابی ایشان، در صورتی که سرعت جریان از سرعت نفوذ نقطه‌ای بیشتر باشد، انباشتگی آب در سطح موجب ایجاد یک صفحه اشباع گردیده و شعاع آن با افزایش دبی جریان افزایش می‌یابد. شکل توزیع مواد شیمیایی در ناحیه ریشه به دبی و حجم جریان بستگی داشته و افزایش دبی جریان موجب تسریع پیشروی جبهه رطوبتی در خاک می‌گردد. در خصوص بررسی نفوذ از گسیلنده‌های خطی، تحقیقات صورت گرفته به خطی سازی حالت دائمی معادله جریان محدود بوده است. Zachmann & Thomas (1973) نفوذ جریان از یک گسیلنده خطی واقع در یک صفحه افقی با خطوط موازی و متساوی الفاصله را بررسی نمودند. پایه تحلیل آنها بر استفاده از شکل شبه خطی معادله نفوذ دائمی و رابطه نمائی هدایت هیدرولیکی با پتانسیل کاپیلری بوده است.

Vellidis & Smajstrla (1992) برای شبیه سازی نفوذ، توزیع مجدد و جذب آب از نیمرخ خاک مالچ پاشی و خوابانده شده که در روی سطح ایستابی کم عمق قرار داشته و با یک سیستم قطره‌ای با گسیلنده‌های خطی آبیاری می‌شده، شکل دو بعدی معادله جریان را با فن تفاضلات محدود تحلیل کردند. همخوانی خوبی بین داده‌های مزرعه‌ای و نتایج تحلیل مدل مورد نظر مشاهده شده است. Warrick *et al.*, (1980) برای شبیه سازی جذب آب توسط گیاه در سه بعد (استوانه‌ای) با کاربرد سیستم آبیاری قطره‌ای روشی را ارائه نمودند. پایه شبیه سازی ایشان بر دائمی بودن شرایط، یکنواختی خاک، وابستگی هدایت هیدرولیکی خاک به بار فشار و قابل اغماض بودن تلفات تبخیر از سطح بوده است. Angelakis *et al.*, (1993) اثر دبی قطره چکان و نوع خاک بر موقعیت جبهه رطوبتی و توزیع محتوای آب در خاک هموزن را با گسیلنده‌های مدور بررسی نمودند. ایشان پتانسیل آب و هدایت هیدرولیکی خاک را به صورت تابعی از محتوای آب خاک اندازه گیری نموده و معادله جریان را در حالت غیردائمی و در دو بعد با فن عناصر محدود<sup>۱</sup> تحلیل نمودند. برای پیشروی عمودی جبهه رطوبتی داده‌های آزمایشی و کاربرد مدل تطابق بسیار خوب و برای پیشروی افقی در زمان‌های طولانی، نتایج یاد شده همخوانی زیادی نداشته است. Brandt *et al.*, (1971) معادله نفوذ از گسیلنده‌ها را با فن تفاضلات محدود و Taghavi *et al.*, (1984) این معادله را با فن عناصر محدود تحلیل کردند. Breseler *et al.*, (1971) تطابق خوبی بین نتایج آزمایشگاهی و حل معادله جریان رطوبتی خاک با فن تفاضلات

2- Finite elements

روابط بین برخی کمیت‌ها در بافت‌های مختلف خاک‌ها، به وجود آمدن مشکلاتی در پایداری و همگرایی روش‌های تحلیلی به کار رفته، از معایب کاربرد روش‌های عددی در تحلیل الگوی جریان از گسیلنده هاست. با این که به منظور سهولت در طراحی، ساده سازی‌هایی در تحلیل توزیع رطوبت در خاک صورت گرفته است ولی انتخاب دبی مناسب گسیلنده‌ها اغلب براساس تشخیص مهندسی صورت می‌گیرد. برای مدل کردن فرآیند انتخاب دبی، این تحقیق با هدف تحلیل توزیع رطوبت در خاک و استفاده از مدل تصمیم‌گیری فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) برای انتخاب مناسب‌ترین دبی گسیلنده نقطه‌ای انجام شده است.

#### مواد و روش‌ها

آزمایش‌ها در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی انجام شد. بافت خاک لوم و لوم رسی با هدایت الکتریکی  $4/63$  دسی‌زیمنس بر متر بود. برای اجرای آزمایش، دبی جریان گسیلنده‌ها برابر  $4,2$  و  $8$  لیتر در ساعت و نوع گسیلنده‌ها نقطه‌ای انتخاب شد. چگالی ظاهری و هدایت هیدرولیکی اشباع خاک‌های مزرعه با روش‌های مرسوم تعیین شد. برای انجام آزمایش یک سیستم جریان با بار ثابت و فشار لازم برای کارکرد گسیلنده‌ها تامین شد.

پس از برقراری جریان، دبی گسیلنده با یک استوانه مدرج با حجم مناسب و با یک زمان سنج اندازه‌گیری و کنترل شد. اندازه‌گیری پیشانی رطوبتی در زمان‌های مختلف انجام شد. مختصات مکانی الگوی مرطوب شده و ابعاد پیکار رطوبتی (حداکثر عمق و قطر خیس شده) تعیین شد.

محدود را گزارش نموده‌اند. Wang *et al.*, (2006) گزارش نمودند دور آبیاری قطره‌ای در تولید سیب زمینی، توزیع آب در خاک را تحت تاثیر قرار می‌دهد. شدت این تاثیر بستگی به دوره رشد گیاه، عمق خاک و فاصله از گسیلنده دارد. Elmaloglou and Diamantopoulos (2009) با شبیه‌سازی حرکت آب در خاک با کاربرد دبی‌های  $2$  و  $4$  لیتر بر ساعت در خاک‌های مختلف، با سامانه آبیاری قطره‌ای زیر سطحی دارای گسیلنده‌های خطی، گزارش نمودند الگوی خیس شدگی خاک، به طور عمده به ویژگی‌های هیدرولیکی خاک بستگی دارد. Arbat *et al.*, (2010) در بررسی تاثیر فاصله گسیلنده‌های زیر سطحی بر روی توزیع مجدد رطوبت در خاک و بهره‌وری آب در تولید ذرت نشان دادند که حرکت آب در طول خط گسیلنده در مقایسه با جهت عمود بر خط گسیلنده زیادتر بود. Mei *et al.*, (2012) نشان دادند با افزایش دبی جریان از  $0/76$  تا  $1/25$  لیتر بر ساعت، محتوای آبی اطراف گسیلنده از  $0/22$  تا  $0/30$  سانتی‌متر مکعب بر سانتی‌متر مکعب افزایش می‌یابد. همچنین افزایش دبی و مقدار آب آبیاری، اندازه ناحیه خیس شده را نیز گسترش می‌دهد.

بررسی پژوهش‌های انجام شده نشان می‌دهد الگوی جریان از انواع گسیلنده‌های نقطه‌ای، خطی، صفحه‌ای برای هر دو حالت دائمی و غیردائمی در دو یا سه بعد، با استفاده از روش‌های عددی مانند تفاضلات محدود و عناصر محدود بررسی شده و عموماً تطابق نتایج آزمایش‌ها و کاربرد روش‌های تحلیل مناسب گزارش شده است. ولی پیچیدگی محاسبات عددی، زمان بر بودن تنظیم برنامه‌های محاسباتی، تعیین شرایط مرزی برای حل معادله و متنوع بودن نحوه تنظیم

(میلی متر بر روز در متر مربع) است. در این پژوهش، گزینه‌های فرآیند تحلیل سلسله مراتب (AHP) (قدسی پور، ۱۳۷۹) شامل دبی‌های مختلف گسیلنده‌ها و معیارهای انتخاب شامل فاصله گسیلنده‌ها (Se)، تعداد گسیلنده در صد متر طول (n)، مدت زمان آبیاری (t) و دور آبیاری (f) بود. وزن و ارجحیت هریک از این معیارها غیر مساوی گرفته شد. روش کاربرد فرآیند تحلیل سلسله مراتب با تنظیم سلسله مراتب انتخاب مناسب ترین دبی جریان، تعیین معیارها و تنظیم ماتریس‌های مقایسه‌های زوجی، محاسبه وزن‌ها و ارزیابی سازگاری سیستم صورت گرفت. برای مقایسه زوجی گزینه‌ها، از شاخص مندرج در جدول ۱ استفاده شد.

برای برآورد حجم خاک خیس شده (Vs) برحسب سانتی متر مکعب از رابطه (۱) استفاده شد (Spiegel, 1968):

$$V_s = \frac{2\pi(LM)^2 VM}{3000} \quad (1)$$

که در آن LM و VM به ترتیب پیشروی جانبی و عمودی (به میلی متر) رطوبت در خاک است. برای تعیین دور آبیاری (f) از رابطه زیر استفاده شد (Zur, 1996).

$$f = \frac{(VS)(MAD)(HC)}{ET} \quad (2)$$

که در آن MAD و HC و ET به ترتیب کمبود رطوبت مجاز (اعشار)، ظرفیت نگهداری آب در خاک (درصد حجمی) و حداکثر نیاز آبی گیاه

جدول ۱- شاخص مقایسات زوجی در فرآیند تحلیل سلسله مراتب (ال ساعتی به نقل از قدسی پور، ۱۳۷۹)

شاخص	ترجیحات
۱	ترجیح مساوی
۲	مساوی تا متوسط
۳	متوسط
۴	متوسط تا قوی
۵	ترجیح قوی
۶	قوی تا خیلی قوی
۷	خیلی قوی
۸	خیلی قوی تا بی نهایت قوی
۹	ترجیح بی نهایت

دبی‌های ۲ و ۴ و ۸ لیتر بر ساعت به ترتیب برابر ۲۴۷ و ۳۴۹ و ۳۹۵ میلی متر بود. به عبارت دیگر در خاک مورد آزمایش با افزایش جریان گسیلنده عمق پیشروی رطوبت خاک افزایش یافته است. میانگین پیشروی جانبی رطوبت در انتهای ۲۱۰ دقیقه با کاربرد دبی‌های ۲ و ۴ و ۸ لیتر بر ساعت برابر ۲۰۰ و ۲۳۰ و ۳۰۰ میلی متر بود (شکل‌های ۱ تا

### نتایج و بحث

تحلیل توزیع رطوبت از یک گسیلنده نقطه‌ای توزیع مکانی و زمانی (به فاصله ۳۰ دقیقه): رطوبت خاک تحت گسیلنده نقطه ای با دبی‌های ۲ و ۴ و ۸ لیتر بر ساعت در شکل‌های ۱ تا ۳ نشان داده شده است. نتایج نشان داد میانگین عمق پیشروی رطوبت در انتهای ۲۱۰ دقیقه با کاربرد

دبی در جدول ۲ و برای کل داده‌های اندازه‌گیری شده به عنوان نمونه در شکل ۴ ارائه شده است. بر مبنای این رابطه‌ها (جدول ۲) به سهولت می‌توان با مشخص نمودن عمق پیشروی عمودی، پیشروی جانبی رطوبت برآورد نمود.

۳). در این مورد نیز با افزایش جریان گسیلنده، پیشروی جانبی رطوبت خاک افزایش یافته است. پس می‌توان نتیجه گرفت با افزایش جریان گسیلنده، عمق پیشروی و نیز پیشروی جانبی رطوبت خاک افزایش یافته است. ارتباط پیشروی جانبی (cm) رطوبت به صورت تابعی از پیشروی عمودی رطوبت برای هر سه

جدول ۲- رابطه دو مولفه رطوبت در خاک به صورت  $LM = \alpha VM^\beta$ 

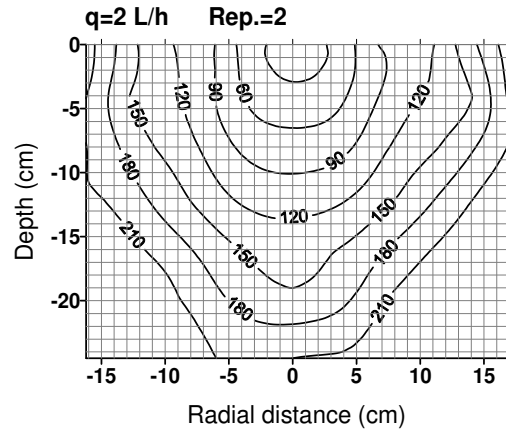
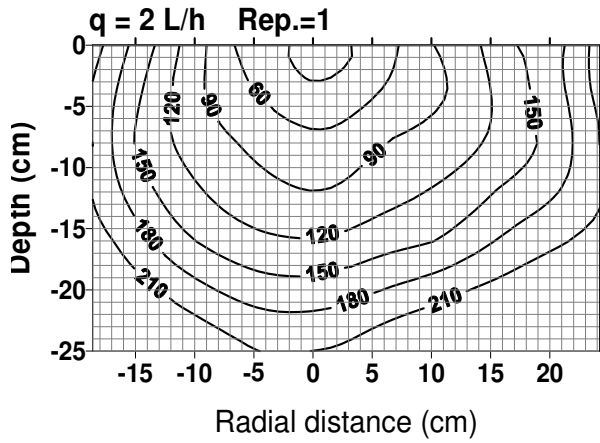
ضریب همبستگی (r)	$\beta$	$\alpha$	دبی (لیتر بر ساعت)
۰/۹۷	۰/۹۳	۱/۲۰	۲
۰/۹۷	۰/۸۲	۱/۶۹	۴
۰/۹۸	۰/۸۲	۲/۲۸	۸
۰/۹۸	۰/۸۹	۱/۳۷	هر سه دبی

با لحاظ عمق توسعه ریشه گیاهان زراعی پیاز، سیب زمینی و گوجه فرنگی در شرایط منطقه تحت آزمایش (شکل ۵)، حجم خاک خیس خورده برای مقادیر مختلف دبی گسیلنده از ۲ تا ۸ لیتر بر ساعت با رابطه (۳) تعیین گردید. نتایج تعیین در شکل (۶) نشان داده شده است. حجم خاکی که باید توسط گسیلنده خیس شود برای پیاز کمتر از سیب زمینی و گوجه فرنگی بوده و برای گوجه فرنگی از هر دو گیاه بیشتر است.

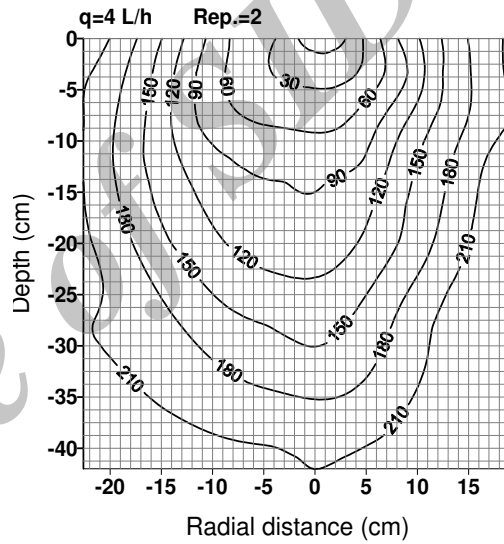
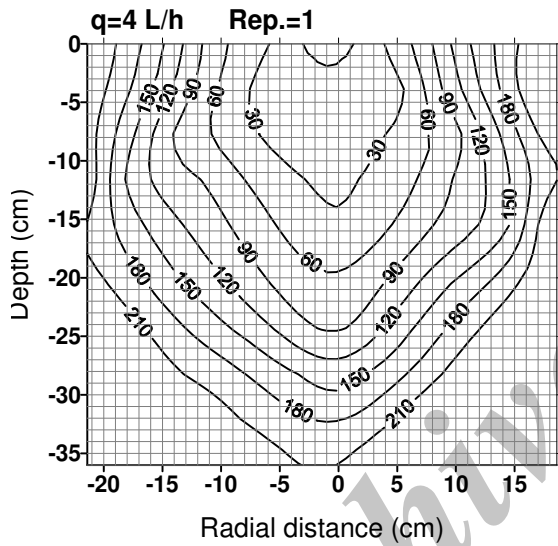
از تلفیق رابطه (۱) و روابط جدول ۲ می‌توان رابطه زیر را برای برآورد حجم خاک خیس خورده به دست آورد.

$$V_s = (0.627) V_m^{1.66} q^{0.66} \quad (3)$$

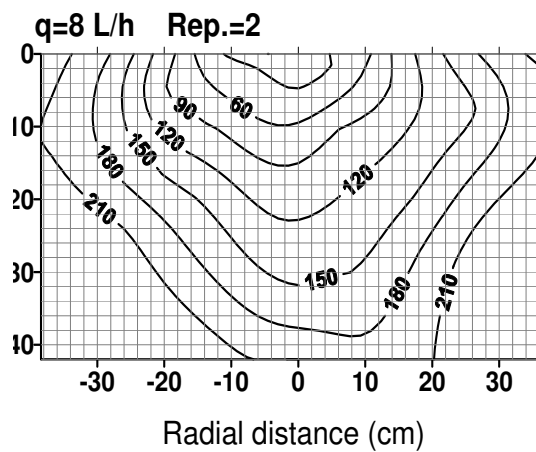
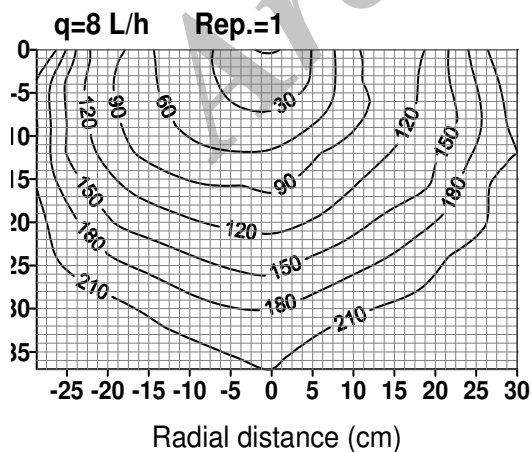
که در آن q دبی گسیلنده نقطه‌ای (لیتر بر ساعت) است. لازم به ذکر است چون آزمایش‌ها بر روی یک نوع خاک صورت گرفته مقدار هدایت هیدرولیکی خاک (Ks) به عنوان یک متغیر در نظر گرفته نشده و مقدار آن در ضریب رابطه مستتر است.



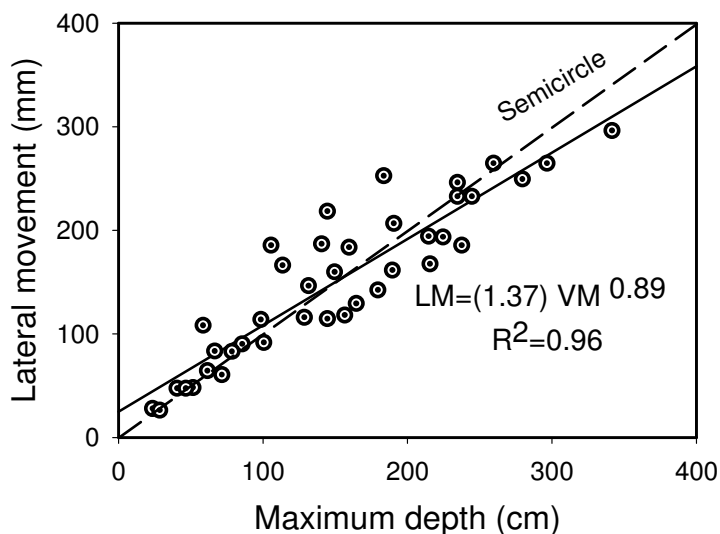
شکل ۱- توزیع مکانی و زمانی رطوبت خاک تحت گسیلنده با دبی ۲ لیتر بر ساعت



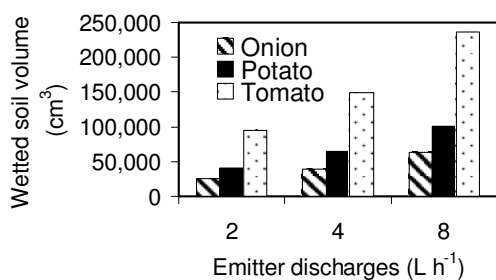
شکل ۲- توزیع مکانی و زمانی رطوبت خاک تحت گسیلنده با دبی ۴ لیتر بر ساعت



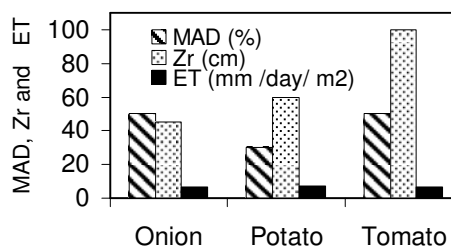
شکل ۳- توزیع مکانی و زمانی رطوبت خاک تحت گسیلنده با دبی ۸ لیتر بر ساعت



شکل ۴ - پیشروی جانبی رطوبت به صورت تابعی از پیشروی عمودی رطوبت



شکل ۶ - حجم خاک خیس خورده به ازای کاربرد دبی‌های مختلف با در نظر گرفتن عمق توسعه ریشه گیاهان

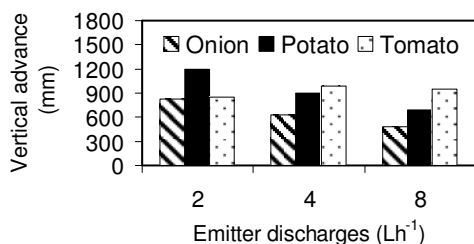


شکل ۵ - کمبود رطوبت مجاز، عمق توسعه ریشه و حداکثر نیاز آبی برخی گیاهان زراعی در شرایط منطقه مورد آزمایش

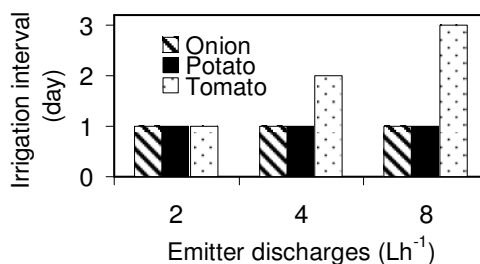
آبیاری برابر یک روز به دست آمد. دور آبیاری برای گوجه فرنگی با کاربرد دبی ۲ برابر یک، با دبی ۴ برابر دو و ۸ لیتر بر ساعت برابر سه روز به دست آمد.

با استفاده از روابط ۱ تا ۳ و دور آبیاری به دست آمده، مقدار پیشروی عمودی رطوبت و نیز فاصله‌های مختلف برای قطره چکان‌ها برای دبی‌های مختلف محاسبه گردید.

با لحاظ کمبود رطوبت مجاز (اعشار)، ظرفیت نگهداری آب در خاک (درصد حجمی) و حداکثر نیاز آبی گیاه (میلی متر بر روز در متر مربع) در منطقه تحت آزمایش (از شکل ۶) و با استفاده از رابطه (۲)، دور آبیاری با کاربرد دبی‌های ۲ تا ۸ لیتر بر ساعت برای گیاهان مورد نظر به دست آمد. در شکل (۷) مقادیر دور آبیاری ارائه شده است. برای پیاز و سیب زمینی با کاربرد هر سه دبی، دور



شکل ۸- پیشروی عمودی رطوبت تحت جریان‌های ۲ تا ۸ لیتر (لیتر بر ساعت) برای آبیاری گیاهان مختلف



شکل ۷- دور آبیاری با کاربرد دبی‌های ۲ تا ۸ لیتر بر ساعت) برای آبیاری گیاهان مختلف

آبیاری (۱ و ۲ ساعت) با کاربرد دبی ۸ لیتر بر ساعت به دست آمد. بیشترین طول مدت آبیاری با کاربرد دبی ۲ لیتر بر ساعت بود که برای آبیاری پیاز، سیب زمینی و گوجه فرنگی به ترتیب ۶ و ۷ و ۶ ساعت بود.

#### استفاده از فرآیند سلسله مراتبی برای انتخاب مناسب‌ترین دبی گسیلنده

برای انتخاب مناسب‌ترین دبی گسیلنده با استفاده از فرآیند سلسله مراتبی سه سطح تصمیم در نظر گرفته شد. سطح بالائی شامل انتخاب مناسب‌ترین دبی گسیلنده، سطح میانی شامل عوامل موثر در انتخاب دبی از جمله فاصله گسیلنده‌ها، تعداد گسیلنده در صد متر طول، مدت زمان آبیاری و دور آبیاری و گزینه‌ها شامل دبی‌های مختلف گسیلنده (۲ و ۴ و ۸ لیتر بر ساعت) بود. برای مقایسه‌های زوجی گسیلنده‌ها، با توجه به مقادیر عوامل موثر در انتخاب دبی گسیلنده برای آبیاری پیاز، سیب زمینی و گوجه فرنگی از جدول (۱) استفاده شد و نتایج در جدول‌های (۴) تا (۶) ارائه شده است.

برای به دست آوردن مدت زمان آبیاری دو رابطه زیر با هم تلفیق می‌گردد:

$$q = \frac{Vw}{t} \quad (4)$$

که در آن  $q$  و  $Vw$  و  $t$  به ترتیب دبی گسیلنده، حجم آب مصرفی و مدت زمان آبیاری است.

از سوی دیگر بین حجم آب مصرفی و حجم خاک خیس خورده ( $VS$ ) می‌توان رابطه ای مشابه زیر به دست آورد:

$$VS = \alpha Vw \beta \quad (5)$$

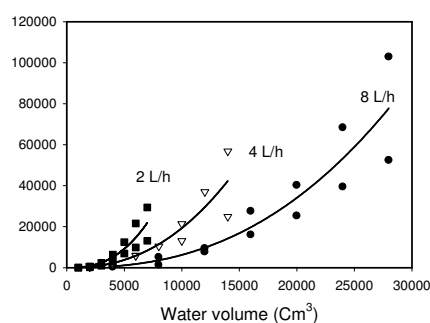
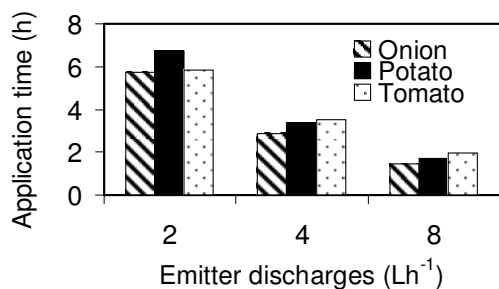
که در آن  $\alpha$  و  $\beta$  ضرایب رابطه هستند. برای داده‌های این مطالعه رابطه یادشده به صورت شکل (۹) خواهد شد.

از تلفیق دو رابطه بالا، رابطه زیر بین مدت زمان آبیاری، حجم خاک خیس خورده و دبی گسیلنده‌ها حاصل می‌شود:

$$t = 33.96 \frac{VS^{0.27}}{q} \quad (6)$$

طول مدت آبیاری با رابطه اخیر با کاربرد دبی‌های مختلف برای آبیاری گیاهان مورد بررسی برآورد گردید و نتیجه در شکل ۱۰ نشان داده شده است. همان‌طور که انتظار می‌رفت کمترین مدت





شکل ۱۰- طول مدت آبیاری با کاربرد دبی‌های مختلف برای آبیاری گیاهان مورد بررسی

شکل ۹- حجم خاک خیس خورده در مقابل حجم آب مصرفی توسط گسیلنده‌های با جریان‌های مختلف

جدول ۴- ماتریس مقایسه‌های زوجی متغیرهای موثر در انتخاب دبی جریان برای آبیاری پیاز

دبی جریان	۲	۴	۸
فاصله گسیلنده ها	۲	۶	۱
	۴	۰/۳۳	۰/۱۴
	۸	۱	۰/۱۷
تعداد گسیلنده در ۱۰۰ متر طول	۲	۵	۱
	۴	۰/۳۳	۰/۱۴
	۸	۱	۰/۲
مدت آبیاری	۲	۰/۱۱	۰/۲
	۴	۰/۲۵	۱
	۸	۱	۹
دور آبیاری	۲	۱	۱
	۴	۱	۱
	۸	۱	۱

(۷) به دست آمد. بر مبنای این جدول، بیشترین مقدار موزون کل برای گیاهان پیاز، سیب زمینی و گوجه فرنگی به ترتیب برابر ۱/۸۶ و ۱/۹۰ و ۲/۶۰ به دست آمد. بنابراین دبی مناسب برای آبیاری این گیاهان به ترتیب برابر ۲ و ۲ و ۸ لیتر بر ساعت به دست آمد.

پس از انجام محاسبات لازم برای تصمیم‌گیری با روش فرآیند سلسله‌مراتبی (که شامل جمع ستون ماتریس مقایسه‌های زوجی و تقسیم ماتریس مقایسه‌ها بر مجموع حاصل و نیز میانگین‌گیری از ماتریس حاصل است)، مقادیر ارزیابی متغیرهای موثر و مقادیر موزون کل در انتخاب دبی جریان برای آبیاری محصولات مورد بررسی برابر جدول

جدول ۵- ماتریس مقایسه‌های زوجی متغیرهای موثر در انتخاب دبی جریان برای آبیاری سیب زمینی

دبی جریان	۲	۴	۸
فاصله گسیلنده ها	۲	۰/۳۳	۰/۱۳
تعداد گسیلنده در ۱۰۰ متر طول	۴	۰/۵	۰/۱۴
مدت آبیاری	۸	۰/۱۱	۰/۲
دور آبیاری	۲	۱	۱
	۴	۱	۱
	۸	۱	۱

جدول ۶- ماتریس مقایسه‌های زوجی متغیرهای موثر در انتخاب دبی جریان برای آبیاری گوجه فرنگی

دبی جریان	۲	۴	۸
فاصله گسیلنده ها	۲	۰/۳۳	۰/۱۷
تعداد گسیلنده در ۱۰۰ متر طول	۴	۰/۱۴	۰/۲
مدت آبیاری	۸	۰/۳۳	۰/۳۳
دور آبیاری	۲	۱	۱
	۴	۱	۱
	۸	۱	۱

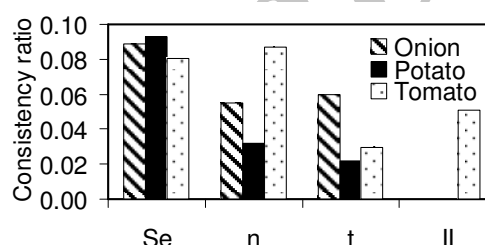
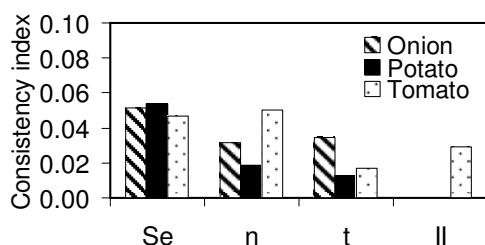
تصمیم، سازگاری وجود داشته و ضرورتی به ارزیابی مجدد جواب‌های اولیه برای تصمیم‌گیری وجود ندارد و جواب‌های به دست آمده قابل قبول است.

با در نظر گرفتن ضرایب اهمیت ۰/۳ و ۰/۷ و برای دور آبیاری، مدت آبیاری و تعداد قطره چکان در صد متر طول مقادیر کل وزن‌ها به صورت جدول ۸ به دست آمد.

برای تعیین نسبت سازگاری ابتدا بردار جمع موزون (از حاصل ضرب ماتریس مقایسه زوجی در مقادیر ارزیابی) به دست آمد. سپس شاخص سازگاری محاسبه شده و بعد از آن نسبت سازگاری (CR) محاسبه گردید. نتایج محاسبات شاخص سازگاری و نسبت سازگاری در شکل ۱۱ ارائه شده است. با توجه به این که همه مقادیر CR از مقدار ۰/۱ کمتر است، بنابراین بین جواب‌های

جدول ۷- ارزیابی متغیرهای موثر و مقادیر موزون کل در انتخاب دبی جریان برای آبیاری محصولات منتخب

مقادیر موزون کل	دور آبیاری	مدت آبیاری	تعداد گسیلنده	فاصله گسیلنده ها	
				دبی جریان	دبی جریان
پیاز	۰/۳۳	۰/۰۶	۰/۷۲	۰/۷۴	۲
	۰/۳۳	۰/۲۴	۰/۰۸	۰/۰۸	۴
	۰/۳۳	۰/۰۷	۰/۱۹	۰/۱۸	۸
سیب زمینی	۰/۳۳	۰/۰۷	۰/۷۳	۰/۷۷	۲
	۰/۳۳	۰/۲۵	۰/۰۹	۰/۰۷	۴
	۰/۳۳	۰/۶۸	۰/۱۵	۰/۱۶	۸
گوجه فرنگی	۰/۰۷	۰/۱۱	۰/۳	۰/۳	۲
	۰/۲۳	۰/۲۶	۰/۰۸	۰/۰۷	۴
	۰/۰۷	۰/۶۳	۰/۶۳	۰/۶۳	۸



شکل ۱۱- شاخص سازگاری (CI) و نسبت سازگاری (CR) برای ارزیابی سازگاری بین جواب‌های تصمیم

جدول ۸- مقادیر موزون کل در انتخاب دبی جریان برای آبیاری محصولات منتخب با اعمال ضرایب اهمیت

دبی گسیلنده‌ها (لیتر در ساعت)	پیاز	سیب زمینی	گوجه فرنگی
۲	۰/۸۶	۰/۸۸	۰/۳۱
۴	۰/۴۶	۰/۴۷	۰/۳۶
۸	۰/۶۷	۰/۶۵	۱/۳۳

### نتیجه‌گیری

در این تحقیق کاربرد فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) برای انتخاب مناسب‌ترین دبی گسیلنده معرفی شده است. نتایج تحلیل توزیع رطوبت در خاک و استفاده از مدل تصمیم‌گیری فرآیند تحلیل سلسله مراتبی برای انتخاب مناسب‌ترین دبی گسیلنده نقطه‌ای، نشان داد برای آبیاری پیاز دبی ۲ لیتر بر ساعت با دور آبیاری یک روز و مدت آبیاری ۶ ساعت و برای آبیاری سیب زمینی دبی ۲ لیتر بر ساعت با دور آبیاری یک روز و

نتایج نشان داد برای آبیاری پیاز دبی ۲ لیتر بر ساعت با دور آبیاری یک روز و مدت آبیاری ۶ ساعت و برای آبیاری سیب زمینی دبی ۲ لیتر بر ساعت با دور آبیاری یک روز و مدت آبیاری ۷ ساعت و برای آبیاری گوجه فرنگی دبی ۸ لیتر بر ساعت با دور آبیاری سه روز و مدت آبیاری ۲ ساعت در روز برای شرایط مورد آزمایش و شرایط مشابه مناسب‌ترین گزینه‌ها تشخیص داده شد.

- theoretical predictions. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 35:683-689.
- 8) Elmaloglou, S. and E. Diamantopoulos, 2009. Simulation of soil water dynamics under subsurface drip irrigation from line sources. Agricultural Water Management, 96 (11):1587-1595.
  - 9) Mei X., Z. Shen, J. Ren and Z. Wang, 2012. Effects of dripper discharge and irrigation amount on soil-water dynamics under subsurface drip irrigation. Advanced Materials Research, 353:2400-2403.
  - 10) Nakayama, F. and D. A. Bucks, 1986. Trickle irrigation for crop production. Elsevier Science Publishers. 383p.
  - 11) Philip, J. R., 1971. General theorem on steady infiltration from surface sources with application to point and line sources. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 34: 709-714.
  - 12) Raats, P.A.C., 1971. Steady infiltration from point sources, cavities and basins. Soil Sci. Am. Proc. 35: 689-694.
  - 13) Revol, Ph., B. E. Clothier, B. Lesaffre and G. Vachaud, 1995. An approximate time-dependent solution for point-source infiltration. Proceeding of the fifth international microirrigation congress: Microirrigation for a change world: Conserving Resources/Preserving the Enviromental, Ed.:Lamma, F. R. April 2-6. Florida. 603-609.
  - 14) Spiegel. M.H., 1968. Mathematical Handbook of Formulas and Tables. Schaum's Outline Series. McGraw-Hill Book Company, 271p
  - 15) Taghavi, S. A., M. A. Marino, and D.E. Rolston, 1984. Infiltration from a trickle source. J. Irrig. and Drain. , ASCE, 110(4):331-341
  - 16) Vellidis, G. and A.G. Smajstrla, 1992. Modeling soil water redistribution and extraction patterns of drip-irrigated tomatoes above a shallow water table. Transaction of the ASAE, 35(1):183-191.
  - 17) Wang F., Y. Kang and S. Liu, 2006. Effects of drip irrigation frequency on soil wetting pattern and potato growth in North China Plain. Agricultural Water Management, 79 (3):248-264.
- Warrick, A. W., Lomen, D.O., Amoozegar-fard, 1980. Linearized moisture flow with root extraction for three dimensional steady conditions. Soil Sci. Soc. Am. J., 44:911-914.
- مدت آبیاری ۷ ساعت و برای آبیاری گوجه فرنگی دبی ۸ لیتر بر ساعت با دور آبیاری سه روز و مدت آبیاری ۲ ساعت در روز برای شرایط مورد آزمایش و شرایط مشابه مناسب ترین گزینه‌ها تشخیص داده شد.

### تقدیر و تشکر

نویسندگان از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی به خاطر تامین بخشی از مواد آزمایشی و از آقای مهندس حسینی اصولی مربی مرکز آموزش کشاورزی شهید سرداری به خاطر همکاری در اندازه گیری هدایت هیدرولیکی خاک مزرعه قدردانی می کنند.

### فهرست منابع

- ۱) برهان، ا. ۱۳۵۴. اصول و طراحی آبیاری قطره‌ای (ترجمه). انتشارات آفتاب. تهران
- ۲) قدسی پور، س.ح. ۱۳۷۹. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی AHP. مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیر کبیر.
- ۳) علیزاده، ا. ۱۳۷۶. اصول و عملیات آبیاری قطره‌ای. انتشارات دانشگاه امام رضا (ع).
- 4) Angelakis, A. N., D.E. Rolston, T.N. Kadir and V. H. Scott, 1993. Soil-water distribution under trickle source. Journal of irrigation and Drianage ,ASCE. 119(3):484-500.
- 5) Arbat, G., F.R. Lamm, and A.A. Abou Kheira, 2010. Subsurface drip irrigation emitter spacing effects on soil water redistribution, corn yield and water productivity. Applied Engineering in Agriculture, 26 (3): 391-399
- 6) Brandt, A., E., E. Bresler, N. Diner, I. Ben-asher, J. Heller, and D. Goldberg, 1971. Infiltration from a tricklr source: I. Mathematical models. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 35: 675-682.
- 7) Breseler, E., G. Heller, N. Diner, I. Ben-Asher, A. Brandtand and D.Goldberg, 1971. Infiltration from a trickle source: II Exprimental data and

- 19) Zachmann, D.W. and A. W. Thomas, 1973. A mathematical investigation of steady infiltration from line sources. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 37:495-500.
- 20) Zur, B., 1996. Wetted soil volume as a design objective in trickle irrigation. Irrigation Science. 16: 101-105.
- 18) Yitayew, M. and A. Alikhan, 1995. Field evaluation of water and solute movement from a point source. Proceeding of the fifth international microirrigation congress: Microirrigation for a change world: Conserving Resouces/Preserving the Enviromental, Ed: Lamma, F. R. April 2-6.Florida. 609-614.

Archive of SID

## Drip discharge selection based on soil moisture distribution analysis

Abolfazl Nasser<sup>1\*</sup>, Hossein Babazadeh<sup>2</sup> and Saeed Nakhjevani<sup>3</sup>

- 1)\* East Azarbaijan, Research Center for Agriculture and Natural Resources, Tabriz, Iran. Corresponding author, email: nasser<sub>ab</sub>@yahoo.com
- 2) Assistant Professor, Water Engineering Dept., Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
- 3) M. Sc. Graduated, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

### Abstract

Moisture distribution in soil is one of the most important principals in drip irrigation designs. The moisture distribution analysis was applied to select drip discharge. This is usually performed based on engineering skills. The objectives of this study were to model and analyze moisture distribution and to introduce a discharge selection procedure. Consequently, an experiment was carried out in which the drip system was selected to be point source including discharges of 2 to 8 lhr<sup>-1</sup>. The wetted patterns from drips were measured and analyzed for onion, potato and tomato. The obtained results showed that the most suitable discharges to irrigate onion, potato and tomato were 2 lhr<sup>-1</sup> (with one day interval, 6 hr application time), 2 (with one day interval, 7 hr application time) and 8 lhr<sup>-1</sup> (with 3 day interval, 2 hr application time), respectively.

**Keywords:** drip discharge; drip irrigation; moisture distribution; point source