تأثیر دمای آب آبیاری در دبی برخی قطره‌چکان‌های ساخت ایران در آبیاری قطره‌ای

بهروز مصطفی‌زاده و محمد کهنوجی[۱]

چکیده

دبی قطره‌چکان تحت تأثیر عوامل گوناگونی همچون فشار، دمای آب آبیاری، ضریب تغییرات ساخت و گرفتگی قرار دارد. به منظور مطالعه تأثیر دمای آب آبیاری بر دبی قطره‌چکان‌ها، تعیین تغییرات دبی نسبت به فشار، و تعیین ضریب تغییرات ساخت، یک سیستم آبیاری قطره‌ای آزمایشی در محل گلخانه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان طراحی و بررسی گردید. چون حساسیت قطره‌چکان‌های مختلف نسبت به تغییرات دمای آب آبیاری متفاوت است، از چهار نوع قطره چکان متداول ساخت ایران که عبارت بودند از قطره چکان‌های طولانی مسیر داخل خط، تفنگی، جبران‌کننده فشار، و لوله‌های روزنه‌دار استفاده گردید. هر یک از این قطره‌چکان‌ها برای ۱۴ تیمار دمای آب آبیاری در محدوده ۱۱ تا ۴۳/۵ درجه سانتی‌گراد مورد ارزیابی قرار گرفت.

نتایج نشان داد که به طور کلی با افزایش دمای آب آبیاری، دبی قطره‌چکان‌ها به گونه‌ای خطی افزایش، و در مورد قطره‌چکان نوع جبران‌کننده فشار کاهش می‌یابد. عوامل یک‌نواختی پخش، یک‌نواختی پخش مطلق، و ضریب یک‌نواختی کریستیانسن تحت تأثیر تغییرات دبی قطره‌چکان‌ها قرار گرفت. برای هر یک از قطره‌چکان‌های مورد آزمایش، تغییرات ضریب ساخت نسبت به دمای آب آبیاری متفاوت بود. ضریب تغییرات ساخت قطره‌چکان‌ها در دمای تقریبی آب آبیاری ۲۰ درجه سانتی‌گراد، به ترتیب برای لوله‌های روزنه‌دار، طولانی مسیر داخل خط، تفنگی و جبران‌کننده فشار برابر با ۵، ۷، ۱۳ و ۲۲ درصد بود. به طور کلی، حساسیت قطره‌چکان‌های نوع تفنگی، لوله‌های روزنه‌دار و طولانی مسیر داخل خط نسبت به تغییرات دمای آب آبیاری به طور مقایسه‌ای به ترتیب کمتر بود. قطره‌چکان‌های نوع تفنگی، لوله‌های روزنه‌دار، طولانی مسیر داخل خط و جبران‌کننده فشار به ترتیب حساسیت کمتری را نسبت به تغییرات فشار نشان دادند.

واژه‌های کلیدی: *آبیاری قطره‌ای، یک‌نواختی، دمای آب آبیاری*

---

۱. به ترتیب دانشیار و دانشجوی سابق کارشناسی ارشد آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-10-13]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1381.6.1.19.6]

مقدمه

در دهه‌های اخیر محدودیت منابع آب برای مصارف کشاورزی از یک سو، و افزایش جمعیت از سوی دیگر، گسترش کاربرد روش‌های آبیاری تحت فشار را اجتناب‌ناپذیر ساخته است. در این زمینه، روش آبیاری قطره‌ای از اهمیت زیادی برخوردار است (۱۰، ۱۳، ۱٤ و ۱۵).

اگرچه آبیاری قطره‌ای دارای مزایایی از لحاظ استفاده از آب، رشد بهتر گیاه و افزایش محصول، عملیات زراعی، نگهداری، مهندسی و اقتصادی می‌باشد (۱ و ۲)، چنانچه اصول کلی و مبانی علمی در طراحی در نظر گرفته نشود، این روش نه تنها مفید نخواهد بود بلکه موجب هدر رفتن سرمایه نیز خواهد گردید.

عوامل بسیاری مانند گرفتگی فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک، فشار، دمای آب آبیاری و تغییرات ساخت، دبی قطره‌چکان‌ها و در نتیجه یک‌نواختی پخش آب را تحت تأثیر قرار می‌دهند (۷، ۸، ۱۱، ۱۲، ۱٦ و ۱۸). با افزایش دمای آب آبیاری، لزوجت سینماتیک آب کاهش یافته و در نتیجه دبی قطره‌چکان افزایش می‌یابد. دبی قطره‌چکان‌هایی که رژیم جریان در آنها آشفته است نسبت به لزوجت آب حساسیت کمتری دارند. قطره‌چکان‌های با رژیم جریان آرام نسبت به لزوجت آب حساسیت بیشتری دارند، و در نتیجه تغییرات دمای آب آبیاری در تغییرات دبی آنها نقش مؤثرتری دارد.

تاکنون قطره‌چکان‌های متعددی به بازارهای دنیا عرضه شده است، و پژوهشگران زیادی (۱۲ و ۱۸) تأثیر دمای آب آبیاری را بر دبی برخی از این قطره‌چکان‌ها مورد بررسی قرار داده‌اند. تغییرات دبی انواع قطره‌چکان‌ها با ویژگی‌های فیزیکی و نحوه کارکرد مختلف، که منجر به رژیم‌های مختلف جریان می‌شود، نسبت به دمای آب آبیاری متفاوت می‌باشد. بررسی‌های فوق نشان داده است که به طور کلی با افزایش دمای آب آبیاری، دبی به طور خطی برای قطره‌چکان‌های با جریان آشفته کاهش، و برای قطره‌چکان‌های با جریان آرام افزایش می‌یابد. در قطره‌چکان‌های نوع میکروتیوب (ریزلوله‌ای) به ازای افزایش یک درجه سانتی‌گراد دمای آب آبیاری، دبی به اندازه ۱/٤ درصد افزایش می‌یابد. در قطره‌چکان‌های با مسیر مارپیچی، تغییرات دبی برای محدوده تغییرات دمای آب آبیاری بین ۵ تا ٦۰ درجه سانتی‌گراد، از ۱۸- تا ۲۳ درصد نسبت به دبی در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. در قطره‌چکان‌های نوع روزنه‌ای، تغییرات دبی تحت تأثیر دمای آب جزئی است، و در محدوده تغییرات دمای آب بین ۷ تا ۳۸ درجه سانتی‌گراد، تنها یک درصد دبی قطره‌چکان‌ها تغییر می‌یابد. آزمایش‌های انجام شده (۱۲) گویای آن است که به طور کلی درصد افزایش دبی قطره‌چکان‌های با جریان آرام یا تقریباً آرام، به ازای هر واحد افزایش دمای آب برحسب درجه سانتی‌گراد در محدوده ۰/٦۸ تا ٦/۸ می‌باشد.

تاکنون مدل‌های مختلفی در زمینهٔ عوامل مؤثر بر دبی و یک‌نواختی پخش قطره‌چکان‌ها ارائه شده است (۵، ٦، ۹ و ۱۷). از جمله، سولومون (۱۷) مدلی را ارائه نموده است که در آن دبی قطره‌چکان‌ها به صورت تابعی از فشار کاربردی، دمای آب آبیاری، تغییرات ساخت و گرفتگی قطره‌چکان‌ها بیان شده است. هم‌چنین،گزارش‌هایی (۱۲ و۱۸) که تغییرات دمای آب آبیاری در لوله‌های فرعی آبیاری قطره‌ای را مورد بررسی قرار داده‌اند، نشان می‌دهد که دمای آب در لوله‌های فرعی که در معرض مستقیم تابش نور خورشید قرار می‌گیرند به طور چشم‌گیری افزایش می‌یابد. آنها مدلی ارائه نموده‌اند که با داشتن دمای آب در ابتدا و انتهای لوله فرعی می‌توان دمای آب در هر قسمت از طول لوله فرعی، و نیز دمای آب در هر نقطه از زیرسیستم آبیاری قطره‌ای را پیش‌بینی نمود. برای توضیح بیشتر راجع به ویژگی‌های هیدرولیکی قطره‌چکان‌ها و تأثیر دمای آب آبیاری بر آنها به منبع ۳ رجوع شود.

با توجه به موارد فوق، دبی قطره‌چکان‌ها، و در نتیجه عملکرد هیدورلیکی سیستم آبیاری قطره‌ای تحت تأثیر تغییرات دمای آب آبیاری قرار می‌گیرد. از سویی، چون در ایران این بررسی‌ها برای قطره‌چکان‌های متداول ساخت ایران انجام نگرفته است، انجام این بررسی‌ها اجتناب‌ناپذیر است. بنابراین،

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-10-13]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1381.6.1.19.6]

هدف از پژوهش حاضر بررسی تأثیر دمای آب آبیاری بر دبی چهار نوع قطره‌چکان متداول ساخت ایران (طولانی مسیر داخل خط، تفنگی، جبران‌کننده فشار و لوله‌های روزنه‌دار)، و تعیین معادله دبی- فشار، ضریب تغییرات ساخت، معادله دبی- دما، ضریب تصحیح دبی، یک‌نواختی پخش، ضریب یک‌نواختی کریستیانسن و یک‌نواختی پخش مطلق برای این قطره‌چکان‌ها، در دماهای مختلف آب آبیاری می‌باشد.

مواد و روش‌ها

برای دست‌یابی به اهداف پژوهش، یک سیستم آبیاری قطره‌ای آزمایشگاهی در محل گلخانه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان طراحی، نصب و راه‌اندازی گردید. این سیستم شامل یک مخزن آب به ظرفیت ۱/۵ متر مکعب، یک الکتروپمپ تک فاز با ۱۴۵۰ دور در دقیقه و ظرفیت ۰/۵ لیتر در ثانیه، یک لوله نیمه اصلی از جنس پلی‌اتیلن به قطر خارجی ۲۰ میلی‌متر، سه لوله فرعی از جنس پلی‌اتیلن نرم به قطر خارجی ۱۶ میلی‌متر، و یک لوله روزنه‌دار (دو محفظه‌ای روزنه‌دار) به عنوان لوله فرعی چهارم بود. طول هر یک از لوله‌های فرعی حدود شش متر بود، و لوله‌های فرعی در فواصل ۲۵ سانتی‌متری از یکدیگر توسط کمربندی‌های پلی‌اتیلن به لوله نیمه اصلی متصل شده بودند. از چهار نوع قطره‌چکان متداول ساخت ایران (شکل ۱)، که عبارت بودند از طولانی مسیر داخل خط (In-Line long path emitter)، تفنگی (Gun emitter)، جبران‌کننده فشار (Pressure compensating emitter) و لوله روزنه‌دار (Double chamber tube) استفاده گردید.

فشار کاربردی در سیستم برابر یک اتمسفر، یا ارتفاع برابر فشار ۱۰ متر آب انتخاب گردید، که تنظیم فشار از طریق شیر کنترل و فشارسنج نصب شده در قسمت ورودی سیستم انجام می‌شد. سیستم دارای چهار لوله فرعی بود، که ۱۶ عدد از هر کدام از قطره‌چکان‌های مورد آزمایش روی هر یک از لوله‌های فرعی اول، دوم و سوم در فواصل ۳۰ سانتی‌متری نصب گردیده بود. هم‌چنین، فواصل روزنه‌ها روی لوله فرعی چهارم (لوله روزنه‌دار) برابر ۳۰ سانتی‌متر بود.

برای بررسی تأثیر دمای آب آبیاری بر دبی قطره‌چکان‌ها، از آب شرب دانشگاه صنعتی اصفهان استفاده گردید. به منظور جلوگیری از گرفتگی فیزیکی احتمالی قطره‌چکان‌ها، از یک توری که در ابتدای لوله مکش پمپ نصب گردیده بود استفاده شد. این آب به دلیل داشتن EC و SAR خیلی پایین دارای املاح کمی بود، که در نتیجه می‌توان از تأثیر توأم دما و املاح بر گرفتگی قطره‌چکان چشم‌پوشی نمود. در جدول ۱ ویژگی‌های شیمیایی آب آبیاری مورد استفاده ارائه شده است (٤).

دماهای آب مورد استفاده در این آزمایش دماهای معمول آب آبیاری مزارع در نظر گرفته شد، که معمولاً در دامنهٔ ۷ تا ٤٦ درجه سانتی‌گراد است (۱۸). در این پژوهش، برای هر یک از قطره‌چکان‌های مورد استفاده، ١٤ تیمار دمای آب آبیاری، که مقادیر آنها از ۱۱ تا ٤۳/۵ درجه سانتی‌گراد بود، استفاده گردید، که اختلاف تیمارها از نظر دما در قسمت نتایج و بحث ارائه شده است. برای هر تیمار زمان کار روزانه سیستم پنج ساعت بود، و هر آزمایش با چهار تکرار برای هر یک از تیمارهای مورد نظر، از طریق تکرار آزمایش‌ها، انجام شد.

به منظور دست‌یابی به دمای نظر در هر آزمایش، از شیر آب سرد و گرم گلخانه، که متصل به مخزن آب بود، استفاده شد. بدین ترتیب که با تنظیم آب سرد و گرم، و اندازه‌گیری دمای آب داخل مخزن و دمای آب در طول لوله فرعی، دمای آب مخزن در حد مطلوب مورد نظر تثبیت می‌گردید. این کار چند ساعت پیش از آغاز اندازه‌گیری انجام می‌شد، تا سیستم آبیاری قطره‌ای با دمای مورد نظر به تعادل برسد.

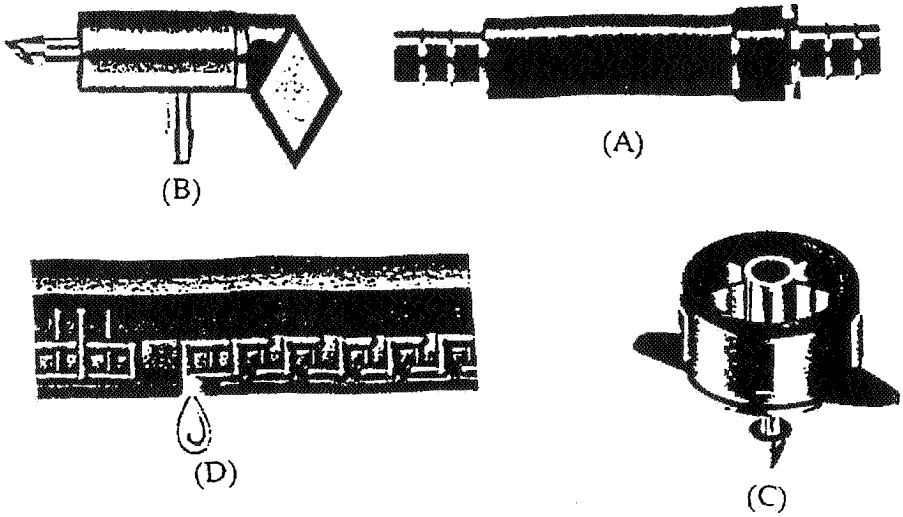
برای بررسی تغییرات دبی قطره‌چکان‌ها تحت تأثیر دماهای مختلف آب آبیاری، در هر آزمایش دبی هر یک از قطره‌چکان‌ها از طریق تقسیم حجم آب جمع شده در ظرف زیر هر قطره‌چکان به زمانی که آب در ظرف جمع شده بود، تعیین گردید. انجام آزمایش‌ها از دماهای پایین به دماهای بالا بود، زیرا ممکن بود در دماهای بالا ویژگی‌های ساختمانی قطره‌چکان‌ها تغییر کند و به حالت اولیه باز نگردد.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-10-13]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1381.6.1.19.6]

جدول ۱. میانگین ویژگی‌های شیمیایی آب شرب دانشگاه صنعتی اصفهان

هدایت الکتریکی (EC) دسی زیمنس بر متر	اسیدیته (pH)	کلسیم (Ca)	منیزیم (Mg)	سدیم (Na)	کربنات (CO_3)	بی‌کربنات (HCO_3)	کلر (Cl)	سولفات (SO_4)	نسبت جذب سدیم (SAR)
		←			میلی اکی والان در لیتر			→	
۰/۹	۷/۲	۳/٦	۲/۱	۳/۱	۰/۱	۳/۰۰	۳/۲	۱/۸	۱/۸٤



شکل ۱. قطره‌چکان‌های مورد آزمایش (A : طولانی مسیر داخل خط، B : تفنگی، C : جبران‌کننده فشار و D : لوله‌های روزنه‌دار)

پس از جمع‌آوری اطلاعات برای هر آزمایش، رابطه دبی-فشار، ضریب تغییرات ساخت قطره‌چکان‌ها (Manufacturer's coefficient of variation of emitters)، رابطه دبی-درجه حرارت، ضریب تصحیح دبی قطره‌چکان نسبت به دما، یک‌نواختی پخش، ضریب یک‌نواختی کریستیانسن (Christiansen's coefficient of uniformity) و یک‌نواختی پخش مطلق(Absolute emission uniformity) به ترتیب از معادله‌های ۱ تا ۷ محاسبه گردید (۳).

$$q = K_d h^x \qquad [۱]$$

که در آن:

q = دبی قطره‌چکان (لیتر در ساعت)

K_d = ضریب ثابت قطره‌چکان

h = بار فشاری قطره‌چکان (متر)

x = نمای معادله

$$C_v = \frac{\left[\left(q_1^2 + q_2^2 + \ldots + q_n^2 - N q_a^2\right)/(N-1)\right]^{0.5}}{q_a} \qquad [۲]$$

که در آن :

C_v = ضریب تغییرات ساخت قطره‌چکان‌ها

q_1، q_2 ... و q_n = مقادیر دبی اندازه‌گیری شده در هر یک از قطره‌چکان‌های مورد آزمایش

q_a = میانگین دبی قطره‌چکان‌ها (لیتر در ساعت)

N = شمار قطره‌چکان‌ها

$$q = m + nT \qquad [۳]$$

که در آن :

T = دمای آب آبیاری (درجه سانتی‌گراد)

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-10-13]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1381.6.1.19.6]

m و n = ضرایب ثابت معادله

$$q_{RT} = \frac{q_T}{q_{T20}} \quad [٤]$$

که در آن :

q_{RT} = نسبت دبی قطره‌چکان در دمای T به دبی قطره‌چکان در دمای استاندارد ۲۰ درجه سانتی‌گراد

q_T = دبی قطره‌چکان در دمای T

q_{T20} = دبی قطره‌چکان در دمای استاندارد ۲۰ درجه سانتی‌گراد

$$EU = 100\frac{q_n}{q_a} \quad [٥]$$

که در آن :

EU = یک‌نواختی پخش قطره‌چکان (درصد)

q_n = میانگین یک چهارم کمترین مقادیر دبی قطره‌چکان‌ها (لیتر در ساعت)

$$UCC = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{N}\left|X_i - \overline{X}\right|}{N\overline{X}} \quad [٦]$$

که در آن :

UCC = ضریب یک‌نواختی کریستیانسن (اعشار)

X_i = دبی قطره‌چکان i ام

$\overline{X}$ = میانگین دبی قطره‌چکان‌ها

$$EU_a = 100 \times \frac{1}{2}\left(\frac{q_n}{q_a} + \frac{q_a}{q_x}\right) \quad [٧]$$

که در آن :

EU_a = یک‌نواختی پخش مطلق (درصد)

q_x = میانگین یک هشتم بیشترین مقادیر دبی قطره‌چکان‌ها (لیتر در ساعت)

برای توضیح بیشتر نسبت به مواد و روش‌های مورد استفاده در این پژوهش به منبع ۳ رجوع شود.

نتایج و بحث

مقادیر ضریب (K_d) و توان (x) معادله دبی-فشار برای هر چهار نوع قطره‌چکان مورد بررسی محاسبه گردید، که نتایج حاصله در جدول ۲ ارائه شده است. ارقام جدول ۲ نشان می‌دهد که مقادیر x برای قطره‌چکان‌های نوع طولانی مسیر داخل خط، تفنگی، جبران‌کننده فشار و لوله‌های روزنه‌دار به ترتیب برابر با ۰/۵۲، ۰/٦٥٨، ۰/۱٦ و ۰/٥٤٨ می‌باشد. بدین معنی که رژیم جریان در قطره‌چکان‌های نوع طولانی مسیر داخل خط، تفنگی و لوله‌های روزنه‌دار از نوع تقریباً آرام، و در قطره‌چکان جبران‌کننده فشار از نوع متلاطم است. حساسیت قطره‌چکان جبران‌کننده فشار نسبت به فشار بسیار کم می‌باشد. این امر باعث می‌شود میزان آبدهی قطره‌چکان در دامنه گسترده‌ای از فشار نسبتاً یک‌نواخت باقی بماند.

این یک قرارداد کلی است که درصد تغییرات دبی در یک واحد از سیستم آبیاری قطره‌ای نباید بیشتر از ۱۰ درصد باشد، تا یک‌نواختی پخش در حد قابل قبول باقی بماند. از این رو، باید درصد تغییرات دبی قطره‌چکان ناشی از تغییرات فشار مورد بررسی قرار گیرد. جدول ۳ این تغییرات را نسبت به فشار مبنای یک اتمسفر، و برای دمای آب آبیاری ۲۰ درجه سانتی‌گراد نشان می‌دهد. با مراجعه به اعداد این جدول مشاهده می‌شود که درصد تغییرات دبی ناشی از تغییرات فشار در تمامی قطره‌چکان‌ها یکسان نمی‌باشد. به طور مثال، با ۱۰ درصد تغییر در فشار کاری قطره‌چکان، درصد تغییرات دبی در قطره‌چکان‌های نوع طولانی مسیر داخل خط، تفنگی، جبران‌کننده فشار و لوله‌های روزنه‌دار به ترتیب برابر ۵/۱۷، ٦/۳٥، ۱/٤٥ و ۵/٤۲ است. این بدین معنی است که دبی قطره‌چکان تفنگی بیشتر از لوله‌های روزنه‌دار، بیشتر از قطره‌چکان طولانی مسیر داخل خط و بیشتر از قطره‌چکان جبران‌کننده فشار تحت تأثیر تغییرات فشار در سیستم قرار دارد.

مقادیر ضریب تغییرات ساخت هر چهار نوع قطره‌چکان مورد بررسی برای دماهای مختلف آب آبیاری و برای فشار یک اتمسفر محاسبه گردید، که نتایج حاصله در جدول ٤ آمده است. با توجه به ارقام این جدول، ضریب تغییرات ساخت قطره‌چکان‌ها در دمای تقریبی آب آبیاری ۲۰ درجه سانتی‌گراد، به ترتیب برای لوله‌های روزنه‌دار، طولانی مسیر داخل خط، تفنگی و جبران‌کننده فشار برابر با ۵، ۷، ۱۳ و ۲۲ درصد می‌باشد. همان گونه که در ارقام این جدول دیده می‌شود، ضریب تغییرات ساخت قطره‌چکان‌های طولانی مسیر داخل

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-10-13]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1381.6.1.19.6]

جدول ۲. ضرایب معادله دبی-فشار برای قطره‌چکان‌های مورد بررسی

قطره‌چکان / ضرایب	طولانی مسیر داخل خط	تفنگی	جبران‌کننده فشار	لوله روزنه‌دار
x	۰/۵۲	۰/۶۵۸	۰/۱۶	۰/۵۴۸
K_d	۱/۰۴	۰/۸۰۶	۲/۳۸	۰/۵۷۶

جدول ۳. درصد تغییرات دبی قطره‌چکان‌ها نسبت به درصد تغییرات فشار در دمای آب آبیاری ۲۰ درجه سانتی‌گراد

قطره‌چکان / درصد تغییرات فشار	طولانی مسیر داخل خط	تفنگی	جبران‌کننده فشار	لوله روزنه‌دار
-۳۰	-۱۶/۸۶	-۲۰/۹۲	-۵/۵۲	-۱۷/۷۳
-۲۰	-۱۰/۸۷	-۱۳/۶۶	-۳/۴۹	-۱۱/۳۳
-۱۰	-۵/۲۳	-۶/۷۴	-۱/۷۴	-۵/۴۲
۰	۰	۰	۰	۰
۱۰	۵/۱۷	۶/۳۵	۱/۴۵	۵/۴۲
۲۰	۱۰/۰۶	۱۲/۶۳	۲/۹۱	۱۰/۸۴
۳۰	۱۴/۷۴	۱۸/۸۴	۴/۳۶	۱۵/۷۶

جدول ۴. ضریب تغییرات ساخت قطره‌چکان‌ها (درصد) در دماهای مختلف آب آبیاری در فشار یک اتمسفر

قطره‌چکان / دما (°C)	طولانی مسیر داخل خط	تفنگی	جبران‌کننده فشار	لوله روزنه‌دار
۱۱	۹	۱۶	۲۳	۴
۱۳	۸	۱۶	۲۲	۴
۱۵	۷	۱۵	۲۳	۶
۱۸	۸	۱۵	۱۸	۴
۲۰/۵	۷	۱۳	۲۲	۵
۲۳	۵	۱۳	۱۸	۳
۲۶	۶	۱۴	۲۲	۳
۲۸	۵	۱۳	۲۳	۳
۳۱	۵	۱۴	۲۳	۳
۳۴	۵	۱۴	۲۴	۴
۳۶	۹	۱۶	۲۶	۳
۳۹	۹	۱۶	۲۶	۳
۴۲	۵	۱۴	۲۲	۳
۴۳/۵	۶	۱۷	۲۶	۴

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-10-13]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1381.6.1.19.6]

خط و لوله‌های روزنه‌دار نیز در محدوده دماهای آب آبیاری بین ۱۱ تا ۴۳/۵ درجه سانتی‌گراد کمتر از ۱۰ درصد است، که در حد قابل قبول می‌باشد. ولی این ضریب برای قطره‌چکان تفنگی در حد نامناسب، و برای قطره‌چکان جبران‌کننده فشار در حد غیر قابل قبول است (۱۶).

مقادیر دبی برای دماهای مختلف آب آبیاری، و برای هر چهار نوع قطره‌چکان مورد استفاده اندازه‌گیری گردید. نتایج نشان داد که تغییرات دبی قطره‌چکان‌ها تحت تأثیر دمای آب آبیاری و نوع قطره‌چکان قرار دارد، که با گزارش‌های پژوهشگران دیگر (۱۲ و ۱۸) هم‌خوانی دارد. بنابراین، برازش بهترین خط بین تغییرات دبی قطره‌چکان نسبت به دمای آب آبیاری تعیین گردید، که نتایج حاصله به صورت معادله در جدول ۵ ارائه گردیده است. منظور از دبی برای لوله روزنه‌دار، دبی هر روزنه می‌باشد. با توجه به نتایج جدول ۵ مشاهده می‌شود که حساسیت دبی قطره‌چکان‌ها نسبت به دمای آب آبیاری در چهار نوع قطره‌چکان طولانی مسیر داخل خط، تفنگی، جبران‌کننده فشار و لوله‌های روزنه‌دار یکسان نیست، و بیشترین حساسیت دبی تحت تأثیر دمای آب آبیاری مربوط به قطره‌چکان نوع تفنگی، به علت جریان تقریباً آرام می‌باشد.

از مقایسه جدول ۲ با جدول ۵ چنین برمی‌آید که هرچه مقدار توان معادله فشار (x) بزرگ‌تر باشد، حساسیت دبی قطره‌چکان به دمای آب آبیاری نیز بیشتر است. علت این امر را می‌توان مربوط به نوع رژیم جریان در قطره‌چکان دانست، زیرا هرچه مقدار توان معادله فشار (x) بزرگ‌تر باشد، رژیم جریان در قطره‌چکان آرام‌تر است، و هرچه مقدار x کوچک‌تر باشد، رژیم جریان در قطره‌چکان آشفته‌تر است. هم‌چنین، با افزایش دمای آب آبیاری لزوجت آن کاهش می‌یابد، و در رژیم جریان آرام، حساسیت دبی قطره‌چکان به لزوجت و دمای آب به مراتب بیشتر از حالتی است که رژیم جریان کاملاً آشفته باشد. در قطره‌چکان‌های نوع جبران‌کننده فشار، رژیم جریان آشفته است، و در نتیجه جریان در داخل قطره‌چکان بیشتر حالت گردابی پیدا می‌کند، و افت فشار در قطره‌چکان بیشتر می‌گردد. این امر باعث می‌شود تا با افزایش دمای آب آبیاری، دبی این نوع قطره‌چکان کاهش یابد. می‌توان دبی قطره‌چکان را در دماهای مختلف آب آبیاری نسبت به دبی قطره‌چکان در دمای استاندارد ۲۰ درجه سانتی‌گراد محاسبه نمود. در جدول ٦ ضرایب تصحیح دما برای قطره‌چکان‌های مورد بررسی نسبت به دمای آب آبیاری ۲۰ درجه سانتی‌گراد ارائه گردیده است. همان گونه که ارقام این جدول نشان می‌دهد، برای قطره‌چکان‌های طولانی مسیر داخل خط، تفنگی و لوله‌های روزنه‌دار با افزایش دمای آب آبیاری دبی قطره‌چکان نیز افزایش می‌یابد، ولی برای قطره‌چکان جبران‌کننده فشار با افزایش دمای آب آبیاری دبی قطره‌چکان کاهش پیدا می‌کند.

یک‌نواختی پخش قطره‌چکان‌ها (EU) در دماهای مختلف آب آبیاری، و برای هر چهار نوع قطره‌چکان محاسبه گردید، که نتایج آن در جدول ۷ آورده شده است. ارقام این جدول نشان می‌دهد که یک‌نواختی پخش قطره‌چکان‌ها تحت تأثیر عوامل دمای آب و نوع قطره‌چکان قرار دارد. به طور کلی، یک‌نواختی پخش آب در لوله‌های روزنه‌دار در تمامی دماهای آب آبیاری مورد استفاده بیشتر از دیگر قطره‌چکان‌های مورد آزمایش است، و کمترین یک‌نواختی پخش آب مربوط به قطره‌چکان‌های جبران‌کننده فشار می‌باشد.

همان گونه که در اعداد جدول ۷ دیده می‌شود، تغییرات یک‌نواختی پخش در لوله‌های روزنه‌دار در دماهای مختلف آب آبیاری بین ۰/۹۲ تا ۰/۹۷ است. یعنی با تغییر دمای آب آبیاری یک‌نواختی پخش پنج درصد تغییر نموده است. در قطره‌چکان نوع طولانی مسیر داخل خط با تغییر دمای آب آبیاری، یک‌نواختی پخش از ۰/۸۸ تا ۰/۹٤ تغییر کرده است. یعنی با تغییر دمای آب آبیاری، یک‌نواختی پخش شش درصد تغییر نموده است. در قطره‌چکان جبران‌کننده فشار، یک‌نواختی پخش از ۰/٦٦ تا ۰/۷٦ در نوسان بوده است، یعنی یک‌نواختی پخش ۱۰ درصد تغییر کرده است. در قطره‌چکان تفنگی، یک‌نواختی پخش از ۰/۷٦ تا ۰/۸۷ در نوسان بوده است، یعنی یک‌نواختی پخش ۱۱ درصد تغییر نموده است. بنابراین، مشاهده می‌شود که

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-10-13]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1381.6.1.19.6]

جدول ۵. معادله دبی-دما برای قطره‌چکان‌های مورد بررسی
(q دبی قطره‌چکان، لیتر در ساعت، و T دمای آب آبیاری، درجه سانتی‌گراد)

قطره‌چکان	معادله	ضریب هم‌بستگی
طولانی مسیر داخل خط	q = ۰/۰۱۱ T+۳/۱۴۲	r = ۰/۹۱۱۸
تفنگی	q = ۰/۰۲۲ T+۳/۰۰۰	r = ۰/۹۷۶۸
جبران کننده فشار	q = −۰/۰۰۸۹ T+۳/۳۹۰	r = ۰/۹۳۳۵
لوله روزنه‌دار	q = ۰/۰۰۹۱ T+۱/۸۰۰	r = ۰/۹۵۴۲

جدول ٦. ضرایب تصحیح دما برای قطره‌چکان‌های مورد بررسی نسبت به دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد

قطره‌چکان / دما (°C)	طولانی مسیر داخل خط	تفنگی	جبران‌کننده فشار	لوله روزنه‌دار
۵	۰/۹۵۵	۰/۸۹۵	۱/۰۴۵	۰/۹۲۵
۱۰	۰/۹۷۰	۰/۹۳۰	۱/۰۳۰	۰/۹۵۰
۱۵	۰/۹۸۵	۰/۹۶۵	۱/۰۱۵	۰/۹۷۵
۲۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰
۲۵	۱/۰۱۵	۱/۰۳۵	۰/۹۸۵	۱/۰۲۵
۳۰	۱/۰۳۰	۱/۰۷	۰/۹۷۰	۱/۰۵۰
۳۵	۱/۰۴۵	۱/۰۱۵	۰/۹۵۵	۱/۰۷۵
٤۰	۱/۰٦۰	۱/۱٤	۰/۹٤۰	۱/۱۰۰
٤۵	۱/۰۷۵	۱/۱۷۵	۰/۹۲۵	۱/۱۲۵

هرچه یک‌نواختی پخش قطره‌چکان بیشتر باشد، تأثیر دمای آب آبیاری بر یک‌نواختی پخش آن نیز کمتر می‌گردد.

مقادیر ضریب یک‌نواختی کریستیانسن (UCC) در دماهای مختلف آب آبیاری، و برای هر چهار نوع قطره‌چکان نیز محاسبه گردید، که نتایج حاصله در جدول ۷ آورده شده است. با بررسی ارقام جدول ۷ دیده می‌شود که تأثیر دمای آب آبیاری بر ضریب یک‌نواختی کریستیانسن جزئی است. اگر ضریب یک‌نواختی کریستیانسن قطره‌چکان‌ها بیش از ۷۰ درصد باشد، می‌توان گفت که تغییرات دبی قطره‌چکان‌ها از یک توزیع نرمال پیروی می‌کند، و تغییرات دبی قطره‌چکان‌ها تقریباً با یکدیگر قرینه هستند. این امر تأثیر زیادی در افزایش یک‌نواختی پخش آب کاربردی خواهد داشت. همان گونه که از جدول ۷ برمی‌آید، برای تمامی دماهای آب آبیاری و قطره‌چکان‌های مورد بررسی، مقادیر ضریب یک‌نواختی کریستیانسن برای تمامی قطره‌چکان‌ها بیش از ۷۰ درصد بوده، و در نتیجه تغییرات دبی قطره‌چکان‌ها از یک توزیع نرمال پیروی می‌نماید (۳).

یک‌نواختی پخش مطلق قطره‌چکان‌ها (EU_a) برای دماهای مختلف آب آبیاری، و برای هر چهار نوع قطره‌چکان محاسبه گردید، که نتایج آن در جدول ۷ آمده است. ارقام این جدول نشان می‌دهد که یک‌نواختی پخش مطلق قطره‌چکان تحت تأثیر نوع قطره‌چکان قرار دارد، و تأثیر دمای آب آبیاری بر آن ناچیز است.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-10-13]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1381.6.1.19.6]

جدول ۷. یک‌نواختی پخش(EU)، ضریب یک‌نواختی کریستیانسن(UCC)، ضریب یک‌نواختی پخش مطلق(EU_a) و تغییرات دبی(q_v) برای قطره‌چکان‌های مورد بررسی در دماهای مختلف آب آبیاری در فشار یک اتمسفر

قطره‌چکان		دما(°C) ۱۱	۱۳	۱۵	۱۸	۲۰/۵	۲۳	۲۶	۲۸	۳۱	۳۴	۳۶	۳۹	۴۲	۴۳/۵
طولانی مسیر داخل خط	EU	۰/۸۸	۰/۸۸	۰/۹۱	۰/۹۰	۰/۹۳	۰/۹۴	۰/۹۳	۰/۹۴	۰/۹۴	۰/۹۴	۰/۸۹	۰/۸۹	۰/۹۴	۰/۹۳
	UCC	۰/۹۳	۰/۹۴	۰/۹۴	۰/۹۳	۰/۹۶	۰/۹۶	۰/۹۶	۰/۹۶	۰/۹۶	۰/۹۶	۰/۹۴	۰/۹۴	۰/۹۵	۰/۹۵
	EU_a	۰/۸۹	۰/۸۹	۰/۹۰	۰/۹۰	۰/۹۳	۰/۹۳	۰/۹۲	۰/۹۳	۰/۹۳	۰/۹۰	۰/۹۰	۰/۸۹	۰/۹۲	۰/۹۳
	q_v	۰/۲۹	۰/۳۲	۰/۲۱	۰/۲۷	۰/۲۸	۰/۱۷	۰/۲۶	۰/۲۱	۰/۲۰	۰/۱۸	۰/۳۰	۰/۳۲	۰/۲۱	۰/۲۱
تفنگی	EU	۰/۷۹	۰/۷۶	۰/۷۹	۰/۷۹	۰/۸۴	۰/۸۷	۰/۸۲	۰/۸۴	۰/۸۲	۰/۸۳	۰/۷۷	۰/۷۷	۰/۸۱	۰/۷۷
	UCC	۰/۸۹	۰/۸۷	۰/۸۹	۰/۸۹	۰/۹۰	۰/۹۰	۰/۸۹	۰/۹۰	۰/۸۹	۰/۸۸	۰/۸۸	۰/۸۸	۰/۸۸	۰/۸۸
	EU_a	۰/۸۲	۰/۸۰	۰/۸۳	۰/۸۲	۰/۸۲	۰/۸۴	۰/۸۱	۰/۸۳	۰/۸۲	۰/۸۱	۰/۸۱	۰/۸۱	۰/۸۱	۰/۸۱
	q_v	۰/۴۶	۰/۴۵	۰/۴۴	۰/۴۵	۰/۳۸	۰/۳۶	۰/۴۳	۰/۲۸	۰/۳۸	۰/۳۸	۰/۴۶	۰/۴۶	۰/۳۹	۰/۴۶
جبران کننده فشار	EU	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۱	۰/۷۶	۰/۷۴	۰/۷۶	۰/۷۳	۰/۶۹	۰/۷۱	۰/۷۰	۰/۶۸	۰/۶۸	۰/۷۱	۰/۶۶
	UCC	۰/۸۳	۰/۸۴	۰/۸۲	۰/۸۶	۰/۸۴	۰/۸۶	۰/۸۴	۰/۸۴	۰/۸۳	۰/۸۲	۰/۸۰	۰/۸۱	۰/۸۳	۰/۸۰
	EU_a	۰/۷۳	۰/۷۴	۰/۷۱	۰/۷۶	۰/۷۴	۰/۷۷	۰/۷۱	۰/۷۱	۰/۷۱	۰/۶۹	۰/۶۹	۰/۶۹	۰/۷۲	۰/۶۹
	q_v	۰/۵۸	۰/۵۸	۰/۵۷	۰/۵۲	۰/۵۶	۰/۴۷	۰/۵۵	۰/۶۵	۰/۵۸	۰/۶۲	۰/۶۲	۰/۶۶	۰/۵۵	۰/۵۹
لوله روزنه‌دار	EU	۰/۹۵	۰/۹۵	۰/۹۲	۰/۹۵	۰/۹۴	۰/۹۷	۰/۹۶	۰/۹۶	۰/۹۷	۰/۹۶	۰/۹۶	۰/۹۶	۰/۹۶	۰/۹۵
	UCC	۰/۹۷	۰/۹۷	۰/۹۶	۰/۹۷	۰/۹۷	۰/۹۸	۰/۹۸	۰/۹۸	۰/۹۸	۰/۹۷	۰/۹۷	۰/۹۸	۰/۹۸	۰/۹۷
	EU_a	۰/۹۴	۰/۹۴	۰/۹۴	۰/۹۲	۰/۹۴	۰/۹۶	۰/۹۶	۰/۹۶	۰/۹۵	۰/۹۵	۰/۹۵	۰/۹۵	۰/۹۶	۰/۹۴
	q_v	۰/۱۵	۰/۱۷	۰/۲۲	۰/۱۴	۰/۱۹	۰/۱۰	۰/۱۱	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۵

تغییرات دبی قطره‌چکان‌ها (q_v)، که از تقسیم اختلاف دبی حداکثر با دبی حداقل بر دبی حداکثر محاسبه شد، برای دماهای مختلف آب آبیاری، و برای هر چهار نوع قطره‌چکان محاسبه گردید، که نتایج آن در جدول ۷ گزارش شده است. با توجه به ارقام این جدول نیز دیده می‌شود که به طور کلی تغییرات دبی قطره‌چکان‌ها تحت تأثیر عوامل دمای آب آبیاری و نوع قطره‌چکان قرار دارد.

با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS اثر نوع قطره‌چکان بر دبی متوسط قطره‌چکان (جدول ۸)، اثر متقابل دمای آب آبیاری و نوع قطره‌چکان بر دبی (جدول ۹) و اثر دمای آب آبیاری بر یک‌نواختی پخش، ضریب یک‌نواختی کریستیانسن، ضریب یک‌نواختی پخش مطلق و تغییرات دبی (جدول ۱۰)، در سطح

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-10-13]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1381.6.1.19.6]

جدول ۸ اثر قطره‌چکان بر دبی متوسط

قطره‌چکان	دبی[1] (لیتر در ساعت)
تفنگی	۳/٦[a]
طولانی مسیر داخل خط	۳/٤[b]
جبران‌کننده فشار	۳/۰۷[c]
لوله روزنه‌دار	۲/۱[d]

۱. اعداد در سطح ۵٪ دارای اختلاف معنی‌دار هستند.

احتمال پنج درصد، و برای فشار یک اتمسفر بررسی گردید. ارقام ارائه شده در جدول ۸ میانگین دبی هر قطره‌چکان برای دماهای مختلف آب آبیاری می‌باشد. ارقام ارائه شده در جدول ۱۰ میانگین ارقام مربوط به قطره‌چکان‌های مختلف است. جدول ۸ نشان می‌دهد که میانگین دبی هر چهار نوع قطره‌چکان مورد بررسی با هم اختلاف معنی‌دار دارند. جدول ۹ نشان می‌دهد که دبی‌های اندازه‌گیری شده در تیمارهای مختلف دمای آب آبیاری، بیشتر در قطره‌چکان نوع تفنگی دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند، که علت آن بالاتر بودن توان معادله دبی- فشار، و در نتیجه آرام‌تر بودن نوع رژیم جریان در این قطره‌چکان، در مقایسه با سه قطره‌چکان دیگر است. جدول ۱۰ نشان می‌دهد که دمای آب آبیاری تأثیر معنی‌داری بر یک‌نواختی پخش و ضریب یک‌نواختی کریستیانسن ندارد، و تغییرات دبی بیشتر از ضریب یک‌نواختی پخش مطلق تحت تأثیر دمای آب آبیاری قرار می‌گیرد. برای توضیح بیشتر راجع به تجزیه و تحلیل آماری و نتایج فوق به منبع ۳ رجوع شود.

پیشنهادها

۱. برای طراحی لوله‌های فرعی، نیمه اصلی و اصلی در سیستم آبیاری قطره‌ای، توصیه می‌شود با استفاده از جدول ضریب تصحیح دما، دبی قطره‌چکان‌های طولانی مسیر داخل خط، تفنگی و لوله روزنه‌دار نسبت به حداکثر دمای آب آبیاری، و دبی قطره‌چکان جبران‌کننده فشار نسبت به حداقل دمای آب آبیاری اصلاح شود.

۲. با توجه به این‌که دمای آب آبیاری دبی قطره‌چکان‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد، توصیه می‌شود در مناطق گرم لوله‌های فرعی در زیر سایه درختان، و یا در صورت امکان در زیر سطح خاک قرار داده شوند تا دمای آب در لوله فرعی کمتر تحت تأثیر تابش مستقیم نور خورشید قرار گیرد.

۳. برای این که بازده آبیاری قطره‌ای در حد مطلوب باقی بماند، لازم است تغییرات دبی قطره‌چکان در زیرسیستم آبیاری قطره‌ای کمتر از ۱۰ درصد باشد. در این‌صورت، تغییرات فشار مجاز در قطره‌چکان‌های طولانی مسیر داخل خط، تفنگی، لوله روزنه‌دار و جبران‌کننده فشار، به ترتیب می‌تواند حدوداً برابر با ۲۰، ۱۵/۵، ۱۹ و ۸۱/۵ درصد باشد.

٤. برای مناطقی که کیفیت آب آبیاری خوب است، لوله روزنه‌دار به دلیل داشتن ضریب تغییرات ساخت کم و یک‌نواختی پخش زیاد توصیه می‌شود.

۵. برای مناطقی که کیفیت آب آبیاری مطلوب نیست، قطره‌چکان طولانی مسیر داخل خط با ضریب تغییرات ساخت کمتر نسبت به قطره‌چکان‌های تفنگی و جبران‌کننده فشار برتری دارد.

٦. ضریب تغییرات ساخت قطره‌چکان جبران‌کننده فشار در حد استاندارد نیست. بنابراین، این نوع قطره‌چکان برای استفاده در سیستم آبیاری قطره‌ای مناسب نمی‌باشد. ولی چون این نوع قطره‌چکان نسبت به تغییرات فشار حساسیت ناچیزی دارد، چنانچه تولید آن با مدیریت صحیح انجام شود و تمام شرایط ساخت از قبیل نوع مواد مورد استفاده، دما و فشاری که مواد قالب‌ریزی می‌شوند، ثابت باشد، و قالب‌های مورد استفاده یک‌نواخت باشند، استفاده از آن برای اراضی شیب‌دار، دامنه‌ها و تپه‌ها، که اختلاف ارتفاع باعث اختلاف فشار زیاد بین قطره‌چکان‌ها می‌گردد، توصیه می‌شود.

۷. به دلیل زیاد بودن ضریب تغییرات ساخت قطره‌چکان تفنگی، این نوع قطره‌چکان را می‌توان در مناطقی که دمای آب آبیاری بین ۲۰ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد است با احتیاط استفاده نمود.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-10-13]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1381.6.1.19.6]

جدول ۹. اثر متقابل دمای آب آبیاری و نوع قطره‌چکان بر دبی

قطره‌چکان / دما(°C)	طولانی مسیر داخل خط	تفنگی	جبران‌کننده فشار	لوله روزنه‌دار
۱۱	۳/۲۳۵^{go}	۳/۲۸^{eo}	۳/۲۶۳^{fe}	۱/۹۰۲^{p}
۱۳	۳/۲۴۸^{go}	۳/۱۹۷^{go}	۳/۳۴۰^{do}	۱/۹۰۷^{p}
۱۵	۳/۲۲۳^{go}	۳/۲۸۲^{eo}	۳/۲۳۹^{go}	۱/۸۷۸^{p}
۱۸	۳/۳۲۶^{eo}	۳/۴۷۳^{cn}	۳/۸۷۲^{go}	۱/۹۸۳^{p}
۲۰/۵	۳/۴۷۳^{bm}	۳/۵۴۸^{bj}	۳/۲۴۹^{go}	۲/۰۱۰^{p}
۲۳	۳/۴۴^{cn}	۳/۵۷^{bh}	۳/۱۶۰^{go}	۱/۹۹۷^{p}
۲۶	۳/۴۲۸^{cn}	۳/۵۶۸^{bh}	۳/۰۹۶^{ko}	۲/۰۸۲^{p}
۲۸	۳/۵۲^{bk}	۳/۷۰۲^{ae}	۳/۳۳^{ho}	۲/۰۷۰^{p}
۳۱	۳/۵۰۵^{bl}	۳/۶۹۱^{af}	۳/۱۲۳^{jo}	۲/۰۸۳^{p}
۳۴	۳/۴۷۳^{bl}	۳/۶۷۶^{ad}	۳/۱۲۵^{io}	۲/۱۰۵^{p}
۳۶	۳/۵۹۱^{ag}	۳/۸۵۶^{ac}	۳/۰۷۶^{lo}	۲/۱۱۹^{p}
۳۹	۳/۵۶۴^{bi}	۳/۳۳۶^{do}	۳/۰۲۰^{no}	۲/۱۹۳^{p}
۴۲	۳/۵۳۵^{bk}	۳/۸۹^{ab}	۳/۰۲۹^{mo}	۲/۱۳۱^{p}
۴۳/۵	۳/۵۰۰$^{bl`}$	۳/۹۹۷^{a}	۲/۹۳۲^{o}	۲/۸۵۸^{p}

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشابه می‌باشند اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ۱۰. اثر دمای آب آبیاری بر یک‌نواختی پخش(EU)، ضریب یک‌نواختی کریستیانسن(UCC)، ضریب یک‌نواختی پخش مطلق(EU_a) و تغییرات دبی(q_v) در فشار یک اتمسفر

دما(°C)	EU	UCC	EU_a	q_v
۱۱	۰/۸۴۲۵^{a}	۰/۹۰۵۰^{a}	۰/۸۴۵۰^{b}	۰/۳۷۰۰^{ab}
۱۳	۰/۸۳۵۰^{a}	۰/۹۰۵۰^{a}	۰/۸۴۲۵^{b}	۰/۳۸۰۰^{ab}
۱۵	۰/۸۳۲۵^{a}	۰/۹۰۲۵^{a}	۰/۸۴۵۰^{b}	۰/۳۶۰۰^{ab}
۱۸	۰/۸۵۰۰^{a}	۰/۹۱۲۵^{a}	۰/۸۵۰۰^{ab}	۰/۳۴۵۰^{ab}
۲۰/۵	۰/۸۶۲۵^{a}	۰/۹۱۷۵^{a}	۰/۸۵۷۵^{ab}	۰/۳۵۲۵^{ab}
۲۳	۰/۸۸۵۰^{a}	۰/۹۲۵۰^{a}	۰/۸۷۵۰^{a}	۰/۲۷۵۰^{c}
۲۶	۰/۸۶۰۰^{a}	۰/۹۱۷۵^{a}	۰/۸۵۰۰^{ab}	۰/۳۳۷۵^{abc}
۲۸	۰/۸۵۷۵^{a}	۰/۹۲۰۰^{a}	۰/۸۵۷۵^{ab}	۰/۳۱۵۰^{bc}
۳۱	۰/۸۶۰۰^{a}	۰/۹۱۵۰^{a}	۰/۸۵۲۵^{ab}	۰/۳۲۰۰^{abc}
۳۴	۰/۸۵۷۵^{a}	۰/۹۰۷۵^{a}	۰/۸۳۷۵^{b}	۰/۳۲۵۰^{abc}
۳۶	۰/۸۲۵۰^{a}	۰/۸۹۷۵^{a}	۰/۸۳۷۵^{b}	۰/۳۷۵۰^{ab}
۳۹	۰/۸۲۵۰^{a}	۰/۹۰۲۵^{a}	۰/۸۳۵۰^{b}	۰/۳۸۷۵^{a}
۴۲	۰/۸۵۵۰^{a}	۰/۹۱۰۰^{a}	۰/۸۵۲۵^{ab}	۰/۳۱۵۰^{bc}
۴۳/۵	۰/۸۲۷۵^{a}	۰/۹۰۰۰^{a}	۰/۸۴۲۵^{b}	۰/۳۵۲۵^{ab}

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشابه می‌باشند اختلاف معنی‌داری ندارند.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-10-13]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1381.6.1.19.6]

منابع مورد استفاده

۱. تبار احمدی، م. خ. ض. ۱۳۷۱. *آبیاری قطره‌ای*. انتشارات دانشگاه مازندران.

۲. علیزاده، ا. ۱۳۷٦. *اصول و عملیات آبیاری قطره‌ای*. انتشارات آستان قدس رضوی.

۳. کهنوجی، م. ۱۳۷۸. تأثیر درجه حرارت آب آبیاری بر دبی چکاننده‌ها در سیستم آبیاری قطره‌ای. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

٤. مؤیدی‌نیا، ع. ح. ۱۳۷۷. تأثیر ترکیبات شیمیایی مختلف آب آبیاری بر گرفتگی قطره‌چکان‌ها در آبیاری قطره‌ای. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

5. Boman, B. J. 1989. Emitter and spaghetti tubing effects on microsprinkler flow uniformiy. Trans. ASAE 32(1): 168-172.

6. Bralts, V. F. and C. D. Kesner. 1983. Drip irrigation field uniformity estimation.Trans. ASAE 26(2): 1369-1374.

7. Bralts, V. F. , I. P. Wu and H. M. Gitlin. 1981a. Manufacturing variation and drip irrigation uniformity. Trans. ASAE 24(1): 113-119.

8. Bralts, V. F. , I. P. Wu and H. M. Gitlin. 1981b. Drip irrigation uniformity considering emitter plugging. Trans. ASAE 24(5): 1234-1240.

9. Bucks, D. A. and L. E. Myers. 1973. Trickle irrigation-application uniformity from simple emitters. Trans. ASAE 16(6): 1108-1111.

10. Fipps, G. and E. Perez. 1995. Micro irrigation of melons under plastic mulch in the Rio Grande Valley of Texas. Trans. ASAE 2(6): 510-516.

11. Hills, D. J. , F. M. Nawar and P. M. Waller. 1989. Effects of chemical clogging on drip-tape irrigation uniformity. Trans. ASAE 32(4): 1202-1206.

12. Parchomchuk, P. 1976. Temperature effects on emitter discharge rates. Trans. ASAE 19(4): 690-692.

13. Roberts Irrigation Products, Inc. of San Marcos, C. A. 1992. Drip irrigation: A measured approach to farming. J. Irrig. 42(2): 8-10.

14. Shirvasta, P. K. , M. M. Parikh, N. G. Sawani and S. Raman. 1994. Effect of drip irrigation and mulching on tomato yield. Agric. Water Manage. 25(2): 179-184.

15. Smajstrla, A. G. and S. J. Locascio. 1996. Tensiometer controlled drip irrigation scheduling of tomato. Appl. Eng. in Agric. 12(3): 315-319.

16. Solomon, K. 1979. Manufacturing variation of trickle emitters. Trans. ASAE 22(5): 1034-1037.

17. Solomon, K. H. 1985. Global uniformity of trickle irrigation systems. Trans. ASAE 28(4): 1151-1158.

18. Zur, B. and S. Tal. 1981. Emitter discharge sensitivity to pressure and temperature. J. Irrig. Drain. Div. , ASCE 107(I): 1-9.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-10-13]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1381.6.1.19.6]