

## بهینه‌سازی مصرف آب با کنترل هیدرولیکی طراحی سیستم‌های آبیاری قطره‌ای به کمک نرم‌افزار Hydrocalc

محمد سالاریان\*<sup>۱</sup>، حسین انصاری<sup>۲</sup>، منصوره بایرام<sup>۳</sup>، عاطفه تکرلی<sup>۴</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۶/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۲/۲۴

### چکیده

بخش کشاورزی بزرگ‌ترین مصرف کننده آب در دنیا است و در دهه‌های اخیر محدودیت منابع آب برای مصارف کشاورزی از یک سو و افزایش بی‌رویه جمعیت از سوی دیگر، توسعه و کاربرد روش‌های نوین آبیاری را در سطح کشور اجتناب ناپذیر ساخته است. استفاده از سیستم‌های آبیاری تحت فشار از جمله آبیاری قطره‌ای یکی از گزینه‌های موثر در افزایش کارایی مصرف آب است لذا باید سعی در طراحی بهینه آن نمود. در پژوهش حاضر برای بهینه کردن محاسبات اساسی هیدرولیکی طراحی ۱۴ طرح آبیاری قطره‌ای از ۱۴ شهرستان استان مازندران از نرم افزار برنامه‌ریزی آبیاری Hydrocalc استفاده شد. سپس به مقایسه داده‌های حاصل از نرم افزار با داده‌های طراحی پرداخته شد. نتایج حاصل از آن نشان داده است که با استفاده از این مدل میزان افت فشار قطره‌چکان به میزان ۳۰ تا ۷۰ درصد کاهش یافته است. میزان سرعت بهینه حرکت آب در لوله با توجه به نوع و اندازه لوله ۲۰ تا ۶۰ درصد کاهش یافته است و با توجه به رابطه پیوستگی میزان دبی نیز به مقدار ۲۰ تا ۵۰ درصد کاهش یافته است. لذا با استفاده از این مدل و با توجه به کاهش میزان دبی، به طور متوسط حدود ۵۰ درصد در مصرف آب صرفه‌جویی شده و میزان یکنواختی به بیش از ۹۱ درصد رسیده است.

واژه‌های کلیدی: بهینه‌سازی - یکنواختی - بهره‌وری - برنامه‌ریزی - Hydrocalc

### مقدمه

افزایش عملکرد و بهره‌وری مصرف آب در روش قطره‌ای نسبت به روش شیاری چشم‌گیر است. به‌منش و همکاران (۱۳۹۱)، در مطالعه‌ی خود جهت ارزیابی سیستم‌های آبیاری قطره‌ای در هفت باغ از باغات شهرستان مرند با استفاده از روش‌های مریام-کلر و تصادفی به این نتیجه رسیدند که میانگین یکنواختی پخش آب برای سیستم‌ها ۹۵ درصد بوده و علت بالا بودن بازده یکنواختی پخش آب را پایین بودن ضریب تغییرات ساخت، تغییرات کم دبی در قطره‌چکان‌های جبران کننده‌ی فشار و عدم گرفتگی خروجی‌ها معرفی کردند. بی‌آزار و همکاران (۱۳۸۶)، در تحقیق خود به ارزیابی فنی عملکرد سیستم‌های آبیاری قطره‌ای در باغ‌های مرکبات در دو منطقه تنکابن و رامسر در استان مازندران، به بررسی پارامترهایی نظیر یکنواختی پخش آب در سیستم، پتانسیل راندمان کاربرد در چارک پایین و راندمان واقعی کاربرد در چارک پایین پرداختند و به این نتیجه رسیدند که میانگین یکنواختی پخش آب برای دو منطقه مذکور به ترتیب برابر با ۶۵/۶ و ۸۰/۴۲ درصد به‌دست آمده است و در مجموع عملکرد سیستم در منطقه تنکابن را براساس معیارهای SCS ضعیف گزارش کردند. قائمی و همکاران (۱۳۸۷)، در تحقیق خود پیرامون عملکرد چغندرقد در آبیاری نواری - قطره‌ای و جویچه‌ای در اراضی جنوب غربی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز و انتخاب تیمارهای مختلف به

افزایش تقاضای رقابتی آب در اکثر نقاط جهان و همچنین کاهش دسترسی به آب با کیفیت و کمیت مناسب باعث شده است که راهکارهایی برای بهبود بهره‌وری استفاده از آب در کشاورزی ارائه شود که یکی از این راهکارها استفاده از سیستم‌های آبیاری قطره‌ای است (نقوی و همکاران، ۱۳۹۱). قدمی فیروزآبادی و سیدان در همدان (۱۳۸۱)، دو سیستم آبیاری تیپ و نشتی را بر روی محصول چغندرقد مورد مطالعه قرار دادند، نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که روش آبیاری قطره‌ای باعث کاهش ۴۷ درصدی در مصرف آب و افزایش ۷۲ درصدی در بهره‌وری مصرف آب گردید. باغانی و همکاران (۱۳۷۸)، در آزمایشی دو روش آبیاری قطره‌ای و شیاری را با سه سطح تأمین آب مورد نیاز گیاه (۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد) بر روی زراعت‌های هندوانه و خربزه در ایستگاه تحقیقات طرق انجام دادند، و نتیجه گرفتند که

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشگاه فردوسی مشهد  
۲- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد  
۳- دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشگاه بوعلی سینا همدان  
۴- دانشجوی کارشناسی ارشد سازه آبی، دانشگاه بوعلی سینا همدان  
(\*نویسنده مسئول: Email:salarian\_mohammad@yahoo.com)

منیفولدها استفاده کرد اما در سیستم لترال جفت-منیفولد جفت با توجه به افت فشار بیش تر در لترالها، انتخاب محدود می شود. با این حال بهترین قطر را برای منیفولد جفت-لترال منفرد، ۳۶/۸-۵۸/۲-۶۹/۲ میلی متر، لترال منفرد-منیفولد منفرد ۳۶/۸-۴۶-۵۸/۲ میلی متر و بهترین قطر برای منیفولد جفت-لترال جفت ۳۶/۸-۴۶-۶۹/۲ میلی متر بدست آورده است (Valipour, 2012). راندمان آبیاری در سیستم های تحت فشار متأثر از یکنواختی و تلفات می باشد؛ به طوری هدف اصلی در طراحی سیستم های تحت فشار افزایش یکنواختی می باشد. خود متأثر از تغییرات دبی در سیستم می باشد؛ بطوری که کاهش تغییرات دبی منجر به افزایش یکنواختی خواهد شد. در پژوهش حاضر برای بهینه کردن محاسبات طراحی در سیستم های آبیاری قطره ای به منظور کاهش تغییرات دبی قطره چکان، کاهش افت فشار در آن، افزایش یکنواختی پخش و کاهش میزان آب مصرفی از نرم افزار برنامه ریزی آبیاری Hydrocalc استفاده شده است.

### مواد و روش ها

اطلاعات پژوهش حاضر بر اساس طراحی های صورت گرفته برای سیستم های آبیاری قطره ای از ۱۴ باغ مرکبات واقع در شهرستان های مختلف استان مازندران از سازمان جهاد کشاورزی جمع آوری شده است (موقعیت ۱۴ طرح در شکل ۱ و وضعیت عمومی اراضی طرح در جدول ۱ نشان داده شده است). با استفاده از نرم افزار برنامه ریزی آبیاری Hydrocalc در این پژوهش به مقایسه طراحی های انجام شده و خروجی های بهینه از این نرم افزار پرداخته شده است. هدف از انجام آن کنترل هیدرولیکی سیستم های آبیاری تحت فشار به خصوص آبیاری قطره ای و بهینه سازی در مصرف آب برای طراحی توسط طراحان به روش (Emitter Line length (ELL است.



شکل ۱- موقعیت طرح ها در شهرستان های استان مازندران

بررسی پارامترهایی نظیر میزان آب مصرفی، راندمان کاربرد آب، ضرایب یکنواختی آب در نوارها و موارد دیگر پرداختند که نتایج آنان نشان داد که راندمان کاربرد در تیمارهای آبیاری نواری-قطره ای و آبیاری جویچه ای به طور متوسط و به ترتیب برابر با ۹۰/۷ و ۵۲ درصد، و ضریب توزیع یکنواختی آب در نوارها ۹۷ درصد و همچنین میزان آب مصرفی در آبیاری قطره ای را ۵۸ درصد آبیاری سطحی برآورد کردند. واریک و شینی، در مطالعه ای خود ارتباط بین دبی واقعی و دبی طراحی را به عنوان تابعی از خصوصیات قطره چکان و خصوصیات هیدرولیکی خاک نشان دادند. نتایج آنان نشان داد که وقتی حجم دبی طراحی افزایش پیدا می کند یا هدایت هیدرولیکی خاک کاهش می یابد، ارتفاع فشاری نزدیک به قطره چکان افزایش پیدا کرده و باعث کاهش میزان جریان می شود که این امر موجب افزایش یکنواختی پخش خواهد شد (Warrik & Shani, 1996). رارس برای طراحی سیستم آبیاری قطره ای از نرم افزار برنامه ریزی آبیاری Hydrocalc استفاده کرد. او در نتایج خود پی برد که استفاده از این نرم افزار به طراح و حتی کاربر این امکان را می دهد تا عملکرد آبیاری قطره ای را در شرایط مزرعه (لترال، منیفولد، لوله اصلی، محاسبات انرژی، افت و...) مورد ارزیابی قرار دهد (Rares, 2009). همانطور که اشاره شد سیستم آبیاری قطره ای از مهم ترین سیستم های کارآمد آبیاری است که در کشاورزی استفاده می شود از این رو برای بهینه کردن طراحی سیستم های تحت فشار از جمله سیستم قطره ای، از نرم افزار Hydrocalc استفاده می شود. این نرم افزار برنامه ریزی آبیاری، ابزاری است که برای انجام محاسبات اساسی هیدرولیکی در کنترل طراحی سیستم آبیاری قطره ای، استفاده می شود (Halbac & zamfic, 2009). منصور و همکاران در پژوهش خود، راندمان مصرف آب را برای اصلاح طراحی های سیستم های آبیاری قطره ای با استفاده از نرم افزار Hydrocalc برای لترال های با طول ۴۰، ۶۰ و ۸۰ متری مورد تحلیل قرار دادند. آنان سه حالت مختلف آبیاری: جریان مدار بسته با یک لوله نیمه اصلی برای لترالها (DIS\CM)، جریان مدار بسته با دو لوله نیمه اصلی برای لترالها (DIS²CM) و آبیاری قطره ای سنتی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنان نشان داد که راندمان مصرف آب در حالتی که از طول لترال ۸۰ متر استفاده شده مصرف را دارا بوده است (Mansour et al, 2010). ولی پور از نرم افزار Hydrocalc برای تنظیم افت فشار در سیستم های آبیاری بارانی و قطره ای در لترالها و همچنین تعیین مناسب ترین طول و قطر برای لترالها استفاده کرد. ایشان در تحقیق خود سه حالت (۱) سیستم لترال جفت-منیفولد جفت، (۲) لترال منفرد-منیفولد جفت و (۳) لترال منفرد-منیفولد منفرد را مورد تجزیه و تحلیل قرار داد و در نهایت به این نتیجه رسید که در سیستم لترال منفرد-منیفولد جفت با توجه به افت فشار پایین تر در لترال، می توان از انواع مختلفی از قطر لوله برای

جدول ۱- وضعیت عمومی ارضی طرح

نام	شهر	مساحت (ha)	شیب	منبع آب	بافت خاک
A	بهشهر	۰/۹۰	مسطح	چاه	لومی
B	تنکابن	۰/۷۵	شیبدار	چاه	لومی
C	ساری	۰/۶۵	مسطح	چاه	لومی
D	سوادکوه	۳/۲۰	مسطح	چاه	لومی
E	قائمشهر	۲/۵۰	مسطح	چاه	لومی
F	جویبار	۱/۵۰	مسطح	چاه	لومی
G	بابل	۴/۰۰	مسطح	چاه	لومی
H	بابلسر	۰/۸۰	مسطح	چاه	لومی
I	آمل	۰/۷۷	مسطح	چاه	لومی
J	نور	۰/۶۰	مسطح	چاه	لومی
K	نوشهر	۱/۰۰	مسطح	نهر	لومی
L	چالوس	۱/۱۰	مسطح	چاه	لومی
M	نکا	۰/۵۰	مسطح	چاه	لومی
N	رامسر	۰/۷۵	مسطح	چاه	لومی

تصحیح و به روز شود. پنج برنامه محاسباتی عبارتند از:

برنامه Emitters: افت فشار تجمعی، دبی متوسط جریان و غیره را در قطره چکان‌های سیستم آبیاری تحت فشار برای پارامترهای انتخاب شده سیستم محاسبه می‌کند. در طراحی خط قطره‌چکان پارامترها باید وارد شوند. توصیه می‌شود که پارامترها برای بهترین اجرا وارد شود. در این قسمت چهار نوع قطره‌چکان برای انتخاب وجود دارد که عبارتند از: قطره چکان خطی، روی خط، آبپاش و آبپاش میکرو. قطر داخلی (InsideDiam) و ضریب  $K_D$  و توان معادله دبی (Exponent) به طور خودکار و براساس نوع قطره‌چکان و پارامترهای لوله انتخاب شده مشخص می‌شوند (کلر، ۱۹۹۰).

$$q = k_D h^x \quad (1)$$

که در آن  $q$ : دبی قطره‌چکان بر حسب (L/min)،  $k_D$  ضریب تصحیح دبی،  $h$  بار فشار بر حسب (m) و  $x$  نمای معادله دبی قطره‌چکان است.

برنامه SubMain: افت فشار تجمعی و دما جریان آب را در لوله توزیع آب فرعی محاسبه می‌کند. این مقادیر می‌تواند برای برآورده کردن نیاز پارامترهای سیستم آبیاری تغییر کند.

برنامه MainPipe: افت فشار تجمعی و دبی جریان آب را در لوله توزیع آب اصلی محاسبه می‌کند. این مقادیر نیز می‌تواند برای برآورده کردن نیاز پارامترهای سیستم آبیاری تغییر کند.

برنامه Shape-Wizard: به انتقال پارامترهای سیستم مورد نیاز (دبی لاترال ورودی، فشار هد ورودی) از برنامه Emitters به برنامه Sub Main کمک می‌کند.

برنامه Valves: افت اصطکاک شیر فلکه را بر اساس پارامترهای داده شده محاسبه می‌کند.

برنامه Shifts: دور آبیاری و تعداد جایجایی‌ها را براساس پارامترهای داده شده محاسبه می‌کند. در این برنامه ۴ روش محاسبه که با توجه به داده‌های ورودی در دسترس‌اند، به شرح زیر است:

الف - Emitter Line length: بر اساس طول تخصیص داده شده محاسبات را انجام می‌دهد. برای پژوهش حاضر از این روش استفاده شده است که به اختصار آن را روش ELL می‌نامیم.

ب - Pressure Range: بر اساس تغییرات بیش‌ترین فشار قطره‌چکان و کم‌ترین فشار قطره‌چکان که از حدی که طراح وارد کرده تجاوز نمی‌کند محاسبات را انجام می‌دهد. نتایج محاسبه بیش‌ترین طول لاترال را تحت شرایط تخصیص داده شده نشان می‌دهد. بنابراین نیازی به وارد کردن طول قطعه در صورتی که از این روش استفاده شود، نیست. این روش فقط برای قطره‌چکان‌های با فشار (PC) ثابت در دسترس است. واحد تغییرات فشار متر یا فوت می‌باشد.

ج - Flow Rate Variation: تغییرات دبی جریان و بیش‌ترین طول لاترال، تحت این شرایط محاسبه می‌شود. بنابراین نیازی به وارد کردن طول قطعه نیست. واحد تغییرات دبی جریان درصد است.

نرم‌افزار برنامه‌ریزی Hydrocalc برای بهینه کردن محاسبات هیدرولیکی در طراحی سیستم‌های آبیاری تحت فشار استفاده می‌شود. این نرم افزار ابزار محاسباتی ساده و آسان برای انجام محاسبات هیدرولیک پایه است (شکل ۲).



شکل ۲- نمایی از ورودی نرم افزار Hydrocalc

علاوه بر آن نرم افزار Hydrocalc برای کمک به تعریف پارامترهای سیستم آبیاری تحت فشار طراحی شده است. اجرای برنامه با پارامترهای مناسب، مشاهده خروجی‌ها و تغییر داده‌های ورودی برای پیشنهاد سیستم مناسب آبیاری را به کمک این برنامه می‌توان مشاهده نمود. بعضی پارامترها ممکن است از یک فهرست سیستم انتخاب شوند. در حالی که سایر پارامترها توسط طراح بر اساس نیاز، که با محدودیت‌های برنامه تضاد ندارد وارد می‌شود. بسته برنامه شامل یک پنجره اصلی، پنج برنامه محاسبه، یک پنجره انتخاب زبان و یک بانک اطلاعاتی است که می‌تواند توسط کاربر

دهانه کوچکی به قطر کمتر از یک میلی‌متر هستند. از مزایای این قطره‌چکان ارزانی قیمت آن و سرعت نصب و ساده بودن کار با آن‌ها می‌باشد. در جدول ۳ و ۴ داده‌های ورودی برای محاسبات زیر برنامه‌های submain و MainPipe آورده شده است. مقدار ضریب اصطکاک برای معادله هیزن ویلیامز در تخمین افت اصطکاک در لاترال‌ها و خطوط اصلی با توجه به جنس لوله ۱۵۰ انتخاب شده است (کلر، ۱۹۹۰):

$$h_f = k \times \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852} \times D^{-2.63} \times \frac{L}{100} \quad (4)$$

که در آن؛ k: ثابت تبدیل برابر  $1.212 \times 10^{12}$  در سیستم متریک بوده است،  $h_f$ : افت هد ناشی از اصطکاک لوله (m)، L: طول لوله (m)، Q: شدت جریان در لوله (L/S)، C: ضریب اصطکاک و D: قطر داخلی لوله (mm) می‌باشد. کلاس لوله که فشار کار مجاز حداکثر را نشان می‌دهد برای هر دو لوله ۶ بار در نظر گرفته شده است.

جدول ۳- داده‌های ورودی لاترال در برنامه Hydrocalc

نام	قطر لوله (mm)	دبی جریان (l/s)	طول (m)	هد فشاری (m)	تعداد
A	۵۰	۰/۱۷	۸۲	۱۰/۵۴	۳۳
B	۵۰	۰/۱۱	۸۲	۱۱/۰۲	۲۸
C	۵۰	۰/۳۴	۸۰	۱۰/۵۰	۶۴
D	۵۰	۰/۱۲	۷۰	۱۰/۵۴	۲۸
E	۵۰	۰/۵۸	۸۷	۱۰/۹۰	۵۸
F	۵۰	۱/۶۵	۱۳۷	۱۰/۵۸	۴۰
G	۵۰	۰/۱۲	۶۰	۱۰/۸۲	۲۴
H	۵۰	۵/۷۷	۳۰۳	۱۱/۳۰	۵۵
I	۵۰	۰/۲۲	۶۶	۱۲/۰۷	۴۴
J	۵۰	۱/۷۶	۱۰۰	۱۵/۰۰	۲۴
K	۵۰	۰/۲۴	۱۳۰	۱۱/۸۹	۴۴
L	۵۰	۰/۱۱	۸۲	۱۱/۰۲	۲۸
M	۵۰	۰/۰۶	۴۱	۱۱/۶۹	۱۴
N	۵۰	۰/۲۰	۱۴۳	۱۱/۶۹	۴۸

### نتایج و بحث

در اکثر طرح‌های مورد بررسی فشار سیستم بالاتر از فشار متوسط مورد نیاز برای کارکرد مناسب قطره‌چکان‌ها (۱۰ متر) می‌باشد و عدم یکنواختی توزیع فشار در نقاط مختلف سیستم یکی از مشکلاتی است که در طرح‌های مختلف مشاهده می‌شود. در صورتی که متعادل کردن و یکنواخت کردن فشار در سیستم‌های تحت فشار از جمله سیستم آبیاری قطره‌ای از اهمیت بالایی برخوردار است. محاسبات صورت گرفته در نرم افزار hydrocalc نشان داده که می‌توان میزان افت فشاری را به میزان ۳۰ تا ۷۰ درصد کاهش داد. از طرفی در قطرهای پایین لوله‌های آبیاری بایستی سرعت بهینه پایین‌تری استفاده شود که نتایج این پژوهش نشان داده است که با طراحی

مقادیر رایج برای این بخش بین ۱۵-۱۰ درصد است. این بخش فقط برای قطره‌چکان‌های غیر PC در دسترس است.

Emission Uniformity - شبیه به تغییرات دبی جریان است، یکنواختی پخش خواسته شده را محاسبه و بیش‌ترین طول لاترال بر اساس این شرایط تولید می‌شود. بنابراین نیازی به وارد کردن طول قطعه نیست. واحد یکنواختی پخش درصد است اما مقدار رایج برای این بخش هر مقداری بیش از ۸۵٪ است. این بخش فقط برای قطره‌چکان‌های غیر PC در دسترس است.

در نرم افزار Hydrocalc تغییرات میزان دبی و یکنواختی توزیع آن با استفاده از فرمول‌های زیر قابل محاسبه می‌باشند (ولپور، ۲۰۱۲):

$$FV = 100 \left[ \frac{Q_{max} - Q_{min}}{Q_{max}} \right] \quad (2)$$

$$EU = 100 \left( \frac{Q_{min}}{Q_{max}} \right) \left[ 1 - \frac{1.73 CV}{\sqrt{n}} \right] \quad (3)$$

که FV میزان تغییرات دبی بر حسب درصد،  $Q_{max}$  حداکثر دبی قطره‌چکان، بر حسب لیتر بر ساعت،  $Q_{min}$  حداقل دبی قطره‌چکان، بر حسب لیتر بر ساعت، EU یکنواختی توزیع بر حسب درصد، CV ضریب تغییرات دبی و n نیز تعداد قطره‌چکان برای هر سطح می‌باشد. معمولاً در طراحی‌ها از لاترال‌های منفرد استفاده می‌شود زیرا هم از نظر نصب و هم از نظر نگهداری ساده و آسان می‌باشند. تمامی ۱۴ طرح مورد نظر در این پژوهش دارای جنس لوله‌ای از نوع پلی اتیلن (PE) و درپیرها نیز روی خط و از نوع دکمه‌ای طراحی شده‌اند که سایر اطلاعات ورودی قطره‌چکان برای انجام محاسبات در جدول ۲ قابل مشاهده می‌باشد. در این جدول طول بر حسب متر، دبی اسمی بر حسب مترمکعب بر ساعت و فشار انتهایی و نسبی بر حسب متر می‌باشند.

جدول ۲- داده‌های ورودی قطره‌چکان در برنامه Hydrocalc

نام	طول	دبی اسمی	فشار نسبی	فشار انتهایی
A	۲۵	۰/۲۲	۴	۱۰
B	۴۴	۰/۴۷	۴	۱۰
C	۹۲	۰/۲۰	۴	۱۰
D	۹۵	۰/۱۴	۴	۱۰
E	۳۰	۰/۱۸	۴	۱۰
F	۱۷۰	۰/۲۲	۴	۱۰
G	۲۵	۰/۲۲	۴	۱۰
H	۴۰	۰/۳۲	۴	۱۰
I	۴۷	۰/۱۴	۴	۱۰
J	۱۰۵	۰/۲۰	۴	۱۰
K	۴۲	۰/۲۲	۴	۱۰
L	۲۵	۰/۲۵	۴	۱۰
M	۴۰	۰/۴۳	۴	۱۰
N	۶۹	۰/۲۲	۴	۱۰

یاد آوری می‌شود که قطره‌چکان دکمه‌ای کوچک بوده و دارای

توسط hydrocalc میزان سرعت به طور متوسط ۲۰ تا ۶۰ درصد کاهش پیدا می کند (جدول ۵).

جدول ۵- داده های ورودی لوله اصلی در برنامه Hydrocalc

نام	قطر لوله (mm)	دبی جریان (l/s)	طول (m)	هدفشاری (m)
A	۶۳	۵/۰۴	۵۵	۱۱/۲۹
B	۶۳	۶/۱۲	۱۳۴	۱۱/۱۱
C	۵۰	۵/۴۰	۵۰	۱۲/۰۶
D	۶۳	۴/۳۲	۱۳۰	۱۱/۱۳
E	۷۵	۱/۰۱	۱۴۰	۱۲/۱۰
F	۶۳	۸/۴۲	۱۲۵	۱۰/۶۵
G	۶۳	۵/۰۴	۳۷۰	۱۲/۹۷
H	۶۳	۶/۴۸	۲۰	۱۲/۱۹
I	۶۳	۶/۴۸	۱۰۵	۱۲/۶۶
J	۶۳	۷/۹۲	۶۷	۱۳/۶۵
K	۶۳	۵/۵۴	۶۵	۱۱/۴۱
L	۶۳	۳/۹۶	۳۳	۱۱/۴۱
M	۶۳	۴/۳۲	۷۸	۱۲/۶۹
N	۵۰	۸/۴۲	۶۱	۱۰/۹۹

Hydrocalc با کاهش تغییرات دبی در طراحی سیستم آبیاری، این مقدار به بیش از ۹۱٪ رسیده است (جدول ۷). نتایج به دست آمده بیانگر آن است که در تمام طراحی های صورت گرفته توسط نرم افزار برنامه ریزی hydrocalc، قطره چکان ها آب را به صورتی کاملاً یکنواخت پخش می کنند. در سیستم های قطره ای فشار در طول مسیر، از قسمت ورودی تا خروجی قطره چکان ها به طور یکنواختی کاهش می یابد تا در خروجی به مقدار تقریباً صفر می رسد. مطابق شکل ۳ برای ۱۴ طرح معرفی شده تغییرات فشار در مقابل فاصله قطره چکان از روند ثابتی پیروی می کند. به طوری که در فاصله تقریباً ۴۰٪ از ابتدای لوله ۷۵٪ افت رخ می دهد. افت فشار در اثر ورودی و خروجی قطره چکان ها ناچیز و قسمت اعظم فشار در طول مسیر مستهلک می شود. لذا از مدل hydrocalc به منظور یکنواخت کردن میزان فشار در فواصل مشخص از انتهای مسیر لوله استفاده شده است.

جدول ۵- مقایسه کاهش افت و سرعت در قطره چکان

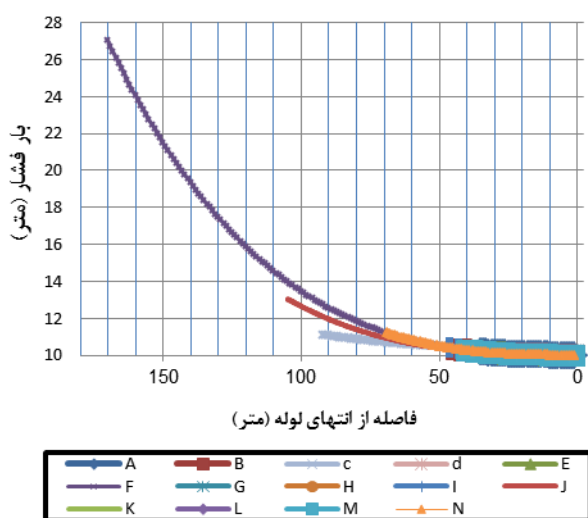
نام	Pressure Loss		Velocity		کاهش %
	طراحی	hydro	طراحی	hydro	
A	۰/۱۸	۰/۴۰	۵۵/۰۰	۰/۲۸	۵۳/۳۳
B	۰/۳۴	۱/۹۳	۸۲/۳۸	۰/۳۶	۷۰/۰۰
C	۰/۰۹	۰/۱۷	۴۷/۰۶	۰/۳۱	۱۸/۴۲
D	۰/۰۷	۰/۱۵	۵۳/۳۳	۰/۲۸	۵۳/۳۳
E	۰/۱۲	۰/۲۳	۴۷/۸۳	۰/۳۴	۴۰/۰۰
F	۰/۵۰	۰/۵۳	۵/۶۶	۰/۴۰	۲/۴۴
G	۰/۱۸	۰/۴۰	۵۵/۰۰	۰/۲۸	۵۳/۳۳
H	۰/۲۶	۰/۸۷	۷۰/۱۱	۰/۳۳	۵۸/۷۵
I	۰/۰۴	۰/۱۴	۷۱/۴۳	۰/۳۸	۵/۰۰
J	۰/۱۴	۰/۱۸	۲۲/۲۲	۰/۳۶	۱/۹۱
K	۰/۱۸	۰/۴۰	۵۵/۰۰	۰/۲۸	۵۳/۳۳
L	۰/۰۷	۰/۶۵	۸۹/۲۳	۰/۲۰	۶۶/۶۷
M	۰/۲۶	۱/۴۷	۸۲/۳۱	۰/۳۳	۶۷/۰۰
N	۰/۱۷	۰/۲۱	۱۹/۰۵	۰/۲۳	۱۷/۸۶

### نتیجه گیری

در شرایط کنونی و با توجه به وضعیت موجود کشاورزی ایران، توسعه روش های آبیاری تحت فشار در اراضی مستعد از قبیل روش های آبیاری مناسب تر و کارآمدتر نسبت به روش های آبیاری سطحی می باشد. راندمان آبیاری در روش های تحت فشار به بیش از ۷۵٪ بالغ می گردد. حتی روش آبیاری قطره ای از بین روش های تحت فشار، از بازدهی بیش تری (حدود ۹۰٪) برخوردار است.

با کاهش میزان سرعت طبق معادله پیوستگی ( $Q=AV$ )، میزان دبی جریان در لوله نیز کاهش می یابد که با کاهش میزان دبی، حجم آب مصرفی کاهش می یابد. دبی زیاد قطره چکان در طراحی، شعاع خیس شده ی روی سطح خاک را افزایش می دهد، در حالی که اندازه ی عمق خیس شده پیاز رطوبتی امکان دارد کاهش پیدا کند. اگرچه در مجموع، حجم خیس شده ی پیاز رطوبتی با افزایش دبی بیشتر می شود ولی با دبی بهینه طراحی می توان در عین حال که دبی کاهش می یابد، آب به اندازه کافی برای مصرف استفاده و در نتیجه میزان حجم آب مصرفی کاهش یابد. افزایش زمان آبیاری به ازای مقادیر گوناگون دبی قطره چکان ها (غیر استاندارد) باعث افزایش پیشروی جبهه ی رطوبتی در جهات افقی و عمودی می گردد که خود موجب تلفات آب می گردد. با کنترل طراحی توسط این مدل میزان دبی به طور متوسط ۲۰ تا ۵۰ درصد نسب به طراحی های صورت گرفته کاهش پیدا یافته است. با این میزان کاهش دبی می تواند در مصرف آب نیز تا ۵۰ درصد صرفه جویی نمود. درصد کاهش میزان دبی و آب مصرفی در جدول ۶ قابل مشاهده می باشد. با توجه به استاندارد انجمن مهندسين کشاورزی آمریکا در صورتی که میزان یکنواختی پخش بیش از ۹۰ درصد باشد قطره چکان مورد بررسی در کلاس عالی قرار می گیرد. این در صورتی است که یکنواختی پخش آب در قطره چکان های مورد بررسی در طرح ها با توجه به دفترچه طراحی آن ها ۸۵٪ بوده است ولی با استفاده از محاسبات نرم افزار

است و لذا با توجه به رابطه پیوستگی میزان دبی نیز به مقدار ۲۰ تا ۵۰٪ کاهش یافته است. لذا با استفاده از این مدل و با توجه به کاهش میزان دبی، به مقدار حدود ۵۰ درصد در مصرف آب صرفه‌جویی شده و با توجه به کاهش تغییرات دبی میزان یکنواختی به بیش از ۹۱٪ رسیده است. امید می‌رود که طراحان سیستم‌های آبیاری تحت فشار از جمله آبیاری قطره‌ای با استفاده از مدل‌های ساده و در عین حال مدرن‌تر و دقیق‌تر، سعی در بهینه کردن مصرف آب نه با بالا رفتن راندمان بلکه با افزایش یکنواختی توزیع آب و کاهش مصرف آب بپردازند.



شکل ۳- نمودار بار فشار در مقابل فاصله قطره‌چکان از انتهای لوله

## منابع

- باغانی، ج و خزایی، م. ۱۳۷۸. بررسی و مقایسه دو روش آبیاری شیاری و قطره‌ای بر عملکرد و کیفیت خربزه. نشریه شماره ۱۳۱. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی.
- بهمنش. ج.، یگانه، ز و رضایی، ح. ارزیابی فنی آبیاری قطره‌ای در برخی باغ‌های شهرستان مرند. ۱۳۹۱. مجله پژوهش آب در کشاورزی. جلد ۲۶. شماره ۴.
- بی آزار، ش.، احتشامی، م.، عبادی، ه.، فیفایی، و.ر. ارزیابی هیدرولیکی سیستم‌های آبیاری قطره‌ای داخل خط در باغ‌های مرکبات غرب مازندران. ۱۳۸۶. پژوهشنامه علوم کشاورزی. جلد ۱. شماره ۹.
- قدمی فیروزآبادی، و سیدان س. م. ۱۳۸۱. بررسی عملکرد سیستم‌های آبیاری و معرفی بهترین گزینه‌ها به منظور

جدول ۶- کاهش میزان دبی و آب مصرفی

نام	زمان ساعت	دبی لیتر بر ساعت	کاهش دبی		کاهش آب مصرفی (لیتر)
			درصد	طراحی	
A	۵/۵	۳/۰	۲۶/۱	۲۲/۰	۱۶/۳
B	۴/۰	۳/۶	۹/۶	۱۶/۰	۱۴/۵
C	۵/۰	۲/۷	۳۱/۷	۲۰/۰	۱۳/۷
D	۵/۵	۲/۹	۲۷/۳	۲۲/۰	۱۶/۰
E	۳/۵	۲/۸	۳۱/۱	۱۴/۰	۹/۶
F	۵/۰	۰/۹	۲۶/۳	۸۴/۰	۱۹/۹
G	۵/۵	۳/۰	۲۶/۱	۲۲/۰	۱۶/۳
H	۵/۰	۳/۳	۱۶/۶	۲۰/۰	۱۶/۷
I	۴/۵	۳/۴	۱۵/۸	۱۸/۰	۱۵/۲
J	۶/۰	۱/۹	۵۳/۰	۲۴/۰	۱۱/۳
K	۸/۰	۳/۰	۲۶/۱	۳۲/۰	۲۳/۶
L	۸/۰	۳/۸	۵/۹	۳۲/۰	۳۰/۱
M	۳/۵	۳/۶	۹/۶	۱۴/۰	۱۲/۷
N	۷/۰	۱/۷	۵۶/۵	۲۸/۰	۱۲/۲

جدول ۷- تغییرات میزان دبی و یکنواختی توزیع آن

تغییرات دبی	یکنواختی توزیع	
	نرم‌افزار	طرح‌ها
A	۰/۰۰۸	۰/۸۵
B	۰/۰۱۵	۰/۸۵
C	۰/۱۰۶	۰/۸۵
D	۰/۰۰۳	۰/۸۵
E	۰/۰۰۵	۰/۸۵
F	۰/۱۷۶	۰/۸۵
G	۰/۰۰۸	۰/۸۵
H	۰/۰۱۲	۰/۸۵
I	۰/۰۱۸	۰/۸۵
J	۰/۱۱۹	۰/۸۵
K	۰/۰۱۳	۰/۸۵
L	۰/۰۰۳	۰/۸۵
M	۰/۰۱۲	۰/۸۵
N	۰/۰۵۱	۰/۸۵

بنابراین به نظر می‌رسد که این نوع آبیاری از لحاظ صرفه‌جویی در مصرف آب، یکی از بهترین روش‌ها به شمار می‌آید. در این پژوهش نشان داده شده است که با استفاده از مدل نه چندان پیچیده hydrocalc می‌توان طراحی هیدرولیکی سیستم‌های قطره‌ای را بهبود بخشید. نتایج نشان دادند که با استفاده از این مدل میزان افت فشار در قطره‌چکان‌ها به میزان ۳۰ تا ۷۰٪ کاهش یافته است. میزان سرعت بهینه حرکت آب در لوله با توجه به نوع و اندازه لوله ۲۰ تا ۶۰٪ کاهش یافته

York. p: 72-73.

Mansour.H.A., Tayel,M.Y., Lightfoo,D.A. and El-Gindy,A.M.2010. Energy and Water Saving by Using Closed Circuits of Mini-Sprinkler Irrigation Systems, Agriculture Science Journal, Vol. 1, No. 3, pp. 1-9.

Rareş,H.C.Z. 2009. Designing A Drip Irrigation System Using Hydrocalc Irrigation Planning. Research Journal of Agricultural Science, 41(1), 420-425.

Valipour,M. 2012. Sprinkle and Trickle Irrigation System Design Using Tapered Pipes for Pressure Loss Adjusting. Journal of Agricultural Science; Vol. 4, No. 12.

Warrick,A.W. and Shani,U. 1996. Soil-limiting flow from subsurface emitters.II: Effect on uniformity. J. Irrig. and Drain. Engine. 122: 5. 296-300.

افزایش بازده آبیاری در استان همدان . سازمان مدیریت و برنامه ریزی استان همدان، 250 صفحه.

نقوی،ه.، حسینی نیاء،م.، کریمی گوغری،ش وایراندوست م.۱۳۹۱. توانایی مدل Hydrus 2D در شبیه سازی توزیع رطوبت در خاک تحت سیستم آبیاری قطره ای زیرسطحی.مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک. سال شانزدهم،شماره ۶۱.پاییز ۱۳۹۱.

Halbac,R. and C. Zamfir.2009. Designing A Drip Irrigation System Using Hydrocalc Irrigation Planning. Research Journal of Agricultural Science, 41 (1).

Keller,j. and Bliesner,D.R. 1990. Sprinkle and Trickle irrigation. AVI book. Van Nostrand Reinhold. New

## Optimization Of Water Use By Hydraulic Design Controlling Of Drip Irrigation Systems Using Hydrocalc Software

M.Salarian\*<sup>۱</sup>, H.Ansari<sup>۲</sup>, M.Bayram<sup>۳</sup>, A.Takarli<sup>۴</sup>

Received: Sep.3, 2013

Accepted: May.14, 2014

### Abstract

The agricultural section is the largest consumer of water in the world. In recent decades, limited water resources for agricultural purposes on one hand and population increase on the other hand, made the development and application of modern methods of irrigation inevitable. The use of pressurized irrigation systems such as drip irrigation is an effective option to increase water use efficiency, therefore optimal designs are required. In the present study, for optimizing the basic hydraulic calculations of 14 drip irrigation scheme, located in 14 cities in Mazandaran province, Hydrocalc planning software was used. Then the design data were compared with data from the software. The results show that by using this model the amount of pressure reduction in emitter, declines by 30 to 70 percent. Optimal velocity and amount of water in the pipe has been reduced from 20 to 60 percent. According to the continuity equation, the flow rate is reduced by 20 to 50 percent. Thus, by using this model and due to the flow rate reduction, the average savings in water use are about 50 percent and uniformity rate has reached over 91 percent.

**Key words:** Optimization, Uniformity, Productivity, Planning, Hydrocalc

---

۱- Master science Graduated in Irrigation and Drainage, Ferdowsi University of Mashhad

۲- Associate professor in Department of Water Engineering, Agriculture College Ferdowsi University of Mashhad

۳- Master science Graduated in Hydraulic Structure, Bu-Ali Sina University of Hamedan

۴- Master science Graduated in Irrigation and Drainage, Bu-Ali Sina University of Hamedan

(\* - Corresponding author Email: salarian\_mohammad@yahoo.com)



