

آشنایی با آبیاری کابلی

ترجمه و تدوین:

گروه کار آبیاری مکانیزه و میکرو
کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

وزارت نیرو



آشنایی با آبیاری کابلی

این کتاب ترجمه‌ای است از:

*Cablegation Systems for Irrigation:
Description, Design, Installation
and Performance*

ترجمه و تدوین:

گروه کار آبیاری مکانیزه و میکرو
کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

دکتر سعید نی ریزی
مهندس نادر حیدری

دکتر سعید نی ریزی
مهندس مهدی ماهرانی

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ
الْحُكْمُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ
إِنَّا نَعْلَمُ مَا تَعْمَلُونَ

وزارت نیرو

دفتر توسعه‌ی شبکه‌های آبیاری و زهکشی کمیته‌ی ملی آبیاری و زهکشی

نام کتاب: آشنایی با آبیاری کابلی

تهیه کننده: کمیته‌ی ملی آبیاری و زهکشی ایران

ویراستار: عزیزالله حاجی مشهدی

ناشر: کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

تیواز: ۱۰۰۰ نسخه

چاپ اول: ۱۳۷۶

حروفچینی: دفتر توسعه‌ی شبکه‌های آبیاری و زهکشی

(حق چاپ برابر دفتر توسعه‌ی شبکه‌های آبیاری و زهکشی نهاد وزارت است)

پیش‌گفتار

بسمه تعالیٰ

کمبود جهانی منابع آب مناسب برای توسعه‌ی کشاورزی توجه گسترده‌ی را به امر افزایش کارآبی روش‌های آبیاری جلب نموده استه اگرچه روش‌های آبیاری تحت فشار بدین لحاظ از میزان بازدهی آبیاری به نسبت بالایی برخوردار بوده ولی تأمین انرژی آن به ویژه در کشورهای توسعه یافته هزینه قابل ملاحظه‌ی را تشکیل داده که گسترش این روش‌ها را محدود نموده استه به منظور حذف این محدودیت پژوهش‌های وسیعی در زمینه‌ی مکانیزه کردن و افزایش بازدهی روش‌های آبیاری سطحی که به انرژی کمتری نیاز دارند، در این کشورها به عمل آمده و پیوسته ادامه دارد.

آبیاری کابلی که در واقع یکی از روش‌های مکانیزه‌ی سطحی قلمداد می‌گردد از جمله‌ی این نولوئری‌ها و حاصل پژوهش‌های چند دهه‌ی اخیر می‌باشد. در این روش با صرف انرژی بسیار محدود کارآبی آبیاری نشتی افزایش پیدا می‌نماید.

کتاب حاضر که با عنوان «آشنایی با آبیاری کابلی» توسط «کمیته‌ی ملی آبیاری و زهکشی» منتشر می‌شود و در اختیار علاقمندان قرار می‌گیرد به اجمالی به معرفی این روش می‌پردازد بخش دوم این کتاب که به جزییات طراحی این روش توجه دارد در دست ترجمه بوده و انشاء‌الله در آینده‌ی نزدیک در اختیار مهندسان و کارشناسان فن قرار خواهد گرفت.

در اینجا لازم می‌داند از اعضای گروه کار «آبیاری مکانیزه و میکرو» که ترجمه و ویرایش کلیات کتاب آبیاری کابلی را بر عهده داشته و برای آشنایی علاقمندان آماده ساخته‌اند، تشکر نمایم.

هم چنین از آقای عزیزالله حاجی مشهدی که ویرایش ادبی کتاب را با صبر و حوصله به پایان رساندند صمیمانه قدردانی می‌شود.

امید است با استفاده از کمک‌های فکری استادان، متخصصان و سایر دستاندرکاران مهندسی آب کشور، کمیته‌ی ملی آبیاری و زهکشی بتواند در راستای اهداف خود گام‌های مؤثری برداشته و سهمی هر چند کوچک در توسعه‌ی فعالیت‌های مهندسی آب و خاک کشور داشته باشد.

سید اسدالله اسداللهی
دیر کمیته‌ی ملی آبیاری و زهکشی ایران

صفحهفهرست

۱	- مقدمه
۳	- مفهوم کلی آبیاری کابلی و اجزای اصلی آن
۳	-۱- مفهوم کلی
۴	-۲- اندازه‌ی لوله و شیب زمین
۶	-۳-۲- ویژگی‌های توبی‌ها، کابل‌ها، فرقه‌ها و اتصال لوله‌ها
۷	-۴-۲- کابل‌ها
۷	-۵-۲- فرقه‌ها
۷	-۶-۲- مکانیسم کنترل سرعت
۹	-۷-۲- خروجی‌ها
۱۱	-۳- تخمین مقدار جریان آب ورودی به شیار از روی مدل
۱۱	-۱-۳- دقت مدل و تأثیرات ناشی از تغییرات شیب لوله بر میزان خروج آب
۱۲	-۲-۳- سرعت توبی و مقدار آب ورودی به شیار
۱۲	-۳-۳- اصلاحات لازم در مقدار آب ورودی به شیار
۱۷	-۴-۳- اعمال ویژگی‌های نفوذپذیری خاک در مدل
۱۷	-۵- پیش‌بینی روان - آب
۱۷	-۶-۳- پیش‌بینی توزیع نفوذ آب
۲۰	-۴- طراحی و نصب
۲۰	-۴-۱- طراحی اولیه و برآورد هزینه‌های مربوطه
۳۰	-۴-۲- همگون‌سازی سیستم آبیاری با شرایط مزرعه
۳۰	-۴-۳- اطلاعات کلی مورد نیاز
۳۰	-۴-۴- رقوم‌های خاص مورد نیاز
۳۳	-۵-۴- افت فشار در سازه‌ها، لوله‌های فرعی و اتصالات
۴۰	-۵- اصلاحات و اطلاعات به منظور رفع نیازهای ویژه
۴۰	-۵-۱- فشار بالا و کاهش انرژی

- ۴۱ - مقابله با تغییرات در میزان نفوذپذیری
- ۴۲ - تنظیم اندازه‌ی خروجی
- ۴۳ - تغییر در مقدار کل دبی ورودی
- ۴۴ - آبیاری موجی
- ۴۵ - متراکم شدن خاک شیار در اثر عبور چرخ ماشین آلات
- ۴۶ - خروجی‌های مربوط به شست و شوی رسوبات
- ۴۷ - سازه‌ی تبدیل
- ۵۰ - انحرافات دبی در انتهای خط لوله و راه حل‌هایی به منظوریه حداقل رساندن آن
- ۵۰ - مشکل و مسئله
- ۵۴ - سیستم‌های انتقال
- ۵۶ - سیستم‌های مجرای فرعی
- ۵۸ - توبیخ‌های چندگانه به منظور کنترل آب و کاهش انرژی آن
- ۵۹ - تنظیم مقدار جریان در شیارهای دارای مشکل
- ۶۱ - سیستم آبیاری کابلی به منظور آبیاری نوارهای دارای پشت‌بندی
- ۶۳ - اصلاحات لازم به منظور ایجاد شرایط آبیاری موجی
- ۶۳ - مسدودکردن انتهای مسیر آبیاری کابلی به منظور جلوگیری از نشت آب
- ۶۴ - کاربرد مدل رایانه‌ای جریان آب در لوله
- ۷۰ - روابط بدون بعد برای تعیین و پیش‌بینی توزیع مکانی نفوذپذیری
- ۷۶ - کاهش انرژی در مسیر سیستم آبیاری کابلی
- ۷۶ - نیاز به کاهش انرژی
- ۷۶ - مزیت کاهش انرژی در داخل لوله
- ۷۷ - تغییرات و اصلاحات لازم در یک سیستم آبیاری کابلی به منظور ایجاد آبیاری موجی
- ۷۸ - تغییرات میزان نفوذپذیری با زمان
- ۸۰ - تأثیرات ناشی از آبیاری موجی و تراکم خاک
- ۸۲ - شرایطی که تحت آن مقدار نفوذ آب در خاک با ظرفیت توزیع آب انطباق دارد

پیش‌گفتار گروه کار:

استفاده از روش‌های پیشرفته آبیاری طی سالهای اخیر در دنیا متداول شده است و این روند بواسطه سهولت کاربرد، راندمان بالا و استفاده مؤثر از حجم آب رو به افزایش است. امروزه افزایش قیمت انرژی مناسب با افزایش قیمت محصولات کشاورزی نیست و این امر موجب بروز مشکلات عدیده‌ای برای اکثر کشورهای جهان شده است.

با توجه به مسئله فوق، ضرورت استفاده و کاربرد سیستم‌های پیشرفته به جای سیستم‌های سنتی، غیرقابل اغماض است و در این زمینه کوشش‌های بسیاری جهت ابداع، توسعه و بهبود روش‌هایی که بتواند از نیروها و مؤلفه‌های موجود در منطقه همانند نیروی نقل استفاده شود، انجام گرفته است.

آبیاری کابلی "Cablegation" یکی از روش‌های ابداعی و پیشرفته می‌باشد که امروزه طرحهای مطالعاتی زیادی در سطح مزرعه، بر روی آن انجام گرفته است و هدف آن اصلاح و کاهش بخشی از مشکلات سیستم‌های دیگر در زمینه انرژی می‌باشد. در این کتاب سعی شده است ابتدا کلیاتی در مورد سیستم فوق به کارشناسان و هلاقتمندان در زمینه نحوه کاربرد و استفاده از آن و همچنین کارآیی روش فوق توجیه و تفهیم شود و سپس مطالعی در جهت آشنایی کامل با سیستم ادوات و لوازم مورد نیاز، ضوابط طراحی و نصب، سازه‌های انتقال، نحوه تنظیم جریانهای آب در شرایط مختلف، کاربرد مدل‌های رایانه‌ای و تغییرات نفوذپذیری با زمان مورد بحث قرار گرفته است.

مطالب فوق موجب آگاهی و آشنایی بیشتر کارشناسان با روش عمل این سیستم و نحوه طراحی و کاربرد آن می‌باشد که می‌تواند به توسعه آن در سطح کشور کمک مؤثری نماید. لزوم شروع تحقیقات در سطح مزرعه با توجه به شرایط متنوع آب و هوایی کشور و امکان تولید ادوات و تجهیزات مورد نیاز سیستم، به نظر می‌رسد این کتاب می‌تواند پایه و مبنای مناسبی جهت این اقدام باشد.

در پایان از کمیته ملی آبیاری و زهکشی بواسطه در اختیار گذاشتن امکانات و حمایتهای مداوم قدردانی بعمل می‌آید. همچنین از اقدامات و تلاشهای آقای مهندس مهرزاد احسانی که در ویرایش اولیه و جمع‌بندی این کتاب کمک شایانی نمودند سپاسگزاری می‌شود.

از گروه تایپ، بوریزه خواهر محترمه خانم سهیلا کمالوکه کارهای محوله را با حوصله و دقیق سامان دادند تشکر می‌نماید.

گروه کار آبیاری مکانیزه و میکرو

مقدمه

با تشدید مسئله‌ی رقابت در بخش کشاورزی و محدودیت منابع آبی، لزوم کاهش نهاده‌ی نیروی انسانی و افزایش بازدهی کاربرد آب در امر آبیاری مورد توجه کشاورزان قرار گرفت. روش‌های آبیاری بارانی مانند مستر پیوت می‌توانستند به این اهداف جامه‌ی عمل پیو شانند. در گذشته که هزینه‌های مربوط به مصرف انرژی پایین بود، توجیه اقتصادی استفاده‌ی از آن‌ها نیز منطقی به نظر می‌رسید. اما باید در نظر داشت که افزایش هزینه‌های تأمین انرژی قابل مقایسه با افزایش قیمت محصولات کشاورزی نبوده و این افزایش در قیمت انرژی مصرفی در سیستم‌های آبیاری، سود خالص کشاورزانی را که از این انرژی گران‌قیمت مصرف می‌نمایند، به میزان قابل توجهی کاهش داده است. از طرفی منابع سوخت‌های فسیلی نیز محدود بوده و توسعه و میزان برداشت از آن‌ها در نهایت منجر به کمبود سوخت و افزایش مداوم قیمت انرژی می‌گردد. نتایج بروزی‌های به عمل آمده در غرب ایالات متحده به منظور تعیین مصرف انرژی در سیستم‌های آبیاری مزارع نشان داده است که ۳۰ تا ۵۰ درصد از انرژی غیرخورشیدی که در کشت محصول ذرت با استفاده از روش آبیاری بارانی به مصرف می‌رسد، در زمان آبیاری می‌باشد. ۶۰ تا ۸۰ درصد کل انرژی مصرفی در زراعت لویبا و یونجه نیز که به کودهای «ازته» نیاز نداشته و یا نیاز کمی دارند ناشی از اعمال روش آبیاری بارانی است. به طور معمول میزان انرژی مورد نیاز در آبیاری بارانی ۳-۵ برابر میزان انرژی لازم برای به کارگیری تراکتورها و ماشین‌آلات در مزرعه می‌باشد.

با توجه به مسائل ذکر شده، لزوم ابداع، توسعه و بهبود روش‌های دیگر آبیاری که نیاز به انرژی کمتری دارند در راستای پایداری اقتصادی مزارع آبی بیشتر احساس می‌گردد. دولت‌ها و بخش صنایع گام‌های مؤثری، در جهت کاهش مصرف انرژی در آبیاری بارانی برداشته‌اند. به هر حال ملاحظات و بررسی‌های عملی، نشان می‌دهد که کاهش مصرف انرژی در حدود ۴۰ درصد مقدار اولیه در آبیاری بارانی مورد نیاز اساسی می‌باشد. کشاورزانی که در عمل با اصلاح روش‌های آبیاری سطحی موفق به دستیابی به بازدهی

دلخواه شوند، قادر خواهند بود که از یکی از بیشترین هزینه‌هایی را که برای استفاده از انرژی در عملیات زراعی مصرف می‌نمایند، را صرف‌محوبی نمایند.

این کتاب اطلاعاتی را در زمینه‌ی نوع جدیدی از آبیاری سطحی خودکار در اختیار علاقه‌مندان قرار می‌دهد. از آنجایی که در این سیستم از «کابل»^۱ به منظور کنترل بهره‌برداری سیستم استفاده می‌گردد، لذا این روش تحت عنوان «شبکه‌های آبیاری کابلی»^۲ نامیده شده است. اهداف این کتاب عبارتند از:

- ۱ فراهم نمودن زمینه‌ی مناسب برای مصرف کنندگان واقعی برای تعیین همگونسازی این سیستم با نیازهای آنان.
- ۲ فراهم نمودن خط مشی‌هایی برای طراحان و نصب کنندۀ‌های این سیستم به منظور طراحی و احداث سیستم‌های آبیاری کابلی.
- ۳ ارایه‌ی توضیحاتی در زمینه‌ی قطعات و لوازمی که برای نصب، استفاده و نگهداری این سیستم‌ها، برای سازندگان و تهیه کنندگان لازم و ضروری به شمار می‌رود.
- ۴ ارایه‌ی پیشنهادهایی به دارندگان و استفاده کنندگان این شبکه به منظور افزایش سودمندی و بازدهی آن.

مفهوم کلی آبیاری کابلی و اجزای اصلی آن

مفهوم کلی :

آبیاری کابلی^۱ (براساس تعریف «کمپر»^۲ و همکاران ۱۹۸۱) نوعی از سیستم لوله‌های دریچه‌دار به شمار می‌رود. دریچه‌ها^۳ و یا خروجی‌ها^۴ در بخش فوقانی لوله قرار داشته و همیشه باز می‌باشند. لوله با شبیب بسیار دقیقی روی زمین قرار گرفته و یک توپی^۵ به آهستگی درون آن حرکت نموده و در نتیجه آب، به داخل شیارها و کرت‌های مزرعه جریان می‌یابد.

لوله‌ی فوق هم برای انتقال آب در کنار مزرعه و هم به منظور توزیع آب با مقادیر مساوی بین شیارها و یا کرت‌های مزرعه، مورد استفاده قرار می‌گیرد. اندازه‌ی قطر این لوله طوری انتخاب می‌شود که آب بتواند در هر شبیبی، بدون آنکه تمام سطح مقطع لوله را به طور کامل پر ننماید، جریان یابد (شکل شماره‌ی ۱). خروجی‌ها در نزدیکی بخش فوقانی لوله قرار داشته (با انحرافی حدود ۲۰ تا ۳۰ درجه نسبت به محور عمودی لوله به سمت مزرعه) و فاصله این خروجی‌ها روی لوله از یک دیگر برابر با فاصله جویچه‌ها^۶ و شیارها از یک دیگر می‌باشدند. آب در داخل لوله در سطحی پایین‌تر از خروجی‌ها جریان یافته و پس از رسیدن به توپی، مسیر حرکت آن مسدود گشته و لوله از آب پر شده و در نتیجه از خروجی‌هایی که در نزدیکی توپی قرار دارند خارج می‌شود. با پرشدن لوله فشار بار هیدرولیکی افزایش یافته و این عمل تا زمانی که میزان جریان خروجی و جریان ورودی برابر شود ادامه خواهد داشت. خروجی‌هایی که در نزدیکی توپی قرار دارند، زیر بیشترین فشار قرار داشته و میزان جریان آب خروجی از آن‌ها حد اکثر می‌باشد، در صورتی که آب از خروجی‌هایی که نسبت به فاصله‌ی دورتری از توپی قرار دارند، (هم‌چنان‌که در شکل

1- Cablegation

2- Kemper

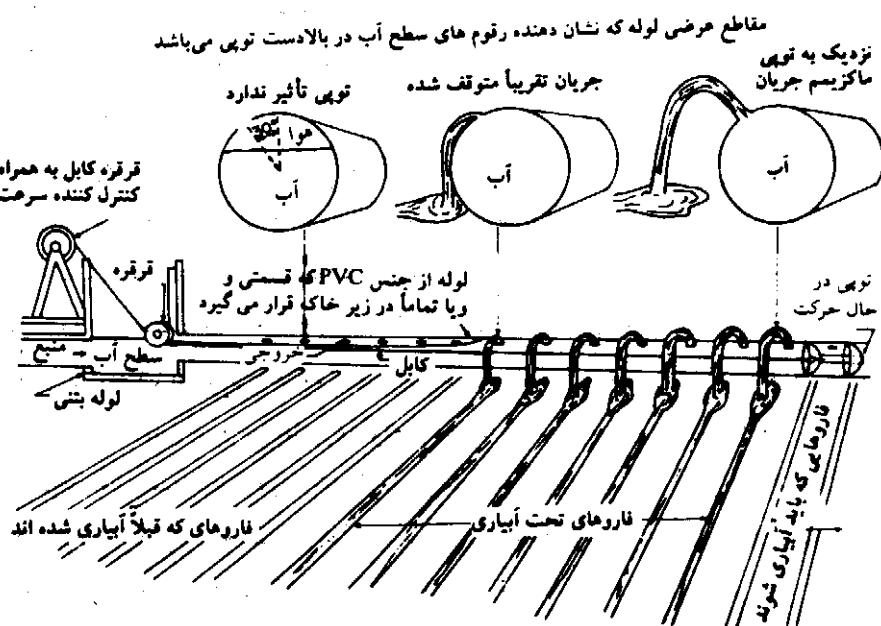
3- Gates

4- Outlets

5- Plug

6- Corrugates

شماره‌ی ۱ نشان داده شده است) با شدت کمتری خارج می‌شود. به منظور خودکار ساختن سیستم، توپی در داخل لوله و درجهٔ شیب موجود با یک سرعت کنترل شده حرکت می‌نماید. یک قرقره توسط یک کابل یا طناب سبک وزن به انتهای توپی متصل می‌باشد. سرعت آزادشدن کابل از قرقره موردنظر، سرعت حرکت توپی را به سمت جلو تعیین نموده و در نتیجه مراحل مختلف آبیاری در مزرعه انجام می‌شود. فشار آب، نیروی لازم برای حرکت توپی به سمت جلو را فراهم می‌سازد.



شکل شماره‌ی ۱- نمای کلی بخش‌های کنترل، لوله و خروجی‌ها در سیستم آبیاری کابلی

اندازه‌ی لوله و شیب زمین

قطر لوله مورد نیاز با توجه به میزان جریان آب، شیب زمینی که لوله بر روی آن قرار می‌گیرد، میزان زیری جداره‌های لوله و درجهٔ حرارت آب، تعیین می‌گردد. برای کارهای

عملی، چنین فرض می‌گردد که درجه‌ی حرارت آب آبیاری، در حد ${}^{\circ}\text{F}$ ۶ است. در چنین شرایطی فرمول «هیزن» و «ولیامز» به کار گرفته می‌شود:

$$H = 302 (\text{V/C})^{1.85} / \text{D}^{1.17} \quad (1)$$

که در این رابطه:

H : عبارت است از افت بار بر حسب فوت در هر صد فوت طول لوله

V : عبارت است از سرعت متوسط جریان آب در لوله بر حسب فوت در ثانیه

D : قطر داخلی لوله بر حسب فوت

C : عبارت است از ضریب زیری لوله

در لوله‌های PVC مقدار C برابر ۱۵۰، و در لوله‌های آلومینیومی به طور معمول ۱۳۰ در نظر گرفته می‌شود. سرعت متوسط عبارت است از مقدار جریانه عبوری تقسیم بر سطح مقطع عرضی لوله می‌باشد. مقادیر افت بار در اثر اصطکاک با استفاده از رابطه یک محاسبه می‌گردد و برای اندازه‌های مختلف لوله‌های PVC متداول و هم‌چنین لوله‌های آلومینیومی از نوع لوله درجه‌دار، مقادیر فوق در پیوست ارایه شده است.

به منظور جلوگیری از طولانی شدن زمان خروج آب از خروجی‌ها در هنگام کاهش دبی پیشنهاد می‌گردد (به شکل شماره ۶ و توضیحات مربوط به حل این پیشنهاد مراجعه نمایید). که میزان جریان آب در لوله لز ۸۵ درصد ظرفیت آن کمتر شد.

لوله باید با شبیب کامل‌آمد (دقیقی نصب و نگهداری شده، تا آب به طور یکنواخت و دلخواه پخش شود. در اراضی با شبیب کم (کمتر از نیم درصد) ارتفاع قرارگیری لوله بایستی نیم اینچ بالاتر از بستر طراحی شده باشد. سیستم‌های که بر روی زمین‌های با شبیب تند قرار داده می‌شوند، دارای قابلیت انعطاف پیشتری در مقابل تغییرات و انحرافات از شبیب طراحی شده نسبت به شبیب‌های ملایم و یکنواخت داشته و میزان پخش آب آن‌ها نیز نسبت به شبیب‌های ملایم، یکنواخت‌تر است.

در صورتی که قطر لوله‌ی به کار رفته، کمی بزرگ‌تر از حد مورد نیاز باشد، احتمال کمی وجود دارد که خروجی‌های موجود در آن بخش از لوله که کمی پایین‌تر از شبیب طراحی

شده قرار دارند بتوانند با دورشدن توپی به تراویش قطرات آب^۱ ادامه دهند. وجود تغییرات در طول زمین و وجود شبکهای مقاومت در طول لوله مستلزم اعمال تغییراتی در اندازه‌ی خروجی‌ها می‌باشد تا پخش یکنواخت انجام شود. حداقل شبکی که می‌توان شبکه‌ی آبیاری کابلی را با دقت مناسب اجرا و نگهداری نمود ۱/۰ درصد است.

ویژگی‌های توپی‌ها، کابل‌ها، فقره‌ها و اتصال لوله‌ها

اتصال توپی‌ها و لوله:

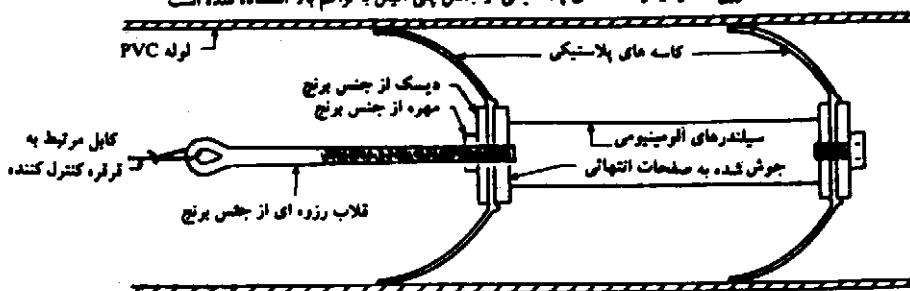
توپی باید به طور مناسب در داخل لوله قرار گیرد، تا میزان نشت آب از اطراف آن به حداقل ممکن رسیده و در عین حال بتواند با آزادشدن تدریجی کابل، به راحتی و آزادانه در داخل لوله حرکت نماید. چنان‌چه حرکت توپی، موجی و منقطع باشد، ممکن است منجر به پارگی کابل شود.

یک توپی دلخواه از دو کاسه‌ی^۲ پلاستیکی تشکیل شده است. که هریک از این کاسه‌ها، هم‌چنان‌که در شکل شماره‌ی ۲ دیده می‌شود به یک صفحه‌ی فلزی متصل می‌باشند، این صفحه‌ها نیز به توپهای خود به انتهای یک سیلندر آلومینیومی سبک، جوش داده شده‌اند. علت استفاده از دو کاسه به جای یک کاسه، آن است که حرکت توپی در یک مسیر مستقیم نگه‌داشته شده و در ضمن آب‌بندی داخل لوله نیز بهتر صورت گیرد. لبه‌ی کاسه‌ها طوری ساخته شده است که قادر به لغزش در داخل لوله باشد. اغلب لوله‌هایی که از جنس PVC هستند دارای مقطع دایره‌ی بی‌یکتواخنی می‌باشند. هنگامی که بخش‌های مختلف لوله تغییر‌شکل داده و به صورت بیضی درمی‌آیند، کاسه‌ها نیز به تناسب دچار تغییر‌شکل شده و در تیجه، آب‌بندی کاسه‌ها و لوله در حد مطلوب حفظ نمی‌شود. به طور معمول کارخانه‌های سازنده، قطر انتهای لوله را کوچک‌تر در نظر می‌گیرند تا اتصال لوله‌ها به یک دیگر به راحتی صورت پذیرد. البته این لوله‌ها را می‌توان بدون کوچک‌کردن قطر انتهایی آنها نیز سفارش داد. قطر انتهایی لوله‌هایی که باید به منظور جفت شدن در

لوله دیگری فرو روند، به طور معمول ۵ تا ۱۰ درصد کمتر از قطر لوله بعدی می‌باشد. توپی‌هایی که در داخل لوله هایی با چنین ساختمانی حرکت می‌کنند، باید از ماده‌های ساخته شوند که تا حدی دارای قابلیت فشردگی و انساط باشند. کاسه‌های از جنس «پلی‌اتیلن»، که در شکل شماره‌ی ۲ نشان داده شده‌اند، قادر چنین قابلیت‌هایی می‌باشند. چنان‌چه در مسیر لوله نیاز به نصب رایزر^۱ به وسیله‌ی بریدن لوله و استفاده از پوشش‌های سیمانی^۲ مناسب با اندازه‌ی لوله باشد، از به کاربردن چنین لوله‌هایی خودداری می‌شود.

میزان نشت آب از اطراف توپی بین ۱ تا ۲۰ گالان در دقیقه است. ولی به طور معمول این مقدار آب تلف شده، کمتر از مقدار آبی است که از انتهای مسدود مجموعه‌ی جوی‌هایی که توسط سیفون تغذیه می‌گردند، تلف می‌شود. چنان‌چه مقدار آب در دسترس کم باشد، انتهای لوله را می‌توان مسدود نموده و به این وسیله آبیاری ردیف‌های آخر را با همین مقدار نشت آب انجام داد.

توپی که در آن از کاسه‌های پلاستیک از جنس پلی‌اتیلن با تراکم بالا استفاده شده است



شکل شماره‌ی ۲ : جزئیات مربوط به ساختمان توپی‌ها

کابل‌ها

کابل مورد استفاده باید قادر به مقاومت در برابر نیروی فشار از طرف توپی، فشار واردہ از سوی آب و نیروهای موجی ناشی از تغییرات ناگهانی در سرعت حرکت توپی و یا مقدار جریان آب باشد. به منظور دستیابی به این اهداف، کابل باید قادر به تحمل بارهایی به وزن

۵۰ تا ۷۰ پوند (۲۳-۴۲ کیلوگرم) که بستگی به شبیب زمین، قطر و عمق خط لوله دارد، باشد. کابل‌های مورد استفاده در این سیستمها می‌توانند از انواع مختلفی، مانند نخ ماهیگیری نایلونی با قدرت تحمل فشار ۹۰ پوند (۴۱kg) تا کابل‌های فولادی و یا «پلی پروپیلن» با قدرت تحمل نیرویی برابر با ۵۰۰ پوند (۲۲۷kg) باشند. با افزایش قطر کابل‌های مورد استفاده، ابعاد قرقره‌ها نیز باید افزایش یابد تا طول بیشتری از کابل را بتوانند در خود جای دهند.

قرقره‌ها

مبناً طراحی قرقره‌ها بر این قرار است که در فواصل زمانی بین دو آبیاری بتوان کابل‌ها را به دور آن‌ها جمع نموده و یا ذر هنگام آبیاری بتوان کابل‌ها را به هر میزان که مورد نیاز می‌باشد باز کرد. هنگامی که سرعت ثابتی برای بازشدن قرقره موردنظر است، قطر کابلی که به دور قرقره پیچیده می‌شود باید زیاد متفاوت باشد. بنابراین با افزایش طول لوله‌ی مورد نیاز عرض قرقره‌ها نیز باید افزوده شود تا مقدار لوله‌ی بیشتری را بتوان به دور آن‌ها جمع نمود. هم‌چنین قرقره‌ها باید طوری طراحی شده باشند که بتوان آن‌ها را از مکانیسم کنترل سرعت جدا نمود (شکل شماره‌ی ۳). به طوری که پس از پایان یافتن آبیاری و خروج توپی از انتهای کابل، بتوان کابل را به طور دستی به دور قرقره جمع آوری کرد.

مکانیسم‌های کنترل سرعت

در اثر فشار آب، توپی در داخل لوله به سمت جلو حرکت می‌کند. سرعت پیشروی توپی را می‌توان با استفاده از مکانیسم‌های متعددی، بسته به نوع انرژی قابل دسترس در مزرعه، کنترل نمود. (اگر از باتری‌های معمولی اتومبیل استفاده شود، باید آن‌ها را روزانه تعویض نمود انرژی لازم برای کنترل سرعت را می‌توان از نیروی آب واردہ بر روی توپی، که از طریق کابل به قرقره منتقل می‌شود و یا از نیروی آب واردہ بر روی چرخ پرده‌دار^۱ به دست آورد.)

طرح ساده‌یی از یک دستگاه کنترل کننده برقی در شکل شماره‌ی ۳ نمایش داده شده است. این دستگاه با استفاده از باتری‌های ۱۲ ولتی و یا سایر وسایلی که توانند از جریان متناوب، برق ۱۲ ولت مستقیم با شدت ۲/۵ آمپر، تولید کنند، عمل می‌نمایند. با استفاده کامل از برق ۱۲ ولت، موتوری با قدرت ۱/۳۵ اسب بخار (جریان مستقیم)، با سرعت تقریبی معادل ۲۳۵۰ دور در دقیقه به کار افتاده و یک کاچنده‌ی سرعت از نوع دنده‌یی^۱ را که در محفظه‌یی قرار دارد به گردش در می‌آورد، که می‌تواند یک محور خروجی را با سرعتی برابر ۶ دور در دقیقه ببچرخاند. این محور به یک دنده‌ی ماریچی^۲ که دارای نسبت کاچنده^۳ ۱۷ به ۱ می‌باشد متصل می‌شود. چنان‌چه قطر اسمی قرقره ۱۰ اینچ (۲۵cm) باشد، سرعت پیش روی توبی ۵۵ فوت در ساعت (۱۷m/h) خواهد بود، اصطکاک موجود در بین چرخ دنده‌ها سبب کاهش سرعت موتور گشته و در نتیجه حداکثر سرعت واقعی بین ۴۰ تا ۵۰ فوت در ساعت (۱۵m/h) تا ۱۲) می‌باشد.

یک رئوستای^۴ ۸ اهمی و ۵۰ واتی، به صورت سری به موتور (با جریان مستقیم) متصل می‌شود، تا بتوان به سرعت‌های کنترل متفاوتی دست یافت. این امر امکان کاهش سرعت حرکت توبی را تا حد ۷ فوت در ساعت (۲/۱m/h) و یا ۱۶ درصد حداکثر سرعت ممکن فراهم می‌سازد. چنان‌چه بخواهیم سرعت دستگاه را از این حد نیز کمتر کنیم، موتور از کار خواهد افتاد، به ویژه هنگامی که باتری‌ها نیمه پر باشند. این امر منجر به توقف دنده‌ی ماریچ و در نتیجه سبب توقف توبی در همان نقطه در داخل لوله می‌شود، تا زمانی که رئوستای کنترل کننده‌ی سرعت، دوباره تنظیم شود.

خروجی‌ها

خروجی‌ها^۵ در یک شبکه‌ی آبیاری کابلی می‌توانند از نوع روزنه‌های ایجاد شده در

1- Gear - Reducer

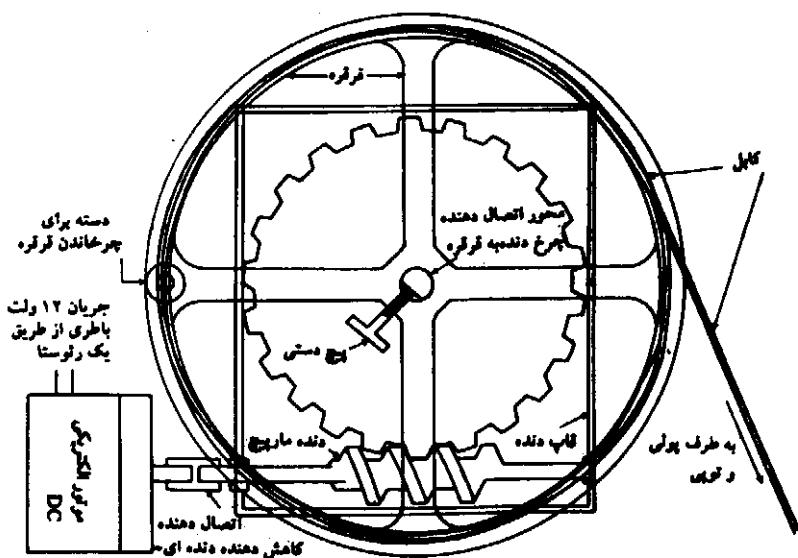
2- Worm - Gear

3- Reduction Ratio

4- Rheostat

5- Outlets

لوله توسط مته یا از نوع شیرهای قابل تنظیمی که روی رایزر نصب می‌شوند تشکیل گرددند. رایزرهای خروجی ها باید بیش از $\frac{1}{3}$ اینچ ($1/3\text{cm}$) در داخل لوله وارد شوند، تا مانع حرکت توپی در داخل لوله شوند. در خاک‌هایی که نفوذپذیری متغیری دارند، استفاده از خروجی‌های قابل تنظیم مناسب‌تر بوده و در نتیجه انعطاف و سهولت بیشتری را در طراحی سیستم به وجود می‌آورد. استفاده از رایزرهای این اجازه را به سیستم می‌دهند که بتوان لوله را در داخل زمین نصب نمود، تا مانع از عبور و مورور تراکتورها و سایر وسائل نقلیه عمومی کشاورزی نشوند. در سیستم‌های که میزان فشار وارد به توپی بالا می‌باشد باید از خروجی‌هایی که باعث کاهش انرژی^۱ می‌گردند (بیش از یک فوت یا $0/3$ متر) استفاده شود تا بتوان میزان فرسایش را کاهش داد. استفاده از خروجی‌های نوع «قطع‌کننده» باعث افزایش یکنواختی کاربرد آب در اکثر خاک‌ها می‌شود. تعداد خروجی‌های مورد نیاز بستگی به فاصله‌ی بین شیارها و عرض نوارها دارد.



شکل شماره‌ی ۳: جزئیات مربوط به ساختمان قرقره‌ها، موتور و اتصالات مربوطه که سرعت حرکت کابل را کنترل می‌کنند.

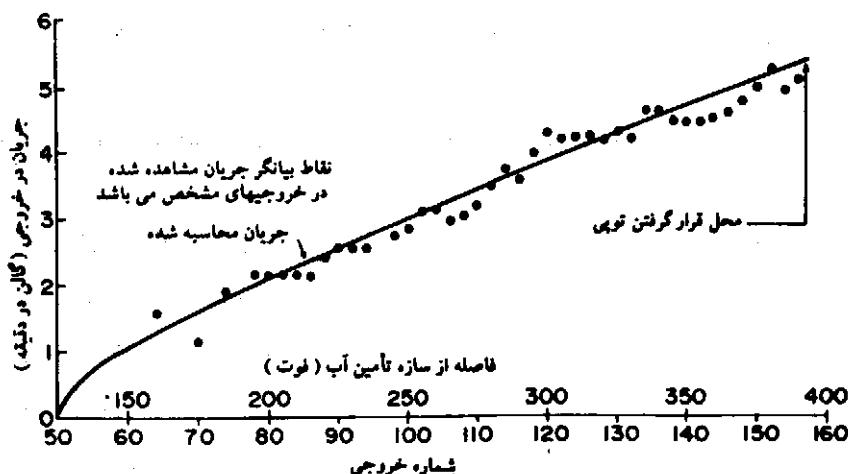
تخمین مقدار جریان آب ورودی به شیار از روی مدل

دقت مدل و تأثیرات ناشی از تغییرات شیب لوله بر میزان خروج آب

با استفاده از یک مدل رایانه‌یی و یا عملیات محاسباتی ساده می‌توان مقدار جریان آب ورودی به شیارها را هنگامی که توبیخ در اواسط لوله قرار دارد را محاسبه نمود. در شکل شماره‌ی ۴، اطلاعات به دست آمده در مورد میزان دبی خروجی در یک سیستم آبیاری کابلی که در مزرعه‌ی تحقیقاتی دانشگاه «آیداهو» (کیمبرلی)^۱ راه‌اندازی شده است، مورد مقایسه قرار گرفته و به طورکلی ارقام دارای همبستگی خوبی می‌باشند. همبستگی موجود منجر به تأیید و ایجاد اطمینان و اعتماد نسبت به کارآیی روش پیش‌بینی مقادیر آب ورودی به شیارها در شبکه‌ی آبیاری کابلی شده است.

اندازه‌گیری‌های به عمل آمده توسط "Goel" و همکاران در سال ۱۹۸۲ نشان داده است که ۸۰ درصد خطاهای و انحرافات مشاهده شده در میزان جریان آب پیش‌بینی شده، در ارتباط با بالاتر و یا پایین‌تر قرار داشتن لوله از رقوم طراحی شده در ابتدای شیارها می‌باشد. در چنین سیستمی که شیب لوله ۲۸/۰ درصد می‌باشد، چنان‌چه لوله یک اینچ بالاتر یا پایین‌تر از رقوم طراحی شده قرار داشته باشد، شدت جریان آب ورودی به شیارها به ترتیب به میزان ۱۲ درصد کمتر و یا بیشتر از حد محاسبه شده خواهد بود. چنان‌چه شیب لوله زیاد باشد، تأثیرات ناشی از تغییرات تراز لوله از رقوم طراحی شده، بر میزان جریان آب کم‌تر است.

روابط مربوط به مقدار جریان از خروجی‌ها نشان می‌دهند که انحراف رقوم دارای اثرات بیشتری بر میزان آب خروجی، نسبت به کاهش مقدار و فشار جریان در اثر حرکت توبیخ به سمت جلو دارا می‌باشد.



شکل شماره‌ی ۴: مقادیر محاسبه و اندازه‌گیری شده مربوط به مقدار جریان آب از خروجی‌ها در طول لوله

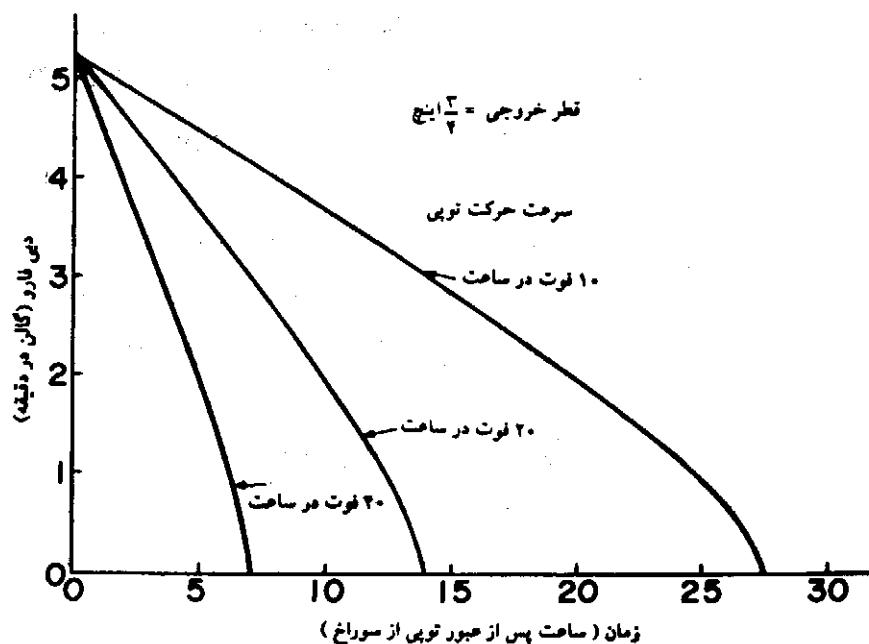
سرعت توپی و مقدار آب ورودی به شیار

با استفاده از مدل تأیید شده، تأثیرات ناشی از سرعت حرکت توپی و اندازه خروجی‌ها بر میزان جریان آب ورودی به شیارها مشخص می‌شود. شکل شماره‌ی ۵ اثرات ناشی از سرعت حرکت توپی را بر میزان آب ورودی به شیار، هنگامی که قطر خروجی و میزان جریان آب در لوله ثابت باشند را نشان می‌دهد. مقدار کل آب ورودی به شیار متناسب با سطح زیر منحنی بوده که رابطه‌ی معکوسی با سرعت حرکت توپی دارد. تنظیم سرعت حرکت توپی، نخستین گام به منظور تعیین میزان آب آبیاری مزرعه و هم‌چنین تعیین کننده‌ی مدت زمانی است که آب در شیار جریان می‌یابد به شمار می‌رود.

اصلاحات لازم در مقدار آب ورودی به شیار

به طور معمول در اولین آبیاری (حالت خاک آب) که شدت نفوذپذیری خاک بسیار بالا می‌باشد ضروری است که مقدار جریان ورودی به شیار افزایش داده شود تا جریان آب در

شیار در طول زمان مناسب و قابل قبولی به انتهای شیار برسد. یکی از راههای افزایش مقدار آب ورودی به شیارها، افزایش مقدار جریان آب، یا دبی لوله است.



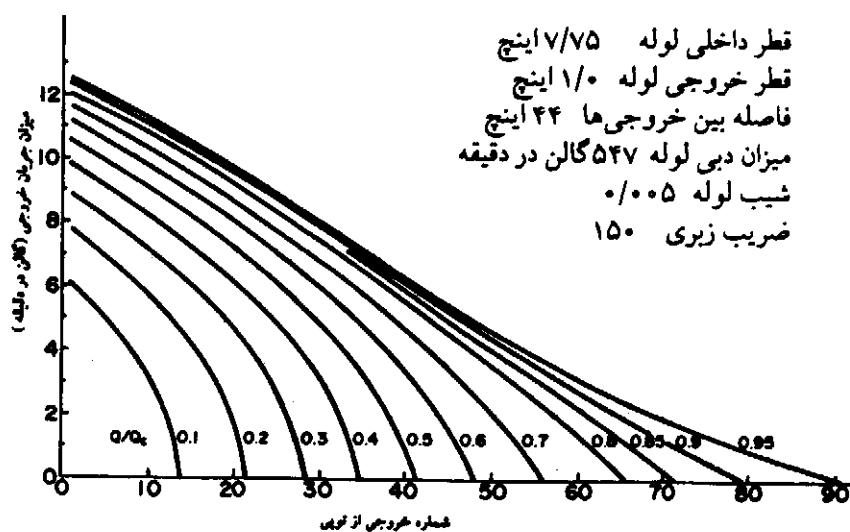
شکل شماره ۵: تأثیرات ناشی از زمان و سرعت توپی بر روی مقدار جریان آب در شیار پس از آنکه توپی از خروجی موردنظر عبور نماید.

همان طوری که در شکل شماره ۶ نشان داده شده است، افزایش مقدار دبی لوله (Q) از $4/۰$ حداکثر ظرفیت آن (Q_c) به $۸/۰$ ، مقدار اولیه آب ورودی به لوله را تنها به میزان ۲۰% افزایش می دهد. باید توجه داشت که با افزایش دبی لوله (Q) به سمت حداکثر ظرفیت لوله ($1 \rightarrow \frac{Q}{Q_c}$)، مدت زمان ورود آب به شیار در دبی های کم، طولانی می شود. خارج شدن این مقدار آب از خروجی ها، احتمالاً تنها می تواند بخش های بالایی مزرعه را آبیاری کند و سبب افزایش عدم یکنواختی آبیاری می شود. بنابراین، با توجه به مطالب گفته شده، پیشنهاد می شود که مقدار دبی ورودی به لوله کمتر از $۸/۰$ حداکثر ظرفیت آن باشد ($Q_c/۸/۰$). افزایش میزان جریان آب در لوله اغلب نمی تواند

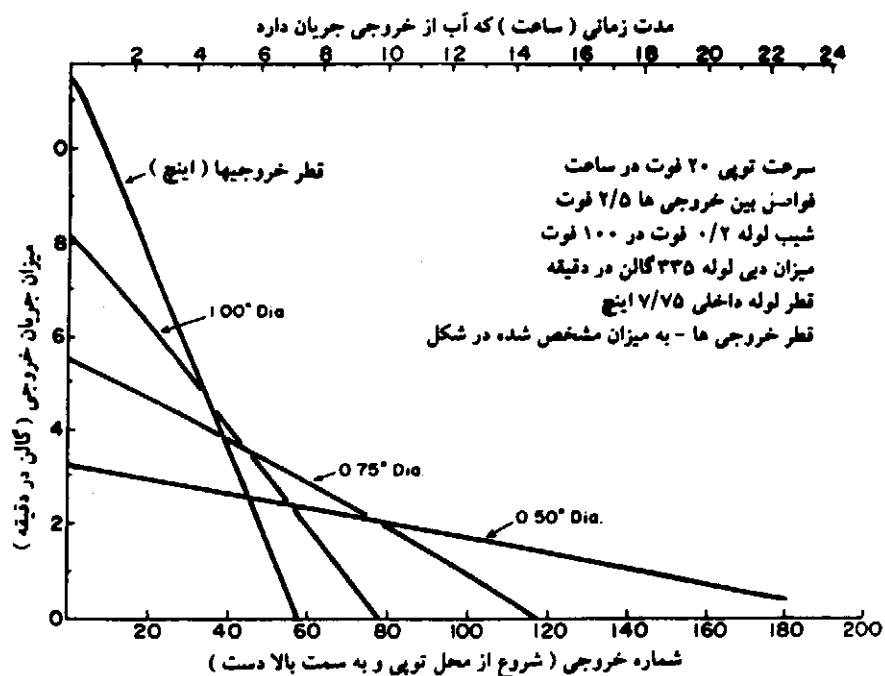
پاسخگوی آب مورد نیاز نخستین آبیاری پس از شخم در شیارها باشد. برای این منظور باید میزان نفوذ در شیارها را کاهش داد. بعضی موارد برای دستیابی به این منظور می‌توان از فشرده کردن شیار ("Kemper" و همکاران، ۱۹۸۲) و یا روش آبیاری موجی استفاده کرد. ("Bishop" و همکاران، ۱۹۸۱)، اگرچه در بعضی از موارد و در بعضی از خاک‌ها، ایجاد تغییرات اساسی در میزان دبی آب ورودی به شیار، دلخواه به شمار می‌رود. انجام این عمل مستلزم تغییر در اندازه خروجی‌ها می‌باشد.

شکل شماره‌ی ۷ میزان تغییرات اعمال شده در دبی آب را که می‌توان با تغییر اندازه‌ی خروجی بدست آورده، نشان می‌دهد. چنان‌چه فشار آب در محل خروجی ثابت بماند، مقدار دبی خروجی‌ها متناسب با سطح مقطع خروجی و یا مجدور قطر منافذ دایره‌بی شکل می‌باشد.

چنان‌چه اندازه‌ی کلیه‌ی خروجی‌ها در طول لوله افزایش یابد فشار آب در لوله کاهش یافته و میزان جریان آب از خروجی‌ها با توان $\frac{3}{2}$ کاهش می‌یابد. در صورتی که این توان در مورد یک خروجی متفرد دایره‌بی شکل عددی معادل ۲ می‌باشد.



شکل شماره‌ی ۶: توزیع میزان جریان آب خروجی؛ نسبت‌های مختلف ظرفیت جریان لوله

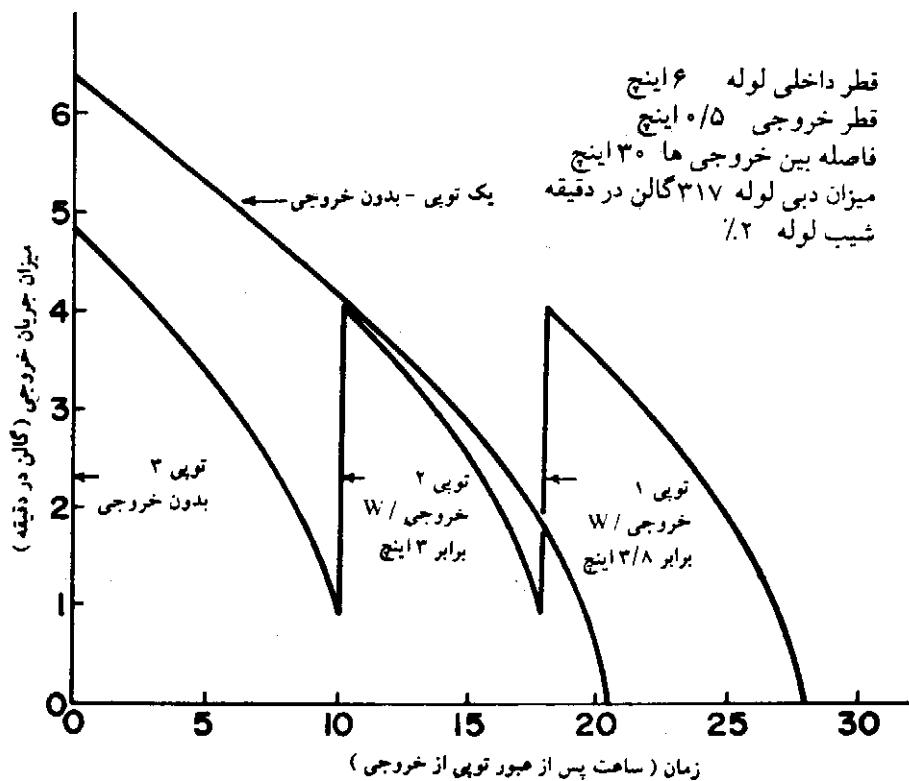


شکل شماره‌ی ۷. تأثیر اندازه خروجی‌ها بر روی تعداد خروجی‌هایی که آب از آن‌ها جاری می‌شود و مقدار جریان و مدت زمان مربوطه

شکل شماره‌ی ۸ تاییج به دست آمده از یک مدل که در آن از سه توب متحرک به دنبال یک دیگر به منظور خارج کردن آب از لوله، قرار گرفته‌اند را نشان می‌دهد. این مدل در شرایطی که دبی آب زیاد بوده و خط لوله‌ها در شیب زیاد قرار گرفته‌اند مورد نیاز بوده و استفاده می‌شود. دو توبی که در بالا دست واقع شده‌اند دارای خروجی‌های مدور و یا منافذی می‌باشند، که بخشی از جریان آب از آن‌ها عبور کرده و به پایین دست آن‌ها منتقل می‌شود. توبی دیگر که در پایین دست واقع شده است به طور قراردادی در طراحی در نظر گرفته شده است. از این روش به منظور کاهش حداکثر فشار و میزان دبی آب و رساندن آب

به تعداد بیشتری از شیارها در مدت زمان طولانی استفاده می‌شود. با تعیینی روزنمه‌های کوچک‌تر در توپی‌ها و یا طولانی‌تر در نظرگرفتن فاصله‌ی بین توپی‌ها، جریان آب بلا فاصله در پایین دست توپی‌های بالادست متوقف گشته و آبیاری متناوب و یا موجی ایجاد می‌شود.

آبیاری موجی می‌تواند حداقل در برخی از موارد، سبب بهبود یکنواختی کاربرد آب در شیار گشته و هم‌چنین در محل‌هایی که طول شیار بسیار طولانی می‌باشد قادر به مرطوب نمودن آن‌ها شود.



شکل شماره‌ی ۸: تأثیرات ناشی از توپی‌های چندگانه (در شیب تند)

اعمال ویژگی‌های نفوذپذیری خاک در مدل

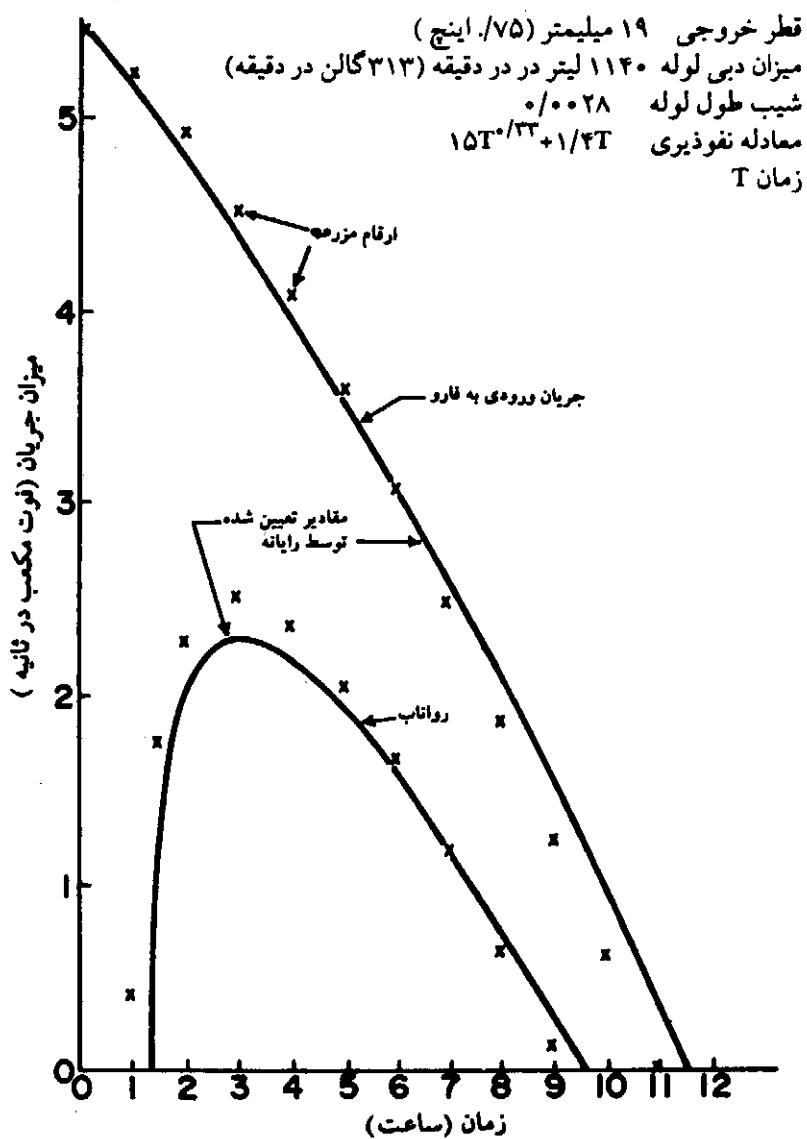
چنان‌چه بتوان معادله‌یی را در تشریح میزان جذب آب در یک شیار به عنوان تابعی از زمان به دست آورد، در آن صورت با استفاده از یک مدل گسترده‌ی رایانه‌یی^۱ می‌توان میزان نفوذ آب را در شیارهای مزرعه برآورد نمود ("Kincaid" و "Kemper" ۱۹۸۲). این نمونه با استفاده از معادله‌ی نفوذ آب، شبیب مزرعه و مقدار آب ورودی به شیار، سرعت پیشروی آب در شیارها را محاسبه می‌کند. سرعت پیشروی آب نیز خود زمان نفوذ آب در طول شیار را به دست می‌دهد.

پیش‌بینی روان - آب

شکل شماره‌ی ۹ نشان دهنده مقایسه‌یی بین دبی ورودی به شیار و میزان روان - آب محاسبه شده و ارقام حاصله از آزمایش‌های به عمل آمده در مزرعه می‌باشد. خطوط این نمودار نشان دهنده پیش‌بینی‌هایی است که توسط مدل گسترده‌ی رایانه‌یی به عمل آمده است و علامت ضربیدر، نشان دهنده‌ی متوسط ارقام به دست آمده در مزرعه از چندین شیار مختلف می‌باشد. پیش‌بینی به عمل آمده توسط کامپیوتر دارای همبستگی خوبی با متوسط اطلاعات به دست آمده از مزرعه می‌باشد. سطح واقع بین دو منحنی متناسب با میزان آب نفوذی بوده و سطح زیر منحنی روان - آب، با مقدار روان - آب برابر است، فاصله عمودی بین دو منحنی نشان دهنده‌ی مقدار آب ورودی به شیار در تمام طول مسیر در هر لحظه، پس از شروع روان - آب می‌باشد.

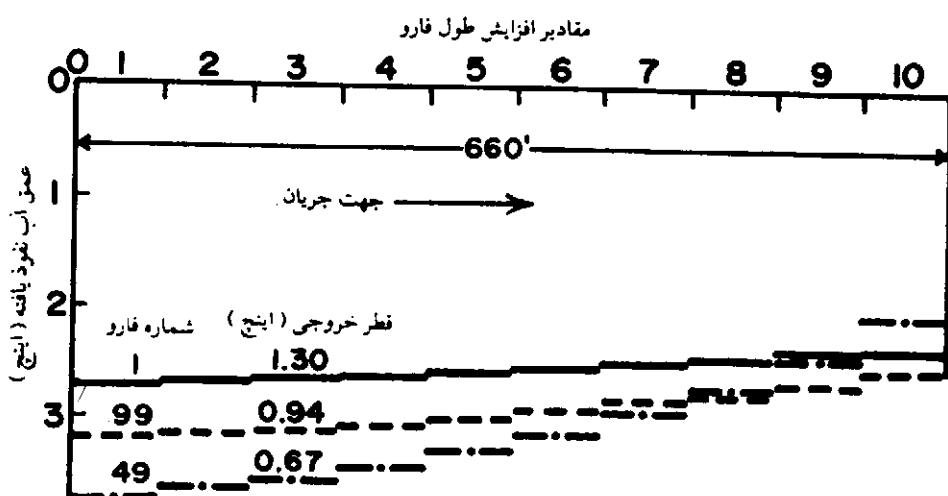
پیش‌بینی توزیع نفوذ آب

چنان‌چه مدل گسترده‌ی رایانه‌یی، با معادله‌ی شدت نفوذ آب،^۲ همراه شود، قادر



شکل شماره‌ی ۹: مقدار جریان آب ورودی و روان - آب محاسبه شده در شیار در مقایسه با مقادیر اندازه‌گیری شده (متوسط ۸ شیار)

خواهد بود که میزان توزیع، آب نفوذی را در طول شیارهای انتخابی، در طی پیشرفت مراحل مختلف آبیاری، برآورد نماید. با فرض این که رابطه‌ی ارایه شده در شکل شماره‌ی ۹، نشان‌دهنده‌ی مقدار نفوذ به عنوان تابعی از زمان تماس در تمامی نقاط مزرعه باشد، نمونه‌ی از مقدار آب نفوذ یافته در امتداد سه شیار، پس از آبیاری در شکل شماره‌ی ۱۰ نشان داده شده است. قطر خروجی‌های لوله نیز در شکل شماره‌ی ۱۰ ارایه گردیده‌اند. از این نمونه به منظور اصلاح طراحی سیستم استفاده می‌شود تا مقدار آب نفوذی در مقایسه با آنچه که در شکل موردنظر نشان داده شده است، دارای یکنواختی بیشتری باشد.



شکل شماره‌ی ۱۰: توزیع آب نفوذی‌یافته در شیارهای انتخابی

طراحی و نصب

طراحی اولیه و برآوردهزینه‌های مربوطه

بسیاری از کشاورزان، پیش از آنکه بتوانند در زمینه‌ی نصب یک سیستم جدید در مزرعه تصمیم بگیرند، باید یک برآورد اولیه از هزینه‌ها داشته باشند. روش است که لوله‌ها بیشترین سهم را در هزینه‌های مربوط به آبیاری کابلی به خود اختصاص می‌دهند. طول لوله‌ی مورد نیاز در آبیاری کابلی به طور معمول برابر با طول نهرهای زراعی می‌باشد. اطلاعات اولیه خاصی که به منظور تعیین اندازه‌ی لوله موردنیاز می‌باشد، عبارتند از: حداکثر مقدار جریان یا دبی آب که باید توسط سیستم منتقل شود و حداقل شبیی که در طول مسیر لوله وجود دارد.

در محاسبه‌ی حداقل شبیب، باید به خاطر داشت که بخشی از افت بار به طور معمول در مدخل سازه‌های ورودی، سازه‌های آشغال‌گیر^۱ و غیره، در ابتدای خط لوله رخ می‌دهد. هزینه‌ی مربوط به لوله‌ها با افزایش قطر آن‌ها، به سرعت بالا می‌رود، از طرفی قطر لوله‌ی مورد نیاز با افزایش شبیب حداقل، کاهش می‌باید. تسطیح اراضی در ابتدای مسیر، به منظور یکتواختی بیشتر شبیب موجود، اغلب منجر به افزایش شبیب حداقل و در نتیجه کاهش قطر لوله و هزینه‌های مربوطه می‌شود. به طور معمول قطر لوله‌های موجود عبارتند از ۴، ۶، ۸، ۱۰، ۱۲، ۱۵، ۲۰ اینچ. (۳۸/۱، ۳۰/۵، ۲۵/۴، ۲۰/۳، ۱۵/۲، ۱۰/۳ متر).

انتخاب نوع لوله ممکن است تابع ویژگی‌های موردنظر سرمایه‌گذار باشد ولی در شرایط عادی انتخاب متنوعی پیش رو قرار دارد. با توجه به هزینه‌های جاری و احتمال قرار گرفتن بخشی از لوله‌ها در زیرخاک، به طور معمول از لوله‌های PVC «پلی وینیل کلراید» استفاده می‌شود. نوع PVC که برای ساخت لوله‌های دریچه‌دار مورد استفاده قرار می‌گیرند، در فرمول ساخت خود دارای اکسیدهای فلزی هستند که منجر به افزایش مقاومت آن‌ها در مقابل تخریب ناشی از تابش اشعه‌ی خورشید می‌شود. در سیستم‌های که در حال حاضر نصب و راهاندازی شده‌اند لوله‌های PIP (لوله‌های آبیاری پلاستیکی)^۲

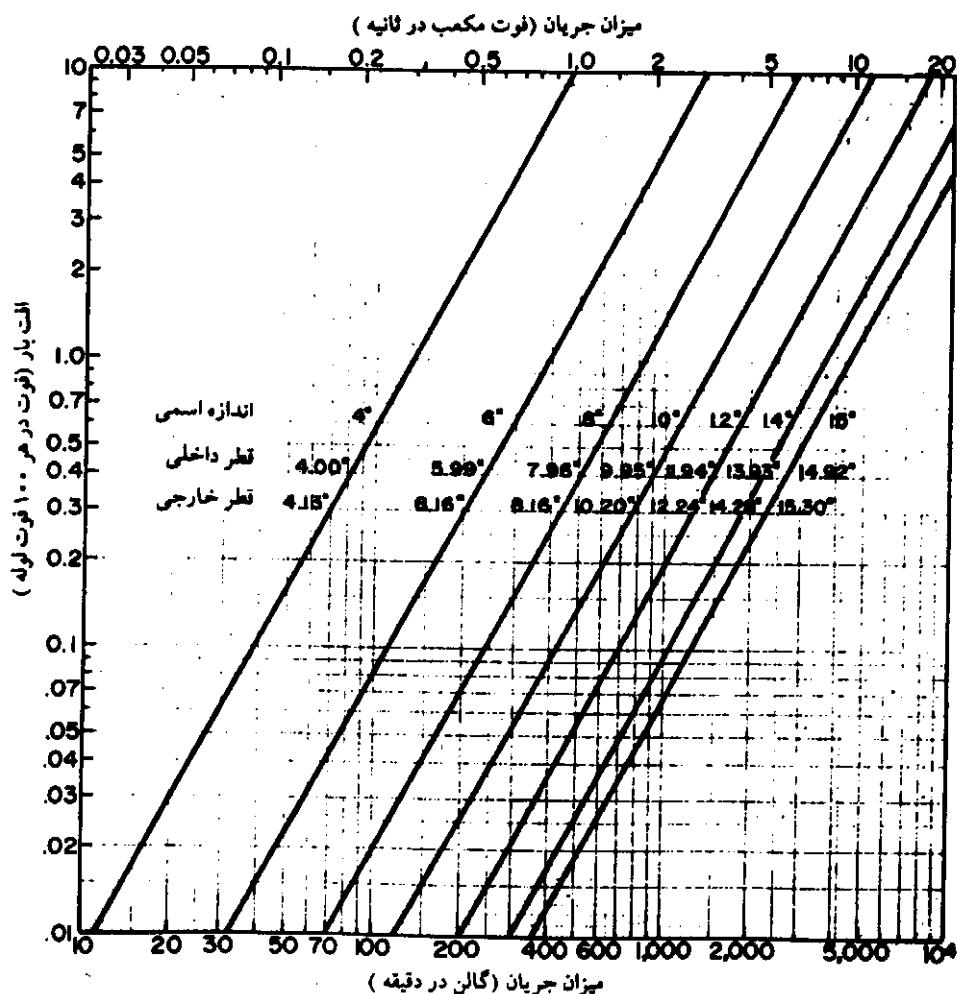
استفاده شده است، زیرا نسبت به لوله‌های دریچه‌دار ارزان‌تر می‌باشد. زارعین به طور معمول تعامل دارند که لوله‌ها در زیر خاک قرار گیرند. با وجود آنکه لوله‌های PIP عملکرد مفیدتر و مؤثرتری برای ۳ سال متواتی دارند، ولی مسئله‌ی تخریب آن‌ها با گذشت زمان و مراقبت به منظور حفظ پوشش آن‌ها در زیر خاک، قبل از ارایه‌ی هرگونه پیشنهادی به جای نصب سطحی آن‌ها نیازمند بررسی و ارزیابی دقیق می‌باشد. قطر مورد نیاز لوله با مراجعت به نمودار مربوط به افت بار ناشی از اصطکاک برای هر نوع لوله‌ی ارایه شده است و با یافتن نقطه‌یی در روی محور افت بار که برابر با شبیب حداقل مسیر لوله بوده و نقطه‌یی در روی محور میزان جریان که مساوی با $1/18$ برابر حداکثر مقدار جریان می‌باشد، انتخاب می‌شود. اولین خطی که در سمت راست نقطه‌ی تلاقی قرار دارد مربوط به خطی است که قطر لوله را تعیین می‌نماید.

برای مثال، فرض کنید که حداقل شبیب، $4/0$ درصد ($4/0$ فوت در هر 100 فوت) می‌باشد، و حداکثر مقدار جریان آب 700 گالن در دقیقه (44 لیتر در ثانیه) است، در نتیجه $1/18$ برابر حداکثر مقدار جریان برابر با 826 گالن در دقیقه (52 لیتر در ثانیه) می‌شود. چنان‌چه خط لوله‌ی آبیاری کابلی، به صورت سطحی مورد استفاده قرار گیرد، استفاده از لوله‌ی دریچه‌دار مقاوم در برابر تابش اشعه خورشید پیشنهاد می‌شود، که نمودار مربوط به افت بار آن در شکل‌های بعدی ارایه شده است.

محل تلاقی افت فشار $4/0$ فوت در هر 100 فوت و مقدار جریان برابر با 826 گالن در دقیقه (52 لیتر در ثانیه) را بر روی نمودار بباید. خطی که بلافاصله در سمت راست این نقطه قرار دارد مربوط به لوله با قطر 10 اینچ ($25/4$ سانتی‌متر) می‌باشد.

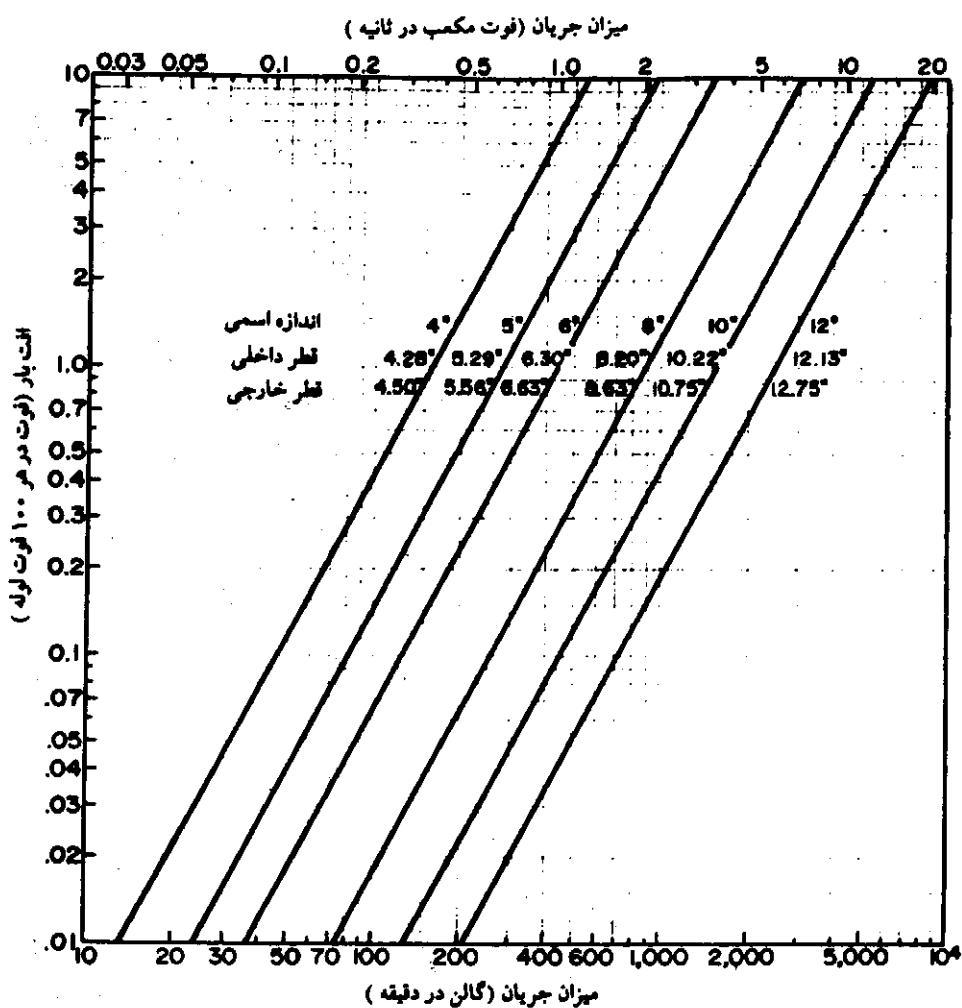
علاوه بر هزینه مربوط به لوله‌ها، ممکن است هزینه‌های دیگری در ارتباط با سیستم کنترل، دریچه‌های مربوط به خروجی‌ها، دریچه‌های آشغال‌گیر، تسطیح، شبیب‌بندی و نصب نیز وجود داشته باشد.

سیستم کنترل، باتری‌ها، لوله و توپی، بسته به اندازه و پیچیدگی آن‌ها هزینه‌یی بالغ بر 300 تا 1000 دلار را به خود اختصاص می‌دهند. (براساس ارزش دلار در سال 1982) جمع کل این هزینه‌ها ممکن است دو برابر هزینه‌ی مربوط به لوله‌ها باشد.

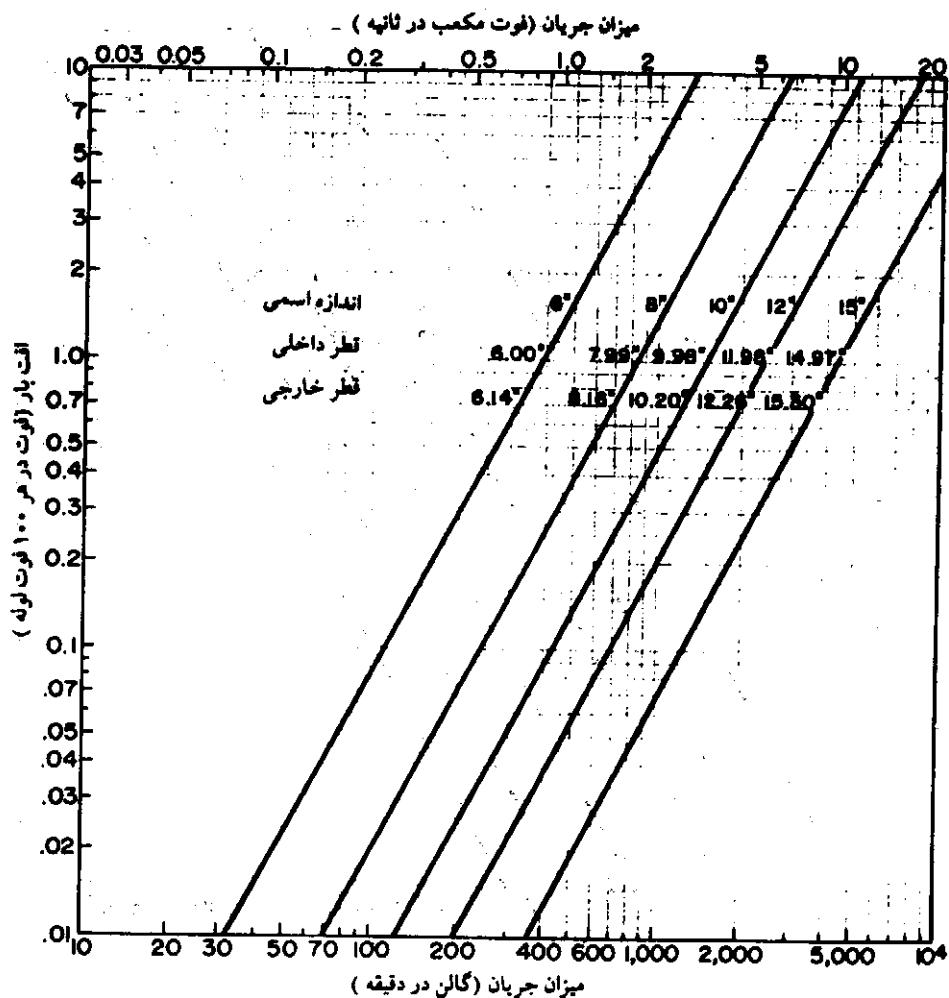


شکل شماره‌ی ۱۱- افت بار ناشی از اصطکاک در لوله‌های آبیاری از جنس پلاستیک (PIP) در اندازه‌های PVC با مشخصات ۵۰ پوند بر اینچ مریع، SDR81

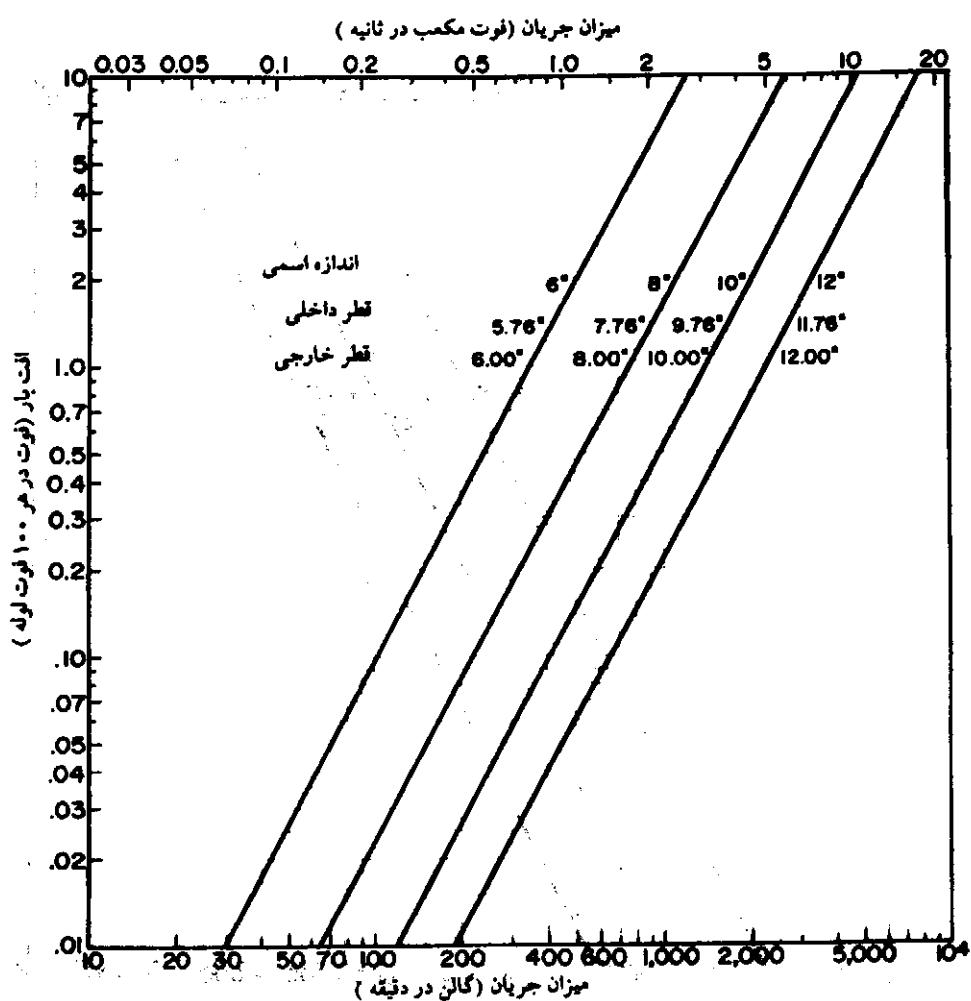
$$\text{نسبت بعد استاناده} = \frac{\text{قطر لوله}}{\text{ضخامت دیواره}} \text{ برابر} 81 \text{ است.}$$



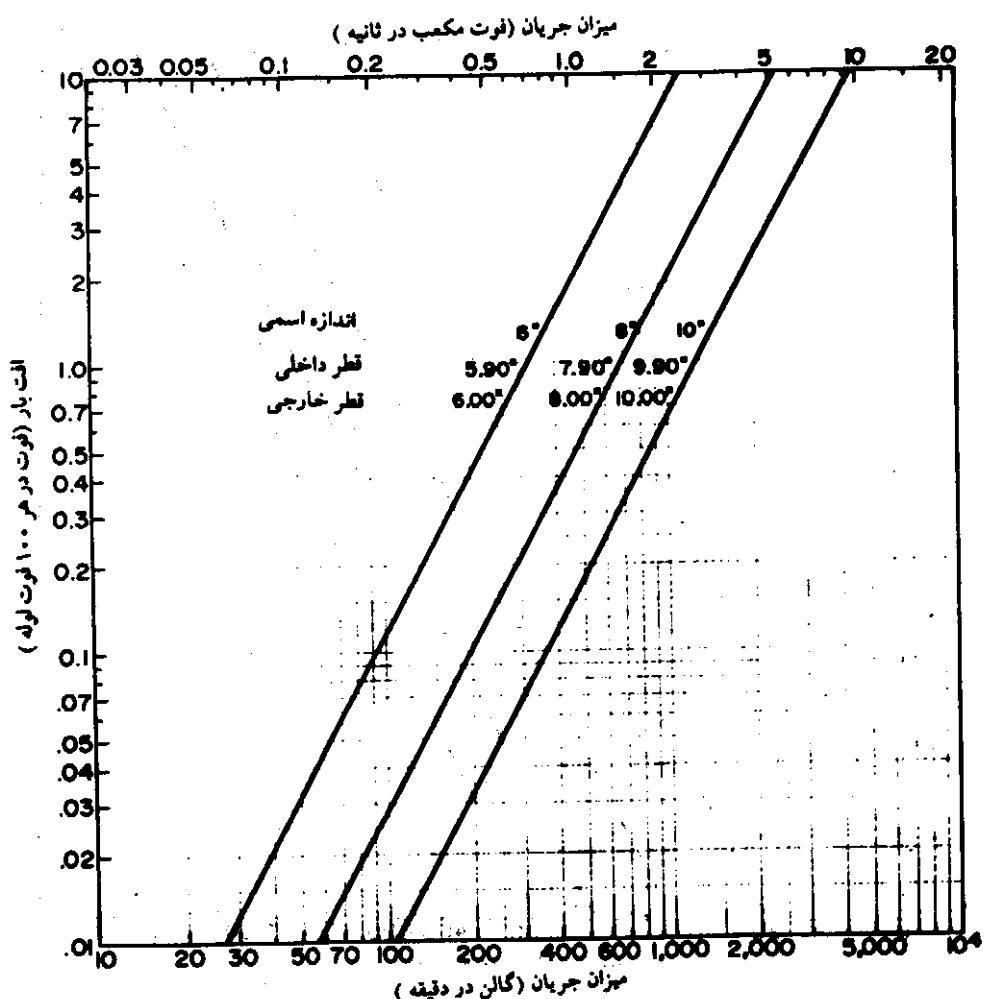
شکل شماره ۱۲- افت بار ناشی از اصطکاک در لوله های PIP و در اندازه های لوله PVC با مشخصات ۱۰۰ پوند بر اینچ مربع و SDR 41



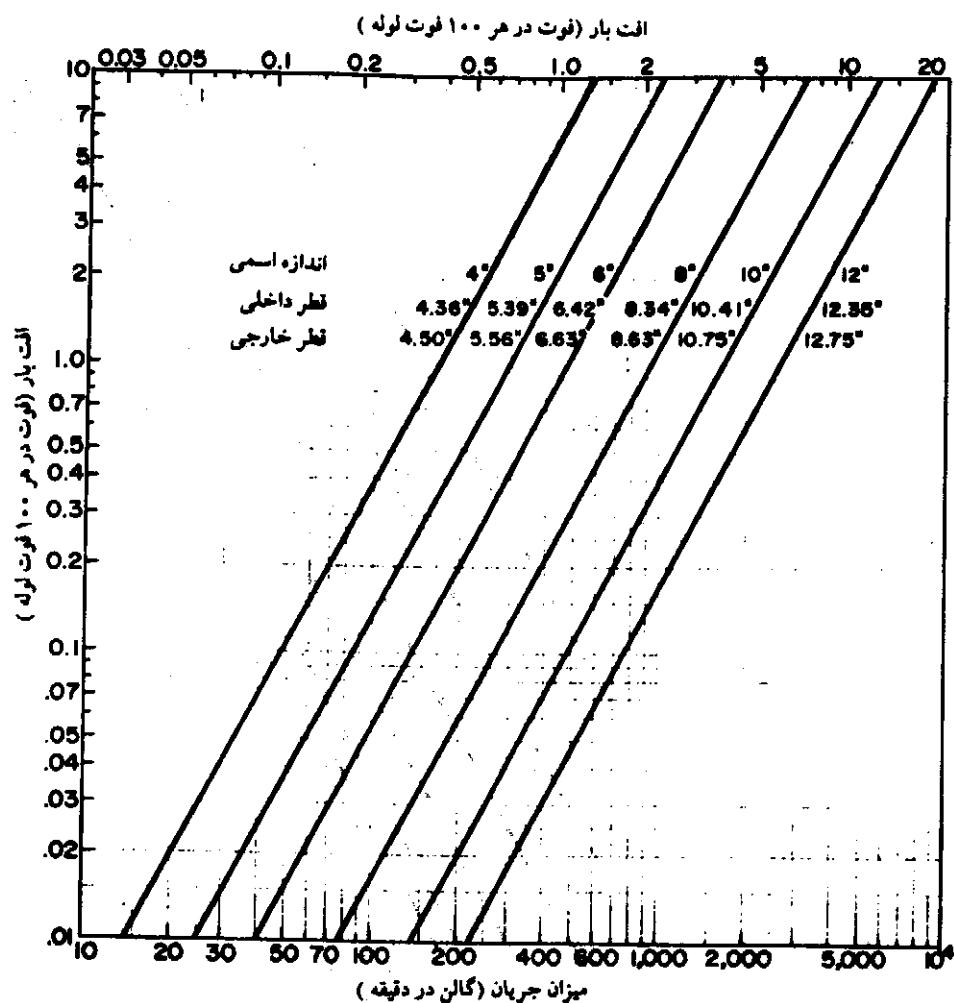
شکل شماره‌ی ۱۳ - افت بار ناشی از اصطکاک در لوله‌های PIP، در اندازه‌های لوله PVC با وزن‌های میزان بار برابر ۱۰۰ فوت = ۴۳ پوند بر اینچ مربع و SDR 93



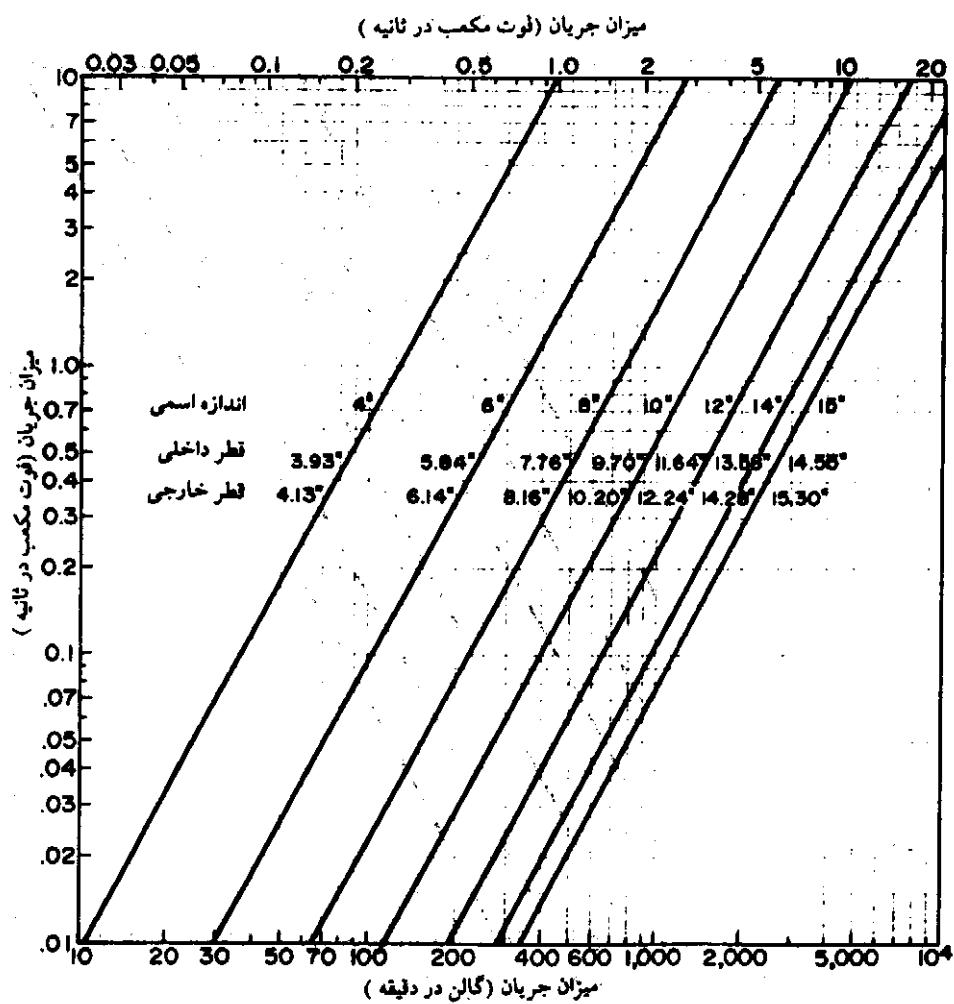
شکل شماره‌ی ۱۴- افت بار ناشی از اصطکاک در لوله‌های دریچه‌دار
در اندازه‌های لوله PVC



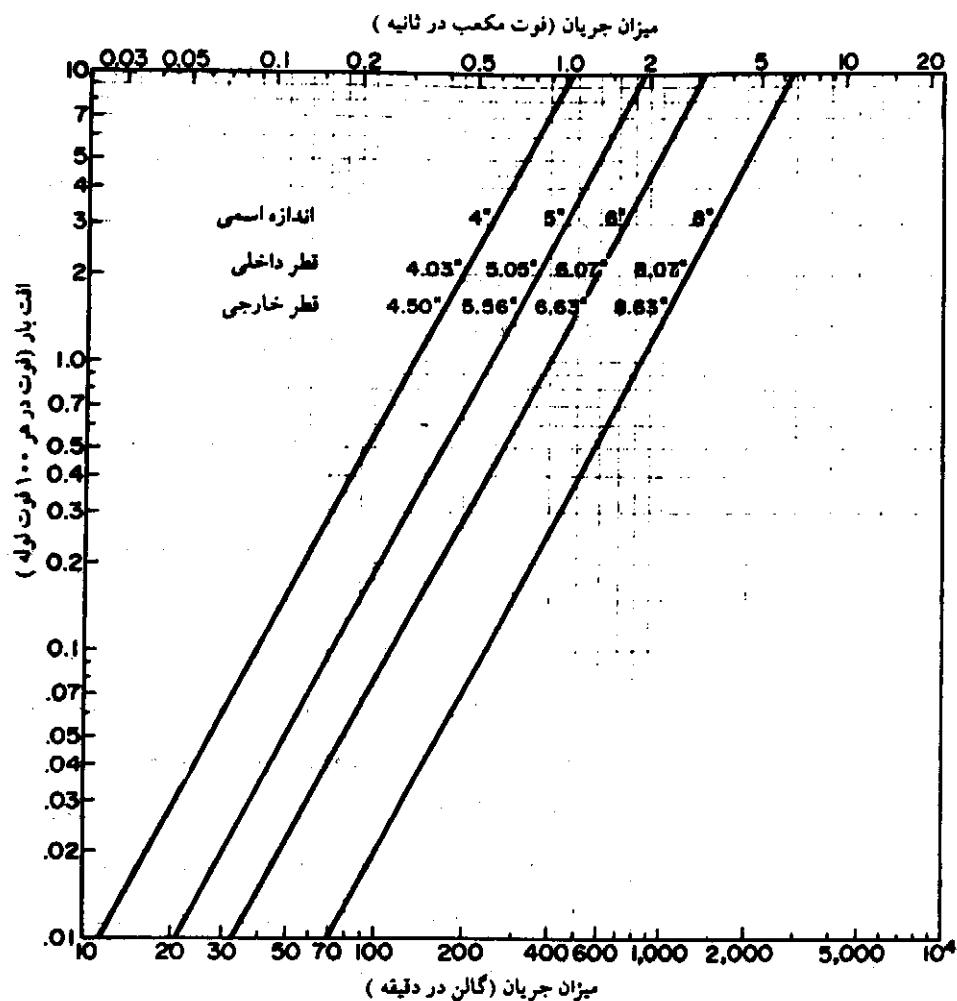
شکل شماره‌ی ۱۵- افت باز ناشی از اصطکاک در لوله‌های دریچه‌دار
در اندازه‌های لوله‌ی آلمینیومی، ضرب اصطکاک «هیزن - ویلیامز»
C برابر ۱۳۰ فرض می‌شود.



شکل شماره‌ی ۱۶- افت بار ناشی از اصلکاک در IPS (اندازه‌ی لوله آهنی) در اندازه‌های لوله PVC (۶۳ پوند بر اینچ مربع) و DSR 64



شکل شماره‌ی ۱۷- افت بار ناشی از اصطکاک در IPS (اندازه‌ی لوله آهنی) برای لوله‌ی PVC با وزگی‌های ۱۰۰ پوند بر اینچ مربع و SDR 41



شکل شماره‌ی ۱۸- افت بار ناشی از اصطکاک در IPS (اندازه‌ی لوله آهنی)
با ویژگی‌های Schedule -۴۰ لوله از جنس PVC

همگون سازی سیستم آبیاری با شرایط مزرعه

اطلاعات کلی مورد نیاز:

چنان‌چه برآورده اولیه‌ی هزینه‌ها و منافع حاصله، کشاورزان را مقاعده به استفاده از این سیستم بنماید، اطلاعات دیگری نیز در مورد محل و هم‌چنین عملیات روش آبیاری قبلی مورد نیاز می‌باشد. این اطلاعات در پرسشنامه‌یی که در شکل شماره‌ی ۱۹ ارایه شده آمده است. این اطلاعات شامل شبیب مزرعه، ویژگی‌های خاک‌ها، مقدار دبی یا آب مورد نیاز و سایر ویژگی‌های خاص مربوط به سیستم می‌باشند. سایر نیازمندی‌های خاص کشاورز، نقطه‌نظرات وی و دستورالعمل‌های بهره‌برداری نیز باید در نظر گرفته شوند.

رقوم‌های خاص مورد نیاز:

به طور طبیعی نخستین کاری که در مزرعه صورت می‌گیرد تعیین رقوم منبع تأمین آب آبیاری، و هم‌چنین تهیه‌ی نیم‌رخ طولی (پروفیل) مربوط به رقوم‌ها در امتداد حاشیه‌ی مزرعه، یعنی محلی که لوله‌ی موردنظر کارگذشته خواهد شد، می‌باشد. باید از منطقه‌ی موردنظر نقشه‌برداری به عمل آمده و رقوم‌های موردنظر در فواصل ۵۰ فوتی (۱۵ متری) مشخص شده و برای استفاده در آینده میخکوبی شوند. (چنان‌چه برای احداث ترانشه^۱ به منظور نصب لوله، از دستگاه‌های مخصوص استفاده شود، میخکوبی باید طوری انجام شود که در مسیر عبور این دستگاه‌ها قرار نداشته باشند). نقاط مبنای^۲ باید تعیین و مشخص شود و از روش پیمایش بسته^۳ به منظور شناسایی خطاهای استفاده شود.

نیم‌رخ طولی برداشت شده رسم و سپس نیازهای مربوط به خاک‌برداری و یا خاک‌ریزی در طول مسیر مورد مطالعه قرار می‌گیرد. در این مطالعه حفظ یکنواختی شبیب و

1- Trench

2- Bench marks

3- Elevation traverse Closed

تأمین ارتفاع لازم برای سوارشدن آب به تمامی سیستم مدنظر قرار می‌گیرد. چنان‌چه لازم باشد که خروجی‌ها پایین‌تر از سطح زمین طبیعی قرار گیرند، ضروری است که شیب پایین دست مزرعه کنترل شده، تا مشخص شود که خاک‌برداری تا چه مقدار در داخل مزرعه باید ادامه یابد، در این مورد باید از خروج آب و جاری شدن آن در شیار اطمینان حاصل شود. به طور معمول شیب پایین دست مزرعه در مناطق خاک‌برداری شده نباید کم‌تر از ۲٪ درصد باشد. در نتیجه که لوله در خاک‌ریزی احداث می‌شود به‌طور کلی ضرورتی به ادامه خاک‌ریزی در داخل مزرعه نیست.

چنان‌چه عامل اولیه‌ی تعیین‌کننده‌ی شیب خط لوله، شیب زمین طبیعی باشد، غالباً افت بار در محل سازه‌ها و اتصال لوله‌ها بخش قابل ملاحظه‌یی از اختلاف ارتفاع بین نقطه‌ی تأمین آب و بخش انتهایی سیستم را به خود اختصاص می‌دهد. در نتیجه‌ی افت بار در سازه‌ها و اتصالات لوله‌ها باید قبل از تعیین شیب نهایی لوله، مدنظر قرار بگیرد.

شکل شماره‌ی ۱۹ : پرسشنامه‌ی اطلاعات اولیه‌ی مورد نیاز طرح سیستم

- ۱ نام مالک (مالکین)
- ۲ محل
- ۳ نقشه (توبوگرافی در صورت وجود) و یا عکس‌های هوایی مزرعه
- ۴ محصول مورد کشت و فواصل شیار و یا شیارهای مربوطه
- ۵ طول و شیب قطعات آبیاری
- ۶ شیب مسیر لوله
- ۷ مقدار نفوذپذیری خاک (اینج) (در ۱ ساعت ۶ ساعت و ۱۲ ساعت)
- ۸ عمق و بافت خاک
- ۹ شیب مزرعه و شرایط سطحی خاک (مسطح یا نیاز به تسطیح دارد)
- ۱۰ میزان فرسایش خاک
- ۱۱ دبی منبع تأمین آب فوت مکعب در ثانیه گالن در دقیقه
- ۱۲ میزان حداکثر دبی منبع تأمین آب
- ۱۳ نحوه حفابه ثابت از روی تقاضا گردشی (روز از روز)
- ۱۴ عملیات آبیاری در گذشته: تعداد شیارهای تحت آبیاری در هر مجموعه: به زمان آبیاری: ساعت / مجموعه به روزهای آبیاری در مزرعه: به
- ۱۵ کیفیت آب (دارای آشغال، حاوی سیلت و غیره)
- ۱۶ رقوم منبع آب رقوم از بالاترین نقطه‌ی مزرعه که می‌باشد آبیاری شود آیا می‌توان این نقطه‌ی مرتفع را حذف کرد؟ چه مقدار؟
- ۱۷ در محل مازه‌ی تأمین آب آیا نیروی برق وجود دارد؟

افت فشار در سازه‌ها، لوله‌های فرعی و اتصالات

در بعضی موارد رقوم تأمین آب آبیاری، به میزان زیادی بالاتر از بلندترین نقطه‌ی موجود در مزرعه قرار دارد به طوری که می‌تواند تمامی افت بارهای محتمل در سازه‌ها را جبران کند. به هر صورت، اگر رقوم تأمین آب آبیاری تنها یک فوت ($3/0$ متر) بالاتر از بلندترین گوشی مزرعه نباشد (چنان‌چه آب باید آشغال‌گیری شود، $5/1$ فوت یا $46/0$ متر)، به طور معمول طراحی سازه‌ها، لوله‌ها و اتصالات باید به نحوی صورت گیرد که کمترین افت بار ممکن ایجاد شود. افت بارهایی که از محل تأمین آب تا محل لوله‌ی

سیستم آبیاری کابلی باید در نظر گرفته شوند شامل موارد زیر می‌باشد:

- ۱ افت بار در اثر اصطکاک در لوله و یا نهری که آب از طریق آن از منبع تأمین آب تا محل ورود آب به سیستم آبیاری کابلی انتقال می‌باید. مقدار فوق و هم‌چنین افت بارهای ورودی با استفاده از رابطه‌ی ۱ قابل محاسبه می‌باشد. (مشابه محاسبه‌ی انجام شده در ردیف ۵ همین بخش)
- ۲ افت بار در محل توری که به عنوان آشغال‌گیر مورد استفاده قرار می‌گیرد. (این مورد در صورت تمیزبودن آب قابل صرف نظر کردن می‌باشد)
- ۳ افت بار در سازه‌یی که در آن به نوعی اندازه‌گیری صورت می‌گیرد و یا از آن طریق نیروی لازم برای به کار آنداختن سیستم کنترل سرعت کابل را تأمین می‌کند.
- ۴ بار ارتفاعی^۱ (h)، که به متوجه به جریان آنداختن آب با سرعت متوسط (v) در لوله مورد نیاز می‌باشد. این مقدار را می‌توان با استفاده از رابطه $h = v^2 / 2g$ با تقریب بدست آورد. در این رابطه h بر حسب فوت (متر)، g شتاب جاذبه‌ی زمین، معادل $۳۲/۲$ فوت بر مجدور ثانیه ($۹/۸$ متر بر مجدور ثانیه) و v بر حسب فوت در ثانیه (متر در ثانیه) می‌باشد.
- ۵ افت بار ورودی به لوله در این افت بار به صورت تابعی از مجدور سرعت آب بوده و اگر در محل ورود آب به لوله خطوط جریان آب به هم ریزد مقدار این افت به طور

معمول برابر با نصب بار ارتفاعی لازم برای به جریان انداختن آب در لوله (ردیف ۴) است.

چنان‌چه سرعت متوسط جریان آب در لوله، ۴ فوت در ثانیه ($1/2$ متر در ثانیه) باشد، افت بارهای مربوط به ردیف‌های ۴ و ۵ می‌تواند $4/0$ فوت ($12/0$ متر) از بار ارتفاعی موجود را کاهش دهد. به عبارت دیگر، چنان‌چه سرعت متوسط آب در مسیر لوله و در محل اولین خروجی 4 فوت در ثانیه ($1/2$ متر در ثانیه) باشد، آب باید در نقطه ورود به لوله $4/0$ فوت ($12/0$ متر) بالاتر از نخستین خروجی قرار بگیرد، تا آب بتواند از آن خروجی به بیرون جریان پیدا کند. در بسیاری از موارد، امکان دستیابی به چنین رقوم آبی وجود ندارد.

چنان‌چه نقطه‌ی ورود آب به لوله‌ی آبیاری کابلی (شکل شماره‌ی ۷۲) به طرقی طراحی شود که خطوط جریان آشفته نشود، در عمل افت بار در محل ورودی حذف می‌شود. به طور معمول برای این کار از سازه‌های ورودی از جنس بتون که به شکل زنگ ناقوسی^۱ می‌باشد استفاده می‌شود. چنان‌چه سازه‌ی ورودی از نوع لوله‌های بتونی پیش ساخته باشد. (به عنوان مثال در شکل شماره‌ی ۲۱)، محل اتصال این سازه با لوله‌های PVC موجود در مسیر باید به وسیله ملات به یک دیگر اتصال داده شوند، تا بتوان تا آن جا که ممکن است تبدیل ملایمی در داخل لوله به وجود آورد.

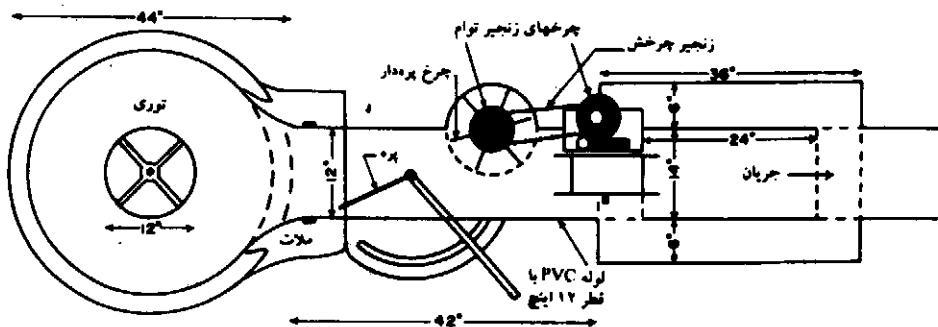
ترکیب ملات پیش ساخته^۲ با «سیمان پرتلند» به نسبت 4 به 1 ملات مستحکم و قابل کاری را ایجاد می‌نماید، که کاربرد موققیت آمیزی در بسیاری از موارد داشته است. مدت زمانی حدود 12 تا 24 ساعت لازم است، تا ملات گیرایی لازم را به دست آورده و توسط جریان آب شسته نشود. موادی تندگیر و ترکیبات تجاری مشابه کار را آسان تر کرده و یک ساعت پس از استفاده، مقاومت لازم را در برابر جریان آب پیدا می‌کند. به طور معمول برگرد اتصالات لوله‌های PVC، قطعه‌یی به شکل «گردن‌بند»^۳ از جنس PVC متصل می‌شود. (شکل شماره‌ی ۲۰).

1- Bell - Shape

2- Bagged mortar

3- P.V.C Collar

در شکل زیر شعایی از سازه‌های کنترل سیستم نشان داده شده است.

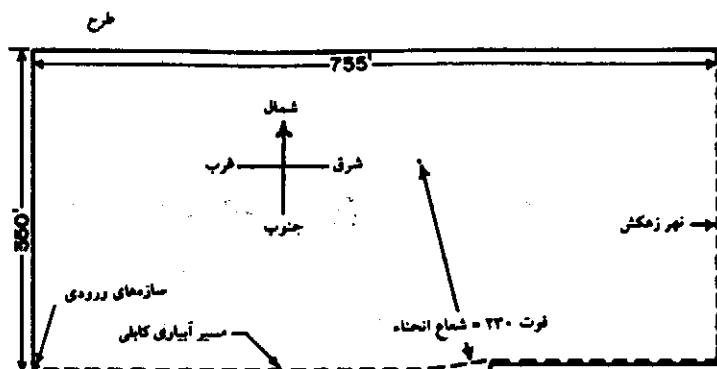


شکل شماره‌ی ۲۰- نمای بالا از توری و سازه‌های کنترل سیستم نصب به روش «Roy Hood»

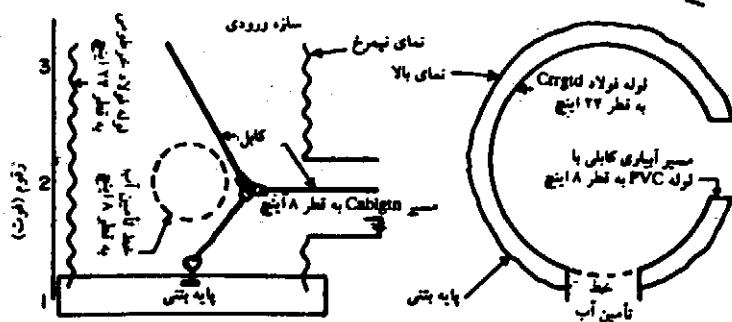
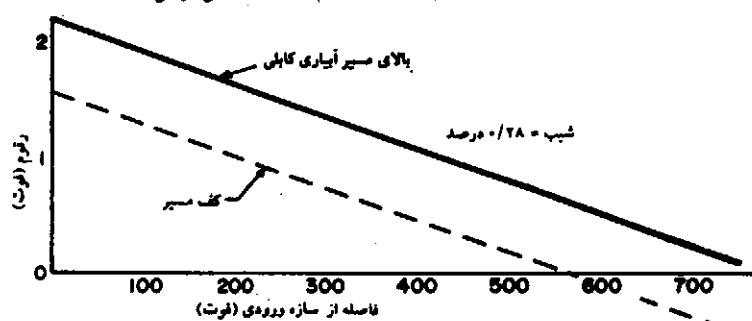
این «گردنبندها» انتهای لوله‌ها را در محل خود ثابت نگاه می‌دارد. انقباض و انبساط طولی لوله‌های PVC که ناشی از تغییرات درجه حرارت است، در محل اتصال بین لوله‌ها خنثی می‌شود (شکل شماره‌ی ۲۳).

در مواردی نیز، به جای قراردادن «گردنبندی» از جنس PVC، یک واشر لاستیکی، از نوعی که در محل اتصال لوله‌های PVC به کار برده می‌شود، کارگذاشته شده و به وسیله‌ی ملات به محل اتصال لوله‌ی ورودی، چسبانده می‌شود. لوله‌ها می‌توانند در داخل این واشرها بدون آنکه نشت آب از آن‌ها قابل ملاحظه باشد به سمت عقب و جلو حرکت نمایند.

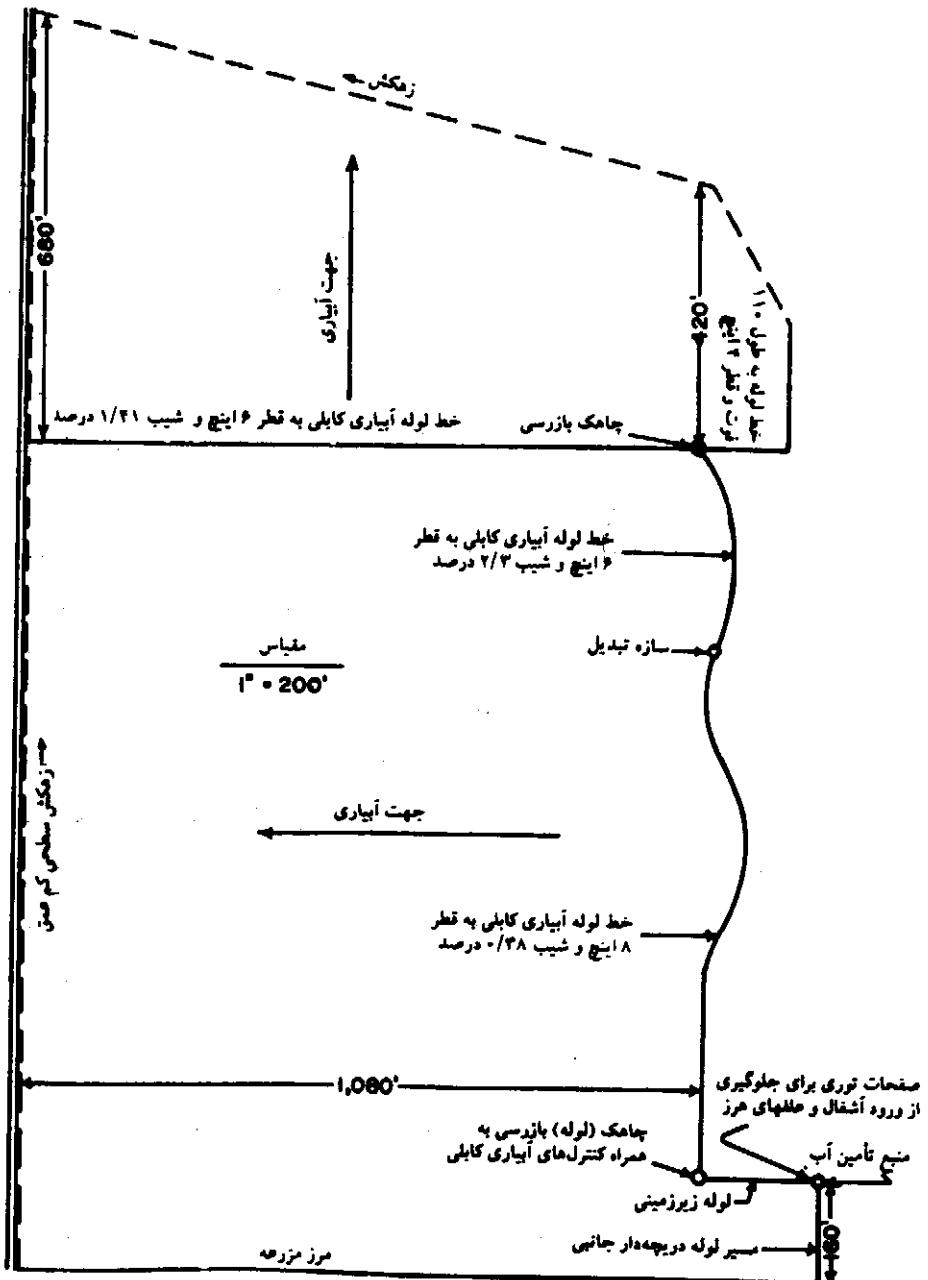
باید در نظر داشت، چنان‌چه انتهای لوله‌ها تا فضای داخلی سازه‌ها امتداد یابد، گاه می‌توانند سبب اختلال در خطوط جریان شده و افت بار ورودی را افزایش دهد.



رقوم سیر آبیاری کابلی طراحی شده



شکل شماره‌ی ۲۱- سیستم به کار رفته در «دانشگاه آیداهو»



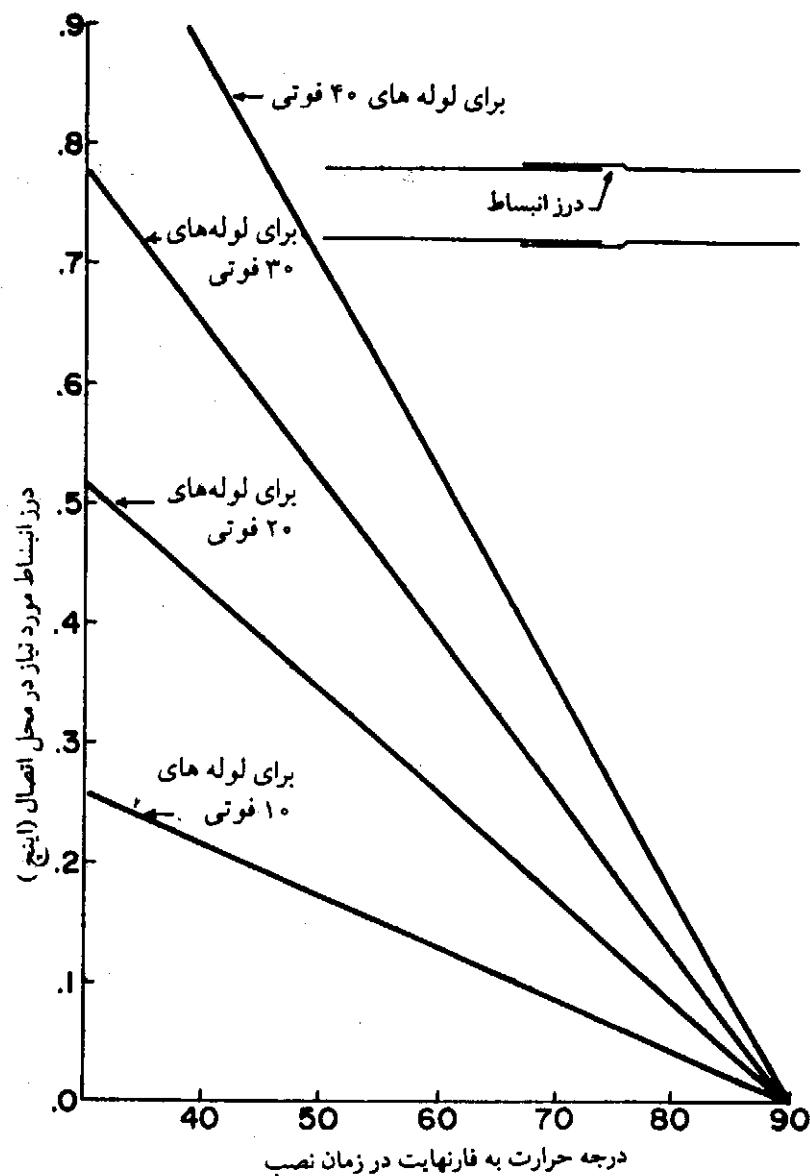
شکل شماره‌ی ۲۲-ابعاد سیستم "Kemper"

در کانال‌های رویاز تأمین‌کننده آب آبیاری، به طور معمول مقداری آشغال جریان دارد، که می‌توانند منجر به انسداد خروجی‌های کنترل کننده‌ی جریان آب در لوله‌ی سیستم آبیاری کابلی شود. کانال‌های رویاز حاوی آب برگشتی مزروعه مهم‌ترین انتقال‌دهنده‌ی بذر علف‌های هرز به داخل مزروعه است بنابراین، در اغلب کانال‌های رویاز که انتقال آب شبکه‌های کابلی را انجام می‌دهند برای پیشگیری از ورود بذرهای هرز استفاده از توری‌های آشغال‌گیر، توصیه می‌شود.

به طور معمول، منظور نمودن ۶ تا ۱۰ اینچ (۱۵ تا ۲۵ سانتی‌متر) افت بار در توری‌های آشغال‌گیر، از نوعی که به طور خودکار پاک و تمیز می‌شود^۱ و دارای هیچ‌گونه قطعه‌ی متحرکی نمی‌باشد، تخمین مناسبی به شمار می‌رود. چنان‌چه امکان دستیابی به بارآبی‌ی لازم موجود نباشد، در این صورت می‌توان با افزایش قطر لوله‌ی انتقال آب از دریچه‌ی اصلی تا محل توری، تبدیل آرام جریان آب ورودی به لوله‌ها و یا با پایین آوردن سطح خاک بالاترین بخش مزروعه از طریق تسطیح به میزان چند اینچ (سانتی‌متر)، این امکان را فراهم ساخت.

چنان‌چه از نیروی آب به‌دست آمده از طریق چرخ‌های آبی، مشابه آن‌چه که در سیستم‌های "Lewis", "Hood" استفاده می‌شود، به منظور راه‌اندازی مکانیسم کنترل کابل استفاده شود، باید ۲ تا ۴ اینچ (۵ تا ۱۰ سانتی‌متر) بار آبی برای دستگاه کنترل کننده در نظر گرفته شود. حداقل مجموع افت بار ناشی از آشغال‌گیر و دستگاه کنترل کننده‌ی کابل در سیستم‌های مورد استفاده‌ی امروزی، در مجموع برابر با ۲ تا ۳ اینچ (۵ تا ۷/۶ سانتی‌متر) می‌باشد. اگرچه باید در نظر داشت که در مراحل اولیه آبیاری، باید اجازه داد که منفذ دریچه‌ی بالایی^۲، در آب پنهان شود. در جریان فرورفتگ این دریچه به زیر آب، کشاورز قادر به استفاده از این مقدار آب نمی‌باشد. چنان‌چه این مقدار آب برای او اهمیت نداشته باشد، در سیستم این امکان برای توبی فراهم می‌شود که بی‌درنگ در زیر اولین خروجی فعالیت خود را آغاز کند.

یکی از راه‌های صرفه جویی افت بار از محل اتصال سازه‌ی ورودی به داخل سیستم



شکل شماره‌ی ۲۳- درز انبساط مورد نیاز در محل درزها به منظور انبساط لوله‌ی PVC به هنگام افزایش درجه‌ی حرارت

آبیاری کابلی در شکل شماره‌ی شماره‌ی ۲۰ نشان داده شده است. در این سیستم در محلی که کابل وارد لوله می‌شود باریک‌تر ساخته می‌شود تا نیروی آب ورودی به سازه، تلف نشود و به طور مستقیم به سیستم آبیاری کابلی منتقل شود.

اصلاحات و اطلاعات به منظور رفع نیازهای ویژه

سیستم آبیاری کابلی باید برای عملکردی بهینه به گونه‌یی طراحی شود که برای محل و شرایط خاص طراحی شود تا بتواند به صورت بهینه عمل کند. براساس تجربیات حاصل از چندین سیستم در حال بهره‌برداری و نصب موارد زیر توصیه می‌شود:

فشار بالا و کاهش انرژی

چنان‌چه شبیب لوله‌ی مورد استفاده در آبیاری کابلی زیاد باشد (بیش از ۵٪ درصد)، فشار آب در لوله و در نزدیکی توپی بالا خواهد بود. شبیب حدود ۲/۲ درصد منجر به ایجاد فشاری می‌شود که در شکل شماره‌ی ۲۴ مشاهده می‌شود. جریان فواره‌یی آب منجر به فرسایش خاک در ابتدای شیارها گشته و هم‌چنین با وزش ملایم باد می‌تواند به سمت سایر شیارها نیز منحرف شود.

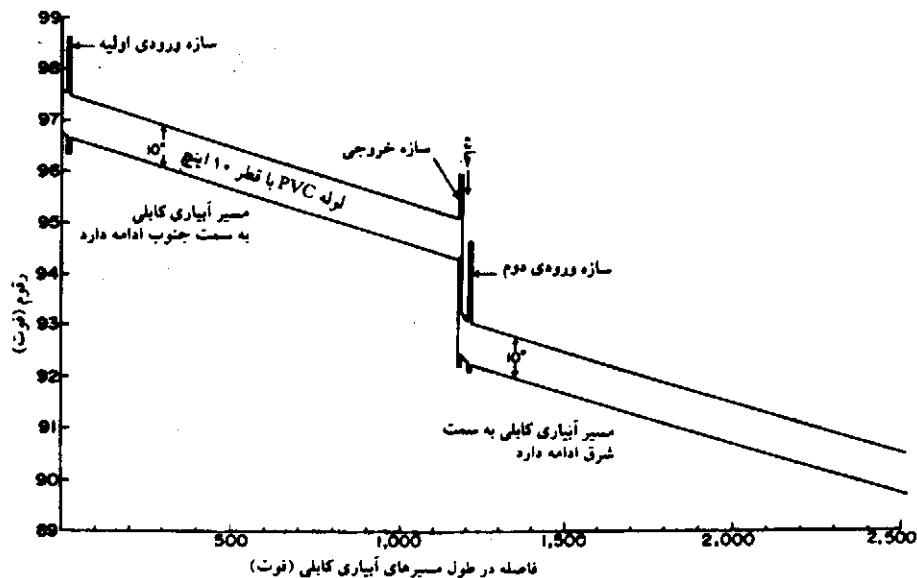
در حال حاضر چندین نوع خروجی که سبب کاهش انرژی، کاستن از سرعت جریان آب و هدایت آن به سمت پایین و سطح خاک می‌شود، وجود دارد. از توری‌هایی که به وسیله‌ی گیره نصب می‌شود،^۱ یا از جوراب‌های مخصوص^۲ می‌توان به منظور کاهش انرژی در لوله‌های دریچه‌دار و یا لوله‌های دریچه‌دار لغزنده، استفاده کرد. لوله‌های سخت و محکم نظیر شیلنگ‌های خرطومی از جنس «پلی‌اتیلن» را می‌توان به خروجی‌ها متصل ساخت و آب را به سمت شیارها هدایت کرد. به طور معمول یک متفذ هوا^۳ باید در این

1- Clip - on screens

2- Socks

3- Vent hole

شلنگ‌ها و در نزدیکی خروجی تعییه شود تا مانع از بروز پدیده سیفونی شدن^۱ گردد، بنابراین رقوم خروجی لوله، مقدار جریان آب را تعیین می‌کند و مقدار جریان مستقل از رقوم بخش انتهایی شلنگ می‌باشد.



شکل شماره‌ی ۲۴- نیعرخ طولی رقوم‌های مریبوط به مسیر آبیاری کابلی "Craig"
در مزرعه‌ی

مقابله با تغییرات در میزان نفوذپذیری

در خلال فصل کشت، و یا تناوب زراعی، میزان نفوذپذیری خاک تغییر می‌کند. به عنوان مثال، میزان نفوذپذیری پس از عملیات شخم دو تا سه برابر حد متوسط نفوذ در شرایط عادی است. کاه و کلش گندم نیز سبب ایجاد خاصیت نفوذ زیاد می‌شود، زیرا خاک خشک بوده و کاه و کلش موجود در سطح خاک، سبب انسداد شیارهای موجود گشته و آب را در

سطح وسیعتری بر روی خاک پخش می‌کند. از سوی دیگر از آنجایی که در تابستان‌های گرم و خشک، شیارها چندین بار آبیاری می‌شود، به همین روی میزان نفوذ آب به خاک تا حد بسیار پایینی کاهش می‌یابد.

تنظیم اندازه‌ی خروجی

به منظور آبیاری مؤثر خاک‌هایی که میزان نفوذپذیری آن‌ها باگذشت زمان تغییرات زیادی پیدا می‌کند، تنظیم جریان آب در شیارها الزامی است. نخستین راه حل به منظور کاهش و یا افزایش جریان آب در شیارها تنظیم اندازه‌ی روزنه خروجی‌ها است. انجام این عمل نیاز به نیروی کار زیادی داشته، زیرا باید روزنه‌ی صدها خروجی را تنظیم کرد. جریان آب در شیارها به طور معمول طوری تنظیم می‌شود که آب بتواند در مدت زمان معینی طول مزرعه را طی نماید، که به طور معمول باید بیش از $3^{\circ}/\text{کل زمان آبیاری}$ باشد، تا بتوان یکنواختی پخش قابل قبولی را در آبیاری ایجاد کرد. اندازه‌گیری زمان پیشروی آب در مزرعه در صورتی که حرکت سیستم آبیاری کابلی در آن یکنواخت باشد، بسیار ساده بوده و تنها کافی است که تعداد شیارهای موجود در پشت توپی را که در آن‌ها آب هنوز به انتهای آن نرسیده شمارش کرد. با ضرب کردن این تعداد شیارها در مدت زمانی که لازم است توپی از یک شیار عبور کند، زمان لازم برای جریان یافتن آب از ابتدای انتهای شیارها به دست می‌آید. چنان‌چه سرعت جریان آب زیاد باشد، منجر به ایجاد روان - آب شده و اگر جریان بسیار آهسته باشد، باعث عدم یکنواختی در آبیاری می‌شود. سرعت را برای خروجی‌ها می‌توان به تناسب تنظیم کرد. هم‌چنین، از آنجایی که روان - آب ناشی از سیستم آبیاری کابلی ثابت می‌باشد (با فرض مساوی بودن طول ردیف‌ها)، می‌توان میزان روان - آب را در هر زمان، در طی آبیاری اندازه‌گیری کرد، بدین وسیله می‌توان مشخص کرد که آیا مقدار جریان آب شیار کم و یا زیاد می‌باشد. هر زمان که اندازه‌ی خروجی تغییر کند، عرض مجموعه‌ی ردیف ۱ شیارها نیز تغییر می‌یابد. که در نتیجه، سرعت حرکت توپی باید به نحوی تنظیم شود تا مدت زمان ثابتی را ایجاد نماید.

تفییر در مقدار کل دبی ورودی

با کسب تجارت بیشتر در زمینه‌ی عملکرد سیستم آبیاری کابلی، مشخص شده است، که تا حدی می‌توان تغییرات ایجاد شده در میزان نفوذ آب را بدون آنکه نیازی به تغییر اندازه خروجی‌ها باشد جبران کرد. برای مثال در دو مزرعه‌ی ۴۰ ایکری (۱۶ هکتار) مجاور هم، سیستم آبیاری کابلی مطابق با آنچه در شکل شماره‌ی ۲۴ نشان داده شده، به کار گرفته شده است.

در طی نخستین آبیاری که پس از آماده‌سازی زمین انجام می‌شود و میزان نفوذپذیری خاک در این هنگام بالا می‌باشد آبیاری اراضی به نوبت و با کل آبی که در هر مرتبه وارد یک مزرعه می‌شود انجام می‌شود. در طی آبیاری‌های بعدی که میزان نفوذپذیری خاک کاهش یافته است، هر دو مزرعه به طور همزمان با استفاده از یک توپی که در مسیر سیستم آبیاری مزرعه‌ی اول قرار دارد و نیمی از آب را به مزرعه‌ی دوم منتقل می‌سازد، آبیاری می‌شود. با استفاده از این روش مقدار جریان آب در شیارها، ۷۰ درصد نسبت به مقادیر آبیاری قبلی کاهش یافته و مدت زمانی که آب در شیارها باقی می‌ماند نیز به ۷۰ درصد حالت قبل کاهش می‌یابد. با استفاده از این روش و سایر روش‌های مشابه به منظور تنظیم مقدار کل دبی ورودی، اغلب می‌توان تغییرات به نسبت اندکی در میزان نفوذپذیری را بدون ایجاد هیچ‌گونه تغییری در اندازه‌ی خروجی‌ها تعدیل کرد.

آبیاری موجی

یک مزرعه که طول ردیفهای آن افزایش یافته، در شکل شماره‌ی ۲۲ نشان داده شده است. این مزرعه پیش از نخستین آبیاری با روش سیستم کابلی، شخم زده شده و بقایای محصول یونجه به زیر خاک رفته است. میزان نفوذپذیری اراضی بالا بوده، و زمانی که توپی به اواسط مسیر خط لوله رسیده بود، آب هنوز فاصله زیادی تا انتهای شیارها داشت. با آگاهی از توانایی بالقوه آبیاری موجی در کاهش میزان نفوذپذیری خاک، بهره‌برداری

سیستم با افزایش سرعت توبی تا میزان حداقل که آب قادر به تخلیه از خروجی‌ها به داخل شیارها بوده، موجی را ایجاد کرد که در مدت چهار ساعت آب در هر شیار جریان یافته و ۷۰ درصد از طول شیارها مرطوب شد. پس از این مرحله توبی به عقب و به داخل سازه‌ی ورودی^۱ برگردانده شده و بار دیگر به مسیر مرتبط گشته و به طور دستی تا اواسط مسیر خط لوله به جلو رانده می‌شود و در آن‌جا به سیستم کنترل متصل شده و اجازه داده می‌شود که به آهستگی به سمت جلو حرکت کند به‌طوریکه هر شیار برای مدت ۱۶ ساعت آبیاری شود. آب در طی ۳ ساعت به انتهای شیارها رسیده و در نتیجه، آبیاری به نحو دلخواهی صورت می‌گیرد. انجام این کار به‌طور متناوب، که به‌طور معمول آبیاری موجی نامیده می‌شود (Bishop و همکاران، ۱۹۸۱) به‌طور مؤثری میزان نفوذ بالای آب را به داخل خاک در طی نخستین آبیاری پس از شخم زمین و سایر عملیات کشت، کاهش می‌دهد.

متراکم شدن خاک شیارها در اثر عبور چرخ ماشین‌آلات

در مزرعه‌یی که یکی از این شبکه‌ها نصب شده باشد، $\frac{2}{3}$ شیارهای تحت آبیاری در اثر عبور چرخ‌های ماشین‌آلات و $\frac{1}{3}$ شیارها به دور از تأثیر آن‌ها قرار داشتند. در طی نخستین آبیاری، به منظور مرطوب ساختن سرتاسر طول شیار، میزان دبی مورد نیاز شیارهایی که تحت تأثیر چرخ قرار داشتند 60% سایر شیارها بود. این نسبت بسیار نزدیک به مقدار میانگین تفاوت موجود بین میزان نفوذپذیری در شیارهای تحت تأثیر چرخ و به دور از تأثیر چرخ می‌باشد (Kemper و همکاران، ۱۹۸۲).

با تنظیم خروجی‌ها و کاهش میزان دبی واردہ به شیارهایی که تحت تأثیر چرخ ماشین‌آلات کشاورزی قرار دارند، به میزان قابل ملاحظه‌یی در مصرف آب صرفه‌جویی می‌شود. اگرچه، شیارهایی که تحت تأثیر چرخ قرار دارند نسبت به سایر شیارها، تنها 60% از کل مقدار آب را جذب می‌کنند ولی با استفاده از این روش، آبیاری یکنواخت‌تر، تلفات

نفوذ عمقی کمتر و نیروی انسانی به کار گرفته شده نیز نسبت به روش‌هایی که در آن‌ها تمامی شیارها به یک نحو آبیاری می‌شوند، کمتر است. اغلب می‌توان به وسیله آبیاری شیارهای تحت تأثیر چرخ‌ها، از تنظیم کلیه‌ی خروجی‌ها که به منظور افزایش میزان جریان شیار بعد از مرحله‌ی کاشت، انجام می‌شود، جلوگیری کرد.

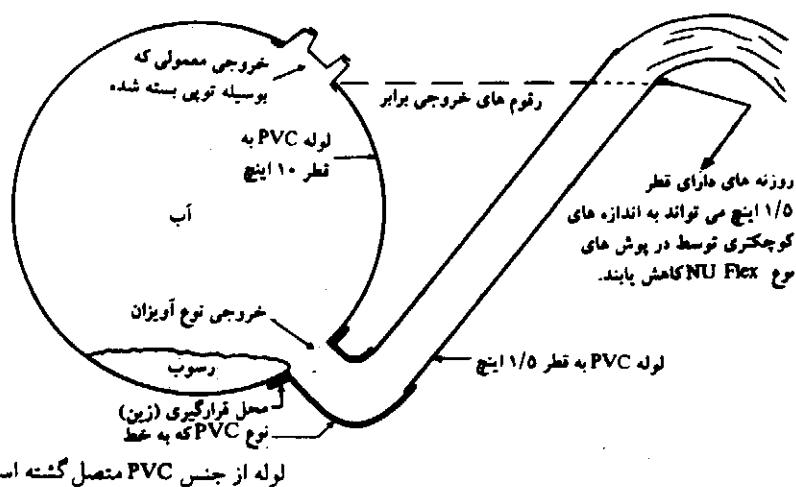
ضریب تغییرات مکانی^۱ در میزان نفوذپذیری شیارهای تحت تأثیر چرخ‌ها به طور معمول کمتر از سایر شیارها می‌باشد. در نتیجه آبیاری شیارهای تحت تأثیر چرخ‌ها، منجر به یک آبیاری یکنواخت می‌شود. بیشترین میزان فرسایش شیار، در طی نخستین آبیاری پس از مرحله‌ی کاشت یعنی هنگامی که کشاورزان مقدار جریان آب در شیارها را افزایش می‌دهند، مشاهده می‌شود (Carter, Berg, ۱۹۸۰). از آنجایی که میزان فرسایش به صورت تابع درجه‌ی دومی از مقدار جریان در شیار می‌باشد، چنان‌چه از دبی‌های بالا در شیار استفاده نشود، میزان فرسایش به نحو قابل ملاحظه‌ی کاهش می‌یابد.

خروچی‌های مربوط به شست و شوی رسوبات^۲

منبع تأمین آب سیستم Wilcox دارای درصد زیادی رسوبات دانه درشت می‌باشد. پس از رسیدن آب به توبی و کاهش سرعت آن، این رسوبات در داخل لوله رسوب می‌نمایند. توده‌یی از این رسوبات در فاصله‌ی ۳۰ فوتی (۹ متر) بالادرست توبی تشکیل شده و با حرکت توبی به سمت پایین دست این توده نیز حرکت می‌نماید. مقداری از رسوبات ریزدانه همراه آب از خروچی‌ها خارج می‌شوند ولی مقادیر زیادی از رسوبات درشت دانه‌تر به صورت توده‌یی در لوله انباشته می‌شوند. با گذشت زمان، ارتفاع این توده‌ی رسوبی افزایش یافته، تا این که بخش وسیعی از سطح مقطع لوله را می‌پوشاند، و موجب می‌شود، آب از بالادرست این توده از لوله خارج شود، و در نتیجه سبب کاهش فشار و جریان آب بلاfaciale در بالادرست توبی می‌شود. این نقیصه با تغییر و اصلاح برخی از خروچی‌ها مشابه آن‌چه که در شکل شماره‌ی ۲۵

نشان داده شده قابل اصلاح می باشد.

این خروجی های آویزان^۱ در نزدیکی بخش پایینی لوله ها و در فواصل ۶۰ فوتی (۱۸/۳ متر) در طول لوله نصب می گرددند و سبب می شوند رسوباتی که در کف لوله جمع شده اند، پیش از آن که باعث انسداد مسیر لوله شوند، از لوله خارج شوند. رسوبات از میان دریچه ها عبور کرده و به داخل شیار تخلیه می شوند. محاسبات نشان داده است که چنان چه رسوباتی که از این خروجی های مخصوص در طی پنج ثویت آبیاری خارج می شوند در طول ۱۰۰ فوت (۳۰ متر) از شیار پخش شوند، قادر به پر کردن شیارها و در نتیجه سر برآورده شدن آب از آنها نمی باشند. به هر حال همواره و به طور متناسب باید این شیارها را کنترل نمود. احداث و تمیز کردن متناسب حوضچه های رسوگذاری در محل تغذیه و منبع تأمین آب نیز می توانند این مشکل را رفع کنند. در سیستم Wilcox، محل مناسبی برای احداث حوضچه رسوگذاری وجود ندارد.



شکل شماره ۲۵: خروجی های مخصوص (آویزان)^۲ به منظور خارج ساختن رسوبات از لوله

سازه‌ی تبدیل

در یک سیستم، شیب خط لوله از اواسط طول آن از $0^{\circ} / 0^{\circ}$ به $22^{\circ} / 0^{\circ}$ ، افزایش یافت. مشخص شد که قطر لوله را در مقطعی که شیب $22^{\circ} / 0^{\circ}$ می‌باشد را می‌توان از 8 اینچ (20 سانتی متر) به 6 اینچ (15 سانتی متر) کاهش داد بدون آنکه در عبور مقدار دبی طراحی شده، تغییری حاصل شده و لوله نیز کاملاً بر شود. این امر سبب کاهش هزینه‌ی سیستم و افزایش افت بار ناشی از اصطکاک در لوله با قطر کوچک‌تر و در نتیجه کاهش بار آبی در لوله (که در نزدیکی توپی نامناسب به شمار می‌رود) می‌شود. تغییر در اندازه‌ی لوله، به وسیله یک سازه‌ی تبدیل از جنس بتن و یک «توپی دوگانه‌ی مخصوص»^۱ انجام گرفت. ویژگی‌های مربوط به سازه‌ی تبدیل در شکل شماره‌ی 26 نشان داده شده است. ارتفاع بخش بالایی سازه باید به اندازه‌یی باشد که عمق آزاد^۲ معادل 6 اینچ (15 سانتی متر) بالاتر از بار آبی^۳ موجود در لوله را تأمین سازد.

همان‌گونه که در شکل شماره‌ی 27 نشان داده شده، توپی دوگانه، عبارت از دو توپی است که به یکدیگر متصل شده‌اند. توپی که در لوله‌ی 6 اینچی (15 سانتی متر) حرکت خواهد کرد به کابلی متصل است که این کابل از داخل یک سوراخ به قطر 4 اینچ (10 سانتی متر) واقع در توپی 8 اینچی (20 سانتی متر) عبور کرده است.

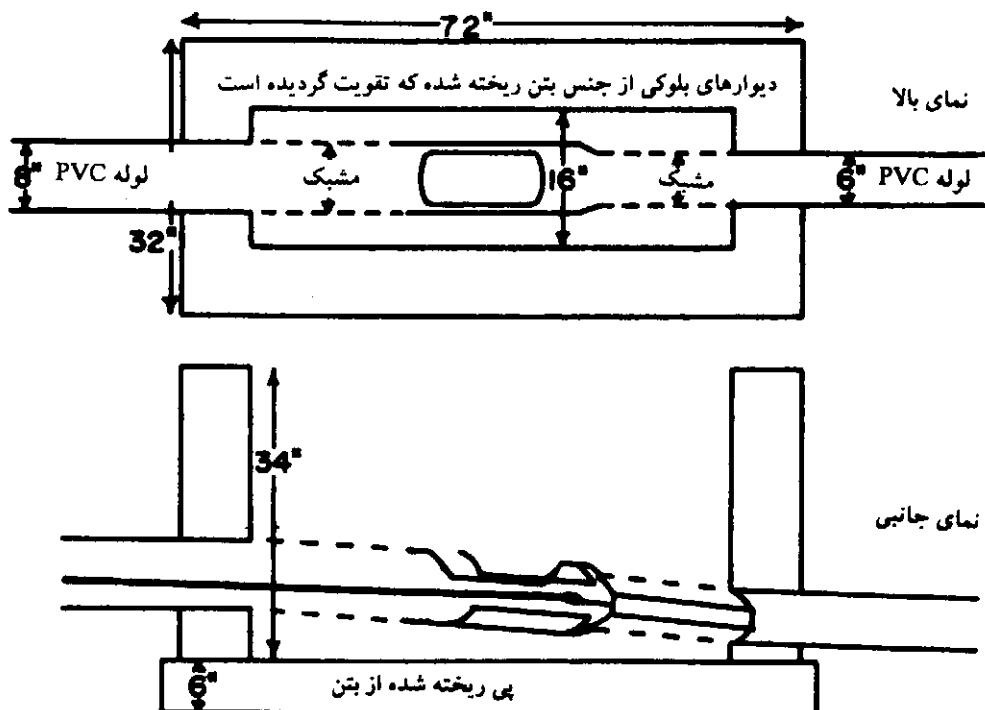
هم‌چنان‌که این مجموعه در لوله‌ی 8 اینچی (20 سانتی متر) حرکت می‌کند، توپی 6 اینچی (15 سانتی متر) در جلوی توپی 8 اینچی (20 سانتی متر) قرار داشته و تحت تأثیر فشار آب و کابل به طور محکمی به یکدیگر متصل شده‌اند، به‌طوری‌که، منفذ بزرگ 4 اینچی (10 سانتی متر) موجود در توپی بزرگ‌تر به خوبی مسدود شده است. با حرکت مجموعه توپی‌ها در داخل سازه‌ی تبدیل و رسیدن به لوله‌ی کوچک‌تر، توپی بزرگ‌تر متوقف می‌شود. ولی توپی 6 اینچی به حرکت خود در لوله‌ی 6 اینچی ادامه می‌دهد. به

1- Duo - Plug

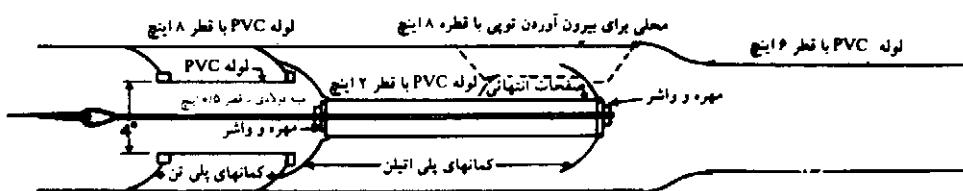
2- Free board

3- Head

منظور عبور کامل جریان آب از میان منفذ ۴ اینچی موجود در توپی ۸ اینچی، افت باری برابر با ۲۰ اینچ (۵۰ سانتی‌متر) ایجاد می‌شود. چنین افت باری در سیستم قابل تحمل نمی‌باشد. منفذ ایجاد شده در دو لوله همان‌گونه که در شکل شماره‌ی ۲۶ نشان داده شده است، اجازه‌ی عبور جانبی آب تحت فشار را می‌دهند، در تیجه میزان افت بار در بخش تبدیل تنها ۶ اینچ می‌شود. در پایان آبیاری، توپی ۶ اینچی گشوده شده و کابل از میان توپی ۸ اینچی جمع‌آوری می‌شود. وجود یک منفذ در لوله‌ی ۸ اینچی در سازه‌ی تبدیل، اجازه بیرون‌آوردن توپی ۸ اینچی پس از جمع‌آوری کابل را می‌دهد.



شکل شماره‌ی ۲۶: سازه تبدیل (تبدیل از لوله ۸ به ۶ اینچ)



شکل شماره‌ی ۲۷: ساختمان تویی دوگانه به منظور تبدیل خط لوله از ۸ اینچ به ۶ اینچ (۲۰ سانتی متر به ۱۵ سانتی متر)

انحرافات دبی درانتهای خط لوله و راه حل هایی به منظور به حداقل رساندن آن

مشکل و مستله :

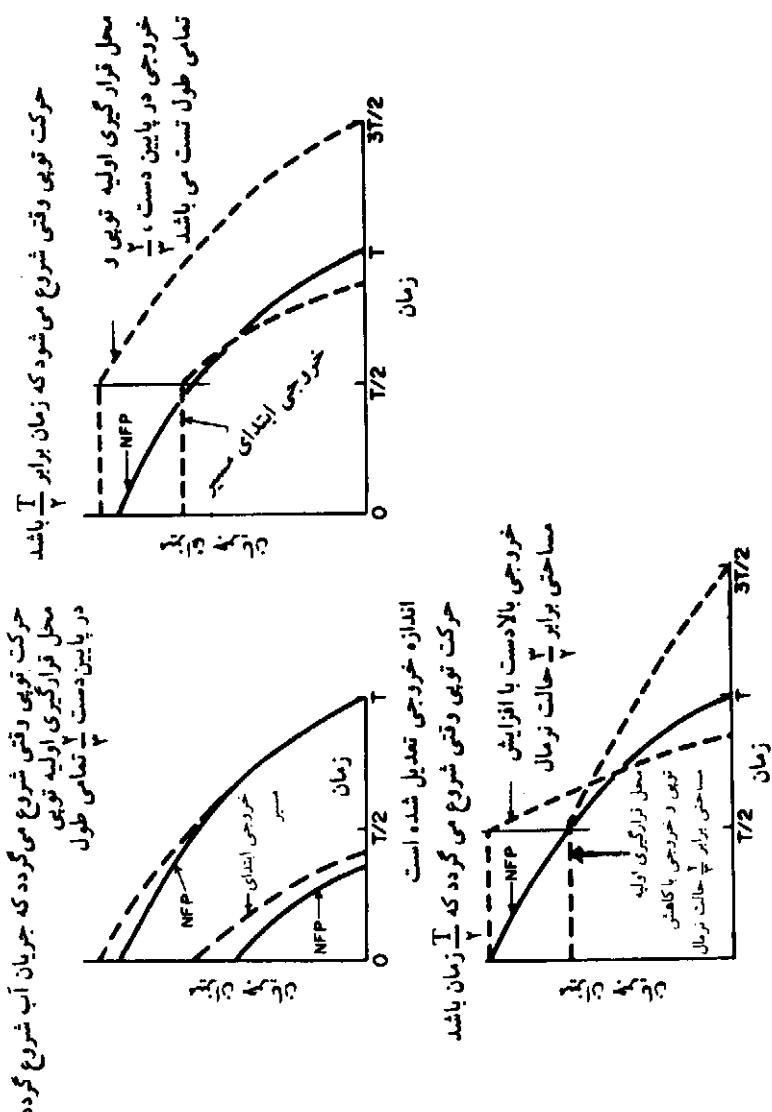
بسیاری از شبکه‌های توزیع به نحوی طراحی شده‌اند که در زمان مشخص جریان یا دبی ثابتی را تأمین سازند. سیستم‌های آبیاری کابلی به نحوی طراحی شده‌اند که به طور معمول این مقدار دبی ثابت را هنگامی که توبی در بخش مرکزی مسیر قرار دارد را ایجاد می‌نمایند. چنان‌چه آب به این صورت جریان یافته و توبی در تزدیکی محل ورودی قرار داشته باشد، تعداد کم خروجی‌هایی که آب از آن‌ها خارج می‌شود، نمی‌تواند کل جریان را خارج ساخته، در نتیجه رقوم آب در سازه‌ی ورودی افزایش یافته و در نهایت سرریز می‌کند. و یا چنان‌چه رقوم منبع تأمین آب پایین‌تر از بالاترین نقطه‌ی سازه ورودی باشد، در این صورت ارتفاع آب در سازه تا حد رقوم لازم برای تأمین آب افزایش یافته و در نتیجه میزان آب آبیاری کاهش می‌یابد. چنان‌چه توبی در فاصله‌ی بین به اندازه‌ی $\frac{2}{3}$ کل طول مسیر، پایین‌تر از خروجی‌هایی قرار داشته باشد که به‌طور طبیعی جریان آب از آن‌ها خارج می‌شود، مقدار جریان از خروجی‌های بین توبی و سازه‌ی ورودی نسبت به حالتی که توبی در موقعیت تأمین الگوی مناسب خروج آب قرار دارد، بیشتر خواهد بود. این حالت در سمت چپ شکل شماره‌ی ۲۸ (بالا- چپ) نشان داده شده است. اگر در هنگام شروع آبیاری، توبی را به حرکت درآوریم، مقدار جریان مشابه حالتی خواهد بود که در شکل ۲۸ (بالا و چپ) نشان داده شده است. مقدار آب آبیاری توزیع شده از طریق خروجی‌ها برابر با سطح زیر منحنی‌های مربوطه است. ردیف‌هایی که به‌وسیله خروجی‌های واقع در ابتدای^۱ مسیر آبیاری می‌شوند، دچار کمبود آب خواهند شد.

چنان‌چه زمان توزیع آب از طریق یک خروجی، T باشد، و در زمان $\frac{T}{3}$ ، توبی در $\frac{2}{3}$ مسیر قرار داشته و سپس شروع به حرکت کند، انگاره‌ی جریان آب خروجی در وضعیت

اولیه توپی و در بالادست مسیر مشابه شکل شماره‌ی ۲۸ (بالا-راست) خواهد بود. آب تأمین شده از طریق خروجی‌ها در وضعیت اولیه‌ی توپی بیش از نیاز شیارها بوده، در حالی که شیارهایی که توسط خروجی‌های بالادست مسیر آبیاری می‌شوند به میزان کافی آب دریافت نکرده‌اند.

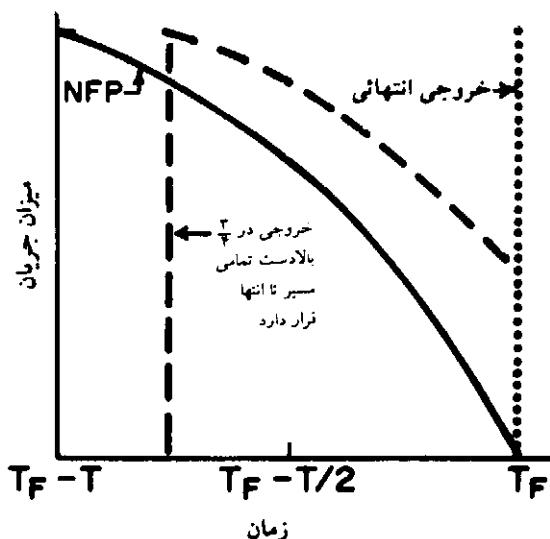
مقدار آب توزیع شده از طریق خروجی‌ها را می‌توان با تغییر مساحت مربوط به آن‌ها، همان‌گونه که در شکل شماره‌ی ۲۸ نشان داده شده است یکسان کرد (پایین چپ). باید در نظر داشت که با تغییر اندازه‌ی خروجی‌ها نمی‌توان زمان جریان آب را یکسان کرد. به طورکلی افزایش اندازه‌ی خروجی‌ها و مقدار جریان، تنها قادر است تا حدی کمیود آب در زمان آبیاری را جبران نماید.

در پایین دست مسیر آبیاری کابلی نیز انحرافاتی در انگاره‌ی جریان طبیعی مشاهده می‌شود. چنان‌چه هنگام رسیدن توپی به انتهای مسیر، جریان آب قطع شود (همان‌گونه که در شکل شماره‌ی ۲۹ نشان داده شده است) عملًا از خروجی موجود در پایین دست، جریان آبی خارج نمی‌شود. خروجی‌هایی که در $\frac{3}{4}$ طول مسیر قرار دارند، در زمان برابر با T ، آب آبیاری را توزیع می‌کنند. اگر فرصت دهیم آب هنگامی که توپی در انتهای مسیر قرار دارد، در مدت T جریان یابد، الگوی جریان مشابه شکل شماره‌ی ۲۹ (پایین) ایجاد خواهد گردید. چنین الگوهایی قطعاً مشابه الگوی طبیعی جریان آب نخواهد بود. ممکن است این الگوها برای برخی از آبیاری‌ها کافی به نظر برسند، ولی چنان‌چه انگاره‌ی طبیعی جریان نزدیک به حالت دلخواه باشد، چنین انگاره‌های توپی آب در روزنه‌های انتهایی لوله کمتر مطلوب ما می‌باشند. در نتیجه راه حل‌های زیرین به منظور تأمین انگاره‌های طبیعی جریان در بخش‌های انتهایی لوله ارایه شده‌اند.



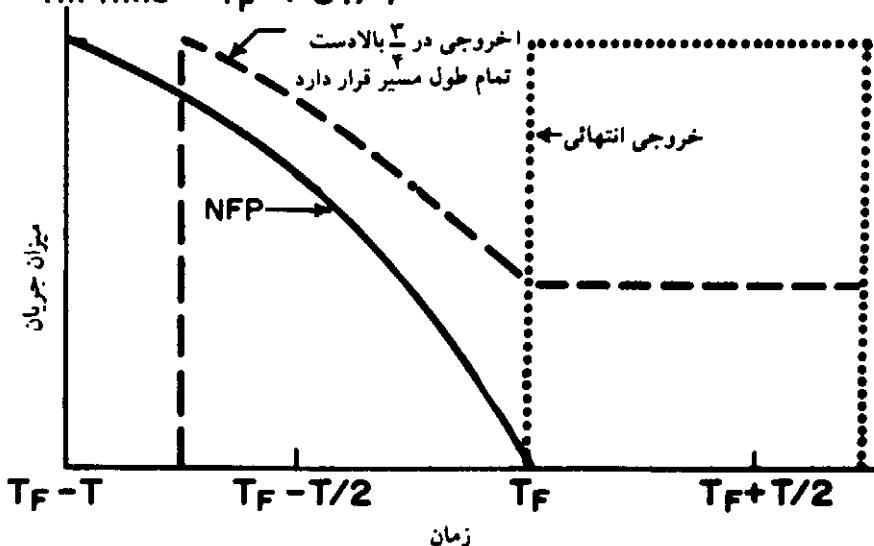
شکل شماره ۲۸ - انحرافات انگاره جریان در ابتدای مسیر

هنگامیکه توپی به انتها می رسد جریان متوقف گشته است



جریان با توپی که در انتها قرار دارد، ادامه یافته است

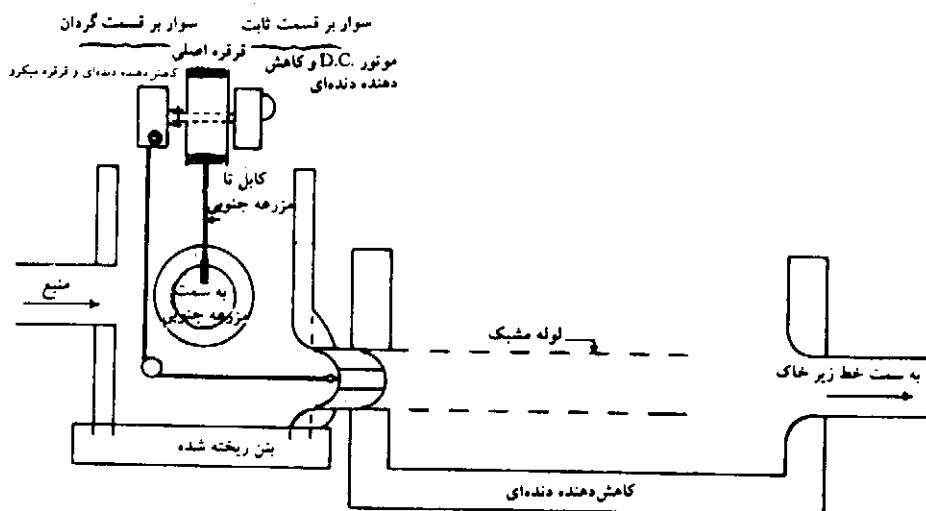
$$\text{till time} = T_F + 3T/4$$



شکل شماره‌ی ۲۹- انحرافات انگاره‌ی جریان در انتهای مسیر

سیستم‌های انتقال^۱

این سیستم‌ها، به منظور انتقال تدریجی آب از مزرعه‌ای با رقوم بالاتر به مزرعه پایین‌تر مورد استفاده قرار می‌گیرند (برای نمونه به شکل شماره‌ی ۳۰ رجوع شود)



شکل شماره‌ی ۳۰ - سازه‌ی انتقالی، به منظور انتقال تدریجی آب از
بخش جنوبی به بخش شمالی مزرعه

در این سیستم انگاره‌ی جریان آب شیارهای واقع در انتهای بالاترین خط و ابتدای پایین‌ترین خط آبیاری از نظر زمان و مقدار جریان معادل انگاره‌ی جریان آب در شیارهایی می‌باشد که آب آن‌ها توسط بخش‌های مرکزی لوله تأمین می‌شود. این شبکه از یک حوضچه‌ی سیمانی که متصل به سازه‌ی ورودی مزرعه بالادست می‌باشد و یک لوله‌ی حوت‌تا تشکیل شده است. این لوله، سازه ورودی را به حوضچه مرتبط ساخته و به اندازه ۳

تا ۴ فوت (۱/۲ متر) نیز در داخل حوضجه قرار گرفته است. آن بخش از لوله که به مقدار ۳ تا ۴ فوت (۱/۲ متر) در داخل حوضجه قرار گرفته، مشبك می‌باشد. لوله در داخل سازه‌ی ورودی طوری قرار گرفته که بخش فوقانی آن به میزان چند اینچ (چندسانتی متر) پایین‌تر از بخش پایینی لوله‌ی سیستم آبیاری کابلی مزرعه‌ی بالادست باشد، لذا هنگامی که تمام جریان آب وارد مزرعه پایین دست می‌شود، سطح آب در سازه‌ی ورودی، دست کم به میزان یک اینچ (۰/۲۵ سانتی متر) پایین‌تر از بخش تحتانی لوله‌ی آبیاری مزرعه‌ی بالادست قرار می‌گیرد. به منظور دستیابی به چنین حالتی شاید لازم باشد که تغییرات خطوط جریان در سازه‌ی ورودی به آرامی انجام گیرد.

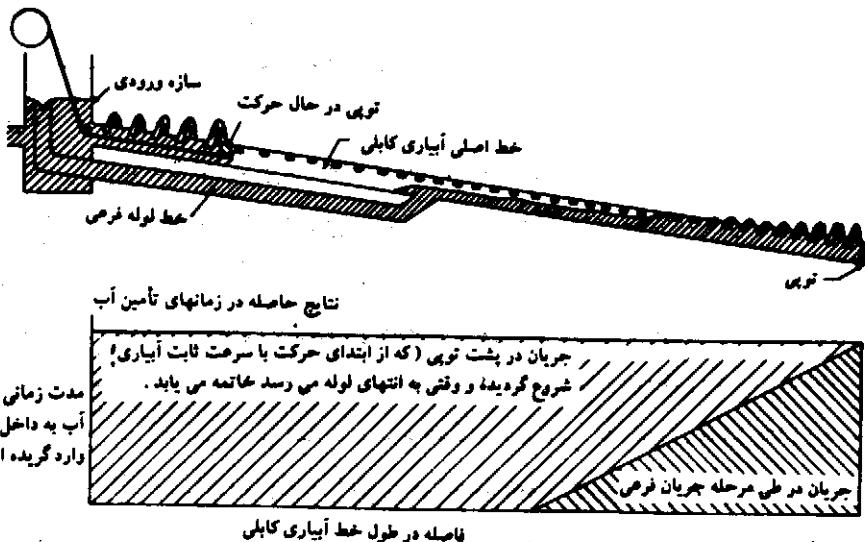
اندازه و فاصله‌ی بین سوراخ‌های لوله‌ی مشبك انتقال طوری تنظیم شده است که، وقتی توپی با سرعت کم از این بخش لوله عبور می‌نماید، آب به مقدار متناسب و مورد نیاز به داخل مزرعه‌ی پایین دست سرازیر شود، این توپی در بخشی از لوله که بین سازه‌ی ورودی و سازه‌ی انتقالی قرار دارد ثابت باقی مانده و تا زمانی که توپی موجود در لوله مربوط به سیستم آبیاری بالادست به انتهای مسیر خود رسیده و در آنجا با یک مانع (میخ) برخورد نموده و همان‌جا در لوله باقی بماند. در حالی که توپی اصلی سیستم آبیاری به انتهای مسیر تزدیک می‌شود، کارдан فنی شبکه فاصله‌یی را که باقی مانده تا توپی طی کند اندازه‌گیری می‌کند و با دانستن سرعت کابل کنترل‌کننده توپی شبکه‌ی آبیاری و توپی لوله‌ی انتقال، وضعیت و موقعیت توپی انتقالی در لوله‌ی بین ورودی و حوضجه را مشخص می‌سازد. کاردان فنی، ترمز سیستم کنترل را رها کرده و قرقوه‌ی مربوط به کابل کنترل‌کننده‌ی توپی انتقالی را چرخانده و توپی را در وضعیت دلخواه قرار می‌دهد و حرکت محور متحرک دستگاه کنترل‌کننده‌ی مربوط به توپی، انتقال را از طریق یک اتصال به محور قرقوه‌ی اصلی منتقل می‌سازد. در چنین حالتی هر دو قرقوه شروع به چرخش کرده و توپی انتقالی شروع به عبور از میان بخش مشبك لوله کرده و آب را به مزرعه پایین دست می‌رساند و به طور همزمان توپی سیستم آبیاری کابلی به انتهای لوله خود می‌رسد. با گردش مدام قرقوه، آب به تدریج لز خط لوله بالا به مزرعه پایین دست منتقل می‌شود. با تعییه‌ی میخ در لوله سیستم آبیاری، توپی اصلی در انتهای مسیر متوقف شده و در نتیجه ردیف‌های انتهایی با یک کاهش تدریجی در مقدار آب، مشابه با ردیف‌هایی که توسط

خروجی‌هایی بخش میانی تغذیه می‌شوند، آبیاری می‌شوند. در مزرعه پایینی نیز یک سیستم آبیاری کابلی تعبیه می‌شوند. تا ورود آب به سازه‌ی ورودی این سیستم، یک کلید شناور، قرقه‌ی کابل را به کار انداخته و توبی تحفظ تأثیر فشار آب به آرامی شروع به حرکت می‌کند. سیستم انتقال همچنان به عمل انتقال آب به مسیر زیرین تا زمانی که تمام جریان آب منتقل شود ادامه می‌دهد. سرعت حرکت توبی انتقالی طوری تنظیم می‌شود که مدت زمان انتقال آب بین لوله‌ی سیستم‌های آبیاری کابلی در مزارع بالادست و پایین دست برابر با زمانی باشد که آب توسط چنین سیستمی به شیارها می‌رسد. یک خط لوله فرعی ۱/۵ اینچی، (۳/۸ سانتی‌متر) سازه‌ی ورودی مزرعه‌ی پایین دست را به نقطه‌یی در زیر وضعیت ثابت اولیه‌ی توبی در لوله‌ی تحتانی متصل می‌سازد. این امر امکان خارج نمودن آب از این سازه را، در صورتی که از روی توبی عبوری، نشت آب وجود داشته باشد فراهم می‌سازد و در نتیجه مانع از فعالیت پیش از موعد قرقه از طریق کلید شناور می‌شود. هنگامی که توبی به سمت پایین دست شروع به حرکت می‌کند، به سرعت از نقطه‌یی که آب به مسیر سیستم برگشت داده می‌شود عبور می‌کند.

سیستم‌های مجرای فرعی^۱

سیستم آبیاری کابلی را می‌توان به وسیله یک لوله به شکل مجرای فرعی در بالادست تجهیز کرد تا مسیر جریان آب در دو انتهای خط لوله‌ها بهبود یابد. (شکل شماره‌ی ۳۱) سازه‌ی ورودی مشابه آنچه در شکل فوق ارایه شده است احداث می‌شود. پایین دست مسیر اصلی به وسیله یک توبی و یا کلاهک مسدود می‌شود. لوله‌ی مجرای فرعی به موازات لوله اصلی و تا جایی از لوله فوق، که پس از قطع جریان در اولین خروجی، آب را به مزرعه می‌رساند، قرار می‌گیرد. مجرای فرعی به وسیله یک اتصال ۷ شکل به لوله اصلی متصل می‌شود. مقدار آب ورودی به خط فرعی در محل سازه‌ی ورودی به نحوی طراحی شده است که باز هیدرولیکی اولیه‌ی موجود در خروجی‌های ابتدای مسیر به

اندازه‌ی بار هیدرولیکی خروجی‌های واقع در اواسط مسیر باشد، در نتیجه لوله‌ی اصلی می‌تواند تمامی جریان آب را بی آنکه وارد خط فرعی شود، دریافت دارد.



شکل شماره‌ی ۳۱- خط لوله‌ی فرعی، به منظور کاهش انحرافات انگاره‌ی جریان در ابتدا و انتهای مسیر آبیاری کابلی

این سیستم در زمانی که توبی در ابتدای مسیر اصلی قرار داشته باشد فعال گشته و تمامی جریان آب وارد خط فرعی می‌شود. این مقدار جریان به سمت پایین دست مسیر اصلی حرکت کرده، و آبیاری آن بخش از مزرعه را شروع می‌کند. با شروع حرکت توبی، جریان آب از خروجی‌های بالا دست مسیر اصلی آغاز شده و جریان آب در خط فرعی کاهش می‌یابد. با ادامه پیش روی توبی به سمت جلو، آب بیشتری در بالا دست وارد مسیر اصلی شده و آبی که از خط فرعی به شیارهای واقع در پایین دست مسیر می‌رسد به تدریج کاهش می‌یابد. در نهایت تمامی جریان وارد مسیر اصلی شده، و آبیاری در بخش‌های انتهایی مسیر تا زمانی که توبی به آن جا می‌رسد متوقف گشته و مابقی آب لازم را تأمین می‌کند. هنگامی که توبی به انتهای مسیر خود می‌رسد هر خروجی سهم آب خود را در طول زمان معینی دریافت کرده، و عمل آبیاری تکمیل می‌شود. در این سیستم ائتلاف آب به

هنگام انتقال وجود نداشته و توزیع آب به صورت یکنواخت صورت می‌گیرد. موضوع مربوط به ابداع چنین سیستمی برای نخستین بار در ایستگاه تحقیقاتی دانشگاه «آیداهو»، واقع در «کیمبلی»، به مرحله‌ی اجرا درآمد. مقدار آب مورد استفاده در بالادست و پایین دست لوله تقریباً یکسان بوده ولی مقادیر آن‌ها همانند بخش‌های میانی لوله، معین نمی‌باشد. احوات و تأسیساتی که در سیستم مجرای فرعی مورد استفاده قرار می‌گیرند مانند سوریزها کلاً توسط برنامه‌های رایانه‌ی طراحی می‌شوند که جزئیات آن توسط Kemper و Kincaid (۱۹۸۳) ارایه شده است. اندازه‌های مختلف این سوریزها عملاً می‌توانند مقادیر مساوی آب را به خروجی‌های لوله برسانند.

هزینه‌ی عده و اصلی این روش همانند هزینه‌ی لوله فرعی است که قابل توجه می‌باشد. توپی‌ها پس از طراحی مورد آزمایش قرار می‌گیرند، به طوریکه در ابتدای امر به طور کامل آب را منحرف می‌سازند و با نزدیک شدن توپی به انتهای مسیر بتدريج مسدود می‌شوند. میزان بسته شدن آن‌ها را می‌توان تنظیم نمود. چنین توپی‌هایی می‌توانند عمل انحراف آب (حالت خروجی فرعی^۱) را انجام داده و یکنواختی بيشتری را ایجاد کنند و در مقایسه با لوله‌های فرعی دارای هزینه‌ی کمتری می‌باشند.

توپی‌های چندگانه به منظور کنترل آب و کاهش انرژی آن

مفهوم توپی‌های چندگانه^۲ متصل به کابل در مبحث «اصلاح مقدار جریان آب ورودی به شیار» مورد بحث قرار گرفت (شکل شماره‌ی ۸). تأثیرات ناشی از قطر سوراخ توپی‌های واقع در بالادست و فاصله‌ی بین توپی‌ها را می‌توان با استفاده از مدل رایانه‌ی مورد آزمایش قرار داده، و در حد بهینه محاسبه کرد.

یکی از موارد استفاده توپی چندگانه در سیستم «Craig» می‌باشد که امکان آبیاری همزمان دو مزرعه با مساحت‌های یکسان را فراهم می‌سازد. مقدار کل آب توزیع شده، به سیستم آبیاری کابلی مزرعه بالادست وارد می‌شود، ولی توپی واقع در این سیستم دارای

منفذی می‌باشد که نیمی از آب را از خود عبور داده و به مزرعه پایین دست می‌رساند. سیستم آبیاری کابلی مزرعه دوم مجهز به یک توبی تنظیم شده می‌باشد. این امر امکان آبیاری هر دو مزرعه را در یک زمان با استفاده از مقدار دبی اولیه‌ی شیارها که بسیار کم تر از حد اکثر مقدار آب توزیع شده به یک مزرعه می‌باشد، فراهم می‌سازد. به طور معمول به منظور اولین آبیاری فصلی، که در آن زمان میزان نفوذپذیری خاک بالا می‌باشد، از حد اکثر مقدار دبی آب استفاده می‌شود.

تنظیم مقدار جریان در شیارهای دارای مشکل

آبیاری کامل شیارهایی که دارای نفوذپذیری بالا و مسایل رسوب‌گذاری می‌باشند و یا سوراخ‌های مربوط به لانه‌ی جوندگان در زیر آن‌ها قرار دارد، بسیار دشوار می‌باشد. بهترین راه حل حذف عوامل مشکل‌زا می‌باشد. کنترل تعداد جوندگان، انجام عملیات خاک‌ورزی در زمین به طور یکنواخت، تحکیم خاک و تنظیم دقیق میزان جریان به منظور کنترل فرسایش در شیار، می‌تواند چنین مشکلاتی را بر طرف ساخته تا آب بتواند به انتهای شیارها برسد.

اگر مسئله‌ی عدم پیشروی مناسب آب در بالادست شیارها سریعاً و در هنگامی که بیشتر خروجی‌هایی که آب از آن‌ها جریان دارد مورد بررسی و مطالعه قرار نگیرد در آن صورت می‌توان با افزایش روزنه خروجی‌ها و افزایش مقدار جریان آب، پیشروی آب را تا انتهای شیار امکان‌پذیر ساخت.

چنان‌چه توبی در طول مسیر خود، آنقدر دور شود که آب از خروجی‌ها خارج نشود و آبیار هم چنان بخواهد به عمل آبیاری شیار ادامه دهد، چندین راه حل وجود دارد. چنان‌چه سطح آب در لوله بالاتر از سطح آب در زمین باشد، می‌توان با استفاده از یک سیفون که از طریق یکی از خروجی‌ها وارد لوله می‌شود، جریان آب را به شیارهایی که نیازمند آب می‌باشد رساند.

با قراردادن ورودی لوله‌ی سیفون در جهت بالادست می‌توان آب را در لوله به جریان انداخت. چنان‌چه سرعت آب در لوله بالا باشد، نیروی مربوطه قابل ملاحظه می‌شود.

مقدار بار آبی H تقریباً برابر با $2g/V^2$ می‌باشد، که در این رابطه مقدار g شتاب نقل زمین برابر $2/32$ ، $9/81$ متر بر مجدور ثانیه) و V سرعت آب در لوله بر حسب فوت در ثانیه (متر در ثانیه) و H ارتفاعی (بر حسب فوت یا متر) می‌باشد که آب تحت این فشار صعود می‌نماید. به عنوان مثال در یک لوله 6 اینچی (15 سانتی متر) با شیب $1/4$ درصد که دبی آن یک فوت مکعب در ثانیه است، سرعت متوسط آب در حدود $1/5$ فوت در ثانیه ($5/1$ متر در ثانیه) است و چنان‌چه منفذ ورودی لوله‌ی سیفون درجهت بالادست قرار داده شود بار آبی به میزان $4/0$ فوت ($12/0$ متر) ایجاد می‌شود. این مسئله بستگی به این دارد که منفذ ورودی لوله‌ی سیفون در بخش مرکزی سطح مقطع لوله قرار داشته باشد (که در آن سرعت جریان آب حداقل $4/0$ متر است) و یا در نزدیکی محیط لوله که سرعت جریان آب حداقل می‌باشد. اگر مقدار جریان آب از یک سیفون کافی نباشد، استفاده از دو سیفون که در دو خروجی مجاور هم قرار داده شده‌اند، پیشنهاد می‌شود.

اگر چند شیار مجاور هم به میزان کافی آب دریافت نکرده‌اند و مقدار جریان در لوله، به اندازه‌ی حداقل ظرفیت آن باشد، خروجی‌های مربوط به ردیف‌های دچار کمبود آب را می‌توان بیشتر باز کرد. آن‌گاه می‌توان حفره‌ی بعدی را باز کرده و یک تکه‌ی باریک چوب و یا فلز را که قطر آن تقریباً برابر با قطر داخلی حفره می‌باشد به طور تقریباً عمودی در آن قرار داد، به‌طوری‌که از جای خود خارج نشود. با انجام این عمل مانع کافی در مقابل جریان آب ایجاد می‌شود، به‌طوری‌که ارتفاع آب در لوله‌ی آبده افزایش یافته و منجر به جاری شدن آب از خروجی‌های مورد نظر می‌شود. چنان‌چه آبیاری برخی از شیارها که در بالادست نقطه‌ی موردنظر قرار دارند مورد نیاز نباشد، می‌توان خروجی‌های مربوط به آن‌ها را به منظور گسترش تأثیر مانع در طول لوله مسدود کرد.

اگر دبی لوله کم‌تر از دبی حداقل طراحی خود باشد باید مانع بزرگ‌تری در نظر گرفته شود، تا بتواند بار آبی موردنیاز را در نقطه‌یی که آب باید خارج شود را فراهم سازد. برای این منظور می‌توان از دوروش استفاده کرد. سه نوار باریک چوبی یا فلزی به ضخامت $1/8$ اینچ ($32/0$ سانتی متر) و با عرض کم‌تر از قطر خروجی را می‌توان اندکی دورتر از انتهای آن‌ها به‌طوری که تقریباً 20% بزرگ‌تر از قطر لوله باشد به یکدیگر پیچ کرد. این مانع بادبزنی شکل را می‌توان تا بخش پیچ شده وارد لوله کرد به‌طوری که نوک قطعات یا نوارها

به سمت بالا دست جریان قرار داشته باشد. سپس می‌توان این تیغه‌ها را به صورت بادبزن در داخل لوله گشود. برای ایجاد مقاومت بیشتر می‌توان یک کیسه‌ی پلاستیکی را قبل از وارد نمودن در لوله بر روی این بادبزن کشید.

روش دیگر برای ایجاد مقاومت بیشتر در لوله وارد کردن یک بادکنک لاستیکی با مقاومت زیاد (یا توب‌های لاستیکی سبک وزن) از طریق خروجی واقع در پایین دست شیارهای مورد نظر می‌باشد سپس تا زمان دستیابی به مقاومت لازم (اندازه‌ی مورد نظر) هوا به درون این بادکنک دمیده می‌شود. برای نگهداری بادکنک‌ها در محل خود می‌توان انتهای آن را بین در و دریچه قرار داده و دریچه را بست و یا این که انتهای آن را با استفاده از نخ یا یک تکه چوب در بیرون خروجی مهار ساخت.

سیستم آبیاری کابلی به منظور آبیاری نوارهای دارای پشته‌بندی^۱

سیستم آبیاری کابلی را می‌توان طوری طراحی کرد که آب را در مزارعی که اراضی آن با استفاده از پشته‌های خاکی به صورت نواری تقسیم‌بندی شده است، توزیع سازد. یک نمونه از این شبکه در مزرعه‌یی (Mزرعه Le Beau) نصب شده است. این سیستم مشکل از نصب لوله‌ایی در بخش میانی مزرعه می‌باشد. لوله‌ها در عمق ۳۰ سانتی‌متری در داخل خاک قرار گرفته تا مانع از انجام فعالیت‌های کشاورزی نگردد. رایزرهای^۲ نصب شده در میان پشته‌های، آب را خارج ساخته و به نوارهای مجاور می‌رسانند. در این سیستم استقرار لوله‌ها بر روی شبکه‌یی الزامی نیست، اگرچه منافذ موجود در انتهای رایزرها باید بر روی یک مسیر شبکه‌دار قرار داشته باشند تا با صبور تری از زیر هر یک از آن‌ها، آب از آن جریان یافته و هم‌چنین جریان آب از خروجی‌های واقع در بالا دست کاهش یابد. فشار وارد به توبی در لوله‌های زیر خاک شبکه، اغلب ۳ تا ۴ برابر بیشتر از زمانی است که لوله‌ها در سطح زمین قرار دارند. در نتیجه توبی‌ها، کابل‌ها و سیستم‌های کنترل قوی‌تری در لوله‌های زیر خاک لازم می‌باشد.

اراضی که به وسیله پشتهدای خاکی نواربندی شده است، امکان آبیاری سریع مزرعه را فراهم می‌سازد، به طوری که زمان نفوذ و در تیجه میزان نفوذ آب در ابتدا و انتهای نوار تقریباً یکسان می‌شود. در خاک‌هایی که دارای نفوذپذیری بسیار بالایی می‌باشند، آبیاری با روش نوارهای پشتهدای شده، یکنواخت‌ترین نوع آبیاری به شمار می‌رود، با این وجود متمرکز کردن آب در روی یک یا دو نوار برای مدت زمانی به نسبت کوتاه، نیازمند تغییراتی در مجموعه‌ی آبیاری طرف مدت یک و یا دو ساعت می‌باشد، چنین تغییرات متناوبی نیروی کار انسانی زیادی را در سیستم‌های غیر خودکار نیاز داشته ولی به راحتی قابل انطباق با روش آبیاری کابلی می‌باشد.

محصولاتی نظیر غلات و یونجه با این روش آبیاری به خوبی خود را تطبیق داده‌اند. زمانی که این محصولات تنها محصول در مزرعه باشند، نصب یک رایزر برای هر نوار (و یا نصب یک لوله در ازای هر دو نوار بر طبق طرح مزرعه Le Beau) به منظور توزیع آب از طریق لوله‌ی زیرزمینی سیستم آبیاری کابلی کافی است. چنان‌چه این محصولات در تناوب با گیاهان ردیفی کشت شوند، به منظور توزیع آب، در ازای هر شیار، به طور معمول یک خروجی مورد نیاز می‌باشد. سیستم آبیاری سطحی کابلی در بخش بالادست مزارع به خوبی می‌تواند آب موردنیاز هر شیار را فراهم سازد. هم‌چنین این سیستم را می‌توان با ایجاد خروجی‌های بزرگ به قطر ۴ تا ۱۰ اینچ (۱۰-۲۵ سانتی‌متر) در روی لوله PVC به نحوی اصلاح کرد تا جریان آب را بر روی نوارها متمرکز سازد.

اندازه و تعداد این خروجی‌های بزرگ در ازای هر نوار بستگی به آن دارد که آیا تمامی آب را بخواهیم به یک نوار برسانیم یا این‌که دو میان یا سومین نوار پشت توپی را نیز با جریان آبی که از مقدار آن کاسته شده است، آبیاری کنیم.

هنگامی که مجدد آگیاهان ردیفی کشت شوند، می‌توان پوشش‌هایی با استفاده از برش‌های ۱۸۰ درجه از لوله‌هایی با همان قطر ولی با طول ۳/۷ متر (۷/۶ سانتی‌متر) طویل‌تر از منفذ ایجاد شده تهیه کرد و در روی منفذ و سوراخ‌ها قرار داد و آن‌ها را با استفاده از دو رشته نخ و یا سیم محکم کرد. زمانی که فشار آب در داخل لوله‌های سیستم کم باشد (کم‌تر از ۸ اینچ) (۲۰ سانتی‌متر) با توده کردن خاک به ارتفاع مناسب بر روی دریچه‌ها می‌توان آن‌ها را در جای خود نگاه داشت.

اصلاحات لازم به منظور ایجاد شرایط آبیاری موجی^۱

با استفاده از روش آبیاری کابلی می‌توان عمل آبیاری را به صورت موجی نیز انجام داد. در روش آبیاری موجی، جریان آب به طور متناوب و به صورت قطع و وصل به شیارها وارد می‌شود که هدف از این کار کاهش میزان تفویضپذیری در بالادست شیارها و ایجاد آبیاری یکنواخت می‌باشد (Bishop و همکاران، ۱۹۸۱). این روش به ویژه در اولین آبیاری پس از انجام مراحل کاشت مؤثر است.

در شکل شماره‌ی ۴۰، روش مورد استفاده به منظور قطع و وصل جریان آب در لوله در ضمن حرکت تویی به سمت جلو نمایش داده شده است.

استفاده از تویی‌های چندگانه با فاصله‌ی مناسب و هم‌چنین تعییه‌ی خروجی در همه‌ی آن‌ها به جز آخرین تویی در پایین دست، می‌تواند به نوعی آبیاری موجی را ایجاد کند. (به عنوان مثال در سیستمی که در شکل شماره‌ی ۸ نشان داده شده چنان‌چه فاصله‌ی تویی‌ها ۲۰ درصد بیشتر شود، چنین حالتی ایجاد می‌شود). در بعضی از شرایط در محلی که مقدار آب پیشروی جریان تا انتهای شیارها را تأمین نسازد، ایجاد یک توقف در جریان آبیاری می‌تواند میزان تفویضپذیری در بخش مرطوب شده شیار را تا حدی کاهش دهد، که آب بتواند به انتهای شیار نیز پیشروی کند، نحوه‌ی عمل بدین‌گونه است که چند ساعت اجازه دهیم تا زمین خشک شود و سپس دوباره آبیاری را از سر بگیریم. برای این‌کار می‌توان تویی را با حداکثر سرعت ممکن به جلو راند و سپس سرعت آن را تا حد طبیعی کاهش داد.

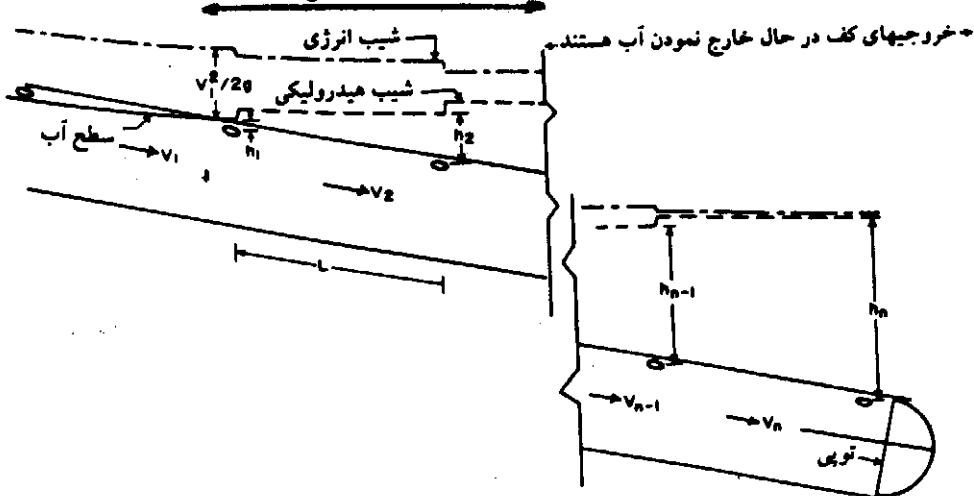
مسوده کردن انتهای مسیر آبیاری کابلی به منظور جلوگیری از نشت آب چنان‌چه میزان منابع آب قابل دسترس کم باشد، و یا این که در پایین دست زهکشی آب مازاد مقدور نباشد، پایین دست لوله‌ی سیستم آبیاری را می‌توان به هر نحوی مسدود کرد،

تا مانع از خروج آب از انتهای سیستم بشود. آبی که از اطراف تویی درون لوله نشست می‌نماید، می‌تواند برای آبیاری شیارهای انتهایی مورد استفاده قرار گیرد. زمانبندی آبیاری و تعیین مقدار جریان آب در ازای هر شیار را می‌توان با استن خروجی‌های واقع در انتهای مسیر که نمی‌باشد آب از آن‌ها خارج شود، تنظیم کرد.

کاربرد مدل رایانه‌یی جریان آب در لوله

چنان‌چه آب از خروجی‌های واقع در بخش میانی لوله خارج بشود (از خروجی‌های بخش‌های ابتدایی و انتهایی جریانی وجود نداشته باشد) داده‌های ورودی لازم برای نمونه عبارت از قطع داخلی لوله، ضرب زیری، اندازه خروجی‌ها و فاصله‌ی آن‌ها از یک‌دیگر، شبیل لوله، و کل مقدار جریان ورودی آب می‌باشد. مقدار جریان آب ورودی به شیار با گذشت زمان تغییر می‌باید ولی هنگامی که خط شبیب اصطکاکی برابر با حداقل شبیل لوله باشد، ظرفیت جریان آب در لوله آن را محدود می‌سازد (هم‌چنان‌که در شکل شماره‌ی ۳۲ نشان داده می‌شود جریان آب در بالادست تویی برابر صفر می‌شود).

خروچهای فوقانی در حال خارج نمودن آب هستند



شکل شماره‌ی ۳۲ - هیدرولیک سیستم آبیاری کابلی

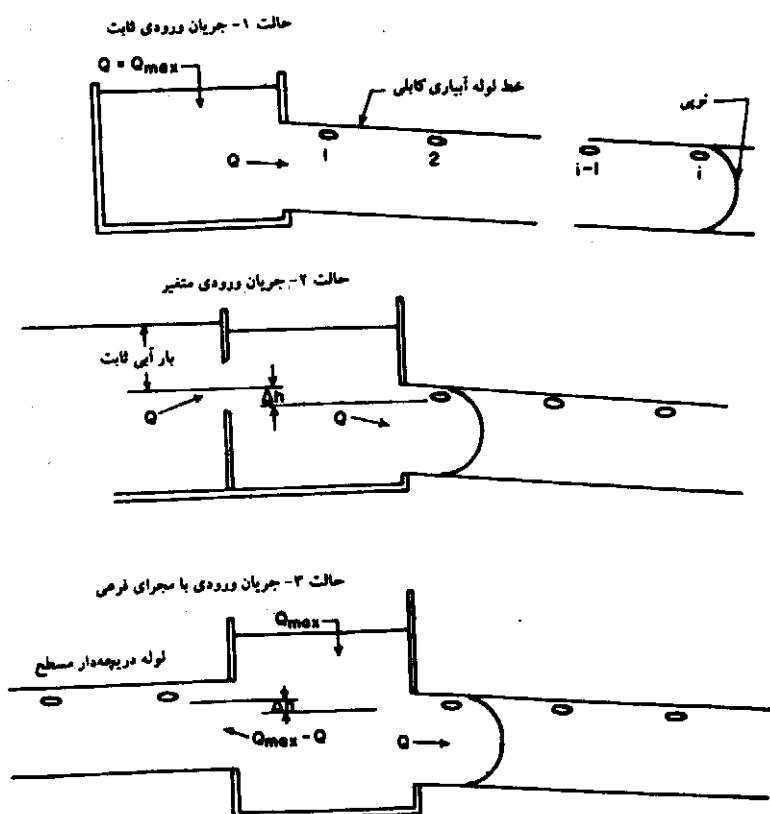
از آنجایی که نقطه‌ی بار هیدرولیکی صفر ناشناخته است، از روش آزمون و خطابه منظور تعیین خط شیب هیدرولیکی استفاده به عمل آمده است. با شروع از پایین دست، برای بار «پیزومتری» آخرین خروجی، عددی در نظر گرفته می‌شود (h_0). میزان دبی خروجی و مقدار جریان آب لوله محاسبه شده و تغییرات ایجاد شده در بار هیدرولیکی از پایین دست به سمت بالادست محاسبه می‌شود. هنگامی که بار پیزومتری برابر صفر گردید، کل جریان تجمعی با مقدار جریان آب (که ورودی مشخص می‌باشد) مقایسه می‌شود. چنان‌چه مقدار جریان آب ورودی بیش از مجموع آب تخلیه شده از خروجی‌ها باشد، بار h_0 فرضی افزایش داده شده و یا اگر مجموع مقدار جریان آب از خروجی‌ها از مقدار آب ورودی بیشتر باشد، مقدار h_0 کاهش داده می‌شود. این عمل چندین بار تکرار می‌شود تا زمانی که مقدار آب تخلیه شده از خروجی‌ها با تقریب ۱ درصد برابر کل جریان آب ورودی شود. هنگامی که اندازه‌ی خروجی، فاصله‌ی بین آن‌ها، شیب لوله و قطر آن با هم هماهنگی داشته باشند و توبی از خروجی نام عبور نماید، مقدار جریان آب در خروجی نام به اندازه‌ی مقدار تخلیه^۱ از خروجی $1+1$ قبلی کاهش می‌یابد. با ادامه‌ی حرکت توبی به سمت پایین دست مسیر، مقدار جریان در خروجی نام کاهش بیشتری یافته، و این مسئله در مورد تمامی خروجی‌های واقع در بالادست، هنگامی که توبی از آن‌ها عبور می‌نماید صدق می‌کند. افزایش زمانی تغییرات ایجاد شده در میزان جریان، برابر با فاصله بین دو خروجی مجاور تقسیم بر سرعت توبی می‌باشد.

در مواردی که اندازه‌ی خروجی و فاصله‌ی آن‌ها ثابت بوده و شیب لوله یکنواخت باشد، محاسبه میزان توزیع آب را می‌توان بدون استفاده از روش آزمون و خطابه با شروع از بالادست، یعنی در جایی که بار هیدرولیکی مشخص می‌باشد ($h=0$) انجام داد، و محاسبه را به سمت پایین دست ادامه داد، تا زمانی که مقدار جریان تجمعی از خروجی‌ها بیش از مقدار جریان ورودی بشود. از این روش در برنامه‌های محاسباتی ساده استفاده می‌شود.

پیش‌بینی میزان جریان آب خروجی‌ها با استفاده از این مدل در شکل‌های شماره‌ی ۴ تا

۸ و همچنین توسط "Kemper" و همکاران در سال ۱۹۸۱، "Kincaid" و "Goel" در سال ۱۹۸۲ و همکاران در سال ۱۹۸۴ نشان داده شده است. شکل شماره‌ی ۴ نشان‌دهنده‌ی میزان هم‌خوانی مقادیر حاصله از مدل با میزان جریان خروجی در سیستم آبیاری کابلی اصلی که در مزرعه‌ی تحقیقاتی دانشگاه «آیداهو»، توسعه یافته است، می‌باشد.

این عملیات پس از آنکه توپی به اندازه‌ی کافی در مسیر لوله حرکت کرد و جریان آب از خروجی اول متوقف شد انجام می‌شود. در مراحل اولیه و شروع عملیات، این اعمال باید اصلاح شوند، در شکل شماره‌ی ۳۳، سه حالت عملیات اولیه تشریح شده است:



شکل شماره‌ی ۳۳: حالات مختلف بهره‌برداری در مرحله‌ی نخست

حالت اول : جریان ثابت. توبی برای مدت زمان خاص t_0 در پشت خروجی قائم ثابت نگاه داشته می شود و سپس به آن امکان داده می شود که با سرعت ثابتی حرکت کند. در این حالت میزان جریان ورودی Q ، در زمان صفر ثابت می باشد. میزان جریان اولیه‌ی خروجی تا زمانی که توبی شروع به حرکت نکند ثابت باقی می ماند و از آن به بعد به سمت صفر کاهش می یابد.

حالت دوم : جریان ورودی متغیر. توبی در زمان صفر از محل اولین خروجی شروع به حرکت می کند. مقدار کل جریان در ابتدا، برابر با شدت جریان اولین خروجی می باشد، و با ادامه حرکت توبی و بازشدن تعداد بیشتری از خروجی ها، به تدریج افزایش یافته، تا این که به حد شدت جریان حداقل می رسد. بار هیدرولیکی آب در اولین خروجی به تدریج کاهش یافته تا به مقدار صفر تنزل یابد. مقدار جریان به وسیله روزنه‌یی که دارای سطح مشخص بوده و آب را با بار بالادست ثابتی وارد محفظه‌ی تأمین آب^۱ می کند، کنترل می شود. با بازشدن تعداد بیشتری از خروجی ها، بار آبی موجود در محفظه‌ی تأمین آب کاهش یافته تا این که سطح آب پایین تر از سطح نخستین خروجی قرار گیرد.

حالت سوم : جریان ورودی انحرافی^۲ مشابه حالت دوم توبی از زمان صفر شروع به حرکت می کند. در ابتدا بخش اعظم حجم آب به سمت یک لوله‌ی دریچه‌دار مسطح و یا هر سیستم مشابه دیگری انحراف می یابد (شکل شماره‌ی ۲۲). با ادامه‌ی حرکت توبی، مقدار جریان آب وارد به لوله‌ی سیستم آبیاری کابلی افزایش می یابد تا زمانی که تمامی آب وارد سیستم آبیاری شود. مساحت کل و رقوم h ، مربوط به خروجی های لوله‌ی مسطح^۳ مشخص شده‌اند.

حالت چهارم : توبی از محل اولین خروجی شروع به حرکت می کند و بخش اعظم حجم آب، از طریق یک لوله‌ی انحرافی و سریز مربوطه و یا از طریق یک توبی منحرف‌کننده جریان به سمت پایین دست منحرف می شود.

محاسبات مربوط به کلیه‌ی حالات یاد شده در بالا به شرح زیر می باشد:

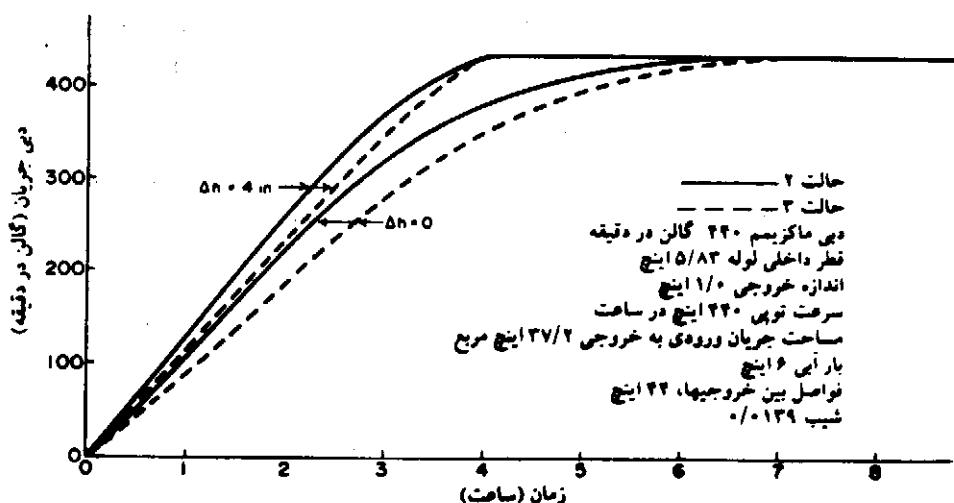
بار پیزومتریک نخستین خروجی به طور فرضی تعیین گردیده و میزان جریان مشخص می‌شود، آن‌گاه محاسبات به سمت پایین دست و تا محل توبی انجام می‌شود. چنان‌چه مقدار تجمعی جریان آب بیشتر از مقدار جریان ورودی باشد، بار آبی مفروض برای اولین خروجی کاهش داده می‌شود و یا همین‌طور بالعکس. سپس مقدار جریان بار دیگر محاسبه می‌شود و این عمل تا زمانی که کل جریان‌های موجود به یک حالت تعادلی برسند تکرار می‌شود. با حرکت توبی به سمت پایین دست لوله، بار آبی نخستین خروجی کاهش یافته و در نهایت به صفر می‌رسد. در این هنگام محاسبات با همان روش قبلی برای بخش‌های میانی لوله دیگر باره انجام می‌شود.

هنگامی که توبی به انتهای مسیر خود رسید، برای تکمیل عملیات آبیاری مه شیوه وجود دارد:

- ۱- جریان آب با همان شدت ادامه یافته تا زمانی که عمق آب آبیاری در آخرین شیار به میزان عمق خالص و یا ناخالص موردنظر برسد. با این روش دستیابی به یک آبیاری یکنواخت، به علت آنکه زمان نفوذ آخرین شیار کمتر از شیارهای واقع در بالادرست می‌باشد، دشوار است. اندازه خروجی‌ها را می‌توان در نزدیکی پایین دست افزایش داد. تا سرعت جریان آب افزایش یابد و زمان لازم برای مجموعه‌ی آخر تا حد امکان کوتاه شود.

- ۲- هنگامی که توبی به انتهای مسیر خود می‌رسد جریان آب ورودی رفتارهای کاهش می‌یابد. میزان جریان ورودی طی یک دوره‌ی زمانی که برابر با طول زمانی توزیع جریان آب تقسیم بر سرعت توبی که در انتهای مسیر است می‌باشد، به طور خطی تا حد صفر شروع به کاهش می‌کند. هملکرد این روش مشابه انتقال آب به یک شبکه‌ی آبیاری کابلی ثانویه (که آب مورد نیاز از همان سازه‌ی ورودی سیستم اول وارد می‌شود ولی ورودی سیستم دوم در ارتفاع پایین‌تری قرار دارد، مانند سیستم "Klompein") می‌باشد که، توبی سیستم دوم، پس از آنکه توبی سیستم اول به انتهای مسیر خود رسید، شروع به حرکت می‌کند. در این روش اندازه خروجی‌ها و شدت جریان آب یکنواخت‌تر بوده و منجر به یک آبیاری یکنواخت می‌شود.

-۳ هنگامی که توبی به انتهای مسیر خود می‌رسد، مقدار جریان آب خروجی از توبی از صفر تا حد اکثر مقدار خود افزایش می‌یابد. این حالت مشابه انتقال آب به یک سیستم ثانویه واقع در پایین دست می‌باشد. نتایج بدست آمده در این روش بسیار شبیه به روش دوم است و دستیابی به یک آبیاری یکنواخت به سهولت امکان‌پذیر می‌باشد. این انتقال را می‌توان با حرکت دادن توبی به داخل یک لوله‌ی فرعی که به لوله‌ی سیستم پایین دست متصل شده است و اجازه می‌دهد که آب پشت توبی دوم قرار گرفته و شدت جریان را کنترل سازد، تکمیل کرد.



شکل شماره‌ی ۳۴ - توزیع زمانی جریان ورودی در حالت‌های ۲ و ۳

روابط بدون بعد برای تعیین پیش‌بینی توزیع مکانی نفوذپذیری

میزان نفوذپذیری شیار را می‌توان با استفاده از تابع زمانی^۱ زیر مدل‌سازی نمود:

$$Z = aT^b \quad (E - V)$$

در این رابطه Z عمق نفوذ برحسب T , mm زمان از شروع آبیاری برحسب ساعت و a و b ضرایب ثابت معادله می‌باشند. عاملی که سرعت اولیه‌ی متوسط کاربرد آب در واحد سطح را مشخص می‌سازد، عامل (EF/q_m) می‌باشد، که در آن q_m مقدار دبی اولیه‌ی تأمین شده برای شیار، E طول شیار و F فاصله بین شیارها می‌باشد، این عامل بر مقدار نفوذپذیری δ_T در مدت یک ساعت که همان ab می‌باشد، تقسیم می‌شود تا بتوان عامل بدون بعد $(EF_{ab})/q_m$ را بدست آورد. عمق ناخالص آبیاری، (G) عبارت از حجم آب که وارد شده به شیار تقسیم بر مساحت تر شده تحت پوشش شیار موردنظر می‌باشد (EF). مقدار G بر عمق نفوذ یافته در یک ساعت (a) تقسیم می‌شود، تا عامل بدون بعد G/a بدست آید. در صدران - آب، سومین عامل بدون بعد به شمار می‌رود. منحنی میزان دبی شیار نسبت به زمان دارای شکل به نسبت ثابتی می‌باشد. نسبت q/q_m بستگی به نسبت Q/Q_c دارد. مقادیر $9/0$ و $5/0$ برای Q/Q_c ، نسبت q/q_m به ترتیب برابر $5/6$ و $5/9$ می‌شود. در نتیجه حداکثر دبی جریان آب در شیار (q_m) و عمق ناخالص آبیاری (G) که سرعت حرکت توبی را تعیین می‌سازند، کاملاً میزان پخش و توزیع جریان آب ورودی را مشخص می‌کنند.

سرعت حرکت توبی با استفاده از رابطه زیر مناسبه می‌شود:

$$P = Q/(EG)$$

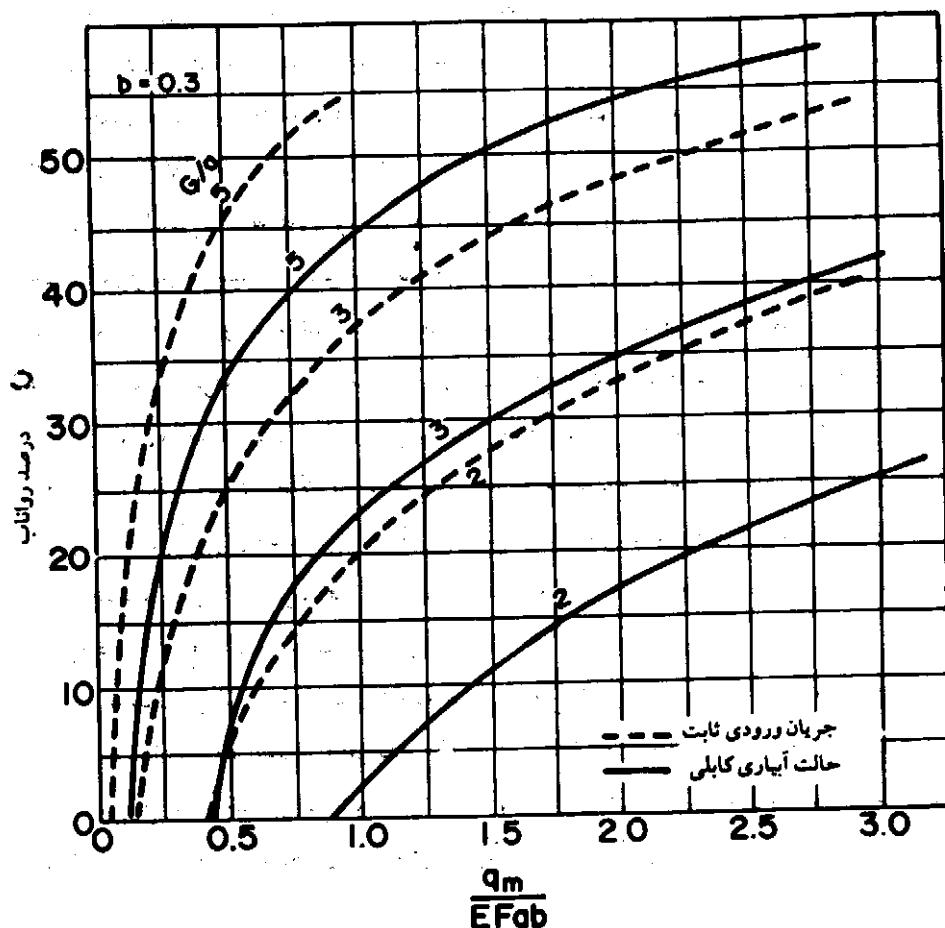
در این رابطه Q برحسب فوت مکعب در دقیقه و E و G برحسب فوت می‌باشند، در نتیجه‌ی واحد P برابر فوت در دقیقه می‌شود. چنان‌چه Q برحسب لیتر در دقیقه، E برحسب متر و G برحسب میلی‌متر باشد، در این حالت واحد P برحسب متر در دقیقه است.

مجموعه‌یی از عملیات^۱ رایانه‌یی که به منظور تعیین رابطه بین پخش - نفوذ^۲ با درنظرگرفتن مقدار نسبت q/q_m در حدود ۰/۵ - ۰/۰ انجام شد. در روابط ارایه شده در شکل‌های شماره‌ی ۳۵ تا ۳۷ به منظور تعیین عامل نفوذ، مقدار b به ترتیب برابر مقادیر ۰/۰ و ۰/۵ می‌باشد.

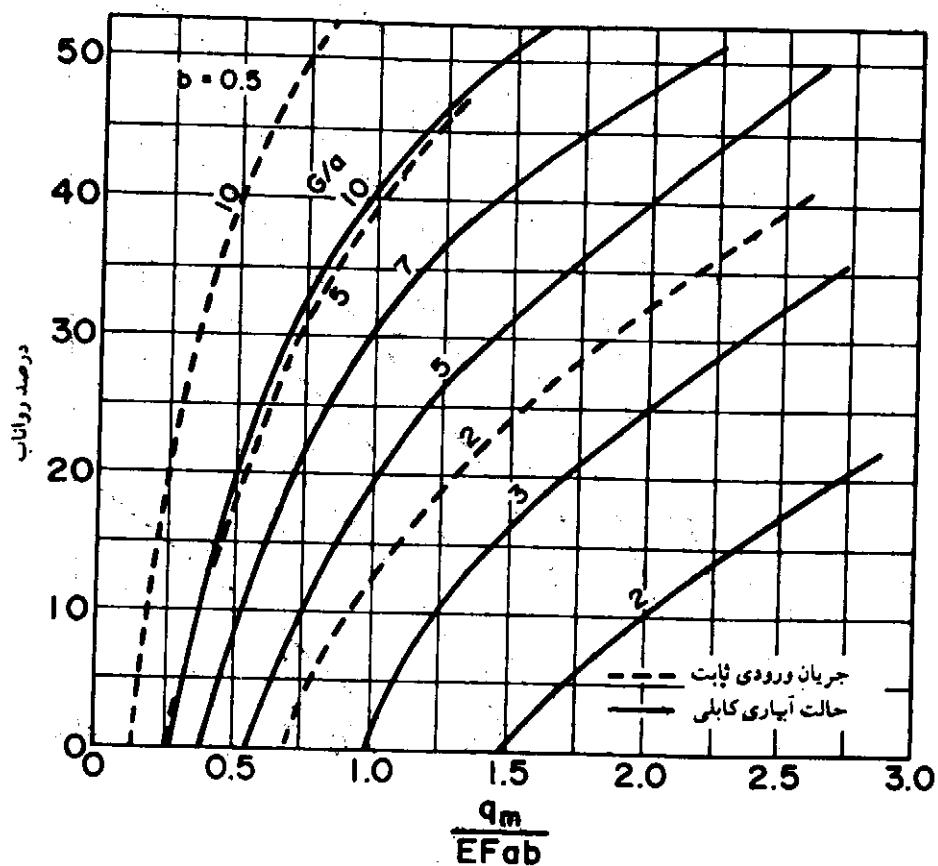
در این شکل‌ها خطوط‌ای تهی از طریق مشابه‌سازی روش آبیاری کابلی با کاهش مقدار جریان ورودی به شیار و خطوط نقطه چین یا در نظر گرفتن جریان ثابت در شیار به صورت $q = q_m$ محاسبه و رسم شده‌اند. با استفاده از این نمودارها می‌توان مقدار اولیه (یا ثابت) میزان جریان مربوط به درصد معینی از روان - آب و عمق ناخالص آبیاری را محاسبه کرد و برای این محاسبه طول شیار و ویژگی‌های نفوذ آب در خاک ارایه شده و فرض می‌شود که شرایط نفوذ آب در خاک در تمامی مزرعه یکنواخت می‌باشد. ایجاد روان - آب با یک عمق ناخالص آبیاری مشخص، به یک حداقل مقدار جریان ورودی نیاز دارد.

با تقسیم عمق آب نفوذ یافته در انتهای شیار به عمق نفوذ یافته در ابتدای شیار، ضریب یکنواختی توزیع آب مشخص می‌شود.

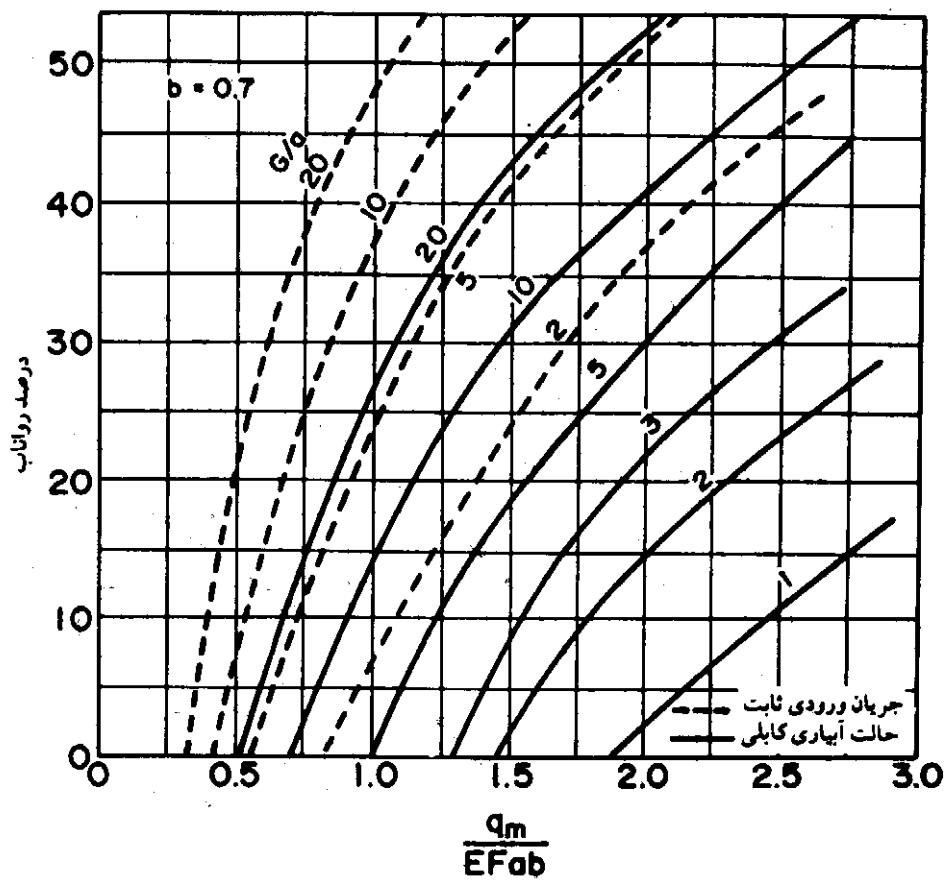
این نسبت در شکل شماره‌ی ۳۸ به عنوان تابعی از درصد روان - آب و متغیرهای G/a و b نشان داده شده است. با افزایش مقدار عمق ناخالص آبیاری و یا درصد روان - آب، میزان توزیع یکنواخت‌تر می‌شود. شدت نفوذپذیری که به وسیله‌ی مقدار b مشخص می‌شود، دارای تأثیر مشخصی بر روی ضریب یکنواختی می‌باشد.



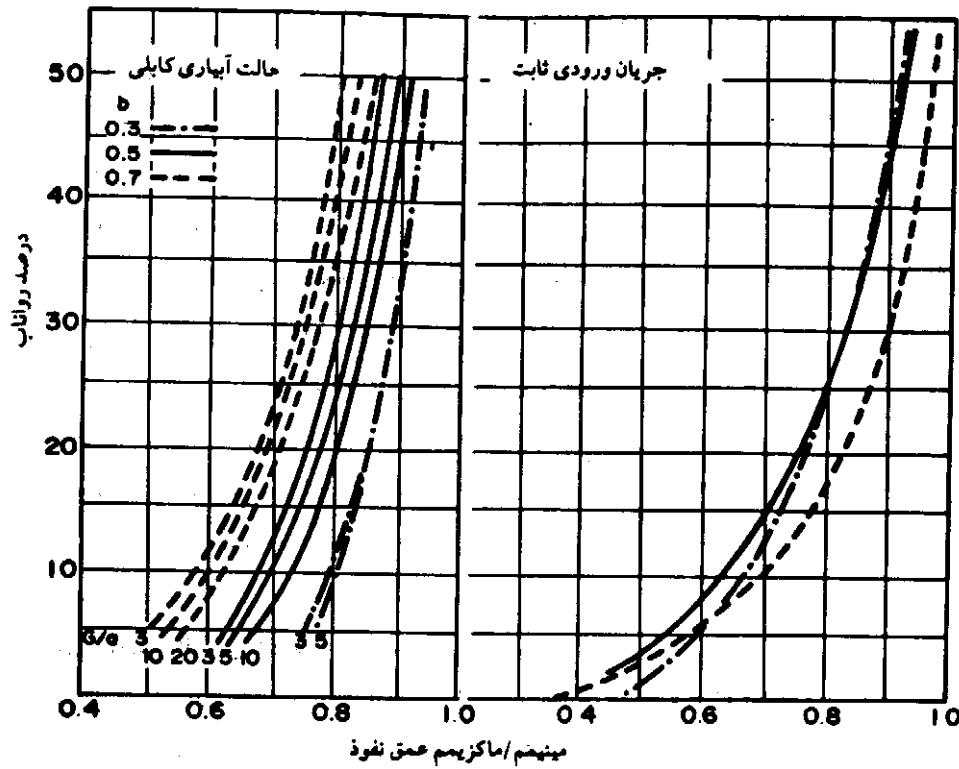
شکل شماره ۳۵ - منحنی های طراحی سیستم آبیاری کابلی (برای $b = 0.3$)



شکل شماره‌ی ۳۶- منحنی‌های طراحی سیستم آبیاری کابلی (برای $b = 0.5$)



شکل شماره‌ی ۳۷- منحنی‌های طراحی سیستم آبیاری کابلی (برای $b = 0.7$)



شکل شماره‌ی ۳۸- نسبت عمق آب نفوذ یافته که تحت تأثیر درصد روان - آب قرار گرفته است.

کاهش انرژی در مسیر سیستم آبیاری کابلی

نیاز به کاهش انرژی

در مسیر لوله‌های سیستم آبیاری کابلی، همانند لوله‌های دریچه‌دار معمولی، چنان‌چه فشار و یا بار آبی بالا باشد، جریان به صورت «فوران»^۱ از خروجی‌ها، خارج می‌شود. اگر آب خروجی دارای سرعت زیادی باشد مسایل و مشکلاتی را از نظر فرسایش در ابتدای شیار ایجاد می‌سازد. در سیستم‌های که برای خروجی‌ها به سمت بالا می‌باشند، فوران آب با فشار به هوا پرتاب شده و چنان‌چه سرعت وزش باد زیاد باشد هدایت آن به سمت شیار مشکل می‌شود. فشار موجود در مسیر سیستم آبیاری کابلی به وسیله ارتفاع آبی که در پشت توپی جمع شده ایجاد می‌شود و مقدار آن بستگی به طولی از لوله که پر از آب بوده و هم‌چنین شبیب مسیر دارد. هنگامی که این ارتفاع که ناشی از تفاوت شبیب در طولی از لوله که پر از آب است، و مقدار افت بار در لوله می‌باشد، بیش از ۱۲ اینچ (در حدود ۳۰۰ میلی‌متر) شود، بار ایجاد شده بر روی توپی، به منظور تعیین این که آیا جریان فورانی ایجاد فرسایش در شیار خواهد کرد یا خیر، باید محاسبه شود. از آن‌جایی که به طور معمول طولی کمتر از ۲۵۰ فوت (۷۵ متر) در لوله پر از آب می‌باشد، مقادیر فشار بالا تنها در لوله‌هایی که دارای شبیب بیش از ۴٪ می‌باشند مشکل آفرین هستند.

مزیت کاهش انرژی در داخل لوله

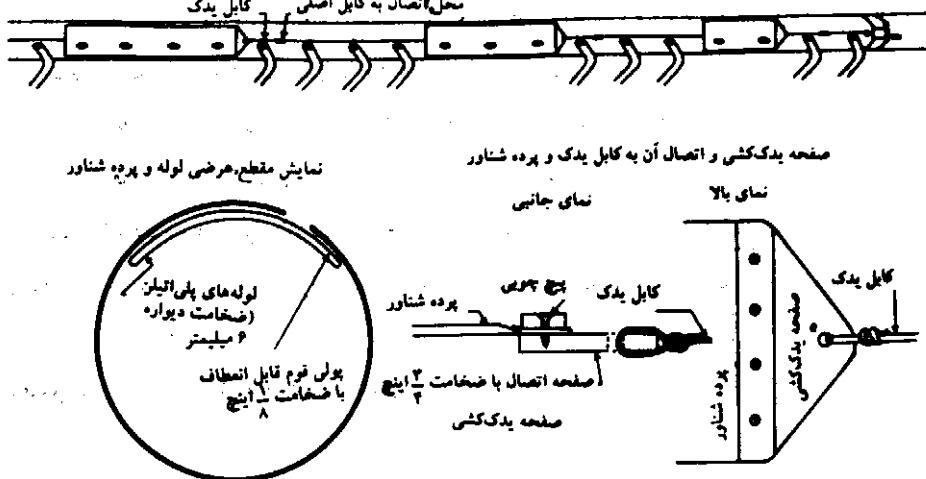
جهت جریان آب را می‌توان با استفاده از دریچه‌های مخصوص، منحرف‌کننده‌ها^۲ و توری‌ها^۳ و یا در داخل لوله با کاهش فشار کنترل کرد. دریچه‌های مخصوص به طور معمول پرهزینه بوده و ممکن است به وسیله مواد زايد مسدود شوند. منحرف‌کننده‌ها و توری‌ها نیز به طور معمول تنظیم دریچه‌ی خروجی‌ها و در نتیجه میزان جریان را دچار اختلال می‌سازند. بنابراین کاهش فشار در داخل لوله بهترین گزینه به شمار می‌رود.

فشار را می‌توان با کاهش انرژی آب در حال جریان، کاهش داد. با انسداد بخشی از مسیر جریان می‌توان مقدار انرژی را کاهش داد. در اثر این عمل در پایین تر از محل انسداد، افت فشار یا کاهش بار رخ می‌دهد. چنان‌چه عامل انسداد به کابل متصل گشته و همراه با آن حرکت نماید، در کل مسیر کاهش فشار مشاهده خواهد شد.

تفییرات و اصلاحات لازم در یک سیستم آبیاری کابلی به منظور ایجاد آبیاری موجی

از آن جایی که آبیاری موجی^۱ موجب می‌شود که برای یک مقدار جریان معین طول بیشتری از شیار مرطوب شود، لذا به منظور آبیاری بخشی از مزرعه روش آبیاری موجی مورد استفاده قرار گرفت و برای ایجاد شرایط تأمین آب متناوب در شیارهای آبیاری از سیستمی که در شکل شماره‌ی ۳۹ نمایش داده شده است، استفاده به عمل آمد.

نمای بالای یک خط آبیاری کابلی با سه پره (بدون مقیاس)
عمل اتصال به کابل اصلی کابل یدک

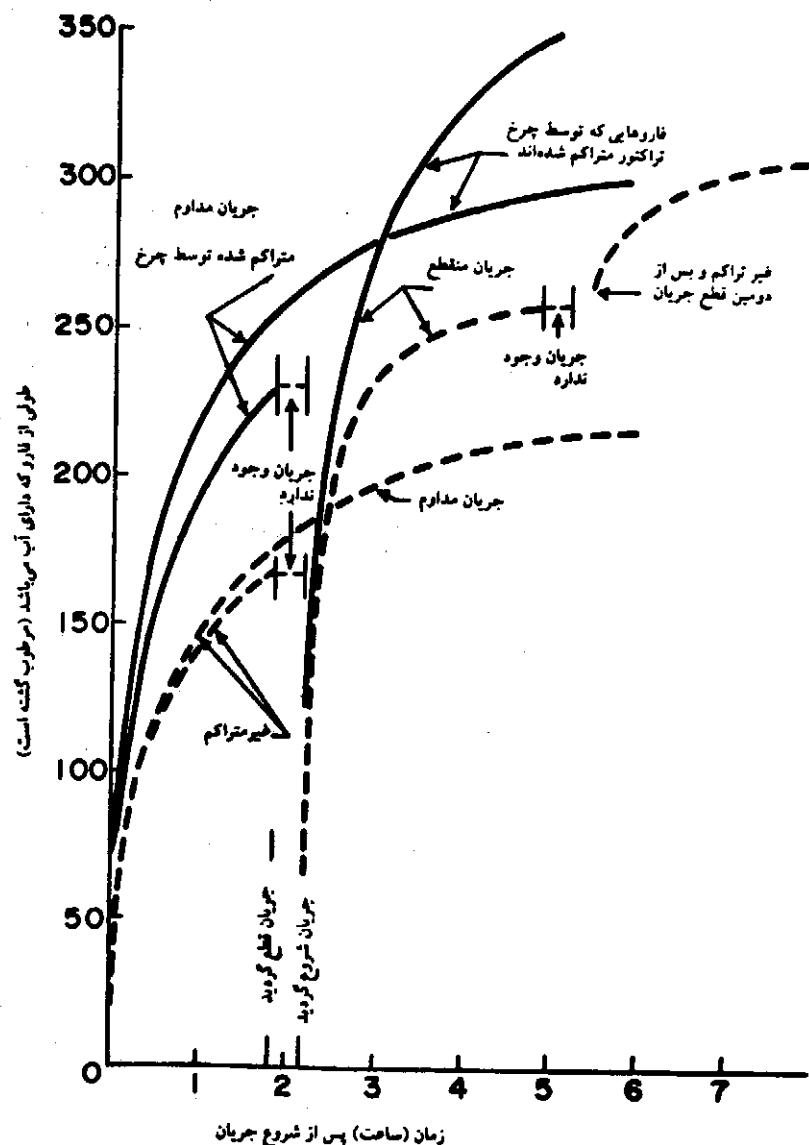


شکل شماره‌ی ۳۹ - تغییرات به عمل آمده در سیستم آبیاری کابلی به منظور ایجاد شرایط آبیاری موجی

پرده‌های شناور^۱ که از بریدن بخشی از لوله‌های «پلی‌اتیلن» ساخته شده‌اند و ضخامت دیواره‌ی آنها ۶ میلی‌متر و قطر آن‌ها در حالت متورم ۵ اینچ (۱۲/۵ سانتی‌متر) می‌باشد، در داخل نوارهای قابل ابعاطاف و سبک وزن «پلی‌فوم» که ضخامت آن‌ها $\frac{1}{8}$ اینچ (۰/۳۲ سانتی‌متر)، پهنای آن‌ها $\frac{5}{7}$ اینچ (۱۹ سانتی‌متر) و طول آن‌ها $\frac{5}{7}$ و ۱۰ فوت (۱/۵ و ۲/۵ و ۳ متر) می‌باشد، قرار داده شدند. این پرده‌های «پلی‌اتیلن»، به اندازه‌ی ۶ اینچ (۱۵ سانتی‌متر) طویل‌تر از لوله‌های «پلی‌فوم» بوده و از هر طرف به اندازه‌ی ۱ اینچ (۲/۵ سانتی‌متر) به وسیله‌ی گرم‌آذون شده‌اند، و در نتیجه طول لوله‌ی «پلی‌فوم» ۴ اینچ (۱۰ سانتی‌متر) می‌شود. بخش‌های انتهایی و ۴ اینچی (۱۰ سانتی‌متر) پرده «پلی‌اتیلن»، خم گشته و به یک بخش دو لایه که از دو قطعه چوب تشکیل شده متصل شده است. همان‌گونه که در شکل شماره‌ی ۴۰ نشان داده شده است این مجموعه به وسیله یک کابل دولا و یا با استفاده از یک اتصال ۷ شکل به کابل اصلی متصل می‌شود. در یک لوله پر از آب این پرده‌های شناور در سطح آب بالا آمده و به فو QUI ترین بخش لوله نزدیک شده و به آن‌جا می‌چسبند و در نتیجه سوراخ‌های واقع در طول لوله را مسدود می‌سازند. سه عدد از این پرده‌ها به طول‌های $\frac{5}{7}$ ، $\frac{5}{7}$ و ۱۰ فوت به دنبال یک دیگر در مسیر اصلی قرار داده می‌شوند. هنگامی که تویی با سرعت ۱۰ فوت (۳ متر) در ساعت از مقابل خروجی‌هایی که دارای فواصل $\frac{2}{5}$ فوتی (۷۵/۰ متر) می‌باشد عبور می‌کند، جریان آب در شیارها به ترتیب ۳۰ دقیقه وصل و ۳۰ دقیقه قطع، ۴۵ دقیقه وصل و ۴۵ دقیقه قطع، یک ساعت وصل و یک ساعت قطع و سپس برای بقیه‌ی مراحل آبیاری (تا چند ساعت) وصل می‌باشد.

تفصیرات میزان نفوذپذیری با زمان

میزان نفوذپذیری آب در خاک در شیار به طور مداوم و باگذشت زمان کاهش می‌یابد. مقدار نفوذ در خاک‌های «سیلتی - لومی» به طور معمول برای مدت ۲ تا ۴ ساعت کاهش می‌یابد ولی از آن به بعد به حد ثابتی می‌رسد ("Goel" و همکاران، ۱۹۸۲). در نتیجه پس



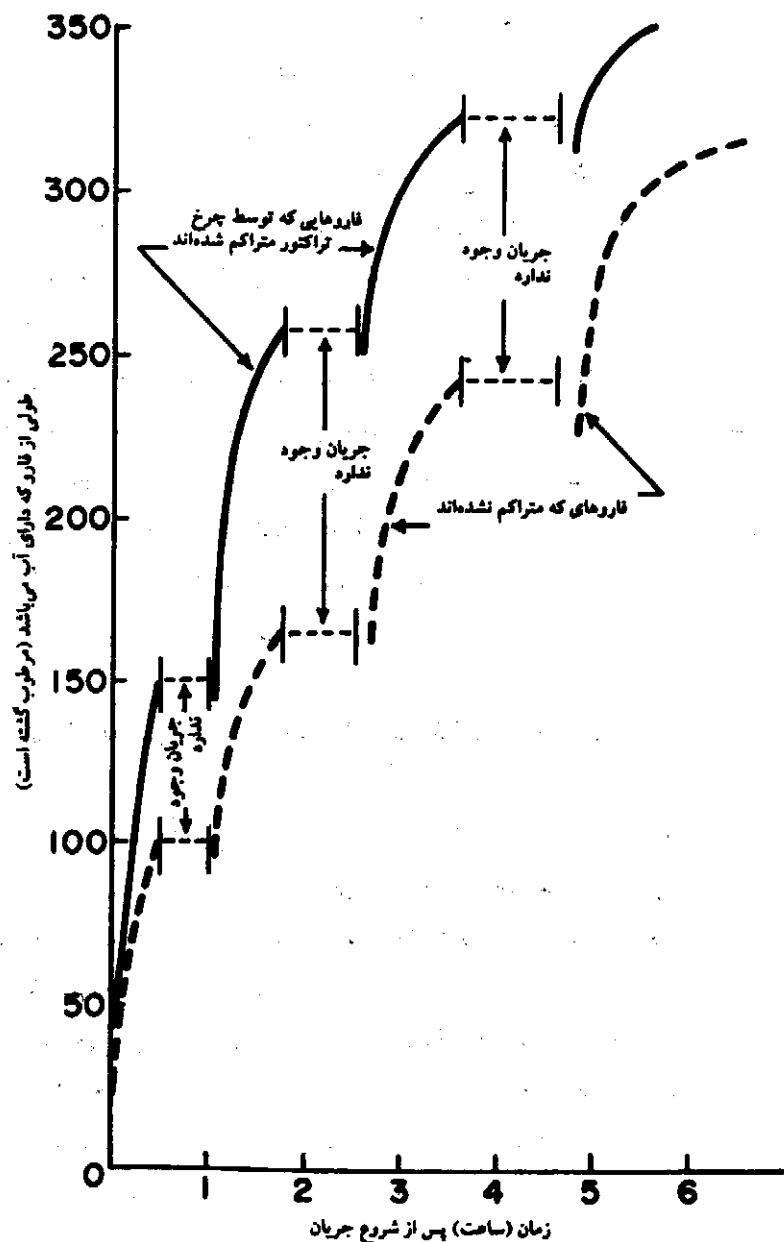
شکل شماره‌ی ۴۰ - تأثیرات ناشی از تراکم خاک و جریان منقطع بر روی طولی از شیار که مرطوب گشته است.

از ایجاد این حالت طولی از شیار که آب بر روی آن وجود دارد به نسبت ثابت می‌شود. در برخی از شیارها مقداری پیشروی آب وجود دارد، ولی در بقیه‌ی آن‌ها با ثابت‌ماندن مقدار دبی آب ورودی مقداری عقب‌نشینی مشاهده می‌شود. در شکل شماره‌ی ۴۰ نسبت بین طولی از شیار که حاوی آب می‌باشد و فاصله زمانی بعد از شروع آبیاری در شیارها در مزرعه‌ی «آیداهو» نشان داده شده است. خطوطی که نماینده شیارهای متراکم شده توسط چرخ‌های تراکتور می‌باشند، مربوط به مقادیر متوسط بدست آمده از چهار شیار است، و خطوطی که نشان‌دهنده شیارهای غیرمتراکم است، مربوط به مقادیر متوسط محاسبه شده در ۶ شیار هستند. برای حالت جریان مداوم آب در شیارهای متراکم میزان پیشروی ۴۳٪ بیشتر از شیارهای غیرمتراکم بود.

تأثیرات ناشی از آبیاری موجی و تراکم خاک

با قطع آبیاری، میزان نفوذپذیری شیار، تا زمان شروع آبیاری مجدد، کاهش می‌یابد. این کاهش در نفوذپذیری برای جریان آب تا انتهای مسیر شیارهای متراکم شده کافی است. قطع جریان آب در شیارهای غیرمتراکم نیز دارای اثرات مشابهی بود، و پس از دوری قطع جریان، آب توانست طول بیشتری را در شیار طی کند.

شکل شماره‌ی ۴۱ بیانگر آن است که آبیاری موجی سبب می‌شود تا آب در شیارهای متراکم شده تا انتهای مزرعه پیشروی کند. در صد افزایش طولی از شیار که به دنبال قطع جریان آب مربوط می‌شود، در شیارهای غیرمتراکم بیشتر از شیارهای متراکم بود. این امر به احتمال زیاد به علت تراکم و قطع جریان آب است که منجر به کاهش تعداد منافذ بزرگ در خاک سطحی شده است. در موارد جریان مقطع آب، کمیش سطحی آب ذرات خاک را به یک‌دیگر نزدیک‌تر می‌کند. چنان‌چه این ذرات قبل از تأثیر عبور چرخ‌های تراکتور به یک‌دیگر فشرده شده باشند، دیگر فضایی که بتوانند تحت تأثیر رطوبت و خشک‌شدن، در آن جا به جا شده و به بالاترین حد تراکم طبیعی خود برسند، وجود نخواهد داشت.



شکل شماره‌ی ۴۱- پیش روی آب در شیارها، با سیستم تأمین آب متناسب (موجی) که در شکل نشان داده شده است.

در چنین آبیاری متناوب مشخص شد، کل آب موجود در شیارها در مدت ۵ تا ۱۰ دقیقه پس از قطع جریان، توسط خاک جذب می‌شوند. ۵ دقیقه پس از ناپدیدشدن آب از سطح خاک، کشش سطحی، ذرات خاک را در بخش‌های متراکم به یک دیگر نزدیک می‌سازد و در نتیجه در امتداد نقاط ضعیف واقع در کف شیار، ترک‌هایی که ناشی از انقباض خاک می‌باشند، پدیدار می‌شوند. زمانی که آب بار دیگر وارد شیارها می‌شود، به طور معمول، مقداری از رسوبات کف آن را با خود حمل می‌سازد، که به سرعت این ترک‌ها را پر می‌سازند.

در یک مزرعه دیگر که خاک آن از همین نوع بود ولی مقدار زیادی کاه و کلش به خاک اضافه شده بود، آبیاری متناوب توانست افزایش چشمگیری در طولی از شیار که مرتضی می‌شود، ایجاد نماید. وجود مقدار زیادی کاه و کلش در شیارها، در عمل حرکت رسوبات را در بخش‌های طولانی از شیار متوقف ساختند. این مشاهدات ثابت کردند، که عامل اصلی افزایش دهنده‌ی طول مرتضی شده شیارها در هنگام آبیاری متناوب (موجی)، هیارت از حرکت بار بستر^۱ در شیار می‌باشد.

شرایطی که تحت آن مقدار نفوذ آب در خاک با ظرفیت توزیع آب انطباق دارد

به طور کلی مطالعات حاضر نشان داده‌اند که اندازه‌ی خروجی‌ها و مقدار آب ورودی به شیار را می‌توان در هنگام تغییرات در شرایط مختلف خاک سطحی، از خاک‌هایی که به منظور کشت یونجه به صورت شیارهای کاملاً تثبیت شده درآمده‌اند تا خاک‌هایی که به تازگی شخم زده شده‌اند، را با استفاده از آبیاری جریان متناوب (موجی) ثابت نگاه داشت. در طراحی سیستم‌های آبیاری خودکار، یکی از مهم‌ترین تصمیم‌گیری‌ها این است که آیا اندازه‌ی خروجی‌ها ثابت باشند، و یا طراحی به نحوی صورت گیرد که اندازه‌ی آن‌ها قابل تنظیم باشد؟ در روش آبیاری کابلی می‌توان با کاستن از میزان آب وارد به سیستم از میزان جریان خروجی‌ها کاست.

Cablegation Systems for Irrigation Description, Design, Installation and Performance

W.D.Kemper, D.C.Kincaid

R.V.Worstell, W.H.Heinemann

T.J.Trout, and Y.E.Chapman

این کتاب ترجمه‌ای است از:

*Cablegation Systems for Irrigation:
Description, Design, Installation
and Performance*

۶۲۶/۸۴

۷۲۲۵

۱۰

کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

تهران - خیابان کریمخان زند - خیابان آبان جنوبی - سرمه

تلفن ۸۹۶۶۴۹ - ۸۹۸۱۴۲ - نمبر ۸۹۴۲۹۶



ICID