

ارزیابی فنی و اقتصادی آبیاری با لوله‌های کم فشار (هیدروفلوم) و مقایسه آن

با آبیاری سنتی و بارانی

علی قدمی فیروز آبادی، سید محسن سیدان و فریبرز عباسی**

* نگارنده مسئول، نشانی: کرج، بلوار شهید فهمیده، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، ص. پ. ۳۱۵۸۵-۸۴۵، تلفن:

۲۷۰۵۲۴۲ (۰۲۶۱)، پیام‌نگار: abbasi_fariborz@yahoo.com

** به ترتیب اعضاء هیئت علمی بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی همدان؛ و دانشیار مؤسسه

تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی کرج

تاریخ دریافت: ۸۸/۸/۲۶؛ تاریخ پذیرش: ۸۹/۲/۴

چکیده

کمبود و کاهش تدریجی منابع آب با کیفیت مناسب، از مهمترین عوامل محدودکننده تولیدات کشاورزی در ایران به شمار می‌رود و از این رو استفاده بهینه از منابع آب و افزایش کارایی مصرف آب از ضروریات بخش کشاورزی محسوب می‌شود. در این خصوص به‌کارگیری سامانه‌های آبیاری کم‌فشار از جمله هیدروفلوم به عنوان گزینه‌ای به‌جای روش‌های سنتی قابل توصیه است. این تحقیق، با هدف ارزیابی و مقایسه توزیع آب با استفاده از هیدروفلوم با روش‌های سنتی و بارانی انجام شد. مزارعی در دشت کبودرآهنگ همدان که تحت کشت سیب‌زمینی بودند انتخاب و این تحقیق در آنها اجرا گردید. حجم آب مصرفی در طول فصل زراعی، عملکرد محصول، و رطوبت خاک قبل و بعد از آبیاری اندازه‌گیری و کارایی مصرف آب ارزیابی شد. نتایج نشان داد که تلفات آب در مزارعی که با استفاده از هیدروفلوم آبیاری می‌شوند، به صورت نفوذ عمقی ولی در مزارع با سیستم آبیاری سنتی به صورت رواناب و نفوذ عمقی است. رواناب سطحی در دو روش توزیع سنتی و هیدروفلوم به ترتیب حدود ۲۵/۸ و ۱۵ درصد برآورد شد. راندمان پتانسیل کاربرد، راندمان کاربرد چارک پایین، یکنواختی توزیع، و ضریب یکنواختی کریستین سن در روش هیدروفلوم به ترتیب ۵۰، ۴۸/۲، ۷۹/۲ و ۷۷ درصد به دست آمد. این شاخص‌ها در روش سنتی به ترتیب ۴۴/۸، ۳۴/۹، ۸۷/۶۵ و ۸۹/۱ درصد و در روش بارانی به ترتیب ۵۷/۶، ۵۶، ۷۰/۳، ۷۶/۶ برآورد شد. کارایی مصرف آب به روش سنتی، هیدروفلوم و بارانی به ترتیب ۱/۲، ۲/۴ و ۳/۲ کیلوگرم به ازای هر متر مکعب آب تخمین زده شد. توزیع آب با استفاده از هیدروفلوم با کاهش ۲۱ درصد حجم آب مصرفی و افزایش ۱۰۰ درصدی کارایی مصرف آب نسبت به روش سنتی همراه بود. در توزیع آب با هیدروفلوم، درآمد کشاورز ۳۹۳۷۶۶۰۰ ریال در هکتار نسبت به روش سنتی بالاتر است. همچنین نتایج نشان داد که نسبت سود به هزینه در روش هیدروفلوم ۶ است.

واژه‌های کلیدی

آبیاری بارانی، آبیاری سنتی، آبیاری کم فشار، ارزیابی فنی، هیدروفلوم

مقدمه (هیدروفلوم) یکی از راه‌های مؤثر جهت استفاده بهینه از

آب مصرفی در بخش کشاورزی است. اخیراً شرکت‌های تعاونی با همکاری مهندسين مشاور به استفاده از لوله‌های آبیاری کم‌فشار (هیدروفلوم) در بعضی از مناطق استان همدان دست زده‌اند. استفاده از این سیستم به منظور

مقدمه

بحران محدودیت منابع آب در مناطق مختلف کشور به‌ویژه در استان همدان طی سال‌های اخیر تشدید شده و لازم است برای افزایش راندمان آب مصرفی تمهیدات لازم به‌کار بسته شود. به‌کارگیری آبیاری با لوله‌های کم‌فشار



در قسمت مرکزی چین مقایسه کردند. نتایج بررسی‌های آنها نشان می‌دهد که استفاده از لوله‌های دریچه‌دار باعث کاهش ۲۵ تا ۲۸ درصد در آب مصرفی گندم و افزایش ۱۹ تا ۲۹ درصد در کارایی مصرف آب نسبت به آبیاری سنتی شده است. در آبیاری با استفاده از لوله‌های دریچه‌دار، تلفات آب به صورت نشت و تبخیر در انتقال آب از منبع تا مزرعه تقریباً صفر است و بنابراین راندمان انتقال ۱۰۰ درصد اما راندمان انتقال در روش سنتی ۶۸/۶ درصد محاسبه شد. همچنین، یکنواختی توزیع آب با استفاده از لوله‌های دریچه‌دار و روش سنتی به ترتیب ۸۲/۴ و ۶۴/۳ درصد تعیین شد. عثمان و حسن (Osman & Hassan, 2003) در تحقیقی روی گندم و ذرت در دو روش آبیاری با استفاده از لوله‌های دریچه‌دار و سنتی نشان دادند که استفاده از لوله‌های دریچه‌دار باعث کاهش ۳۰ و ۱۴/۵ درصد در آب مصرفی و افزایش ۶۵ و ۱۱۶ درصد در عملکرد به ترتیب برای گندم و ذرت شده است. شمیلی (Shamili, 2005) در تحقیقی در کشت و صنعت کارون گزارش داد که کاربرد هیدروفلوم تفاوت چندانی از نظر کارایی با سیفون ندارد ولی مشکلات متعدد سیستم‌های آبیاری قطره‌ای و بارانی را نیز ندارد و صرفه اقتصادی و راندمان بهتری را عاید خواهد کرد. مینائی و همکاران (Minaei et al., 2005) در تحقیقی در اراضی غرب شعبیه در استان خوزستان اعلام داشتند که استفاده از آبیاری کم فشار به لحاظ فنی و اقتصادی مناسب‌تر از دیگر روش‌های آبیاری است. افزایش راندمان آبیاری، کاهش زمان اجرا، و کاهش حجم آب مورد نیاز از مزایای آبیاری با لوله‌های کم فشار است. نتایج ارزیابی‌ها در کشورهای مختلف جهان (استرالیا، چین، مصر، و ایران) نشان می‌دهد که کاربرد لوله‌های دریچه‌دار نسبت به روش سنتی باعث کاهش مصرف آب به میزان ۲۵ تا ۲۸ درصد و افزایش کارایی مصرف آب تا حدود ۳۰ درصد می‌شود (Karami & Samadi Bahrami, 2005). رزاتی و ولی‌زاده

جلوگیری از تلفات انتقال آب و همچنین توزیع یکنواخت و کنترل شده آب در مزرعه است. این تحقیق، به منظور مقایسه توزیع آب با استفاده از لوله‌های آبیاری کم‌فشار (هیدروفلوم) با آبیاری بارانی و سنتی انجام شده است.

آبیاری سطحی رایج‌ترین شیوه آبیاری است و با وجود پیشرفت فناوری و ابداع روش‌های نوین آبیاری تحت فشار، هنوز بیش از ۹۰ درصد از اراضی آبی کشور به این روش آبیاری می‌شود. در خصوص راندمان‌های آبیاری، نتایج تحقیقات گسترده در ایران و جهان نشان می‌دهد راندمان کاربرد، انتقال، و توزیع آب در ایران کمتر از متوسط جهانی است (Abbasi et al., 2009).

استیگام (Steigum, 1983) می‌گوید تصمیم‌گیری در مورد سرمایه‌گذاری در هر موضوع، به میزان سوددهی پروژه بستگی دارد. کارفرمایان اقتصادی برای تامین مالی سرمایه‌گذاری‌های جدید به سودهای به‌دست آمده از سرمایه‌گذاری‌ها و اعتبارات قبلی وابسته هستند. تکل و ایتایو (Teclé & Yitayew, 1990) معتقدند که برای انتخاب سیستم مناسب آبیاری تنها توجه به یک هدف یعنی افزایش راندمان، ممکن است به انتخاب گزینه‌ای منجر شود که مشکلات تبعی دیگری را به وجود آورد. این محققان پیشنهاد کردند که به منظور رسیدن به اهداف گوناگون، از چندین معیار به‌طور همزمان استفاده شود تا به انتخاب گزینه مناسب ختم شود و بدین منظور روش برنامه‌ریزی توافقی را پیشنهاد کردند. هویت و همکاران (Howitt et al., 1990) می‌گویند برای انتخاب روش مناسب آبیاری به دلیل تأثیرات متقابل عوامل فنی، اقتصادی، و اجتماعی، یک روش تلفیقی لازم خواهد بود و با توجه به شرایط متغیر زمانی و مکانی، انتخاب روش آبیاری بهینه چندان ساده نیست.

جیبین و فرود (Jibin & Foroud, 2000) استفاده از لوله‌های دریچه‌دار و آبیاری سنتی را در دشت هبی واقع

حجم آب نفوذ کرده، و نفوذ عمقی از روابط زیر محاسبه شد:

$$(1) \quad \text{عمق آب ذخیره شده در خاک} = (\theta_2 - \theta_1) * z * \rho_b$$

که در آن،

θ_1 و θ_2 به ترتیب رطوبت وزنی قبل و ۲۴ ساعت بعد از آبیاری؛ $z =$ عمق توسعه ریشه (سانتی‌متر)؛ و $\rho_b =$ جرم مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌متر مکعب) است.

$$(2) \quad \text{حجم آب خروجی} - \text{حجم آب ورودی} = \text{حجم آب نفوذ یافته}$$

$$(3) \quad \text{حجم آب ذخیره شده در ناحیه ریشه} - \text{حجم آب نفوذ یافته} = \text{تلفات نفوذ عمقی}$$

حجم آب مصرفی در طول فصل زراعی با اندازه‌گیری دبی چاه، ساعات آبیاری، و تعداد دفعات آبیاری تخمین زده شد. در پایان فصل زراعی، عملکرد محصول سیب‌زمینی هریک از مزارع با رکوردگیری تعیین شد. مزارع مورد مطالعه در فاصله نزدیک به هم انتخاب شدند و در فصل زراعی بارندگی در منطقه مورد مطالعه رخ نداد. به منظور محاسبه شاخص‌های فنی، فرصت نفوذ از روی منحنی‌های پیشروی و پسروی استخراج و معادله نفوذ آب در خاک نیز به روش دو نقطه‌ای تعیین شد. برای ارزیابی سیستم آبیاری بارانی (ویلموو) یک‌سری قوطی در شبکه مربعی ۳×۳ در فاصله بین سه آبپاش متوالی چیده شد (Alizadeh, 1995). فاصله آبپاش‌ها در سیستم ویلموو مورد مطالعه، ۱۲ متر بود. پس از پایان آزمایش، پارامترهای مورد نیاز با توجه به عمق آب جمع شده در قوطی‌ها محاسبه شد. تلفات بادرنگی و تبخیر، از تفاوت بین یکنواختی توزیع و راندمان پتانسیل چارک پایین محاسبه شد.

(Rozati & Valizadeh, 2009) می‌گویند توزیع آب با استفاده از لوله‌های درجه‌دار (هیدروفلوم) نسبت به توزیع آب به روش سنتی، علاوه بر صرفه‌جویی در آب و انرژی مصرفی باعث کاهش ۵ درصدی در تلفات زمین می‌شود. هدف از این تحقیق ارزیابی فنی و اقتصادی توزیع آب آبیاری با استفاده از لوله‌های کم‌فشار (هیدروفلوم) و مقایسه آن با آبیاری بارانی (ویلموو) و سنتی در برخی از مزارع سیب‌زمینی کبودرآهنگ استان همدان است.

مواد و روش‌ها

روش تحقیق فنی پروژه

این تحقیق در شهرستان کبودرآهنگ واقع در ۵۲ کیلومتری شمال غربی استان همدان با ارتفاع متوسط ۱۶۷۵ متر از سطح دریا در سال‌های زراعی ۸۷-۱۳۸۵ اجرا شد. برای این منظور با استفاده از روش نمونه‌گیری تصادفی ساده مزارع انتخاب و اقدام به جمع‌آوری و اندازه‌گیری داده‌ها شد. در جدول‌های ۱ و ۲ مشخصات مزارع مورد مطالعه آمده است. این مزارع که تحت کشت سیب‌زمینی بودند، در سه مرحله: اوایل، اواسط و اواخر فصل زراعی ارزیابی شدند. شاخص‌های ارزیابی فنی شامل راندمان پتانسیل چارک پایین^۱ (PELQ)، راندمان کاربرد چارک پایین^۲ (AELQ)، ضریب یکنواختی کریستین سن^۳، و یکنواختی توزیع^۴ بود. رطوبت ظرفیت زراعی و رطوبت در نقطه پژمردگی، بافت خاک، و جرم مخصوص ظاهری خاک اندازه‌گیری و تجزیه شیمیایی آب و خاک نیز انجام شد. رطوبت خاک مزارع محل آزمایش نیز قبل از ارزیابی اندازه‌گیری شد تا میزان کمبود رطوبت خاک تعیین شود. رطوبت خاک به روش وزنی در سه نقطه و در عمق توسعه ریشه گیاه اندازه‌گیری شد. زمان‌های پیشروی و پسروی آب در هریک از مزارع سنتی و هیدروفلوم یادداشت و همچنین حجم آب آبیاری و رواناب خروجی با فلوم‌های WSC اندازه‌گیری شد. عمق آب ذخیره شده در خاک،

1- Potential Efficiency of Low Quarter (PELQ)
3- Uniformity Christiansen's Coefficient

2- Application Efficiency of Low Quarter (AELQ)
4- Distribution Uniformity

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مزارع

شماره مزرعه	عمق خاک (سانتی متر)	روش آبیاری	رطوبت اشباع (درصد)	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	pH	آهک (درصد)	کربن آلی (درصد)	فسفر قابل جذب		پتاسیم قابل جذب (قسمت در میلیون)	رس (درصد)	سیلت (درصد)	شن (درصد)	بافت خاک
								جذب (میلیون)	قابل جذب (میلیون)					
۱	۰-۳۰	جویچه‌ای (سنتی)	۴۹/۳	۰/۹۹	۷/۹۸	۱۷/۰۲	۰/۸۲	۱۳/۲	۳۷۳	۳۳/۳	۳۵/۴	۳۱/۳	لوم رسی	
۲	۰-۳۰	هیدروفلوم	۴۸/۷	۱/۲۲	۷/۸۷	۲۱/۵۸	۰/۷۴	-	۳۳۳	۳۳/۲	۳۹/۹	۲۶/۹	لوم رسی	
۳	۰-۳۰	بارانی	۴۵/۲	۱/۱	۸/۱۲	۸/۷۲	۰/۶۷	-	۵۶۱	۳۳/۳	۳۲/۸	۳۳/۹	لوم رسی	
۴	۰-۳۰	جویچه‌ای (سنتی)	-	۱/۹	۸/۱۵	۱۰/۷۹	۰/۶۹	۲۸/۶	۴۹۰	۳۴/۲	۳۸/۱	۲۷/۷	لوم رسی	
۵	۰-۳۰	هیدروفلوم	-	۱/۵۸	۸/۱	۱۸/۲۶	۱/۵۸	۴۲	۷۲۰	۲۸/۹	۳۶/۳	۳۴/۸	لوم رسی	
۶	۰-۳۰	بارانی	-	۱/۴	۸/۰۷	۱۹/۰۹	۰/۸۹	۲۸/۸	۶۶۲	۳۲/۴	۳۹/۹	۲۷/۷	لوم رسی	

جدول ۲- برخی مشخصات فیزیکی مزارع مورد مطالعه و مقدار کود مصرفی

شماره مزرعه	روش آبیاری	طول جویچه‌ها (متر)	فواصل جویچه‌ها (متر)	سطح مزرعه (هکتار)	نیتروژن مصرفی (کیلوگرم در هکتار)	فسفات مصرفی (کیلوگرم در هکتار)	کود حیوانی مصرفی (تن در هکتار)
۱	جویچه‌ای (سنتی)	۴۰	۰/۷۵	۰/۵	۴۰۰	۴۰۰	۸
۲	هیدروفلوم	۱۳۰	۰/۷۵	۱	۱۰۰۰	۶۰۰	۲۰
۳	بارانی (ویلموو)	۱۲۰	۰/۷۵	۰/۶	۹۰۰	۵۰۰	۱۰
۴	جویچه‌ای (سنتی)	۱۲۵	۰/۷۵	۰/۶	۳۵۰	۳۵۰	۶
۵	هیدروفلوم	۱۱۵	۰/۷۵	۰/۴۳	۴۰۰	۳۰۰	۳
۶	بارانی (ویلموو)	۱۰۰	۰/۷۵	۲/۵	-	-	۱۰

روش تحقیق اقتصادی پروژه

از شاخص‌های عملکرد به ازای هر واحد حجم آب، شاخص سود ناخالص یا درآمد کل به ازای هر واحد حجم آب و سود خالص به ازای هر واحد حجم آب استفاده شده است. درآمد ناخالص از حاصل ضرب قیمت محصول در عملکرد (کل تولید) آن به دست می‌آید.

به منظور تحلیل اقتصادی دو روش توزیع آب (هیدروفلوم و سنتی) از روش نسبت سود به هزینه و برای مشخص کردن تغییر در میزان سودآوری مزرعه از روش بودجه‌بندی جزئی استفاده شد. برای تعیین بهره‌وری آب

روش نسبت سود به هزینه

$$(۴) \quad \frac{B}{C} = \frac{\text{اختلاف درآمد هیدروفلوم و بارانی نسبت به روش سنتی}}{\text{اختلاف هزینه هیدروفلوم و بارانی نسبت به روش سنتی}}$$

روش بودجه‌بندی جزئی

مشخص شود. در قسمت درآمد عموماً اختلاف ناشی از عملکرد محصول است که با در نظر گرفتن قیمت محصول می‌توان میزان ارزش محصول را محاسبه و اختلاف آن را به‌عنوان افزایش یا کاهش سود در نظر گرفت. هزینه‌های سرمایه‌گذاری شامل هزینه‌های مربوط به استقرار سیستم آبیاری و تجهیزات است. هزینه‌های

در این روش، به منظور تعیین مقدار خالص سود یا زیان ناشی از کاربرد هیدروفلوم و بارانی، تغییرات هزینه و درآمد مزرعه با روش آبیاری سنتی از لحاظ اقتصادی مقایسه شدند. به منظور تعیین درآمد خالص، لازم است اختلاف در سود و هزینه روش‌های مختلف

جاری شامل هزینه کارگر، انرژی، و تعمیر و نگهداری سیستم است.

نتایج و بحث

ارزیابی فنی

میانگین پارامترهای ارزیابی برای هر یک از مزارع مورد مطالعه در جدول ۳ آمده است. متوسط راندمان پتانسیل (PELQ)، راندمان کاربرد چارک پایین (AELQ)، یکنواختی توزیع، ضریب یکنواختی کریستین سن، تلفات نفوذ عمقی، و نسبت رواناب سطحی در توزیع آب به روش سنتی در مزرعه شماره ۱ به ترتیب ۳۸/۴، ۲۲/۹، ۹۲/۶، ۹۵/۵، ۴۰/۸ و ۳۵/۹ درصد است. پایین بودن راندمان پتانسیل در این مزرعه نشان دهنده ضعف در طراحی سیستم است. همچنین، ۲۲/۹ درصد راندمان کاربرد چارک پایین نشان دهنده تلفات زیاد آب، چه به صورت رواناب سطحی و چه به صورت نفوذ عمقی است (جدول ۳).

میانگین تلفات نفوذ عمقی و رواناب سطحی در توزیع آب به روش سنتی در مزرعه شماره ۱ به ترتیب ۴۰/۸ و ۳۵/۹ درصد است. این مقادیر بیانگر ضعف در طراحی و اجرای سیستم است. یکنواختی پخش آب و ضریب یکنواختی کریستین سن در توزیع آب به روش سنتی خوب و به ترتیب حدود ۹۲/۶ و ۹۵/۵ درصد است (جدول ۳).

میانگین پارامترهای راندمان پتانسیل، راندمان کاربرد چارک پایین، یکنواختی توزیع، ضریب یکنواختی کریستین سن، تلفات نفوذ عمقی، و درصد رواناب سطحی در توزیع آب با استفاده از هیدروفلوم در مزرعه شماره ۲ به ترتیب ۴۸/۸، ۴۷/۹، ۸۱/۹، ۷۲/۹، ۴۰/۲ و ۱۳/۱ درصد است.

پایین بودن میانگین راندمان پتانسیل در توزیع آب با استفاده از هیدروفلوم در مزرعه شماره ۲، (۴۸/۸ درصد) نشانه طراحی ضعیف است. راندمان کاربرد چارک پایین در این روش (۴۷/۹ درصد)، نزدیک به راندمان پتانسیل

است (جدول ۳).

یکنواختی پخش آب و ضریب یکنواختی کریستین سن با استفاده از هیدروفلوم در مزرعه شماره ۲ قابل قبول و به ترتیب حدود ۸۲ و ۷۳ درصد است (جدول ۳). ولی تلفات نفوذ عمقی در توزیع آب با استفاده از هیدروفلوم در مزرعه شماره ۲، (۴۰/۲ درصد)، به نسبت زیاد است. دلیل این امر طول زیاد جویچه‌هاست که برای رسیدن آب به انتهای جویچه زمان زیادی صرف می‌شود و همین امر باعث تلفات زیاد نفوذ عمقی آب است. تلفات رواناب سطحی با استفاده از هیدروفلوم ۱۳/۱ درصد است.

میانگین پارامترهای راندمان پتانسیل، راندمان کاربرد چارک پایین، یکنواختی توزیع، ضریب یکنواختی کریستین سن و تلفات بادبردگی و تبخیر در روش آبیاری بارانی در مزرعه شماره ۳ به ترتیب ۶۴/۵، ۶۱/۴، ۷۷/۷، ۸۴/۶ و ۱۳/۲ درصد است (جدول ۳). در آبیاری‌های اواسط و اواخر فصل، راندمان پتانسیل با راندمان کاربرد چارک پایین برابر است، که دلیل آن ناکافی بودن آبیاری برای جبران کمبود رطوبتی خاک است.

به طور خلاصه، متوسط نتایج ارزیابی فنی هر یک از روش‌های آبیاری در جدول ۳ ارائه شده است. در این جدول آمده است که راندمان پتانسیل برای روش آبیاری با استفاده از هیدروفلوم بیشتر از روش سنتی و کمتر از روش بارانی است. این امر نشان دهنده مدیریت بهتر آبیاری با استفاده از هیدروفلوم نسبت به روش سنتی است.

راندمان کاربرد چارک پایین در آبیاری با استفاده از هیدروفلوم نسبت به روش سنتی تقریباً ۱۳ درصد بیشتر و تلفات نفوذ عمقی در روش سنتی و هیدروفلوم زیاد است که این امر ناشی از دبی و طول نامناسب جویچه‌هاست (جدول ۴). راندمان پایین پتانسیل و راندمان کاربرد چارک پایین در روش آبیاری بارانی ناشی از طراحی و مدیریت نامناسب این سیستم است.

جدول ۳- نتایج ارزیابی فنی توزیع آب در مزارع مورد مطالعه

مزرعه	رطوبت قبل از آبیاری (درصد وزنی)	رطوبت بعد از آبیاری (درصد وزنی)	کمبود رطوبتی خاک (میلی‌متر)	راندمان پتانسیل (درصد)	راندمان واقعی (درصد)	یکنواختی پخش آب (درصد)	ضریب یکنواختی (درصد)	نسبت نفوذ عمقی (درصد)	نسبت رواناب سطحی (درصد)	تلفات باد بردگی و تبخیر (درصد)
۱	۱۶/۰۳	۲۵/۱	۴۹/۷	۳۸/۴	۲۲/۹	۹۲/۶	۹۵/۵	۴۰/۸	۳۵/۹	-
۲	۱۴/۴	۲۳/۹	۵۳/۳	۴۸/۸	۴۷/۹	۸۱/۹	۷۲/۹	۴۰/۲	۱۳/۱	-
۳	۱۴	۱۹/۳	۴۸/۱	۶۴/۵	۶۱/۴	۷۷/۷	۸۴/۶	-	-	۱۳/۲
۴	۱۴/۱	۲۶/۷	۴۳/۱	۴۷	۴۶/۹	۸۲/۷	۳۷/۱	۳۷	۱۵/۸	-
۵	۱۴/۱	۲۶/۴	۶۱	۵۱/۲	۴۸/۵	۷۶/۵	۸۱/۲	۳۴/۷	۱۷	-
۶	۱۵/۲	۲۳/۴	۵۲/۹۷	۵۰/۶۳	۵۰/۶۳	۶۲/۹۷	۶۸/۶	-	-	۱۲/۳

جدول ۴- خلاصه نتایج ارزیابی فنی توزیع آب در هر یک از روش‌های آبیاری

روش آبیاری	راندمان پتانسیل (درصد)	راندمان واقعی (درصد)	یکنواختی پخش آب (درصد)	ضریب یکنواختی (درصد)	نسبت نفوذ عمقی (درصد)	نسبت رواناب سطحی (درصد)	تلفات باد بردگی و تبخیر (درصد)
سنتی (جویچه‌ای)	۴۲/۷	۳۴/۹	۸۷/۶۵	۶۶/۳	۳۸/۹	۲۵/۸	-
هیدروفلوم	۵۰	۴۸/۲	۷۹/۲	۷۷/۰	۳۷/۴	۱۵/۰	-
بارانی	۵۷/۶	۵۶	۷۰/۳	۷۶/۶	-	-	۱۲/۷

مقایسه عملکرد، حجم آب مصرفی، و کارایی مصرف آب در روش‌های مختلف

در جدول ۵ عملکرد سیب‌زمینی، حجم آب آبیاری، و کارایی مصرف آب برای هر یک از مزارع مورد مطالعه آمده است. در این جدول می‌بینیم که عملکرد محصول در مزارع ۱ و ۴ کمتر از سایر مزارع است (به دلیل وجود گل جالیز). متوسط عملکرد محصول مزارع مورد مطالعه ۲۴/۳ تن در هکتار و پایین‌تر از متوسط عملکرد سیب‌زمینی در استان (۳۶ تن در هکتار) است (Anon, 2008). عملکرد سیب‌زمینی در روش‌های آبیاری مورد مطالعه در منطقه‌ای واحد ارائه شده است که در آن شرایط آب و هوایی، کیفیت خاک و کیفیت آب یکسان

است. در صورتی که متوسط عملکرد استان مربوط به نقاط مختلف استان است که با منطقه مورد مطالعه شرایط به نسبت متفاوتی دارند، به‌ویژه اینکه قسمت اعظم تولید استان در شهرستان بهار است که از نظر نوع خاک و شرایط آب و هوایی با شهرستان کبودرآهنگ (منطقه مورد مطالعه) متفاوت است. کم بودن تعداد مزارع مورد مطالعه نیز یکی دیگر از دلایل تفاوت عملکردهای اندازه‌گیری شده با متوسط استان است.

همانطور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود، حجم آب آبیاری در مزارعی که به روش سنتی آبیاری شده‌اند به مراتب بیشتر از نیاز ناخالص محصول بوده است. ولی در مزارعی که از سیستم آبیاری بارانی بهره‌برده‌اند (مزارع ۳

در جدول ۶ مشاهده می‌شود که متوسط حجم آب مصرفی در روش‌های آبیاری سنتی و بارانی و هیدروفلوم به ترتیب ۱۶۴۰۰، ۷۲۸۸ و ۱۲۹۱۴ متر مکعب در هکتار است. تفاوت این ارقام مربوط است به کم‌آبیاری در مزارع با روش بارانی و مصرف بی‌رویه آب در روش سنتی. بنابراین، آبیاری با استفاده از لوله‌های هیدروفلوم نسبت به روش سنتی باعث کاهش ۲۱ درصدی در آب مصرفی شده است. جیبین و فورد (Jibin & Foroud, 2000) به نتایج مشابهی رسیده بودند.

بیشترین کارایی مصرف آب با ۳/۲ کیلوگرم بر متر مکعب مربوط به روش بارانی و کمترین آن مربوط به روش سنتی (۱/۲ کیلوگرم بر متر مکعب) است. لذا، توزیع آب با روش بارانی با کاهش ۵۶ درصدی در آب مصرفی باعث افزایش ۱۶۶ درصدی کارایی مصرف آب نسبت به روش سنتی شده است.

همچنین، توزیع آب با استفاده از هیدروفلوم با کاهش ۲۱/۲ درصدی در حجم آب مصرفی، باعث افزایش ۱۰۰ درصدی در کارایی مصرف آب نسبت به روش سنتی شده است. این امر نشان‌دهنده مزیت توزیع آب به روش بارانی و استفاده از هیدروفلوم نسبت به روش سنتی است.

و ۶) آب آبیاری اختصاص یافته به محصول کمتر از نیاز ناخالص بوده است. این امر نشان‌دهنده کم‌آبیاری در مزارعی است که از سیستم آبیاری بارانی بهره برده‌اند. در مزارعی که سیستم توزیع آب آنها با استفاده از هیدروفلوم بوده است، حجم آب اختصاص یافته به مقدار نیاز ناخالص نزدیک‌تر است.

متوسط عملکرد، حجم آب مصرفی، و کارایی مصرف آب در روش سنتی و بارانی و توزیع آب با استفاده از هیدروفلوم در جدول ۶ ارائه شده است. متوسط عملکرد محصول برای توزیع آب با استفاده از روش سنتی، هیدروفلوم و بارانی به ترتیب ۱۹/۱، ۳۰/۵ و ۲۳/۵ تن در هکتار است. نتایج نشان می‌دهد که توزیع آب با استفاده از هیدروفلوم و آبیاری بارانی به ترتیب ۶۰ و ۳۰ درصد عملکرد محصول را نسبت به روش سنتی افزایش داده است که با نتایج عثمان و حسن (Osman & Hassan, 2003) همخوانی دارد. بنابراین، در مزارعی که از هیدروفلوم بهره برده‌اند به دلیل توزیع بهتر آب در مزرعه، مدیریت بهتر، و کنترل علف‌های هرز، بالاترین عملکرد را داشته‌اند.

جدول ۵- مقایسه آب مصرفی، عملکرد، و کارایی مصرف آب در مزارع مورد مطالعه

ردیف	مزرعه	عملکرد (تن در هکتار)	نیاز ناخالص (مترمکعب در هکتار)	حجم آب آبیاری (مترمکعب در هکتار)	کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
۱	سنتی	۲۰	۱۲۸۴۲	۱۶۲۹۹	۱/۲۳
۲	هیدروفلوم	۳۶	۱۲۸۴۲	۱۲۶۰۰	۲/۸۶
۳	بارانی	۲۵	۹۸۰۰	۵۵۰۳	۴/۵
۴	سنتی	۱۸/۲	۱۲۸۴۲	۱۶۵۰۰	۱/۱
۵	هیدروفلوم	۲۵	۱۲۸۴۲	۱۳۲۲۷/۹	۱/۸۹
۶	بارانی	۲۲	۹۸۰۰	۹۰۷۲	۲/۴
-	متوسط عملکرد مزارع	۲۴/۳	-	-	-
-	متوسط عملکرد استان	۳۶	-	-	-

جدول ۶- مقایسه عملکرد و کارایی مصرف آب روش‌های مورد مطالعه

روش آبیاری	مقدار آب مصرفی (مترمکعب در هکتار)	عملکرد (تن در هکتار)	کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
سنتی	۱۶۴۰۰	۱۹/۱	۱/۲
هیدروفلوم	۱۲۹۱۴	۳۰/۵	۲/۴
بارانی	۷۲۸۸	۲۳/۵	۳/۲

نتایج اقتصادی

هزینه تولید، و هزینه سرمایه‌گذاری سه روش آبیاری محاسبه شده است. درآمد ناخالص با استفاده از عملکرد و قیمت محصول تعیین شد (جدول ۷).

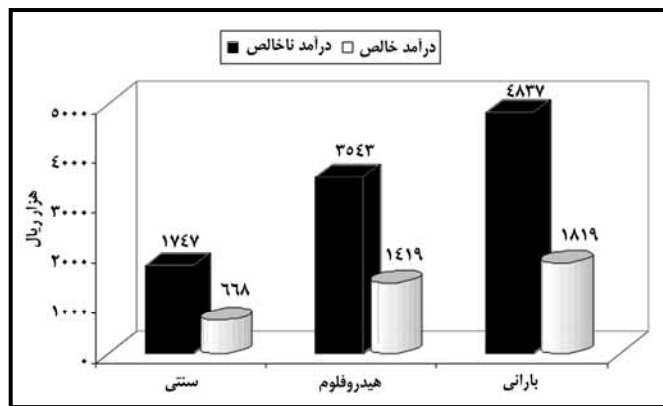
تحلیل اقتصادی با استفاده از اطلاعات حاصل از مزارع مورد بررسی از جمله عملکرد سیب‌زمینی، قیمت محصول،

جدول ۷- درآمد ناخالص (ریال در هکتار) در روش‌های مختلف آبیاری

روش آبیاری	متوسط عملکرد (تن در هکتار)	قیمت (ریال برای هرکیلو گرم)	درآمد ناخالص (ریال در هکتار)
سنتی	۱۹/۱	۱۵۰۰	۲۸۶۵۰۰۰۰
هیدروفلوم	۳۰/۵	۱۵۰۰	۴۵۷۵۰۰۰۰
بارانی	۲۳/۵	۱۵۰۰	۳۵۲۵۰۰۰۰

آبیاری بارانی ۳۶/۵ درصد کاهش و در آبیاری بارانی نسبت به روش سنتی ۱۷۷ درصد افزایش نشان می‌دهد. درآمد خالص ناشی از مصرف هر متر مکعب آب در آبیاری سنتی، هیدروفلوم، و بارانی به ترتیب ۶۶۸، ۱۴۱۹ و ۱۸۱۹ ریال است (شکل ۱). به این ترتیب آبیاری با استفاده از هیدروفلوم ۱۳۴ درصد نسبت به روش سنتی بهره‌وری اقتصادی آب را افزایش داده است. در آبیاری بارانی نسبت به روش سنتی ۱۷۲ درصد بهره‌وری آب افزایش داشته است. بنابراین، بهره‌وری آب در آبیاری بارانی بیش از هیدروفلوم و در روش هیدروفلوم بیش از روش سنتی بوده است.

عملکرد محصول در آبیاری با هیدروفلوم نسبت به آبیاری بارانی ۲۹/۸ درصد بیشتر است که باعث شد درآمد ناخالص در هر هکتار ۱۰۵۰۰ هزار ریال افزایش یابد (جدول ۷). در شکل ۱ درآمد ناخالص و خالص به ازای هر واحد آب مصرفی نشان داده شد. با مصرف هر متر مکعب آب در آبیاری سنتی، هیدروفلوم، و بارانی به ترتیب ۱۷۴۷، ۳۵۴۳ و ۴۸۳۷ هزار ریال درآمد ناخالص حاصل شده است. به این ترتیب، بهره‌وری در آبیاری با لوله‌های هیدروفلوم نسبت به روش سنتی ۱۰۲/۸ درصد افزایش می‌یابد. بهره‌وری آب در آبیاری با هیدروفلوم نسبت به



شکل ۱- در آمد ناخالص و خالص به ازای هر واحد حجم آب مصرفی

۶) به ترتیب ۴۹۲۰۰۰۰، ۳۸۷۴۲۰۰ و ۲۱۸۶۴۰۰ ریال در هر هکتار برآورد می‌شود. در هزینه‌های آبیاری به روش هیدروفلوم و بارانی هزینه لوازم اضافه می‌شود. برای این منظور هزینه لوازم آبیاری با هیدروفلوم و بارانی با در نظر گرفتن عمر مفید لوازم و ارزش اسقاط به ترتیب ۹۷۳۳۱۰۰ و ۴۳۲۰۹۸۷ ریال در هکتار تعیین شد.

تغییرات هزینه تولید در آبیاری سنتی نسبت به دو روش هیدروفلوم و بارانی محاسبه شده است (جدول ۸). با در نظر گرفتن مطالعات صورت گرفته در تعیین قیمت سایه‌ای آب در منطقه، قیمت هر مترمکعب آب ۳۰۰ ریال در نظر گرفته شده است (Salemi et al., 2005). بنابراین، هزینه آب در آبیاری سنتی، هیدروفلوم، و بارانی (با در نظر گرفتن جدول

جدول ۸- تغییرات هزینه‌ها در روش‌های مختلف آبیاری

مصرف آب (مترمکعب در هکتار)	هزینه در روش هیدروفلوم (ریال در هکتار)	هزینه در روش بارانی (ریال در هکتار)	هزینه در روش سنتی (ریال در هکتار)
سنتی	هیدروفلوم	بارانی	آب
۱۶۴۰۰	۱۲۹۱۴	۷۲۸۸	۴۹۲۰۰۰۰
۳۸۷۴۲۰۰	۹۷۳۳۱۰۰	۲۱۸۶۴۰۰	۴۳۲۰۹۸۷
۲۱۸۶۴۰۰	۱۷۴۷	۶۶۸	۱۶۴۰۰

جدول ۹- بازده حاشیه‌ای و نسبت سود به هزینه در آبیاری با لوله‌های هیدروفلوم در مقایسه با روش آبیاری سنتی و بارانی

روش آبیاری	تغییرات درآمد (ریال در هکتار)	تغییرات هزینه (ریال در هکتار)	بازده حاشیه‌ای (ریال در هکتار)	B/C
هیدروفلوم نسبت به روش آبیاری سنتی	۱۷۱۰۰۰۰۰	۸۶۸۷۳۰۰	۸۴۱۲۷۰۰	۱/۹
هیدروفلوم نسبت به روش آبیاری بارانی	۱۰۵۰۰۰۰۰	۷۰۹۹۹۱۳	۳۴۰۰۰۸۷	۱/۵
روش بارانی نسبت به روش آبیاری سنتی	۶۶۰۰۰۰۰	۱۵۸۷۳۸۷	۵۰۱۲۶۱۳	۴/۱

روش سنتی از نظر اقتصادی توجیه‌پذیر است. در ضمن آبیاری با هیدروفلوم نسبت به بارانی از نظر اقتصادی برتری دارد. بازده حاشیه‌ای در جدول فوق به معنای تفاضل تغییرات درآمد و تغییرات هزینه است.

تغییر شیوه آبیاری از سنتی به هیدروفلوم یا بارانی باعث می‌شود که درآمد ناخالص به ترتیب ۱۷۱۰۰ و ۶۶۰۰ هزار ریال در هکتار افزایش یابد (جدول ۹). تغییر شیوه آبیاری به هیدروفلوم یا بارانی (ویلموو) نسبت به

نتیجه‌گیری

بالا بردن راندمان آبیاری، به انرژی کمتری نیز نیاز دارند، باید مورد توجه قرار گیرد. از آنجا که در بسیاری از مناطق کشور موضوع آب با کیفیت پایین (از لحاظ فیزیکی و شیمیایی) برای آبیاری محصولات کشاورزی مطرح و کاربرد سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار نیز محدود است، استفاده از لوله‌های دریچه‌دار می‌تواند به عنوان گزینه‌ای مناسب مطرح باشد. پیشنهاد می‌شود که ارزیابی فنی و اقتصادی لوله‌های کم‌فشار با آب‌های با کیفیت پایین نیز اجرا شود.

با توجه به نتایج این مطالعه، در مناطقی که کشاورزان به هر دلیل نسبت به روش‌های آبیاری تحت‌فشار رغبت نداشته باشند، استفاده از لوله‌های هیدروفلوم قابل توصیه است که باعث توزیع مناسب آب در مزرعه، کاهش آب مصرفی، و افزایش عملکرد و کارایی مصرف آب می‌شود. شواهد نشان می‌دهد که علاوه بر بحران آب بحران انرژی نیز در آینده‌ای نه چندان دور در پیش است. توسعه روش‌هایی نظیر هیدروفلوم که ضمن

مراجع

- Abbasi, F., Sohrab, F., Zarei, G., Arasti, A. and Nayrizi, S. 2009. Analysis of irrigation efficiency in Iran. Final Research Report. IRD1-85084. Iran Water Resources Management Company. (in Farsi)
- Alizadeh, A. 2004. Irrigation System Design. The 5th Ed. Astan-e-Ghods-e-Razavi Press. 583 pp. (in Farsi)
- Anon. 2008. Selected Statistics. Management Plan and Planning Bureau of Statistics. (in Farsi)
- Howitt, R. E., Wallender, W. W. and Weaver, T. 1990. Economic analysis of irrigation technology selection: the effect of declining performance and management In: Social, Economic, and Institutional Issues in Third World Irrigation Management, R. K. Sampath and R. A. Young (Eds.) Studies in Water Policy and Management, No. 15, Westview Press. San Francisco. 437-464.
- Jibin, L. and Foroud, N. 2000. Evaluation of a gated pipe basin irrigation method in China. Hebei Academy of Agriculture Sciences.
- Karami, V and Samadi Bahrami, R. 2005. Improved surface irrigation methods by using gated pipes. Technical Workshop on Surface Irrigation. 209-221. (in Farsi)
- Minaei, S., Behzadi, M. and Marofpore, M. 2005. Technical and economical evaluation of low pressure distribution systems with furrow and sprinkler irrigation system. Technical Workshop on Surface Irrigation. 159-172. (in Farsi)
- Osman, B. and Hassan, E. 2003. Evaluation of surface irrigation using gated pipes techniques in field crops and old horticultural farm. Agricultural Engineering Research Institute. Egypt.
- Rozati, M. and Valizadeh, N. 2009. Use of gated irrigation system (Hydroflume) in irrigation farms, gardens and water. 2nd National Congress of the Effects of Drought and Management Strategies. Isfahan Center for the Research of Agricultural Science & Natural Resources. (in Farsi)
- Salemi, H., Nikoioe, A., Rezvani, M. and Jafari, A. M. 2005. Technical and economical evaluation of sprinkler irrigation system of potato in Isfahan and Hamedan provinces. Final Research Report. No. 84/344. Agricultural Engineering Research Institute. Karaj. (in Farsi)
- Shamili, M. 2005. Reviewing the irrigation systems Karun Agro Industry Co. Technical Workshop on Surface Irrigation. 231-246. (in Farsi)
- Steigum, E. J. 1983. A financial theory of investment behavior. *Econometrica*. 51, 637-645.
- Teclé, A. and Yitayew, M. 1990. Preference ranking of alternative irrigation technologies via a multicriterion decision-making procedure. *Trans. ASAE*. 33, 1509-1517.

Technical and Economic Evaluation of Low Pressure Irrigation Pipe and Comparison with Traditional and Sprinkler Irrigation Systems

A. Ghadami Firoozabadi, S. M. Seydan and F. Abbasi*

* Corresponding Author: Associate Professor. Agricultural Engineering Research Institute, P.O. Box: 31585-845. Karaj, Iran.
E-mail: abbasi_fariborz@yahoo.com

The scarcity of irrigation water and decrease of water resources are the most important limiting factors in crop production in countries such as Iran. Thus, studying the optimum use of water and increasing water use efficiency are essential to the agricultural sector. The use of a low pressure hydroflume has been suggested to replace traditional surface irrigation methods. The aim of this research was to compare water distribution in the hydroflume with traditional and sprinkler irrigation systems. Farms in the Kabodarahang plain were selected for the evaluation of water consumption, yield, irrigation efficiency and water productivity. The results showed that most water loss in the farms irrigated by hydroflume was deep percolation and, in the farms irrigated by traditional furrow irrigation, was runoff and deep percolation. The amount of runoff loss in the traditional and hydroflume methods were 25.8% and 15%, respectively. In the hydroflume method, the average of potential efficiency of low quarter was 50, application efficiency of low quarter was 48.2, distribution uniformity was 79.2, and uniformity of the Christiansen coefficient was 77. These parameters for the traditional method were 44.8, 34.9, 87.65, and 89.1, respectively. For the sprinkler method, they were 57.6, 56, 70.3 and 76.6, respectively. The water productivity for the traditional, hydroflume and sprinkler irrigation systems were 1.2, 2.4 and 3.2 kg/m³, respectively. The venue of hydroflume irrigation relative to traditional irrigation increased by 39376600 rails/ha. The ratio of benefit per cost in hydroflume irrigation systems was 6.

Key words: Hydroflume, Low Pressure Irrigation, Sprinkler Irrigation, Technical Evaluation, Traditional Irrigation