

بررسی راندمان انرژی و مصرف آب در ایستگاه‌های پمپاژ گازوئیلی

علی قدمی فیروزآبادی، حسین دهقانی سانج^{1*}، مجتبی خوشروش و سید محسن سیدان

استادیار پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی همدان.

aghadami@gmail.com

دانشیار پژوهشی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی.

dehghanisanij@yahoo.com

استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

khoshravesh_m24@yahoo.com

عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی همدان.

sm.seyedan@gmail.com

چکیده

محدودیت منابع آب و انرژی در دنیا و همچنین افزایش تقاضای آب و انرژی به علت رشد جمعیت و توسعه روزافزون جوامع بشری، ضرورت بررسی میزان مصرف آب و انرژی در سیستم‌های آبیاری را می‌طلبد. این پژوهش به منظور بررسی میزان مصرف آب و انرژی، تلفات و راندمان انرژی در ایستگاه‌های پمپاژ گازوئیلی طی سال‌های 1388 تا 1390 در مزارع شهرستان همدان اجرا شد. برای مقایسه عملکرد ایستگاه‌های پمپاژ آبیاری، معیار پمپاژ نبراسکا به کار برده شد. نتایج نشان داد که میزان راندمان کل از 7/2% تا 24/3 درصد متغیر بود. متوسط راندمان کل در ایستگاه‌های پمپاژ دیزلی 14/7 درصد محاسبه شد. متوسط انرژی تلف شده در ساعت در ایستگاه‌های مورد مطالعه برابر 4/84 لیتر گازوئیل در ساعت بود. همچنین، نتایج حاکی از این بود که در اکثر مزارع بارانی، کم‌آبیاری صورت می‌گرفت. میانگین کارایی مصرف آب در مزارع یونجه در دو سیستم نشتی و بارانی به ترتیب 1/7 و 2/7 کیلوگرم محصول خشک بر متر مکعب محاسبه شد. از عوامل مؤثر بر کاهش بازده انرژی را می‌توان استهلاک موتور پمپ، عدم اجرای فونداسیون مناسب موتور پمپ و عدم انتخاب موتور متناسب با پمپ را نام برد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری نشتی، سیستم بارانی، کارایی مصرف آب، موتور پمپ، یونجه.

1- کرج، بلوار شهید فهمیده، روبروی بانک کشاورزی، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی.

* - دریافت: بهمن 1393 و پذیرش: مهر 1394.

مقدمه

ایران در منطقه اقلیمی خشک و نیمه خشک جهان قرار گرفته و بارندگی آن دارای توزیع مناسب زمانی و مکانی نمی‌باشد. مطالعات نشان می‌دهد که مصرف آب در بخش کشاورزی حدود 92 درصد و در سایر بخش‌ها حدود هشت درصد است. (رحیمی جمنانی و همکاران، 1388). میزان مصرف آب در بخش کشاورزی با احتساب اراضی تحت آبیاری (حدود 7/8 میلیون هکتار) در سال 90-89 نزدیک به 10000 متر مکعب بر هکتار است. متوسط تولید محصول به ازای یک مترمکعب آب در ایران بین 900 گرم تا یک کیلوگرم در حالی که (بطور متوسط) در دنیا 2/3 کیلوگرم است.

بنابراین بهره‌وری مصرف آب در این بخش نیز بسیار کم بوده و لازم است توجه ویژه‌ای جهت افزایش بهره‌وری آب و کارایی مصرف آب در بخش کشاورزی شود (شهرستانی، 1393). تولید محصولات کشاورزی امروزه تا حد زیادی متکی به مصرف انرژی غیر قابل تجدید مانند سوخت‌های فسیلی است. این امر بخصوص در ایران که بدون وجود انرژی خارجی، امکان پمپاژ آب-های زیرزمینی و توسعه سیستم‌های آبیاری تحت فشار وجود ندارد، استفاده بهینه از انرژی در بخش کشاورزی یکی از مسائل مهم و حیاتی بوده و مطالعه و بررسی میزان آب و انرژی مصرفی در این بخش ضروری به نظر می‌رسد. حیدری (1390) در مطالعه‌ای، حجم آب مصرفی را برای گیاه یونجه در کرمان را 7625 متر مکعب در هکتار و مقدار کارایی مصرف آب را 1/46 کیلوگرم بر متر مکعب آب گزارش نمود.

آواری و هیواس (2004) در یک مزرعه آزمایشی، سیستم آبیاری قطره‌ای و کرتی را برای محصول سیب‌زمینی با آب مصرفی معادل 100% نیاز آبی مورد مقایسه قرار دادند. نتیجه آزمایش نشان داد که بیشترین محصول و کارایی مصرف آب تحت سیستم آبیاری قطره-ای به دست آمد. قدمی فیروزآبادی و همکاران (1387) به بررسی و ارزیابی فنی و اقتصادی کاربرد سیستم آبیاری

کم‌فشار (هیدروفلوم) و مقایسه آن با سیستم آبیاری سنتی در شرایط زارعین در استان همدان پرداختند. نتایج آنها نشان داد که عمده تلفات آب در مزارعی که با استفاده از هیدروفلوم آبیاری می‌شوند، به صورت نفوذ عمقی بوده، ولی در مزارعی که به روش سنتی آبیاری می‌شوند، تلفات آب به صورت رواناب و نفوذ عمقی بود. مقدار تلفات رواناب سطحی در دو روش توزیع سنتی و هیدروفلوم به ترتیب حدود 35/9 و 13/1 درصد بود. مقدار کارایی مصرف آب به روش هیدروفلوم، سنتی و بارانی به ترتیب 2/86، 1/23 و 4/50 کیلوگرم سیب‌زمینی بر متر مکعب بود. درآمد مزرعه سیب‌زمینی در روش آبیاری هیدروفلوم به میزان 39376600 ریال در هکتار نسبت به روش سنتی افزایش یافت. نسبت منفعت به هزینه روش آبیاری هیدروفلوم نشان داد که به ازای 10 ریال هزینه در این روش آبیاری، 60 ریال منافع ایجاد می‌شود.

سالمی و همکاران (1384) به بررسی و ارزیابی فنی و اقتصادی سیستم‌های آبیاری بارانی اجرا شده در مزارع سیب‌زمینی در استان اصفهان و همدان پرداختند. نتایج آنها نشان داد که میزان آب مصرف شده در واحد سطح در دو روش آبیاری جویچه‌ای و بارانی به ترتیب 13705 و 6313 متر مکعب در هکتار بود.

حیدری و حقایقی (1380) به بررسی کارایی مصرف آب آبیاری در مورد چند محصول زراعی و صیفی در نقاط مختلف کشور پرداختند. نتایج آنها نشان داد که مقدار سیب‌زمینی تولید شده در شهرستان فریدن با روش آبیاری ثقلی برابر 1/72، برای محصول جو در مشهد برابر یک، محصولات گوجه فرنگی و لوبیا در آذربایجان غربی به ترتیب برابر 3/3 و 0/91، محصول کاهو در دزفول برابر 4/77 و ذرت دانه‌ای در همین شهرستان برابر 0/65 کیلوگرم بر متر مکعب بود. قدمی فیروزآبادی و حیدری (1383) در دشت قهاوند در استان همدان، کارایی مصرف آب در محصول سیب‌زمینی را که تحت سیستم‌های مختلف آبیاری قرار داشتند، مطالعه نمودند. مقدار کارایی

پمپ، مستعمل و قدیمی بودن پمپ، انتخاب نادرست قدرت موتور برقی یا دیزلی، احتیاج موتور به تعمیر و نگهداری و اتصال غلط محور پمپ و موتور بیان کردند. کامفرتی و جیامپیترو (1997) در بررسی جامعی که روی بازده انرژی در کشاورزی 75 کشور انجام دادند، بهره‌وری انرژی در کشاورزی ایران را $1/79$ گزارش کردند. بر همین اساس، بهره‌وری متوسط انرژی برای محصول ذرت را در گواتمالا $4/84$ ، نیجریه $6/41$ ، مکزیک $4/24$ ، فیلیپین $5/06$ ، آمریکا $2/93$ و انگلستان $2/33$ گزارش کرده‌اند.

رضوانی و همکاران (1386) در مطالعه‌ای به بررسی راندمان و مصرف انرژی در ایستگاه‌های پمپاژ آبیاری تحت فشار در برخی مزارع استان‌های همدان و کرمان پرداختند. نتایج نشان داد که متوسط راندمان کل در ایستگاه‌های گازوئیلی $14/4$ بوده و متوسط میزان اتلاف سوخت در سال در دو ایستگاه پمپاژ دیزلی برابر 23532 لیتر بود. رضوانی و همکاران (1389)، میزان تلفات سوخت را در ایستگاه‌های پمپاژ استان همدان $3/9$ لیتر در ساعت برآورد نمودند.

با توجه به این‌که بخش کشاورزی در ایران، سومین مصرف‌کننده برق پس از بخش‌های خانگی و صنعتی است و پس از حمل و نقل، بزرگ‌ترین مصرف‌کننده گازوئیل در کشور است و از طرفی به دلیل بحران آب و رشد سریع سیستم‌های آبیاری تحت فشار، بررسی میزان مصرف آب و انرژی در ایستگاه‌های پمپاژ کشاورزی موجود و ارائه راه‌کارهایی جهت بهبود بهره‌وری مصرف آب و انرژی، ضروری به نظر می‌رسد. این پژوهش با فرض اینکه سیستم‌های پمپاژ آبیاری موجود در منطقه دارای راندمان مناسبی نبوده و با هدف بررسی میزان راندمان انرژی و کارایی مصرف آب در مزارع مورد مطالعه و ارائه راهکارهایی جهت بهبود راندمان انرژی و کارایی مصرف آب انجام شد.

مصرف آب در مزارع مطالعاتی از 1 تا $4/1$ کیلوگرم بر متر مکعب آب متغیر بود. متوسط کارایی مصرف آب در سیستم آبیاری سطحی، بارانی و قطره‌ای (تیپ) به ترتیب $1/4$ ، $2/5$ و $2/9$ کیلوگرم بر متر مکعب آب برآورد شده بود. حیدری و همکاران (2005) میزان کارایی مصرف آب را برای یونجه $1/48$ کیلوگرم بر متر مکعب برآورد نمودند. منتظر و کوثری (2007) بهره‌وری آب یونجه را طی 14 سال در 13 استان ایران بررسی کردند و نشان دادند که متوسط آن برابر $0/89$ کیلوگرم بر متر مکعب به دست آمد.

اشنایدر و نیو (1986) با مطالعه 26 ایستگاه دیزلی پمپاژ آب آبیاری از چاه، راندمان حرارتی موتورهای دیزل را بین 26 تا $34/8$ درصد و به‌طور متوسط $31/2$ درصد به دست آوردند. از 26 مورد بررسی شده، شش موتور بالاتر یا معادل معیار ایستگاه پمپاژ نبراسکا کار می‌کردند. سویرامانیام و همکاران (1998) در مطالعه‌ای تحت عنوان انرژی استفاده شده و کارایی آن در کشاورزی هند، انرژی ورودی، خروجی و بهره‌وری آن را برای شش محصول عمده منطقه مورد بررسی قرار دادند و با محاسبه انرژی هر یک از نهاده‌های مصرفی و درصد مصرف هر یک از نهاده‌ها از کل انرژی مصرفی، بهره‌وری انرژی در پنبه، بادام زمینی، شالی و غلات را به ترتیب $2/15$ ، $0/88$ ، $1/4$ و $0/93$ بدست آوردند.

امین و سپاسخواه (1375) در پژوهشی، مقدار اتلاف انرژی پمپاژ آب آبیاری در مزارع اطراف شیراز را 225 درصد به دست آوردند و به این نتیجه رسیدند که به‌طور کلی بازده موتورهای برقی بیشتر از بازده موتورهای دیزلی بوده است. آنها فرسوده بودن موتورها، پمپ‌ها و اتصالات، آب‌بندی نبودن اتصالات و استفاده نکردن از حداکثر توان موتور را از مؤثرترین عوامل اتلاف انرژی دانستند. راجرز و بلک (1993) در مطالعه‌ای در ایالت کانزاس بیان کردند که میزان مصرف سوخت اضافی در ایستگاه‌های پمپاژ آبیاری به‌طور متوسط 40 درصد است و علت مصرف سوخت اضافی را انتخاب و تنظیم نامناسب

مواد و روش‌ها

این پژوهش به منظور محاسبه میزان مصرف آب و انرژی در 17 عدد از ایستگاه‌های پمپاژ آبیاری کشاورزی در شهرستان همدان طی سال‌های 1388 تا 1390 (طی سه سال) انجام شد. که مشخصات ایستگاه‌های مورد نظر در جدول (1) ارائه شده است. حجم آب مصرفی در روش آبیاری سستی طی فصل زراعی با اندازه‌گیری دبی چاه به روش جت و استفاده از فلوم‌های WSC اندازه‌گیری شد. در سیستم‌های آبیاری بارانی، دبی و فشار آب‌پاشها به ترتیب با استفاده از گالن مدرج و لوله پیتو به همراه فشارسنج تعیین شد. حجم آب مصرفی در طول فصل زراعی، با داشتن ساعات آبیاری در هر نوبت آبیاری و تعداد کل آبیاری‌ها مشخص و با میزان نیاز آبی برآورد شده از سند ملی آب مقایسه شد. کارایی مصرف آب از رابطه زیر محاسبه شد.

$$WUE = \frac{Y}{W} \quad (1)$$

که در آن:

Y عملکرد محصول (کیلوگرم) و W آب مصرفی

(متر مکعب) می‌باشد. مقدار انرژی تلف شده و راندمان انرژی در هر یک از مزارع مورد مطالعه اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری متغیرهای مورد نیاز از مولتی‌متر مدل HIOKI 3280-10، دورسنج مدل Pantec DTM30 استفاده شد.

برای محاسبه راندمان انرژی، از معیار پمپاژ نبراسکا استفاده شد. این معیار توسط شونسر و سولک در سال 1959 توسعه داده شد (نیو و اشنايدر، 1988). این معیار بر اساس اسب بخار- ساعت و اسب بخار آبی- ساعت بر واحد سوخت مصرفی از داده‌های موتور و پمپ ارائه شده توسط کارخانه‌ها و تست‌های تراکتور نبراسکا به دست آمد (نیو و اشنايدر، 1988). در جدول (2) مقدار توان تولید شده (اسب بخار- ساعت) در موتورهای دیزلی و الکتریکی و توان (اسب بخار آبی- ساعت) خارج شده از پمپ به ازای یک واحد مصرف انرژی بر اساس معیار پمپاژ نبراسکا آورده شده است (سازمان کشاورزی آمریکا، 1997 و سازمان کشاورزی آمریکا، 2009).

جدول 1- مشخصات ایستگاه‌های پمپاژ مورد مطالعه

شماره ایستگاه	نام روستا	عمق چاه	موقعیت جغرافیایی ایستگاه (طول و عرض جغرافیایی)	دبی (لیتر بر ثانیه)
1	حاجی آباد	45	77/34 و 77/48	20
2	سردار آباد	60	26/35 و 65/48	17/05
3	سیاه کمر	50	8/48 و 74/34	20
4	گنبد	2/1	74/48 و 68/34	26
5	امزاجرد	5/1	5/48 و 94/34	25
6	اق تپه	70	68/48 و 26/35	25
7	حیران	72	85/48 و 81/34	25
8	ده پیاز	61	51/48 و 89/34	16
9	حسن آباد	72	44/48 و 91/34	37/8
10	گراچقا	80	52/48 و 86/34	16
11	کور کهریز	48	77/48 و 72/34	12
12	رحیم آباد	60	82/48 و 78/34	40
13	علی آباد	5/1	63/48 و 69/34	40
14	قاسم آباد	60	53/48 و 83/34	16/5
15	ابرو	60	58/48 و 71/34	16/5
16	اولیایی	77	67/48 و 94/34	7
17	قاسم آباد	45	53/48 و 83/34	8

جدول 2- معیار کارکرد ایستگاه پمپاژ نبراسکا

منبع انرژی	whp h/unit of energy	hp h/unit of energy	واحد انرژی
گازوئیل	12/5	16/66	گالن
بنزین	8/6	11/50	گالن
پروپان	6/89	9/20	گالن
گاز طبیعی	61/7	82/20	فوت مکعب در دقیقه
الکتریسیته	0/885	1/18	کیلو وات بر ساعت

معیار راندمان ایستگاه پمپاژ آبیاری نبراسکا برای (1988). در این جدول، راندمان موتورهای دیزل 75 واحد توان (موتور) و راندمان کل (موتور+ جعبه دنده+ پمپ) در جدول (3) آورده شده است (نیو و اشنایدر، درصد، موتورهای الکتریکی 88 درصد و جعبه دنده 95 درصد در نظر گرفته شده است).

جدول 3- معیار راندمان ایستگاه های پمپاژ آبیاری نبراسکا

نوع موتور	راندمان واحد توان موتور (درصد)	راندمان کل (%)
الکتریکی	88	66
دیزل	33	24
گاز طبیعی	24	17

برای محاسبه راندمان کل انرژی (E) از رابطه زیر استفاده

شد:

$$E = \frac{Whp}{Ihp} \times 100 \quad (2)$$

که در آن:

Whp اسب بخار آبی (توان خارج شده از پمپ) و Ihp

اسب بخار (توان وارد شده به موتور) می باشد.

مقدار اسب بخار گرمایی استاندارد برای یک

گالن گازوئیل به مقدار 130000 BTU (ودینگتون و

کنزا، 2006) استفاده شد. با توجه به این که یک اسب بخار

معادل 2547 BTU در ساعت است، مقدار اسب بخار

گرمایی یک لیتر گازوئیل در هر ساعت برابر با 13/5 اسب

بخار متریک است. توان مصرفی موتور دیزل در یک

ساعت، از ضرب مقدار مصرف گازوئیل در یک ساعت در

13/5 اسب بخار متریک به دست می آید.

برای محاسبه توان خارج شده از پمپ در موتور پمپ های

دیزلی از رابطه زیر استفاده شد:

$$P = \frac{QH}{278.04} \quad (3)$$

که در آن:

P: توان خارج شده از پمپ (اسب بخار آبی)

Q: دبی (متر مکعب در ساعت)

برای محاسبه مقدار سوخت اضافی به کار رفته، ابتدا مقدار توان تولید شده به ازای مصرف سوخت یا الکتریسیته در یک ساعت¹ (PRP) را از رابطه (4) حساب کرده، سپس درجه همخوانی معیار ایستگاه پمپاژ² (PRR) که نسبت کارکرد واقعی ایستگاه به مقدار معیار ایستگاه پمپاژ نبراسکا جدول (3) می باشد، از رابطه (5) به دست آمد (اسماجسترا و همکاران، 2005).

$$PRP = \frac{P_{OUT}}{E_{IN}} \times 100 \quad (4)$$

$$PRR = \frac{PRP}{NPPP} \times 100 \quad (5)$$

که در آن:

E_{IN} انرژی مصرفی و NPPP شاخص پمپاژ نبراسکا

است. میزان انرژی تلف شده از رابطه (6) محاسبه می-

شود:

$$FW = CFR * (1 - PRP) * 100 \quad (6)$$

1- Performance of pumping plant
2- Pumping plant performance rating
3- Nebraska Pumping Plant Performance Criteria

جدول 5- میزان تلفات سوخت در ایستگاه‌های پمپاژ دیزلی مورد مطالعه بر اساس معیار نبراسکا

شماره مزرعه	عملکرد (اسب بخار ساعت بر گالن)	درجه عملکرد نسبت به معیار نبراسکا	سوخت اضافی (لیتر بر ساعت)	درصد سوخت اضافی	ساعت کارکرد در سال	مقدار سوخت تلف شده (لیتر)
1	7/09	0/57	5/1	43/3	4272	21646
2	9/05	0/72	2/54	27/61	4220	10725
3	4/15	0/33	13/4	66/81	3887	51938
4	5/19	0/42	5/8	58/48	3165	18508
5	6/79	0/54	3/79	45/7	4092	15524
6	11/36	0/91	0/04	0/4	4642	198
7	8/04	0/64	5/96	35/66	2028	12077
8	10	0/8	1/5	20	4210	6309
9	9/38	0/75	2/2	25	1980	4349
10	7/35	0/59	5/2	41/2	1392	7170
11	6/52	0/52	3/6	47/87	2280	8185
12	11/78	0/94	1	5/7	2976	3011
13	7/61	0/61	4/7	39/2	2325	10923
14	6/48	0/52	6/02	48/2	3720	22404
15	6/48	0/52	6/02	48/2	3720	22404
16	3/68	0/29	7/06	70/6	2760	19484
17	2/86	0/23	8/49	77/16	3304	28043
میانگین			4/84	41/57	3233/7	16110

بازده مصرف انرژی شد شکل (1) که با یافته‌های امین و سپاسخواه (1375) همخوانی دارد. مشخصات مزارع مورد بررسی، عملکرد، حجم آب مصرفی و کارایی مصرف آب محصول خشک در جدول‌های (6) و (7) آورده شده است. میانگین حجم آب مصرفی در مزارع نشتی و بارانی که زیر کشت یونجه بودند، به ترتیب 12447 و 7875/1 متر مکعب در هکتار بود.

++ عدد آب مصرفی مزرعه یک عدد پرتی است و با مزارع دیگر جمع و میانگین‌گیری نشده است.

نتایج بررسی راندمان کل نیز نشان داد که به‌طور متوسط مقدار راندمان کل در موتورهای دیزلی از 7/2 تا 24/3 درصد متغیر می‌باشد. متوسط راندمان کل در موتورپمپ دیزلی 14/7 درصد (0/61 معیار نبراسکا) به دست آمد و از آن‌چه که فیپز و نیل (1995) در ایستگاه-های دیزلی به دست آوردند، کمتر بود. بنابراین بازده انرژی در موتورپمپ‌های دیزلی در استان همدان بسیار پایین است. در بعضی از مزارع (مزارع 3 و 16) به‌علت مستهلک بودن سیستم، عدم وجود فونداسیون مناسب و در نتیجه عدم ثبات و استقرار مناسب پمپ، باعث کاهش





شکل 1- نامناسب بودن زیر ساخت و مستعمل بودن موتور پمپ‌های دیزلی مورد استفاده در ایستگاه‌های پمپاژ

جدول 6- حجم آب مصرفی و راندمان مصرف آب در مزارع یونجه مورد مطالعه (سیستم سطحی)

ردیف	آب مصرفی (متر مکعب بر هکتار)	میزان آبیاری نسبت به نیاز آبی	عملکرد (تن بر هکتار)	کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر متر مکعب)
1	16934/4 ⁺⁺	1/8	21	1/24
2	12960	1/38	18	1/4
3	12441/6	1/3	21	1/7
4	12441/6	1/3	21	1/7
5	8553/6	0/91	12	1/4
6	11404/8	1/2	27	2/4
7	12960	1/38	18	1/4
8	11880	1/26	22	1/9
میانگین	11805/9	1/25	19/9	1/7

جدول 7- حجم آب مصرفی و راندمان مصرف آب در مزارع یونجه مورد مطالعه (سیستم بارانی)

ردیف	آب مصرفی (متر مکعب بر هکتار)	درصد آبیاری نسبت به نیاز آبی	عملکرد (تن بر هکتار)	کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر متر مکعب)
9	5040	0/54	12	2/4
10	4543/2	0/48	10	2/2
11	8553/6	0/91	24	2/8
12	6218/2	0/66	30	4/8
13	10829/75	1/15	18	1/7
14	12644/63	1/35	28	2/2
15	6048	0/64	20	3/3
16	7875	0/83	21	2/7
17	9123/84	0/97	26	2/8
میانگین	7875/1	0/84	21	2/7

25 درصد بیشتر از نیاز آبی برآورد شده از سند ملی آب (9450 متر مکعب در هکتار) بوده است. قدمی فیروزآبادی و سیدان (1385) میزان آب مصرفی در مزارع نشتی سیب‌زمینی را 10802 متر مکعب در هکتار برآورد

نتایج این پژوهش نشان داد که از هشت مزرعه نشتی، فقط در یک مزرعه (مزرعه پنج) کم‌آبیاری صورت گرفته بود و در سایر مزارع، حجم آبیاری بیشتر از نیاز آبی بود. به عبارتی متوسط میزان حجم آبیاری در مزارع نشتی،

دلایل پایین بودن کارایی مصرف آب در بعضی مزارع مورد مطالعه به عوامل و پارامترهای زیادی از جمله کیفیت آب و خاک، نوع مدیریت کشاورزی، نوع منبع آب و سیستم آبیاری، نوع عملیات و نهاده‌های کشاورزی، مالکیت و مساحت اراضی بستگی داشته است. از طرفی این اندازه‌گیری‌ها به صورت نقطه‌ای و در چند مزرعه محدود و با دقت مناسب است و برای تعیین میزان کارایی مصرف آب در سطح وسیع و برای محصولات مختلف از روش‌های غیر نقطه‌ای و تکنولوژی‌های جدید نظیر سنجش از دور می‌توان بهره جست و از داده‌های نقطه‌ای برای واسنجی و صحت‌سنجی روش‌های غیر نقطه‌ای استفاده کرد.

نتیجه‌گیری

میزان تغییرات سوخت مصرفی در ایستگاه‌های پمپاژ مورد مطالعه از 7/5 تا 20 لیتر در ساعت و به طور متوسط 11/7 لیتر بر ساعت معادل 157/95 اسب بخار بود و میزان تلفات سوخت در این مطالعه 41/57 درصد تعیین شد. بازده متوسط موتورپمپ‌های گازوئیلی برابر 14/69 درصد به دست آمد که کمتر از معیار پمپاژ نبراسکا می‌باشد. علت اصلی کاهش بازده در ایستگاه‌های پمپاژ مزارع به علت مستهلک بودن سیستم، عدم وجود فونداسیون مناسب و در نتیجه عدم ثبات و استقرار مناسب پمپ یا انتخاب اشتباه پمپ یا واحد توان است و با توجه به رشد سریع آبیاری تحت فشار در کشور و انرژی بر بودن این سیستم‌ها، بایستی معیارهای مناسب تعیین شود. همچنین جهت بهبود راندمان انرژی، پیشنهاد می‌شود که پمپ و موتور متناسب با ظرفیت و فشار سیستم انتخاب شود.

میانگین حجم آب مصرفی در مزارع یونجه در آبیاری نشتی و بارانی به ترتیب 11805/9 و 7875 متر مکعب در هکتار است. با توجه به صرفه‌جویی 33/3 درصدی در مصرف آب در سیستم بارانی نسبت به روش سطحی امکان افزایش کارایی مصرف آب فراهم می‌شود، از طرفی در مناطقی که با محدودیت آب مواجه هستند و

نمودند. دامنه تغییرات کارایی مصرف آب در سیستم آبیاری نشتی 1/2 تا 2/4 کیلوگرم بر متر مکعب بود. در حالی که در سیستم آبیاری تحت فشار بین 1/7 تا 4/8 کیلوگرم بر متر مکعب متغیر بود. در بعضی از مزارع که از سیستم آبیاری بارانی بهره می‌بردند، میزان کارایی مصرف آب کمتر از میزان حداکثر کارایی مصرف آب یونجه در سیستم آبیاری نشتی است (مزارع 10، 13، 14)، بنابراین می‌توان گفت در صورت عدم مدیریت مناسب سیستم آبیاری حتی استفاده از سیستم‌های آبیاری تحت فشار، علی‌رغم توانایی‌های آن در افزایش راندمان آبیاری، نمی‌تواند به تنهایی بهبود چشمگیری در کارایی مصرف آب یونجه در این منطقه را داشته باشد. در صورتیکه منظر و کوثری (2007) میزان متوسط بهره‌وری آب یونجه را برابر 0/89 کیلوگرم بر متر مکعب گزارش نمودند.

بنابراین افزایش بهره‌وری انرژی به عنوان یکی از راه‌حل‌های این چالش می‌باشد که درک میزان بهره‌وری آب و انرژی در تولیدات زراعی، جهت برنامه‌ریزی و مدیریت افزایش استفاده از این منابع ضروری است. بنابراین بایستی با اصلاح الگوی کشت گیاهی و استفاده از سیستم‌های آبیاری مناسب (با انرژی مصرفی کمتر) می‌توان الگوی مصرف آب را بهبود بخشید. به هر حال تاثیر سیستم آبیاری بارانی بر بهبود کارایی مصرف آب یونجه مشهود است. متوسط میزان حجم آب آبیاری در تمام مزارع دارای سیستم آبیاری بارانی به جز مزارع 13 و 14، کمتر از نیاز آبی بوده است. به طور متوسط میزان حجم آب مصرفی مزارع بارانی، 16 درصد کمتر از نیاز آبی برآورد شده در سند ملی آب بود جدول (6). میانگین کارایی مصرف آب در مزارع یونجه در دو سیستم نشتی و بارانی به ترتیب 1/7 و 2/7 کیلوگرم بر متر مکعب برآورد شد جدول‌های (5) و (6). در صورتیکه حیدری و همکاران (2005) میزان کارایی مصرف آب را برای یونجه 1/48 کیلوگرم بر متر مکعب گزارش نمودند.

مقدار کارایی مصرف آب به دست آمده در این پژوهش دارای دامنه تغییرات زیادی بود. منابع کاهش و

لازم است که در مصرف آب صرفه‌جویی شود، استفاده از سیستم آبیاری بارانی علی‌رغم افزایش هزینه سیستم به- دلیل پایداری درآمد مزرعه در دراز مدت، دارای توجیه اقتصادی می‌باشد. میانگین کارایی مصرف آب در مزارع یونجه در دو سیستم نشتی و بارانی به ترتیب 1/7 و 2/7 کیلوگرم بر متر مکعب است.

فهرست منابع

1. امین، س.، سپاسخواه، ع.ر. 1375. بررسی اتلاف انرژی پمپاژ آب آبیاری مزارع اطراف شیراز. گزارش نهایی طرح پژوهشی. دانشگاه شیراز. 40 صفحه
2. حیدری، ن.، حقایقی، ا. 1380. کارایی مصرف آب آبیاری محصولات عمده مناطق مختلف کشور. گزارشی جهت ارایه به معاونت زراعت و وزارت کشاورزی، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، کرج.
3. حیدری، ن. 1390. تعیین و ارزیابی شاخص کارایی مصرف آب محصولات زراعی تحت مدیریت کشاورزان در کشور. مجله مدیریت آب و آبیاری، دوره 1، شماره 2، ص 43-57.
4. رحیمی جمنانی، م.ع.، نیکبخت جهرمی، ن.، و داداری، ع. 1388. چالش‌ها و چشم اندازهای مدیریت مصرف آب کشاورزی. دوازدهمین همایش کمیته ملی و آبیاری و زهکشی ایران. ص 395-402.
5. رضوانی، م.، جعفری، ع.، م. و امین، س. 1389. بررسی بازده و مصرف انرژی در ایستگاه‌های پمپاژ آبیاری بارانی برخی مزارع استان همدان. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، جلد 11، شماره 4، ص 19-34.
6. رضوانی، س.م.، م. فرزاد نیا و س. امین. 1386. ارزیابی بازده و مصرف انرژی ایستگاه پمپاژ آبیاری تحت فشار در برخی از مزارع استان‌های کرمان و همدان، همایش علمی برنامه ملی آبیاری تحت فشار و توسعه پایدار.
7. سالمی، ح. ر.، نیکوئی، ع. ر.، رضوانی، م.، جعفری، ع. م. 1384. ارزیابی فنی و اقتصادی سیستم‌های آبیاری بارانی اجرا شده در مزارع سیب زمینی در استان‌های اصفهان و همدان. گزارش نهایی پژوهشی. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی همدان. شماره ثبت 84/401.
8. شهرستانی، ح. 1393. سازماندهی و مدیریت مصرف بهینه آب در بخش کشاورزی. فصلنامه نظام مهندسی کشاورزی و منابع طبیعی. سال دوازدهم - شماره 45
9. قدمی فیروزآبادی، ع.، حیدری، ن. 1383. بررسی حجم آب مصرفی و عملکرد محصول سیب زمینی. تحت سیستم آبیاری بارانی. کارگاه فنی آبیاری بارانی (توانمندی‌ها و چالش‌ها). کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. کرج.
10. قدمی فیروزآبادی، ع.، سیدان، س. م. 1385. ارزیابی فنی و اقتصادی مصرف آب در آبیاری سطحی سیب زمینی در منطقه بهار. گزارش نهایی پژوهشی. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی همدان. شماره ثبت 85/1114.
11. قدمی فیروزآبادی، ع.، سیدان، س. م.، عباسی، ف. 1389. ارزیابی فنی و اقتصادی آبیاری با لوله‌های کم فشار (هیدروفلوم) و مقایسه آن با آبیاری سنتی و بارانی. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، جلد 11، شماره 2، ص 73-84.
12. Awari, H.W., S.S. Hiwase. 2004. Effect of irrigation systems on growth and yield of potato. *Annals of Plant Physiology*, 8(2): 185-187
13. Chávez, J. L., D. Reich., J.C. Loftis., and D.L. Miles. 2010. Irrigation pumping plant efficiency. Colorado State University Cooperative. Extension. No.4. 712.
14. Comforti, P., M. Giampietro. 1997. Fossil energy use in agriculture: an international comparison. *Agricultural Ecosystems Environment*, 54: 231-243
15. Fippes, G., B. Neal. 1995. Texas irrigation pumping plant efficiency testing program. Department of Agricultural Engineering. Texas Agricultural Extension Service. College Station. TX.

16. Heydari, N., Eslami, A., Ghadami, A., Kanoni, A., Asadi, M.E., and M.H. Khajehabdollahi. 2005. Determination and evaluation of agricultural water use efficiency (WUE) In Iran. International Agricultural Engineering Conference, Bangkok, Thailand, 6-9 December 2005.
17. Montazar, A. and H. Kosari, 2007. Water productivity analysis of some irrigated crops in Iran, Research report of University College of Aboureyhan, University of Tehran, Pakdasht, Iran.
18. New, L.L., A.D. Schneider. 1988. Irrigation pumping plant Efficiencies-High Plains and Trans-Pecos Areas of Texas. Publication MP-1643. Texas agricultural experiment station, Texas A & M university system, College station, TX. Available on <http://www.nj.nrcs.usda.gov/technical/engineering/irrigation.html>
19. Rogers, D.H., D. Black. 1993. Evaluating pumping plant efficiency using on-farm fuel Bills. Irrigation management series. No. L-885. Kansas state university. 4p.
20. Subrahmanyam, S.K., S. Reddy, G.K. Mitra. 1998. Energy use and its efficiency in Andra Pradesh Agriculture, Indian Journal of Agricultural Economics, 53(3): 265-274.
21. USDA.1997. National irrigation handbook : Irrigation Guide.
22. USDA.2009.WQT03- Irrigation Pumping Plant Evaluation.
23. Weggington, J.,P. Canessa. 2006. Diesel pump tester resource manual. Center for irrigation technology. College of agricultural and technology. California state university. Fresno.