Archive of SID

تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی/جلد ۱۹/ شماره ۷۳/ زمستان ۱۳۹۷/ص ۱۵۶-۱۴۳

مقایسهٔ برخی شاخص‌های مدیریت مصرف آب در تولید ذرت علوفه‌ای در پایاب شبکه‌های آبیاری مدرن و سنتی

فریبرز عباسی[۱]*، ابوالفضل ناصری[۲]، محمدمهدی نخجوانی‌مقدم[۳]، نادر سلامتی[۴]، محمد جلینی[۵]، محمد خرمیان[۶]، سیدابراهیم دهقانیان[۷]، افشین یوسف‌گمرکچی[۸]، علیرضا اسلامی[۹]، کرامت اخوان[۱۰]، مسعود فرزام‌نیا[۱۱]، جواد باغانی[۱۲] و مهدی اکبری[۱۳]

۱، ۳، ۱۲ و ۱۳- به‌ترتیب: استاد؛ استادیاران؛ و دانشیاران موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

۲، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰ و ۱۱- به‌ترتیب: دانشیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی؛ استادیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان؛ دانشیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی؛ استادیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی‌آباد؛ مربی پژوهشی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس؛ استادیار گروه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی قزوین؛ استادیار بخش تحقیقات آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان‌شمالی؛ استادیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اردبیل (مغان)؛ و مربی پژوهشی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران

تاریخ دریافت: ۹۷/۱/۲۸، تاریخ پذیرش: ۹۷/۷/۱۷

چکیده

با وجود اهمیت تعیین و تدقیق شاخص‌ها و فراسنج‌های مدیریت مصرف آب در بخش کشاورزی برای استفاده در برنامه‌ریزی‌های کلان کشوری، تاکنون شاخص‌های مدیریت مصرف آب (حجم آب مصرفی، بهره‌وری آب و راندمان کاربرد آب در مزارع) در پایاب شبکه‌های آبیاری مدرن و سنتی در تولید محصولات زراعی و باغی کمتر مقایسه شده است. هدف از این پژوهش، مقایسهٔ شاخص‌های مدیریت مصرف آب در پایاب شبکه‌های آبیاری مدرن و سنتی در تولید ذرت علوفه‌ای در برخی نقاط کشور است. داده‌های پژوهش با اندازه‌گیری‌های گسترده و مستقیم از مزارع استان‌های البرز، تهران، فارس، خوزستان، خراسان رضوی، اردبیل، اصفهان و قزوین که حدود ۷۰ درصد از سطح زیرکشت ذرت علوفه‌ای در کشور را پوشش می‌دهند در بیش از ۱۰۰ مزرعه در پایاب شبکه‌های آبیاری مدرن و سنتی به‌دست آمده است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد تفاوت شاخص‌های حجم آب مصرفی و بهره‌وری آب در تولید محصول در پایاب شبکه‌های مدرن و سنتی معنی‌دار ولی تفاوت عملکرد در دو شبکه معنی‌دار نشده است. در پایاب شبکه‌های مدرن و سنتی، میانگین عملکرد ذرت علوفه‌ای به‌ترتیب ۵۰/۵۴ و ۵۴/۳۲ تن بر هکتار، میانگین حجم آب مصرفی به‌ترتیب ۶۹۸۳ و ۹۰۸۵ مترمکعب بر هکتار، میانگین بهره‌وری آب به‌ترتیب ۷/۴۶ و ۶/۲۶ کیلوگرم به‌ازای هر مترمکعب آب و میانگین راندمان کاربرد آب به‌ترتیب ۷۳ و ۶۸ درصد به‌دست آمده است. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که توسعهٔ شبکه‌های مدرن می‌تواند در ارتقای بهره‌وری آب، در عملیاتی کردن برنامه‌های پنج‌سالهٔ توسعه‌ای کشور و برنامهٔ اقتصاد مقاومتی مفید باشد.

واژه‌های کلیدی

بهره‌وری آب آبیاری، حجم آب مصرفی، روش‌های آبیاری

*نگارنده مسئول: fariborzabbasi@ymail.com

http://doi: 10.22092/idser.2018.121427.1313

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

با توجه به روند روزافزون نیاز بخش‌های مختلف به آب، آثار و تبعات خشکسالی و تغییر اقلیم در سال‌های آینده حادتر نیز خواهد شد. در چنین شرایطی یکی از راهکارهای مؤثر و عملی، استفادهٔ بهینه از آب و صرفه‌جویی در مصرف آب است. مدیریت مصرف آب در بخش کشاورزی که بخش عمده‌ای از مصرف آب در ایران و جهان را شامل می‌شود، می‌تواند بسیار مؤثر و راهگشا باشد. تخمین و یا تعیین شاخص‌های مدیریت مصرف آب ازجمله مقدار آب مصرفی، راندمان آبیاری و بهره‌وری آب محصولات زراعی و باغی مختلف در کشور از مهم‌ترین ابزارها و شاخص‌های کلیدی در برنامه‌ریزی‌های کلان تأمین، تخصیص و مصرف اصولی از آب در بخش کشاورزی است. یکی از مؤلفه‌های کلیدی مبین مدیریت صحیح آب در بخش کشاورزی، حجم آب مصرفی است. از نظر میزان مصرف آب در بخش‌های مختلف، در ایران نیز همانند سایر کشورها بخش قابل توجهی از منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی در بخش کشاورزی استفاده می‌شود. روش‌های تعیین یا برآورد آب مصرفی در بخش کشاورزی به روش‌های مستقیم و غیرمستقیم دسته‌بندی می‌شوند. از جمله روش‌های غیر مستقیم می‌توان به روش بیلان آب و تعیین نیاز خالص آب مورد نیاز گیاهان و تبدیل آن به نیاز ناخالص با استفاده از راندمان کاربرد آب اشاره کرد. در روش مستقیم نیز میزان آب مصرفی محصولات زراعی و باغی در مزرعه با وسایل اندازه‌گیری دبی و زمان تعیین می‌شود. ناصری و همکاران (Nasseri *et al.*, 2017) حجم کل آب مصرفی در بخش کشاورزی را با روش بیلان آب برای دو دورهٔ درازمدت ۵۰ ساله و کوتاه‌مدت هفت ساله به‌ترتیب معادل ۱۸±۶۷ و ۵±۷۲ میلیارد متر مکعب برآورد کرده‌اند. بدین‌ترتیب، بررسی‌های اولیه نشان می‌دهد که مصرف آب در بخش کشاورزی کمتر از ارقام ذکر شده در کشور است و در دوره‌های آماری ۵۰ ساله و ۷ ساله به‌ترتیب حداکثر ۵۲ و ۷۱ درصد آب تجدیدپذیر است.

تا کنون مطالعه‌ای منسجم در خصوص تعیین میدانی آب مصرفی و بهره‌وری مصرف آب در تولید محصولات کشاورزی در پایاب شبکه‌های مختلف آبیاری در کشور گزارش نشده است. ولی مطالعات پراکنده زیادی در این خصوص در نقاط گوناگون کشور اجرا شده است. عباسی و همکاران (Abbasi *et al.*, 2017a) با مطالعهٔ جامع بهره‌وری آب در ایران نشان دادند که تغییرات بهره‌وری مصرف آب در کشور روند صعودی دارد و از ۰/۸۷ کیلوگرم به‌ازای هر متر مکعب آب در سال ۱۳۸۴ به حدود ۱/۳۲ کیلوگرم به‌ازای هر متر مکعب آب در سال ۱۳۹۴ رسیده (افزایش ۵۲ درصدی) و به‌طور متوسط در هر سال ۰/۰۴۱ کیلوگرم به‌ازای هر مترمکعب آب افزایش داشته است. برخی اندازه‌گیری‌های میدانی در خصوص مقایسهٔ آب مصرفی و بهره‌وری آب در تولید ذرت علوفه‌ای در سامانه‌های مختلف آبیاری در نقاط کشور که در جدول ۱ ارائه شده است نشان می‌دهد حجم آب مصرفی و بهره‌وری مصرف آب ذرت علوفه‌ای در نقاط مختلف کشور و در مطالعات مختلف بسیار متفاوت است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- خلاصهٔ برخی مطالعات در خصوص آب مصرفی و بهره‌وری مصرف آب ذرت علوفه‌ای

ردیف	روش آبیاری	محل اجرا	عملکرد (ton/ha)	آب مصرفی (m^3/ha)	بهره‌وری آب (kg/m^3)	مأخذ
۱	قطره‌ای (تیپ)	کرج	۲۶/۶	۳۸۰۰	۷	(Kanaani *et al.*, 2015)
۲	قطره‌ای (تیپ)	سروستان	۱۰۶/۹	۵۷۱۸	۱۸/۷	(Sheikholeslami & Nael, 2009)
۳	جویچه‌ای	سروستان	۶۳/۱	۸۴۲۳	۷/۴۹	(Sheikholeslami & Nael, 2009)
۴	قطره‌ای (تیپ)	کرج	۷۷/۷	۹۴۰۰	۸/۲۷	(Mousavi, 2008)
۵	قطره‌ای (تیپ)	خراسان‌رضوی	۷۰/۰	۸۵۰۵	۸/۲۴	(Baghani & Khoshbazm, 2007)
۶	سطحی	خراسان‌رضوی	۶۳/۲	۱۶۶۰۰	۳/۷۵	(Baghani & Khoshbazm, 2007)
۷	جویچه‌ای	دشت مشهد	۵۸/۸	۱۰۲۵۰	۵/۷۴	(Baghani, 2010)
۸	قطره‌ای (تیپ)	دشت مشهد	۸۹/۷	۱۱۵۹۳	۷/۷۳	(Baghani, 2010)
۹	دوار مرکزی	کرمان	۵۲/۹	۹۴۷۳	۶/۶۴	(Heydari *et al.*, 2005)
۱۰	جویچه‌ای	نیشابور	-	۱۰۶۰۰	-	(Haghayeghi & Bahramloo, 2010)
۱۱	سطحی	گلپایگان	۸۸/۱	۱۲۷۶۳	۶/۹	(Montajabi, 2012)
۱۲	دوار مرکزی	ساوه	۳۸/۶	۵۸۳۸	۷/۱۶	(Khazaei *et al.*, 2013)
۱۳	دوار مرکزی	ساوه	۳۰/۲	۶۳۱۰	۴/۷۸	(Khazaei *et al.*, 2013)
۱۴	سطحی	بویین‌زهرا	۳۶/۶	۸۶۴۳	۴/۲۴	(Ghalebi *et al.*, 2016)
۱۵	سطحی	تاکستان	۴۰/۰	۱۰۲۶۰	۳/۹۱	(Ghalebi *et al.*, 2016)
۱۶	سطحی	بویین‌زهرا	۴۰/۰	۸۲۲۵	۴/۸۹	(Ghalebi *et al.*, 2016)
۱۷	سطحی	بویین‌زهرا	۴۲/۰	۸۷۲۰	۴/۸۸	(Ghalebi *et al.*, 2016)
۱۸	سطحی	آبیک	۵۵/۷	۷۹۴۵	۶/۱۵	(Ghalebi *et al.*, 2016)
۱۹	سطحی	تاکستان	۵۱/۷	۸۶۴۰	۵/۹۸	(Ghalebi *et al.*, 2016)
۲۰	سطحی	بویین‌زهرا	۵۷/۰	۹۵۰۰	۶/۲۱	(Ghalebi *et al.*, 2016)
۲۱	سطحی	آبیک	۶۵/۷	۹۳۰۹	۷/۴۳	(Ghalebi *et al.*, 2016)
۲۲	سطحی	بویین‌زهرا	۶۵/۰	۷۲۰۰	۹/۰۳	(Ghalebi *et al.*, 2016)
۲۳	سطحی	تاکستان	۷۰/۰	۱۰۸۰۰	۶/۴۸	(Ghalebi *et al.*, 2016)
۲۴	سطحی	قزوین	۷۰/۰	۱۲۹۶۰	۵/۴۰	(Ghalebi *et al.*, 2016)
۲۵	سطحی	البرز	۶۶/۴	۱۰۲۰۸	۶/۸۳	(Ghalebi *et al.*, 2016)
۲۶	سطحی	البرز	۷۰/۰	۱۱۴۸۰	۶/۶۸	(Ghalebi *et al.*, 2016)
۲۷	جویچه‌ای	نکا	۷۳/۸	۶۳۶۲	۱۱/۶	(Akbari-Nodehi, 2014)
۲۸	جویچه‌ای	نکا	۶۷/۹	۷۵۴۰	۹	(Rezaei-Sokht-Abandani *et al.*, 2015)

باغانی و خوشبزم (Baghani & Khoshbazm, 2007) در ۱۵ مزرعه در استان خراسان‌رضوی و باغانی (Baghani, 2010) در ۳۰ مزرعه در دشت مشهد و چناران که روش آبیاری کشت‌های تابستانهٔ آنها از روش سطحی (جویچه‌ای) به قطره‌ای (تیپ) تبدیل شده بود، آب مصرفی گیاهان مختلف را اندازه‌گیری کردند و نشان دادند که با وجود افزایش عملکرد کلیهٔ محصولات زراعی در مزارع مورد مطالعه، حجم آب مصرفی هم کاهش یافته است. نتایج مطالعهٔ اول نشان می‌دهد که با تغییر روش آبیاری از جویچه‌ای به تیپ در کشت‌های تابستانه، میانگین آب مصرفی بین ۳۴ تا ۴۹ درصد کاهش یافته است. در مطالعهٔ دوم (دشت مشهد و چناران)، نیز گفته شده آب مصرفی کلیهٔ محصولات الگوی کشت، به‌جز ذرت علوفه‌ای، بین ۲۲ تا ۵۲ درصد کاهش یافته است.

در زمینهٔ بهره‌وری آب ذرت علوفه‌ای، مطالعات بیشتر بر تولید هیبریدهای جدید با علوفهٔ بیشتر متمرکز شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

برخی نتایج نشان می‌دهد که بهره‌وری آب آبیاری ذرت علوفه‌ای بیش از ۷ کیلوگرم به‌ازای هر متر مکعب است، به‌طوری‌که استفاده از آبیاری قطره‌ای در افزایش آن اثر معنی‌داری داشته است (جدول ۱). حیدری و همکاران (Heydari *et al.*, 2005) شاخص بهره‌وری مصرف آب ذرت علوفه‌ای در آبیاری بارانی دوار مرکزی در کرمان را ۵/۵۸ کیلوگرم به‌ازای هر متر مکعب آب مصرفی اندازه‌گیری کرده‌اند. شیخ‌الاسلامی و نائل (Sheikholeslami & Nael, 2009) با بررسی اثر روش آبیاری جویچه‌ای و قطره‌ای نواری بر میزان آب مصرفی، عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت علوفه‌ای در سروستان شیراز، میزان آب مصرفی را در روش سطحی ۸۴۳۵ و در آبیاری قطره‌ای ۵۷۱۸ متر مکعب بر هکتار اندازه‌گیری کرده‌اند. بهره‌وری مصرف آب نیز در دو روش آبیاری سطحی و قطره‌ای به‌ترتیب ۷/۴۸ و ۱۸/۷۶ کیلوگرم به‌ازای هر متر مکعب آب به‌دست آمده است (جدول ۱). باغانی (Baghani, 2010) در مطالعه‌ای میدانی اثربخشی سامانه‌های نوین آبیاری بر منابع آب زیرزمینی، عملکرد و بهره‌وری مصرف آب آبیاری گیاهان زراعی در دشت مشهد را بررسی و حجم آب مصرفی دو روش آبیاری جویچه‌ای و قطره‌ای را برای ذرت علوفه‌ای به‌ترتیب ۱۰۲۵۰ و ۱۱۵۹۳ مترمکعب در هکتار و بهره‌وری دو روش آبیاری را به‌ترتیب ۵/۷۴ و ۷/۷۳ کیلوگرم به‌ازای هر متر مکعب آب مصرفی گزارش کرده است (جدول ۱). بهره‌وری بالاتر در روش آبیاری قطره‌ای به‌رغم حجم آب مصرفی بالاتر می‌تواند ناشی از عملکرد بالای محصول در این روش نسبت به روش آبیاری جویچه‌ای باشد.

شاخص مهم دیگر در مدیریت مصرف آب در بخش کشاورزی، راندمان کاربرد آب در مزارع و باغ‌های کشور است. برخی از صاحب‌نظران، نخستین گام برای کاهش بحران آب را افزایش راندمان آبیاری می‌دانند؛ با افزایش راندمان آبیاری در بخش کشاورزی، آب بیشتری می‌توان برای بخش‌های شرب و صنعت تخصیص داد. در روش آبیاری سطحی، راندمان کاربرد قابل حصول یا پتانسیل ۶۵ درصد و در سامانه‌های آبیاری تحت فشار برای آبیاری بارانی حدود ۸۵ درصد و برای آبیاری قطره‌ای حدود ۹۰ درصد گزارش شده است (Solomon, 1988; Ali, 2011). عباسی و همکاران (Abbasi *et al.*, 2017b) گزارش داده‌اند راندمان کاربرد آب آبیاری در کشور از ۲۳ تا ۸۶ درصد متغیر و میانگین آن ۵۶ درصد است. میانگین راندمان کاربرد در سامانه‌های کرتی، نواری و جویچه‌ای به‌ترتیب ۵۵، ۵۳ و ۵۳ درصد است. در بین روش‌های بارانی نیز روش رول‌لاین (آبفشان غلتان) و کلاسیک ثابت به‌ترتیب بیشترین (۶۷ درصد) و کمترین (۵۲ درصد) راندمان کاربرد را داشته‌اند و در آبیاری قطره‌ای مقدار این شاخص ۷۱ درصد گزارش شده است. متوسط راندمان کاربرد آب آبیاری در سامانه‌های آبیاری تحت فشار و سطحی به‌ترتیب ۶۷ و ۵۴ درصد است. در زمینهٔ این شاخص مدیریت مصرف آب در پایاب شبکه‌های مدرن و سنتی، اطلاعات چندانی وجود ندارد. بنابراین یکی از اهداف مطالعه حاضر مقایسه این شاخص در پایاب این شبکه‌هاست.

اعداد و ارقام برای شاخص‌های مدیریت مصرف آب ذرت علوفه‌ای در سامانه‌های مختلف آبیاری به‌صورت پراکنده در منابع یافت می‌شود. ولی تاکنون مقایسهٔ منسجمی از شاخص‌های مدیریت مصرف آب در پایاب شبکه‌های آبیاری مدرن و سنتی صورت نگرفته است. از این‌رو هدف اصلی از این مطالعه، اندازه‌گیری میدانی آب مصرفی در تولید ذرت علوفه‌ای در مزارع تحت مدیریت کشاورزان استان‌های مختلف و مقایسهٔ شاخص‌های مدیریت مصرف آب آبیاری در پایاب شبکه‌های سنتی و مدرن آبیاری است. به‌طور مشخص اهداف مورد نظر عبارت‌اند از:

الف) تعیین حجم آب مصرفی (به‌صورت مستقیم) در تولید ذرت علوفه‌ای در مزارع تحت مدیریت کشاورزان در استان‌های مختلف،

www.SID.ir

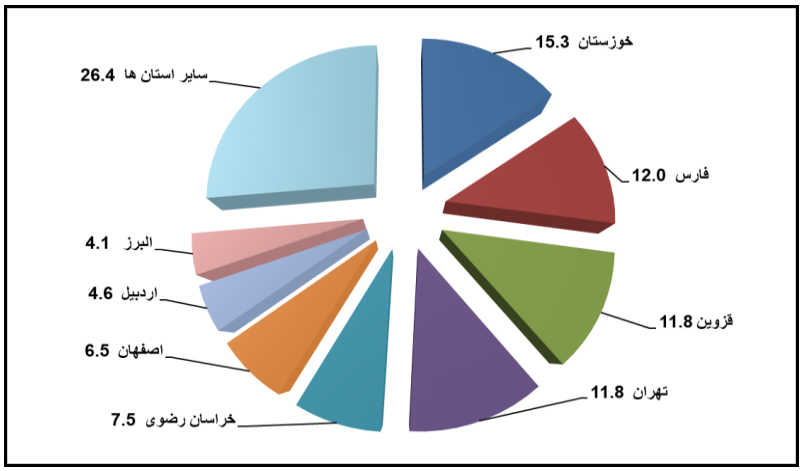
Archive of SID

ب) تعیین عملکرد ذرت علوفه‌ای در مزارع مورد مطالعه در نقاط مختلف کشور،

ج) مقایسهٔ شاخص‌های مدیریت مصرف آب از جمله حجم آب مصرفی، راندمان کاربرد و بهره‌وری آب آبیاری ذرت علوفه‌ای در پایاب شبکه‌های سنتی و مدرن در سطح ملی.یافته‌های این پژوهش می‌تواند به‌عنوان یکی از شاخص‌های کلیدی در برنامه‌ریزی‌های کلان تأمین، تخصیص و مصرف اصولی از آب در بخش کشاورزی برای برنامه‌ریزان و تصمیم‌گیرندگان در سطح ملی مفید باشد.

مواد و روش‌ها

شاخص‌های مدیریت مصرف آب ذرت علوفه‌ای شامل حجم آب مصرفی، راندمان کاربرد و بهره‌وری مصرف آب آبیاری در شبکه‌های سنتی و مدرن اندازه‌گیری شدند. این شاخص‌ها در شبکه‌های مدرن در مزارع تجهیز و نوسازی شده (آبیاری سطحی) و تحت‌فشار (آبیاری بارانی و قطره‌ای) و در شبکه‌های سنتی (مزارع آبیاری سطحی) تعیین و مقایسه شدند. شبکه‌های مورد مطالعه در قطب‌های تولید ذرت علوفه‌ای (بر اساس آمارنامهٔ سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳) در استان‌های البرز، تهران، فارس، خوزستان، خراسان‌رضوی، اردبیل، اصفهان و قزوین انتخاب شدند. این استان‌ها حدود ۷۰ درصد سطح زیرکشت ذرت علوفه‌ای را در کشور پوشش می‌دهند (شکل ۱).



شکل ۱- وضعیت سطح زیرکشت (درصد) ذرت علوفه‌ای در استان‌های مورد مطالعه

مناطق و تعداد مزارع مورد مطالعه در شبکه‌های سنتی و مدرن هشت استان در جدول ۲ ارائه شده است. تعداد مزارع در هر استان متناسب با سطح زیرکشت ذرت علوفه‌ای در آن استان انتخاب شد. در برخی مناطق (مانند استان‌های البرز و اردبیل) امکان انتخاب مزارع زیر همهٔ شبکه‌های مورد نظر وجود نداشت. به‌عبارتی، برخی سامانه‌ها در زمان اجرای این مطالعه در منطقهٔ مورد نظر وجود نداشتند. در مجموع، ۱۰۴ مزرعه در شبکه‌های سنتی و مدرن ارزیابی شده‌اند. مزارع طوری انتخاب شدند که اغلب شرایط از جمله بافت خاک و مدیریت‌های مختلف، تاریخ‌های کاشت متفاوت، شوری‌های آب و خاک مختلف و غیره را پوشش دهند. شاخص‌های مورد نظر، تحت مدیریت کشاورزان اندازه‌گیری شدند. بدین‌صورت که ابتدا در هر یک از استان‌ها و شبکه‌های مورد مطالعه تعدادی از مزارع ذرت علوفه‌ای با هماهنگی مراکز خدمات و مدیریت‌های جهاد کشاورزی انتخاب و حجم آب داده شده به مزارع ذرت علوفه‌ای بدون دخالت در برنامه آبیاری کشاورزان با فلوم و یا کنتور اندازه‌گیری گردید.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- مناطق و تعداد مزارع انتخابی در شبکه‌های آبیاری مدرن و سنتی

ردیف	استان	شهرستان	تعداد مزارع در شبکه		
			سنتی	مدرن سطحی	مدرن تحت فشار
۱	البرز	کرج، نظرآباد و ساوجبلاغ	۴	۱	۱
۲	تهران	شهرری، پاکدشت و اسلام‌شهر	۱۰	۱	۸
۳	قزوین	بویین‌زهرا و آبیک	۷	۰	۳
۴	اردبیل	مغان	۰	۶	۰
۵	فارس	سپیدان و مرودشت	۷	۰	۵
۶	اصفهان	شاهین‌شهر	۵	۰	۴
۷	خراسان‌رضوی	جوین، تربت‌جام و چناران	۶	۲	۱۰
۸	خوزستان	بهبهان و دزفول	۴	۱۱	۹
	جمع		۴۳	۲۱	۴۰

جزئیات روش‌شناسی تحقیق به شرح زیر ارائه می‌گردد. برای تعیین حجم آب داده شده به مزارع، ابتدا مقدار دبی خروجی از منبع آب (کانال، چاه، قنات یا چشمه) با ابزارهای مناسب (فلوم، کنتور، دستگاه اولتراسونیک) اندازه‌گیری شد. در هر یک از مزارع سطح زیرکشت محصول، بافت خاک، هدایت الکتریکی خاک و آب آبیاری اندازه‌گیری و اطلاعات به‌دست آمده یادداشت شد. بارندگی مؤثر نیز به روش SCS برآورد شد (Anon, 1972). نیاز آبی گیاه مرجع به روش پن‌من- مانتیث با استفاده از داده‌های ۱۰ سال اخیر برای منطقهٔ مورد نظر از نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی تهیه و برآورد شد. نیاز آبی گیاه مرجع با اِعمال ضریب گیاهی (Allen *et al.*, 1998) به نیاز آبی خالص گیاه تبدیل شدند. عملکرد محصول در پایان فصل زراعی نیز اندازه‌گیری و بهره‌وری مصرف آب در هر یک از مناطق و استان‌های مورد مطالعه محاسبه و مقایسه شد. برای بررسی کفایت نمونه‌های اندازه‌گیری شده، از رابطهٔ ۱ استفاده گردید (Saramad *et al.*, 2001).

$$n = \frac{z^2\sigma^2}{(\bar{x}-\mu)^2} \qquad (۱)$$

که در آن،

n= تعداد اندازه‌گیری‌های لازم برای تحلیل واریانس عملکرد و حجم آب مصرفی در تولید ذرت علوفه‌ای در سطح کشور؛ z= سطح اعتماد (برای سطح اعتماد ۹۵ درصد، مقدار آن ۱/۹۶ در نظر گرفته شد)؛ σ^2= واریانس جمعیت؛ μ= میانگین جمعیت؛ و $\bar{x}$= میانگین اندازه‌گیری‌ها.

شاخص بهره‌وری آب ذرت علوفه‌ای از رابطهٔ ۲ به دست آمد:

$$WP = \frac{CY}{CW} \qquad (۲)$$

که در آن،

WP= بهره‌وری آب در تولید ذرت علوفه‌ای (کیلوگرم به‌ازای هر مترمکعب آب مصرفی)؛ CY[1]=عملکرد ذرت علوفه‌ای (کیلوگرم در هکتار)؛ و CW[2]= مجموع حجم آب داده شده و بارندگی مؤثر در تولید ذرت علوفه‌ای (مترمکعب در هکتار). راندمان کاربرد آب در مزرعه با استفاده از نسبت نیاز آبی خالص (که از داده‌های هواشناسی ۱۰ سال اخیر به روش پن‌من مانتیث برآورد شده است) به حجم آب مصرفی برآورد شد که این روش متوسطی از شاخص راندمان کاربرد آب را در فصل زراعی ارائه می‌دهد. برای بررسی تغییرات عملکرد، حجم آب مصرفی، راندمان کاربرد و شاخص بهره‌وری آب در تولید ذرت علوفه‌ای در شبکه‌های مختلف از تحلیل واریانس استفاده شد.

1- Crop Yield

2- Consumed Water

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج و بحث

کفایت تعداد اندازه‌گیری‌های عملکرد محصول و حجم آب مصرفی در سطح کشور از رابطهٔ ۱ به‌دست آمد. جزئیات تعداد اندازه‌گیری‌های میدانی در جدول‌های ۳ و ۴ نشان داده شده است. در حالت کلی و بر مبنای شاخص‌های اندازه‌گیری شده، تعداد اندازه‌گیری‌ها در مزرعه چندین برابر تعداد کفایت داده‌ها در نظر گرفته شد تا رویکرد تحلیل آماری و نتیجه‌گیری‌های پژوهش، قابلیت اعتماد و اطمینان داشته باشد. حداکثر تعداد نمونهٔ لازم (مزرعه) برای برآورد عملکرد ذرت علوفه‌ای، حجم آب مصرفی، بهره‌وری مصرف آب و راندمان کاربرد آب، ۴۴ مزرعه بود اما تعداد اندازه‌گیری‌های مستقیم در مزرعه بیش از ۱۰۰ مزرعه در نظر گرفته شد (جدول ۳).

بنابراین، تعداد اندازه‌گیری‌های این پژوهش برای تحلیل آماری قابل اعتماد است. بر مبنای شاخص‌های اندازه‌گیری شده از هر سامانهٔ آبیاری، تعداد اندازه‌گیری‌ها نیز همواره از تعداد حداقل دادهٔ مورد نیاز (کفایت داده‌ها) بیشتر است (جدول ۴).

جدول ۳- میانگین، انحراف معیار و کفایت اندازه‌گیری‌ها در مزارع تولید ذرت علوفه‌ای

شاخص آماری	عملکرد ذرت علوفه‌ای (تن در هکتار)	حجم آب مصرفی (مترمکعب بر هکتار)	بهره‌وری آب (کیلوگرم به‌ازای هر متر مکعب آب)	راندمان کاربرد آب (درصد)
میانگین	۵۶/۳	۷۸۳۶	۷/۶	۷۳/۱
انحراف معیار	۱۹	۲۲۸۶	۳	۱۹
تعداد نمونه لازم	۴۴	۳۳	۴۴	۲۷
تعداد اندازه‌گیری‌های میدانی	≥۱۰۰	≥۱۰۰	≥۱۰۰	≥۱۰۰

جدول ٤- میانگین، انحراف معیار و کفایت اندازه‌گیری‌ها در مزارع تولید ذرت علوفه‌ای تحت سامانه‌های مختلف آبیاری سطحی، بارانی و قطره‌ای

شاخص آماری	روش آبیاری سطحی				روش آبیاری بارانی				روش آبیاری قطره‌ای			
	عملکرد ذرت علوفه‌ای (تن بر هکتار)	حجم آب مصرفی (مترمکعب در هکتار)	بهره‌وری آب (کیلوگرم به‌ازای هر مترمکعب آب)	راندمان کاربرد آب (درصد)	عملکرد ذرت علوفه‌ای (تن بر هکتار)	حجم آب مصرفی (مترمکعب در هکتار)	بهره‌وری آب (کیلوگرم به‌ازای هر مترمکعب آب)	راندمان کاربرد آب (درصد)	عملکرد ذرت علوفه‌ای (تن بر هکتار)	حجم آب مصرفی (مترمکعب در هکتار)	بهره‌وری آب (کیلوگرم به‌ازای هر مترمکعب آب)	راندمان کاربرد آب (درصد)
میانگین	۵۱/۹	۸۳۱۲	۶/۵	۶۷/۶	۵۴/۳	۷۰۳۰	۷/۹	۷۷/۹	۷۲	۷۱۹۲	۱۰/۷	۸۵/۱
انحراف معیار	۱۷	۲۳۲۴	۲	۱۷	۱۰	۱۲۸۶	۲	۱۹	۲۴	۲۶۳۶	۴	۲۱
تعداد نمونه لازم	۴۲	۳۰	۴۱	۲۵	۱۴	۱۳	۱۸	۱۸	۱۷	۱۷	۲۱	۱۷
تعداد اندازه‌گیری‌های میدانی	۶۱	۶۱	۶۱	۶۱	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰

* توضیح: برای افزایش دقت تحلیل آماری، در برآورد کفایت داده‌ها تمام داده‌ها (حتی داده‌های حدی) دخالت داده شد. ولی، داده‌های نرمال فقط در تحلیل آماری دخالت داده شد. بنابراین در برخی موارد، میانگین متغیرهای این جدول با میانگین داده‌های نرمال ممکن است تفاوت اندکی داشته باشد.

بدین‌ترتیب تحلیل آماری و نتیجه‌گیری‌های پژوهش، قابلیت اعتماد و اطمینان کافی دارد. نتایج تحقیق نشان می‌دهد کمینه، متوسط و بیشینهٔ عملکرد ذرت علوفه‌ای به‌ترتیب ۲۴/۵، ۵۶/۳ و ۱۳۰ تن در هکتار است. در مورد شاخص حجم آب مصرفی (کمینه، متوسط و بیشینهٔ) برای تولید این محصول به‌ترتیب ۳۱۲۰، ۷۸۳۶ و ۱۴۷۳۳ متر مکعب در هکتار و کمینه، متوسط و بیشینهٔ شاخص بهره‌وری آب آبیاری در تولید محصول به‌ترتیب ۲/۳، ۷/۶ و

www.SID.ir

Archive of SID

۲۰/۸ کیلوگرم به‌ازای هر متر مکعب آب و برای راندمان کاربرد آب در مزارع ذرت علوفه‌ای به‌ترتیب ۳۴/۸، ۷۳/۱ و ۱۰۰ درصد است. راندمان ۱۰۰ درصد در یکی از مزارع آبیاری قطره‌ای اتفاق افتاد که دلیل اصلی آن کم‌آبیاری است. کم‌آبیاری اجباری به‌دلیل کم‌آبی در سال‌های اخیر در خیلی از مزارع زراعی و باغی کشور اتفاق افتاده است.

الف) تأثیر شبکه‌های مدرن و سنّتی و روش‌های آبیاری بر عملکرد محصول

تأثیر شبکه‌های مدرن و سنّتی بر عملکرد ذرّت علوفه‌ای با استفاده از داده‌های اندازه‌گیری شده و جدول تجزیهٔ واریانس (جدول ۵) بررسی شد.

نتایج نشان می‌دهد تفاوت عملکرد حاصل از اراضی زیر شبکه‌های آبیاری مدرن و سنّتی از نظر آماری معنی‌دار نیست (جدول ۵). تفاوت عملکرد حاصل از کاربرد دو روش آبیاری سطحی و بارانی در سطح احتمال ۹۵ درصد معنی‌دار نیست. ولی استفاده از روش قطره‌ای، بیشترین عملکرد محصول را داشته است و در سطح احتمال ۹۵ درصد معنی‌دار است. مقایسهٔ میانگین عملکرد محصول نشان می‌دهد روش‌های آبیاری سطحی، بارانی و قطره‌ای به‌ترتیب ۴/۱۵±۴۶/۸۴، ۴/۲۰ ± ۵۴/۲۳ و ۴/۱۵ ± ۷۲/۰۵ تن در هکتار ذرّت علوفه‌ای تولید کرده‌اند. در پژوهش‌های قبلی نیز مشابه چنین نتایجی گزارش شده است. باغانی و خوشبزم (Baghani & Khoshbazm, 2007) عملکرد ذرّت علوفه‌ای با روش‌های آبیاری سطحی و قطره‌ای را ۶۳/۲ و ۷۰/۰ تن در هکتار گزارش کرده‌اند. در پژوهشی دیگر، باغانی (Baghani, 2010) عملکرد این محصول را ۵۸/۸ و ۸۹/۷ تن در هکتار به‌ترتیب برای روش‌های جویچه‌ای و قطره‌ای اعلام کرده است. شیخ‌الاسلامی و نائل (Sheikholeslami & Nael, 2009) عملکرد ذرت علوفه‌ای با استفاده از روش‌های قطره‌ای و جویچه‌ای در سروستان را به‌ترتیب ۱۰۶/۹ و ۶۳/۱ تن در هکتار گزارش کرده‌اند. کنعانی و همکاران (Kanaani *et al.*, 2015) و موسوی (Mousavi, 2008) میانگین عملکرد این محصول را در آبیاری قطره‌ای به‌ترتیب ۲۶/۶ و ۷۷/۷ تن در هکتار گزارش کرده‌اند.

غالبی و همکاران (Ghalebi *et al.*, 2016) در دو مزرعه تحت روش آبیاری سطحی، میانگین عملکرد ذرت علوفه‌ای را ۶۶/۴ و ۷۰ تن در هکتار به‌دست آورده‌اند. یافته این پژوهش به‌دلیل تنوع عوامل مؤثر بر عملکرد در مزارع مختلف (برای مثال مقدار کود داده شده، بافت خاک، شوری آب و خاک و غیره)، قدری با یافته‌های سایر پژوهشگران تفاوت دارند.

جدول ۵- تجزیهٔ واریانس عملکرد ذرت علوفه‌ای حاصل از شبکه‌ها و روش‌های مختلف آبیاری

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات	نسبت F	مقدار P
بین شبکه‌های سنتی و مدرن	۲۹۰	۱	۲۹۰	۱/۲	> ۱۰٪
درون شبکه‌های سنتی و مدرن	۱۹۵۴۷	۷۹	۲۴۷		
کل	۱۹۸۳۷	۸۰			
بین روش‌های آبیاری	۶۷۱۸	۲	۳۳۵۹	۹/۸	< ۱٪
درون روش‌های آبیاری	۱۹۶۴۰	۵۷	۳۴۵		
کل	۲۶۳۵۸	۵۹			

ب) تأثیر شبکه‌های مدرن و سنّتی و روش‌های آبیاری بر حجم آب مصرفی

تجزیهٔ واریانس بررسی تأثیر استفاده از شبکه‌های آبیاری مدرن و سنّتی بر حجم آب مصرفی در تولید ذرت علوفه‌ای در کشور در جدول ۶ نشان داده شده است. در اراضی پایاب شبکه‌های مدرن و سنّتی، حجم آب مصرفی برای تولید این محصول بسیار متفاوت و در سطح احتمال ۹۵ درصد معنی‌دار است (جدول ۶)، به‌طوری‌که حجم آب

www.SID.ir

Archive of SID

مصرفی در اراضی پایاب شبکهٔ آبیاری مدرن و سنتی به‌ترتیب ۲۶۴ ± ۶۹۸۳ و ۳۲۰ ± ۹۰۸۵ متر مکعب بر هکتار است. بنابراین، می‌توان گفت استفاده از شبکه‌های مدرن بدون کاهش معنی‌دار در عملکرد محصول، موجب کاهش مصرف آب شده است. گرچه برای نتیجه‌گیری کامل لازم است شاخص بهره‌وری آب در تولید ذرّت علوفه‌ای در پایاب این شبکه‌ها نیز ارزیابی شود. برای تحلیل آماری اثر روش‌های آبیاری بر حجم آب مصرفی با لحاظ کردن این موضوع مهم که اثر شبکه‌ها روی حجم آب مصرفی معنی‌دار است، لازم بود اثر متقابل شبکه‌های مدرن و سنّتی و سامانه‌های آبیاری نیز بررسی شود. برای این کار لازم بود در هر دو شبکهٔ مدرن و سنتی، داده‌های حاصل از هر سه سامانهٔ آبیاری وجود داشته باشد. ولی این نوع داده‌ها در هر دو شبکه برای سه سامانه وجود ندارند. به‌عبارتی، در شبکه‌های سنتی، روش آبیاری سطحی وجود دارد ولی آبیاری قطره‌ای و بارانی سنتی بی‌معنی است.

جدول ٦- تجزیهٔ واریانس حجم آب مصرفی در تولید ذرت علوفه‌ای در پایاب شبکه‌های مدرن و سنتی و کاربرد روش‌های مختلف آبیاری

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات	نسبت F	مقدار P
بین شبکه‌های سنتی و مدرن	۱۰۷۶×۱۰^{۵}	۱	۱۰۷۶×۱۰^{۵}	۲۵/۷	< ۱٪
درون شبکه‌های سنتی و مدرن	۴۱۴۸×۱۰^{۵}	۹۹	۴۱۹۰×۱۰^{۳}		
کل	۵۲۲۵×۱۰^{۵}	۱۰۰			
بین روش‌های آبیاری	۲۲۲۵×۱۰^{۳}	۲	۱۱۱۳×۱۰^{۳}	۰/۳۱	> ۱۰ ٪
درون روش‌های آبیاری	۲۰۲۱×۱۰^{۵}	۵۷	۳۵۴۷×۱۰^{۳}		
کل	۲۰۴۴×۱۰^{۵}	۵۹			

تعداد داده‌ها و اندازه‌گیری‌ها در این پژوهش در مقایسه با پژوهش‌های قبلی بسیار بیشتر است، اما در پژوهش‌های پیشین هم به‌طور معمول حجم آب مصرفی در تولید ذرت علوفه‌ای در روش‌های قطره‌ای و سطحی متفاوت بوده است. باغانی و خوشبزم (Baghani & Khoshbazm, 2007)، حجم آب مصرفی در روش‌های سطحی و قطره‌ای در مزارع استان خراسان‌رضوی را به‌ترتیب ۱۶۶۰۰ و ۸۵۰۵ و باغانی (Baghani, 2010) ۱۰۲۵۰ و ۱۱۵۹۳ متر مکعب بر هکتار به‌دست آوردند. شیخ‌الاسلامی و نائل (Sheikholeslami & Nael, 2009) مقدار آب مصرفی در تولید ذرت علوفه‌ای در سروستان را با روش‌های قطره‌ای و سطحی به‌ترتیب ۵۷۱۸ و ۸۴۲۳ متر مکعب بر هکتار گزارش داده‌اند. کنعانی و همکاران (Kanaani *et al.*, 2015) و موسوی (Mousavi, 2008) حجم آب مصرفی در تولید ذرت علوفه‌ای با روش قطره‌ای را به‌ترتیب ۳۸۰۰ و ۹۴۰۰ متر مکعب بر هکتار و غالبی و همکاران (Ghalebi *et al.*, 2016) حجم آب مصرفی در تولید ذرت علوفه‌ای در استان البرز را در دو مزرعهٔ جداگانه با روش سطحی ۱۰۲۰۸ و ۱۱۴۸۰ متر مکعب بر هکتار گزارش کرده‌اند. بین نتایج این پژوهش با پژوهش‌های قبلی به‌دلیل عوامل متعدد مدیریت زراعی تفاوت‌هایی وجود دارد.

ج) تأثیر شبکه‌های آبیاری مدرن و سنّتی و روش‌های آبیاری بر بهره‌وری آب

تأثیرپذیری بهره‌وری آب در تولید ذرت علوفه‌ای از شبکه‌های آبیاری مدرن و سنتی بر مبنای داده‌های اندازه‌گیری شده در مزارع منتخب در سطح کشور با استفاده از تجزیهٔ واریانس بررسی گردید (جدول ۷). نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد تأثیر کاربرد شبکه‌های آبیاری مدرن و سنّتی بر شاخص بهره‌وری آب در تولید ذرّت علوفه‌ای در سطح احتمال کمتر از یک درصد معنی‌دار است (جدول ۷). میانگین شاخص بهره‌وری آب در مزارع ذرت پایاب شبکه‌های سنتی و مدرن به‌ترتیب ۰/۳۲ ± ۶/۲۶ و ۰/۳۲ ± ۷/۴۶ کیلوگرم به‌ازای هر متر مکعب آب به‌دست آمد. دلیل بیشتر بودن این شاخص در

www.SID.ir

Archive of SID

پایاب شبکه‌های مدرن نسبت به سنتی به‌طور عمده به بیشتر بودن حجم آب مصرفی در پایاب شبکهٔ سنّتی (۳۲۰ ± ۹۰۸۵ مترمکعب بر هکتار) نسبت به شبکه‌های مدرن (۲۶۴ ± ۶۹۸۳ متر مکعب بر هکتار) مربوط می‌شود. نتایج تأثیرپذیری این شاخص از روش‌های آبیاری نیز در جدول ۷ نشان داده شده است. تأثیر روش‌های آبیاری بر این شاخص در سطح احتمال کمتر از یک درصد معنی‌دار است (جدول ۷). میانگین شاخص بهره‌وری آب در تولید ذرت علوفه‌ای با روش‌های آبیاری سطحی، بارانی و قطره‌ای به‌ترتیب ۰/۶۴ ± ۷/۰۲، ۰/۶۴ ± ۷/۸۹ و ۰/۶۴ ± ۱۰/۶۹ کیلوگرم به‌ازای هر مترمکعب آب به‌دست آمد. بیشترین مقدار بهره‌وری آب با کاربرد روش آبیاری قطره‌ای به‌دست آمده است. مقدار این شاخص با روش‌های سطحی و بارانی تفاوت معنی‌دار آماری ندارد.

جدول ۷- تجزیهٔ واریانس بهره‌وری آب در پایاب شبکه‌ها و کاربرد روش‌های آبیاری

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات	نسبت F	مقدار P
بین شبکه‌های سنتی و مدرن	۲۹	۱	۲۹	۷	< ۱٪
درون شبکه‌های سنتی و مدرن	۳۲۶	۷۹	۴		
کل	۳۵۵	۸۰			
بین روش‌های آبیاری	۱۴۷	۲	۷۳	۹	< ۱٪
درون روش‌های آبیاری	۴۶۶	۵۷	۸		
کل	۶۱۳	۵۹			

در پژوهش‌های قبلی نیز بیشتر بودن شاخص بهره‌وری آب در تولید ذرت علوفه‌ای با کاربرد روش آبیاری قطره‌ای نسبت به روش سطحی گزارش شده است. با کاربرد روش‌های آبیاری سطحی و قطره‌ای مقدار این شاخص را باغانی و خوشبزم (Baghani & Khoshbazm, 2007) به‌ترتیب ۳/۷۵ و ۸/۲۴، باغانی (Baghani, 2010) ۵/۷۴ و ۷/۷۳ و شیخ‌الاسلامی و نائل (Sheikholeslami & Nael, 2009) ۷/۴۹ و ۱۸/۷ کیلوگرم به‌ازای هر متر مکعب آب گزارش کرده‌اند. موسوی (Mousavi, 2008) و کنعانی و همکاران (Kanaani *et al.*, 2015) مقدار این شاخص را در مزارع آبیاری سطحی و قطره‌ای به‌ترتیب ۷/۰۰ و ۸/۲۷ کیلوگرم به‌ازای هر متر مکعب آب گزارش داده‌اند. غالبی و همکاران (Ghalebi *et al.*, 2016) در دو مزرعهٔ آبیاری جویچه‌ای در استان البرز مقدار این شاخص را ۶/۸۳ و ۶/۶۸ کیلوگرم به‌ازای هر متر مکعب آب به‌دست آورده‌اند. می‌توان گفت بهره‌وری آب در تولید ذرت علوفه‌ای حاصل از پژوهش حاضر با گزارش پژوهش‌های پیشین به‌طور تقریب سازگاری دارد.

د) تأثیر شبکه‌های آبیاری مدرن و سنتی و روش‌های آبیاری بر راندمان کاربرد آب

تجزیهٔ واریانس بررسی تأثیر استفاده از شبکه‌های آبیاری مدرن و سنتی بر راندمان کاربرد آب در مزارع ذرت علوفه‌ای در سطح کشور در جدول ۸ نشان داده شده است. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد تفاوت این شاخص در دو شبکهٔ مدرن و سنتی معنی‌دار نیست اما میانگین راندمان کاربرد آب در پایاب شبکه‌های مدرن (۷۳ درصد) بیشتر از میانگین این شاخص در پایاب شبکه‌های سنتی (۶۸ درصد) است. در جدول ۸، تأثیر کاربرد روش‌های آبیاری بر راندمان کاربرد آب در مزارع ذرت علوفه‌ای ارائه شده است. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد استفاده از روش‌های مختلف آبیاری موجب می‌شود مقادیر مختلفی برای راندمان کاربرد آب در تولید محصول به‌دست آید. میانگین راندمان کاربرد آب در روش‌های سطحی، بارانی و قطره‌ای به‌ترتیب ۴ ± ۶۷/۷، ۴ ± ۷۷/۹ و ۴ ± ۸۵/۱ درصد است. بنابراین استفاده از روش قطره‌ای بیشترین راندمان کاربرد

www.SID.ir

Archive of SID

آب را موجب شده است. در پژوهش‌های پیشین، عباسی و همکاران (Abbasi *et al.*, 2017b) راندمان کاربرد را برای روش‌های آبیاری سطحی، بارانی و قطره‌ای به‌ترتیب ۵۳/۶، ۶۲/۱ و ۷۱/۱ درصد گزارش داده‌اند که با یافته‌های این پژوهش متفاوت است. دلیل اصلی این تفاوت را در بازهٔ زمانی اندازه‌گیری‌ها می‌توان یافت. اعدادی که عباسی و همکاران (Abbasi *et al.*, 2017b) گزارش داده‌اند برای بازهٔ زمانی ۹۴-۱۳۷۰ و محصولات زراعی و باغی زیادی بوده است. سرمایه‌گذاری‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری در کشور از جمله تجهیز و نوسازی اراضی، توسعهٔ روش‌های نوین آبیاری، ترویج یافته‌های پژوهشی و آموزش بهره‌برداران، منجر به ارتقاء شاخص‌های مصرف بهینهٔ آب آبیاری در سال‌های اخیر شده است. نکتهٔ بعد این است که در سال‌های اخیر به دلیل کمبود منابع آبی، کشاورزان مجبور به روی آوردن به کم‌آبیاری و استفادهٔ بهینه از منابع آبی شده‌اند که این خود راندمان کاربرد آب آبیاری را افزایش داده است.

در جدول ۹، خلاصه و جمع‌بندی از میانگین شاخص‌های مورد مطالعه در مزارع تولید ذرت علوفه‌ای در شبکه‌های مدرن و سنتی ارائه شده است.

جدول ۸- تجزیهٔ واریانس راندمان کاربرد آب در پایاب شبکه‌های آبیاری مدرن و سنتی

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات	نسبت F	مقدار P
بین شبکه‌های سنتی و مدرن	۵۵۸	۱	۵۵۸	۱/۸	> ۱۰٪
درون شبکه‌های سنتی و مدرن	۲۵۰۵۵	۷۹	۳۱۷		
کل	۲۵۶	۸۰			
بین روش‌های آبیاری	۳۰۷۵	۲	۱۵۳۸	۴/۴	< ۱٪
درون روش‌های آبیاری	۱۹۸۷۱	۵۷	۳۴۹		
کل	۲۲۹۴۷	۵۹			

جدول ۹- مقایسهٔ میانگین شاخص‌های مورد مطالعه در مزارع تولید ذرت علوفه‌ای تحت سامانه‌های مختلف آبیاری سطحی، بارانی و قطره‌ای

نوع شبکه/روش آبیاری		عملکرد ذرت علوفه‌ای (تن بر هکتار)	حجم آب مصرفی (مترمکعب بر هکتار)	بهره‌وری آب (کیلوگرم به‌ازای هر مترمکعب آب)	راندمان کاربرد آب (درصد)
شبکهٔ آبیاری	سنتی	۵۴/۳	۹۰۸۵	۶/۳	۶۷/۵
	مدرن	۵۷/۷	۶۹۸۳	۷/۵	۷۶/۹
	LSD	۴/۵	۵۳۳	۰/۷	۴/۵
روش آبیاری	سطحی				
	سنتی	۵۴/۳	۹۰۸۵	۶/۳	۶۷/۵
	مدرن	۴۶/۹	۶۷۲۷	۷/۰	۶۷/۷
	LSD	۹/۳	۱۱۲۲	۱/۲	۹/۴
	بارانی	۵۴/۳	۷۰۳۰	۷/۹	۷۷/۹
	قطره‌ای	۷۲/۱	۷۱۹۲	۱۰/۷	۸۵/۱
	LSD	۷/۸	۶۸۹	۱/۲	۷/۳

به‌طور کلی، نتایج نشان می‌دهد تفاوت عملکرد محصول از دو شبکه قابل توجه نیست. ولی میانگین شاخص‌های مدیریت آب در مزرعهٔ شبکه‌های سنتی و مدرن متفاوت است. رتبهٔ سامانه‌های آبیاری از نظر همه شاخص‌های

www.SID.ir

Archive of SID

مورد مطالعه به‌ترتیب قطره‌ای، بارانی و سطحی شبکهٔ مدرن است. مقایسهٔ میانگین سامانهٔ آبیاری سطحی در دو شبکهٔ سنتی و مدرن نشان می‌دهد تفاوت شاخص‌های عملکرد محصول، بهره‌وری مصرف آب و راندمان کاربرد آب حاصل از دو شبکه باهم تفاوت معنی‌داری ندارند. ولی حجم آب مصرفی در دو شبکه با کاربرد آبیاری سطحی از نظر آماری تفاوت دارد. حجم آب مصرفی سامانهٔ آبیاری سطحی در شبکهٔ سنتی (۹۰۸۵ مترمکعب در هکتار) بیشتر از حجم آب مصرفی در شبکهٔ مدرن (۶۷۲۷ متر مکعب در هکتار) است.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، شاخص‌های مدیریت مصرف آب در تولید ذرت علوفه‌ای در پایاب شبکه‌های آبیاری مدرن و سنتی در سطح کشور در بیش از صد مزرعه ارزیابی گردید. در پایاب شبکه‌های مدرن نسبت به پایاب شبکه‌های سنتی حجم آب مصرفی، بهره‌وری آب و راندمان کاربرد آب در مزارع به‌ترتیب ۲۳ درصد کمتر، ۱۹ درصد بیشتر و ۷ درصد بیشتر به‌دست آمده است.

بنابراین، ظرفیت بهبود و ارتقاء شاخص‌های مدیریت مصرف آب در پایاب شبکه‌های مدرن آبیاری قابل توجه است. به‌عبارتی دیگر، اقدامات زیربنایی و سازه‌ای در چند دههٔ اخیر مانند احداث شبکه‌های اصلی و فرعی آبیاری و زهکشی، تجهیز و نوسازی شبکه‌ها، پوشش نهرهای سنتی، توسعهٔ روش‌های نوین آبیاری و معرفی ارقام جدید زراعی و باغی تأثیر قابل توجهی در بهبود شاخص‌های مدیریت مصرف آب داشته‌اند. در کنار توسعهٔ شبکه‌های مدرن و اقدامات سازه‌ای، با اتخاذ راهکارهای مناسب در پایاب شبکه‌های سنتی نیز می‌توان بهره‌وری آب و راندمان کاربرد آب را بهبود بخشید. به‌رغم یافته‌های امیدبخش و مؤثر این پژوهش در امکان ارتقاء شاخص‌های مدیریت مصرف آب، لازم است مدیریت آبیاری سایر محصولات زراعی و باغی پرمصرف مانند یونجه، گندم، خرما و غیره در پایاب شبکه‌های آبیاری ارزیابی و شاخص‌های مدیریت مصرف آب مقایسه گردد.

مراجع

Abbasi F., Abbasi N. and Tavakoli A. 2017a. Water productivity in agriculture: challenges and perspectives. Water Sustain. Dev. 4(2):141-144.

Abbasi, F., Sohrab, F. and Abbasi, N. 2017b. Evaluation of irrigation efficiencies in Iran. Irrig. Drain. Struct. Eng. Res. 17(67): 113-128.

Akbari-Nodehi, D. 2014. The effect of furrow and deficit irrigation methods on yield and water use efficiency of forage corn in Mazandaran. J. Water Soil Sci. 18(70): 254-255.

Ali, M. H. 2011. Practices of Irrigation and On-farm Water Management. 1st Ed. Vol. 2. Springer Pub.

Allen, R. G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirement. FAO Irrig. Drain. Paper No. 56. FAO, Rome, Italy.

Anon. 1972. U. S. Soil Conservation Service. National Engineering Handbook. Hydrology Section 4.

Baghani, J. 2010. The Effectiveness of new irrigation systems on groundwater resources, yield and irrigation water use efficiency in Mashhad plain (case study). Research Report. No. 880/89. Agricultural Documents Center. Agricultural Engineering Research Institute. (in Persian)

Baghani, J. and Khoshbazm, R. 2007. Investigating the production and water use efficiency in sugar beet, potato, tomato and corn crops under drip and surface irrigation. Research Report. No. 1366/86. Agricultural Documents Center. Agricultural Engineering Research Institute. (in Persian)

www.SID.ir

Archive of SID

Ghalebi, S., Shahabifar, C., Mirzaei-Bafti, M., Gomrokchi, A. and Mohammadikia, R. 2016. Evaluation of the role of different irrigation management on water use efficiency at the level of maize producers in Qazvin province. Research Report. No. 2057. Soil and Water Research Institute. (in Persian)

Haghayeghi, S.A. and Bahramloo, R. 2010. Sustainable management of groundwater resources with the view of optimal use of agricultural water in Khorasan-e Razavi and Hamedan provinces (case study of Neyshabour and Asadabad watersheds). Research Report. No. 995/89. Agricultural Engineering Research Institute. (in Persian)

Heydari, N., Islami, A., Ghadami-Firouzabadi, A., Kannouni, A., Asadi, M. A. and Khaje-Abdollahi, M. H. 2005. Determination of water use efficiency of crops in different regions of the country (Kerman, Hamedan, Moghan, Golestan and Khuzestan). Research Report. No. 988/84. Agricultural Engineering Research Institute. (in Persian)

Kanaani, A., Akhavan, S. and Dehghani, P. 2015. Evaluation of water use efficiency and yield of forage corn in surface and subsurface drip irrigation. Proceedings of the Conference and Exhibition Water Engineering. Oct, 17. Tehran, Iran. (in Persian)

Khazaei, O., Zakirinia, M., Dehghanisanij, H. and Hezarjaribi, A. 2013. Application of devices on the meteorological field in the field to calculate the water requirement during corn and its effect on increasing water use efficiency in Saveh area. J. Water Soil Conserv. 20(2): 159-143. (in Persian)

Montajabi, N. 2012. The effect of irrigation interval and potassium consumption on water use efficiency and yield of forage corn. Proceedings of the First National Conference on Water Management. May 9. Karaj, Iran. (in Persian)

Mousavi, M. 2008. Evaluation of the effect of irrigation automation on yield and water use efficiency of forage corn (a case study of Karaj region). M. Sc Thesis. Ferdowsi University of Mashhad. (in Persian)

Nasseri, A., Abbasi, F. and Akbari, M. 2017. Estimation of water consumption in agricultural sector by water balance method. Eng. Res. Irrig. Drain. Struct. 18(68): 32-17. (in Persian)

Rezaei-Sokht-Abandani, R., Rezaei, M., Rezaei, N. and Ebrahimi, M. 2015. An evaluation of the effect of irrigation and nutrition management on the yield and water productivity of corn (S.C.704) in the north of Iran. New Findings Agric. 10(1): 39-21. (in Persian)

Saramad, Z., Bazargan, A. and Hejazi, E. 2001. Research Methods in Behavioral Sciences. Agah Pub. Tehran. (in Persian)

Sheikholeslami, M. K. and Nael, M. K. 2009. Investigating and comparing water consumption and yield of corn plant with two methods of tape and conventional irrigation. Proceedings of the National Conference on Water Crisis Management. Islamic Azad University of Marvdasht Branch. Fars, Iran. (in Persian)

Solomon, K. H. 1988. Irrigation systems and water application efficiencies. Center for Irrigation Technology Irrigation Notes. CAIT Pud # 880104. California State University, Fresno, California.

www.SID.ir

Archive of SID

Irrigation and Drainage Structures Engineering Research/Vol.19/No.73/ Winter 2019/P:143-156

Comparison of Irrigation Water Management Indices of Silage Maize in Modern and Conventional Irrigation Networks

F. Abbasi*, A. Nasseri, M. M. Nakhjavani Moghaddam, N. Salamati, M. Joleini, M. Khorramian, S. E. Dehghanian, A. Yousef-Gomrokchi, A. Islami, K. Akhavan, M. Farzamnnia, J. Baghani and M. Akbari

*Corresponding Author: Professor, Agricultural Engineering Research Institue, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. Email: fariborzabbasi@ymail.com
Received: 17 April 2018, Accepted: 9 October 2018

Abstract

Despite the importance of determining and measuring the indices of irrigation water management in the agricultural sector for application in macroeconomic planning, these indices have not yet been done in modern and conventional irrigation networks. Therefore, the present study was conducted to compare the indices of irrigation water management (water consumed, water productivity and water application efficiency) in modern and conventional irrigation networks producing silage maize in Iran. The data were obtained by direct measurements from fields in the provinces of Alborz, Tehran, Fars, Khuzestan, Khorasan Razavi, Ardebil, Isfahan and Qazvin, which covered about 70% of areas under cultivation of silage maize in Iran, in more than 100 farms in modern and conventional irrigation networks. Results showed that the differences in water consumption and water productivity indices of modern and conventional irrigation networks were statistically significant to produce silage maize. Consequently, the yield of silage maize measured 50.54 and 54.32 ton ha^{-1}, water consumption measured 6983 and 9085 m^3 ha^{-1} ,water productivity measured 7.46 and 6.26 kg m^{-3}, and water application efficiency measured 73% and 68% under the modern and conventional networks, respectively. These findings indicate that development of modern irrigation networks can promote water productivity and are valuable to be applied in the five-year national development plan and economic programs.

Keywords: Irrigation Methods, Silage Maize, Water Consumption, Water Productivity

www.SID.ir