بسم الله الرحمن الرحیم

# تحلیل‌های فنی
# در مدیریت و مهندسی کشاورزی ایران
## (جلد اول)

موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

بهار ۱۳۹۶

**تحلیل‌های فنی در مدیریت و مهندسی کشاورزی ایران** (جلد اول)


**تهیه و تدوین:** نادر عباسی

**ناشر:** مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

**سال انتشار:**۱۳۹۶

**شمارگان:** محدود

**شماره ثبت: ٤-٩٦ ک**

**ویراستاران:** فریبرز عباسی و جواد باغانی

**صفحه‌آرا و طراح جلد:** سمیه وطن‌دوست



**آدرس:** کرج، بلوار شهید فهمیده، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

**تلفن:** ۳۲۷۰۵۳۲۰ – ۰۲۶

**سامانه الکترونیک:** www.aeri.ir

**پست الکترونیک:** info@aeri.ir



این اثر به شماره ۴-۹۶ ک مورخ ۹۶/۳/۱۳ در مرکز فناوری اطلاعات و اطلاع رسانی سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی به ثبت رسیده است

## پیشگفتار

وظیفه ذاتی و ماموریت اصـلی یک موسـسـه تحقیقاتی ایجاب می‌کند که علاوه بر تولید علم پاسـخگوی نیازهای علمی و عملیاتی بخش‌های اجرایی بوده و همواره به عنوان یک مرجع اثرگذار و راهبر در تصـمیم‌گیری‌ها و تصـمیم‌سازی‌های کلان و ملی باشد. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشـاورزی به عنوان یکی از موسـسـات پیشـرو در این زمینه، طی سالیان گذشته اقدامات درخور و شـایسـته‌ای در راسـتای ماموریت یاد شـده داشته است. این موسسه اخیراً در رویکردی جدید و در راسـتای ایفای نقش روشـنگری علمی، اقدام به تدوین گزارش‌های تحلیلی در زمینه موضـوعات مختلف مهندسـی کشاورزی با هدف ارتقاء اثربخشی تحقیقات و افزایش سطح کارآمدی فعالیت‌های کشـاورزی نموده اسـت. کتاب حاضـر مشـتمل بر ۱۹ فقره خلاصـه گزارش‌های تحلیلی است که با اهداف یاد شـده توسـط محققین مجرب موسسه و با استناد به یافته‌های پژوهشی خود و استفاده از تجربیات سـایر همکاران و محققان داخلی و خارجی تدوین گردیده اسـت. در تدوین این گزارش‌ها سـه رکن اصـلی و اسـاسـی شامل؛ شناخت مشکل، تجزیه و تحلیل ابعاد فنی و اقتصادی آن و ارائه راهکـارهـا و راه حـل‌هـا مورد توجـه بوده اسـت. این گزارش‌ها از نظر ماهیت و محتوی متفاوت از مقاله‌ها و گزارش‌های پژوهشی مرسوم علمی بوده و دارای ویژگی‌های خاص از جمله؛ نقد و بررسی، تحلیل وضـع وجود، ترسیم چشم‌انداز آتی و ارائه راهبرد و راهکارهای اصلاحی با تکیه بر تجربیات و نتایج تحقیقات چندین سـاله در مورد یک موضـوع است. نقد یک تصمیم و یا یک برنامه در بخش کشاورزی کشور، آگاهی بخشی و کمک به تصمیم‌سازی، روشن نمودن موانع و عوامل موثر بر منابع پایه تولید بخش کشاورزی، تبیین انحرافات، توجه به کیفیت و کمیت تولید با استمرار شرایط فعلی و رعایت اصـل پایداری تولید از ویژگی‌های دیگر این گزارش‌ها اسـت. می‌باشـد. امیداسـت، این اثر گامی هر چند کوچک در راستای تحقق توسعه پایدار کشاورزی بوده و بتواند همانند چراغی فرآروی توسعهٔ بخش کشاورزی کشور در حوزه فنّی و مهندسی روشنگری نماید.

گرچه سعی شده است که در نگارش این مجموعه، یافته‌های علمی همکاران متعهد مؤسسه به نحو شـایسـته‌ای ارائه شـود، ولی یقین دارد که این کتاب با کاسـتی‌هایی نیز همراه اسـت. امید که خوانندگان گرامی از نظرات و رهنمودهای ارزشـمند خود، همکاران مؤسـسـه را در ادامه این راه و

تدوین گزارش‌های بعدی، بهره‌مند سازند. در خاتمه از تلاش‌ها و احساس دین همه همکاران متعهد ستاد و مراکز استانی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی و نیز محققان خارج از مؤسسه به‌ویژه اساتید محترم دانشگاهی که در تدوین و داوری این مجموعه همکاری موثری داشتند، صمیمانه قدردانی می‌نمایم. همچنین از طرف خود و تمامی همکاران، زحمات مسئولین قبلی مؤسسه را ارج نهاده و از تلاش‌های صادقانه آنان سپاسگزاری می‌نمایم.

فریبرز عباسی

رئیس موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

فروردین ماه ۱۳۹۶

# فهرست مطالب


| عنوان | صفحه |
| --- | --- |
| تحلیلی بر وضعیت راندمان‌های آبیاری در ایران | ۳ |
| تحلیلی بر توسعه سامانه‌های نوین آبیاری در ایران | ۹ |
| تحلیلی بر میزان مصرف آب در بخش کشاورزی | ۱۷ |
| تحلیلی بر وضعیت بهره‌وری مصرف آب در کشور | ۲۵ |
| چالش‌ها و راهکارهای آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در ایران | ۳۱ |
| توسعه شبکه‌های آبیاری و زهکشی: چالش‌ها و راهکارها | ۳۹ |
| پوشش کانال‌های آبیاری: چالش‌ها و راهکارها | ۵۱ |
| استفاده از منابع آب غیرمتعارف در راستای مدیریت بحران آب کشور | ۵۹ |
| نقدی بر بهره‌وری بارش محصولات دیم کشور | ۷۳ |
| سامانه‌های استحصال و جمع‌آوری آب باران: فرصت‌ها و معیارها | ۷۹ |
| اصلاح سامانه‌های سنتی آبیاری سطحی به منظور ارتقای بهره‌وری مصرف آب | ۸۷ |
| روند توسعهٔ کشت‌های گلخانه‌ای در کشور (فرصت‌ها، چالش‌ها و هدف‌گذاری‌ها) | ۹۷ |
| چالش‌های توسعه کشت‌های گلخانه‌ای در ایران از منظر انرژی و محیط زیست | ۱۰۹ |
| کاهش ضایعات محصولات کشاورزی راهبرد اصلی در ارتقاء امنیت غذایی | ۱۱۹ |
| وضعیت تولید و فرآوری خرما در کشور | ۱۲۹ |
| تحلیلی بر توسعه خاک‌ورزی حفاظتی در ایران | ۱۳۹ |
| اثرات کاهش و کنترل تلفات برداشت کمباینی گندم آبی در کاهش هدررفت آب | ۱۴۹ |
| نقش و جایگاه روش‌ها و فناوری‌های نوین در مهندسی کشاورزی | ۱۵۷ |
| تحلیل مصرف انرژی در کشاورزی | ۱۶۹ |

# بخش اول
## آب و خاک

# تحلیلی بر وضعیت راندمان‌های آبیاری در ایران

**فریبرز عباسی، فرحناز سهراب و نادر عباسی**
**اعضای هیات علمی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج**

## ۱- مقدمه

تعیین راندمان سامانه‌های آبیاری موجود و ارزیابی نحوهٔ کار آن‌ها از اقدامات لازم برای تصمیم‌گیری و تصمیم سازی‌های مرتبط با مصرف بهینهٔ آب، الگوی کشت و کاهش تلفات آب آبیاری است. در گزارش حاضر نتایج حاصل از بررسی‌های میدانی در سامانه‌ها و شبکه‌های مختلف آبیاری (سنتی وپایین‌دست سدها) در سطح کشور طی سال‌های ۹۴-۱۳۷۰جمع‌آوری و تحلیلی از وضعیت راندمان‌های آبیاری در کشور ارایه شده است. راندمان‌های کاربرد، انتقال و توزیع و راندمان کل آبیاری در کشور در ۲۵ سال گذشته بررسی و روند تغییرات آن در بازهٔ زمانی مورد مطالعه تحلیل شده است. با بررسی جامع نتایج مطالعات و تحقیقات گذشته در سطح ملی و بین المللی، بیش از ۲۰۰ مورد مطالعهٔ منتشر شده در خصوص راندمان‌های آبیاری در سطح کشور (حدود ۱۹۰۰ نوبت آبیاری اندازه‌گیری شده در مزرعه) طی سال‌های ۹۴-۱۳۷۰ جمع‌آوری و بررسی شد. داده‌های جمع‌آوری شده در این پژوهش نتایج حاصل از پژوهش‌های انجام شده در سطح کشور در موسسات تحقیقاتی، دانشگاه‌ها، وزارت نیرو، شرکت‌های مشاور و ... بوده است که در مزارع کشاورزان و با مدیریت آنها اندازه‌گیری شده‌اند. ضمن اینکه نتایج حاصل از پژوهش‌ها در مقیاس کرت‌های آزمایشی در ایستگاه‌های تحقیقاتی لحاظ نشده است. به عبارت دیگر، نتایج حاصل از مطالعات مزرعه‌ای در خصوص ارزیابی راندمان آبیاری در سامانه‌ها و شبکه‌های مختلف آبیاری (سنتی و پایین دست سدها) در سطح کشور مورد توجه قرار گرفت که دستگاه‌های مختلف پژوهشی و اجرایی اندازه‌گیری کرده و به صورت رسمی گزارش داده‌اند.

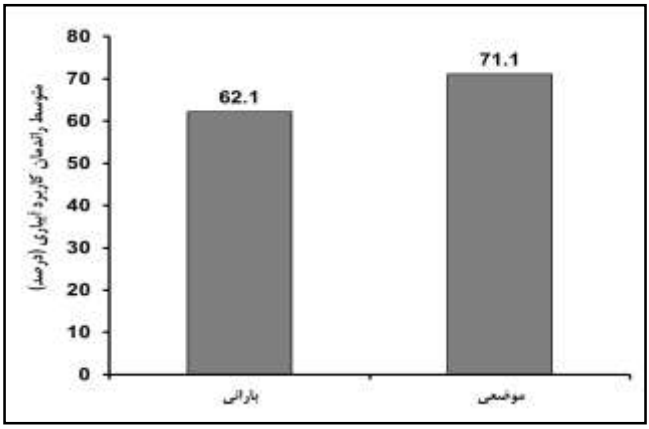
## ۲- وضعیت موجود

با توجه به کمیت و کیفیت داده‌های موجود، می‌توان دریافت که تاکنون گام‌هایی در خور و قابل توجه برای تعیین مقادیر راندمان‌های آبیاری در سطح کشور برداشته شده است. این داده‌ها دارای پراکندگی موضوعی، مکانی و زمانی زیادی هستند و برای ارزیابی دقیق و جامع وضعیت

راندمان‌های آبیاری، به اطلاعات جامع و کافی نیاز خواهد بود، ولی تحلیل مناسب همین اطلاعات موجود نیز می‌تواند تصویر اولیه و روشنی در اختیار متولیان صنعت آب کشور قرار دهد.

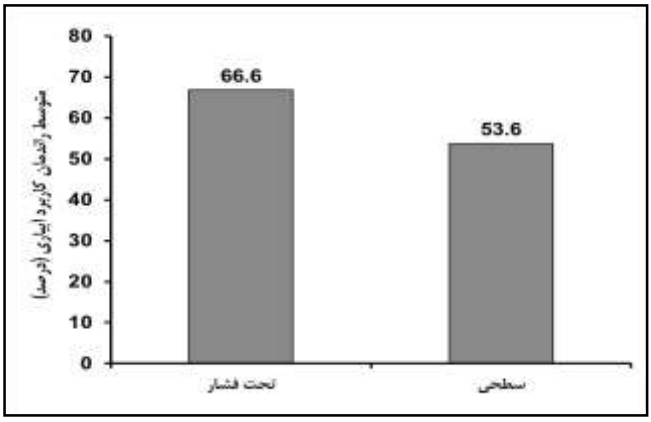
نتایج تحلیل‌ها نشان می‌دهد که راندمان کاربرد آب آبیاری در کشور از ۲۲/۵ تا ۸۵/۵ درصد متغیر و میانگین آن ۵۶/۰ درصد است؛ به طوری‌که متوسط این راندمان در سامانه‌های کرتی، نواری و جویچه‌ای به ترتیب ۵۵/۳، ۵۲/۹ و ۵۲/۵ درصد است. از بین روش‌های بارانی نیز روش رول‌لاین (آبفشان غلتان) و کلاسیک ثابت به ترتیب بیشترین (۶۶/۹ درصد) و کمترین (۵۲/۱ درصد) راندمان کاربرد را دارند و در آبیاری قطره‌ای این کمیت ۷۱/۱ درصد است. متوسط راندمان کاربرد آب آبیاری در سامانه‌های آبیاری تحت فشار و سطحی به‌ترتیب ۶۶/۶ و ۵۳/۶ درصد است. با مقایسهٔ روش‌های مختلف آبیاری تحت فشار مشاهده می‌شود میانگین راندمان کاربرد آب در روش‌های آبیاری بارانی ۶۲/۱ و در روش‌های آبیاری قطره‌ای ۷۱/۱ درصد است (شکل‌های ۱ و ۲). با در نظر گرفتن پتانسیل راندمان کاربرد آب آبیاری در هر یک از سامانه‌های آبیاری در سطح کشور (سطحی، بارانی و موضعی به ترتیب برابر با ۶۵، ۸۵ و ۹۰ درصد)، متوسط راندمان کاربرد آب آبیاری سامانه‌های فوق از راندمان پتانسیل کمتر است. فاصلهٔ وضعیت موجود تا پتانسیل در سامانه‌های سطحی حدود ۱۰ درصد و در سامانه‌های بارانی و موضعی حدود ۲۰ درصد است.

به طور کلی، آبیاری تحت فشار از روش‌های مؤثر در کاربرد آب است، هر چند میانگین راندمان کاربرد آن کمتر از حد انتظار است. تاکنون حدود ۱/۵میلیون هکتار از اراضی آبی مجهز به سامانه‌های آبیاری تحت فشار شده‌اند، اگرچه اغلب سامانه‌های اجرا شده با درجات مختلفی با مشکلات مواجه بوده‌اند. بی توجهی به مسائل فنی در طراحی، اجرا و بهره‌برداری از سیستم‌ها از دلایل عمدهٔ مشکلات موجود است. داده‌ها نشان می‌دهد که آن همه هزینه و انرژی برای توسعهٔ روش‌های آبیاری تحت‌فشار فقط به افزایش حدود ۱۳ درصد در راندمان کاربرد آب آبیاری منجر شده است که می‌توان گفت: رسیدن به این درصد افزایش با سرمایه‌گذاری کمتر و توجه بیشتر به سامانه‌های آبیاری سطحی امکان‌پذیر بوده است.



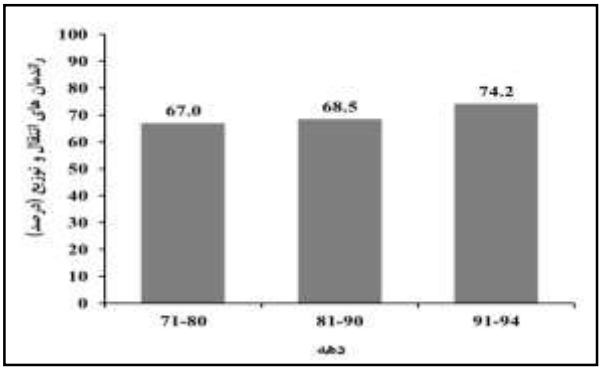

**شکل ۱- مقایسهٔ متوسط راندمان کاربرد در روش‌های آبیاری بارانی و موضعی**

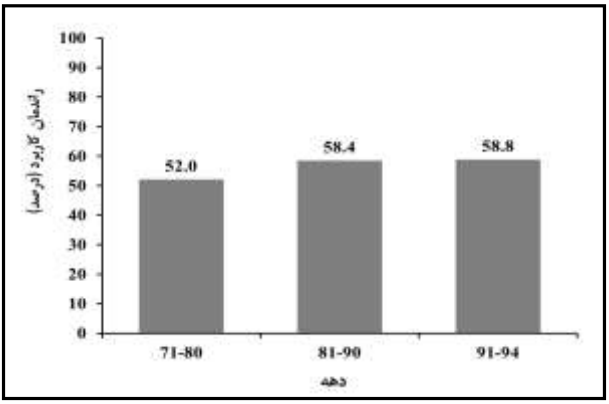
جمع‌بندی مطالعات نشـــان می‌دهد که روش آبیاری مزرعه تأثیر مهمی بر یکنواختی توزیع آب دارد. در نزدیک به ۳۴ درصد از اندازه‌گیری‌ها، یکنواختی توزیع آب کمتر از ۶۷ درصد است. از میان ســـامانه‌های آبیاری ســـطحی، روش جویچه‌ای بیشـــترین یکنواختی توزیع آب را دارد. متوســـط یکنواختی توزیع آب در روش‌های جویچه‌ای و نواری به ترتیب ۷۴ و ۶۶/۱ درصـــد اســـت. در میان روش‌های آبیاری تحت‌فشـــار، آبیاری بارانی (عقربه‌ای و خطی) با یکنواختی توزیع ۷۷/۷ درصـــد، بیش‌ترین و روش کلاسیک نیمه‌ثابت با متوسط ۵۹/۲ درصد، کمترین یکنواختی را دارد.

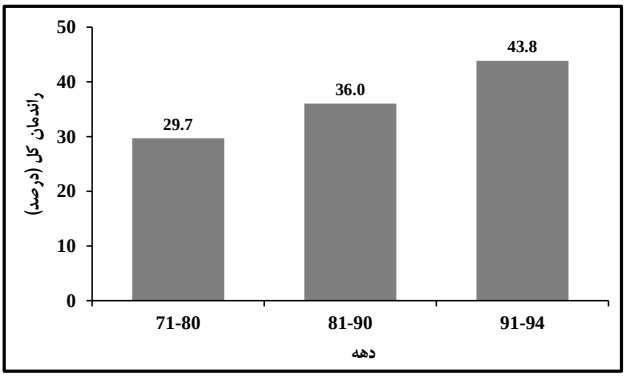



**شکل ۲- مقایسهٔ متوسط راندمان کاربرد در سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار و سطحی**

بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه، میانگین یکنواختی توزیع آب سامانه‌های آبیاری تحت فشار و سطحی به ترتیب ۷۲/۲ و ۷۰/۱ درصد و ضریب تغییرات در روش‌های فوق به ترتیب ۲۵/۳ و ۲۴/۳ درصد است. مقایسهٔ دو روش آبیاری سطحی و تحت‌فشار نشان می‌دهد که اختلاف یکنواختی توزیع آب دو سامانه ناچیز است. بررسی روند تغییرات راندمان آب آبیاری طی سال‌های مختلف نشان می‌دهد که راندمان کاربرد آب آبیاری در دو دههٔ ۸۰-۷۱ و ۹۰-۸۱ و سال‌های ۹۴-۹۱ به ترتیب ۵۲، ۵۸/۴ و ۵۸/۸ درصد بوده است. همچنین، راندمان انتقال و توزیع نیز در دهه‌های مذکور به ترتیب ۶۷/۰، ۶۸/۵ و ۷۴/۲ درصد بوده است. بدین ترتیب، راندمان کل در دهه‌های یاد شده به ترتیب ۲۹/۷، ۳۶/۰ و ۴۳/۸ درصد برآورد می‌شود (شکل ۳). بدین معنا که از سال ۱۳۷۵ (نیمهٔ دههٔ ۸۰-۷۱) به بعد راندمان کل آبیاری، هر سال حدود یک درصد رشد داشته است. به عبارتی، از سال ۱۳۷۵ به بعد روند افزایشی راندمان آبیاری مطابق مقادیر پیش‌بینی شده در برنامه‌های توسعه‌ای کشور (حدود ۱ درصد) بوده است. از علل مهم افزایش راندمان در این دهه‌ها، می‌توان به تجهیز و نوسازی اراضی، افزایش میزان آگاهی‌های بهره‌برداران در بارهٔ مسائل آب و خاک، گسترش شبکه‌های آبیاری، توسعهٔ سامانه‌های نوین آبیاری، و ترویج و انتقال یافته‌های تحقیقاتی به بهره‌برداران اشاره کرد. نتایج ارزیابی راندمان کل آب آبیاری نشان می‌دهد که این مقدار راندمان آب آبیاری با راندمان کل آبیاری در کشورهای در حال توسعه (۴۵ درصد)، فاصلهٔ چندانی ندارد که این فاصلهٔ ناچیز هم با توجه به روند رو به رشد، در آینده نزدیک به آن کشورها خواهیم رسید. اما در مقایسه با کشورهای توسعه یافته (که راندمان آب آبیاری در آن کشورها حدود ۶۰ درصد است) مقدار راندمان کل فاصلهٔ بیشتری دارد. هرچند شرایط اقلیمی کشور ما از نظر بارندگی و پتانسیل تبخیر، با شرایط اقلیمی خیلی از کشورهای دیگر متفاوت است.




**شکل ۳- مقایسهٔ راندمان کاربرد آب آبیاری، راندمان انتقال و توزیع آب و راندمان کل آب آبیاری به تفکیک سه دههٔ اخیر**

## ۳- چالش‌ها و پیشنهادها

جمع‌بندی این گزارش نشان می‌دهد که روند کلی تغییرات راندمان آب آبیاری در کشور مثبت و افزایشی است. با توجه به مقادیر راندمان روش‌های مختلف آبیاری تحت‌فشار، پیشنهاد می‌شود توسعه سامانه‌های آبیاری بارانی، به ویژه کلاسیک ثابت، به دلیل همراه بودن با یکنواختی کمتر در توزیع آب و مصرف انرژی بیشتر، در آینده با بررسی و دقت بیشتری بخصوص در مناطق با پتانسیل تبخیر زیاد دنبال شود. همچنین، با عنایت به سطح وسیع اراضی تحت آبیاری سنتی، ضروری است که در برنامه‌ریزی‌های کلان کشور اصلاح و بهبود سامانه‌های آبیاری سطحی نیز مورد توجه و حمایت کافی قرار گیرد. به‌رغم موارد عنوان شده، تدقیق و تکمیل اطلاعات مربوط به راندمان آب آبیاری نیازمند بررسی‌های بیشتری است. کمبود داده‌های گزارش شده در برخی از استان‌های کشور از جمله استان آذربایجان شرقی، ایلام، مازندران، مرکزی، کردستان، کرمانشاه و کهگیلویه و بویراحمد موجب شده که راندمان کاربرد آب آبیاری در این استان‌ها دقت مناسب را نداشته باشد. از طرفی، در برخی از استان‌ها از جمله استان تهران، خراسان جنوبی، سیستان و بلوچستان، قم، لرستان و یزد داده‌های گزارش شده آنقدر اندک است که نمی‌توان ارزیابی دقیقی از مقادیر راندمان آب آبیاری در این استان‌ها ارائه کرد. در تعدادی از استان‌های کشور نظیر بوشهر، خراسان شمالی و هرمزگان نیز به دلیل فقدان داده، امکان ارزیابی وضعیت راندمان آب آبیاری میسر نشد. در این استان‌ها، برای ارزیابی وضعیت موجود راندمان آب آبیاری باید برنامه‌ریزی شود. بر اساس نتایج به دست آمده از این مطالعه، عمده داده‌های موجود در زمینهٔ راندمان آب آبیاری در کشور در مزارع و روی محصولات زراعی است و از این رو لازم است در مطالعات آتی به ارزیابی راندمان آب آبیاری در باغ‌های کشور توجه بیشتری شود و ارزیابی راندمان‌های انتقال و توزیع در شبکه‌های سنتی و مدرن نیز بیشتر شود.

## ۴- منابع

عباسی، ف. و ف. سهراب، ق. زارعی، ع.ر. آراستی و س. نی‌ریزی، ۱۳۸۸. تحلیلی بر بازده‌های آبیاری در ایران. گزارش نهایی پروژه *IRD1-85084*، شرکت سهامی مدیریت منابع آب ایران، ۱۰۰ صفحه.

عباسی، ف.، ا. ناصری، ف. سهراب، ج. باغانی، ن. عباسی، م. اکبری، ۱۳۹۴*b*. ارتقای بهره‌وری مصرف آب. نشریه ۳۴/۹۴ک مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ۶۵ صفحه.

عباسی، ف.، ف. سهراب و ن. عباسی، ۱۳۹۴*a*. راندمان‌های آبیاری: تغییرات زمانی و مکانی آن در ایران. گزارش فنی شماره ۴۸۴۹۶، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، ۴۵ صفحه.

# تحلیلی بر توسعه سامانه‌های نوین آبیاری در ایران

**جواد باغانی، نادر عباسی، مهدی اکبری و فریبرز عباسی**
**اعضای هیات علمی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج**

## ۱- مقدمه

سرزمین ایران علی‌رغم برخورداری از تنوع آب و هوایی و منابع طبیعی سرشار، صدها سال است که خشکی مستمر و خشکسالی‌های متناوب و گسترده را تجربه می‌کند و آثار این پدیده‌ها در سنت‌ها و فرهنگ گذشتگان و سیاست‌گذاری‌ها و تدوین قوانین کاملاً مشهود است. از نخستین سیاست‌گذاری‌های بخش آب ایران در دوران جدید بیش از هفت دهه می‌گذرد و طی این مدت، به ویژه در سه دهه گذشته، راهبردها و قوانین متعددی برای پیش‌برد این سیاست‌ها تدوین و اجرا شده‌اند که عمدتاً بر تامین، ذخیره‌سازی، ساماندهی برداشت، انتقال و توزیع آب مبتنی بوده و مدیریت مصرف کمتر مورد توجه بوده است. با این حال، امروزه صرفه‌جویی در مصرف و حفظ ذخایر آب کشور به دغدغه‌ی اصلی سیاست‌گذاران کشور تبدیل شده و آغاز دوره جدیدی از خشکسالی ، این دغدغه‌ها را به نگرانی جدی تبدیل کرده است.

اینک با تایید خدمات و احترام به زحمات تمامی دست‌اندرکارانی که تاکنون در ساماندهی بهره‌برداری و بهره‌وری از آب کشاورزی منشاء خدمات درخور توجه بوده‌اند، به نظرمی‌رسد علیرغم تلاش‌ها و اقدامات ارزنده انجام شده، اثربخشی اقدامات انجام شده کمتر از حد انتظار بوده است. از این رو ارزیابی و آسیب شناسی وضع موجود به منظور بازنگری و اصلاح سیاست‌ها و برنامه‌ها، با اتخاذ راه‌کارهای جدید برای تداوم راهبردهای توسعه روش‌های آبیاری امری لازم و اجتناب‌ناپذیر است. در این گزارش سعی بر آن است که تحلیلی کارشناسی بر مبنای نتایج پژوهش‌ها و مطالعات میدانی دو دهه اخیر محققین و کارشناسان بخش آب کشور به ویژه تجربیات موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی با تکیه بر بیانیه ارائه شده در نشست تخصصی نقد و بررسی سیاست‌های توسعه روش‌های آبیاری که در آذرماه سال ۱۳۹۳ توسط موسسه و با همکاری متولیان و کارشناسان خبره بخش آب کشور برگزارگردیده است، در خصوص وضع موجود، مسائل فنی و اقدامات پیشنهادی لازم برای بهبود شرایط و ارتقاء اثربخشی فعالیت‌ها ارائه گردد.

## ۲- وضع موجود

یکی از اقدامات ارزنده‌ای که در سال‌های اخیر در راستای بهبود بهره‌وری مصرف آب و سازگاری با اقلیم خشک ایران صورت گرفته توجه خاص به توسعه روش‌های آبیاری تحت فشار است. به طوری که تاکنون حدود ۱/۳ میلیون هکتار از اراضی کشور به انواع سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار مجهز شده است. اگرچه از نظر کمی هنوز راه نرفته زیادی در این زمینه در پیش رو است، اما بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهند که به لحاظ کیفی در برخی موارد، اهداف اولیه پروژه‌ها، به طور کامل محقق نشده است. در اغلب نقاط دنیا و یا کشورهای پیشرو در زمینه آبیاری تحت فشار، نوع سیستم آبیاری و سازگاری آن در یک منطقه، بر اساس شاخص‌های متعددی از قبیل؛ سرعت باد، دما، کیفیت و کمیت آب، پارامترهای هیدرودینامیکی و فیزیکی خاک، توپوگرافی و مشخصات زراعی گیاه و .... تعیین می‌شود. در صورتی‌که در ایران به دلیل عدم توسعه این سامانه‌ها و اهمیت اجرای آن، دقت کافی در توسعه این روش‌ها به‌عمل نیامده و در اکثر موارد در عمل به این جنبه‌های فنی کمتر توجه شده و توسعه فیزیکی در اولویت اصلی بوده است. این امر موجب شده است در برخی مناطق، اهداف مورد انتظار محقق نگردد که نمونه‌هایی از این موارد به شرح ذیل، مورد اشاره قرار می‌گیرند:

- در طراحی‌ها به سرعت باد کمتر توجه شده و صرفا ممکن است به عنوان مشخصات اقلیمی در دفترچه‌های طراحی قید شده باشد، در حالی‌که در انتخاب سامانه‌های بارانی، باد نقش بسیار تعیین کننده‌ای دارد.
- کیفیت آب، تاثیر قابل توجهی در گرفتگی قطره‌چکان‌ها در آبیاری قطره‌ای، مسمومیت گیاه در سامانه بارانی، افزایش شوری در پروفیل خاک و تجمع املاح در سطح خاک دارد. این عامل در بسیاری از مناطق کشور برای آبیاری‌های تحت فشار، خارج از استانداردهای بین‌المللی بوده و استاندارد خاصی نیز برای درجه تناسب سیستم‌های آبیاری نوین با کیفیت آب تدوین نشده است.
- از نظر کمیت آب نیز به خاطر برخورداری از تسهیلات بلاعوض بیشتر، قریب به اتفاق طراحی‌ها عمدتا بر اساس دبی پروانه چاه‌ها انجام شده است. در حالی‌که ممکن است امکان برداشت دبی معادل پروانه از چاه وجود نداشته باشد. این امر نیز باعث شده است که سامانه‌های آبیاری تحت فشار تاثیری بر کاهش برداشت از منابع آب زیرزمینی و کاهش بحران آب اکثر دشت‌ها نداشته باشد. حتی منجر به افزایش سطح زیرکشت و برداشت از سفره آب زیرزمینی شده است که هر دو اتفاق مذکور بر خلاف اهداف اولیه توسعه سطح آبیاری تحت فشار و مغایر با سیاست‌های وزارت متبوع در عدم توسعه سطح زیر کشت است.

- مشخصات هیدرودینامیکی و فیزیک خاک نیز در همه طراحی‌ها بطور کامل رعایت نشده است. در قریب به اتفاق طرح‌های آبیاری تحت فشار، طراحان صرفاً دیدگاه هیدرولیکی داشته و مسائل مربوطه رعایت شده است که اثرات این عوامل در شروع بهره‌برداری نمایان می‌گردد. در حالی‌که اثرات سایر عوامل در دراز مدت ظهور پیدا می‌کند.
- علاوه بر مسائل فوق، در طراحی سیستم‌های آبیاری (شبکه، کانال، لوله و ...) دیدگاه حفظ خاک‌ها، محیط زیست و مسائل مرتبط با حیات وحش موجود کمتر مورد توجه بوده است که اثرات مخرب آن بر کشاورزی و محیط زیست در آینده نمایان‌تر خواهد شد.

## ۳- مقایسه اجمالی سامانه‌های نوین آبیاری

علاوه بر مسائل فنی که به برخی از آن‌ها در بخش‌های قبلی اشاره گردید، مسائل اقتصادی و اجتماعی نیز تاثیر مهمی در انتخاب نوع سیستم آبیاری دارند. البته شایان ذکر است که هریک از سامانه‌های آبیاری خصوصیات ویژه‌ای دارند که کاربردهای عام و یا خاصی بر آن‌ها مترتب بوده و بحث‌های اقتصادی به تنهایی نمی‌تواند تعیین کننده باشد.

***سامانه‌های آبیاری قطره‌ای:*** بطورکلی هزینه سرمایه‌گذاری اولیه سیستم‌های قطره‌ای بیشتر از سامانه‌های آبیاری بارانی و سطحی است. بهره‌برداری از سامانه‌های آبیاری قطره‌ای در باغات (در صورت استاندارد بودن لوازم) حداقل تا ۲۰ سال بدون نیاز به هزینه خاصی انجام می‌پذیرد. اما در آبیاری قطره‌ای محصولات زراعی، به دلیل نیاز به جایگزینی سالانه نوارهای آبیاری، هزینه بسیار زیادی به کشاورز تحمیل می‌کند که این امر باعث می‌شود، کشاورزانی که امکانات و تمکن مالی کمی دارند، با استفاده از اعتبارات رایگان دولتی، نسبت به احداث سامانه‌های آبیاری قطره‌ای در زراعت اقدام نموده و در سال‌های بعدی به دلیل عدم توانایی مالی و یا تمایل به جایگزینی نوارها، در برخی موارد سیستم آبیاری در زراعت‌ها متوقف گردد.

***ماشین‌های آبیاری نظیر سنترپیوت و لینیر:*** اگرچه هزینه تجهیزات اولیه آن‌ها در اراضی کوچک زیاد است ولی هزینه بهره‌برداری از آن‌ها کم بوده و طول عمر بهره‌برداری از آن‌ها می‌تواند دراز باشد. ضمن اینکه دارای بالاترین راندمان آبیاری در بین سایر سیستم‌های بارانی می‌باشند. هرچند لازم است حداقل سطح، به لحاظ داشتن توجیه اقتصادی تعریف گردد، هزینه انرژی مصرفی این سیستم‌ها هم با توجه به پاشنده‌های جدید و ارتفاع قابل تنظیم آن‌ها، بر سایر سیستم‌ها رجحان دارد.

***سامانه‌های آبیاری بارانی کلاسیک و رول لاین:*** هزینه سرمایه‌گذاری اولیه کمتری نسبت به برخی از سامانه‌های بارانی دارند ولی هزینه‌های کارگری و بهره‌برداری آن‌ها زیادتر از سایر سامانه‌ها بوده و استهلاک زیادی نیز دارند. همین مشکل باعث شده است که این سامانه‌ها که در

دهه قبل با اســتقبال کشــاورزان مواجه بود، به تدریج محبوبیت خود را از دســت داده و تعداد قابل توجهی از کشاورزان اقدام به جمع‌آوری آن‌ها نمایند.

***آبیاری بارانی کلاســیک ثابت با آبپاش‌های جابجا شونده:*** به رغم سرمایه‌گذاری اولیه و نیاز به انرژی و فشــار بســیار زیاد (بیشــتر از ســایر ســیســتم‌های بارانی)، به دلیل سهولت در بهره‌برداری و مصــونیت در برابر سرقت لوازم، در سال‌های اخیر خواهان زیادی پیدا کرده است. ولی این سامانه در آیندهای نه چندان دور با افزایش و *واقعی شدن هزینه انرژی* محبوبیت خود را از دست خواهد داد و به سرنوشت سیستم‌های آبیاری بارانی کلاسیک متحرک و رول لاین دچار خواهد شد.

***آبیاری بارانی قرقره‌ای یا گان:*** این ســامانه در ســایر نقاط دنیا بیشــتر برای آبیاری‌های تکمیلی اســتفاده می‌شــود و از دو بخش بوم و گان تشــکیل شده است. قسمت بوم با استفاده از آبپاش‌های نوع اســپریر برای ســبز کردن بذر استفاده می‌شود و پس از سبز شدن بذر و استقرار بوته، آبیاری با اســتفاده از آبپاش گان (با فشــار و دبی زیاد) ادامه پیدا می‌کند. برای کارکرد این سامانه نیاز به یک موتور دیزل و یا تراکتور می باشد و همانند روش کلاسیک ثابت رایزر متحرک نیاز به انرژی بیشتری اســت. این ســامانه آبیاری در ابتدای طرح گســترش ســطح تحت پوشش آبیاری‌های تحت فشار در کشور، بدون دستگاه بوم وارد کشور شد و شرکت‌های سازنده داخلی نیز همین روش را برای تولید، ســرلوحه کار خویش قرار دادند. ســازمان‌های جهاد کشــاورزی نیز در برخی موارد بدون مطالعه این ســامانه را با استفاده از یارانه‌های دولتی و بدون توجه به امکانات فنی کشاورز، دبی در اختیار طرح، نوع و مرحله کشــت گیاه و آموزش بهره‌بردار (مخصــوصــا در اســتان‌های غربی کشــور) در اختیار کشاورزان قرار دادند. کشاورزان در اولین مراحل آبیاری متوجه خسارت این سامانه ناقص(بدون بوم) به گیاه، مخصــوصا در مرحله سبز شدن شده و با رها کردن آن به سراغ سیستم‌های آبیاری سطحی روی آورند. البته در سال‌های اخیر، شرکت‌هایی (واردات یا ساخت داخل کشور) مجدداً برای فروش سیستم‌های آبیاری قرقره‌ای همراه با بوم، اقدام به بازاریابی کرده و آنرا به عنوان یک سامانه آبیاری جدید معرفی می‌کنند.

***نتیجه‌گیری کلی:*** هر یک از ســامانه‌های آبیاری تحت فشار به طور بالقوه دارای مزایایی هستند که اگر نکات لازم و اختصــاصی آن‌ها در طراحی، اجرا و بهره‌برداری رعایت گردد، می‌توانند بسیار مفید و موثر واقع گردیده و موجبات بهبود کیفی و کمی محصــول، افزایش کارآیی مصــرف آب و کاهش برداشــت از منابع آب زیرزمینی را فراهم آورند. اما متاســفانه حرکت شــتاب زده در مســیر گسترش ســطح تحت پوشــش ســامانه‌های آبیاری تحت فشــار و فقدان یک ســیستم دقیق آموزشی، اجرایی، نظــارت و ارزیــابی و نیز ارائــه اعتبــارات رایگــان بدون کنترل‌های لازم، و ... منجر به جمع‌آوری این

سامانه‌ها در برخی موارد و یا تغییر سامانه آبیاری اجرا شده به سیستم سطحی شده و علیرغم هزینه‌های زیاد کارآیی لازم و قابل قبول را نداشته باشد.

## ۴- پیشنهادها

با عنایت به بحث کوتاه فوق ملاحظه می‌گردد به‌رغم تلاش‌ها و خدمات دلسوزانه سیاستگذاران و کارشناسان کشور در سال‌های اخیر در توسعه روش‌های نوین آبیاری، اثر بخشی این اقدامات کمتر از حد انتظار بوده است. لذا ضروری است در ادامه راه با تکیه بر تجربیات سه دهه فعالیت اجرایی و پژوهشی، توجه شایسته‌ای به ارتقاء سطح کیفی اجرای سیستم‌ها در کنار توسعه کمی آن‌ها مبذول داشت. در این راستا و به منظور تداوم توسعه پایدار روش‌های آبیاری و ارتقاء اثربخشی آن‌ها، راهبردها و پیشنهادهای مورد نظر در سه بخش فنی و اجرایی، سیاست‌گذاری و عملیاتی به شرح زیر ارائه می‌گردند:

### ۴-۱- پیشنهادهای فنی

- با اجتناب از جهت‌گیری‌های یک‌سویه، ضروری است به الزامات طراحی و اجرای صحیح انواع سامانه ها و روش‌های آبیاری (اعم از ثقلی، تحت فشار و ...) توجه جدی و کافی صورت گیرد.
- در انتخاب سامانه‌های آبیاری، بر استفاده از سامانه‌های کم انرژی بر، تاکید گردد.
- برای جانمایی سامانه‌ها، علاوه بر سلیقه کشاورز، بر مطالعه دقیق امکانات محلی، اثرات باد، دما، انرژی، پایداری خاک، مسائل زیست محیطی و حق آبه حیات وحش تاکید گردد.
- در مقابل اعتبارات رایگان، ترتیبی اتخاذ گردد تا طراحی‌ها بر اساس کسری از دبی موجود (تاسقف پروانه برداشت) و بدون افزایش سطح زیرکشت قبلی انجام شود.
- قانون تحویل حجمی آب اجرایی شود.
- شرکت‌های مجری موظف به آموزش و کمک به راهبری سامانه آبیاری به مدت حداقل دو سال زراعی باشند.
- در طرح‌های بزرگ پایش سیستم‌ها بطور مستمر انجام شود.

### ۴-۲- پیشنهادهای اجرایی و سیاست‌گذاری

- مدیریت یکپارچه عرضه و تقاضای آب کشاورزی از ضرورت‌های اجتناب‌ناپذیر در اجرای موفق سیاست‌ها است. در این ارتباط ضرورت ایجاد هماهنگی بیشتر بین وزارتخانه‌های نیرو و جهاد کشاورزی مورد تاکید می‌باشد.
- به منظور جلوگیری از خرد شدن بیشتر اراضی، اعتبارات یارانه‌های سامانه‌های آبیاری، فقط به اراضی تحت پوشش یک منبع آبی (چاه) و بصورت یکپارچه داده شود و از دادن

این اعتبارات به قسمتی از اراضی تحت پوشش یک منبع آبی خودداری شود تا کشاورزان تشویق به تشکیل تعاونی‌های آب‌بران گردند.

- ترویج روش‌های صحیح بهره‌برداری از این سامانه‌ها در رسانه‌های همگانی، به ویژه صدا و سیمای جمهوری اسلامی ایران می‌تواند مفید و موثر واقع شود.
- مدیریت یکپارچه تامین انرژی برای توسعه سامانه‌های آبیاری تحت فشار و هماهنگ‌سازی سیاست‌های بخش‌های آب و برق کشور ازضرورت‌هایی است که باید مورد توجه قرار گیرد.
- بازنگری در قوانین و دستورالعمل‌های استفاده از تسهیلات دولتی ضروری به نظر می‌رسد. چرا که ناپایداری روش‌ها و راه‌کارهای تامین اعتبار سامانه‌های آبیاری در قوانین بودجه کشور و عدم تحلیل کارآمدی یا ناکارآمدی این روش‌ها، به ویژه سرمایه‌گذاری‌ها و یارانه های پرداخت شده تاکنون، از مشکلات اساسی در کاهش موفقیت بهره برداری از این سامانه‌ها بوده است.
- ضمن تاکید بر کارآمدبودن و ضرورت توجه بیشتر به تحویل حجمی آب به بهره‌برداران، اعتقاد بر این است که تامین زیرساخت های لازم در این زمینه نیاز به توجه و اهتمام جدی دارد، هم چنین حصول موفقیت در این زمینه مستلزم هماهنگی در سیاست‌گذاری‌های تعیین آب‌بها می‌باشد.
- با تاکید مجدد بر توجه به پی‌آمدهای دوره جدید خشکسالی در ایران، پیشنهاد می‌شود؛ سیاست‌گذاری‌های برنامه ششم توسعه عمرانی کشور با محوریت مدیریت آب انجام شود.
- توجه به مسایل و مشکلات اجتماعی و ترویج و آموزش روش‌های علمی برای بهره‌برداری از سامانه‌های آبیاری، اعم از ثقلی و تحت فشار و سایر روش‌ها، به عنوان حلقه مفقوده‌ی مدیریت و سیاست گذاری های انجام شده تاکنون بوده است و انتظار می رود در برنامه‌ریزی‌های جدید به صورت جدی و موثرتر مورد توجه و تاکید قرار گیرد.
- ضمن تاکید بر ضرورت افزایش اختیارات و فعالیت های شورای عالی آب، انتظار دارد در این فعالیت‌ها راه‌کارهای لازم برای حضور سایر بخش‌های موثر در سیاست‌گذاری‌های آب کشور، به ویژه استفاده مستقیم از نظرات بدنه کارشناسی و بهره برداران آب کشاورزی مورد توجه قرار گیرد.

### ۴-۳- پیشنهادهای عملیاتی

موسسه تحقیقات فنی و مهندسی با پشتوانه دو دهه پژوهش و نیروی انسانی متخصص در زمینه آبیاری‌های نوین و سنتی، آمادگی دارد تا در راستای ارتقاء و بهبود بهره‌وری مصرف آب آبیاری و بهره‌برداری اصولی از سامانه‌های آبیاری، گام‌های عملیاتی زیر را با همکاری معاونت‌های اجرایی وزارت متبوع انجام دهد:

- بازنگری پارامترهای لازم در طراحی سامانه‌های آبیاری و تدوین دستورالعمل‌های طراحی با توجه به شرایط بحرانی آب و خاک کشور
- تدوین استاندارد پارامترهای کیفی آب در سامانه‌های آبیاری
- ارزیابی مستمر و فنی سیستم‌های اجراء شده به منظور اصلاح آن‌ها و ارائه اطلاعات لازم به مسئولین تصمیم‌گیر کشور
- بررسی اثرات سامانه‌های آبیاری بر پایداری کشاورزی، خاک و محیط زیست
- مطالعه درجه تناسب انواع سامانه‌های آبیاری برای مناطق مختلف کشور در قالب طرح ملی
- آموزش بهره‌برداران قبل و بعد از اجرای سامانه

### ۵- منابع

باغانی ، ج.، ر، خوشبزم. ۱۳۸۵. بررسی تولید و کارآیی مصرف آب آبیاری در محصولات زراعی چغندرقند، سیب زمینی، گوجه فرنگی و ذرت علوفه ای در روش‌های آبیاری قطره ای و سطحی. شورای پژوهش‌های کاربردی سازمان جهاد کشاورزی خراسان رضوی.

باغانی، ج.، زارع، ش.، م، جلینی. ۱۳۸۹. بررسی اثربخشی سیستم‌های جدید آبیاری بر منابع آب زیرزمینی، عملکرد و کارآیی مصرف آب آبیاری گیاهان زراعی در دشت مشهد (مطالعه موردی). گزارش شماره ۹۹۰-۸۹۰. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، کرج، ایران.

بی نام، ۱۳۹۳. بیانیه پایانی نشست تخصصی " نقد و بررسی سیاست های توسعه روش های آبیاری در ایران"، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، کرج، ایران.

# تحلیلی بر میزان مصرف آب در بخش کشاورزی

**فریبرز عباسی، ابوالفضل ناصری، مهدی اکبری، جواد باغانی و نادر عباسی**
**اعضای هیات علمی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج**

## ۱- مقدمه

خشکسالی وکمبود آب در ایران یک واقعیت اقلیمی است و با توجه به روند روزافزون نیاز بخش‌های مختلف به آب، آسیب‌های خشکسالی در سال‌های آینده جدی‌تر نیز خواهد شد. به طوری‌که بر اساس گزارش موسسه بین المللی مدیریت آب (IWMI)، کشور ایران برای حفظ وضعیت موجود تا سال ۲۰۲۵ باید بتواند ۱۱۲ درصد به منابع آب قابل استحصال خود بیفزاید. این امر با توجه به پتانسیل منابع آب و نیازهای روزافزون بخش‌های کشاورزی، شرب، صنعت و حفاظت از سایر منابع زیستی بسیار دشوار و حتی ناشدنی است. بنابراین، در چنین شرایطی یکی از راهکارهای اثربخش، کاربرد بهینه و صرفه‌جویی در مصرف آب در بخش های مختلف است. در این میان، تعیین و اندازه‌گیری مقدار نسبتاً دقیق آب مصرفی در بخش کشاورزی که بخش بزرگی از مصرف آب در ایران و جهان را شامل می‌شود، ضروری است. چون یکی از مؤلفه‌های اصلی در برنامه‌ریزی‌های کلان تأمین، تخصیص و مصرف اصولی از آب در بخش‌های مختلف ازجمله کشاورزی است.

در ایران نیز همانند سایر کشورهای جهان، بخش قابل توجهی از منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی برای تولیدات کشاورزی استفاده می‌شود. تعیین مقدار آب مصرفی در بخش کشاورزی همواره از دغدغه‌های اصلی متولیان و برنامه‌ریزان صنعت آب کشور بوده و است. ازاین‌رو، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی به‌منظور تهیه بانک اطلاعات آب مصرفی محصولات زراعی و باغی در دشت‌ها و اقلیم‌های مختلف، برآورد و یا تعیین آب مصرفی در بخش کشاورزی را از سال‌ها پیش در دستور فعالیت‌های پژوهشی خود قرار داده است.

## ۲- بیان مسئله

در ایران نیز همانند سایر کشورهای جهان، بخش قابل توجهی از منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی برای تولیدات کشاورزی استفاده می‌شود. تعیین مقدار آب مصرفی در بخش کشاورزی همواره از دغدغه‌های اصلی متولیان و برنامه‌ریزان صنعت آب کشور بوده و است. درخصوص حجم

آب مصـرفی در بخش کشـاورزی اعداد و ارقام ارائه شـده بسیار متفاوت بوده و درخصوص صحت و سـقم آن‌ها نیز تردیدهای جدی وجود دارد. لذا، انجام یک کار پژوهشی در سطح کشور که بتواند به اعداد متقنی در باره حجم آب مصـرفی محصـولات مختلف در کشـور منتهی شـود، امری لازم و ضـروری بوده و نتایج آن می‌تواند کمک شایانی به تصمیم‌گیری مسئولین مرتبط با آب و کشاورزی بنماید.

بررسـی‌ها نشـان می‌دهد میزان آب مصـرفی در کشـور در سال ۱۳۲۸ توسط مهندسین مشاور ماوراء بحار حدود ۵۰۰ میلیارد مترمکعب برآورد شـده است. این برآورد بیش‌تر از حتی حجم بارش سـالانه در دشـت و ارتفاعات کشـور می‌باشـد. پس از آن، در سـال ۱۳۳۰ گزارش ناقصـی توسـط مهندسـین مشـاور پارسونزجانسون براش در مورد برآورد آب زیرزمینی منتشر گردید. اولین بررسی مدون در مورد میزان آب مصـرفی در کشـور، حدود پنجاه سـال پیش (۱۳۴۲) توسـط وزارت آب و برق سابق در گزارش " توسعه منابع آب ایران: مشکلات و راه حل‌ها" منتشر شده است (قدرت نما، ۱۳۷۷). در سـال ۱۳۴۵ سـازمان برنامه گزارشی از وضعیت منابع و مصارف آب کشور منتشر نموده که با گزارش منتشـر شـده در سـال ۱۳۴۲ تفاوت اسـاسـی در حجم منابع و مصارف آب در کشور داشـت (قدرت‌نما، ۱۳۷۷). پس از آن، نشـریه‌های شـماره دو، هشت و شانزده کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، در تمام یا بخشی از این نشریه‌ها به مبحث منابع و مصارف آب در کشور پرداخته‌اند. در نشـریه شـماره هشـت کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، میانگین حجم آب حاصل از بارش در سـطح کشـور حدود ۳۸۰ میلیارد مترمکعب گزارش شـده و نوسـانات سـالانه آن بین ۲۸۰ تا ۵۲۰ میلیارد مترمکعب و آب مصـرفی هر هکتار از زمین‌های کشـاورزی فاریاب حدود ۹۵۲۴ متر مکعب در هکتـار بود. حـدود ۸۶ میلیارد مترمکعب از حجم آب با منشـــاء بارش به‌صـــورت مســـتقیم و غیرمسـتقیم برای زراعت آبی، دیم، مراتع و جنگل‌ها استفاده می‌شده است. در سال ۱۳۵۶، گزارش طرح جامع (تحقیق و توسـعه) مجموعه بررسـی‌های نسـبتا جدی در مورد جمع‌آوری و تحلیل آمار منابع و مصـارف آب در کشور را دنبال کرد که مقادیر مطمئنی برای حجم آب مصرفی در کشور به دست نیامد. در سال ۱۳۵۷ گزارشی توسط سازمان برنامه و بودجه در مورد بیلان منابع آب تا اوایل سـال ۱۳۵۲ منتشـر گردید. یکی از مشـاوران حوزه معاونت وزارت نیرو، معصـومی الموتی منابع و مصـارف آب کشـاورزی را اسـتخراج نموده اسـت (به نقل از قدرت نما، ۱۳۷۷). قدرت‌نما در سـال ۱۳۷۷ منابع و مصـارف و نیازهای آبی در کشور را از سال ۱۳۴۲ تا ۱۳۷۲ بررسی نموده و تغییرات مصـرف آب در سـال‌های گذشته را گزارش نمود (جدول ۱). برای اولین (۱۳۴۲) و آخرین (۱۳۷۲) سـال بررسـی، درصد مصرف آب کشاورزی از کل مصرف آب به ترتیب برابر ۹۹ و ۹۴ درصد در نظر گرفته شـده اسـت. مقدار مصـرف آب کشـاورزی از کسر نیازهای شرب و صنعت از کل مصرف آب، حاصـل شـده اسـت. اغلب مقادیر اعلام شـده برای مصـارف مختلف به ویژه در بخش کشـاورزی،

داده‌های اندازه‌گیری شـده نبوده و از طریق برازش بر مبنای برخی مقادیر تخمینی حاصـل شده‌اند. بدیهی است که صحت این داده‌ها جای بحث و بررسی دارد.

**جدول ۱- تغییرات مصرف آب بر حسب نوع مصارف (قدرت نما، ۱۳۷۷)**

| سال | کشاورزی | شرب و صنایع | کل |
|---|---|---|---|
| ۱۳۴۲ | ۴۴ | ۰/۴۲ | ۴۴/۴۲ |
| ۱۳۴۵ | ۴۵ | ۰/۵۴ | ۴۵/۵۴ |
| ۱۳۵۰ | ۴۹ | ۰/۷۵ | ۴۹/۷۵ |
| ۱۳۵۵ | ۵۳/۶ | ۱/۲۷ | ۵۴/۸۷ |
| ۱۳۵۷ | ۵۵/۶ | ۱/۵۱ | ۵۷/۱۰ |
| ۱۳۶۰ | ۵۸/۹ | ۱/۹۵ | ۶۰/۸۵ |
| ۱۳۶۲ | ۶۰/۵ | ۲/۸۹ | ۶۳/۴ |
| ۱۳۶۵ | ۶۵/۳ | ۲/۹۷ | ۶۸/۳۰ |
| ۱۳۷۰ | ۷۳/۳ | ۴/۵۵ | ۷۷/۸۵ |
| ۱۳۷۲ | ۷۸/۲ | ۴/۷۷ | ۸۲/۹۷ |

در خصوص مقدار حجم آب حاصل از بارندگی در پهنه کشور نیز آمارهای موجود بسیار متفاوت می‌باشـد. مقادیر حجم آب حاصل از بارش در سطح کشور بر اساس منابع مختلف به شرح جدول ۲ ارائه شده است. موحددانش (۱۳۷۳) حجم آب حاصل از بارش در سطح کشور را حدود ۴۰۰ میلیارد مترمکعب و مصرف آب در بخش کشاورزی را ۷۰ میلیارد مترمکعب گزارش نموده است. محمد ولی سـامانی (۱۳۸۴) مصـرف آب در کشور را در سال‌های ۱۳۷۵ و ۱۳۸۰ به ترتیب برابر ۸۶/۸ و ۹۳/۱ میلیارد مترمکعب و مصرف آب در بخش کشاورزی را ۸۱/۴ و ۸۶ میلیارد مترمکعب گزارش نموده و برای سـال ۱۴۰۰ مصـرف آب در کشور و بخش کشاورزی را به ترتیب برابر ۱۱۳/۲ و ۱۰۳ میلیارد مترمکعب پیش‌بینی نموده اســت. در گزارشـــی که وزارت نیرو به هیات دولت تقدیم نموده حجم مصرف آب در کشور ۸۸/۵ میلیارد مترمکعب و مصرف آب در بخش کشاورزی ۸۳ میلیارد مترمکعب قید شده است. برای برآورد مقدار مصرف آب در بخش کشاورزی در سطح کشور، با توجه به قابلیت کلان تحلیلی، می‌توان از روش بیلان آب در چرخه هیدرولوژی استفاده نمود.

**جدول ۲- مقدار حجم آب حاصل از بارش در سطح کشور به استناد منابع مختلف**

| ردیف | حجم آب (میلیارد مترمکعب) | منبع |
|---|---|---|
| ۱ | ۵۰۰ | مهندسین مشاور ماوراء بحار (۱۳۲۸) |
| ۲ | ۲۸۰ تا ۵۲۰ | نشریه شماره ۸ کمیته ملی آبیاری و زهکشی (۱۳۵۱) |
| ۳ | ۴۹۰ | گنجی (۱۳۵۳.) |
| ۴ | ۳۶۹ | وزارت نیرو (۱۳۵۵) |
| ۵ | ۳۶۵ | وزارت نیرو (۱۳۵۶) |
| ۶ | ۴۴۰ | Bureau of Water Planning and Development and Resources Corporation (1357) |
| ۷ | ۴۰۰ | کوچک پور (۱۳۵۹) |
| ۸ | ۴۰۰ | عطرچین (۱۳۵۹) |
| ۹ | ۴۰۰ | ایقانیان (۱۳۶۰) |
| ۱۰ | ۳۶۵ | قطبی (۱۳۶۰) |
| ۱۱ | ۴۰۰ | وزارت نیرو (۱۳۶۰) |
| ۱۲ | ۴۰۰ | موحددانش (۱۳۷۳) |
| ۱۳ | ۴۱۶ | قدرت‌نما (۱۳۷۷) |
| ۱۴ | ۴۱۳ | کشاورز و صادق زاده (۱۳۷۸) |
| ۱۵ | ۴۰۰ | محمد ولی سامانی (۱۳۸۴) |

بدین ترتیب ملاحظه می‌گردد درخصوص حجم آب حاصل از بارش و حجم آب مصرفی در بخش‌های مختلف به‌ویژه در بخش کشاورزی اعداد و ارقام ارائه شده بسیار متفاوت بوده و در صحت و سقم آن‌ها نیز تردیدهای جدی وجود دارد. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی در سال‌های اخیر با توجه به اهمیت موضوع یاد شده برنامه‌ریزی گستردهای برای تعیین حجم آب مصرفی در بخش کشاورزی انجام داده است. در این راستا ابتدا اقدام به برآورد مولفه‌های بیلان آب در چرخه هیدرولوژی کشور و تعیین حجم مصرف آب در بخش کشاورزی بر اساس آن نمود (ناصری و همکاران، ۱۳۹۴). سپس با بررسی محدودیت‌های روش بیلان آب در تخمین حجم مصرف آب در بخش کشاورزی، روش‌های دیگر انجام این مهم در دستور کار موسسه قرار گرفته است. بر اساس

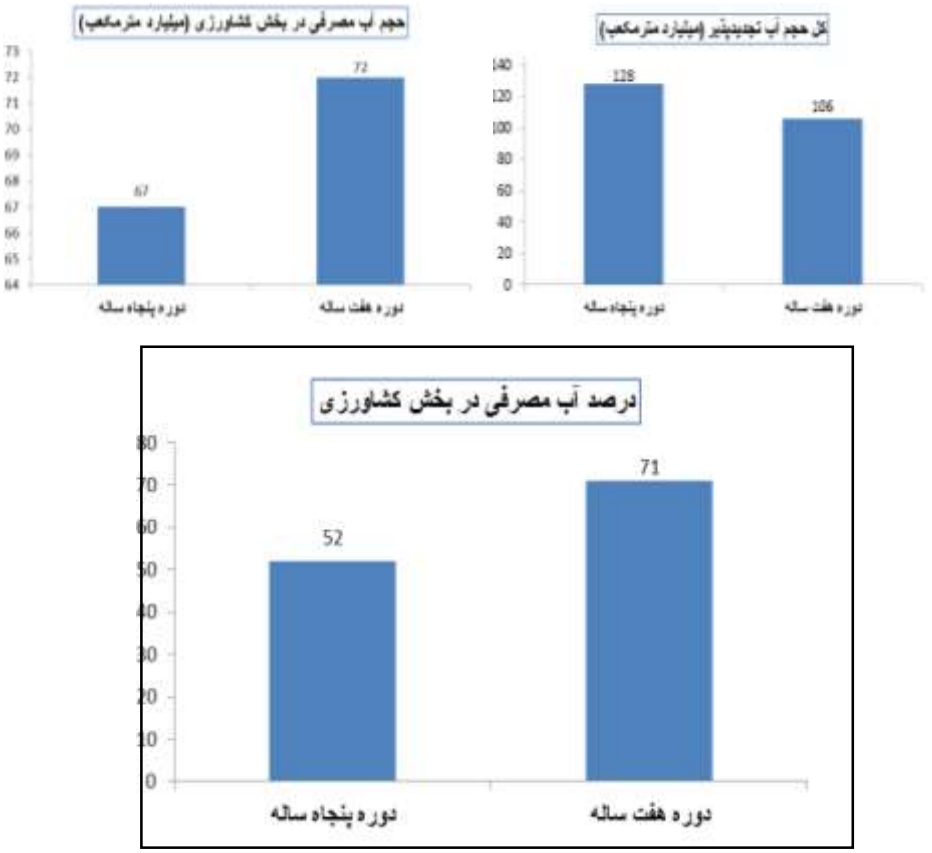
نتایج ناصری و همکاران (۱۳۹۴) برای دو دوره ۵۰ (بلند مدت) و هفت ساله (کوتاه مدت) مصرف آب در بخش کشاورزی به ترتیب ۵۲ و ۷۱ درصد بوده است.

همان‌طور که اشاره شد، در پژوهش‌های گذشته حجم آب مصرفی همواره با روش‌های تخمینی مثل روش بیلان آب برآورد شده است. بدیهی است که روش‌های تخمینی دقیق نبوده و با خطا همراه هستند. لذا، اندازه‌گیری مستقیم حجم آب مصرفی محصولات زراعی و باغی مختلف در کشور توسط موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی در حال انجام است که ضمن برآورد دقیق‌تر حجم آب مصرفی، اطلاعات آن برای واسنجی و تدقیق روش‌های غیرمستقیم از جمله روش RS و بیلان آب هم کاربرد خواهد داشت.

## ۳- روش‌های تعیین آب مصرفی در بخش کشاورزی

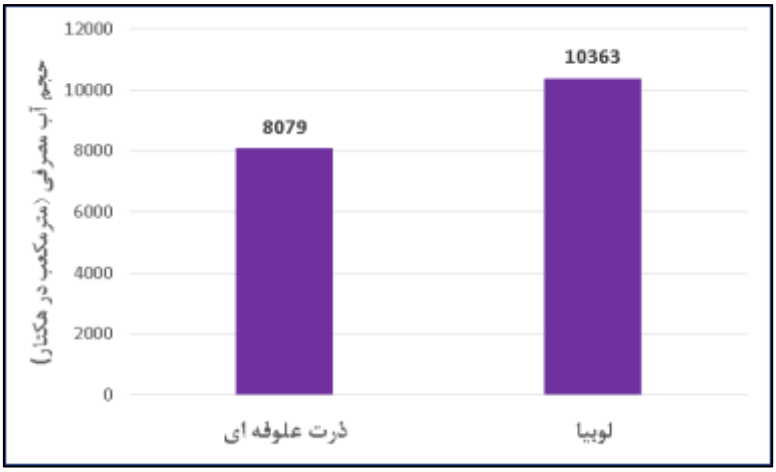
روش‌های تعیین یا برآورد آب مصرفی در بخش کشاورزی به روش‌های مستقیم و غیرمستقیم دسته‌بندی می‌شوند. ازجمله روش‌های غیرمستقیم می‌توان به روش بیلان آب و برآورد آب مصرفی براساس نیاز خالص آب موردنیاز گیاهان و راندمان کاربرد آب اشاره نمود. در روش مستقیم نیز میزان آب مصرفی محصولات زراعی و باغی در مزرعه با وسایل اندازه‌گیری دبی تعیین می‌شود. میزان آب مصرفی در بخش کشاورزی با روش بیلان آب برای دوره درازمدت پنجاه‌ساله و کوتاه‌مدت هفت‌ساله (اخیر) بررسی گردید. نتایج نشان داد، میانگین پنجاه‌ساله و هفت‌ساله بارش در کشور به ترتیب ۵۳±۲۴۹ و ۳۳±۲۰۶ میلی‌متر است لذا میانگین حجم آب مصرفی در بخش کشاورزی، برای دوره‌های آماری ۵۰ ساله و ۷ ساله به ترتیب معادل ۱۸±۶۷ و ۵±۷۲ میلیارد مترمکعب برآورد شد که به ترتیب حداکثر ۵۲ و ۷۱ درصد آب تجدیدپذیر را شامل گردید (شکل ۱).

علاوه بر روش پایش بیلان آب، گزارش نتایج تعیین نیاز خالص آب موردنیاز گیاهان زراعی و باغی در مناطق مختلف و تبدیل آن به نیاز ناخالص با اعمال راندمان کاربرد در مزرعه نیز به‌عنوان سناریوی دوم پژوهشی در موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی در حال تدوین است. نتایج نشان داد از کل آب مصرفی در بخش کشاورزی، به ترتیب ۷۵ و ۲۵ درصد آن برای تولید محصولات زراعی و باغی استفاده می گردد. از محصولات زراعی گندم، یونجه، شلتوک، ذرت و جو و از محصولات باغی خرما و پسته بیش‌ترین مصرف آب را از بین سایر محصولات داشتند.




**شکل ۱- مقادیر حجم آب تجدیدپذیر، حجم و درصد آب مصرفی در بخش کشاورزی**

سناریوی سوم، اندازه‌گیری مستقیم میزان آب مصرفی محصولات زراعی و باغی برای چندین محصول مهم زراعی (ذرت علوفه‌ای، لوبیا، گندم، چغندرقند و برنج) و باغی (پسته و زعفران) نیز از تیرماه ۱۳۹۵ در این موسسه شروع شده و تعمیم اندازه‌گیری‌های مستقیم آب مصرفی برای ۳۵ محصول دیگر در اولویت دستور فعالیت های پژوهشی موسسه قرار دارد. برای نمونه، میانگین حجم آب مصرفی برای تولید محصولات لوبیا و ذرت علوفه‌ای در واحد سطح در شکل (۲) ارائه شده است. براین اساس، میانگین حجم آب مصرفی لوبیا و ذرت علوفه‌ای در کشور به ترتیب ۱۰۳۶۳ و ۸۰۷۹ مترمکعب در هکتار اندازه‌گیری شده است. اندازه‌گیری آب مصرفی لوبیا در ۶ استان (۱۳ شهرستان) و ذرت علوفه‌های در ۸ استان (۱۷ شهرستان) صورت گرفته است.




**شکل ۲- میانگین حجم آب مصرفی لوبیا و ذرت علوفه‌ای در کشور**

## ۴- پیشنهادها

نظر به اهمیت و نقش آمارهای مرتبط با نحوه و میزان مصرف آب در بخش کشاورزی، ایجاد مرکز آمار آب ایران در وزارت جهاد کشاورزی ضروری است. وظیفه این مرکز جمع‌آوری و پیش‌پردازش آمار و ارقام راندمان آب آبیاری، حجم آب مصرفی و بهره‌وری مصرف آب در بخش کشاورزی براساس یافته‌های تحقیقاتی، نتایج مطالعات و سایر مستندات علمی موجود در سطح کشور خواهد بود.

-آمار جمع‌آوری‌شده، پس از پیش‌پردازش در مرکز یادشده تصویب و به‌صورت رسمی برای بهره‌برداری در تصمیم‌گیری‌ها و برنامه‌ریزی‌های کلان یا منطقه‌ای اعلام گردد.

موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی با توجه به توانمندی های شبکه‌ای از منابع انسانی و فیزیکی موجود در کشور، آمادگی دارد که مسئولیت جمع‌آوری و تهیه آمار این مرکز را به عهده بگیرد.

## ۵- منابع

عباسی، ف.، ا. ناصری، ف. سهراب، ج. باغانی، ن. عباسی، م. اکبری، ۱۳۹۴. ارتقای بهره‌وری مصرف آب. نشریه ۳۴/۹۴ک مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ۶۵ صفحه.

ناصری، ا.، ف. عباسی، م. اکبری، ۱۳۹۴. برآورد مصرف آب در بخش کشاورزی بر مبنای بیلان آب در چرخه هیدرولوژی کشور و محدودیت‌های آن. گزارش فنی شماره ۴۸۰۲۱، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، کرج.

قدرت‌نما، ق. ۱۳۷۷. منابع، مصارف و نیازهای آبی در ایران: حال و آینده. آب و توسعه (فصلنامه امور آب وزارت نیرو). سال ۶، شماره ۲ و ۳، صفحه ۲۰ تا ۴۶.

محمد ولی سامانی، ج.۱۳۸۴. مدیریت منابع آب و توسعه پایدار. دفتر مطالعات زیربنایی مجلس شورای اسلامی. شماره گزارش ۷۳۷۴. ۳۵ صفحه

# تحلیلی بر وضعیت بهره‌وری مصرف آب در کشور

**فریبرز عباسی، نادر عباسی و علیرضا توکلی**
**اعضای هیات علمی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج**

## ۱- مقدمه

بهره‌وری مصرف آب یکی از شاخص‌های مصرف بهینهٔ آب آبیاری است. مطابق با تعریف کلی بهره‌وری آب، نسبتی است که در مخرج کسر آن آب کاربردی (آب آبیاری، بارش) و در صورت آن موارد متنابهی از مفاهیم کمی قرار می‌گیرد. این موارد مشتمل بر عملکرد محصول، میزان درآمد (سود) خالص، میزان انرژی تولیدی، میزان کالری تولیدی، میزان ارزش افزوده و .... می‌شود. عموما دو مفهوم بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب، کاربرد بیشتری داشته و در تحلیل‌ها و تصمیم‌گیری‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. طبق تعریف، بهره‌وری فیزیکی مصرف آب عبارت از مقدار محصول تولید شده به ازای واحدحجم آب مصرفی است که بر حسب کیلوگرم بر مترمکعب بیان می‌شود. در بهره‌وری اقتصادی ارزش محصول تولید شده یا میزان سود مدنظر قرار می‌گیرد. به عبارتی، بهره‌بردار به ازای مقدار آبی که مصرف می‌کند، چقدر درآمد کسب می نماید. در این گزارش بهره‌وری فیزیکی آب که از این پس به‌طور ساده بهره‌وری گفته می‌شود، برای محصولات زراعی و باغی برآورد شده است. تعیین مقدار محصول تولیدی معمولاً ساده‌تر و براساس آمارهای رسمی قابل برآورد است ولی در خصوص میزان آب مصرفی، آمارها بسیار متفاوت است. در نتیجه کمیت بهره‌وری به شدت وابسته به آمار مربوط به حجم آب مصرفی بوده و تعیین بهره‌وری همواره با تردیدهایی همراه است. این شاخص در ابتدای برنامه توسعهٔ چهارم بین ۰/۸ تا ۰/۹ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش شده است. در برنامه چشم‌انداز ۲۰ ساله نیز این شاخص ۱/۶ کیلوگرم بر مترمکعب هدف‌گذاری شده است.

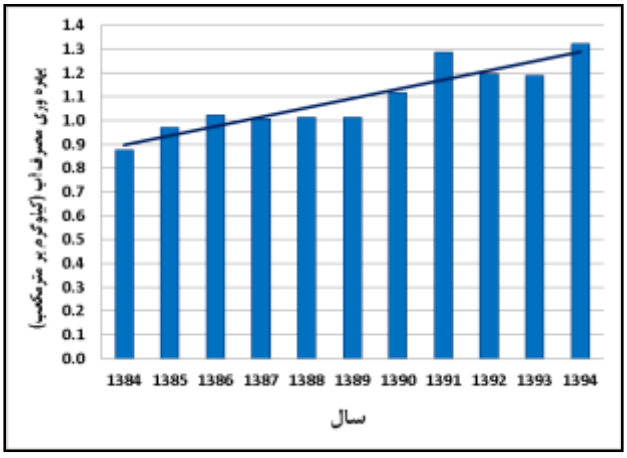
## ۲- تبیین وضع موجود

حجم آب مصرفی در بخش کشاورزی به روش بیلان آب اخیراً توسط موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی برآورد شده است (ناصری و همکاران، ۱۳۹۴). همچنین براساس ارقام برآورد شده برای حجم آب مصرفی و آمار مربوط به تولید محصولات زراعی و باغی کشور در سال‌های مختلف، مقادیر بهره‌وری مصرف آب به تفکیک سال‌های مختلف تعیین شده است (شکل ۱). از

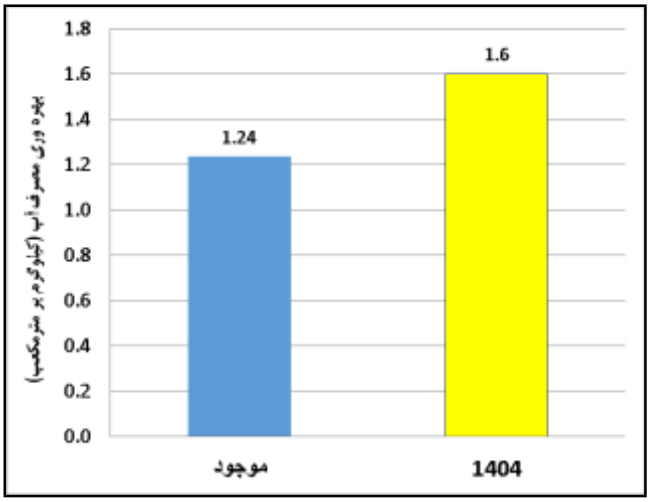
آنجایی‌که در این بررسی بهره‌وری محصولات آبی مدنظر بوده است، تولیدات زراعی و باغی در اراضی آبی در تعیین بهره‌وری مصرف آب لحاظ شده است. مطابق شکل (۱) مقادیر بهره‌وری مصرف آب از ۰/۸۷ تا ۱/۳۲ کیلوگرم بر مترمکعب در ۱۱ سال اخیر متغیر و متوسط آن ۱/۰۹ کیلوگرم بر مترمکعب بوده است. خوشبختانه شاخص بهره‌وری مصرف آب در کشور طی سال‌های گذشته روند صعودی داشته که این روند به معنای اثربخشی فعالیت‌های انجام شده در کشور است. درمجموع، فعالیت‌های انجام شده در کشور در خصوص "افزایش تولید" و "کاهش حجم آب مصرفی" دو دلیل اصلی افزایش بهره‌وری آب در کشور بوده است.

چنانچه متوسط سه سال اخیر به عنوان وضعیت موجود شاخص بهره‌وری مصرف آب تلقی شود، مقدار این شاخص ۱/۲۴ کیلوگرم بر مترمکعب خواهد بود. علی‌رغم روند افزایشی این شاخص در سال‌های گذشته به ویژه رشد قابل توجه در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳، برای رسیدن به مقدار هدف‌گذاری شده (۱/۶ کیلوگرم بر متر مکعب) در برنامه چشم‌انداز بیست ساله باید تلاش بیش‌تری شود (شکل ۲).

موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی با اتکا به وظایف ذاتی و ماموریت‌های سازمانی مربوط به مدیریت جامع مصرف آب، اقدام به تبیین راهبردهای اساسی مصرف آب و اندازه‌گیری دقیق و میدانی بهره‌وری مصرف آب محصولات مختلف در سطح کشور در سال ۱۳۹۵ نموده است که فعالیت‌های صورت گرفته و آنهایی که در آینده عملیاتی خواهند شد، از عوامل اصلی و تاثیرگذار در افزایش تولید و بهره‌وری مصرف نهاده‌های حوزه کشاورزی با محوریت آب می‌باشد.




**شکل ۱- روند تغییرات بهره‌وری مصرف آب در کشور طی سال‌های ۹۴-۱۳۸۴**




**شکل ۲- مقایسه وضعیت موجود بهره‌وری مصرف آب در کشور با مقدار هدف‌گذاری شده در برنامه چشم‌انداز ۲۰ ساله**

## ۳- الزامات دستیابی به هدف

اگرچه عدد هدف‌گذاری شده (۱/۶ کیلوگرم بر مترمکعب) یک برآورد کلی و حجمی است اما این موسسه بر اساس نگاه تخصصی و درک عمیق مباحث مربوط به بهره‌وری آب، بدنبال هویت‌شناسی بهره‌وری آب و تعیین اجزای آن برای هر یک از محصولات بوده و قطعاً آنچه که مبنای تصمیم‌گیری برای اصلاح الگوی کشت و تدوین الگوی تولید پایدار و اقتصادی است، بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی هر یک از محصولات خواهد بود نه بهره‌وری کل؛ به نحوی که عدد بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی اختصاصی برای تک تک محصولات نیز تعیین و تحلیل خواهد شد.

شاخص بهره‌وری آب، اگرچه معیار بسیار مهمی در تصمیم‌گیری و تعیین مزیت کشت محسوب می‌شود، اما گاهی قیودات حاکم بر ساختار کشاورزی، مثل کیفیت آب، جنبه‌های زیست محیطی، ریسک تولید و بازار، فرآوری و حتی مسائل اجتماعی و سیاسی، سبب می‌شود که تصمیمات مدیریتی متناسب با شرایط گرفته شود. شاخص بهره‌وری آب صرفاً متاثر از برنامه و سامانه آبیاری نبوده و عوامل مهم و فراوانی در آن دخالت دارند که عبارتند از: آب و آبیاری (کیفیت و کمیت آب، منبع آب، نظام و روش آبیاری، نیاز آبی و آبیاری، برنامه آبیاری، ماشین‌های آبیاری، نوسانات سطح ایستابی و زهکشی، مدیریت زراعی، کم‌آبیاری، پارامترهای اقلیمی، آبیاری تکمیلی و تک‌آبیاری، استحصال و جمع‌آوری آب باران)، خاک و تغذیه، گیاه، اقلیم، آفات و بیماری‌ها و علف‌های هرز،

اقتصـاد و بازار، فرآوری و بسـته‌بندی، قوانین و برنامه‌ریزی، ماشـین‌های کشـاورزی، الگوی تولید و الگوی کشـت. برای موضـوع آبیاری و بهره‌وری آب کشاورزی دو برنامه متناسب با شرایط و الزامات زراعت آبی و زراع دیم تبیین شده است که به صورت منفرد و یا مشترک با دیگر موسسات پژوهشی عملیاتی خواهد شد.

سـاختار گیاهان بنحوی اسـت که آب از طریق ریشه جذب و در فرآیند حرکت آب در گیاه قرار گرفته و پس از فعل و انفعالات، از طریق روزنه‌های گیاهی به اتمسفر برمی‌گردد. آنچه که در چرخه تعرق گیاهی قرار می‌گیرد، مولد تولید بوده و جزو مصـارف مفید تقسیم‌بندی می‌شود. اما آن بخش از آب آبیاری (یا بارش) که مسـتقیماً از سطح خاک تبخیر شده یا به مصرف علف‌های هرز می رسد، جزو مصـارف غیرمفید محسوب می‌شود. برخی منابع از تلفات تبخیری ۵۰-۳۰ درصدی موازنه آبی گزارش می‌کنند. سـهم تلفات تبخیری آب در زراعت آبی، در برخی مراحل به ویژه در ابتدای فصـل محصـولات زراعی که فاقد پوشش سبز کامل هستند، چشم‌گیر است. تلفات تبخیری آب آبیاری در مراحل انتقال، مخزن، توزیع و مصـــرف نیز رخ می‌دهد و تلفات مربوط به تعرق علف‌های هرز عمدتاً در مزرعه اتفاق می‌افتد. عملیات زراعی و باغی، آرایش کشـــت، کشـــاورزی حفاظتی، انواع مالچ‌ها، اصلاح سامانه‌های آبیاری، اصلاح تاریخ کشت و .... مواردی هستند که در کاهش تلفات تبخیری آب آبیاری تاثیر دارند.

توسـعه مکانیزاسـیون یکی از عوامل اصـلی و تاثیر گذار در افزایش تولید و بهره‌وری مصـرف نهاده‌های حوزه کشـاورزی از جمله آب به شمار می‌رود. مباحثی چون کارکرد ماشین‌های کشاورزی (تهیه زمین، کاشت، داشت و برداشت)، مدیریت آب و خاک در کشاورزی حفاظتی، مدیریت و بهبود کارآیی انرژی، مدیریت تنش‌های محیطی از موارد موثر در بهبود تولید و افزایش بهره‌وری محسوب می‌شود.

امروزه تولید انواع محصـولات کشاورزی در محیط‌های کنترل شده، به‌دلیل امکان‌فراهم ساختن شـرایط مناسـب برای تولید حداکثر و حتی خارج از فصـل و نیز کنترل میزان مصـرف نهاده‌های کشـاورزی و سـعی در کاهش مصـرف آن‌ها به‌ویژه آب، مورد توجه خاص قرار گرفته اسـت. افزایش عملکرد توأم با کاهش مصـــرف آب و در نتیجه افزایش قابل‌توجه در بهره‌وری آب، از جمله مواردی هستند که در گلخانه‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند.

اگرچه برای غلبه بر چالش امنیت غذایی راه‌حل‌هایی مانند، افزایش سـطح زیر کشت و عملکرد، افزایش نهاده‌های کشـاورزی، کنترل جمعیت و رشد مصرف، افزایش واردات و ... ارائه شده است اما هر یک از این موارد با محدودیت‌های اجرایی خاص خود مواجه‌اند. لذا عملی‌ترین راه، استفاده بهینه از تولیدات موجود و در رأس آن‌ها کاهش ضایعات است. فرآوری و کاهش ضایعات در حقیقت نوعی افزایش بهره‌وری منـابع تولیـد اســـت. اولین قدم برای پرداختن به امر تعدیل و کاهش ضـــایعات،

گردآوری اطلاعات مستند و مبتنی بر اصول علمی و فنی می‌باشد که متاسفانه در این خصوص ضعف جدی وجود دارد. تاکنون مطالعه جامعی در خصوص تعیین مقدار دقیق ضایعات در مراحل مختلف زنجیره تولید تا مصرف به‌عمل نیامده است و این امر از مهمترین دلایل و زیربناها برای تعیین کاهش ضایعات از سوی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی بوده است. با تعیین میزان ضایعات محصولات کشاورزی، میزان آب آبیاری معادل آن مشخص خواهد شد که جزو مصارف غیرمفید قرار گرفته است.

آنچه که در رویکردهای موسسه برای افزایش بهره‌وری آب تبلور عینی و عملیاتی پیدا خواهد کرد، در چهار مقوله "پژوهش"، "فناوری"، "آموزش و توانمندسازی" و "ترویج دستاوردها" خلاصه می‌گردد. برای دستیابی به این موارد و "بهبود ضریب تاثیر یافته‌ها در عرصه‌های کشاورزی"، پایداری منابع و نیز "ارتقای شاخص سرانه علمی و تولید دانش"، اجماعی از همسویی و تعامل با محققین و اعضای هیات علمی، دانشگاه‌ها، واحدها و دستگاه‌های اجرایی، تشکل‌ها و صنوف کشاورزی، کمیسیون‌ها و انجمن‌ها صورت خواهد گرفت. راهبری و هدایت فعالیت‌ها، دارای نگاه جامع و با در نظر گرفتن تمام ابعاد و اجزا می‌باشد.

## ۴- پیشنهادها و توصیه‌های کاربردی

با عنایت به مباحث کوتاه عنوان شده به منظور بهبود بهره‌وری مصرف آب لازم است توجه کافی به ارتقای وضعیت موجود دو مولفه اصلی بهره‌وری یعنی میزان آب مصرفی و میزان تولید به ازای واحد حجم آب مصرف شده به عمل آید. در این راستا برخی نکات فنی و کاربردی به شرح زیر پیشنهاد می‌شود:

- تشکیل کمیته تخصصی آمار و ارقام آب کشاورزی در وزارت جهاد کشاورزی به منظور یکسان‌سازی و تدقیق آمار و ارقام مربوط به مصرف آب در بخش کشاورزی براساس یافته‌های تحقیقاتی و سایر مستندات علمی موجود در سطح کشور
- اصلاح الگوی مصرف آب در بخش کشاورزی
- توجه خاص و ویژه به مکانیزه کردن روش‌های آبیاری سطحی به در نظر گرفتن تسهیلات و مشوق‌های لازم همانند روش‌های ابیاری تحت فشار
- توجه کافی به مبانی علمی و اجرایی صحیح با توجه به ظرفیت‌ها و پتانسل‌های هر منطقه در توسعه روش‌های مختلف آبیاری
- توجه به مسائل زیست محیطی و اصل پایداری منابع آب و خاک در توسعه روش‌های مختلف آبیاری سطحی و تحت فشار
- مدیریت مصرف آب با رویکرد کاهش مصارف غیرمفید آب کاربردی

- توجه به مسائل به نژادی و به زراعی با رویکرد کاهش مصرف آب
- توسعه خاک‌ورزی و کشاورزی حفاظتی
- تدوین و اجرای برنامه پایش و کاهش تبخیر به منظور کاهش مصارف غیرمفید
- کاهش ضـــایعات محصـــولات در مراحل مختلف فرآیند تولید، برداشـــت، انتقال و توزیع، بسته‌بندی، انبارداری
- استفاده از ظرفیت‌های گلخانه‌ای در تولیدات کشاورزی و مدیریت آب و انرژی
- تعیین و تحلیل شاخص بهره‌وری آب از تامین، انتقال، توزیع، مصرف و پسامصرف آب
- ارتقای بهره‌وری آب با تبیین ساختار روابط آب، خاک، گیاه، اتمسفر، انسان، ماشین و بازار

## ۵- منابع

توکلی، ع.ر. ۱۳۹۵. بررسـی مزیت نسـبی محصـولات کشاورزی استان سمنان با محوریت بهره‌وری آب. گزارش فنی شـماره شـماره ۵۰۰۳۷، موسـسـه تحقیقات فنی و مهندسـی، کشـاورزی سـازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ۷۵ صفحه.

عبـاســـی، ف.، ا. نـاصـــری، ف. ســـهراب، ج. بـاغـانی، ن. عبـاســـی، م. اکبری، ۱۳۹۴. ارتقـای بهره‌وری مصـرف آب. نشـریه ۳۴/۹۴ک مؤسـسـه تحقیقات فنی و مهندسـی کشـاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ۶۵ صفحه.

ناصـری، ا.، ف. عباسـی، م. اکبری، ۱۳۹۴. برآورد مصرف آب در بخش کشاورزی بر مبنای بیلان آب در چرخه هیدرولوژی کشور و محدودیت‌های آن. گزارش فنی شماره ۴۸۰۲۱، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، کرج.

# چالش‌ها و چشم‌انداز آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در ایران

**مهدی اکبری، جواد باغانی و فریبرز عباسی**
**اعضای هیات علمی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج**

## ۱- مقدمه

با توجه به شرایط کم آبی و وضعیت بحرانی حاکم بر منابع آب ایران، استفاده مطلوب و بهینه از منابع محدود آب امری لازم و اجتناب ناپذیر است. برای تحقق این مهم راه حل‌های مختلفی ممکن است پیشنهاد گردد. ولی برای بهبود بهره‌وری مصرف آب، دو راهکار کلی و اساسی: افزایش تولید با حفظ منابع آبی موجود (مدیریت زراعی) و کاهش میزان آب مصرفی در بخش کشاورزی (مدیریت زراعی و آبی)، باید مد نظر قرار گیرد. بنابراین، هر کدام از سامانه‌های آبیاری که بتوانند در مدیریت هر یک از این عوامل موثرتر عمل کنند، باعث افزایش بهره‌وری مصرف آب در بخش کشاورزی خواهند شد. روش‌های آبیاری تحت‌فشار در سطح مزارع، به علت عملکرد متفاوت آن‌ها در رابطه با تبخیر و تعرق، راندمان‌های متفاوتی را نشان می‌دهند. به همین دلیل، روش‌های آبیاری بارانی در مقایسه با روش‌های آبیاری قطره‌ای، راندمان کاربرد کمتری دارند. از آنجایی که تبخیر از سطح خاک در سطح مزارع نیز جزو تلفات غیرمفید می‌باشد، روش آبیاری زیرسطحی به عنوان روشی که این تلفات را به حداقل مقدار می‌رساند، معرفی شده است. آبیاری قطره‌ای زیرسطحی یکی از روش‌های آبیاری قطره‌ای است که در مورد کاربرد آن در ایران نظرات کاملا متفاوتی وجود دارد. در مجموع از جمله مزایای این روش آبیاری می‌توان به افزایش عمر قطره‌چکان‌ها، کاهش در میزان آب مصرفی به دلیل کاهش تبخیر، افزایش عملکرد محصول و تسهیل در عملیات کشاورزی اشاره کرد. ضمن اینکه آب در زیرزمین در تمام جهات حرکت کرده و با فایق آمدن بر عدم نفوذ آب در بعضی از خاک‌ها از سطح خاک، استفاده موثرتر از آب و مواد غذایی توسط ریشه گیاه، حذف رواناب، کاهش مسایل ناشی از آفات، بیماری‌ها و علف هرز، به علت فشار کارکرد کمتر به انرژی مصرفی کمتری نیز نیاز دارد. اگر چه در حال حاضر سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی بر روی انواع درختان ازجمله پسته، زیتون، خرما، مرکبات و انگور و برخی از زراعت‌های ردیفی مورد استفاده قرار می‌گیرد، لیکن تحقیقات اولیه توسعه این سامانه آبیاری برای زراعت پسته در کشور انجام شده است و این سامانه به‌صورت کاربردی در سطح حدود ۱۰۰۰۰ هکتار از باغات پسته در سطح کشور توسعه یافته است، ولی برای سایر زراعت‌ها به‌صورت پایلوت‌های تحقیقاتی اجرایی انجام شده است. کاربرد این سامانه آبیاری در مناطق خشک و نیمه

خشـــک بـا چـالش‌هـای مختلفی از جملـه هزینه بالای راهاندازی، تعیین نیاز آبی، تجمع املاح در لایه‌های سـطحی خاک، گرفتگی قطره چکان‌ها توسـط ریشـه گیاهان، محدودیت رشـد و گسترش ریشـه، جویده شـدن لوله در زیر سطح خاک، عدم امکان بررسی بصری آبدهی قطره‌چکان‌ها مواجه می‌باشد و برای توسعه پایدار این سامانه باید ملاحظات طراحی و مدیریت بهره‌برداری آن با توجه به شـرایط آب، خاک، زراعت، و.. مورد توجه و بررسی دقیق‌تر قرار گیرد. آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در صـورت طراحی، اجرا و مدیریت صحیح بهره‌برداری می‌تواند نسبت به روش آبیاری قطره‌ای سطحی دارای مزایای قابل ملاحظه‌ای باشد. از این رو در سال‌های اخیر تحقیقات متعددی در ایران و جهان در خصوص کارآیی این سیستم‌ها انجام شده است.

## ۲- نیاز آبیاری در روش قطره‌ای زیرسطحی

مقدار آب مصرفی در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی ممکن است کمتر از آبیاری قطره‌ای سطحی نباشـد. زیرا که در این روش تبخیر از سـطح خاک کمتر بوده و اثر آن بر افزایش رطوبت نسبی هوا نیز کمتر اسـت، بنابر این گیاه تعرق بیشـتری خواهد داشت. در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به علت کاهش تبخیر از سـطح خاک و رطوبت مناسـب خاک، گیاه تعرق بیش‌تری انجام می‌دهد. مطالعات نشان داده است که میزان تعرق در قطره‌ای زیرسطحی ۱۵٪ بیشتر از آبیاری قطره‌ای معمولی است. قرار دادن لوله‌های قطره چکان‌دار در زیر سـطح خاک تلفات تبخیر از سـطح خاک را به حداقل ممکن کاهش می‌دهد و از آنجا که آب و مواد غذایی مستقیما به محل ریشه وارد می‌شود، گیاه رشد بیشـتری دارد و غیریکنواختی مکانی و زمانی توزیع آب کاهش می‌یابد. مارتینز و همکاران (۱۹۹۱) ضـمن بررسـی تاثیر کوددهی در دو روش آبیاری قطره‌ای زیرسـطحی و سـطحی نشان دادند جذب فسـفر و پتاسـیم در سیستم قطره‌ای زیرسطحی بیشتر از روش قطره‌ای سطحی است. آن‌ها افزایش جذب دو یون یاد شـده و در نتیجه افزایش معنی‌دار در عملکرد ذرت را به توزیع مناسب‌تر ریشه در سـیسـتم قطره‌ای زیرسـطحی نسـبت به قطره‌ای سـطحی نسـبت دادند. پایرو و همکاران (۲۰۰۸) تحقیقی در خصـوص اثر مقادیر مختلف آب آبیاری با سـیسـتم قطره‌ای زیر سـطحی روی تبخیر و تعرق، عملکرد، کارایی مصـرف آب و ماده خشک تولیدی ذرت در آب و هوای نیمه خشک در غرب نبراسـکا انجام دادند. نتایج تحقیق حاکی از آن بود که مقادیر عملکرد تیمارها در دو سـال متوالی اختلاف معنی‌داری با تیمار شـاهد به ترتیب به میزان ۲۲٪ و ۵۲٪ داشـته اسـت. با توجه به نتایج تحقیقات انجام شـده، آبیاری قطره‌ای زیرسـطحی در مناطق خشـک به مدیریت خاصی نیاز دارد و نیاز آبیاری در آبیاری قطره‌ای زیرسـطحی و سـطحی تفاوت قابل ملاحظه‌ای نداشـته اسـت، لیکن میزان تبخیر از سطح خاک کاهش و بخش تعرق گیاهی افزایش یافته است.

## ۴- توزیع رطوبت و شوری خاک در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی

در آبیاری قطره‌ای توسعه‌ی رطوبت در اطراف قطره‌چکان به‌طور محسوسی به دبی خروجی از قطره‌چکان و خصوصیات هیدرولیکی خاک بستگی دارد. بنابراین دبی قطره‌چکان‌ها یکی از عوامل مهم در شکل‌گیری حجم خاک خیس شده اطراف قطره‌چکان‌ها خواهد بود. در مناطق خشک، در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به‌طور طبیعی نمک‌ها در اطراف پیاز رطوبتی در خاک تجمع می‌کند، درنتیجه غلظت نمک‌ها در سطح خاک بین ردیف‌های کارگذاری لوله‌ها یا نزدیک عمق پیاز رطوبتی زیادتر می‌باشد تجمع تدریجی نمک در سطح خاک یکی از مشکلات ذاتی این سامانه آبیاری است. اگر چه کاربرد دقیق آب و کود در زیر سطح خاک در این روش آبیاری یک مزیت محسوب می‌شود، اما به تدریج جریان خالص رو به بالا و افت آب در اثر تبخیر پتانسیل، افزایش تدریجی نمک در سطح خاک را موجب می‌گردد. اگر چه نتایج الگوی رطوبتی خاک در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی نشان داده است که این روش قابلیت آبشویی نیم‌رخ خاک در یک محدوده شعاعی اطراف قطره‌چکان‌ها را دارد، لیکن بررسی نیم‌رخ شوری خاک نشان‌دهنده تجمع شوری در محدوده خارجی نیم‌رخ رطوبتی و همچنین افزایش شوری در اطراف ریشه به علت جذب سریع‌تر رطوبت خاک و باقی ماندن شوری در خاک بوده است. در شرایط کاربرد آب شور، انجام آبشویی باید مد نظر قرار گیرد. با توجه به اینکه اعمال آبشویی با سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی برای آبشویی شوری خاک مؤثر نمی‌باشد، در خصوص استفاده از این سامانه برای مناطقی که میزان بارندگی سالیانه کمتر از ۴۵۰ میلی‌متر باشد و میزان بارندگی قابل قبولی برای هدایت شوری از سطح خاک وجود ندارد، باید مدیریت و تمهیدات خاصی در نظر گرفته شود و نیاز آبشویی با استفاده از یک روش دیگر آبیاری مانند بارانی یا آبیاری غرقابی تامین گردد. در چنین شرایطی کاشت گیاهان مقاوم به شوری و نشاء کردن گیاهان می‌تواند باعث کاهش مشکلات شوری در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی باشد. هم‌چنین نتایج تحقیقات انجام شده نشان داده است که جوانه زنی گیاهان دانه‌ریز در کشت مستقیم با آبیاری قطره‌ای زیرسطحی یکی دیگر از چالش‌های این سامانه است. لذا برای جوانه زنی این گیاهان لازم است که از سامانه دیگر روش‌های آبیاری از جمله آبیاری ثقلی و یا آبیاری بارانی استفاده گردد و نیاز آبی جوانه زنی گیاهان با استفاده از روش‌های مذکور تامین گردد. بر اساس تجربیات موجود، در شرایطی که از آب شور ( ۲ تا ۴ دسی‌زیمس بر متر) در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی استفاده گردد، فعالیت ریشه‌ها تنها در منطقه مرطوب خاک محدود می‌گردد. در شرایطی که قطره‌چکان‌ها در عمق ۳۰ سانتی‌متری استقرار یابند، بالاترین مقدار شوری ( ۱۶ تا ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر) تنها در لایه بالایی و نزدیک سطح خاک اتفاق خواهد افتاد و در مجاورت قطره‌چکان‌ها دامنه تغییرات شوری خاک، ۳ تا ۵ دسی‌زیمنس بر متر خواهد بود. بر اساس نتایج ارون و همکاران (۲۰۰۲) توزیع رطوبت و شوری در نیمرخ خاک در اثر آبیاری با آب شور در

روش‌های آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی نشان داد که فرض حجم مرطوب شده خاک بصورت نیم کُره در قطره‌ای سطحی و بصورت کُره در قطره‌ای زیرسطحی با شرایط واقعی مزرعه مطابقت ندارد. در سیستم قطره‌ای سطحی به دلیل اینکه قطره‌چکان در سطح خاک مستقر است توزیع رطوبت در همه فضای ۳۶۰ درجه نیست و فقط به سمت جوانب و پایین است، ولی در قطره‌ای زیرسطحی توزیع رطوبت خاک در همه جهات ۳۶۰ درجه صورت می‌گیرد و به همین دلیل اگرچه شعاع خیس شدگی آن کمتر است، ولی سطح و حجم خیس شده خاک بیشتر است و بطور کلی گیاه از تعدد دفعات آبیاری سود می‌برد. باتوجه به اینکه کشور ایران در منطقه خشک و نیمه خشک قرار دارد که عمدتاً دارای بارندگی ناچیز بوده و این بارندگی نیاز آبشویی خاک را تامین نخواهد کرد، لذا برای توسعه پایدار این سامانه لازم است که در زمان طراحی سامانه آبیاری قطره‌ای زیر سطحی، میزان آبشویی خاک و روش انجام آن نیز مشخص گردد تا بعد از چند سال بهره‌برداری از آبیاری قطره ای زیر سطحی، افزایش تدریجی نمک در لایه سطح خاک موجب شور شدن خاک‌ها و از بین رفتن باغات نگردد.

### ۵- کیفیت آب در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی

کیفیت آب اثر قابل ملاحظه‌ای روی عملکرد و طول عمر سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی دارد. کیفیت پایین آب از نظر میزان کل املاح (شوری) مشکلاتی برای رشد گیاه، کیفیت خاک و محیط زیست بوجود می‌آورد. بدون ارزیابی کیفیت آب، طراحی و راه اندازی سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با اشکالات متعددی مواجه خواهد شد. جلوگیری از گرفتگی قطره‌چکان‌ها عامل کلیدی در پایداری سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی است. برای جلوگیری یا تعدیل شرایط گرفتگی نیاز به درک مسایل کیفی از منابع آبی مورد استفاده می‌باشد. اطلاعات کیفی آب برای طراحی، مدیریت بهره برداری و نگهداری سیستم لازم و ضروری می باشد. در سیستم آبیاری قطره‌ای به دلیل قطر بسیار کوچک محل خروج آب، پتانسیل گرفتگی جزء ذات سیستم است. از آنجا که آب مورد استفاده در کشاورزی دارای ناخالصی‌های متعددی است، روش‌های مختلفی برای رفع گرفتگی و یا کاهش آثار آن مورد استفاده قرار می‌گیرد. به همین دلیل بخش قابل توجهای از هزینه آبیاری قطره‌ای به فیلتراسیون سیستم اختصاص دارد. انسداد قطره‌چکان‌ها باعث کاهش دبی‌آب، توزیع غیریکنواخت آب، عدم دریافت آب کافی توسط گیاه و همچنین موجب استهلاک قطره‌چکان‌ها می‌گردد. لذا طراحی و انتخاب مناسب تجهیزات مورد نیاز در بخش فیلتراسیون از اهمیت زیادی برخوردار است و بایستی اطلاعات کمی و کیفی آب و خاک در دسترس طراح قرار گیرد. با توجه به اینکه در این سامانه کلیه قطره چکان‌ها در زیر سطح خاک قرار دارند و امکان بررسی بصری میزان خروج آب از قطره‌چکان‌ها ، تشخیص و تعویض قطره‌چکان‌های معیوب وجود ندارد، اهمیت مدیریت

بهره‌برداری از سامانه دوچندان می گردد و لازم است بهره‌برداری از این سامانه با دقت و اطمینان بسیار بالا انجام شود.

## ۶- تجمع و نفوذ ریشه در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی

چگونگی توزیع ریشه و گرفتگی قطره‌چکان‌ها توسط ریشه گیاهان از دیگر چالش‌های اساسی بهره‌برداری درازمدت از روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی است. اگر چه عمق کارگذاری لوله‌های آبیاری قطره‌ای بسته به نوع خاک و نوع گیاه متغیر است و عموماً برای گیاهان زراعی و سبزیجات از ۱۵ تا ۳۰ سانتی‌متر و برای درختان از ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متر می‌باشد، ولی با توجه به اینکه توزیع ریشه عمدتاً در محدود خیس شده اطراف قطره‌چکان‌ها قرار دارد، انسداد قطره‌چکان‌ها توسط ریشه باعث کاهش دبی‌آب، توزیع غیریکنواخت آب، عدم دریافت آب کافی توسط گیاه و ... موجب استهلاک قطره‌چکان‌ها می‌گردد. در کشورهای مختلف دارای تجربه استفاده از این روش آبیاری، از روش‌های متعددی برای رفع گرفتگی و یا کاهش آثار آن استفاده می‌شود. به گزارش روبینس و لوئیس (۲۰۰۳)، مدیریت آبیاری می‌تواند با کنترل رطوبت محیط مجاور قطره‌چکان در خاک از تجاوز ریشه به حریم قطره‌چکان جلوگیری کند. این محققان گزارش نمودند که، افزایش تعداد آبیاری و بالا نگهداشتن رطوبت خاک در محیط ریشه می‌تواند در جلوگیری از گرفتگی قطره‌چکان‌ها موثر باشد. تأثیر نفوذ ریشه در گرفتگی قطره‌چکان‌ها در همه گیاهان یکسان نیست. مثلاً گیاهان سیاه ریشه، آب دوست بوده و با تمایل بیشتری به سمت منطقه دارای رطوبت بالا در اطراف قطره‌چکان‌ها دارند، در حالی که گیاهان سفید ریشه تمایل کمتری جهت حضور در این ناحیه از خود نشان داده‌اند. عمده مشکلات گرفتگی قطره‌چکان‌ها، یا فشار به لاترال‌ها در اثر انتشار یا نفوذ ریشه به سمت خروجی قطره‌چکان‌ها در فصول زمستان و مواقعی که گیاه نیمه فعال است و آبیاری انجام نمی‌شود، اتفاق می‌افتد. روش رایج دیگر برای جلوگیری از ورود ریشه به ناحیه مجاور قطره‌چکان، تزریق مواد شیمیایی نظیر ترفلان، اسیدسولفوریک و اسید فسفریک است. حرکت و نشر ترفلان در خاک‌ها به‌طور قابل‌توجهی به علت جذب قوی ذرات خاک به‌کندی و با تأخیر صورت می‌گیرد. بدین ترتیب وجود ترفلان در خاک مجاور قطره‌چکان مانع ورود ریشه به قطره‌چکان می‌شود( یو و همکاران، ۲۰۱۰). با توجه به محدود بودن سطح اجرا شده آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و تحقیقات انجام شده در خصوص ارزیابی این روش در ایران، طراحی و اجرای آبیاری قطره‌ای زیرسطحی درکشور عمدتاً مبتنی بر تجربیات اجرایی شرکت‌های خصوصی و نتایج تحقیقاتی و اجرایی در سایر کشورها است. نتایج تحقیقات انجام شده در موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی ( اکبری و همکاران ۱۳۹۴)، در خصوص استفاده از ترفلان در گیاهان سیاه ریشه مانند زردآلو و فندق، حاکی از آن است که با وجود استفاده از ترفلان، ریشه در برخی از قطره چکان‌ها

نفوذ کرده و باعث گرفتگی قطره کان‌ها شده است. اگر چه نتایج تحقیقات متعددی تاثیر استفاده از ترفلان در کاهش نفوذ ریشـــه به قطره‌چکان‌ها را تایید کرده اســـت، لیکن نیاز به انجام مطالعات و تحقیقات کاربردی بیشتری، در رابطه با اثرات متقابل استفاده از این ماده در سیستم آبیاری قطره‌ای بر عملکرد محصول، منابع آب زیرزمینی، و اثرات زیست محیطی آن احساس می‌شود.

## ۷- جمع‌بندی و پیشنهادها

بر اســاس مجموعه مطالعات و بررســی‌های انجام شده در خصوص سامانه‌های آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در کشور موارد زیر پیشنهاد می‌گردد:

- اســتفاده از این ســامانه در مناطقی که میزان بارندگی ســالیانه آن کمتر از ۴۵۰ میلی‌متر می باشد به مدیریت خاصی نیاز دارد. با توجه به اینکه در این مناطق میزان بارندگی قابل قبولی برای هدایت شــوری از ســطح خاک به لایه‌های زیر ناحیه ریشــه وجود ندارد، لازم اســت نیاز آبشویی سالیانه مزارع و باغات با استفاده از یک روش دیگر آبیاری مانند بارانی یا آبیاری غرقابی تامین گردد.
- بــا توجــه بــه محــدودیــت کیفی آب در منــاطق خشـــک و نیمه خشـــک و قرار گرفتن قطره‌چکان‌ها در زیر سطح خاک در قطره‌ای زیرسطحی و عدم امکان کنترل بصری آبدهی قطره‌چکان‌ها، لازم است که در زمان طراحی این سامانه دقت بیشتری انجام گردد و ضمن تجهیز بخش فیلتراســـیون بــه تجهیزات مورد نیــاز و در نظر گرفتن تمهیدات لازم جهت جلوگیری از گرفتگی قطره‌چکان‌ها، از قطره چکانهایی استفاده شود که محدودیت کمتری نسبت به گرفتگی دارند.
- مدیریت مزرعه برای جلوگیری از تجمع املاح در ســطح خاک در شــرایط کاربرد آب شور در سامانه آبیاری زیرسطحی ضروری است.
- آبدهی، عمق نصــب و فاصله قطره‌چکان‌ها از یکدیگر، در بافت‌های مختلف خاک، مدیریت کاربرد اســید و علف‌کش‌ها از عوامل موثر در عملکرد ســامانه آبیاری قطره‌ای زیرســطحی هستند که لازم است مورد توجه قرار گیرند.
- عدم تزریق‌ترفلان به‌مرورزمان منجر به تجمع ریشــه در اطراف قطره‌چکان شــده و آبدهی قطره‌چکان‌ها با ورود ریشه به داخل منافذ نازل‌ها به مخاطره خواهد افتاد. لذا تزریق‌ترفلان و یا راهکارهای مشــابه در ســامانه آبیاری زیرســطحی می‌توان اســتفاده کرد. لیکن نیاز به انجام مطالعات و تحقیقات کاربردی بیشتری، در رابطه با اثرات متقابل استفاده از این ماده

در آبیاری قطره‌ای بر کیفیت محصـول، منابع آب زیرزمینی، و اثرات زیسـت محیطی آن احساس می‌گردد.

## ۸- منابع

اکبری، م .، ح . صـدرقاین و ع. گرجی . ۱۳۹۴ . عملکرد قطره‌چکان‌ها در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی (SDI) درختـان زردآلو . گزارش پژوهشـی نهـایی طرح تحقیقاتی . سـازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی.

Martinse, H., Bar, Y., Sef, B. and kafkafi, U. 1991. Effect of surface and subsurface drip irrigation on sweet corn rooting, ۳۸ adica, dry mater production and yield. Irrig. Sci. 12: 3, 153-159.

Oron G, De Malach Y, Gillerman L, David I, Lurie S. 2002. Effect of water salinity and irrigation technology on yield and quality of pears. Biosystems Engineering, 81, 237-247.

Payero, J.O., Tarkalson, D.D., Irmak, S., Davison, D., Peterson, G. 2008. "Effect of irrigation amounts applied with subsurface drip irrigation on corn evapotranspiration, yield, water use efficiency, and dry matter production in a semiarid climate". Agricultural Water management Journal.95:895-908.

Rubens, D.C., Luis, F.F., 2003. Comparing drippers for root intrusion in subsurface drip irrigation applied to citrus and coffee crops. In: Proceedings of the ASAE Annual International Meeting, Nevada, USA, pp. 626–641.

Yu, Y.D., Shihong, G., Di, X., Jiandong, W., Xiaopeng, Ma., 2010. Effects of Treflan injection on winter wheat growth and root clogging of subsurface drippers. Agricultural Water Management. 97(5): 723-730

# توسعه شبکه‌های آبیاری و زهکشی: چالش‌ها و راهکارها

**نادر عباسی و رضا بهراملو**
**اعضای هیات علمی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران**

## ۱- مقدمه

احداث شبکه‌های آبیاری و زهکشی مدرن در کشور بعنوان یکی از راهکارهای اساسی سازگاری با وضعیت بحرانی منابع آب و استفاده بهینه از منابع محدودآب همواره مورد توجه بوده است. خوشبختانه درسال‌های اخیر اهتمام جدی واقدامات قابل توجهی درخصوص مدیریت تامین، انتقال و مصرف آب صورت گرفته است. به‌طوریکه در این راستا، تاکنون بیش از ۲ میلیون هکتار از اراضی تحت کشت آبی به شبکه‌های مدرن آبیاری و زهکشی مجهز گردیده است. این درحالی است که براساس برنامه‌های توسعه‌ای کشور و پتانسیل‌های موجود این رقم به حدود ۴ میلیون هکتار قابل افزایش است. بدین ترتیب هنوز از نظر کمی توان بالقوه زیادی در افزایش سطح زیر شبکه‌های مدرن آبیاری و زهکشی وجود دارد و با انجام این مهم حجم زیادی از منابع آب و خاک کشور در چرخه تولید قرار می‌گیرد. از طرف دیگر بررسی‌های انجام شده در خصوص عملکرد و وضعیت بهره‌برداری این شبکه‌ها نشان داده‌اند که اغلب آنها در مراحل مختلف بهره‌برداری دچار مسائل و مشکلات عدیده‌ای می‌گردند که در اثر این مشکلات اهداف اولیه این طرح‌ها مورد مخاطره قرار می‌گیرد. این مسائل که اغلب بصورت تخریب سازه‌ها بروز می‌نمایند، معلول عوامل متعددی نظیر مسائل مربوط به طراحی، اجراء، کیفیت مصالح مورد استفاده، وضعیت بهره‌برداری و نگهداری، مسائل اجتماعی و فرهنگی و شرایط ژئوتکنیکی بستر و تکیه‌گاه سازه‌ها می‌باشند. نتایج مطالعات و تحقیقات انجام شده در این خصوص نشان داده‌اند که عدم توجه به مسائل کیفی در کنار توسعه کمی نه تنها باعث تخریب سازه‌ها در سال‌های اول بهره‌برداری گردیده، بلکه امر اصلاح و بازسازی را مشکل و غیر اقتصادی می‌نماید. با عنایت به مباحث کوتاه عنوان شده می‌توان دریافت که همزمان با توسعه شبکه‌های آبیاری و زهکشی توجه و اهتمام ویژه به شاخص‌های کیفی و ارزیابی مستمر اثر بخشی این‌گونه پروژه‌ها امری لازم و اجتناب‌ناپذیر است.

## ۲- تبیین وضع موجود

### ۲-۱- وضعیت اراضی کشاورزی

بر اساس آخرین آمار رسمی کشور وسعت کل کشور ایران ۱۶۵ میلیون هکتار است که از این مقدار ۵۱ میلیون هکتار قابل کشت است. همچنین وسعت کل اراضی کشاورزی کشور حدود ۱۶/۵ میلیون هکتار است که از آن حدود ۴۶/۲ درصد (۷/۶ میلیون هکتار) آبی بوده و مابقی دیم می‌باشد. از کل اراضی آبی، ۷۸/۷ درصد (۶ میلیون هکتار) زراعی بوده و مابقی به صورت باغ و قلمستان می‌باشد (جدول ۱).

**جدول ۱- وضعیت اراضی زراعی و باغی کشور(منبع: مرکز آمار ایران، سال ۹۳**

| وسعت اراضی | کل | آبی | دیم |
|---|---|---|---|
| وسعت کل اراضی کشور (میلیون هکتار) | ۱۶/۵ | ۷/۶<br>اراضی زراعی: ۶<br>باغ و قلمستان: ۱/۶ | ۸/۹<br>اراضی زراعی: ۸/۷<br>باغ و قلمستان: ۰/۲ |
| درصد اراضی | ۱۰۰ | ۴۶ | ۵۴ |

### ۲-۲- وضعیت منابع آب

از کل منابع آبی تجدیدپذیر کشور که حدود ۱۳۰میلیارد متر مکعب در سال است، در حال حاضر قریب به ۸۸/۵ میلیارد متر مکعب آن برای مصارف مختلف کشاورزی، شرب، صنعت و سایر مصارف عمومی استفاده می شود. گرچه سهم دقیق هریک از بخش‌های مذکور مورد مناقشه کارشناسان صنعت آب بوده و اقداماتی نیز در حال حاضر جهت تعیین میزان مصرف آب در هر یک از این بخش‌ها در حال انجام است ولی آنچه مسلم است بخش اعظم این مصارف در بخش کشاورزی است و طبیعتا هر گونه سرمایه گذاری و برنامه‌ریزی برای استفاده اصولی از منابع آب در بخش کشاورزی از کارآمدی و اثر بخشی بیشتری در جهت صرفه جویی از منابع محدود آب کشور خواهد داشت. البته روشن است که ابتدا بایستی از تلفات آب موجود جلوگیری و سپس به فکر توسعه بهره‌برداری اصولی از منابع آب افتاد. از لحاظ توسعه بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی اکثر نقاط کشور دارای وضعیت بحرانی بوده و برای جلوگیری از تشدید بحران در آب‌های زیرزمینی باید به توسعه بهره‌برداری از منابع آب‌های سطحی به کمک شبکه‌های مدرن آبیاری و زهکشی توجه خاصی نمود.

### ۲-۳- وضعیت اراضی آبی زیر سدها

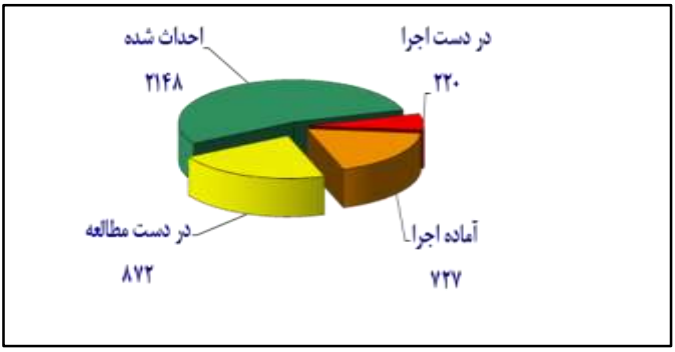
سدسازی در ایران طی چند دهه اخیر با اهداف مختلف از جمله تولید انرژی برقابی، مهار سیلاب، تأمین آب شرب و آبیاری مورد توجه بوده است. بی شک تامین و تنظیم آب برای آبیاری اراضی کشاورزی یکی از اهداف اصلی و عمده صنعت سد سازی در کشور در طول سال‌های اخیر بوده است. مشخصات سدهای ایران از نظرتعداد و سطح زیر کشت اراضی در پایاب سدها به تفکیک فازهای مختلف عملیاتی در جدول ۲ ارائه شده است. همچنین تعداد سدهای خاتمه یافته در دهه‌های ۶۰، ۷۰، ۸۰ و ۹۰ به ترتیب ۱۲، ۲۳، ۳۳ و ۳۰ مورد بوده است.

**جدول ۲- مشخصات سدهای ایران به تفکیک فازهای مختلف عملیاتی**

| مشخصات سدهای کشور | فازهای عملیاتی | | | جمع |
|---|---|---|---|---|
| | در حال بهره برداری | در حال ساخت | در دست مطالعه | |
| تعداد | ۶۴۷ | ۱۴۶ | ۵۳۷ | ۱۳۳۰ |
| وسعت اراضی (میلیون هکتار) | ۲/۴۵۷ | ۰/۸۹۵ | ۱/۰۰۶ | ۴/۳۵۸ |

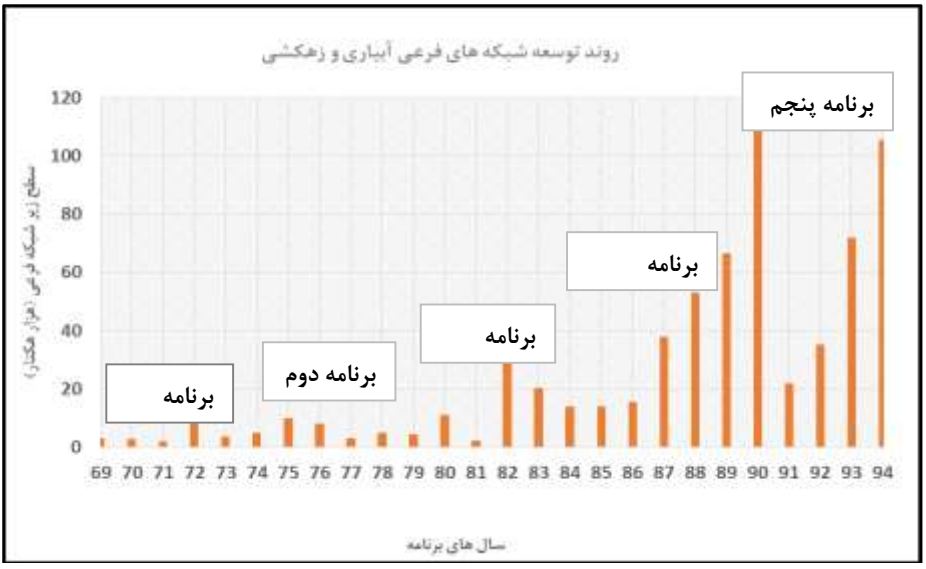
### ۲-۴- وضعیت شبکه‌های اصلی و فرعی آبیاری و زهکشی

به دنبال توسعه سد سازی و همزمان با بهره برداری از سدهای ساخته شده اغلب آن‌ها به شبکه‌های مدرن آبیاری و زهکشی مجهز گردیدند. در حال حاضر حدود ۲/۱۴۸ میلیون هکتار از اراضی زراعی پایاب سدهای در حال بهره برداری که از لحاظ وسعت بسیار متفاوت و از حدود ۳۰۰ هزار هکتار(اراضی پایاب سد کرخه ) تا شبکه های کوچک با وسعتی کمتر از ۱۰۰ هکتار را در بر می‌گیرد، تحت پوشش شبکه‌های اصلی آبیاری و زهکشی قرار گرفته است. وسعت اراضی تحت پوشش شبکه های اصلی آبیاری و زهکشی در پایاب سدها به تفکیک فازهای عملیاتی مطابق شکل ۱ بوده که در صورت تکمیل کلیه سدهای در دست اجرا و مطالعه در مجموع به حدود ۴ میلیون هکتار خواهد رسید.




**شکل ۱- وضعیت شبکه‌های اصلی آبیاری و زهکشی به هزار هکتار (رضوی نبوی، ۱۳۹۳)**

همزمان با احداث شبکه‌های اصلی آبیاری و زهکشی که مسئولیت اجرایی آن بر عهده وزارت نیرو و شرکت‌های تابعه می‌باشد، وظیفه توسعه شبکه‌های فرعی آبیاری و زهکشی مشتمل بر کانال‌های انتقال و توزیع درجه ۳ و ۴ ، تجهیز و نوسازی اراضی، پوشش انهار سنتی و عمومی نیز بر عهده وزارت جهادکشاورزی بوده و در این راستا اقداماتی نیز توسط این وزارتخانه در طی سال‌های اخیر صورت گرفته است. روند توسعه شبکه‌های فرعی آبیاری طی سال‌های مختلف برنامه‌های توسعه‌های کشور از ابتدای برنامه اول( سال ۱۳۶۹) تا اواخر برنامه پنجم (سال ۱۳۹۴) در شکل ۲ نشان داده شده است.



**شکل ۲- روند توسعه شبکه‌های فرعی آبیاری و زهکشی طی برنامه های مختلف توسعه**

**۲-۵- جمع‌بندی وضع موجود**

با توجه به آمار و اطلاعات ارائه شده در خصوص وضعیت موجود شبکه‌های مدرن آبیاری و زهکشی کشور نکات فنی و مدیریتی متعددی به شرح زیر قابل استنتاج می باشند:

- خشکی در ایران یک واقعیت اقلیمی است و بر اساس تقسیم بندی سازمان‌های جهانی منابع آب، اکثر نقاط کشور ایران دارای شرایط بحران فیزیکی آب است.
- توسعه شبکه‌های مدرن آبیاری و زهکشی با هدف استفاده بهینه و پایدار از منابع محدود آب یکی از راهکارهای اصولی برای سازگاری با شرایط بحرانی آب ایران است.
- سدسازی از اولویت‌های اصلی برنامه‌های توسعه‌ای کشور بوده بطوریکه در دهه هفتاد از رشد بسیار چشمگیری نسبت به سال‌های قبل برخوردار بوده است. البته از سال ۱۳۹۰ به بعد توسعه سدسازی در کشور روند کاهشی داشته است.
- علی‌رغم جدیت در توسعه پروژه‌های سد سازی، احداث شبکه‌های آبیاری و زهکشی متناسب با توسعه سدها صورت نگرفته است.
- توسعه شبکه‌های اصلی آبیاری و زهکشی هرچند هماهنگ و همزمان با توسعه سدها نبوده است ولی به لحاظ کمی از پیشرفت خوبی برخوردار بوده است.
- احداث شبکه‌های فرعی آبیاری و زهکشی نسبت به شبکه‌های اصلی از عقب افتادگی فاحشی برخوردار است.
- عقب افتادگی قابل ملاحظه‌ای در احداث کل شبکه‌ها نسبت به سد سازی وجود دارد.
- بطورکلی می‌توان گفت توسعه سدها و شبکه‌های اصلی و فرعی آبیاری و زهکشی هم از نظر زمانی و هم از نظر مکانی ناهماهنگ بوده است. بطوریکه در بسیاری از موارد شبکه اصلی تکمیل شده ولی هنوز شبکه فرعی اجرا نشده است و برعکس. حتی در مواردی نیز شبکه‌های اصلی و فرعی اجرا شده ولی تامین آب از سد ممکن نیست.
- در مجموع علیرغم اقدامات شایان و سرمایه گذاری‌های کلان صورت گرفته، هدف اصلی این پروژه که همان بهره‌برداری از این تاسیسات و استفاده بهینه از منابع آب و افزایش تولید به ازای واحد حجم آب است، محقق نشده است.
- با تکمیل کل طرح‌های سدسازی حداکثر نیمی از اراضی آبی کشور زیر سدها و شبکه‌های مدرن خواهد بود و حدود نیمی دیگر از اراضی آبی کشور، زیر دست سایر منابع (چاه، چشمه، و....) و بصورت سنتی باقی خواهد ماند.

## ۳- چالش‌ها و مشکلات موجود در شبکه‌های آبیاری و زهکشی

همانطوری‌که که اشاره شد، از یک طرف هنوز از نظر کمی توان بالقوه زیادی در افزایش سطح اراضی زیر شبکه‌های مدرن آبیاری و زهکشی وجود دارد و با انجام این مهم حجم زیادی از منابع آب و خاک کشور در چرخه تولید قرار می‌گیرد و از طرف دیگر بررسی‌های انجام شده در خصوص عملکرد و وضعیت بهره‌برداری این شبکه‌ها نشان می‌دهند که اغلب شبکه‌های اجرا شده در مراحل مختلف بهره‌برداری دچار مسائل و مشکلات عدیده‌ای می‌گردند که در اثر این مشکلات، اهداف اولیه این طرح‌ها مورد مخاطره قرار می‌گیرد. مشکلات مبتلابه شبکه‌های آبیاری و زهکشی از نظر نوع ، ماهیت، علل و عوامل ایجاد، میزان اثرگذاری، امکان اصلاح و ... در شبکه‌های مختلف متفاوت بوده و دارای طیف بسیار وسیعی از عوامل می‌باشند که اغلب بصورت‌های زیر نمود پیدا می‌کنند:

- تخریب سازه‌ها و تاسیسات به‌ویژه پوشش کانال به شکل‌های مختلف
- عملکرد نامناسب سازه‌های تنظیم وتوزیع آب
- تجمع رسوب و رویش علف‌های هرز در جداره کانال
- پایین بودن راندمان شبکه
- افت کیفی منابع آب و خاک
- بروز مسائل اجتماعی و فرهنگی متعدد

با این حال کلیه این موارد در قالب دو گروه کلی مسائل مدیریتی و سیاستگذاری و عوامل فنی و اجرایی قابل تفکیک می باشند که در این بخش این دو گروه به طور اجمالی مورد بحث قرار می‌گیرند.

### ۳-۱- مسائل مدیریتی و سیاستگذاری

بررسی‌های انجام شده در خصوص وضعیت شبکه‌های آبیاری و زهکشی اجرا شده و برخی مسائل و ناهماهنگی‌های موجود که اثربخشی آن‌ها را تهدید می‌نماید به واسطه مسائل و مشکلات مربوط به سیاستگذاری‌ها و جنبه‌های مدیریتی و حکمرانی‌های غیر اصولی است. نهادینه نشدن مدیریت بهم‌پیوسته منابع آب در حوضه‌های آبریز، همسو نبودن سیاست‌ها و برنامه‌های بخش‌های مختلف مرتبط با مسائل آب در کشور، عدم نگاه به آب به عنوان یک کالای اقتصادی و اجتماعی، رویکرد سازهای به آب و توسعه بخش‌های مصرف کشاورزی و صنعت بدون درنظر گرفتن پتانسیل‌های آبی مناطق مختلف، طولانی بودن زمان ساخت و ساز شبکه‌ها به دلیل تناسب ضعیف اعتبارات تخصیصی با فصول کاری از جمله مسائل مدیریتی مبتلابه شبکه‌های آبیاری و زهکشی

است که به واسطه این، آنها و موارد متعدد دیگری بهره‌برداری مناسب از شبکه‌ها با مشکلاتی همراه شده است.

### ۳-۲- مسائل فنی و اجرایی

مطالعات و بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهند علاوه بر مسائل مدیریتی منشا بسیاری از مشکلات شبکه‌ها، مسائل فنی و اجرایی است. علیرغم اینکه برخی از علل و منشا ایجاد مشکلات در شبکه‌های آبیاری و زهکشی ناشی از شرایط خاص هر شبکه می‌باشد ولی موارد فنی و اجرایی ایجاد مشکلات در اغلب شبکه‌ها تقریبا یکسان بوده که به شرح زیر قابل طبقه‌بندی هستند.

**الف) مسائل مربوط به طراحی**

بخشی از مشکلات موجود در شبکه‌های کشور ناشی از عدم توجه و یا کم توجهی به معیارهای طراحی اجزای مختلف شبکه‌ها بوده است. از مهمترین موارد مربوط به ضعف طراحی در شبکه‌های اجرا شده می توان به مواردی نظیر؛ عدم پیش بینی سیستم رسوبگیر در ابتدای شبکه به دلیل هزینه بالای آن، ضعف در طراحی هیدرولیکی مقطع کانال، عدم استفاده از شاخص‌های دوام برای ارائه طرح اختلاط بتن در زمان طراحی، طراحی نامناسب و یا عدم پیش بینی سیستم آبندی و درزهای انبساطی، استفاده از پوشش یکسان در مناطق مختلف و عدم بررسی گزینه‌های مختلف پوشش، پیش‌بینی ضعیف تمهیدات حفاظتی و ایمنی شبکه‌ها و استفاده از عدد ۰/۰۱۴ بعنوان ضریب مانینگ در طراحی اولیه پوشش کانال‌ها اشاره کرد.

**ب)کیفیت مصالح و اجرا**

عدم توجه به دوام بتن درشرایط مختلف اقلیمی کشور، مقاومت محور بودن ارزیابی بتن بجای دوام محوری، کیفیت نامناسب مخلوط بتن، بتن‌ریزی و عمل‌آوری، عدم دقت دراجرای درزهای انبساطی وانتخاب ماده پرکننده آن، پرداخت نامناسب سطح پوشش، عقیم نشدن خاک بستر در مقابل علف‌های هرز، اجرای نامناسب سیستم‌های زهکشی سطحی و خاکریز مجاور کانال‌ها از جمله مهمترین مسائل مربوط به کیفیت مصالح و مشکلات اجرایی موجود در شبکه‌های آبیاری کشور هستند.

**پ) بهره‌برداری و نگهداری**

برخی از مشکلات بهره‌برداری و نگهداری موجود در شبکه‌های آبیاری کشور عبارتند از: تردد وسایط نقلیه سنگین در مجاورت کانال، عدم لایروبی به موقع ویا لایروبی نامناسب وخسارت دیدن پوشش، عدم اجرای تعمیرات وبازدیدهای مستمر وسالیانه، عدم کنترل رشد علف‌های هرز در کانال‌ها، پایین بودن سطح آگاهی بهره‌برداران، عدم رعایت حریم کانال‌ها، عدم استفاده از مشارکت بهره‌برداران در تعمیر و نگهداری، ضعف در آموزش بهره‌برداران جهت بهره‌برداری بهینه از شبکه‌ها

**ت) مسائل ژئوتکنیکی بستر**

علیرغم توجه ویژه و خاص به مطالعات ژئوتکنیکی در اغلب سازه‌های عمرانی، متاسفانه در مطالعات اولیه مربوط به پروژه‌های شبکه‌های آبیاری و زهکشی به جنبه‌ها و ویژگی‌های ژئوتکنیکی بستر به بهانه سبک بودن سازه، توجه جدی صورت نمی‌گیرد. در حالی‌که این گونه پروژه‌ها به دلیل ماهیت خطی آن‌ها، ساختارهای زمین‌شناسی متنوعی را در بر گرفته و همواره در تماس با آب هستند. لذا به واسطه عدم انجام مطالعات ژئوتکنیک و یا مطالعات ناقص آن و در نتیجه عدم شناخت صحیح ماهیت رفتاری خاک بستر، سازه‌های آبی و به ویژه پوشش بتنی کانال‌های آبیاری در اثر ناپایداری بستر مورد تخریب و تهدید قرار می‌گیرند.

**ث) مسائل فرهنگی و اجتماعی**

اصولا توجه به مسائل فرهنگی واجتماعی ساکنین منطقه یکی از ملاحظات مهم و اجتناب ناپذیر در طراحی و اجرای اکثر پروژه‌های عمرانی می‌باشد. در شبکه‌های آبیاری و زهکشی که زارعین منطقه و بهره‌برداران در ارتباط مستقیم با عملکرد و بهره برداری از شبکه می‌باشند، این موضوع از اهمیت دو چندانی برخوردار می‌باشد. در ایران این موضوع کمتر مورد توجه بوده که به تبع آن مسائل عدیده‌ای متوجه شبکه‌های آبیاری وهمچنین مسئولان بهره‌برداری و زارعین گردیده است. امروزه بسیاری از مشکلات بهره‌برداری از شبکه‌های آبیاری به دلیل تفکر سازه‌ای مسئولین و طراحان و عدم مشارکت دادن بهره‌برداران در امور مختلف شبکه‌ها و ضعف تشکل‌های آب‌بران صورت می‌گیرد.

**و) مسائل زیست محیطی**

یکی دیگر از مسائل فنی که باعث بروز مشکلات جدی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی شده است، عدم توجه کافی به جنبه‌های زیست محیطی پروژه‌های آبیاری و زهکشی و عدم ارزیابی اثرات زیست‌محیطی طرح‌های توسعه شبکه‌های آبیاری و زهکشی‌در مراحل مختلف برخی از پروژه‌ها بوده است. در مواجهه با افت کیفی منابع آب در شبکه‌ها، می‌توان با رعایت کردن سهم زیست محیطی رودخانه و رهاسازی مقدار آب اکولوژیکی منطقه از ایجاد آلودگی و بیماری‌های واگیر در مسیر رودخانه و همچنین از افزایش بیش از حد غلظت املاح به دلیل کمبود آب نیز جلوگیری کرد.

## ۳- توصیه‌ها و راهکارهای پیشنهادی

با عنایت به مباحث کوتاه عنوان شده می‌توان نتیجه‌گیری نمود که اولا درگذشته توسعه فیزیکی شبکه‌ها متناسب با احداث سدها نبوده است و هنوز پتانسیل زیادی در احداث شبکه‌های

آبیاری و زهکشی سدهای ساخته شده و یا در حال ساخت وجود دارد که بایستی مورد اهتمام جدی قرار گیرند. ثانیا در اغلب شبکه‌های احداث شده نیز تنها شبکه اصلی تکمیل گردیده و شبکه‌های فرعی کمتر مورد توجه بوده‌اند. ثالثا اغلب شبکه‌های احداث شده با مسائل و مشکلات عدیده مواجه هستند که این مسائل بهره‌برداری بهینه از شبکه‌ها را مختل می‌نمایند. با توجه به مجموعه مطالعات و بررسی‌های انجام شده و همچنین نتایج تحقیقات صورت گرفته در این خصوص، به منظور جلوگیری از بروز مشکلات مشابه در طرح‌های آتی و مرتفع ساختن بخشی از مشکلات موجود، بهبود وضعیت بهره‌برداری و افزایش کارائی شبکه‌ها، راهکارها وپیشنهاداتی به تفکیک ماهیتی و به شرح زیر ارائه می‌شود:

**راهبردهای اجرایی**

- تکمیل شبکه‌های فرعی آبیاری و زهکشی متناسب با شبکه‌های اصلی و سدها
- استفاده از لوله و یا سایر مجاری بسته برای انتقال و توزیع آب در شبکه‌های فرعی
- توجه کافی به اصلاح سامانه‌های سنتی و مکانیزه کردن روش‌های آبیاری سطحی
- تامین تجهزات و ماشین‌آلات مدرن مورد نیاز پروژه‌های زهکشی
- رفع مشکل منابع آب زیرزمینی در بهره برداری تلفیقی از منابع آب شبکه‌ها
- ساماندهی پیمانکاران و استفاده از پیمانکاران مجرب و مجهز
- تعبیه وسائل اندازه‌گیری جریان در نقاط مهم شبکه
- ایجاد بانک اطلاعاتی دینامیک شبکه‌های آبیاری و زهکشی، قنوات و چشمه‌ها

**راهبردهای مدیریتی و سیاستگذاری**

- ایجاد هماهنگی و تعامل بین دستگاه‌ها و سازمان‌های مرتبط با آب در کشور
- توجه خاص به مسائل غیر سازه‌ای در کنار مسائل سازه‌ای در شبکه‌های آبیاری و زهکشی
- ارتقاء و بهبود قوانین و روش‌های حفاظت از حریم منابع آب
- تدوین ساز و کارهای فنی و قانونی برای اصلاح سامانه‌های سنتی آبیاری
- تقویت و توسعه ساختار تشکل‌های آب‌بران
- تدوین و اصلاح قوانین و مقررات مربوط به واگذاری امور بهره‌برداری به تشکل‌های مردمی
- اصلاح آیین نامه و استانداردهای شبکه‌های فرعی آبیاری بر اساس شرایط بومی مناطق
- ایجاد تعاونی‌های مصرف با حضور بهره‌بردارن، کشاورزان و نهادهای دولتی
- انتقال مدیریت شبکه‌ها به بهره‌برداران و تشکل‌های آب‌بران
- مسائل مرتبط با نظام‌های بهره‌برداری

- اصلاح قوانین در راستای جلوگیری از خرد شدن اراضی و حقابه (اصلاح قانون ارث)
- اصلاح الگوی کشت در راستای استفاده بهینه از آب و تامین امنیت غذایی پایدار
- الزامی نمودن پایش شبکه‌ها
- اصلاح قوانین آب در راستای استفاده بهینه از منابع آب کشور

**راهبردهای فنی**

- مطالعه و اجرای شبکه‌های اصلی و فرعی بر اساس اصل بهره‌برداری تدریجی و بازگشت سرمایه
- توسعه شبکه‌های آبیاری در پایین دست سدهای در دست بهره‌برداری و اجرا
- توجه خاص به مطالعات ژئوتکنیکی شبکه‌ها در طراحی و اجرای شبکه‌های آبیاری
- توجه جدی به مطالعات و ارزیابی‌های زیست محیطی برای کل شبکه‌ها
- اصلاح بندها و آبگیرهای سنتی
- استفاده از مواد و مصالح مناسب با توجه به شرایط محلی وتوجه به پارامترهای دوام
- طراحی دقیق با توجه به شرایط فنی و اجتماعی هر پروژه و پرهیز از نقشه‌های کلیشه ای
- تجهیز، نوسازی و یکپارچه‌سازی اراضی با در نظر گرفتن معیارهای فنی و مسائل اجتماعی
- مشارکت دادن بهره‌بردارن در مراحل مختلف مطالعه، طراحی، اجرا و بهره‌برداری
- استفاده از تجارب ارزشمند گذشته در برنامه‌های توسعه‌ای آتی

**راهبردهای پژوهشی و نظارتی**

- پایش و ارزیابی مداوم راندمان و وضعیت بهره‌برداری و نگهداری شبکه‌ها
- ارزیابی عملکرد فنی پروژه‌های آبیاری و زهکشی موجود
- ارزیابی تاثیر طرح احیاء و تعادل بخشی منابع آب و ادامه مستمر آن با رفع نقاط ضعف‌ها
- ارزیابی اثر بخشی اقدامات زیربنایی انجام شده در خصوص شبکه‌های آبیاری و زهکشی

## ۴- منابع

بهراملو، ر. ۱۳۹۱. تاثیر پوشش بتنی بر کنترل تلفات نشت آب از کانال‌های آبیاری در استان همدان. مجله پژوهش آب ایران. سال ششم. شماره ۱۱. ص: ۷۵-۸۳.

رضوی نبوی، مجتبی. (۱۳۹۳). چالش‌ها و سیاست‌های توسعه شبکه‌های آبیاری. نشست تخصصی نقد و بررسی سیاست‌های توسعه روش‌های آبیاری. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

عباسی، ن. ۱۳۸۷. برنامه راهبردی اصلاح و بهینه‌سازی شبکه‌های آبیاری و زهکشی. گزارش نهایی شماره ۱۶۹. مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی.

عباسی، ن، کیانی، ع، اخوان،ک. و مامن پوش، ع. ۱۳۹۵. بررسی سازه‌های تنظیم وتوزیع آب در شبکه‌های فرعی آبیاری. گزارش نهایی شماره ۱۶۹. مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی.

# پوشش کانال‌های آبیاری: چالش‌ها و راهکارها

**رضا بهراملو و نادر عباسی**
**به ترتیب اعضای هیات علمی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی همدان و مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران**

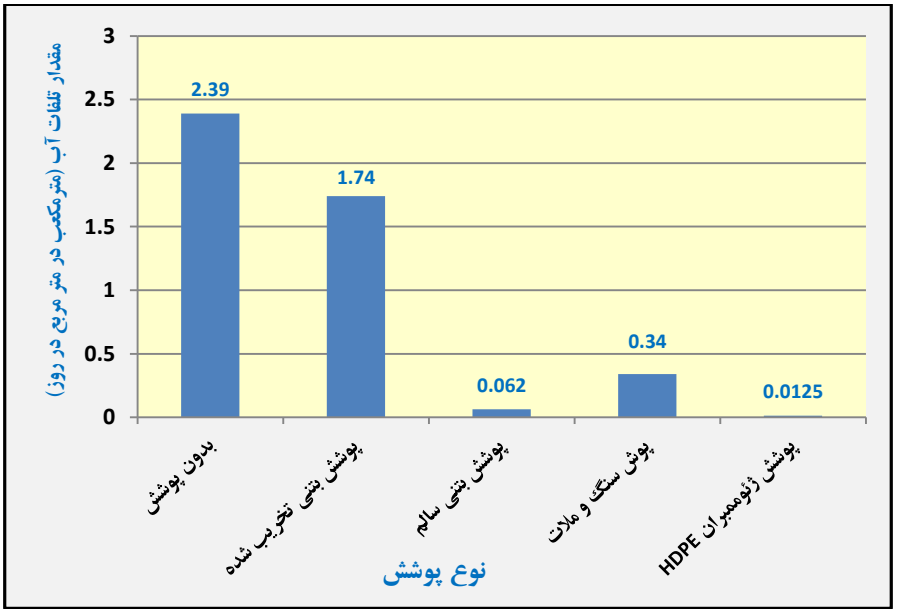
## ۱- مقدمه

پوشش کانال‌های آبیاری عبارت است از پوشاندن قسمتی از بدنه یا کل کانال به منظور جلوگیری از فرسایش، نشت آب و کاهش اصطکاک در مقابل جریان. سیستم‌های انتقال و توزیع آب آبیاری با این هدف طراحی می‌شوند که آب تامین شده در محل منبع آب (سطحی یا زیرزمینی) را تا حد امکان به صورت کامل و با کمترین تلفات به ابتدای قطعه برسانند. تلفات آب در این مسیر شامل نشت آب از جداره کانال‌ها و تلفات تبخیر از سطح آب می‌باشد. بر اساس تحقیقات انجام شده، تلفات تبخیر از سطح آب در مخازن ذخیره و کانال‌های آبیاری کم‌تر از ۵ درصد بوده و عمده تلفات به صورت نشت از بستر کانال‌ها می‌باشد. به همین دلیل برای کاهش تلفات و استفاده بهینه از آب تامین شده، بایستی برنامه‌ریزی‌ها و تمهیدات لازم اندیشیده شود. در ادامه این بحث، وضعیت موجود تلفات آب در سیستم‌های انتقال آب، مسائل و مشکلات موجود در پوشش و کاهش تلفات آب در آن‌ها و در نهایت راهکارهای رفع این مشکلات و جلوگیری از تلفات آب و اطمینان از مفید بودن سرمایه‌گذاری در مناطق و شرایط مختلف کشور ارائه شده است.

## ۲- تبیین وضع موجود

پوشش انهار سنتی به منظور کاهش تلفات انتقال در دهه‌های اخیر مورد توجه خاص مسوولین و کارشناسان قرار گرفته است. برای پوشش کانال‌ها مصالح مختلفی از جمله خاک-سیمان، سنگ و ملات، بتن و اخیرا ژئوممبران مورد استفاده قرار می‌گیرد. هر کدام از این پوشش‌ها تاثیر متفاوتی بر جلوگیری از تلفات نشت آب داشته و برای مناطق مختلف بایستی مورد بررسی قرار گیرند. بر اساس تحقیقات و ارزیابی‌های انجام شده در نقاط مختلف کشور، این پروژه ملی از کارایی مطلوب مورد نظر برخوردار نبوده و نتوانسته هدف اصلی که همان کاهش تلفات نشت می‌باشد را برآورده سازد.

بر اساس نتایج چندین ساله تحقیقات در مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی (شکل ۱)، مقادیر تلفات نشت در پوشش‌های مختلف در کانال‌های آبیاری در شرایط موجود ارائه شده است.




**شکل ۱- مقادیر تلفات نشت در پوشش‌های مختلف و بدون پوشش در کانال‌های آبیاری**

بر اساس بررسی‌های انجام شده در نقاط مختلف کشور، رایج‌ترین نوع پوشش در کانال‌های آبیاری، بتن بوده و عمده‌ترین مشکلات نیز در این نوع پوشش می‌باشد و سایر پوشش‌ها از مشکلات عمده‌ای برخوردار نیستند. مشکل اصلی موجود در کانال‌های آبیاری با پوشش بتنی ترک‌خوردگی و تخریب پوشش خیلی زودتر از پایان یافتن طول عمر آن‌ها می‌باشد. این مشکل منجر به برآورده نشدن انتظارات در کنترل تلفات نشت آب و هدر رفتن سرمایه‌گذاری انجام شده در آن‌ها شده است (عباسی، ۱۳۸۷).

## ۳- چالش‌ها و مسائل

بر مبنای بررسی‌های انجام شده، مسائل و مشکلات موجود در پوشش کانال‌های آبیاری در نقاط مختلف کشور شامل راندمان انتقال و توزیع پائین و تلفات بیش از اندازه مورد انتظار و برآورده نشدن اهداف در آن‌ها می‌باشد. عوامل اصلی در برآورده نشدن اهداف مورد انتظار از کانال‌های پوشش شده در اثر یک یا چند عامل زیر باهم می‌باشد:

**الف- شناخت ناکافی از مصالح**

شـاید یکی از دلائل ریسـک‌ناپذیری مدیران و کارشناسان طراح و مجری، عدم شناخت کافی از مصـالح مختلف نسـبت به همدیگر باشـد. اگر نتایج تحقیقات و مطالعات انجام شـده بر روی مصالح مختلف از لحاظ میزان کنترل تلفات نشـــت، هزینه اجرا، ســـهولت اجرا، مدت زمان لازم برای اجرا موجود و در دسترس تصمیم‌گیران و کارفرمایان باشد، تصمیم‌گیری در انتخاب مصالح مناسب برای منطقه مورد نظر آسان‌تر خواهد شد.

**ب- ریسک‌ناپذیری مدیران و کارفرمایان در استفاده از مصالح نوین**

در سـال‌های اخیر همزمان با پیشـرفت علوم در عرصـه‌های مختلف و به خصـوص در صـنعت مشـتقات نفت و پلی‌اتیلن، مصـالح جدیدی تولید شده است که ضمن سهولت اجرا، از دوام، کارایی، توجیه‌پذیری اقتصـادی و آب‌بندی بسـیار خوبی جهت استفاده در کانال‌های آبیاری مناطق مختلف کشـور و شـرایط بسـتر متنوع برخوردار بوده و می‌تواند به راحتی مورد استفاده قرار گیرد. ولی اکثر کارفرمایان و مدیران عادت کرده‌اند که از مصـالح رایج (پوشش بتنی) که به نظر آن‌ها شاید ریسک کمتری داشـته‌باشـد، اسـتفاده نمایند و این مسـئله منجر به عدم اسـتفاده از مزایای فراوان مصالح مدرن شده است.

همانگونه که مطرح شد، رایج‌ترین نوع پوشش در کانال‌های آبیاری، پوشش بتنی است، ولی این نوع پوشش، در همه نقاط از موفقیت لازم برخوردار نبوده و همه اهداف مورد انتظار را برآورده ننموده است.

**پ- کاربرد پوشش بتنی با طرح اختلاط یکسان برای همه مناطق کشور**

طرح اختلاط بتن مورد اسـتفاده برای پوشش کانال‌های آبیاری در نقاط مختلف کشور با اقلیم و شـرایط خاک بسـتر متفاوت، تقریبا یکسـان بوده و بدون در نظر گرفتن شـرایط دوام بتن در مقابل نیروهای غالب و مخرب مناطق اجرا می‌گردد. بتن بادوام در مناطق سردسیر (همانند همدان، اردبیل و ...)، گرم و خشـک (همانند کرمان و...)، سـواحل دریاها و .. باهمدیگر متفاوت بوده و بایستی برای شـــرایط مورد نظر طرح و اجرا شـــود. دلیل این موضـــوع این اســـت که نیروی مخرب در مناطق سـردسـیر،گرمسـیر و مناطق سـاحلی و آب‌های بدون کیفیت به ترتیب سیکل‌های ذوب-یخبندان، سیکل‌های تر و خشک‌شدن، زنگ زدگی آرماتور و حمله اسیدها و سولفات‌ها می‌باشد.

**ت- کم توجهی به شرایط ویژه بتن در کانال‌ها**

بتن مورد اســـتفاده در کانال‌های آبیاری به دلیل اینکه از ســـطح فوقانی و زیرین به ترتیب در تماس دائم با آب و خاک بسـتر اشـباع اسـت، با سـاختمان‌های مسـکونی متفاوت بوده و بیشتر در معرض عوامل طبیعی و تخریب می‌باشـد. از طرف دیگر ضـخامت این نوع پوشـش کمتر از سـایر

سازه‌ها بوده و عمدتا غیر مسلح می‌باشد. متخصصین بتن محض اغلب شناخت کافی از این شرایط ویژه نداشته، و بجای ارائه شاخص‌های عملکردی در شرایط محیطی، به ارائه شاخص‌های تجویزی پرداخته‌اند که پاسخگوی بخش کشاورزی نیست. از طرف دیگر مشاورین و پیمانکاران بخش کشاورزی نیز تدوین پارامترهای دوام و تضمین کیفیت بتن را از تخصص و وظایف متخصصین عمران و بتن دانسته و به شاخص‌های موجود اکتفا می‌کنند.

**ث- عکس‌العمل‌های متفاوت بتن در مقابل اجزاء، نسبت‌ها و تهیه و اجرا**

بتن شامل ترکیب مصالح و روش تهیه و اجرا بوده و هیچگاه نمی‌توان حتی برای پروژه‌های مختلف در یک منطقه نسخه ثابتی ارائه کرد، و لذا بایستی قبل از آن شناخت کافی از بستر، اقلیم و مصالح بتن (آب، سنگدانه، سیمان و افزودنی‌ها) در دسترس باشد. در حالیکه در پروژه‌های مختلف پوشش کانال‌های اغلب مناطق کشور از یک نسبت ثابت اجزاء و روش اجرای یکسان استفاده می‌گردد که این مسئله ممکن است در مناطقی بادوام و در شرایط دیگر فاقد دوام لازم بوده و تخریب و ترک‌خوردگی را به دنبال داشته باشد.

**ج- مقاومت‌محوری به‌جای دوام‌محوری در پوشش بتنی کانال‌های آبیاری**

هدف از اجرای پوشش بتنی در کانال‌های آبیاری، تحمل بار و فشار نیست، بلکه در آن‌ها هدف کنترل تلفات نشت آب در شرایط نیروی غالب مناطق مختلف می‌باشد. لذا معیارهای ارزیابی کیفیت و تایید عملکرد پیمانکاران بایستی دستیابی به پارامترهای دوام بتن در شرایط خاص آن پروژه باشد، در حالی‌که در حال حاضر ملاک ارزیابی تنها مقاومت فشاری است که نمی‌تواند تایید کننده سلامت پروژه در طول عمر آن باشد.

**چ- عدم استفاده از مشارکت بهره‌برداران**

در خیلی از پروژه‌ها بهره‌بردار وقتی متوجه اجرای پروژه در منطقه می‌شود که پیمانکار مشغول به کار می‌گردد، خیلی از شکستگی‌ها و دستکاری‌های اولیه که منجر به نفوذ آب و مواد زائی و ایجاد تخریب‌های تدریجی بعدی می‌گردد، در اثر همین پدیده و کم توجهی به نظر بهره‌برداران می‌باشد.

**ح- عدم تاثیر پوشش بتنی تخریب‌شده بر کنترل تلفات آب**

در جدول ۱ مقادیر تلفات نشت آب در بستر بدون پوشش و پوشش بتنی تخریب شده در کانال‌ها و مخازن ارائه شده است. بهراملو (۱۳۹۰) بر اساس کارهای انجام شده نتیجه‌گیری نمودند که در صورت ترک‌خوردگی و تخریب پوشش بتنی، اختلاف معنی‌داری بین کانال بدون پوشش و

کانال با پوشش بتنی تخریب‌شده نبوده و در نتیجه این پوشش تاثیری در کنترل تلفات نشت آب در کانال‌های آبیاری نخواهد داشت.

**جدول ۱- میزان نشت آب از کانال‌ها و مخازن با پوشش‌های مختلف**

| ردیف | نوع پوشش مخازن یا کانال | میزان تلفات نشت (مترمکعب در هر مترمربع در روز) | میانگین نشت (مترمکعب در هر مترمربع در روز) |
|---|---|---|---|
| ۱ | بدون پوشش | ۳/۱۶- ۱/۳۲ | ۲/۳۹ |
| ۲ | پوشش بتنی تخریب شده | ۲/۷۵-۰/۹۲ | ۱/۷۴ |

**خ- نبود توجیه اقتصادی برای پوشش بتنی بی‌دوام**

بر اساس یافته‌های تحقیقاتی (بهراملو و سیدان، ۱۳۹۰)، پوشش بتنی در آن دسته از کانال‌های آبیاری که با ترک‌خوردگی و تخریب مواجه می‌شوند، دارای توجیه اقتصادی نبوده و تنها منجر به هدر رفتن سرمایه‌گذاری خواهد شد. یعنی اگر قرار باشد پوشش بتنی انجام شود که در کوتاه مدت با ترک‌خوردگی و تخریب مواجه گردد، آن پروژه انجام داده نشده و به صورت سنتی باقی بماند توجیه اقتصادی بیشتری دارد .

**۴- راهکارها و راهبردها**

با توجه به مسائل و مشکلات موجود در پوشش کانال‌ها، راهکارها و راهبردهای زیر برای برطرف‌سازی آن‌ها و اطمینان از داشتن پوششی با کارایی، دوام و مقاومت لازم جهت کنترل تلفات نشت و سرمایه‌گذاری مطمئن، پیشنهاد می‌شود:

**الف- شناسایی و کاربرد مصالح محلی بادوام**

در برخی از مناطق کشور مصالح محلی وجود دارد که با شرایط اقلیمی و محلی آن سازگار بوده و ضمن داشتن استحکام، از توجیه اقتصادی لازم نیز برخوردار است. یکی از این نوع مصالح، سنگ و ملات می‌باشد که در کانال‌های آبیاری مناطق کوهستانی و سردسیر قابل استفاده است. بر اساس آنالیز آماری مقدار تلفات نشت آب در این نوع پوشش به طور معنی‌داری کمتر از پوشش بتنی در مناطق سردسیر کوهستانی (که عمدتا با ترک‌خوردگی و تخریب مواجه است) می‌باشد (بهراملو، ۱۳۹۰).

**ب- استفاده از پوشش نوین ژئوممبران**

یکی از مصالح ژئوسنتتیک غیرقابل نفوذ ژئوممبران‌ها هستند که در پوشش کانال‌های آبیاری برای جلوگیری از تلفات نشت آب کاربرد دارند. مزایای استفاده از ژئوممبران در کانال‌های آبیاری شامل موارد زیر است (بهراملو و همکاران، ۱۳۹۵):

- کاهش تلفات نشت آب (حدود ۱۴۰ برابر کمتر از پوشش بتنی )
- سهولت اجرا (نیاز به قالب‌بندی نداشته و به عنوان یک مصالح آماده در مدت زمان
- جلوگیری از نشست خاک زیر کانال در زمین‌های با خاک مسئله‌دار
- کاهش زمان اجرای طرح به ۲۵٪ آن در پوشش بتنی
- کاهش هزینه اجرا به ۳۰٪ آن در پوشش رایج بتنی

در جدول شماره ۲ مصالح رایج مختلف در پوشش کانال‌های آبیاری باهم مقایسه شده است. مطابق این جدول پوشش ژئوممبران از همه جوانب رتبه اول را داشته و از جنبه کنترل تلفات نشت آب پوشش سنگ و ملات در رتبه دوم قرار دارد.

**جدول ۲- مقایسه مصالح مختلف قابل استفاده در پوشش کانال‌های آبیاری کشور**

| نوع پوشش | تلفات نشت (مترمکعب در مترمربع در روز) | هزینه اجرای هر مترمربع (ریال) | رتبه بندی کمترین هزینه | رتبه بندی سرعت اجرا | رتبه بندی کنترل نشت |
|---|---|---|---|---|---|
| بتن ترک‌خورده | ۱/۷۴ | ۴۵۰/۰۰۰ | ۲ | ۲ | ۳ |
| سنگ و ملات | ۰/۹۱ | ۷۰۰/۰۰۰ | ۳ | ۳ | ۲ |
| ژئوممبران | ۰/۰۱۲۵ | ۱۵۰/۰۰۰ | ۱ | ۱ | ۱ |

**پ- استفاده از پوشش بتنی بادوام**

در صورتی‌که از مصالح محلی و یا ژئوممبران استفاده نشده و قصد استفاده از پوشش رایج بتنی، است بایستی تمهیدات زیر در نظر گرفته شود.

**پ-۱- ارائه طرح اختلاط ویژه هر پروژه**

طرح اختلاط بتن برای پروژه‌های مختلف بایستی بر اساس هدف پروژه، مشخصات خاک بستر، کیفیت آب، وضعیت اقلیم و نیروهای غالب مخرب بتن، طراحی و نسبت مصالح بر مبنای نتایج آزمایشگاهی بر روی نمونه‌ها و تهیه گردد.

**پ-۲- حرکت از مقاومت محوری به دوام محوری**

در پوشش بتنی کانال‌های آبیاری ملاک اطمینان از عملکرد بتن نبایستی مقاومت فشاری باشد، زیرا بررسی‌ها حاکی از آن است که تنها با داشتن مقاومت فشاری بالا و بدون توجه به دوام نمی‌توان از سلامت پوشش بتنی در طول عمر آن اطمینان داشت.

نکته بسیار مهم: در صورتی که شاخص‌های ارزیابی دوام باشد، نیازی به وجود ناظر مقیم در محل پروژه نخواهد بود و تنها کافیست بعد از اتمام پروژه، از پوشش اجرا شده مغزه‌گیری نموده و شاخص‌های دوام مورد بررسی قرار گیرد. در این حالت پیمانکار بدون نیاز به ناظر تمام تلاش خود را برای اجرای پوشش بتنی بادوام انجام خواهد داد.

## ۵- توصیه‌های فنی و کاربردی در پوشش کانال‌های آبیاری

بر اساس وضعیت و مسائل موجود ارائه شده در خصوص پوشش کانال‌های انتقال آب، برای بهبود وضعیت و اطمینان از دوام و پایداری پوشش اجرا شده در این سازه‌ها پیشنهادهای زیر قابل ارائه می‌باشد:

- در مناطق کوهستانی سردسیر با وجود سنگ مناسب، پوشش سنگ و ملات علی‌رغم هزینه بالا با تلفات نشت آب ۰/۹۱ مترمکعب در مترمربع در روز، در کنترل تلفات نشت مناسب تر از پوشش بتنی است.
- توسعه کاربرد پوشش ژئوممبران در مجاری انتقال به دلیل تاثیر مثبت آن در کنترل تلفات نشت، سهولت اجرا، مدت زمان کوتاه اجرا، هزینه پائین و بادوام در برابر شرایط مختلف اقلیمی.
- قبل از هر نوع طراحی و اجرای پوشش بتنی در کانال‌ها و در شروع فکر برای اجرای پروژه (بدو تولد پروژه) از مشارکت بهره‌بردارن در جلسات مختلف مطالعه، نقشه‌برداری، جانمایی، اجرا و بهره‌برداری استفاده گردد.
- ضروریست در پوشش بتنی در سازه‌های مختلف آبی، معیارهای دوام چایگزین معیارها مقاومت فشاری گردد. در این صورت از سلامت پوشش در طول عمر پروژه اطمینان حاصل خواهد شد.
- در جاهایی که از پوشش بتنی استفاده می‌شود، قبل از هرچیز بایستی، شرایط اقلیمی و خاک بستر و کیفیت خاک منطقه به دقت مورد مطالعه قرار گرفته و طرح اختلاط بتن برای داشتن دوام لازم در برابر شرایط محیطی حاکم ارائه گردیده و قبل از اجرا نمونه‌هایی از آن تهیه و با انجام آزمایش‌های دوام، پارامترهای لازم ارائه گردد.

- به هیچ عنوان نبایستی از طرح اختلاط بتن در پروژه دیگر برای پروژه خاص در آن منطقه استفاده نمود.
- بجای توصیه‌های تجویزی (مقادیر هریک از اجزاء و نسبت آن‌ها) از توصیه‌های عملکردی (شاخص عملکرد بتن در برابر عوامل) استفاده شود.
- از اجرای پوشش بتنی در مناطقی که با تخریب مواجه می‌گردد، جلوگیری شود.

## ۶- منابع

بهراملو، ر.، م. موحدان، ک. اخوان، ع.ر. مأمن‌پوش، ن. سلامتی، س..ح موسوی‌فضل، م. کرامتی و ح. ریاحی. ۱۳۹۵.ارزیابی فنی و اقتصادی پوشش‌های ژئوسنتتیک اجرا شده در کانال‌ها و مخازن آب کشور مؤسسه فنی و مهندسی کشاورزی. شماره ۵۱۳۸۹. ۱۲۰ ص.

بهراملو، ر. ۱۳۹۱. تاثیر پوشش بتنی بر کنترل تلفات نشت آب از کانال‌های آبیاری در استان همدان. مجله پژوهش آب ایران. سال ششم. شماره ۱۱. ص: ۷۵-۸۳.

بهراملو، ر. ۱۳۹۰. ارزیابی تلفات نشت در کانال‌های آبیاری با پوشش سنگی در مناطق سردسیر و تاثیر آن بر ذخایر منابع آب (مطالعه موردی در استان همدان). مجله پژوهش آب ایران. سال پنجم. شماره ۹.

بهراملو، ر.، ن.، عباسی، و م.، موحدان. ۱۳۹۰. ارزیابی میزان نشت در کانال‌های کوچک آبیاری با پوشش بتنی در اقلیم سرد و تاثیر آن بر ذخایر منابع آب (مطالعه موردی در استان همدان) نشریه آبیاری و زهکشی ایران. شماره۱. جلد ۵. ص: ۸۱-۹۱.

بهراملو، ر. و س. م. سیدان. ۱۳۹۰. ارزیابی فنی- اقتصادی کاربرد پوشش بتنی در کانال‌های آبیاری در مناطق سردسیر. مجله آبیاری و زهکشی. شماره ۲. جلد ۵. ص: ۲۵۴-۲۶۲.

عباسی، ن. ۱۳۸۷. برنامه راهبردی اصلاح و بهینه‌سازی شبکه‌های آبیاری و زهکشی. گزارش نهایی شماره ۱۶۹. مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی.

# استفاده از منابع آب غیرمتعارف در راستای مدیریت بحران آب کشور

**بهمن یارقلی**
**عضو هیات علمی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج**

## ۱- مقدمه

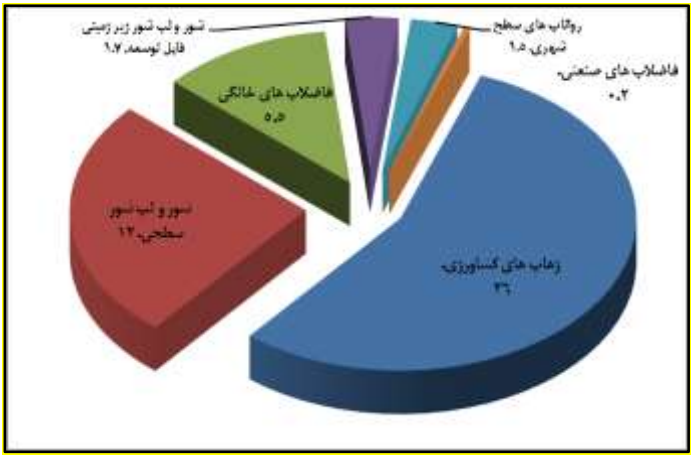
طی چند دهه گذشته مصرف آب کشور به علت رشد جمعیت، توسعه کشاورزی و پیشرفت صنعت افزایش چشمگیری داشته و هم زمانی آن با دورهای خشکسالی، کشور را با بحران آب مواجه ساخته است. در حال حاضر بسیاری از رودخانه‌ها خشک و اکثر دشت‌ها کشور بحرانی و دچار بیلان منفی پیش رونده هستند. این در حالی است که منابع آب غیر متعارف کشور که از حجم قابل توجهی برخوردارند، به دلیل دارا بودن مشکلات کیفی با درجات مختلف، در برنامه‌های توسعه و بهره برداری منابع آب کشور گنجانده نشده‌اند. درصورتی‌که مشکلات آن‌ها با انجام روش‌های مختلف تصفیه و یا اتخاذ روش‌های مدیریتی کاربردی و رعایت الزامات زیست محیطی تا حد زیادی قابل اصلاح و اغماض و استفاده می‌باشند. منابع آب غیرمتعارف به مجموعه آب‌های شور، لب‌شور، آب‌های فسیلی، زهاب‌های کشاورزی، فاضلاب شهری، پساب‌های صنعتی و آب‌های حاصل از باروری ابرها اطلاق می‌شود. در این گزارش دامنه منابع آب نامتعارف شامل زهاب‌های کشاورزی، فاضلاب‌های شهری، پساب‌های صنعتی و منابع آب شور و لب شور می‌باشد. اعتقاد بر این است که در شرایط حاضر با برنامه‌ریزی اصولی و لحاظ کردن جنبه‌های بهداشتی و زیست محیطی، بهره‌برداری از این منابع می‌تواند بعنوان یکی از گزینه‌های مهم برای جبران بخشی از کمبود آب در مصارف مختلف کشور، بویژه بخش کشاورزی مد نظر مدیران و برنامه‌ریزان کلان آب کشور باشد.

## ۲- تبیین وضع موجود

بررسی‌ها نشان می‌دهد کمبود آب برای مصارف مختلف یکی از مهمترین عوامل محدود کننده توسعه در زمینه‌های مختلف صنعتی، کشاورزی و اقتصادی است. این در حالی است که بخش مهمی از منابع آب تجدید پذیر کشور به دلیل محدودیت‌های کیفی (منابع آب غیر متعارف) در چرخه استفاده نمی‌باشند و حتی در بسیاری از موارد آلودگی محیط زیست را به همراه داشته و خطری برای سلامتی محسوب می‌شوند. مهمترین بخش این منابع مطابق شکل شماره ۱، شامل آب‌های شور و لب شور سطحی و زیرزمینی، فاضلاب‌های شهری و صنعتی و زهاب‌های کشاورزی می‌باشند. حجم منابع آب نامتعارف کشور به تفکیک در شکل ۱ ارائه گردیده است (یارقلی، ۱۳۷۹).

همانگونه که مشاهده می شود این منابع در مجموع حجمی معادل ۴۵ میلیارد متر مکعب دارند که به جز بخش محدودی که مصارف زراعی دارد، عمدتا بصورت غیر استاندارد مصرف گردیده و یا بدون هرگونه استفاده سودمندی وارد محیط شده و آلودگی منابع آب، خاک و تخریب محیط زیست را به همراه دارد.

در حال حاضر با توجه به سطح تحت پوشش شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب، تنها یک میلیارد متر مکعب از فاضلاب‌های خانگی جمع‌آوری و تصفیه می‌گردد، ولی با توجه به برنامه‌ریزی‌های آب و فاضلاب کشور پیش‌بینی می‌گردد که در آینده حجم بیشتری از فاضلاب تصفیه شده خانگی حاصل گردیده و ضرورت توجه و برنامه‌ریزی در این خصوص نمایان می‌گردد (یارقلی، ۱۳۸۷).

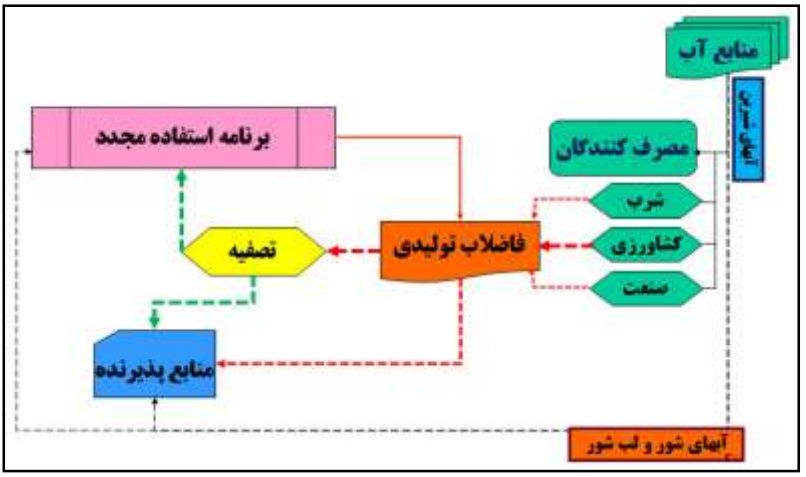



**شکل۱- حجم منابع آب غیر متعارف (میلیارد مترمکعب در سال)**

در حال حاضر پساب خروجی از اغلب تصفیه خانه‌های فاضلاب کشور منطبق با استانداردها و الزامات زیست محیطی و بهداشتی نبوده و بواسطه استفاده غیر اصولی آلودگی‌های زیادی را در محیط زیست به همراه دارند. با توجه به وسعت اراضی تحت پوشش شبکه‌های زهکشی تنها بخشی از ۲۶ میلیارد متر مکعب پتانسیل زهاب کشاورزی جمع‌آوری شده و قابل مدیریت و برنامه‌ریزی می‌باشد. البته این حجم محدود نیز به درستی مدیریت نشده و با ورود به منابع آب سطحی باعث آلودگی این منابع و افزایش شوری، تجمع عناصر مغذی ( نیتروژن و فسفر) و بقایای سموم شیمیایی می‌شوند. در صورتی‌که این منابع آبی می‌تواند با انجام روش‌های مختلف تصفیه و یا اتخاذ راهکارهای مدیریتی در کاربرد و یا ساختار و اجزاء شبکه‌های جمع‌آوری زهاب، با حداقل مخاطرات زیست محیطی مورد استفاده قرار گیرد (یارقلی، ۱۳۸۷ و ۱۳۹۰).

فاضلاب‌های صنعتی با توجه به کمیت پائین، برخورداری از آلاینده‌های مختلف و نوسانات کمی کیفی شـــدید و همچنین نقطه‌ای بودن و برخورداری از پراکنش جغرافیایی زیاد، از دید مصـــارف مجدد دارای درجه اهمیت کمتری بوده ولی با دارا بودن پتانسـیل آلایندگی بالا، از دید آلودگی‌های زیست محیطی، به ویژه تخریب کیفیت منابع آب حائز اهمیت قابل توجهی می باشد. بهترین گزینه در خصـوص پسـاب‌های صنعتی اصلاح فرآیندهای صنعتی در جهت کاهش آب مصرفی و همچنین بازیافت پسـاب صـنعتی برای مصـرف مجدد در خود صنعت و یا فضای سبز محیط کارخانه جات و صنایع می‌باشد.

رواناب‌های سطح شهری آلوده یکی از معضلات توسعه شهری بوده و بویژه در شهرهای بزرگ از کمیـت قـابـل توجهی برخوردار بوده و متـاســـفـانـه علی‌رغم برخورداری از کیفیـت نـامطلوب و محدودیت‌های کیفی زیاد، عمدتا در مصـارف زراعی با الگوی کشـتی نامناسـب در حواشی شهرهای بزرگ صـرف مصـارف زراعی و می‌شـوند. نمونه بارز این منابع رواناب‌های سطح شهری آلوده تهران می‌باشد که در انهار جنوب تهران (فیروز آباد، یاخچی آباد، کانال شهریور و ...) جریان داشته و با دارا بودن طیف وسیعی از آلاینده‌ها ( میکروبی، شیمیایی، فلزات سنگین و ...) در اراضی جنوب تهران به صـرف کشـاورزی می‌رسـند. مشابه این حالت در سایر شهرهای بزرگ کشور همچون شیراز، مشهد، تبریز، اصـفهان و ...نیز مشـاهده می شـود. این منابع نیاز به شـناسـایی، سـاماندهی، تصـفیه و برنامه‌ریزی جهت مصـارف سودمند با محوریت حفظ سلامت و محیط زیست می‌باشند. در نمودار ۲ موقعیت منابع آب غیر متعارف در چرخه آب کشـور ارائه شـده اسـت. همانطوری‌که مشـاهده می شـود، منابع آب کشـور به دو گروه اصـلی منابع شـور و شـیرین تقسـیم می‌شـود. منابع شیرین در مصارف مختلف ( شرب، صنعت و کشاورزی) استفاده می‌شود و پساب حاصل از این مصارف بصورت فاضلاب وارد محیط می‌گردد که برای استفاده مجدد نیازمند تصفیه تا حد رسیدن به استانداردهای مورد نظر می‌باشند (۷ و۸).




**شکل ۲- چرخه آب و فلوچارت استفاده از آب‌های نامتعارف**

## ۳-راهبردهای پیشنهادی

با توجه به وضع موجود و بحران کمی و کیفی منابع آب کشور یکی از اهداف بلندمدت مدیریت راهبردی، برقراری تعادل بین تقاضا و منابع موجود در حداقل زمان با کمترین هزینه ممکن (راهبردهای صرفه جویی در مصارف آب، توسعه روش‌های مدیریت کارآمد جدید، افزایش بهره‌وری آب ) بوده و راهبردهای اصلی و محوری دیگر توجه به منابع آب نامتعارف از جمله نمک‌زدایی منابع آب شور و تصفیه فاضلاب‌های شهری، صنعتی و کشاورزی می باشد. در این زمینه چشم‌انداز پیشنهادی برای بهره‌برداری از منابع آب غیر متعارف به شرح ذیل قابل ترسیم است:

***"بهره‌برداری از منابع آب غیرمتعارف بخشی از فرایند معمول تخصیص و بهره‌برداری منابع آب کشور می‌باشد و متناسب با الزامات کمی و کیفی بهره‌برداری نسبت به منابع آب خام شیرین در اولویت اول قرار دارد".***

از توجه به این چشم‌انداز می‌توان نتیجه گرفت که در برنامه‌ریزی بلندمدت منابع آب کشور باید مقوله استفاده از این منابع در اولویت قرارداشته باشد. به منظور رسیدن به این چشم‌انداز متناسب با اجزاء مختلف منابع آب نامتعارف، راهبردهایی به شرح ذیل پیشنهاد می‌گردد:

- **راهبردهای بهره‌برداری از منابع آب شور**

باتوجه به حجم قابل توجه منابع آب شور و لب‌شور، پراکنش جغرافیایی آن و همچنین روند شوری منابع آب، نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل نقاط قوت و ضعف بهره‌برداری از منابع آب شور و

همچنین دسته‌بندی راهبردهای مختلف حاصل از آن، جمع‌بندی نهایی راهبردهای مورد نیاز برای استفاده از منابع آب شور، به شرح جدول ۱ قابل ارائه است:

**جدول ۱- جمع‌بندی و طبقه بندی راهبردهای استفاده از منابع آب شور**

| ردیف | طبقه‌بندی راهبرد | شرح راهبردی |
|---|---|---|
| ۱ | | درنظر گرفتن برنامه‌ها و بودجه‌های خاص برای استفاده از آب‌های شور، لب شور ( طرهای جامع شوروزی) |
| ۲ | راهبردهای ساختاری | تدوین ضوابط بهره‌برداری از این منابع با محوریت توجه به ملاحظات زیست محیطی |
| ۳ | | مطالعه و ارزش‌گذاری واقعی آب و حذف یارانه‌ها |
| ۴ | | ایجاد سازوکارهای لازم و توسعه همکاری‌های فراسازمانی |
| ۵ | | استفاده مناسب از پتانسیل‌های بخش خصوصی برای تامین محدودیت‌های زیرساخت‌های اجرایی |
| ۶ | | استفاده از رقابت کاربری‌های مختلف بر سر آب در تخصیص آب‌های شور و لب شور |
| ۷ | | برنامه ریزی استفاده از آب‌های شور ولب شور در توسعه اراضی کشاورزی مستعد جدید |
| ۸ | | درنظر گرفتن پتانسیل آب‌های شور و لب شور در برنامه‌های مدیریت خشکسالی |
| ۹ | | برنامه ریزی برای استفاده از این منابع آبی برای احیاء اکوسیستم‌های موجود در مناطق خشک |
| ۱۰ | راهبردهای نرم افزاری | استفاده از تجارب و تحیقیات موجود و توسعه روش‌های مختلف مدیریتی و بهره‌برداری (تخصیص چرخشی آب شور و شیرین ...) |
| ۱۱ | | تدوین برنامه مناسب پایش کیفیت منابع آب و خاک و محصولات |
| ۱۲ | | برنامه‌ریزی و اقدام جهت افزایش آگاهی در خصوص محدودیت‌های منابع آبی و الزامات مدیریت منابع آب برای استفاده از آب‌های غیر متعارف |
| ۱۳ | | ارائه آموزش‌های لازم درخصوص نحوه استفاده مناسب برای استفاده از آب‌های شور و لب شور |
| ۱۴ | | توسعه تحقیقات و مطالعات علمی و کاربردی جهت تامین نیازهای اطلاعاتی و علمی |
| ۱۵ | | طراحی و ساخت سازه‌های و تأسیسات مورد نیاز برای زهکشی مناسب اراضی تحت آبیاری با این منابع و جلوگیری از نفوذ آب‌های شور و لب شور به آبخوان‌ها و آب‌های سطحی شیرین |
| ۱۶ | راهبردهای سازهای | تامین زیرساخت‌های سازهای و تجهیزات پایش کیفیت منابع آب و خاک و محصولات تولیدی |
| ۱۷ | | استفاده از گونه‌های گیاهی و آبزیان مقاوم به شوری جهت توسعه استفاده از این منابع در بخش کشاورزی |

- **راهبردهای بهره‌برداری از فاضلاب‌های صنعتی**

بخش صنعت از لحاظ حجم، از کمترین سهم برخوردار است. ولی از بار آلودگی بالاو به تبع آن پتانسیل آلودگی منابع آب برخوردار می باشد. همچنین پراکندگی و نقطه ای بودن صنایع موجب می‌شود که بهره‌برداری از این منبع محدود گردد. با اینحال پتانسیل استفاده از فاضلاب‌های تصفیه‌شده صنعتی در داخل مجموعه، ظرفیت مناسبی محسوب می‌گردد که لازم است در برنامه‌ریزی استفاده مجدد و بهره‌برداری از آن‌ها مورد توجه قرار گیرد. راهبردهای مختلف مرتبط با بهره‌برداری و استفاده مجدد از فاضلاب‌های صنعتی را می‌توان در قالب جدول ۲ جمع‌بندی و ارائه نمود.

**جدول ۲- جمع‌بندی و طبقه بندی راهبردهای استفاده مجدد از فاضلاب‌های صنعتی**

| ردیف | طبقه بندی راهبرد | شرح راهبردی |
|---|---|---|
| ۱ | | تقویت جایگاه سازمان حفاظت محیط زیست |
| ۲ | راهبردهای ساختاری | تعیین نظام نظارتی و کنترل بر نحوه تصفیه فاضلاب‌های صنعتی و تعیین نحوه تخلیه و یا استفاده مجدد آن در بخش صنعت |
| ۳ | | تبیین جایگاه قانونی وزارت نیرو در رابطه با استفاده از فاضلاب‌های صنعتی و فرایند تحویل گرفتن فاضلاب‌های تصفیه شده صنعتی و تدوین مقررات و دستورالعمل‌های مورد نیاز برای این منظور |
| ۳ | | تهیه بانک اطلاعاتی فاضلاب‌های صنعتی و جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز |
| ۴ | نرم افزاری | برنامه‌ریزی بازچرخانی کامل آب در بخش صنعت و کاهش استفاده از منابع آب شیرین در این بخش و مقایسه بازچرخانی داخلی صنعت در مقایسه با مصارف بالقوه سایر مصارف |
| ۵ | | توسعه تصفیه‌خانه‌های صنعتی و بهبود شرایط تصفیه و فاضلاب تصفیه شده خروجی |
| ۶ | سخت افزاری | توسعه استفاده از روش‌های ابیاری دقیق در استفاده از فاضلاب‌های صنعتی تصفیه شده در آبیاری فضای سبز |

- **راهبردهای بهره‌برداری از زهاب‌های کشاورزی**

در رابطه با مدیریت و بازچرخانی زهاب‌های کشاورزی دو نکته حائز اهمیت است. اولا کشاورزی بعنوان مصرف‌کننده اصلی آب کشور، بالطبع بیشترین میزان تولید آب‌های برگشتی را داراست. بنابراین این موضوع یکی از نقاط قوت مربوط به استفاده مجدد از این منبع آبی است. ثانیا بخش عمده‌ای از اراضی کشاورزی کشور به صورت سنتی بوده و فاقد سیستم زهکشی متمرکز برای مدیریت زهاب تولیدی می‌باشد. به همین لحاظ بخش عمده‌ای از زهاب‌های کشاورزی به صورت

منبع غیرنقطه‌ای بوده و جمع‌آوری و مدیریت آن‌ها عملی نمی باشد. با توجه به موارد ذکر شده، راهبردهای بهره‌برداری از زهاب‌های کشاورزی به صورت جدول ۳ ارائه می‌شود.

**جدول ۳-جمع‌بندی و طبقه بندی راهبردهای بهره‌برداری از زهاب‌های کشاورزی**

| ردیف | طبقه بندی راهبرد | شرح راهبردی |
|---|---|---|
| ۱ | راهبردهای ساختاری | مطالعه و ارزش گذاری اقتصادی آب و ایجاد زیرساخت‌های قوانین و مقررات لازم جهت استقرار نظام بهینه اقتصاد آب و کاهش یا حذف سوبسید آب جهت افزایش توجیه اقتصادی استفاده از زهاب‌های کشاورزی |
| | | ایجاد سازو کار همکاری مستقیم بخش‌های آب و کشاورزی در تدوین و عملیاتی نمودن برنامه‌های استفاده از زهاب‌های کشاورزی |
| | | تامین قوانین و مقررات و ساختار تشکیلاتی لازم جهت ایجاد ظرفیت‌های مشارکت بخش خصوصی در فرایند استفاده از زهاب‌ها |
| | | تدوین استانداردهای اختصاصی استفاده از زهاب‌های کشاورزی برای مصارف مختلف |
| ۲ | نرم افزاری | انجام مطالعات لازم به منظور امکان آماربرداری و تعیین دقیق کمیت و کیفیت زهاب‌های کشاورزی در حوضه‌های آبریز مختلف و همچنین تفکیک بیلان منابع آب طبیعی با زهاب‌ها و آب‌های برگشتی بخش کشاورزی |
| | | برنامه‌ریزی توسعه اراضی کشاورزی در مناطق مستعد بر مبنای استفاده از زهاب‌ها و آب‌های برگشتی قابل استفاده |
| | | تدوین برنامه پایش زیست محیطی و کیفیت تدوین برنامه پایش زیست محیطی و کیفیت محصولات |
| ۳ | | لزوم انجام مطالعات و پتانسیل سنجی به منظور شناسایی مصارف بالقوه زهاب‌های کشاورزی در بخش‌های مختلف مصرف |
| | | آموزش کشاورزان برای همکاری در استفاده مجدد از زهاب‌های کشاورزی و کاهش آلودگی‌های زهاب‌های کشاورزی |
| ۴ | | توسعه تصفیه‌خانه‌های صنعتی و بهبود شرایط تصفیه و فاضلاب تصفیه شده خروجی |
| | | توسعه شبکه‌های زهکشی زهاب‌های کشاورزی بویژه در مناطقی که ظرفیت توسعه آتی اراضی کشاورزی و استفاده از زهاب‌های کشاورزی فراهم باشد. |
| ۵ | سخت افزاری | انجام اقدامات عملیاتی به منظور کاهش مصرف سموم و کود در کشاورزی به منظور ارتقاء کیفیت زهاب‌های کشاورزی (باتوجه به غیر نقطه‌ای بودن بخش عمده‌ای از این زهاب‌ها و حجم قابل توجه آن‌ها که امکان تصفیه را تا حد زیادی منتفی می‌کند). |

- **راهبردهای استفاده از فاضلاب‌های شهری و روستایی**

در بخش فاضلاب‌های شهری و روستایی پتانسیل قابل توجهی برای استفاده مجدد وجود دارد. در این بخش اولا نقطه‌ای بودن منبع فاضلاب امکان جمع‌آوری و تصفیه آن را فراهم می‌آورد. ثانیا وجود مراکز جمعیتی بزرگ این امکان را فراهم می‌آورد تا بطور متمرکز حجم قابل توجهی فاضلاب

تولیدی در دسترس باشد که ظرفیت مناسبی برای استفاده مجدد خواهد بود و ثالثا به دلیل وجود رقابت بین کاربری‌های مختلف برای استفاده آب و باتوجه به اولویت‌دهی به مصارف شرب در مجاورت شهرهای بزرگ معمولا نیاز قابل‌توجهی برای استفاده آب وجود دارد. با توجه به همین دلایل عمده، استفاده مجدد از فاضلاب‌های تصفیه‌شده شهری معمولا از پتانسیل عملیاتی بیشتری برخوردار است. در این راستا جمع‌بندی راهبردهای مختلف بهره برداری از فاضلاب‌های شهری و روستایی را می‌توان در جدول ۴ خلاصه نمود. در این خصوص توجه به پروسه و گردش کار طرح‌های استفاده از فاضلاب تصفیه شده در کشاورزی و شناخت اجزاء ذی‌ربط و ذی‌نفع و وظائف آن‌ها مطابق شکل ۳ حائز اهمیت است.

**جدول ۴- جمع‌بندی و طبقه بندی راهبردهای بهره‌برداری از فاضلاب‌های شهری و روستایی**

| ردیف | طبقه بندی راهبرد | شرح راهبردی |
|---|---|---|
| ۱ | | اختصاص بودجه خاص جهت ساخت و توسعه سیستم‌های جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب‌های شهری و روستایی (با اولویت دهی به مناطقی که دارای پتانسیل آلوده سازی منابع آب بوده، دارای محدودیت‌های آبی بیشتر و پتانسیل بالاتر جهت استفاده مجدد از فاضلاب‌های تصفیه شده می باشند) |
| ۲ | راهبردهای ساختاری | ایجاد سازوکارها و ساختارهای مشارکتی و ایجاد زمینه سرمایه‌گذاری بخش خصوصی برای ساخت و توسعه تصفی خانه‌های فاضلاب و سیستم‌های استفاده مجدد با اولویت‌دهی به همکاری کاربری‌های متقاضی استفاده از فاضلاب‌های تصفیه شده |
| ۳ | | تنظیم سازوکارهای تشکیلاتی، در سطوح بخشی و فرابخشی به منظور مدیریت بهینه استفاده مجدد از فاضلاب‌های تصفیه شده با درنظرگرفتن ظرفیت‌ها و وظایف قانونی |
| ۴ | | تنظیم سازوکارهای قانونی و حقوقی تخصیص فاضلاب تصفیه شده با اولویت بر تعادل بخشی آبخوان از طریق تغذیه مصنوعی |
| ۵ | | شناسایی و جمع آوری اطلاعات پتانسیل‌های تقاضای آب بازیافتی در مجاورت<br>انجام مطالعات و تدوین برنامه استفاده مجدد برای کلیه تصفیه‌خانه‌های شهری (بزرگ) در اولویت اول مشتمل بر اطلاعات دقیق میزان فاضلاب تصفیه شده قابل دسترس، مصرف کنندگان بالقوه و بالفعل، امکانات و تأسیسات موجود |
| ۶ | | انجام مطالعات اقتصاد محیط زیست و ارزش‌گذاری واقعی آب خام وهمچنین محاسبه دقیق هزینه‌های استفاده مجدد از فاضلاب‌های تصفیه شده شهری و روستایی به منظور امکان تعیین تعرفه مناسب |
| ۷ | نرم افزاری | درنظر گرفتن سوبسید برای قیمت گذاری و فروش آب‌های تصفیه شده به منظور امکان رقابت با مصارف آب‌های خام |
| ۸ | | آموزش و فرهنگ سازی استفاده از فاضلاب‌های تصفیه شده به منظور افزایش میزان پذیرش اجتماعی استفاده مجدد |
| ۹ | | توسعه تحقیقات کاربردی در زمینه استفاده مجدد از فاضلاب‌های تصفیه شده در بخش‌های مختلف و استفاده از تجارب بین‌المللی |
| ۱۰ | | برنامه‌ریزی و ایجاد سیستم نظارتی و پایش کیفیت فاضلاب‌های تصفیه شده و نحوه استفاده مجدد |
| ۱۱ | سخت افزاری | تسریع ساخت و توسعه سیستم‌های جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب‌های شهری و روستایی<br>توجه به الزامات استفاده مجدد برای طراحی و ساخت تصفیه‌خانه‌های فاضلاب (از قبیل درنظر گرفتن استانداردهای خروجی براساس نوع مصارف قابل پیش‌بینی، پیش بینی تاسیسات ذخیره‌سازی برای متعادل سازی و تداوم جریان و یکنواخت کردن کیفیت و ...) |
| ۱۲ | | بررسی تصفیه‌خانه‌های موجود از دیدگاه تطابق کیفیت فاضلاب تصفیه شده خروجی با معیارهای استفاده مجدد برای مصارف مختلف و درصورت نیاز اعمال اصلاحات مورد نیاز برای ارتقاء کیفیت |
| ۱۳ | | ساخت تاسیسات و تامین تجهیزات مورد نیاز برای پایش کمی و کیفی فاضلاب‌های تصفیه شده |

**شکل۳ - ساختار و گردش کار استفاده از فاضلاب تصفیه شده در کشاورزی**

## ۴- جمع‌بندی و پیشنهادهای کاربردی

با توجه به مباحث طرح شـــده در این گزارش، به منظور کاربردی شـــدن دیدگاه‌های مطروحه، توصـیه‌ها و پیشـــنهادهای فنی و کاربردی به گروه‌های مختلف آب‌های نامتعارف به شـرح زیر ارائه می‌گردد:

- **زهاب‌ها**

توسـعه اصـولی شـبکه‌های آبیاری و زهکشـی به منظور جمع‌آوری و مدیریت بهینه زهاب‌های کشاورزی و کاهش حجم زهاب‌های کشاورزی با افزایش راندمان آبیاری

بهبود کمیت و کیفیت زهاب‌های کشـاورزی با استفاده از فناوری‌های زیستی و سازگار با محیط زیست مانند زهکشی کنترل شده

- **فاضلاب‌های خانگی**
  - توجه به معیارهای فنی برای طراحی، اجراء و بهره برداری اصولی از تاسیسات جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب، منطبق با شرایط اقلیمی و طبیعی منطقه
  - تدوین شاخص و معیار فنی برای تعیین ضرورت اجرای سیستم جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب در شهرها
  - توجه به آلاینده‌های خاص و ترکیبات شیمیائی و همچنین بقایای داروها و هورمون‌ها در فاضلاب ورودی و پساب خروجی تصفیه خانه‌های فاضلاب
  - مصارف فاضلاب خانگی تصفیه شده براساس اولویت‌های زیر پیشنهاد می‌شود:
  - مصارف صنعتی و کشاورزی بعنوان جایگزین تخصیص‌های موجود از منابع آب سطحی و زیرزمینی با کیفیت مناسب و از این طریق کمک به بیلان منفی منابع آبی
  - استفاده از این منابع بعنوان تغذیه مصنوعی در دشت‌های بحرانی و کمک به تعادل آبخوان‌ها
  - مصارف آبیاری به ترتیب با اولویت فضای سبز و جنگل کاری، درختان غیر مثمر، محصولات صنعتی و محصولات علوفه ای
  - طراحی و اجرای برنامه پایش زیست محیطی به منظور بررسی و مراقبت منظم و مداوم از مراحل تصفیه و بهره برداری از فاضلاب‌های خانگی، شامل مراحل مختلف تصفیه فاضلاب، کیفیت پساب تولیدی، خاک، محصولات کشت شده، منابع آب سطحی و زیر زمینی و کارگران شاغل
  - توسعه اصولی شبکه‌های جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب در راستای جلوگیری از آلودگی محیط زیست و تولیدی پسابی حائز استانداردهای کیفی و زیست محیطی لازم برای مصارف مختلف ( تغذیه مصنوعی، کشاورزی، صنعتی و محیط زیست)
  - برنامه‌ریزی برای راه‌اندازی و تجهیز آزمایشگاه‌های آنالیز کیفی پساب با تجهیزات و دقت مناسب در سطح کشور

- **فاضلاب‌های صنعتی**
  - آمایش سرزمین و توجه و دقت لازم در مکان‌یابی و استقرار مناسب صنایع با مصارف آب زیاد در سطح کشور و پرهیز از استقرار صنایع پر مصرف در مناطق کم آب

- توصیه و برنامه‌ریزی در صنعت در جهت کمینه‌سازی پساب تولیدی و بازچرخانی آب مصرفی در خود صنعت ( اصلاح فرآیندهای صنعتی در راستای کاهش مصرف آب، استفاده از پساب یک واحد یا بخش در بخش، واحد و یا فرآیندی دیگر، استفاده از پساب صنعتی در آبیاری فضای سبز صنایع)

- **رواناب‌های سطح شهری**
  - شناخت کمیت و کیفیت رواناب‌های سطح شهری و برنامه‌ریزی و هماهنگی برون سازمانی جهت مدیریت کمی کیفی و استفاده مجدد از این منابع با محوریت بهداشت و سلامت محیط زیست
  - شناسایی منابع آلاینده و ارائه برنامه‌های عملی برای کنترل از مبداء آلاینده‌های رواناب‌های سطح شهری
- **منابع آب شور و لب‌شور**
  - مطالعه و تعیین پتانسیل برداشت از منابع آب شور و لب شور سطحی و زیرزمینی و جلوگیری از برداشت غیر اصولی از منابع آب شور
  - جلوگیری از توسعه سیستم‌های نمک‌زدایی کوچک توسط زارعین بدون توجه به جنبه‌های زیست محیطی که از منابع آب شور و لب‌شور تغذیه نموده و با دفع غیر اصولی شورابه‌های تولیدی آلودگی منابع آب و تخریب خاک را به همراه دارد
  - توجه به مطالعه و اجرای طرح‌های جامع شورورزی در مناطق دارای آب و خاک شور، به‌ویژه در سواحل جنوب کشور (کشاورزی، آبزی پروری، سوخت زیستی و تولید انرژی)
  - جلوگیری از رواج و توسعه روش‌های نمک زدایی غیر استاندارد و بدون تاییدیه ارگان‌های ذیصلاح (سازمان حفاظت محیط زیست، بهداشت و وزارت جهاد کشاورزی ) با استفاده از مواد نانو ذره که می‌تواند آلودگی محیط زیست و محصول تولیدی را در پی داشته باشد.

- **فرهنگ سازی و آموزشی**
  - بهینه‌سازی و مدیریت مصارف آب و فرهنگ‌سازی و آموزش در سطوح و اقشار مختلف و توجه به کاهش حجم پساب تولیدی بعنوان مهمترین راهکار ( شرب، صنعتی و کشاورزی)
  - عدم توجه به منابع آب غیر متعارف بعنوان منابع آبی جدید و تعریف مصارفی جدید برای این منابع

- تدوین و اجرای برنامه‌های آموزشی برای ارتقاء سطح دانش و فرهنگ زیست محیطی در رده‌های سنی و گروه‌های هدف استفاده از آب‌های نامتعارف
- ایجاد و فراهم سازی زیر ساخت‌های آموزشی، تجهیزاتی، فنی و انسانی در خصوص برنامه‌ریزی، اجرا و بهره برداری از آب‌های نامتعارف در سطح کشور

## ۵- منابع

یارقلی، ب. ۱۳۸۹. ضوابط زیست محیطی استفاده مجدد از آب‌های برگشتی و پساب‌ها. دفتر مهندسی و معیارهای فنی آب و آبفا وزارت نیرو. نشریه شماره ۳۴۵.

یارقلی، ب. ۱۳۷۹. اثرات زیست محیطی و برنامه پایش در طرح‌های تصفیه و استفاده مجدد از فاضلاب در کشاورزی پایدار. مجله تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، جلد ۵، شماره ۱۸.

یارقلی، ب. ۱۳۸۷. بررسی تغییرات کمی- کیفی و میزان خود پالایی نهر فیروز آباد. گزارش نهایی. مؤسسه تحقیقات فنی مهندسی کشاورزی.

یارقلی، ب. ۱۳۷۸. طراح و اجرای پروژه‌های جامع تصفیه و استفاده مجدد از فاضلاب در کشاورزی پایدار. مجله تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، جلد ۴، شماره ۱۶.

# نقدی بر بهره‌وری بارش محصولات دیم کشور

**علیرضا توکلی**
**عضو هیات علمی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج**

## ۱- مقدمه

کشاورزی دیم ۸۰ درصد مساحت اراضی کشاورزی جهان را تشکیل می‌دهد و حدود ۷۰-۶۰ درصد تولیدات کشاورزی جهان از زراعت دیم به دست می‌آید، در حالی که سهم تولیدات محصولات کشاورزی کشور از اراضی دیم، فقط حدود ۱۰ درصد و ۹۰ درصد تولیدات از زراعت آبی است. این موضوع نشان‌دهنده اهمیت حیاتی زراعت دیم در حیات بشر و تغذیه جمعیت رو به تزاید جهان است، سطح اراضی دیم جهان، تقریباً ۵/۵ برابر مساحت اراضی آبی دنیاست. ساختار تولید در کشاورزی دیم با آبی بسیار متفاوت می‌باشد و حتی نمی‌توان نگرش‌های موضوعی هر یک را به دیگری تسری داد.

کشاورزی دیم سهمی بسیار مهم در تولیدات محصولات کشاورزی و غذای مردم جهان دارد. اگرچه سطح قابل توجهی از اراضی کشاورزی کشور به صورت دیم است اما با معضلات و مشکلات اساسی مواجه هست که مهمترین آن عملکرد اندک، نوسانات و ناپایداری زمانی عملکرد و بارش و فقر مواد غذایی می‌باشد.

کل سطح اراضی آبی کشور حدود ۸/۵ میلیون هکتار و سطح اراضی دیم کشور حدود ۶/۱ میلیون هکتار است. مطابق با متوسط آمار ۲۶ ساله (۸۷-۱۳۶۱) مرکز آمار و اطلاعات وزارت جهادکشاورزی، متوسط ۲۶ ساله عملکرد گندم و جو دیم کشور به ترتیب ۸۲۹ و ۸۴۱ کیلوگرم در هکتار است. این اعداد و ارقام نشان‌دهنده این واقعیت است که پتانسیل بسیار وسیع و گستردهای برای پژوهش و مطالعه وجود داشته، ولی این پتانسیل و قابلیت‌های طبیعی منجر به افزایش عملکرد، بهبود بهره‌وری بارش، افزایش سهم مولد تولید و ایجاد ثبات و پایداری در تولید نشده است. مطابق با آمارنامه سال ۹۳-۱۳۹۲ متوسط عملکرد گندم، جو، نخود و عدس دیم به ترتیب ۹۲۰، ۱۰۲۳، ۴۹۳ و ۴۹۱ کیلوگرم در هکتار است (توکلی، ۱۳۹۲).

در سطحی حدود ۶ میلیون هکتار، متوسط بهره‌وری بارش در تولید گندم، جو، نخود و عدس دیم به ترتیب ۰/۲۹۲، ۰/۲۳۹، ۰/۱۱۹ و ۰/۱۲۸ کیلوگرم بر متر مکعب بارش و متوسط بهره‌وری بارش در زراعت این چهار محصول دیم ۰/۲۴۵ کیلوگرم بر متر مکعب است (۲۴۵ گرم به ازای هر ۱۰۰۰ لیتر آب بارش) که اصلاً مطلوب نیست. از آنجایی که تنها منبع تامین نیاز آبی محصولات

دیم، بارش است، لذا بایستی تمهیدات مدیریتی برای ذخیره رطوبت و کنترل تبخیر از یکسو و اعمال برخی مدیریت‌های زراعی برتر از سوی دیگر اتخاذ گردد. شاخص مهم اثربخشی فعالیت‌ها، بهره‌وری بارش است که متاسفانه به عنوان مبنا و رویکرد مبنایی قرار نگرفته است.

مهمترین راهکارهای بهبود بهره‌وری بارش شامل کنترل سهم تلفات تبخیر، توجه به بهره‌وری ریشه، افزایش حجم ذخیره رطوبتی، اعمال مدیریت برتر زراعی برتر و آبیاری محدود و مبتنی بر نقشه‌های بهره‌وری بارش (که نیازمند به‌روز شدن است. مناطقی که استعداد و توان تولید در شرایط تولید زراعت دیم ندارند، بایستی از شمول دیم خارج و تمهیدات لازم برای آن‌ها اندیشیده شود. هدف‌گذاری ارتقای بهره‌وری بارش محصولات دیم منجر به افزایش تولید و به مفهومی تولید آب خواهد شد.

سئوالات و سرفصل‌های مهمی چون وضعیت شرایط حاضر (فاز شناخت)، راهکارها و گزاره‌های بهبود (فاز بهبود) و پایش و ارزیابی برای کشاورزی دیم مطرح هست.

## ۲- طرح پرسش‌های اساسی

- ❖ شرایط حاضر چگونه است؟ (فاز شناخت)
- ❖ چگونه می‌توان بارش را در گستره زراعت دیم مدیریت کرد؟ و چه راهکارها و گزاره‌های بهبودی را می‌توان عملیاتی کرد؟ (فاز بهبود)
- ❖ چگونه می‌توان شرایط بهبود را حفظ کرد؟ (پایش)

شناخت وضعیت حاضر بهره‌وری بارش (Rain Water Productivity) در اراضی دیم کشور و تحلیل نقشه‌های بهره‌وری بارش محصولات دیم، زمینه‌ساز تدوین و ارائه راهکارهای عملیاتی برای بهبود شرایط موجود و نیز ارائه گزاره‌های مناسب برای رقابت و جایگزینی با سیستم کشت محصولات زراعی، به منظور اصلاح مدیریت بارش در زراعت دیم است. بدیهی است که بارش در اراضی دیم نیازمند بررسی از دو وجه مقدار و پراکنش (توزیع) است.

عدم توفیق و شکست برنامه‌ها از منظر فنی عموماً از دو عامل می‌باشد: یا مسیر و جهت انتخاب شده برای رسیدن به هدف نادرست بوده و یا پیش‌بینی لازم برای الزامات و ضروریات انجام فعالیت صورت نگرفته است. در موضوع بهبود عملکرد محصولات دیم، عامل اول رخ داده است.

زراعت دیم با سطح قابل ملاحظه آن در استان‌های مختلف کشور و با محدوده وسیعی از مقادیر مختلف و پراکنش بارش، تولید حدود ۶/۱۸ میلیون تن چهار محصول گندم، جو، نخود و عدس را بر عهده دارد، نیازمند مدیریت صحیح‌تر و اساسی‌تر حدود ۲۵ میلیارد متر مکعب بارشی است که بر این اراضی تحت کشت می‌بارد و متاسفانه در شرایط حاضر به طور متوسط به ازای هر ۴۰۰۰ لیتر

بارش فقط ۱ کیلوگرم محصـول دیم تولید می‌شـود (توکلی، ۱۳۹۲). لذا کارکرد اراضی دیم ایران و بهره‌وری بارش و بهره‌وری زمین، شرایط مطلوبی ندارد و بیمار هست.

در فاز شـناخت و بر اسـاس تحلیل صـورت گرفته در قالب نقشـه‌های بهره‌وری بارش در سـطح کشـور و بر مبنای آمار رسـمی وزارت جهادکشـاورزی، متوسط بهره‌وری بارش در تولید گندم، جو، نخود و عـدس دیم بـه ترتیـب ۰/۲۹۲، ۰/۲۳۹، ۰/۱۱۹ و ۰/۱۲۸ کیلوگرم بر متر مکعـب بـارش به دست آمده است (توکلی، ۱۳۹۲). متوسط بهره‌وری بارش در زراعت این چهار محصول دیم ۰/۲۴۵ کیلوگرم بر متر مکعب اسـت (۲۴۵ گرم به ازای هر ۱۰۰۰ لیتر آب بارش) که اصـلاً مطلوب نیست. مسئولیت مستقیم اندک بودن شاخص بهره‌وری بارش در زراعت دیم و نابودی منابع پایه، حدود ۲۵ میلیارد متر مکعبی بارش در این بخش، متوجه مدیریت ناکارآمد زراعی و ساختار پژوهشی نادرست آن است.

**جدول ۱- سطح زیر کشت زراعت دیم، تولید و بهره‌وری بارش در شرایط حاضر کشور (متوسط ۸۶-۱۳۸۲)**

| محصولات اصلی دیم | میانگین عملکرد | کل سطح | کل بارش | میانگین بارش | کل تولید | بهره‌وری بارش |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Kg/ha | 1000ha | $MM^3$ | mm | 1000Ton | $gr/m^3$ |
| گندم | ۱۱۱۴ | ۴۲۶۶ | ۱۷۱۵۲ | ۴۰۲ | ۴۷۵۲ | ۲۹۲ |
| جو | ۱۰۱۹ | ۱۰۳۲ | ۴۷۲۶ | ۴۵۸ | ۱۰۵۲ | ۲۳۹ |
| عدس | ۴۵۴ | ۲۰۴ | ۷۶۴ | ۳۷۴ | ۹۳ | ۱۲۸ |
| نخود | ۵۱۰ | ۵۶۱ | ۲۵۱۱ | ۳۹۶ | ۲۸۶ | ۱۱۹ |
| | ۱۰۲۰ | ۶۰۶۳ | ۲۵۱۸۳ | | ۶۱۸۲ | ۲۴۵ |

در تحلیل بیلان آب در مزرعه، میزان تعرق محصـول، بخش مولّد تبخیر و تعرق اسـت و بهبود سـهم تعرق گیاه، سـبب بهبود عملکرد و کارایی مصرف آب می‌شود که به صورت شاخص بهره‌وری تعرق بیان و تعریف می‌شود. سهم تبخیر مستقیم بارش در زراعت دیم که تنها منبع تامین نیاز آبی محصـول محسوب می‌شود، قابل توجه بوده و برنامه‌های بهبود، بایستی بر کنترل این تلفات متمرکز و هدایت شود.

در حالی که زراعت دیم جایگاه برجسته ای در جهان دارد و حساب ویژه ای برای آن در دو وجه افزایش عملکرد (و به تبع آن تولید محصولات) و ایجاد ثبات و پایداری عملکرد در مقیاس زمانی باز شـده اسـت در کشـور ما، دسـتگاه‌های متولی این بخش و علیرغم گذشـت پس از حدود دو دهه از

ایجاد موسسه پژوهشی ویژه، با وجود تمام تلاش‌هایی که صورت گرفته، نتوانسته‌اند به این اهداف دست یابد. روند ۲۶ ساله تولید محصولات دیم و به خصوص پس از ایجاد رسمی موسسه دیم و ایستگاه‌های تابعه، گویای تغییر محسوس و ملموسی نیست و حتی همکاری‌های بین‌المللی نیز نتوانسته در راستای عملیاتی شدن پیش رود.

با مرور تولید این چهار محصول طی ۲۶ سال گذشته با تغییرات و نوسانات چشمگیر تولید در طول سنوات مختلف مواجه خواهیم بود که نشان‌دهنده این موضوع مهم است که نتایج تحقیقات کشاورزی دیم نتوانسته به پایداری تولید در این بخش منجر شود. اندک افزایش عملکرد در طول سنوات مختلف کاملاً طبیعی است و مربوط به بهبود دانش عمومی کشاورزان و تجارب آن‌ها است.

اندک بودن شاخص بهره‌وری بارش، بیانگر برآیند ضعف و ناکارآمدی مدیریت و نگرش پژوهشی حاکم بر زراعت دیم، ضعف مدیریت زراعی و عدم کفایت مقدار بارش و پراکنش نامناسب آن در برخی مراحل رشد است. عدم کفایت مقدار بارش و پراکنش نامناسب آن، به عنوان یک واقعیت مسلّم و پذیرفتنی است اما چگونگی تعامل با آن و اتخاذ رویکردهای علمی و منطقی برای پایداری تولید در این بخش بایستی بررسی شود. آنچه که در این بخش مشهود است نشان‌دهنده این واقعیت است که از منظر ارزیابی روند تولید و عملکرد، نشان‌های خاص و قابل دفاع از اثرات وجودی مدل و ساختار پژوهش‌های دیم و ردّ اثر نتایج پژوهش‌های آن وجود ندارد و نتایج و یافته‌ها نتوانسته در مقیاس قابل قبولی در سطح مزارع زارعین راه پیدا کرده و در روند تولید این چهار محصول تغییر محسوسی به وجود آورند. به طوری که مطابق با آمارنامه سال ۹۳-۱۳۹۲ متوسط عملکرد گندم، جو، نخود و عدس دیم به ترتیب ۹۲۰، ۱۰۲۳، ۴۹۳ و ۴۹۱ کیلوگرم در هکتار است (توکلی، ۱۳۹۲).

به جهت کمّی نیز علیرغم همت و تلاش ستودنی و قابل توجه محققین در اجرای ده‌ها طرح و پروژه تحقیقاتی در سطح سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی و دانشگاه‌ها، تدوین گزارشات پژوهشی و دستورالعمل‌های متعدد، بهره‌گیری از نظرات مشاورهای مراکز بین‌المللی همچون ایکاردا، سیمیت و نیز برگزاری دوره‌های آموزشی فراوان، نشانه‌های ملموس و محسوسی در بهبود عملکرد محصولات دیم در مزارع زارعین و جلوگیری از نوسانات زمانی آن مشاهده نمی‌شود.

مهم‌ترین دلایل و عوامل را می‌توان به شرح زیر دسته‌بندی کرد:

۱. ابتدا بایستی از جنبه مفاهیم موضوعی و ساختاری موضوع را مطرح و بررسی کرد. متاسفانه به جای اینکه شاخص و مفاهیم بهره‌وری بارش، حفظ و ذخیره آب مبنا و رویکرد پژوهش قرار گیرد، این مهم به شدت مغفول مانده و به شدت بر اصلاح‌نژاد و گزینش ارقام متمرکز شده که با واقعیت زراعت دیم همسو و هم‌راستا نبوده و نیست. برای گزینش و معرفی ارقام متناسب با شرایط دیم و با هدف بهره‌گیری بیشتر از بارش، باید بر شاخص‌هایی چون توسعه عمقی ریشه

و جذب آب از اعماق، زودرسی، شیوه‌های حفظ و ذخیره آب در خاک و افزایش حجم آب قابل دسترس برای محصول و ... و تحلیل شرایط محیطی و اقلیمی، تکیه کرد و متمرکز شد. علیرغم این که تحقیقات دیم جهان بر محور بهره‌وری بارش و کنترل دوره‌های حساس و بحرانی رشد گیاه، بنا شده در کشور ما جنبه‌های اصلاحی و یافتن ارقام جدید، دارای وزن و اعتبار ویژه‌ای است.

۲. بدیهی است که مدیریت زراعت دیم بایستی در راستای تعامل و سازگاری با تغییرات پارامترها و شرایط متفاوت اقلیمی و ایجاد پایداری تولید باشد و نه در جهت مقابله و تحدید شرایط اقلیمی. وجود تغییرات و نوسانات پارامترهای اقلیمی و نه الزاماً تغییر اقلیم، یک واقعیت و پدیده منعقد شده در زمان و مکان است و کسی را یارای مقابله و تحدید آن نیست، اما آنچه که اهمیت دارد نحوه تعامل و سازگاری با آن و اتخاذ راهکارهایی عملی و مبتنی بر دانش و بینش و با اتکا به ابزارهای نوین است.

۳. همانطور که بیان شد تعرق محصول به عنوان سهم مولد تولید محسوب می‌شود و نه تبخیر و تعرق. متاسفانه پژوهش‌های اصلاح نژادی محصولات دیم بر بهبود سهم تعرق متمرکز نشده است، چرا که تحلیل روند توسعه و بهره‌وری ریشه، کاهش تلفات تبخیر، افزایش بهره‌وری بارش، مدیریت حفظ رطوبت و .... موارد مغفول در زراعت دیم هستند.

۴. تعریف نقاط هدف‌گذاری شده (جایگاه فعلی و جایگاهی که قرار هست به آن رسید) یکی دیگر از مواردی است که بسیار اهمیت دارد. آنچه که در دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی و علمی دنیا به روشنی به چشم می‌آید وجود نقاط هدف‌گذاری شده با قید زمان و حوزه پوشش و فراگیری است که از سوی مدیران ارشد تبیین و توسط پژوهشگران عملیاتی می‌شود. این یکی از موارد خلا در زراعت دیم است که مسیر و برنامه قابل رصدی برای آن تعریف نشده است.

۵. دستاوردی دارای مشخصه پایداری است که ضمن تعدیل ضریب تغییرات آن طی سیکل زمان و تحت شرایط وجود تغییرات میزان و پراکنش بارش، کاربرد آن سهل، عملیاتی و عملی بوده و طی یک فرایند زمانی مشخص، تعمیم یافته و شرایط نامطلوب موجود را اصلاح نماید. در غیر این صورت، انجام چنین عملیاتی به دلیل نداشتن پایداری، زودگذر و غیرقابل جایگزین خواهند بود.

۶. بدیهی است که یکی از دلایل مسلم در پایین بودن عملکرد محصولات دیم، چیدمان پازل دیم با عنایت به نقشه‌های بهره‌وری بارش این محصولات است اما همواره این پرسش مطرح هست که مصداقاً پس از سپری شدن سال‌ها از معرفی چند رقم نخود با عملکردهای مطلوب، چرا این ارقام نتوانستند در مزارع زارعین خودنمایی کنند؟ آیا آنچه که در معرفی این ارقام بیان شده مقرون به صواب نبوده و با واقعیت زراعت دیم همخوانی ندارد؟ بدیهی است اگر ارقام معرفی

شده با شناسنامه معرفی آن‌ها همسو بودند، می‌بایست جهش معنی‌دار و با شیب صعودی قابل ملاحظه‌ای در تولید شکل می‌گرفت که آمار و داده‌ها چنین روندی را نشان نمی‌دهند. به بیان ساده‌تر، از یافته‌های تحقیقاتی در مزارع کشاورزان کمتر اثری دیده می‌شود.

## ۳- راهکارهای اصلاحی بهبود

اجرای پژوهش‌های به‌زراعی و به‌نژادی دیم بایستی بر مبنای "شاخص بهره‌وری بارش"، استوار بوده و "حفظ رطوبت"، "کاهش سهم تلفات تبخیری بارش" و توجه به محصولاتی با قابلیت "توسعه عمقی ریشه" جزو اجزای راهکار اصلاحی محسوب می‌شود.

پژوهش‌ها بایستی بنحوی باشد که عملکرد مزارع بهره‌برداران به سطح عملکرد مزارع پژوهشی برسد. بر اساس نقشه‌های بهره‌وری بارش، برخی مناطق بایستی از شمول دیم خارج شوند و تمهیدات خاصی برای آن‌ها اندیشیده شود. ضمن اینکه ضرورت دارد نقشه‌های بهره‌وری بارش بر اساس اطلاعات جدید و نیز افزودن لایه‌های اطلاعاتی خاک، مشخصات جغرافیایی و پارامترهای اقلیمی به‌روز شود. علاوه بر این مناطقی که امکان آبیاری محدود دارند، بر اساس دستاوردها و دستورالعمل‌های موجود، در مرحل‌های که بیشترین اثربخشی را دارد، یک نوبت آبیاری صورت پذیرد.

**دورنمای راهکار اصلاح زراعت دیم**

مصداقاً رساندن بهره‌وری بارش گندم به ۰/۵ کیلوگرم بر متر مکعب یعنی افزایش ۳ میلیون و ۵۷۰ هزار تن تولید گندم با دستیابی به عملکرد ۱۹۰۷ کیلوگرم در هکتار. این یعنی آزادسازی حدود ۹۲۰ هزار هکتار اراضی گندم آبی با عملکرد ۳۸۰۰ کیلوگرم در هکتار و تولید حدود ۶/۴ میلیارد متر مکعب آب (با فرض مصرف ۷۰۰۰ متر مکعب آب در هکتار برای گندم آبی).

نقاط هدف‌گذاری شده فوق یعنی این که جایگاه فعلی تولید گندم دیم (و دیگر محصولات زراعی و باغی دیم) چیست و قرار هست به کدام جایگاه برسد؟ وضعیت فعلی دارای چالش‌های اساسی در نگرش‌ها بوده و رویکرد گذشته و فعلی، نتوانسته در افزایش عملکرد و ارتقای بهره‌وری بارش موثر باشد. راه نجات میلیون‌ها هکتار اراضی دیم، تغییر نگرش و رجوع به اجزای راهکار اصلاحی است.

## ۴- منابع

توکلی، ع. ۱۳۹۲. تهیه و تدوین نقشه شاخص‌های بهره‌وری بارش در زراعت محصولات دیم کشور. شماره ثبت ۴۲۹۳۷ مورخ ۱۳۹۲/۰۲/۲۲، موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، ۱۱۴ص.

# سامانه‌های استحصال و جمع‌آوری آب باران: فرصت‌ها و معیارها

**علیرضا توکلی**
**عضو هیات علمی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج**

## ۱- مقدمه

مدیریت بارش، کاهش تلفات تبخیر، افزایش بهره‌وری بارش، پایداری تولید و ایجاد اشتغال جزو رویکردهای اساسی در کشاورزی دیم است. حدود ۴۵۰ هزار هکتار باغات و گیاهان دارویی دیم (بادام، انگور، انجیر، زیتون، فندق، سنجد، گل محمدی، عناب، زرشک و ...)، در طیف وسیعی از شرایط اقلیمی متفاوت شکل گرفته و نیاز آبی این باغات، تماماً از طریق آب باران (آب سبز) تامین می‌شود.

افزون بر ۶ میلیون هکتار اراضی زراعی دیم (گندم، جو، نخود و عدس) در کشور وجود دارد که میانگین "بهره‌وری بارش" برای تولید این محصولات حدود ۲۴۵ گرم بر متر مکعب گزارش شده است (توکلی، ۱۳۸۶). اساس و ساختار زراعت دیم بر تامین آب صرفاً از طریق بارش، تعریف شده است. پایین بودن بهره‌وری بارش در زراعت دیم، ایجاب می‌کند که گزاره‌های جدیدی برای آن تعریف گردد. یکی از گزاره‌های مطمئن و کارآمد، احداث و احیای باغات دیم و کشت گیاهان دارویی تحت سامانه‌های استحصال و جمع‌آوری آب باران هست که متناسب با شرایط اقلیمی و ضوابط و معیارهای آن قابل تعریف و جانمایی است. به فرآیند جمع‌آوری و تمرکز رواناب ناشی از باران از سطحی بزرگ‌تر (سطح رواناب) و ذخیره آن برای استفاده مفید و مطلوب در سطح هدف کوچک‌تر (سطح نفوذ) سامانه‌های استحصال و جمع‌آوری آب باران اطلاق می‌شود. اگرچه ایجاد باغ دیم همراه با ریسک می‌باشد اما با راهکارهایی می‌توان ضمن کاهش ریسک، بهره‌وری بارش و معیشت ذی‌نفعان را بهبود و ارتقای بخشید.

شاخص بهره‌وری بارش محصولات زراعی دیم کشور (۲۴۵ گرم بر متر مکعب)، نشان می‌دهد که نحوه استفاده از آب سبز در زراعت دیم، مطلوبیت نداشته و علاوه بر از دست رفتن منابع آب، فرسایش خاک و فقر معیشتی بهره‌برداران را نیز به همراه داشته است. لذا ضرورت دارد که برخی مناطق (حتی با بارش مناسب) از شمول زراعت دیم خارج و به ایجاد باغات دیم و گیاهان دارویی تحت سامانه‌های استحصال و جمع‌آوری آب باران اختصاص یابد.

احداث باغات و سامانه‌های مربوط به آن‌ها، با حذف عملیات شخم، فرسایش خاک را کنترل می‌کند. با احداث باغات، جریان رواناب مدیریت شده، سرعت جریان کند و فرصت نفوذ ایجاد

خواهد شد، لذا جریان سطحی به جریان زیرزمینی و جریان زیرسطحی (زیر پوست‌های) تبدیل شده، میزان تلفات مستقیم آب سبز کاهش پیدا خواهد کرد.

**۲- دانش بومی و تجربیات اجرایی**

یکی از مزیت‌های فرهنگی و اجتماعی هر کشوری، به "دانش بومی" و قدمت فعالیت‌های استقرار یافته برمی‌گردد. خوشبختانه "مصادیق" فراوانی از "باغات دیم و گیاهان دارویی دیم" در کشور وجود دارد که می‌توان به مناطقی در استان چهارمحال و بختیاری، خراسان، فارس، کردستان، کرمانشاه، اصفهان و ..... اشاره کرد. انجیر دیم اصطهبانات فارس، بادامستان کوهسرخ کاشمر، باغات انگور دیم کردستان و خراسان و فارس و .... جملگی موید این موضوع هست که از این منظر، پشتوانه‌های مطمئن و خوبی برای کشور وجود دارد و در این نوشتار نیز مورد توجه قرار گرفته است.

مصادیق فراوانی از ایجاد و توسعه باغات دیم در اقالیم مختلف کشور و محصولات سازگار با هر اقلیم وجود دارد که به برخی اشاره می‌شود:

۱. حدود ۹۰ هزار هکتار باغات بادام دیم که در استان‌های مختلف منجمله فارس، خراسان رضوی، خراسان جنوبی، خراسان شمالی، کرمان، همدان، آذربایجان‌شرقی، کردستان و اصفهان و .... پراکنده است (توکلی، ۱۳۹۳) و بزرگترین باغ بادام دیم در منطقه کوهسرخ کاشمر خراسان رضوی واقع می‌باشد. منطقه کوهسرخ با قدمت چند ده‌ساله کشت بادام دیم و با سطحی حدود ۱۷ هزار هکتار یکی از مناطق مهم و قابل اعتنای کشت بادام دیم محسوب می‌شود. یکی از ویژگی‌های بادام تولیدی در منطقه، ارگانیک بودن و عاری بودن از هر گونه کود شیمیایی و سموم می‌باشد که از این منظر نیز بسیار اهمیت دارد.

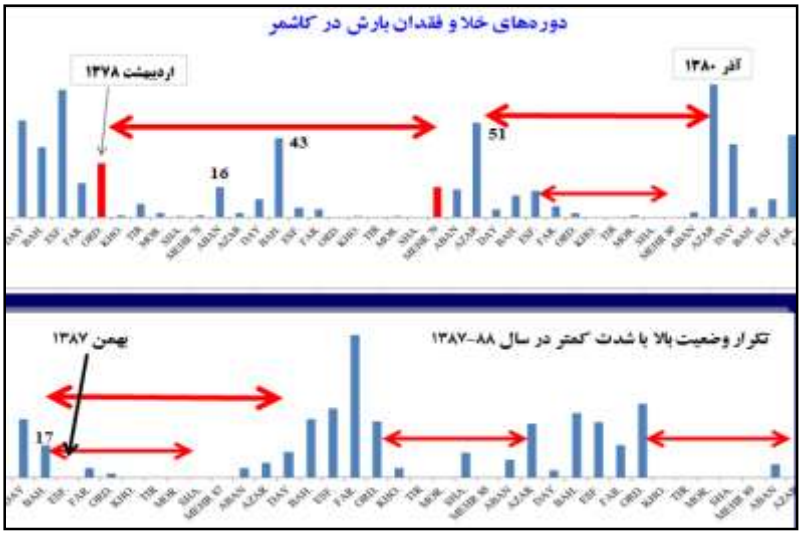
۲. حدود ۷۳ هزار هکتار باغ انگور دیم وجود دارد (۱) که دارای عملکردی از ۴/۵ تا ۱۶ تن در هکتار بوده و در مصارف غوره و فرآوری کاربرد فراوان داشته و جزو محصولات سالم و حتی ارگانیک محسوب می‌شوند. آذربایجان‌غربی، خراسان جنوبی، خراسان رضوی، خراسان شمالی، فارس، کردستان، کرمانشاه و کهگیلویه و بویراحمد دارای بیشترین سطوح زیر کشت انگور دیم هستند.

۳. وجود افزون بر ۴۸ هزار هکتار باغات انجیر دیم (۱) که عمدتا در استان فارس و شهرستان استهبان متمرکز شده، معیشت هزاران نفر را تامین و محصولی بسیار ارزشمند را تولید می‌کنند.

۴. سطح زیر کشت فندق، زیتون، گل محمدی، گیاهان دارویی، توت (نوغان) تحت شرایط دیم به ترتیب ۷۴۰۰، ۷۵۰۰، ۵۳۰۰، ۵۰۰۰ و ۸۲۰۰ هکتار می‌باشد (۱). گل محمدی دیم عمدتا در استان فارس قرار دارد.

ظرفیت‌های فراوانی در کشـور هم در اصلاح و احیای باغات موجود و هم برای توسعه باغات دیم و گیاهان دارویی وجود دارد که ضـــرورت دارد مطابق با ضـــوابط و معیارهای فنی و علمی و تحت سامانه‌های استحصال و جمع‌آوری آب باران و با نگاه حفظ رطوبت و کنترل تبخیر اقدام شود. دانش بومی سـیر تکاملی تجربی داشته و کمتر از دانش فنی بهره گرفته است، به همین دلیل گاهی دچار خسران و آسیب جدی شده است.

مشـکلاتی که در باغات دیم موجود وجود دارد عموماً ناشـی از عدم پیش‌بینی درست در تامین الزامات و ضـروریات انجام فعالیت بوده اسـت. یکی از مصـادیق این مدعا، بروز "دوره‌ی مزمن خلا و فقدان بارش" در منطقه کوهسـرخ کاشـمر و عدم اتخاذ تمهیدات مدیریتی برای کاهش اثر آن بوده است که در شکل ۱ نشان داده شده است. بر اساس این شکل بازه‌ی اول که بسیار سخت، طولانی و مخرب بوده از اردیبهشـت ۷۸ شروع و تا آذر ۱۳۸۰ ادامه یافت و سخت‌ترین آسیب‌ها را به درختان وارد کرد و یقیناً اگر "سـامانه‌های اسـتحصال آب باران" ایجاد، "مهندسی بستر" رعایت و همگام با آن در یک اقدام تکمیلی، "آبیاری محدود" صـورت می‌گرفت، نجات درختان میسـر بود. بازه‌ی دوم که به شـدت نوبت اول نبوده از بهمن ۱۳۸۷ رخ داد و فقط یک سـال را متاثر نموده اسـت، در این زمان نیز اقدامات تکمیلی پیش گفته می‌توانست در عبور از شرایط سخت موثر باشد.




**شکل ۱- دوره مزمن خلا و فقدان بارش در منطقه کوهسرخ کاشمر**

### ۳- چالش اصلی

در تحلیل چالش بایستی سه وجه مدنظر قرار گیرد، ۱- اراضی دیم کم بازده ۲- اراضی ملی در حال تخریب بخاطر فقر پوشش گیاهی و ۳- باغات دیم موجود.

در هر سه منظر، شاخص بهره‌وری بارش اندک و تلفات تبخیر فراوان بوده و اقداماتی برای حفظ رطوبت و کاهش فرسایش خاک صورت نگرفته است. عملکرد اندک در اراضی دیم کم‌بازده و به ویژه در اراضی شیبدار، ضمن غیراقتصادی بودن کشت و کار، منشا از دست رفتن آب و خاک مرغوب شده و به صورت سیل، اثرات تخریبی به همراه دارد. در باغات دیم موجود، ضعف درختان، گسترش آفات و بیماری‌ها و در نتیجه زوال و خشکیدگی مشهود است.

نظر به فقدان مستندات علمی، عدم کفایت دانش و تجربیات بومی و نیز مخاطرات ناشی از زوال و خشکیدگی باغات موجود، ضرورت دارد که اولاً باغات موجود مورد ارزیابی و پایش فنی و علمی دقیق قرار گرفته و مستند گردند تا ضمن تعیین شاخص بهره‌وری بارش (فیزیکی و اقتصادی)، نقاط ضعف و قوت آن در هر منطقه مشخص گردد. ثانیاً نقاط ضعف و قوت و علل و عوامل توفیق یا زوال تعیین و بر اساس شرایط جغرافیایی، عوامل محیطی، پارامترهای اقلیمی، مدیریت و اقدامات عرصه‌ای و تنش‌ها، راهکارهای اصلاحی و بهبود تدوین و ارائه گردد.

### ۴- راهکار اصلاحی

راهکار اصلاحی برای چالش‌های مذکور، اجرای برنامه"پایش"، "اصلاح و احیا" و "ایجاد و احداث" گیاهان دارویی و باغات دیم مبتنی بر ضوابط و معیارها است. این برنامه بر ساختارهای بنیادین تولید در بخش کشاورزی و بندهای ۲، ۳، ۷، ۹ و ۱۲ از مجموعه بندهای سیاست‌های اقتصاد مقاومتی استوار است.

- پایش و ارزیابی فنی باغات و گیاهان دارویی دیم کشور
- اصلاح و احیای باغات و گیاهان دارویی دیم موجود
- ایجاد باغات و گیاهان دارویی دیم جدید
- تعیین شاخص بهره‌وری بارش و تحلیل آن

**فرضیه‌های راهکار**

- ✓ بخش اعظمی از بارش به صورت تبخیر مستقیم از دسترس خارج می‌شود.
- ✓ ایجاد باغ دارای مزیت نسبی تولیدی و اقتصادی نسبت به محصولات زراعی دیم دارد
- ✓ باغات دیم در ارتقای معیشت زندگی و حفظ منابع پایه تولید موثر است.

- ✓ با توجه به هزینه سنگین تامین و انتقال آب و احداث شبکه آبیاری و سیستم‌های مربوطه، آب استحصالی از باران با متوسط بارندگی بالای ۳۰۰-۲۵۰ میلی‌متر دارای کمیت و کیفیت مناسب و هزینه نسبتاً اندک می‌باشد

## ۵- ضوابط و معیارهای باغات و گیاهان دارویی دیم

### الف) مهندسی سامانه‌های استحصال و جمع‌آوری آب باران

با توجه به پراکنش بارش در طول زمان و تغییرات آن در سال‌های مختلف، ضرورت دارد که برای تامین نیاز آبی درختان، تمهیداتی اندیشیده شود. جمع‌آوری آب باران از سطحی بزرگتر و هدایت آن به سمت هدف (درختان)، اساس این سامانه‌ها را تشکیل می‌دهد. با توجه به میزان کل بارش سالیانه، به طور مثال "فواصل ۷ در ۷ یا تخصیص ۴۹ متر مربع به هر درخت"، "سطوح رواناب تمیز و غلتک‌زده شده" و "بدون نیاز به استفاده از پلیمر و مواد سوپرکاذب" کفایت کرده و می‌تواند ذخیره رطوبتی کافی را برای رشد و نمو و باردهی و بقای درخت به همراه داشته باشد (توکلی،۱۳۹۲). مسئلهٔ "کنترل تبخیر" بسیار مورد تأکید است و عملیات زراعی شامل هرس کردن، بیل‌کاری پای درختان، کنترل علف‌های هرز در سطوح رواناب و پای درختان و کنترل آفات باید اجرا شود. آرایش سامانه‌ها یعنی شکل و ابعاد آن بسته به نوع محصول، جهت شیب، میزان شیب، بافت خاک و عمر مفید باغ متفاوت خواهد بود.

### ب) مهندسی بستر

یکی از مهم‌ترین و اثرگذارترین پارامترها در احداث باغ دیم، تهیه بستر لازم و کامل برای درختان است. ایجاد بستر مناسب، سبب می‌شود که رطوبت و آب مورد نیاز تامین شده و محصول تحت شرایط تنش و کمبود شدید آب قرار نخواهند گرفت (توکلی،۱۳۹۲).

در موضوع بستر، افزایش ذخیره رطوبتی خاک (SMC) بسیار اهمیت دارد و لذا تعبیه مناسب ابعاد چاله، افزودن کود دامی و بقایای گیاهی، هدایت رواناب به پای درختان و ایجاد شرایط مناسب برای توسعه عمقی ریشه از جمله راهکارها در بهبود ظرفیت آب خاک می‌باشد. پس از این عملیات، حفظ رطوبت و جلوگیری از از تبخیر آن بسیار اهمیت خواهد داشت که استفاده از انواع مالچ‌ها (گیاهی، سنگی، خاکی، مکانیکی، پلاستیک و .....) می‌تواند کاربرد داشته باشد. بدیهی است آرایش صحیح باغ که منجر به ایجاد سای‌هاندازی در محل تجمع رواناب شود، در کاهش تلفات تبخیر موثر خواهد بود.

یکی از موادی که در این تحقیق استفاده شد، مواد سوپرجاذب بود که نتایج نشان داد که نتنها اثر مثبت و مفیدی نداشته بلکه مشکلاتی را برای درخت ایجاد می‌کرد. به طوری که رشد شاخه‌های بادام در شرایط بدون سوپرجاذب بیشتر از شرایط با کاربرد سوپر جاذب بوده است (توکلی،۱۳۹۲).

ضمن اینکه از نظر اقتصادی نیز توجیه نداشته و توصیه نمی‌شود. به جای کاربرد مواد سوپرجاذب (سوپر کاذب)، استفاده و کاربرد مواد آلی، کمپوست، کود دامی پوسیده، بقایای گیاهی و پوکه‌های معدنی که سبب افزایش ظرفیت انباشت رطوبتی می‌شوند، قابل توصیه است.

**ج) مهندسی رواناب**

مهمترین و اصلی‌ترین منبع تامین آب مورد نیاز باغات و گیاهان دارویی دیم، آب باران یا آب سبز است که مدیریت آن از اهمیت بالایی برخوردار است. از آنجایی که در شرایط دیم، عموماً پراکنش بارش به نحوی هست که ممکن است در برهه‌ای از دوره‌ی رشد، با فقدان بارش مواجه گردد، لذا ضرورت دارد که تمهیداتی اندیشیده شود تا آب باران در بستر محصول ذخیره و در زمان نیاز و شرایط کمبود رطوبت، به مصرف محصول رسیده و از بروز تنش جلوگیری نماید. آب بارانی که در خارج از سای‌هانداز به سطح زمین می‌رسد، در صورتی که سطح موردنظر مهیا نباشد، بخش عمده‌ی آن تبخیر شده و از دسترس خارج می‌گردد. برای مدیریت و اصلاح این شرایط، سطوح رواناب شکل گرفته و آب از این سطوح که تلاش خواهد شد نفوذ کمتری داشته باشند، "استانه رواناب آن‌ها کاهش یافته" و "ضریب رواناب افزایش" پیدا نماید، جمع‌آوری و به در جهت شیب به سمت درخت هدایت خواهد شد.

تمیز کردن سطح رواناب، فشرده‌سازی این سطوح و حذف علف‌های هرز، سبب خواهد شد که آب باران حتی با مقادیر کم، جاری شده (کاهش استانه رواناب) و سهمی از آب باران که به پای محصول می‌رسد (افزایش ضریب رواناب) افزایش پیدا نماید (توکلی،۱۳۹۲). پس از این اقدام مشترک و مهم، حفظ و نگهداری آب جمع‌آوری شده، بسیار ضروری و مهم جلوه خواهد کرد.

در موضوع رواناب و بر اساس آمار بلندمدت تحلیل شدت، مدت و فراوانی بارش، ظرفیت آب خاک، شیب و تغییرات میزان و جهت آن، احتمال وقوع بارش‌ها، زمان فقدان بارش، وضعیت خاک سطحی، رطوبت اولیه، پوشش گیاهی و آرایش کاشت ضروری هست و بایستی مدنظر قرار گیرد.

در مهندسی رواناب، بایستی به این نکته توجه داشت که توازن بین تعرق محصول با میزان جذب آب توسط ریشه، برقرار باشد. زیرا هرگونه اختلال در این توازن بعد از سال‌های اولیه و دوران محصول‌دهی، سبب خواهد شد که با بروز تنش آبی، درختان در معرض تهدید خشکیدن قرار گیرند.

**د) مدیریت باغی**

یکی از مهمترین و اساسی ترین اقدامات که نیاز به آینده‌نگری و جامعیت دارد، انتخاب نوع گونه‌های باغی و گیاهان دارویی طرح و سهم هر یک از الگوی کشت می‌باشد. ویژگی‌هایی چون تعامل با خشکی، مقاومت به سرما، عدم حساسیت به برخی آفات و بیماری‌ها، قابلیت فرآوری داشتن، نیاز آبی اندک، ریشه‌دوانی و توسعه عمقی ریشه، و... مواردی هست که در انتخاب گونه‌ها نقش دارد. در شرایط خشکی، طبیعی است که توان محصولات در برابر آفات و بیماری‌ها، اندکی

کاهش یابد، لذا بایستی پدیده اپیدمی و طغیان آفات و بیماری‌ها را مدنظر داشت.در شرایط تعریف شده، مصرف برخی سموم، آفت‌کش‌ها و کودهای شیمیایی کاهش خواهد یافت، لذا محصولات تولیدی (یا فرآور شده) دارای ویژگی سالم بودن (و حتی ارگانیک بودن) خواهند بود که بسیار بااهمیت و ارزش می‌باشد.

یکی از مسائل مهم در احداث باغ، شیوه کاشت نهال است. به عنوان مثال بادام به سه صورت بذری، نشایی (گلدانی پلاستیکی) و نهال پیوندی قابل کشت است یا انگور به دو صورت قلمه ریشه‌دار یا قلمه بدون ریشه امکان‌پذیر است. در مبحث مدیریت باغی باید توجه داشت که باغات موجود عموماً بذری، دارای اختلاط و تفاوت رشدی، فاقد بستر مناسب، آرایش کشت نامناسب و فاقد هرگونه مدیریت باغی می‌باشد، لذا در فرآیند اصلاح و احیا بایستی این موارد مدنظر قرار گیرد.

**اجزای اصلی و حیاتی اصلاح، احداث و نگهداری باغات دیم**

۱- سامانه‌های استحصال و جمع‌آوری آب باران (مهندسی سامانه‌ها شامل آرایش و ابعاد)

۲- جمع‌آوری، هدایت و نفوذ آب در پای هدف (مهندسی رواناب)

۲-۱- افزایش ضریب رواناب و کاهش استانه رواناب

۳- تدارک و تهیه بستر مناسب برای افزایش ظرفیت آب خاک در پای درخت (مهندسی بستر)

۳-۱- کنترل تبخیر و کاهش مصارف غیر مفید

۴- آبیاری محدود و تکمیلی یک یا دو نوبت

۵- پایش مستمر و تامین نیازمندی‌های تغذی‌ای

۶- پایش مستمر تغییرات پارامترهای اقلیمی و ارائه راهکارهای متناسب با آن

**دورنمای راهکار اصلاح و ایجاد**

باغات دیم تحت سامانه‌های استحصال و جمع‌آوری آب باران و با رعایت ضوابط و معیارهای آن (مهندسی سامانه‌ها، مهندسی رواناب و مهندسی بستر)، کنترل تبخیر، حفظ رطوبت و مدیریت‌های باغی به عنوان یک ظرفیت و گزاره مطلوب و برتر معرفی می‌گردد ضمن اینکه از نظر دانش بومی و مبانی علمی و نظری نیز غنی بوده و برای تدوین دستورالعمل‌های اجرایی و عملیاتی احداث، احیا و اصلاح اینگونه باغات محدودیت خاصی وجود ندارد. بررسی‌های بعمل آمده در باغات دیم حاکی از وجود ظرفیت‌های بالای اصلاحی و بهبود شرایط برای اصلاح و احیای باغات موجود از یکسو و ایجاد باغات دیم جدید تحت سامانه‌های استحصال و جمع‌آوری آب باران در اراضی جدید می‌باشد.

با ایجاد باغات جدید به میزان ۵۰۰ هزار هکتار طی برنامه پنجساله ششم، و با برش محصولی مشتمل بر بادام، انگور، زرشک، گل‌محمدی، انجیر و سایر محصولات کل درآمد ناخالص برابر با ۶۴۷۳ میلیارد تومان برآورد می‌شود. همچنین با اصلاح و احیای باغات بادام، انگور و انجیر موجود (۲۱۱ هزار هکتار) و افزایش عملکرد آن‌ها به ترتیب به میزان ۵۰۰، ۳۰۰۰ و ۲۵۰ کیلوگرم در

هکتار نسبت به متوسط عملکرد فعلی، می‌توان به درآمد ناخالص برابر با ۱۱۲۱ میلیارد تومان دست پیـدا کرد کـه بطور میـانگین افزایش درآمـد ناخالص معادل ۵/۳۱ میلیون تومان به ازای هر هکتار خواهد بود.

## ۶- منابع

توکلی، ع. ۱۳۹۳. بررسی کارآیی سوپر جاذب در سامانه‌های استحصال و جمع‌آوری آب باران برای بادام دیم. یافته‌های تحقیقاتی در گیاهان زراعی و باغی، ۳(۱): ۸۰-۶۵.

توکلی، ع. ۱۳۹۲. تعیین مشخصه‌های فنی سامانه‌های استحصال و جمع‌آوری آب باران برای بادام دیم. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، ۲: ۱۶-۱.

توکلی، ع. ۱۳۹۲. تهیه و تدوین نقشـه شـاخص‌های بهره‌وری بارش در زراعت محصـولات دیم کشور. شماره ثبت ۴۲۹۳۷، موسسه تحقیقات کشاورزی دیم، ۱۱۴ص.

توکلی، ع. ۱۳۸۶. بررسی عکس‌العمل بادام دیم نسبت به شیوه‌های مختلف استحصـــال و جمـــع‌آوری آب بـــــاران در حوضه‌های کوچک (MCWH) در آذربایجان‌شرقی. موسسه تحقیقات کشاورزی دیم، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شماره ۸۶/۱۴۲۳، ۷۴صفحه.

# اصلاح سامانه‌های سنتی آبیاری سطحی به منظور ارتقای بهره‌وری مصرف آب

**نادر عباسی، فریبرز عباسی و جواد باغانی**
**اعضای هیات علمی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج**

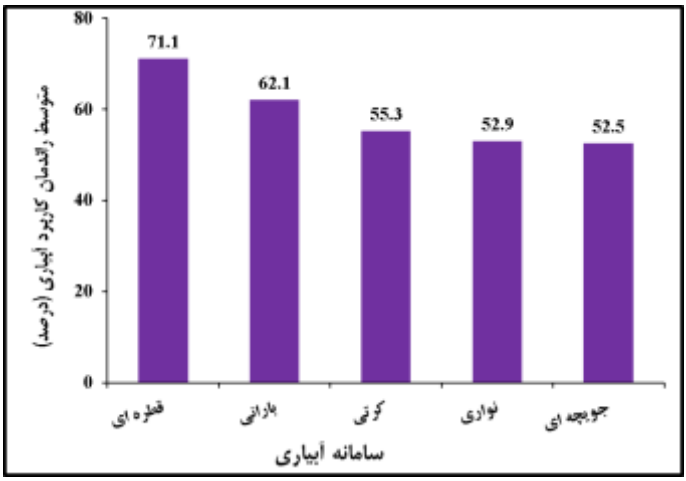
## ۱- مقدمه

اصلاح و بهبود عملکرد روش‌های آبیاری سطحی درراستای استفاده بهینه از منابع آب کشور و افزایش بهره‌وری مصرف آب در بخش کشاورزی از اهمیت خاصی برخوردار است. به‌رغم این‌که در بسیاری از مناطق جهان بیش از ۹۰ درصد اراضی فاریاب با روش‌های سطحی آبیاری می‌شوند، لیکن این روش‌ها مورد کم توجهی قرار گرفته‌اند. مشکل عمده روش‌های آبیاری سطحی پایین بودن راندمان است که از ضعف مدیریت آبیاری ناشی می‌شود. با توجه به هزینه زیاد سامانه‌های آبیاری تحت فشار، بهبود و اصلاح روش‌های آبیاری سطحی امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر است.

در ایران نزدیک به ۸۵ درصد کل اراضی آبی با سامانه‌های سطحی و بقیه با روش‌های مختلف تحت‌فشار آبیاری می‌شوند. این بدان معنی است که اثربخشی اقدامات مرتبط با اصلاح سامانه‌های سنتی آبیاری حدود ۸ برابر توسعه روش‌های تحت‌فشار است . به‌طوری‌که با افزایش یک درصد در راندمان روش‌های آبیاری سطحی میزان آب صرفه‌جویی شده برابر با حجم آب صرفه‌جویی حاصل از افزایش ۱۰ درصدی در توسعه روش‌های آبیاری تحت فشار خواهد بود.

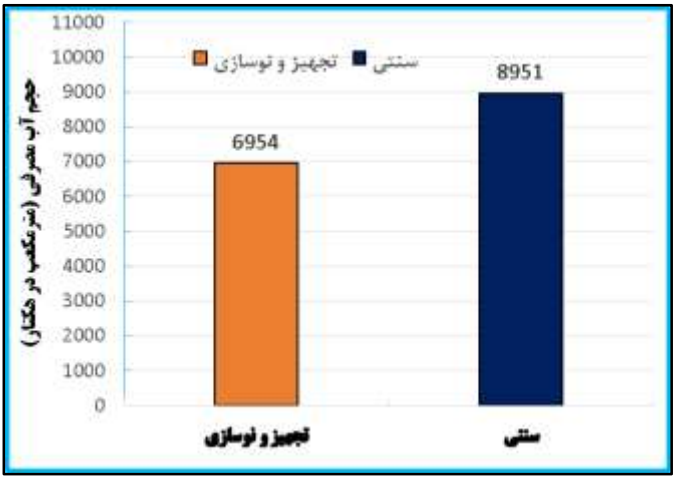
## ۲- تبیین وضع موجود

نتایج حاصل از مطالعات متعدد میدانی در سامانه‌ها و شبکه‌های مختلف آبیاری (سنتی و مدرن) در سطح کشور و تحلیل آنها نشان می‌دهدراندمان کاربرد در سامانه‌های کرتی، نواری و جویچه‌ای به ترتیب ۵۵/۳، ۵۲/۹ و ۵۲/۵ درصد است. متوسط راندمان کاربرد آب در مزرعه در سامانه‌های مختلف آبیاری بارانی و قطره‌ای نیز به‌ترتیب ۶۲/۱ و ۷۱/۱ درصد می باشد (شکل ۱).

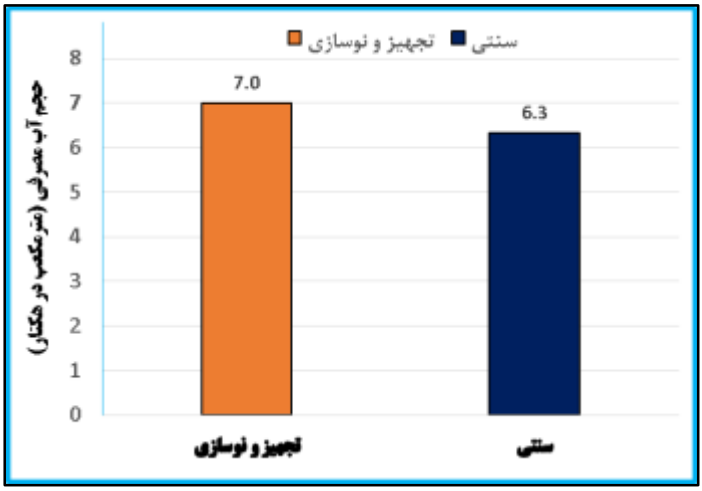



**شکل ۱- متوسط راندمان کاربرد آب آبیاری در سامانه‌های مختلف آبیاری سطحی و تحت فشار در سال‌های ۹۴-۱۳۷۰ در کشور**

در شکل ۲ متوسط حجم آب مصرفی ذرت علوف‌های در فصل زراعی ۶-۱۳۹۵ در روش‌های مختلف آبیاری سطحی در شبکه‌های سنتی و تجهیز و نوسازی شده برای نمونه مقایسه شده است. حجم آب مصرفی در اراضی زیر شبکه‌های سنتی حدود ۲۰۰۰ متر مکعب در هکتار بیشتر از اراضی زیر شبکه‌های تجهیز و نوسازی شده بوده است. به همین ترتیب، بهره‌وری مصرف آب ذرت علوف‌های در مزارع زیر شبکه‌های تجهیز و نوسازی شده ۷/۰ و در مزارع پایین‌دست شبکه‌های سنتی ۶/۳ کیلوگرم بر مترمکعب بوده است (شکل ۳). بدین‌ترتیب، با توجه به سطح وسیع اراضی زیر شبکه‌های سنتی در کشور، اصلاح و بهبود عملکرد این شبکه‌ها می‌تواند گام موثری در کاهش حجم آب و افزایش بهره‌وری مصرف آب باشد.




**شکل ۲- مقایسه حجم آب مصرفی ذرت علوف‌های در روش‌های مختلف آبیاری سطحی در شبکه‌های سنتی و تجهیز و نوسازی شده**




**شکل ۳- مقایسه بهره‌وری مصرف آب ذرت علوف‌های در روش‌های مختلف آبیاری سطحی در شبکه‌های سنتی و تجهیز و نوسازی شده**

### ۳- راهکارها و راهبردهای فنی

بر اساس نتایج به دست آمده از پژوهش‌های قبلی و مطالعات منطق‌های مرتبط، در سطح وسیع و به صورت پایلوت در شرایط زارعین هر منطقه، روش‌ها و اقدامات متعددیبرای بهبود راندمان کاربرد آب قابل انجام است. در این خصوص به موارد زیر اشاره و در مورد آنها توضیح داده شده است.

- انجام کم‌آبیاری در انواع محصولات کشاورزی
- کاربرد رژیم کاهش جریان در مزارع بمنظور صرفه‌جویی در مصرف آب
- تسطیح و قطعه‌بندی مناسب اراضی
- استفاده از آب شور به منظور کاهش مصرف آب‌های با کیفیت بهتر با مدیریت خاص
- توسعه روش‌های آبیاری کم‌فشار (برای مثال هیدروفلوم)

### افزایش تولید با توسعه و اجرای عملیات کم‌آبیاری در محصولات کشاورزی

کم آبیاری یک راهکار بهینه سازی است که طی آن محصولات را به عمد در شرایط کمبود آب و کاهش عملکرد قرار می‌دهند. وقتی منابع آب دارای محدودیت می‌باشند یا قیمت آب بالاست، سطح بهینهٔ آبیاری از دیدگاه اقتصادی چیزی کمتر از مقدار مورد نیاز برای حداکثر عملکرد می‌باشد. به‌علاوه در جایی که سرمایهٔ اولیه، انرژی، نگهداری و نیروی کار جهت تأمین آب دچار محدودیتند و یا هزینه بسیار بالایی دارند، کم‌آبیاری را می‌توان به عنوان راهکاری مناسب برای افزایش سود به کار برد. همچنین از این روش می‌توان برای به حداکثر رساندن یا تثبیت تولید زراعی در مناطقی که محدودیت زمین وجود ندارد، استفاده کرد. نتایج تحقیقات نشان دادهاند که کم‌آبیاری سبب افزایش ۴۵-۳۰ درصدی در سطح زیرکشت و افزایش ۴۰-۲۰ درصدی تولید محصول شده است. اعمال کم‌آبیاری باعث افزایش کارائی مصرف آب خواهد شد که با دو روش امکان پذیر است ۱- حذف آبیاری‌های غیرمؤثر با توجه به مراحل حساس رشد ۲- اعمال کم آبیاری از ابتدا تا انتهای فصل رشد. البته شیوه‌های اعمال کم‌آبیاری در روش‌های یاد شده نیز متفاوت می‌باشد.

روش آبیاری یک در میان جویچه‌ای از جمله روش‌های کاربردی در این زمینه است. آبیاری یک در میان جویچه‌ها سبب کاهش مصرف آب و افزایش قابل توجه راندمان و کارایی مصرف آب می‌گردد و در صورت تعیین جزئیات عملی و استراتژی‌های مناسب در نتیجه اجرای تحقیقات کاربردی، می‌توان به افزایش قابل توجهی در تولید محصول با مقادیر آب موجود دست یافت، بگون‌های که کمترین خسارات احتمالی به کمیت و کیفیت محصول تولیدی وارد گردد. در آبیاری

سطحی بدلیل ماهیت آن عمدتا راندمان آبیاری کم است. آبیاری یک درمیان برای جلوگیری از نفوذ عمقی بیش از حد بکار می رود و با کم کردن نفوذ عمقی راندمان آبیاری را بالا می برد. اما چنانچه آبیاری یک درمیان همراه با کاستن مقدار آب لازم باشد، کارایی مصرف آب را نیز افزایش می دهد. این روش به دلیل ماهیت و هدفی که از اجرای آن دنبال می‌گردد، در خاک‌های با بافت متوسط تا سنگین قابل کاربرد است و در خاک‌های سبک کارایی مناسبی ندارد و حتی ممکن است منجر به کاهش راندمان آبیاری نیز بشود. با این روش امکان صرفه جوئی ۳۰- ۴۰ درصد در آب مصرفی وجود دارد. این تکنیک یک طرح عملی برای توسعه روش آبیاری جویچه‌ای یک در میان برای محصولاتی که به صورت ردیفی کشت می‌شوند، می‌باشد.

### کاربرد رژیم کاهش جریان در مزارع بمنظور صرفه‌جویی در مصرف آب

در روش‌های آبیاری سطحی با انت‌های باز، معمولاً حجم زیادی از آب بخصوص در اراضی شیب دار بصورت رواناب خروجی تلف می‌شود. یکی از روش‌های مدیریتی برای کنترل و کاهش رواناب سطحی در این سامانه‌ها، رژیم کاهش جریان است. بدین ترتیب که ابتدا با شدت جریان‌های نزدیک به بیشترین دبی غیرفرسایشی آبیاری را شروع و پس از رسیدن جریان به انت‌های مزرعه، دبی ورودی به حدود نصف مقدار اولیه کاهش و تا انت‌های زمان آبیاری از آن دبی استفاده می‌شود. این روش قادر است تا حدود ۲۰ درصد از تلفات آب بصورت رواناب را کاهش داده و موجب صرفه‌جویی در مصرف آب و بهبود بازده آب آبیاری شود. رژیم کاهش جریان در همه اراضی کشاورزی و همه روش‌های آبیاری سطحی مخصوصا اراضی تجهیز و نوسازی شده به سادگی قابل اعمال است. هدف از این عمل، بهبود مدیریت آبیاری در مزرعه و صرفه‌جویی در مصرف آب با اعمال روش‌های نوین مدیریتی در اراضی تجهیز و نوسازی شده می‌باشد.

### تسطیح مناسب اراضی برای آبیاری سنتی و اجرای آبیاری نواری

در این شیوه، بر اساس نتایج به دست آمده از تحقیقات گذشته و مطالعات منطق‌های مرتبط در سطح وسیع و به صورت پایلوت در شرایط زارعین هر منطقه، با توجه به نوع محصول و شرایط توپوگرافی مزرعه، به یکی از روش‌های مناسب (روش آبیاری کرتی و یا نواری) و نیز تغییر اندازه قطعات زراعی به اندازه مناسب طراحی انجام می‌شود. این روش در استان‌های مختلف کشور و برای اکثر محصولات زراعی و باغی قابل اعمال است. تسطیح کردن زمین از الزامات اولیه انجام آبیاری سطحی است که برای رسیدن به راندمان کاربرد بالا و کاهش تلفات آب نیاز است.

### استفاده از آب شور با مدیریت خاص

استفاده از آب‌های نامتعارف (آب شور زهکش‌ها، فاضلاب‌های صنعتی و خانگی و آب دریا ) به عنوان یکی از گزینه‌های راهبردی موثر، می‌تواند در کاهش اثر خسارت بار ناشی از کم آبی نقش کلیدی را بازی نماید. از آنجا که کاربرد آب‌های فوق برای اهداف کشاورزی اثرات منفی بر خاک و گیاه دارند، تمهیدات مدیریتی برای حفظ پایداری کشاورزی ضروری است. این شیوه برای کاربرد آب شور در کشاورزی به منظور تعدیل اثر خسارت بار ناشی از شوری و حفظ نسبی عملکرد و تولید اقتصادی پیشنهاد می‌گردد.

به عنوان نمونه می‌توان به کاشت گیاهان شورپسند و ارقام مقاوم به شوری، کاشت بذر در کف شیارها، استفاده از یک نوع آب در طول دوره رشد گیاه، عدم اختلاط آب‌های با کیفیت خوب و شور باهم و ... نام برد.

### استفاده از خاک‌ورزی حفاظتی

خاک‌ورزی حفاظتی سیستمی است که در آن پس از عملیات خاک‌ورزی و کاشت، حداقل ۳۰ درصد سطح خاک به وسیله بقایای محصول قبلی پوشیده شده باشد و از مدیریت برداشت محصول قبلی شروع می‌شود. استفاده از روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی (با تاکید بر اجرای روش‌های کم خاک ورزی) با استناد بر یافته‌های تحقیقاتی ۱۰ ساله موسسه تحقیقات فنی ومهندسی کشاورزی در سال ۱۳۸۶ به سازمان جهاد کشاورزی استان‌ها جهت انتقال و اجرایی نمودن این یافته‌ها شروع و برای تسریع بیشتر این امر پایلوت‌هایی الگویی بلافاصله با نظارت و مشارکت مستقیم همکاران تحقیقاتی در استان‌های فارس، همدان، اصفهان، گلستان، خوزستان و قزوین در سال ۸۷-۸۶ به میزان ۱۵۰۰ هکتار آبی برای محصولات مختلف زراعی هر منطقه انجام شد. این سطح در سال ۸۸-۸۷ به میزان ۱۰۰۰۰ هکتار آبی برای ۱۰ استان شامل فارس ، همدان، اصفهان، گلستان، خوزستان، قزوین، کرمان، خراسان رضوی، تهران و اردبیل و در سال زراعی ۸۸-۸۸ به میزان ۳۷۰۰۰ هکتار آبی و با هماهنگی مدیریت‌های زراعت و ترویج سازمان جهاد کشاورزی استان‌های مربوطه در نظر گرفته و اجرا گردید. با اعمال خاک‌ورزی حفاظتی درصد قابل توجهی در مصرف آب صرفه‌جویی می‌شود.

## ۴- توصیه‌های فنی و اجرایی

- از آنجا که بیش از ۸۵ درصد اراضی آبی کشور با سامانه‌های سطحی آبیاری می شوند؛ اصلاح سامانه‌های سنتی آبیاری سطحی، صرفه‌جویی قابل ملاحظه‌ای در مصرف آب و افزایش بازده آب آبیاری خواهد داشت.
- با اصلاح سامانه‌های آبیاری سطحی به روش‌های مختلف نظیر تسطیح اراضی، انتخاب روش آبیاری سطحی بهینه و متناسب با مدیریت زراعی کشاورزان هر منطقه، طراحی و اجرای مناسب سیستم و غیره، صرفه‌جویی در مصرف آب به میزان ۴۰-۳۰ درصد و افزایش راندمان آبیاری به میزان قابل توجه امکان‌پذیر است.
- پروژه‌هایی بصورت پایلوت در سطح چند استان برای ارزیابی اثربخشی اصلاح سامانه‌های سنتی تدوین و اجرا شود.
- از تجربیات دستگاه‌های اجرایی و پژوهشی داخلی و خارجی در برنامه‌ریزی‌ها و تصمیم سازی‌های کلان در خصوص اصلاح سامانه‌های سنتی استفاده گردد.
- اعطای تسهیلات و مشوق‌های مناسب برای اصلاح سامانه‌های سنتی می‌تواند در پذیرش و همراهی بهره‌برداران موثر باشد.
- ساخت و استانداردسازی دستگاه‌ها و تجهیزات اندازه‌گیری رطوبت و آب آبیاری مدنظر قرار گیرد.
- برنامه آموزش مدون کارشناسان، مشاوران و پیمانکاران و بهره‌برداران در دستور کار قرار گیرد.
- کاربرد روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی می‌تواند تاثیر قابل ملاحظه‌ای در کاهش مصرف آب و افزایش بازده آب آبیاری داشته باشد.
- دستورالعمل‌های طراحی و اجرای روش‌های مدرن آبیاری سطحی که از نیازهای اصلی در مسیر اصلاح سامانه‌های سنتی است، تدوین و ابلاغ شود.

## ۵- منابع

عباسی، ف.، ف. سهراب و ن. عباسی، ۱۳۹۴. راندمان‌های آبیاری: تغییرات زمانی و مکانی آن در ایران. گزارش فنی شماره ۴۸۴۹۶، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، ۴۵ صفحه.

# بخش دوم

## مهندسی گلخانه

# روند توسعهٔ کشت‌های گلخانه‌ای در کشور
## (فرصت‌ها، چالش‌ها و هدف‌گذاری‌ها)

**قاسم زارعی و داود مؤمنی**
**اعضای هیأت علمی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران**

### ۱- مقدمه

امروزه تولید محصولات کشاورزی در کل جهان برای تأمین نیاز غذایی به‌دلیل افزایش تقاضا و کاهش کمی و کیفی نهاده‌های تولید، نسبت به گذشته بسیار پر اهمیت‌تر و دشوارتر شده‌است. افزایش جمعیت و نیاز روز افزون به مواد غذایی در کنار ریسک بالای فعالیت‌های کشاورزی، مسائل مهمی هستند که باید برای یافتن راه‌حل‌های مطلوب برای آن‌ها، روش‌های نوین و مؤثری را جستجو کرد. ایجاد گلخانه برای تولید محصولات کشاورزی به‌دلایل متعددی از جمله؛ امکان کنترل عوامل اقلیمی و جلوگیری از پدیده‌های سرمازدگی و گرمازدگی، استفاده مؤثرتر از منابع آب و خاک، امکان کاربرد مناسب‌تر سایر نهاده‌ها (انرژی، کود، سم، بذر و ....) و امکان تولید در خارج از شرایط زمانی، جایگاه ویژه‌ای به این نوع از تولید داده است. به‌طوری که کشت گلخانه‌ای به‌عنوان یک روش تولید متفاوت همراه با بهره‌وری بسیار زیاد، در سال‌های اخیر به‌ویژه در مناطق کم آب نظیر ایران، مورد توجه جدی قرار گرفته و در حال توسعهٔ روز افزون است.

با شرایط فعلی خشکی و خشکسالی حاکم بر ایران، مصرف بهینهٔ آب در بخش کشاورزی که بیشترین مصرف آب کشور را دارد، ضرورت پیدا می‌کند. بنابراین با استفاده از سامانه‌های نوین آبیاری، اصلاح الگو و تاریخ کشت، احداث گلخانه‌ها و ... که از راه‌کارهای مصرف بهینهٔ آب هستند، امکان سازگاری با خشکی و خشکسالی و پایدار کردن تولید در مناطق کم آب فراهم می‌گردد. به‌عنوان مثال، استفاده از کشت در محیط‌های کنترل شده مانند گلخانه‌ها، باعث ارتقای کارآیی مصرف آب تا ۱۰ برابر و در نتیجه امکان صرفه‌جویی در مصرف آب خواهد شد. همچنین مطابق سیاست‌ها و برنامه‌های وزارت جهاد کشاورزی، می‌توان با گسترش گلخانه‌ها و انتقال تدریجی کشت‌های سبزی و صیفی از فضای باز به داخل گلخانه‌ها، به تدریج زمین‌های تحت کشت این محصولات را به کاشت گیاهان استراتژیکی مانند گندم، جو، ذرت، دانه‌های روغنی و .... با نیاز آبی کم‌تر که امکان استفاده از آب سبز نیز برای تولید آن‌ها فراهم است، اختصاص داد.

## ۲- تبیین وضع موجود

افزایش عملکرد در واحد سطح توأم با کاهش مصرف آب برای تولید یک کیلوگرم محصول و در نتیجه افزایش قابل‌توجه در بهره‌وری آب، از جمله مواردی هستند که در گلخانه‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند. مثلاً رسیدن به عملکرد ۷۲۰، ۶۸۵ و ۴۵۰ تن در هکتار به‌ترتیب برای محصولات گوجه‌فرنگی، فلفل دلمه‌ای و خیار در کشت‌های گلخانه‌ای در کشور هلند و یا مطابق جدول ۱، افزایش کارآئی مصرف آب در تولید گوجه‌فرنگی از $kg/m^3$ ۱۷-۱۴ در کشت‌های فضای باز کشورهای حوزهٔ دریای مدیترانه به $kg/m^3$ ۳۹-۲۴ در کشت‌های گلخانه‌ای در همین کشورها و یا رسیدن به کارآئی مصرف آب $kg/m^3$ ۶۶-۴۵ در کشت‌های گلخانه‌ای کشور هلند، در یک دههٔ گذشته، حاکی از این مزیت نسبی است (Pardossi et al., 2004; FAO, 2013).

**جدول ۱- کارآئی مصرف آب گوجه‌فرنگی در شرایط اقلیمی مختلف و سیستم‌های کشت متفاوت در کشورهای واقع در حوزه دریای مدیترانه و شمال اروپا در یک دههٔ گذشته (Pardossi et al., 2004)**

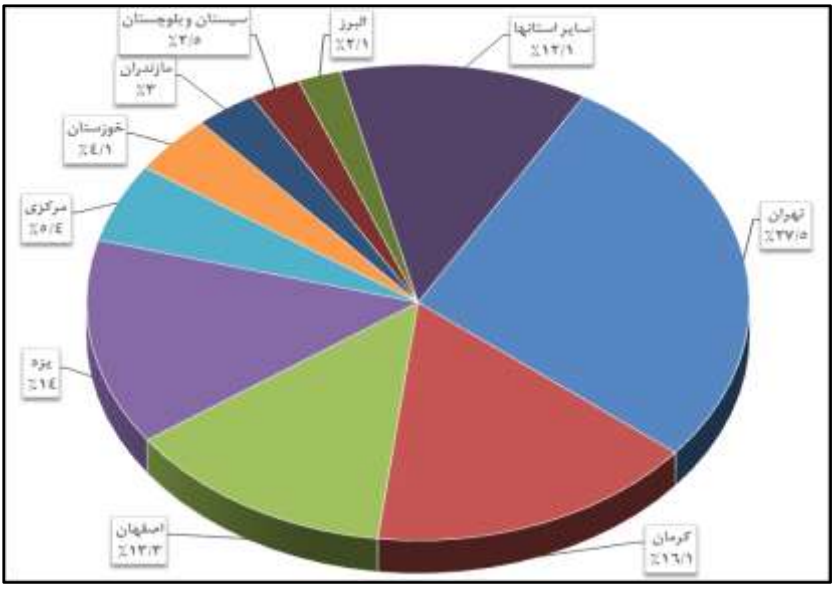
| شرایط کشت و تولید | کشور | کارآئی مصرف آب ($kg/m^3$) |
|---|---|---|
| فضای باز | فلسطین اشغالی (کشت خاکی) | ۱۷ |
| | فرانسه (کشت خاکی) | ۱۴ |
| | اسپانیا (کشت خاکی) | ۲۵ |
| گلخانه‌های پلاستیکی بدون گرمایش | فرانسه (کشت خاکی) | ۲۴ |
| | فلسطین اشغالی (کشت خاکی) | ۳۳ |
| | ایتالیا (کشت غیرخاکی باز) | ۲۳ |
| | ایتالیا (کشت غیرخاکی بسته) | ۴۷ |
| گلخانه‌های با کشت غیرخاکی و دارای سامانه‌های کنترل‌اقلیم | فرانسه (سیستم باز) | ۳۹ |
| | هلند (سیستم باز) | ۴۵ |
| | هلند (سیستم بسته) | ۶۶ |

محدودیت در توسعهٔ اراضی قابل‌کشت و نیز بهره‌وری پائین تولید، تأمین نیاز به غذا در ایران را با مشکل مواجه ساخته است. در چنین شرایطی تنها راه‌کار برای حل این چالش، بهره‌گیری بهینه از منابع محدود آب و خاک کشور است. بدین منظور و برای دست‌یابی به اهداف کمّی و کیفی برنامه‌های توسعه‌ای و نیز سند چشم‌انداز بیست ساله در حوزهٔ کشاورزی کشور، ضروری است آخرین روش‌ها و فناوری‌های روز دنیا با تکیه بر ارتقای بهره‌وری به‌کار گرفته شوند. تولید محصولات کشاورزی در محیط‌های کنترل شده، از جمله این فناوری‌ها است. در ایران استفاده از این فناوری‌ها و توسعه تولیدات گلخانه‌ای با توجه به اقلیم خشک و نیمه‌خشک، از اهمیّت ویژه‌ای

برخوردار است. موقعیت جغرافیایی و تنوع آب و هوائی کشورمان با طول روز بلند، شدت تابش مناسب، وجود اقلیم‌های مختلف و نزدیکی به بازارهای مصرف منطق‌های، شرایط مساعدی را برای انتخاب محل مناسب برای ساخت گلخانه‌ها و نیز توسعه کشت و تولید محصولات گلخانه‌ای فراهم آورده است. علی‌رغم موارد عنوان شده، هنوز سطح زیرکشت گلخانه‌های کشور از مرز ۱۰۶۰۰ هکتار فراتر نرفته و با توجه به مساحت اراضی قابل‌کشت کشور و نیز تنوع محصولات، بسیار ناچیز بوده و لازم است اهتمّام جدی در توسعهٔ علمی و اصولی این نوع کشت صورت گیرد (بی نام، ۱۳۹۵؛ زارعی و مؤمنی، ۱۳۹۵).

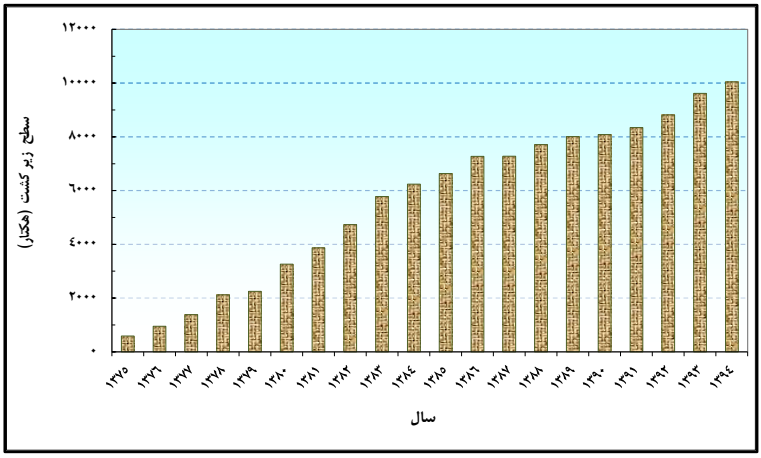
### ۳- چالش‌های موجود و پیش‌رو

آمار و اطلاعات موجود در دفتر امور گلخانه‌ها، گیاهان دارویی و قارچ معاونت امور باغبانی وزارت جهاد کشاورزی حاکی از آن است که تا پایان سال ۱۳۹۴، سطح زیرکشت گلخانه‌ها در کشور حدود ۱۰۶۰۰ هکتار بوده است. از این سطح حدود ۷۵۵۳ هکتار (۷۱/۳ ٪) به سبزی و صیفی، ۲۴۶۵ هکتار (۲۳/۳ ٪) به گل و گیاهان زینتی و ۵۸۲ هکتار (۵/۴ ٪) نیز به سایر گیاهان و محصولات گلخانه‌ای اختصاص داشته‌اند (بی‌نام، ۱۳۹۵). این در حالی است که سهم گلخانه‌های ایران از گلخانه‌های جهان هنوز کمتر از ۰/۵ ٪ است (زارعی و همکاران، ۱۳۹۵). این آمار نشان می‌دهد بیشترین سطح گلخانه‌ها در کشور در این سال به‌ترتیب در استان‌های تهران (۲۷۶۵/۹ هکتار)، کرمان (منطقه جیرفت و کهنوج و سایر مناطق این استان، ۱۶۱۳ هکتار)، اصفهان (۱۴۰۹/۵هکتار)، یزد (۱۳۳۱/۲ هکتار)، مرکزی (۵۳۹/۷ هکتار)، خوزستان (۴۰۷/۸ هکتار)، مازندران (۲۹۷/۷ هکتار)، سیستان و بلوچستان (۲۴۹/۸ هکتار) و البرز (۲۱۳/۱ هکتار) قرار داشته‌اند: به عبارتی، حدود ۸۷/۹ ٪ از کل مساحت گلخانه‌های کشور در این نُه استان و باقی‌مانده، در سایر استان‌ها متمرکز بوده است (شکل ۱).




**شکل ۱- مساحت گلخانه‌ها در استان‌های کشور در سال ۱۳۹۴**

سطح زیرکشت محصولات گلخانه‌ای طی ۲۰ سال گذشته (۱۳۹۴-۱۳۷۵) بیش از ۱۶ برابر شده‌است که نشانگر رشد شتابان این صنعت نوپا در کشور است (شکل ۲). بدیهی است که سرعت بالای رشد و توسعهٔ گلخانه‌ها در ایران بدون تقویت زیرساخت‌های لازم، فرصت‌ها و تهدیدهایی را به‌دنبال خواهد داشت.




**شکل ۲- تغییرات سطح زیرکشت محصولات گلخانه‌ای در طول سال‌های ۹۴- ۱۳۷۵**

بررسی وضع موجود گلخانه‌های کشور و روند توسعه آن نشان می‌دهد چالش‌ها و مشکلات متعددی در توسعه، بهره‌برداری و مدیریت تولید در گلخانه‌ها وجود دارد (زارعی و همکاران، ۱۳۸۷؛ زارعی و مؤمنی، ۱۳۹۵). در این راستا، عدم تناسب اقلیمی مناطقی که گلخانه‌ها در آن‌ها احداث شده‌اند، استاندارد نبودن سازه، تجهیزات و تاسیسات کنترل شرایط محیطی به‌کار گرفته شده، عدم انطباق نوع سازه، پوشش و تجهیزات کنترل شرایط محیطی به‌کار گرفته شده با اقلیم منطقه، عدم استفاده از فناوری‌های روز دنیا، ضعف در مدیریت و کمبود دانش فنی بهره‌برداران و عدم ساماندهی به بازار مصرف و بازاررسانی محصولات تولید شده، از عوامل اساسی و اثرگذار در به‌وجود آمدن مشکلات فرآروی توسعه گلخانه‌ها هستند. در این خصوص موارد ذیل قابل بیان می‌باشند:

۱- در اغلب استان‌های کشور طرح سازه، نوع پوشش و تجهیزات گلخانه‌ای متناسب با اقلیم و شرایط استان مورد نظر نبوده و معمولاً به‌صورت کلیش‌های انتخاب می‌شوند و در نتیجه بهره‌وری آب و انرژی و نیز میزان تولید در آن‌ها کم است.
۲- اگرچه هدف از ساخت گلخانه، استفاده از اثر گلخان‌های و تأمین دمای مطلوب رشد است، اما به‌دلیل توسعهٔ گسترده گلخانه‌ها (حتی در مناطق نسبتاً سرد) و ارزان بودن سوخت‌های فسیلی، دمای مطلوب گلخانه با استفاده از سیستم‌های گرمایشی تأمین می‌گردد. لیکن، امروزه با توجه به بحران انرژی و آلاینده‌های محیط‌زیستی و همچنین گران شدن قیمت سوخت ناشی از حذف قسمتی از یارانه‌های حامل‌های انرژی، دیگر تأمین دمای مطلوب داخل گلخانه با استفاده بی‌رویه و غیراصولی سوخت، مقرون به‌صرفه نخواهد بود. بررسی شدت مصرف انرژی در کشورهای منتخب جهان نشان می‌دهد که ایران دارای شدت مصرف انرژی بالائی است. در گلخانه‌ها نیز انرژی حاصل از سوخت‌های فسیلی به‌منظور گرمایش در فصول سرد و همچنین انرژی الکتریکی، عمدتاً به‌منظور سرمایش و تهویه در فصول گرم، استفاده می‌شوند.
۳- گسترش غیراصولی گلخانه‌ها به‌صورت شهرک و مجتمع‌ها، یکی از اشتباهات گذشته بوده و این‌گونه گلخانه‌ها اغلب با مشکلات متعددی مواجه شده‌اند. چرا که در شهرک‌های گلخانه‌ای نمی‌توان از شیوع آفات و بیماری‌ها به‌طور مؤثر جلوگیری کرد و نیز امکانات مورد نیاز تولید را هم‌زمان برای گلخانه‌داران فراهم کرد. در یک قضاوت کارشناسی، می‌توان اظهار داشت که عملکرد کلی شهرک‌ها و مجتمع‌های گلخانه‌ای موفقیت آمیز نبوده است.
۴- با عنایت به این‌که بدون داشتن نیروهای متخصص و کارآمد گلخانه‌ای، موفقیت در این نوع تولید صنعتی و متراکم، امکان‌پذیر نیست، متأسفانه در حال حاضر هیچ‌کدام از دانشگاه‌های کشور رشته و یا دورهٔ تخصصی در خصوص گلخانه و تولیدات گلخانه‌ای ندارند. به همین دلیل

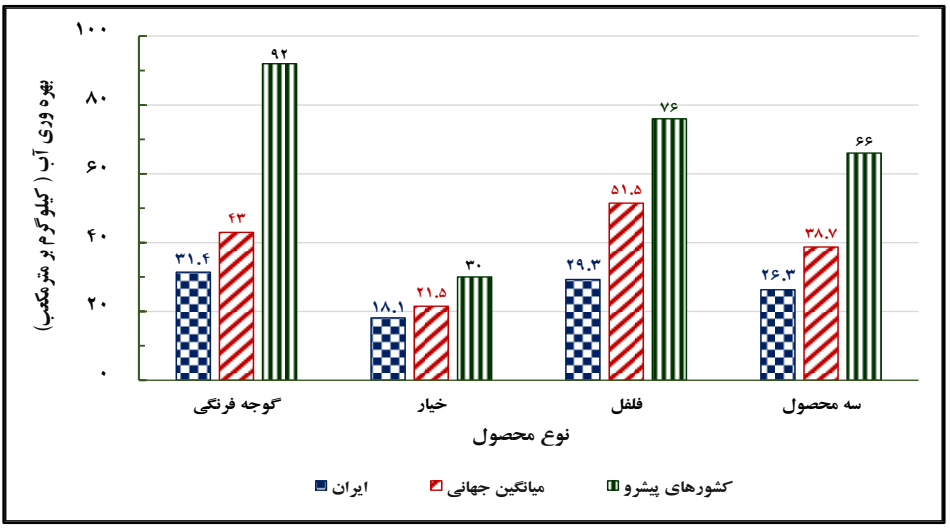
است که عمده دانش فنی مورد استفاده در گلخانه‌ها به‌صورت تجربی و همراه با آزمون و خطا بوده و بر پایه‌های علمی مستحکمی استوار نیستند.

۵- نداشتن استانداردهای ملی برای طراحی، ساخت و بهره‌برداری از سازه‌ها، پوشش‌ها، تجهیزات و تاسیسات گلخانه‌ای و پهنه‌بندی نشدن مناطق مختلف کشور برای تعیین نقاط مناسب و مستعد به‌عنوان قطب‌های گلخانه‌ای (همانند منطقهٔ آنتالیا در ترکیه و منطقهٔ آلمریا در اسپانیا) از دیگر نقاط ضعف کشور برای توسعهٔ پایدار و اصولی کشت‌های گلخانه‌ای به‌شمار می‌آیند.

۶- مقایسهٔ انرژی مصرفی تولید خیار در گلخانه‌های ایران (منطقهٔ ورامین) و ترکیه (منطقهٔ آنتالیا) نشان می‌دهد که راندمان مصرف انرژی در گلخانه‌های ترکیه چندین برابر ایران است. قسمتی از این تفاوت، ناشی از شرایط آب و هوایی معتدل گلخانه‌های واقع در مجاورت دریای مدیترانه است که نیاز به مصرف انرژی زیاد برای گرمایش ندارند. استفادهٔ بهینه از انرژی و داشتن گلخانه‌های استاندارد، دلیل دیگر بالا بودن راندمان مصرف انرژی در تولیدات گلخانه‌ای ترکیه است. لیکن مهمترین دلیل، بالا بودن تعرفهٔ مصرف انرژی در ترکیه است که دقت بیشتر در مصرف انرژی را الزام‌آور می‌کند. همچنین مقایسه انرژی مصرفی تولید خیار در گلخانه‌های ایران و کانادا، نشان می‌دهدکه با وجود سرمای بسیار شدید حاکم بر کانادا، به‌دلیل استفاده مناسب از سیستم‌های عایق‌بندی حرارتی[1] در گلخانه‌های معمولی و نیز ذخیره انرژی گرمایی تابشی در گلخانه‌های خورشیدی این کشور، راندمان مصرف انرژی در گلخانه‌های ایران و این کشور تقریباً در یک سطح قرار دارند (شرافتی، ۱۳۸۸؛ Kendirli, 2006).

۷- آمار و اطلاعات موجود مطابق شکل ۳ نشانگر آن است که به‌دلیل چالش‌های فوق‌الاشارهٔ موجود در صنعت‌گلخانه‌داری کشور، بهره‌وری آب در تولید محصولات گلخانه‌ای ایران در مقایسه با کشورهای پیشرو و حتی میانگین جهانی، پائین‌تر است (حقانی، ۱۳۹۴؛ FAO, 2013؛ Pardossi et al., 2004).

[1]- Energy saving screen




**شکل ۳- مقایسه بهره‌وری آب در تولید محصولات گلخانه‌ای ایران با جهان**

## ۴- راهکارها و پیشنهادهای فنی

با عنایت به مجموعه مباحث مطرح شده در این نوشتار، توصیه‌های فنی و کارشناسی ذیل جهت توسعهٔ اصولی، علمی و پایدار کشت‌های گلخانه‌ای، قابل ارائه هستند:

۱. اولین قدم مهم در ساخت گلخانه، انتخاب محل مناسب از نظر تناسب اقلیمی برای احداث آن است. برنامه‌های پیش‌بینی شده برای افزایش کمی و کیفی محصول همراه با کاهش هزینه‌ها، منوط به انتخاب محل صحیح برای احداث گلخانه است. به همین دلیل است که حدود ۴۵ هزار هکتار گلخانه در منطقهٔ آنتالیای ترکیه و حدود ۵۰ هزار هکتار گلخانه در منطقهٔ آلمریای اسپانیا متمرکز بوده و در حال تولید محصولات متنوع کشاورزی و صادرات آن‌ها به کشورهای اروپائی هستند. براساس ضوابط و معیارهای عمومی مکان‌یابی، محدودهٔ طرح مورد نظر باید دارای حداقل شرایط مناسب برای احداث گلخانه باشد. همچنین، گلخانه باید در جائی احداث گردد که راه‌های حمل و نقل در نزدیکی آن قرار داشته باشند.

۲. محل احداث گلخانه اغلب عامل تعیین‌کنندهٔ نوع سوخت مصرفی است (گاز طبیعی و یا گازوئیل). در بعضی از مناطق به‌دلیل امکان دسترسی به گاز طبیعی، هزینهٔ سوخت مصرفی ارزان‌تر است.

۳. قبل از انتخاب محل گلخانه، منبع تامین آب نیز بایستی از نظر کیفیّت و کمیّت آزمایش شود و در صورت مطلوب بودن آن، اقدام به احداث گلخانه نمود.

۴. انتخاب جهت مناسب گلخانه نیز برای ورود تابش خورشید بسیار مهم است. اسکلت گلخانه‌ها سایه ایجاد می‌کنند. اندازهٔ سایهٔ ایجاد شده به زاویه تابش نور خورشید، فصل سال و نوع سازه گلخانه‌ای بستگی دارد. تأثیر سایه بر رشد گیاه در زمستان و زمانی که اغلب شدت نور کم است، بسیار زیاد می‌باشد.

۵. برای تولید اقتصادی، یک گلخانه باید دارای شرایطی باشد که بتوان آن را گلخانه‌ای استاندارد نامید. ویژگی‌های یک گلخانه استاندارد عبارتند از؛ برخوردار بودن از حجم و فضای کافی برای رشد گیاه، مقاومت کافی در مقابل بارهای وارده (باد، برف، وزن محصول و ....)، تطابق‌پذیری با انواع گیاهان، تهویه مناسب و برخوردار بودن از نور کافی (von Elsner et al., 2000a; von Elsner et al., 2000b). بر این اساس، تدوین استاندارد ملی برای ساخت و بهره‌برداری از سازه‌ها و تجهیزات گلخانه‌ای ضرورت دارد.

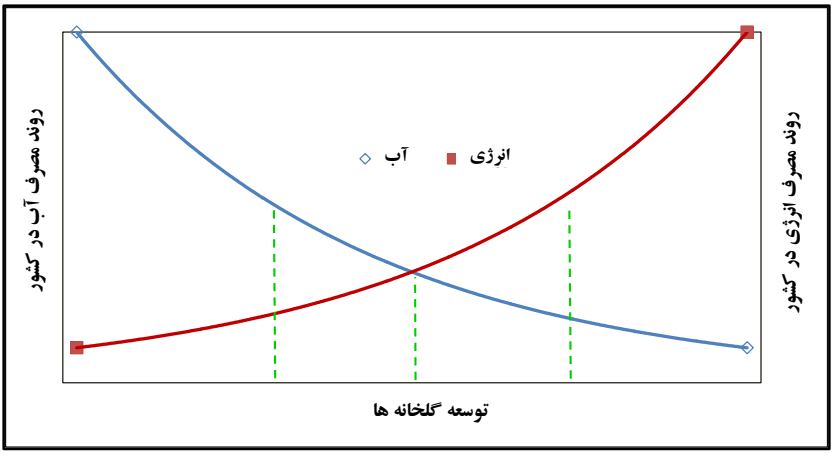
۶. اندازهٔ (حجم داخل) گلخانه بایستی مناسب انتخاب شود. هر قدر حجم و فضای یک گلخانه با فرض مساحت یکسان بیشتر باشد، اولاً، گردش هوا (تهویه) در گلخانه بهتر انجام می‌گیرد، ثانیاً، $CO_2$ لازم برای انجام عمل فتوسنتز به مقدار کافی در اختیار گیاه قرار خواهد گرفت و ثالثاً، تغییر پذیری شرایط اقلیمی داخل گلخانه از تغییرات اقلیمی خارج گلخانه کمتر خواهد شد. با توجه به تنوع اقلیمی و تنوع گیاهان تحت‌کشت موجود در کشور، امکان توصیهٔ یک نوع گلخانه‌ی مشابه (از نظر نوع سازه، شکل هندسی و تجهیزات درون آن) برای همهٔ استان‌های کشور امکان‌پذیر و اصولی نیست (Cepeda, 2013).

۷. در نقاط مختلف دنیا، مساحت‌های متفاوتی برای گلخانه‌ها توصیه شده‌اند. در حالی که میانگین سطح یک واحد گلخانه‌ای در بیشتر کشورهای پیشرفته حدود یک هکتار است، در کشور در حال توسعه‌های نظیر هندوستان، یک گلخانه با مساحت کمتر از ۱۰۰۰ مترمربع اقتصادی است. در ایران نیز سطح ۳۰۰۰ مترمربع به‌عنوان مساحت اقتصادی تعیین شده است. لیکن براساس محاسبه‌ها و برآوردهای کارشناسی انجام شده، گلخانه‌هائی که مساحت آن‌ها کمتر از ۴۰۰۰-۵۰۰۰ مترمربع باشد، توجیه اقتصادی کافی در تولید سبزی و صیفی و یا گل و گیاهان زینتی ندارند.

۸. با توجه به سهم بالای مصرف انرژی در فرآیند بهره‌برداری و تولید گیاهان گلخانه‌ای، به‌نظر می‌رسد که بایستی توجیه اقتصادی گلخانه‌های متداول و در دست بهره‌برداری موجود در استان‌های کشور، بررسی شوند. گرچه با توسعهٔ گلخانه‌ها، مصرف آب در بخش کشاورزی کشور می‌تواند کاهش یابد، لیکن چالش دیگری در خصوص افزایش روند مصرف انرژی در این بخش بوجود خواهد آمد (شکل ۴) که توجه به عواملی نظیر؛ تناسب اقلیمی محل انتخاب

شـده برای احداث گلخانه‌ها، استفاده از سازه و تجهیزات استاندارد، به کارگیری بهینهٔ نهاده‌ها و اعمال مدیریت صحیح تولید در گلخانه‌ها، می‌توانند نرخ رشد مصرف انرژی را تعدیل نمایند.

۹. در حال حاضـر تکنولوژی گلخانه از منظر اقتصـادی به مثابه جایگزینی سـرمایه به‌جای زمین و آب اسـت. به‌گون‌های‌که در شـرایط محدودیّت زمین، آب و شـرایط مناسـب فصـلی، می‌توان با جایگزینی سرمایه به‌جای سایر عوامل به شکل گلخانه، تولید در واحد سطح و حجم آب را ادامه و افزایش داد. برای این منظور ضـروری اسـت که در گلخانه به‌صـورت مصـنوعی شـرایط بهینه رشـد گیاه را فراهم نمود. از مهمترین عوامل محیطی رشد، درجه حرارت و نور مطلوب گیاهان هستند.




**شکل ۴- پیوند آب و انرژی در فرآیند تولید محصولات گلخانه‌ای**

۱۰. با توجه به لزوم اسـتفادهٔ بهینهٔ از منابع سـوخت، ضروری است از یک طرف با استفاده از سایر منابع انرژی به ویژه انرژی خورشـیدی و از دیگر سو، با تمرکز گلخانه‌های خورشیدی صرفاً در مناطقی که پتانسـیل خوبی در توسـعه این گلخانه‌ها دارند، سـهم بیشتری از انرژی مورد نیاز گرمایش گلخانه‌ها را از نور خورشید تأمین نمود.

۱۱. همه صـاحب‌نظران تولیدات گلخانه‌ای به این امر اشـراف دارند که قسـمت مهمی از سـود به‌دسـت آمده در محیط‌های گلخانه‌ای، ناشـی از یارانهٔ سـوختی اسـت که دولت برای تأمین گرمای گلخانه‌ها در فصول سرد پرداخت می‌نماید. به همین دلیل، در چشم‌انداز نه‌چندان دور، در صورت حذف کامل یارانه‌ها، گلخانه‌دارانی موفق خواهند بود که ضمن دارا بودن گلخانه‌های

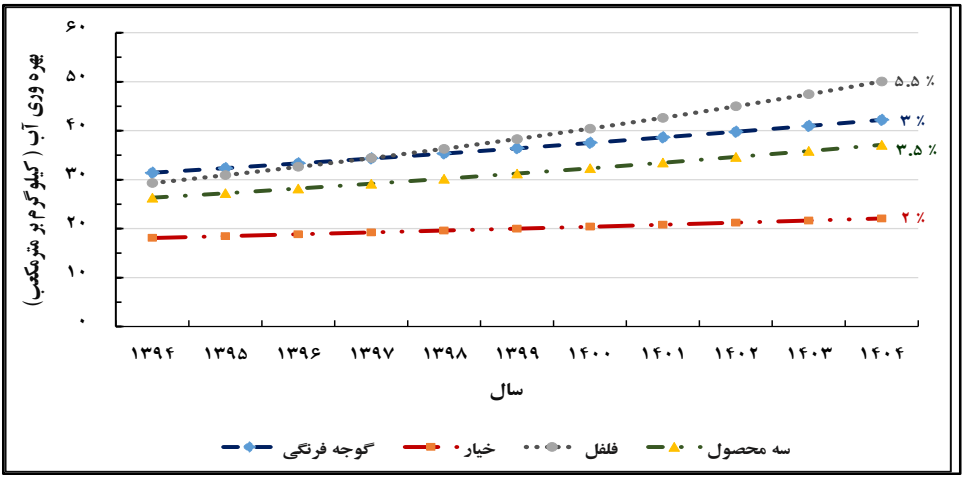
استاندارد، با رعایت کلیه تمهیدات لازم و با مصرف حداقل انرژی در واحد سطح، به تولید مطلوب دست یابند.

۱۲. با عنایت به موارد عنوان شده ضرورت دارد تحقیقات و مطالعات لازم و تکمیلی به‌منظور توصیهٔ گلخانه(های) مناسب و خاص برای هر منطقه از کشور صورت پذیرد. از این رو تحقیق و مطالعه در خصوص ویژگی‌های سازه‌های گلخانه‌ای در مناطق گرم و خشک، گرم و مرطوب، معتدل و سردسیر کشور، ضرورت پیدا می‌کند.

۱۳. نظر به این که مطابق شکل ۳، بهره‌وری آب در تولید سه محصول مهم گلخانه‌ای گوجه‌فرنگی، خیار و فلفل دلمه‌ای در ایران کمتر از حد میانگین جهانی است، پیشنهاد می‌گردد در طی یک دورهٔ ده‌ساله، روند افزایش بهره‌وری آب در تولید این سه محصول به‌ترتیب با نرخ‌های ۳، ۲ و ۵/۵ درصد افزایش یافته به‌طوری که پس از یک دورهٔ میان مدت، این شاخص به میانگین جهانی برسد (شکل ۵). مطابق نمودار شکل ۵، برای افزایش بهره‌وری آب در تولید مجموع سه محصول گلخانه‌ای فوق، لازم است از نرخ رشدی در حدود ۳/۵ درصد برخوردار باشیم. برای رسیدن به این هدف‌گذاری واقع‌بینانه، لازم است مسائل، مشکلات و محدویت‌های فنی و مدیریتی موجود در فرآیند ساخت، بهره‌برداری و تولید در گلخانه‌ها که در بخش قبل به آن‌ها اشاره شد، سامان داده شوند.

۱۴. کشت خیار در ایران به تنهائی حدود ۷۰ ٪ از سطح گلخانه‌های کشور را به خود اختصاص داده است. برای ساماندهی به بازار مصرف، تعادل بخشی به قیمت‌ها و نیز ایجاد تنوع در تولیدات، لازم است انواع سبزی‌ها، صیفی‌جات و ... نظیر؛ خربزه، طالبی، بادنجان، لوبیا سبز، سبزیجات‌برگی، میوه‌ها و ... در گلخانه‌ها تولید شوند.

۱۵. تصویب و راهاندازی رشته‌های جدید دانشگاهی در خصوص صنعت گلخانه و تولیدات گلخانه‌ای کشور نظیر؛ مهندسی گلخانه، تولید محصولات گلخانه‌ای، کشت‌های بدون خاک (آب کشت، هوا کشت و آبزی‌پروری توأم با آب کشت) و ... برای بالا بردن دانش فنی گلخانه‌داران، پاسخ‌گوئی به نیازهای فنی بهره‌برداران و نیز ورود فناوری‌های روز دنیا به گلخانه‌ها، ضروری است.




**شکل ۵- روند پیشنهادی برای افزایش ده‌سالهٔ بهره‌وری آب در تولید سه محصول مهم گلخانه‌ای به‌منظور رسیدن به میانگین جهانی**

## منابع


بی‌نام، ۱۳۹۵. سطح زیر کشت انواع محصولات گلخانه ای تا پایان سال ۱۳۹۴. دفتر امور گلخانه‌ها. گیهان دارویی و قارچ معاونت امور باغبانی وزارت جهاد کشاورزی، ۱۵ صفحه.

حقانی، ف. ۱۳۹۴. بررسی نقش توسعهٔ گلخانه‌ها در صرفه‌جوئی میزان مصرف آب و آزادسازی اراضی. موسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی، اقتصاد کشاورزی و توسعهٔ روستائی. گزارش شمارهٔ ۱۳۱۲، ۴۴ صفحه.

زارعی، ق. و د. مؤمنی. ۱۳۹۵. راهنمای جامع مکان‌یابی برای احداث گلخانه‌ها. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، ۷۸ صفحه.

زارعی، ق.، ح. دهقانی‌سانیج، و.ا. بنی‌عامری، م. عابدی، م. بصیرت، ر. فامیل‌مؤمن، ع.م. جعفری، ک. شرافتی، ع.ا. پالوچ، م.م. نخجوانی‌مقدم و ن. حیدری. ۱۳۸۷. برنامه راهبردی تحقیقات گلخانه، گزارش پژوهشی شماره ۸۷/۶۵۸ موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، ۴۷۸ صفحه.

شرافتی، ک. ۱۳۸۸، بررسی شاخص‌های کارآیی مصرف انرژی در تولید خیار گلخانه‌های غالب استان تهران، گزارش پژوهشی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، شماره ۸۷/۶۷۵.

Cepeda, P., P. Ponce, A. Molina and E. Lugo. 2013. Towards sustainability of protected agriculture: Automatic control and structural technologies. Integration of an Intelligent Greenhouse. 11th IFAC Workshop on Intelligent Manufacturing Systems. The International Federation of Automatic Control, Sao Paulo, Brazil.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2013. Good agricultural practices for greenhouse vegetable crops: Principles for

Mediterranean climate areas. Plant Production and Protection Division, Paper 217. Rome, Italy.

Kendirli, B. 2006. Structural analysis of greenhouses: A case study in Turkey. Building and Environment 41:864–871.

Pardossi, A., F. Tognoni and L. Incrocci. 2004. Mediterranean greenhouse technology. Chronica Horticulturea 44(2): 28-34.

von Elsner B., D. Briassoulis, D. Waaijenberg, A. Mistriotis, Chr. von Zabeltitz, J. Gratraud, G. Russo and R. Suay-Cortes. 2000a. Review of structural and functional characteristics of greenhouses in European Union Countries: Part I, Design requirements. J. Agric. Eng. Res. 75: 1-16.

von Elsner B., D. Briassoulis, D. Waaijenberg, A. Mistriotis, Chr. von Zabeltitz, J. Gratraud, G. Russo and R. Suay-Cortes. 2000b. Review of Structural and functional characteristics of greenhouses in European Union Countries: Part II, Design requirements. J. Agric. Eng. Res. 75: 111-126.

# چالش‌های توسعه کشت‌های گلخانه‌ای در ایران از منظر انرژی و محیط‌زیست

**داود مؤمنی و قاسم زارعی**
**اعضای هیأت علمی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایران**

## ۱- مقدمه

آمارهای بین‌المللی نشان می‌دهند که تا سال ۲۰۵۰ جمعیت کرهٔ زمین به حدود ۱۰ میلیارد نفر می‌رسد که بخش عمدهٔ آن در کشورهای در حال توسعه خواهند بود. این رشد جمعیتی باعث خواهد شد تا نیاز به انرژی، آب، غذا و نیز تعامل با محیط‌زیست، در صدر اولویت‌های بشر در دهه‌های آینده باشد. به‌همین دلیل توجه دانشمندان به این سمت معطوف شده تا کمبود غذا را با افزایش تولید محصول در واحد سطح و با مصرف کمترین نهاده‌ها، به طور پایدار جبران کنند. معرفی و استفاده از ارقام پرمحصول و خاص، استفاده از انواع کودها و سموم شیمیایی و نیز توسعه کشت‌های گلخانه‌ای، از جملهٔ این راه‌کارها هستند.

بررسی ترازنامه انرژی دنیا نشان می‌دهد که مصرف تمام منابع انرژی شامل سوخت‌های فسیلی مایع، گازطبیعی و زغال‌سنگ تا سال ۲۰۳۵ روند صعودی خواهند داشت. این نکته توجه بیشتر به افزایش بهره‌وری در مصرف سوخت، مطالعه در مورد منابع انرژی جایگزین و مسائل محیط‌زیستی در کنار این توسعه را ضروری می‌کند. در همین آمارنامه، مقدار آلایندگی دی اکسید کربن ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی در کشورهای عضو و غیرعضو سازمان همکاری اقتصادی و توسعه[1] نیز بررسی و گزارش گردیده است. براساس این گزارش با وجود این که کشورهای عضو سازمان مذکور، مقدار آلایندگی خود را در محدودهٔ ثابتی نگه داشته‌اند ولی روند توسعه‌های در کشورهای غیرعضو، باعث افزایش آلایندگی محیط‌زیست خواهد شد که با توجه به قوانین بازدارنده، توجه جدی به مسائل محیط‌زیستی در کنار این توسعه اجتناب‌ناپذیر است (بی‌نام، ۱۳۹۱؛ بی‌نام، ۱۳۹۴ و Anonymous. 2014b). بررسی ترازنامه انرژی ایران در بازه زمانی ۹۳-۱۳۸۶ نشان می‌دهد که بخش حمل و نقل و نیروگاهی بیشترین سهم در تولید گازهای آلاینده در بین بخش‌های مصرف و تولید کننده انرژی را به‌خود اختصاص داده‌اند. از بین منابع سوخت فسیلی نفت‌کوره، نفت‌گاز و بنزین، بیشترین سهم آلاینده‌ها را به خود اختصاص داده‌اند. همچنین گاز طبیعی در مقایسه با

1-OECD and non-OECD countries.

سایر سوخت‌های فسیلی، سوختی پاک به‌شمار می‌رود و کمترین مقدار آلایندگی را داراست ولی با توجه به حجم بالای مصرف، ۵۶/۵ ٪ از کل انتشار دی اکسید کربن مربوط به آن است که از نظر اثر گلخانه‌ای و چالش تغییرات اقلیمی، قابل توجه است. بررسی وضعیت انرژی و محیط‌زیست در بخش‌های مختلف مصرف کنندهٔ انرژی، نشان می‌دهد که در بخش کشاورزی، عمده انتشار گازهای آلاینده و گلخانه‌ای، ناشی از مصرف نفت‌گاز بوده است.

**۲- تبیین وضع موجود**

با توجه به گسترهٔ ایران در محدودهٔ عرض جغرافیایی ۲۵ تا ۴۰ درجه شمالی و شرایط متنوع اقلیمی موجود در آن، به‌نظر می‌رسد یکی از مناطق مناسب برای توسعه کشت‌های گلخانه‌ای در غرب آسیاست که تولید خوب محصولات گلخانه‌ای در آن، علاوه بر تأمین نیازهای داخلی، نقش عمده‌ای در صادرات محصولات غیر نفتی، ارزآوری و مثبت نمودن تراز تجاری بخش کشاورزی خواهد داشت.

بررسی آمار سطح زیرکشت محصولات گلخانه‌ای در کشور (جدول۱)، نشان می‌دهد که از مجموع ۱۰۰۷۰ هکتار، حدود ۲۲۶۴ هکتار به گل و گیاهان زینتی، حدود ۷۲۸۳ هکتار به محصولات سبزی و صیفی و بقیه به سایر محصولات گلخانه‌ای اختصاص دارد.

**جدول ۱- سطح زیرکشت محصولات گلخانه‌ای کشور در سال ۱۳۹۴ (آمارنامه محصولات کشاورزی).**

| محصول | سطح (هکتار) | درصد |
|---|---|---|
| خیار | ۵۸۱۷/۹ | **۵۷/۸** |
| گوجه‌فرنگی | ۵۹۵/۹ | **۵/۹** |
| انواع فلفل | ۴۰۶/۷ | **۴** |
| بادمجان | ۱۳۵/۴ | **۱/۳** |
| سایر سبزیجات | ۳۲۷/۴ | **۳/۳** |
| گل و گیاهان زینتی | ۲۲۶۴/۶ | **۲۲/۵** |
| توت‌فرنگی | ۲۹۵/۸ | **۲/۹** |
| گیاهان دارویی | ۴۰/۸ | **۰/۴** |
| سایر محصولات | ۱۸۵/۷ | **۱/۸** |
| **کل** | **۱۰۰۷۰/۲** | **۱۰۰** |

مطالعات صورت گرفته در گلخانه‌های ایران نیز نشان می‌دهند که مصرف انرژی در گلخانه‌های کشور در بخش‌های مختلفی مانند آبیاری، عملیات ماشینی، الکتریسته، بذر، کود مصرفی، حمل و نقل و سیستم‌های کنترل اقلیم گلخانه صورت می‌گیرد. با توجه به تولید خارج از فصل، عمده

مصـرف انرژی در گلخانه‌های ایران، مربوط به سیستم‌های گرمایشی است (شرافتی، ۱۳۸۸؛ مؤمنی، ۱۳۹۰ و مؤمنی و همکاران، ۱۳۹۲). این موضـوع باعث شـده تا سـهم انرژی در قیمت تمام شـده محصـول، آن را غیرقـابـل رقـابـت بـا تولیدات گلخانه‌ای دنیا گرداند. میانگین مصـرف انرژی در گلخانه‌های ایران به حدی بالاست که به عنوان نمونه قبل از واقعی کردن قیمت حامل‌های انرژی در ایران در سـال ۱۳۸۹، مصـرف انرژی در گلخانه‌های خیار منطقه ورامین فارغ از نوع گلخانه تقریباً معـادل گلخـانـه‌های کانادا بوده و به ازای تولید هر کیلوگرم خیار گلخانه‌ای در این منطقه ۱/۳ لیتر گازوئیل مصـرف می‌شد؛ یعنی با احتساب قیمت فوب گازوئیل به مقدار تقریبی یک دلار به ازای هر گالن، برای تولید هر کیلوگرم خیار گلخانه‌ای در این منطقه حدود ۱۰۰۰۰ ریال سـوخت مصـرف شده است (شرافتی، ۱۳۸۸).

بررسـی سطح گلخانه‌های احداث شده در کشور در کنار پراکنش جمعیت ایران (جدول ۲) نیز نشـان می‌دهد که توسعه گلخانه‌ها در ایران در سال‌های گذشته براساس اقلیم و پارامترهای مرتبط با آن نبوده و تنها بر اساس نزدیکی به بازار مصرف صورت گرفته است و توسعه کشت‌های گلخانه‌ای بـه همین رویـه در سـال‌های آتی، روند رو به رشـد مصـرف انرژی‌های فسـیلی و آلاینده‌های محیط‌زیستی را به دنبال خواهد داشت.

**جدول ۲- مقایسه توسعه گلخانه‌ها در استان‌های پرجمعیت کشور در سال ۱۳۹۴.**

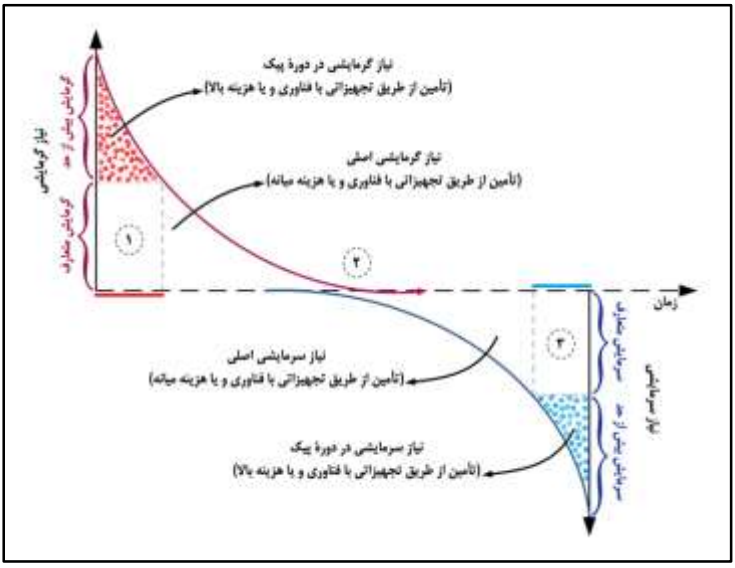
| استان | جمعیت | درصد جمعیت | سطح گلخانه | درصد گلخانه |
|---|---|---|---|---|
| اصفهان | ۴۸۷۹۳۱۲ | ۶/۵ | ۱۴۰۹/۵ | **۱۴** |
| البرز | ۲۴۱۲۵۱۳ | ۳/۲ | ۲۱۳/۱ | **۲/۱** |
| تهران | ۱۲۱۸۳۳۹۱ | ۱۶/۲ | ۲۷۶۵/۹ | **۲۷/۵** |
| خراسان‌رضوی | ۵۹۹۴۴۰۲ | ۸ | ۲۱۴ | **۲/۱** |
| خوزستان | ۴۵۳۱۷۲۰ | ۶ | ۴۰۷/۸ | **۴** |
| سیستان و بلوچستان | ۲۵۳۴۳۲۷ | ۳/۴ | ۲۴۹/۸ | **۲/۵** |
| گیلان | ۲۴۸۰۸۷۴ | ۳/۳ | ۴۴/۶ | **۰/۴** |
| مازندران | ۳۰۷۳۹۴۳ | ۴/۱ | ۲۹۷/۷ | **۳** |
| مرکزی | ۱۴۱۳۹۵۹ | ۱/۹ | ۵۳۹/۷ | **۵/۴** |
| هرمزگان | ۱۵۷۸۱۸۳ | ۲/۱ | ۱۲۷/۳ | **۱/۳** |
| یزد | ۱۰۷۴۴۲۸ | ۱/۴ | ۱۳۳۱/۲ | **۱۳/۲** |
| جنوب کرمان | ۷۲۹۹۸۳ | ۱ | ۱۴۸۵ | **۱۴/۷** |
| سایر استان‌ها | ۳۲۲۶۲۶۳۴ | ۴۲/۹ | ۱۳۷۰/۵ | **۱۳/۶** |
| **کل** | **۷۵۱۴۹۶۶۹** | **۱۰۰** | **۱۰۰۷۰/۲** | **۱۰۰** |

علاوه بر مصرف بالای انرژی در گلخانه‌های ایران، مواردی مانند کمبود دانش فنی بهره‌برداران، توسعهٔ گلخانه‌ها در اقلیم‌های نامناسب و عدم استفاده از سازه و تجهیزات گلخانه‌ای مناسب و به روز، باعث شده تا عملکرد تولید محصول در این گلخانه‌ها در حدود ۳۵۰-۲۵۰ تن در هکتار باشد که در قیاس با میانگین جهانی (۴۵۰-۴۰۰ تن در هکتار) پائین‌تر است. این نکته نیز به اقتصادی نبودن و غیرقابل رقابتی بودن تولیدات گلخانه‌ای می‌افزاید و شاید یکی از دلایل خارج شدن از چرخه تولید برخی از گلخانه‌ها در کشور و نیز کند شدن روند توسعه کشت‌های گلخانه‌ای در سال‌های اخیر، این موضوع باشد.

## ۳- تحلیل مساله

به علت مزایای موجود در کشت‌های گلخانه‌ای مانند افزایش کارایی مصرف آب، اشتغال بیشتر، عملکرد بالاتر، تولید محصول با کیفیت‌تر، تهیه محصول خارج از فصل و تنظیم برنامه کشت مطابق نیاز بازار، در سال‌های اخیر توسعهٔ این نوع کشت بسیار مورد توجه قرار گرفته است. به‌طور کلی برای توسعهٔ گلخانه‌ها در دنیا دو رویکرد به‌شرح ذیل وجود داشته‌اند (Castilla and Hernandez, 2000; Elsner *et al.* 2006). انتخاب اول کنترل غیرفعال اقلیم[1] و انتخاب دوم کنترل فعال اقلیم[2]. در رویکرد اول با وجود تولید نامنظم و مقطعی و عملکرد پایین‌تر، هزینه‌های تولید محصول نسبت به انتخاب دوم، پائین‌تر است. مطابق شکل۱، گرچه می‌توان با استفاده از گلخانه‌هایی که دارای فناوری بالایی هستند با تولید در تمام طول سال، محصول بیشتر با کیفیت بهتر و اثرات محیط زیستی کمتر تولید کرد (کل نواحی۱، ۲ و ۳)، ولی در مقابل به دلیل کنترل فعال اقلیم هزینه‌های تولید نیز بالاتر خواهند بود. به عبارت دیگر، در رویکرد کنترل غیرفعال اقلیم، سعی می‌گردد مواقعی از سال که نیاز گرمایشی و سرمایشی در گلخانه‌ها بیش از حد است (نواحی۱ و ۳)، کشت انجام نگردد. بدیهی است که در غیر از این مواقع (ناحیه۲)، نیاز گرمایشی و سرمایشی گلخانه‌ها در حدی خواهند بود که بایستی با استفاده از تجهیزاتی با فناوری متوسط و با هزینه متعارف، بتوان به کنترل شرایط محیط داخل آن‌ها پرداخت.

1- Passive Climate Control
2- Active Climate Control




**شکل۱- انرژی مصرفی برای کنترل شرایط دمائی داخل گلخانه‌ها**

بررسی روند توسعه گلخانه‌ها در دنیا نشان می‌دهد که در مناطق سردسیر و عرض‌های جغرافیایی بالا (کشورهای شمال اروپا نظیر هلند)، معمولاً گزینهٔ دوم انتخاب و گلخانه‌های گران قیمت، دارای فناوری بالا و با چرخهٔ تولید بسته، توسعه پیدا کرده‌اند و ممکن است برای کاهش مصرف انرژی در انقلاب زمستانی، تولید صورت نگیرد. در مقابل برای مناطق معتدل، نیمه‌گرم و گرم، معمولاً گزینه اول انتخاب می‌گردد و لذا در این مناطق (نواحی معتدل در اطراف دریای مدیترانه نظیر منطقه آلمریا در جنوب اسپانیا و یا آنتالیا در جنوب ترکیه) گلخانه‌های با فناوری میانه (گلخانه‌های ارزان‌تر، دارای پوشش پلاستیکی و با تولید به صورت فصلی) توسعه یافته‌اند (Elsner *et al.* 2000).

مطالعهٔ روند توسعه گلخانه‌های با پوشش پلاستیکی در دنیا نیز در هشت منطقهٔ شمال، جنوب و شرق اروپا، خاورمیانه، آسیا، آفریقا، آمریکا و استرالیا نیز نشان می‌دهد که مهمترین عوامل توسعهٔ گلخانه‌ها در دنیا، عوامل اقتصادیِ ناشی از کنترل شرایط اقلیمی داخل گلخانه‌ها، مصرف انرژی در آن‌ها و تصمیم‌گیری دولت‌مردان بوده است. با وجود تفاوت در علل توسعه گلخانه‌ها در این کشورها، نقطهٔ مشترک آن‌ها، بهینه‌سازی مصرف انرژی در گلخانه‌ها بوده است. به همین دلیل ضروری است که در کنار نگاه توسعه‌های به این نوع کشت، چالش‌های این توسعه از

منظر بهینه‌سازی مصرف انرژی و حفاظت از محیط‌زیست نیز برای تحقق تولید پایدار، در نظر گرفته شوند.

به‌طور کلی تجربیات، مطالعات و اندازه‌گیری‌های جهانی مربوط به مصـــرف انرژی در گلخانه‌ها حاکی از آن هســتند که حدود ۶۶/۶ درصـد کل انرژی مصرفی در گلخانه‌ها به‌صورت مستقیم است که عمدتاً صـرف گرمایش می‌شـود و ۳۳/۳ درصـد دیگر به صورت غیرمستقیم می‌باشد و مربوط به استفاده از نهاده‌های تولید مانند کودهای شیمیایی، نیروی کارگری، بسته‌بندی و سایر موارد هستند (Djevic and Dimitrijevic, 2009). انرژی مصـــرفی ویژه($MJ/m^2$) در گلخانه‌های تونلی تک دهانه بیشـــتر از گلخانه‌های چند دهانه اســـت (Djevic and Dimitrijevic, 2009; Dimitrijevic et al., 1999; Hanan, 1998). پائین بودن انرژی مصـــرفی ویژه در گلخانه‌های چند دهانه ســـبب بالا رفتن رانـدمـان انرژی و بهره‌وری انرژی در این نوع از گلخانه‌ها نســـبت به گلخانه‌های تک دهانه (تونلی) می‌گردد. برای بهینه‌ســازی مصـرف انرژی توجه به فرم (ســطح مقطع) هندســی گلخانه، مســاحت گلخانه و نیز نوع و راندمان ســامانه‌های گرمایشــی به کار رفته در آن، از اهمیت خاصــی برخوردار هســـتند. اســـتفاده از پوشـــش‌های پلی‌اتیلن دو لایه همراه با هوای فشـــرده بین آن‌ها تا ۴۰٪ و پوشـش‌های پلی‌کربنات دو لایه تا ۵۰٪ در مصرف سوخت به منظور گرمایش گلخانه‌ها مؤثر هستند (Djevic and Dimitrijevic, 2009 and Nelson, 2003). استفاده از پرده‌های حرارتی در طول شب باعث ۶۰ ٪ و در طول فصـل زراعی، سـبب ۳۰-۲۵ ٪ صـرفه‌جوئی در مصـرف انرژی برای گرمایش گلخـانه‌ها می‌شـــوند (Djevic and Dimitrijevic, 2010 and Hanan, 1998.). با توجه به این که مصـرف عمدهٔ انرژی در گلخانه‌ها جهت گرمایش و با استفاده از سوخت‌های فسیلی انجام می‌گیرد و در آینده، مسـائل محیط‌زیسـتی و قوانین بازدارنده مصـرف این سـوخت‌ها سخت‌گیرانه‌تر و مستلزم پرداخت جریمه‌های بین‌المللی خواهد بود، ضـروری اسـت که در کنار توسـعه گلخانه‌ها به کاهش شـدت مصـرف انرژی‌های فسیلی و جایگزین کردن بخشی از آن با سایر منابع انرژی، بیش از پیش توجه شـود. مسائل دیگری مانند محدود بودن عمر منابع و ذخایر سوخت‌های فسیلی، هم‌پوشانی با اوج مصـرف خانگی، افزایش جمعیت و افزایش درخواسـت انرژی در سایر بخش‌ها، درخواست انرژی بیشتر در این بخش به دلیل افزایش سطح زیرکشت (توسعهٔ گلخانه‌ها) و تلاش برای افزایش عملکرد محصول در واحد سطح گلخانه که افزایش مصرف انرژی در این بخش را بدنبال خواهد داشت، مؤکد این قضیه است.

## ۴- پیشنهادهای فنی و اجرایی

اگر چه بخش کشـاورزی و گلخانه در ایران، مصـرف‌کننده بزرگی در بخش انرژی کشـور نیســـتند و در نتیجه انتشـــار آلاینده‌ها از آن در حال حاضـــر در ســـطح بالایی قرار ندارد ولی

ضـروری اسـت که با توجه به مدیریت مصـرف انرژی و بهینه‌سـازی مصـرف آن از انتشـار آلاینده‌های زیسـت محیطی کاسـت. با عنایت به بحث‌های انجام شده در این نوشتار، برای کم کردن نرخ رشـد مصرف انرژی‌های فسیلی و کاستن از میزان آلاینده‌های ناشی از مصرف آن‌ها در این بخش پیشنهادهای زیر ارائه می‌گردد:

- توسعهٔ گلخانه‌ها در اقلیم‌های مناسب، مستعد و دارای مزیت نسبی.
- استفاده از گلخانه‌هایی با شدت مصرف انرژی پایین‌تر.
- اسـتفـاده از سـیسـتم‌هـای ذخیره انرژی (پوشـش‌های دو لایه، پرده‌های حرارتی و سیستم‌های غیرفعال ذخیرهٔ انرژی در گلخانه‌ها).
- استفاده از تجهیزات گرمایشی با راندمان بالاتر.
- تغییر در حامل‌های انرژی مصـرفی در گلخانه و جایگزینی بخشـی از آن با منابع انرژی تجدیدپذیر.
- استفاده از ارقام و محصولاتی که نیاز گرمایی کمتری داشته باشند.

## ۵- منابع


شرافتی، ک. ۱۳۸۸. بررسی شاخص‌های مصرف انرژی تولید خیار در گلخانه‌های تهران. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی.

مؤمنی، د. ۱۳۸۵. سیستم‌های مناسب در طراحی و ساخت گلخانه‌های گل و گیاهان زینتی. سمپوزیوم ملی راهکارهای بهبود تولید و توسعه صادرات گل و گیاهان زینتی. مرکز ملی تحقیقات گل و گیاهان زینتی ایران. محلات، استان مرکزی، ایران.

مؤمنی، د. ۱۳۹۰. بررسی شاخص‌های مصرف انرژی تولید خیار در گلخانه‌های منطقه جیرفت و کهنوج. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی.

مؤمنی، د.، ا. بناکار، ب. قبادیان و س. مینایی. ۱۳۹۵. طراحی، ساخت و ارزیابی سامانه گرمایش خورشیدی با عدسی فرسنل خطی برای گلخانه. مجله علوم و فنون کشت‌های گلخان‌های، سال هفتم، شماره بیست و پنجم، صفحات ۷۰-۵۹.

مؤمنی، د. و گرامی، ک. ۱۳۹۳. روش‌های کاهش مصرف انرژی در گلخانه‌های تجاری. سومین کنگره ملی هیدروپونیک و تولیدات گلخانه‌ای. کرج، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی ۱۸ تا ۲۰ شهریور ۱۳۹۳.

Dimitrijevic, M., Devic, M., Boretos, M., Miodragovic, R. 1999. Design and Control Systems in Greenhouses, Technique towards the 3rd Milenium; Haifa, Israel.

Djevic, M. and A. Dimitrijevic. 2009. Energy Consumption for Plastic Covered Greenhouse Structures. Energy, 34, 1325-1331.

Hanan, J.J. 1998. Greenhouses. Advanced Technology for Protected Cultivation, CRC Press.

Momeni, D. 2009a. Investigation of Temperature and Humidity Variations within a Commercial Vegetables Greenhouse in IRAN. 10th international congress on mechanization and energy in agriculture. 14-17 October, Antalya-Turkey.

Nelson, P. 2003. Greenhouse Operation and Management, 6th edition.

Vadiee, A. and M. Viktoria. 2012. Energy management in horticultural applications through the closed greenhouse concept: State of the art. Renewable and Sustainable Energy Reviews 16: 5087–5100.

# بخش سوم

## مهندسی صنایع غذایی

## و

## فناوری‌های پس از برداشت

# کاهش ضایعات محصولات کشاورزی راهبرد اصلی در ارتقاء امنیت غذایی

**عادل میرمجیدی هشتجین، رضا فامیل مؤمن و فرزاد گودرزی**
**اعضای هیأت علمی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.**

## ۱- مقدمه

افزایش روز افزون جمعیت و وضعیت رو به کاهش منابع تولید، جامعه جهانی را با چالش جدی پاسخگویی به نیازهای اولیه بشری به‌ویژه تأمین غذا روبرو ساخته است. برآوردها نشان می‌دهند که در پانزده سال آینده نیاز بشر به آب، انرژی و مواد غذایی به ترتیب ۳۰، ۵۰ و ۵۰ درصد بیشتر خواهد شد. از سوی دیگر، دستیابی به منابع و عوامل تولید به دلیل تاثیر فعالیت‌های بشری در کمیت و کیفیت این منابع و نیز تغییرات آب و هوایی در کرۀ زمین، روز به روز محدودتر می‌شود (فامیل مومن، ۱۳۸۷؛ میرمجیدی و همکاران، ۱۳۹۵). بنابراین، این دو عامل در کنار هم تأمین غذای سالم و کافی را روز به روز نامطمئن‌تر می‌سازد. این در حالی است که بر اساس گزارش فائو حدود ۵۰ درصد محصولات تولید شده در جهان در فاصله زمانی برداشت تا مصرف به صورت ضایعات از چرخه مصرف خارج می‌شود (میرمجیدی و همکاران، ۱۳۹۵). به تعبیر دیگر از هر چهار کالری مواد غذایی تولید شده در جهان حداقل یک کالری آن از مرحله برداشت تا مصرف از بین می‌رود (Gustavson, 2011 and USDA, 2014). این بدان معنی است که نیمی از کشاورزی را فرآیند تولید و نیمۀ دیگر را مراقبت‌های پس از برداشت تشکیل می‌دهد. کاهش ضایعات در مراحل پس از برداشت راهکاری است که بدون نیاز به افزایش سطح زیر کشت که همان تکیه بر مصرف آب، زمین، انرژی و نیروی کار بیشتر است، امکان دستیابی به بهره‌وری و تولید بیشتر را فراهم می‌سازد (فامیل مومن، ۱۳۸۷). در اسناد بالادستی و قوانین جاری کشور، تأمین امنیت غذایی و ارتقاء کیفیت بهداشتی تولیدات کشاورزی به عنوان یکی از ارکان مهم توسعه مورد توجه بوده ولی در عمل، اقدامات صورت گرفته بیشتر بر افزایش تولید متمرکز بوده و توجه به مسائل کیفی غذا و کاهش ضایعات کم‌رنگ بوده است. برخی مواد قانونی و حاکمیتی در این خصوص عبارت‌اند از: قانون اساسی، سند چشم‌انداز، قانون برنامه چهارم و پنجم توسعه اقتصادی کشور.

## ۲- نقش و جایگاه کاهش ضایعات در امنیت غذایی

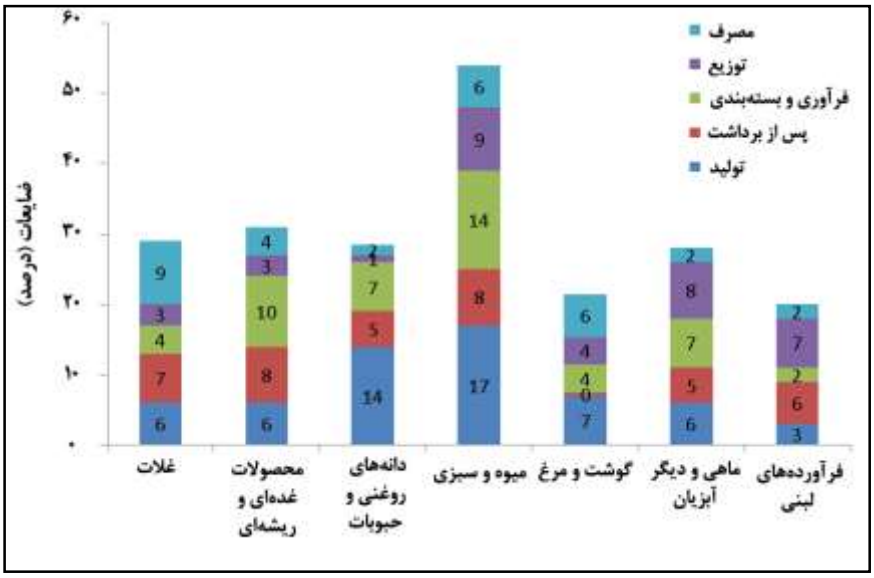
طبق تعریف بانک جهانی، امنیت غذایی یعنی دسترسی همهٔ مردم در تمامی اوقات به غذای کافی برای داشتن یک زندگی سالم (بی‌نام،۱۳۸۸؛ بی‌نام ۱۳۹۲؛ میرمجیدی، ۱۳۸۸ و میرمجیدی و همکاران، ۱۳۹۵. تأمین امنیت غذایی از وظایف اصلی بخش کشاورزی هر کشوری بوده و در ایران نیز دستیابی به این امر مهم رسالت اصلی وزارت جهادکشاورزی است. محدود بودن نهاده‌های کشاورزی، شرایط جوی و محیطی و ضایعات بیش از حد تولیدات کشاورزی از جمله عواملی هستند که سبب شده امنیت غذایی کشور تاحدی به چالش کشیده شود. برای غلبه بر این چالش و ارتقاء سطح امنیت غذایی با رویکرد مدیریت بحران راه حل‌های متعددی قابل بررسی است که البته، هر یک از این رویکرد و راهکارها مزایا و محدودیت‌های اجرایی و فنی خاص خود را دارند. علی‌رغم تنوع در روش‌ها و راهبردهای کلی تأمین امنیت غذایی، در ایران برای تحقق این رسالت، تمرکز بر تولید و افزایش تولید غذا به‌عنوان اصلی‌ترین راهبرد مورد توجه و عمل است. در حالی‌که حجم زیاد ضایعات محصولات کشاورزی خام و فرآوری شده و عدم توجه به نگهداری مناسب تولیدات زراعی و باغی به‌عنوان مانع اصلی برای نیل به تأمین امنیت غذایی است. بنابراین، می‌توان گفت که در کنار اقدامات مربوط به افزایش تولید، توجه به کاهش ضایعات و فرآوری محصولات نقش اساسی در راستای تحقق اهداف یاد شده دارد.

## ۳- تبیین وضع موجود

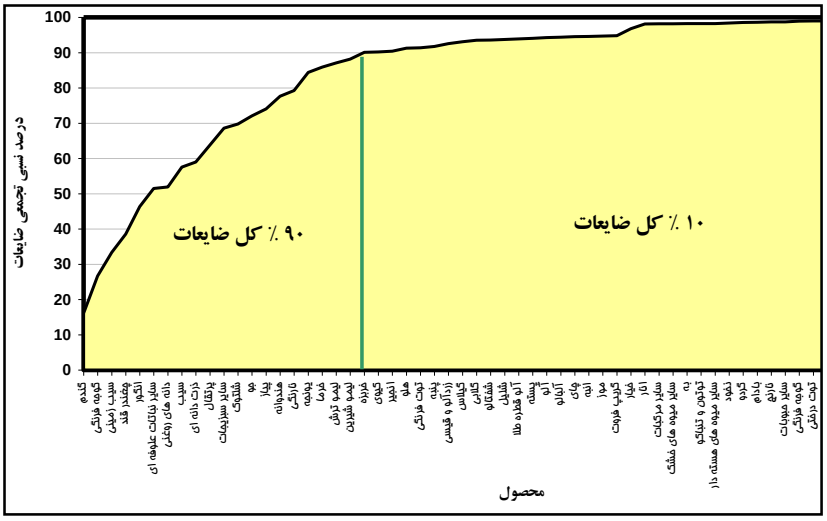
امروزه یکی از معضلات و تهدیدهای پیش‌روی تحقق امنیت غذایی در جوامع بشری، وجود مقدار نامتعارف ضایعات محصولات کشاورزی است. بر اساس گزارش فائو، حدود ۵۰ درصد محصولات تولید شده در جهان در مراحل تولید و مصرف به صورت ضایعات از چرخه مصرف خارج می‌شود. ارزش این حجم بالای ضایعات و هدر رفت مواد غذایی، بالغ بر ۱ تریلیون دلار در سال برآورد شده است و سهم کشورهای در حال توسعه در این میان معادل ۳۱۰ میلیارد دلار می‌باشد. سالانه در جهان ۴ میلیارد تن مواد غذایی تولید می‌گردد که از این مقدار، حدود ۳۰ تا۵۰ درصد در اثر شرایط و روش‌های نامناسب برداشت، حمل و نقل، ذخیره‌سازی، توزیع و مصرف از بین می‌رود. این بدان معنی است که ۱/۲ تا ۲ میلیارد تن مواد غذایی تبدیل به ضایعات گردیده و از دسترس مصرف کننده خارج می‌شود (میرمجیدی و همکارن، ۱۳۹۵). شکل ۱ میزان ضایعات مواد غذایی در ایران به تفکیک نوع محصول در مرحله تولید و مراحل مختلف پس از تولید را نشان می‌دهد (Postharvest.nri. org, 2014).

طبق آمارهای رسمی فائو، سالانه حدود ۴۳/۵ درصد محصولات اساسی کشاورزی در کشورهای در حال توسعه در اثر آفات، بیماری‌ها، علف‌های هرز، خشکسالی و ... در مراحل مختلف از جمله

پس از برداشت از بین می‌رود. ضایعات کشاورزی و هدر رفت مواد غذایی در ایران بنابر برآوردهای به‌عمل آمده حدود ۳۰٪ در سال تخمین زده می‌شود که این مقدار حدود ۳ درصد از کل ضایعات تولیدات کشاورزی و دور ریز مواد غذایی در جهان است. در ایران بر اساس آخرین برآوردهای وزارت جهاد کشاورزی، حدود ۱۶ درصد از محصولات زراعی و حدود ۲۸ درصد از تولیدات باغی در مراحل مختلف تولید تا مصرف از بین می‌رود (بی‌نام، ۱۳۹۰ و بی‌نام، ۱۳۹۲). در حال حاضر سالانه و به‌طور متوسط حدود ۱۰۰ میلیون تن انواع محصولات کشاورزی در ایران تولید می‌شود؛ که با فرض حفظ شرایط موجود سیستم‌های پس از برداشت، برای تامین غذای مورد نیاز جمعیت اضافه شده تا سال ۱۴۳۰ می‌بایست حداقل ۱۵ تا ۲۰ میلیون تن محصول قابل مصرف بیشتری در دسترس آحاد جامعه قرار گیرد. بر این اساس، تأمین و حفظ سطح امنیت غذایی کشور یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های پیش‌روی دولتمردان خواهد بود (ایزدی ۱۳۹۲ و میرمجیدی و همکاران،۱۳۹۵). البته، هنوز آمارهای دقیق و مکفی در زمینه میزان ضایعات محصولات مختلف وجود ندارد و مطالعات بسیار کم‌رنگ و ناچیزی در این زمینه صورت گرفته است ولی با این حال برآوردهای اولیه و آمارهایی به صورت تخمینی در دسترس است. بر اساس مطالعات کارگروه بهره‌وری و کاهش ضایعات محصولات کشاورزی در سال ۱۳۸۷ حدود ۹۰ درصد ضایعات کل ضایعات برآورد شده برای ۶۰ محصول باغی و زراعی عمده مورد مطالعه، مربوط به ۲۰ نوع محصول بوده و حجم ضایعات در ۴۰ محصول دیگر ۱۰ درصد کل ضایعات را شامل می‌شود (بی‌نام، ۱۳۸۸ و میرمجیدی، ۱۳۸۸). مطابق شکل ۲ محصولاتی که ۹۰ درصد کل ضایعات را تشکیل می‌دهند و در برنامه‌ریزی‌ها بایستی بیشتر مورد توجه باشند عبارت‌اند از: گندم، گوجه‌فرنگی، سیب‌زمینی، چغندرقند، انگور، نباتات علوفه‌ای، دانه‌های روغنی، سیب، ذرت دانه‌ای، پرتقال، سبزیجات، شلتوک، جو، پیاز، هندوانه، نارنگی، یونجه، خرما، لیمو شیرین و خربزه.




**شکل ۱- ضایعات مواد غذایی در ایران به تفکیک نوع محصول در مرحله تولید و مراحل مختلف پس از تولید**




**شکل ۲- تغییرات درصد نسبی تجمعی ضایعات محصولات کشاورزی**

### ۴- اثرات اقتصادی و اجتماعی کاهش ضایعات

بر اساس آمارنامه‌های وزارت جهاد کشاورزی (بی‌نام، ۱۳۹۰)، میزان تولیدات زراعی و باغی در کشور در سال ۱۳۹۳ به ترتیب معادل ۷۴/۰۴ و ۱۶/۵۲ میلیون تن بوده است. به‌عبارت دیگر، از این مقدار تولید، میزان ۱۱/۸۵ میلیون تن از محصولات زراعی و ۴/۶۳ میلیون تن از محصولات باغی ضایع شده و در دسترس مصرف‌کننده قرار نگرفته است. لذا با توجه به اعداد و ارقام ارائه شده در خصوص میزان ضایعات محصولات کشاورزی و به تبع آن از بین رفتن نهاده‌های مختلف کشاورزی، اثرات و تبعات اقتصادی، اجتماعی و حتی فرهنگی زیاد و قابل تأملی را به همراه دارد. برخی از اهم این موارد را می‌توان به شرح زیر و به‌طور خلاصه ارائه نمود:

۱- در ایران حدود ۱۶/۵ میلیون تن محصول به صورت ضایعات از چرخه مصرف خارج می‌شود. این مقدار محصول معادل محصول تولید شده در سطحی حدود یک میلیون هکتار است. این رقم معادل ۱۲٪ سطح زیر کشت محصولات آبی کشور است.

۲- با یک قاعده سرانگشتی ضایعات محصولات کشاورزی در ایران می‌تواند غذای یک کشور ۱۵ میلیون نفری را تامین کند (ایزدی، ۱۳۹۲ و میرمجیدی و همکاران، ۱۳۹۵).

۳- اگر برای تولید یک کیلوگرم محصول کشاورزی، بر اساس بهره‌وری متوسط آب در کشور (۱/۲ $kg/m^3$) ۸۳۰ لیتر آب مصرف شود، برای ۱۶/۵ میلیون تن تقریباً ۱۳/۷ میلیارد متر مکعب آب هدر می‌رود که معادل ۱۸٪ آب مصرفی در بخش کشاورزی است (ایزدی، ۱۳۹۲ و میرمجیدی و همکاران، ۱۳۹۵).

۴- اگر هر کیلوگرم از این انبوه ضایعات فقط ۰/۷ دلار ارزش داشته باشد، از گذر این خسران، سالانه ۱۶ تا ۱۸ میلیارد دلار سرمایه کشور از دست می‌رود.

۵- ضایعات محصولات کشاورزی علاه بر اتلاف غذا و محصول تولید شده موجب هدر دادن منابع محدود آب، خاک و سایر نهاده‌های یارانه‌ای که هزینه بالایی برای دولت دارد، خواهد شد (میرمجیدی و همکاران، ۱۳۹۵).

همان‌طور که پیش‌تر نیز گفته شد، محدود بودن نهاده‌های کشاورزی (به‌ویژه کمبود آب در حال حاضر)، آلودگی‌های زیست‌محیطی، شرایط جوی و اقلیمی، مسئله مصرف انرژی و ... سبب شده که امنیت غذایی کشور تاحدی به چالش کشیده شود. از این‌رو به‌نظر می‌رسد که با پرداختن و عنایت ویژه به جایگاه فناوری‌های پس از برداشت، انبارداری، مدیریت زنجیرهٔ عرضه و زنجیرهٔ سرد از مزرعه تا مصرف و توسعه صنایع تبدیلی به‌منظور کاهش ضایعات، بتوان با افزایش بهره‌وری بر چالش‌هایی چون خشکسالی، کارایی مصرف آب و سایر نهاده‌های تولید (خاک، کود، سم، سوخت و انرژی) در بخش کشاورزی و نهایتاً امنیت غذایی فائق آمد. از سوی دیگر، کاربرد ضایعات و به

عبارتی استفاده از زائدات، پسماندها و ضایعات و فراوری و تبدیل آن‌ها به محصولات با ارزش افزودهٔ بالاتر نیز منجر به ارتقای بهره‌وری خواهد شد (میرمجیدی، ۱۳۸۸ و میرمجیدی و همکاران، ۱۳۹۵).

## ۵- طبقه‌بندی و مراحل مختلف ضایعات

صرف‌نظر از نگاه کمی و کیفی، از نظر مرحله وقوع، ضایعات محصولات کشاورزی در سه مرحله؛ پیش از برداشت، حین برداشت و پس از برداشت روی می‌دهد. با این حال بررسی‌های مقدماتی انجام شده نشان می‌دهند که قسمت عمدهٔ ضایعات در ایران و کشورهای در حال توسعه مربوط به مراحل برداشت و پس از برداشت است. علی‌رغم توجه کم‌رنگ به کاهش ضایعات در مراحل پیش از برداشت یعنی کاشت، داشت و حین برداشت، مرحله پس از برداشت حلقهٔ مغفول ماندهٔ زنجیره اصلی کاهش ضایعات می باشد (شکل ۳). این در حالی است که مراقبت‌های پس از برداشت، فرآوری محصول و صنایع تبدیلی و تکمیلی، نقش بسیار مهمی در کشاورزی دارد (فامیل مومن، ۱۳۸۷ و میرمجیدی و همکاران، ۱۳۹۵). در این خصوص آمارهای جهانی نشان می‌دهد که در کشورهای در حال توسعه، به‌طور متوسط ۲۴ درصد از میوه‌جات و حدود ۴۲ درصد از سبزیجات در فاصله تولید تا رسیدن به دست مصرف‌کننده از بین می‌روند (ایزدی، ۱۳۹۲؛ بی‌نام، ۱۳۸۸ و میرمجیدی ۱۳۸۸). به تعبیر کارشناسان، نیمی از کشاورزی را تولید یعنی مراحل کاشت، داشت و برداشت و نیمهٔ دیگر را مراقبت‌های پس از برداشت تشکیل می‌دهد (میرمجیدی، ۱۳۸۸). در حالی که این مرحله در ایران و در کشورهای در حال توسعه حلقهٔ فراموش شده تولید است. علاوه بر این، کشاورزی بدون صنایع تبدیلی و تکمیلی اقتصادی نبوده و لازمهٔ سود، ایجاد ارزش افزوده و ارتقاء بهره‌وری، توسعهٔ صنایع تبدیلی است.

**شکل ۳ - چرخه تولید محصولات کشاورزی و حلقهٔ مغفول پس از برداشت (در ایران)**

## ۶- مسائل و مشکلات مؤثر بر شکل‌گیری ضایعات

مطالعات به‌عمل آمده بیانگر این مطلب است که ضایعات در بخش کشاورزی در تمام مراحل تولید تا مصرف وجود دارد و عوامل و عناصر متعددی بر آن تأثیرگذارند. برخی از عوامل ایجاد ضایعات در مراحل پس از برداشت محصولات کشاورزی، ریشه در مراحل قبلی از جمله مراحل کاشت، داشت و برداشت دارند. از عوامل مؤثر بر افزایش میزان ضایعات می‌توان به مواردی چون: آسیب‌های فیزیکی و مکانیکی، عوامل فیزیولوژیکی و بیولوژیکی، آفات و بیماری‌ها، عوامل محیطی و مزرعه‌ای و عوامل ثانویه (اقتصادی و اجتماعی، سیاسی، فرهنگی، طبیعی) اشاره کرد (میرمجیدی، ۱۳۸۸). در ایران مانند اکثر کشورهای در حال توسعه درصد ضایعات پس از برداشت تا رسیدن به مصرف کننده نسبت به مراحل قبل از برداشت بسیار زیاد است. از این‌رو اغلب، ضایعات پس از برداشت به عنوان ضایعات محصولات کشاورزی تلقی می‌شود و بر اهمیت عملیات پس از برداشت تأکید می‌گردد.

## ۷- جایگاه تحقیقات در سنجش و پایش ضایعات

بخش تحقیقات صنایع غذایی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی با اجرای بیش از ۴۰۰ فقره پروژه تحقیقاتی در زمینهٔ صنایع تبدیلی و فرآوری مواد خام فسادپذیر گیاهی یا حیوانی، به‌منظور تولید فرآورده‌های غذایی پایدار، به همراه معرفی مناسب‌ترین فناوری‌های پس از برداشت با هدف کاهش ضایعات و افزایش قابلیت ماندگاری و بهبود کیفیت محصولات مختلف کشاورزی تلاش کرده است تا در جهت ارتقاء امنیت غذایی کشور اقدامات مؤثری به‌عمل آورد.

با توجه به جمع‌بندی صورت‌گرفته در ۲۰ سال گذشته، بیش از ۹۰ درصد از پروژه‌های تحقیقاتی اجرا شده و در دست اجرا در حوزهٔ صنایع غذایی و فناوری‌های پس از برداشت به کاهش ضایعات محصولات باغی، زراعی و سبزی و صیفی اختصاص دارد که جزء وظایف حاکمیتی بوده و از عهدهٔ بخش خصوصی و یا سایر وزارتخانه‌ها خارج است. در این راستا لازم به یادآوری است که عنایت ویژه بر جایگاه بخش ترویج در انتقال یافته‌ها و دستاوردهای حاصل از تحقیقات نیز از مباحثی است که در اجرایی شدن نتایج و اثربخشی تحقیقات نقش ویژه و به‌سزایی دارد. بدون شک انتقال یافته‌های حاصل از فعالیت‌های پژوهشی این بخش به عرصه تولید و صنایع تبدیلی کشاورزی کشور، سبب خواهد شد تا تحولات قابل ملاحظه‌ای در ابعاد مختلف نظیر کاهش ضایعات، افزایش قابلیت ماندگاری، بهبود ویژگی‌های کمی و کیفی، معرفی فرمولاسیون‌های جدید و ایجاد تنوع غذایی، افزایش بهره‌وری و ارزش‌های تغذیه‌ای و در نهایت ارتقاء امنیت غذایی کشور حاصل آید. امید است با بهره‌برداری و به‌کار بستن نتایج حاصل از فعالیت‌های تحقیقاتی انجام شده در این بخش زمینه‌های لازم در خصوص رفع مشکلات موجود فراهم گردد.

## ۸- راهکارها و پیشنهادهای اجرایی

همان‌طور پیش‌تر گفته شد، قسمت عمدهٔ ضایعات در کشورهای در حال توسعه و از جمله ایران، مربوط به مراحل برداشت و پس از برداشت است. از این‌رو به‌نظر می‌رسد که با پرداختن و عنایت ویژه به جایگاه فناوری‌های پس از برداشت و توسعه صنایع تبدیلی، بتوان از ضایعات محصولات کشاورزی به میزان قابل توجهی کاست. در این راستا، اولین و اساسی‌ترین گام در برنامه‌ریزی‌ها، شناخت وضع موجود و اطلاع دقیق از آمار و اطلاعات مورد نیاز است. تاکنون مطالعهٔ جامعی در خصوص تعیین مقدار دقیق ضایعات در مراحل مختلف زنجیرهٔ تولید تا مصرف به‌عمل نیامده است. با این حال راهکارها و برنامه‌های اصلی برای کاهش ضایعات را می‌توان در دو مقولهٔ اقدامات اجرایی و برنامه‌های پژوهشی، آموزشی و ترویجی ارائه نمود (میرمجیدی، ۱۳۸۸). مهمترین اقدامات و برنامه‌های اجرایی که در راستای کاهش ضایعات می‌تواند مفید و موثر باشند و نیاز به حمایت جدی مسئولین و متولیان دولتی و عزم ملی دارد عبارت‌اند از :

۱- ایجاد و توسعه صنایع تبدیلی و تکمیلی در بخش کشاورزی، مدیریت و ساماندهی زیرساخت‌های تولید، توزیع و صادرات محصولات کشاورزی
۲- اصلاح و تقویت ساختار تشکل‌های تولیدی مرتبط با کشاورزی و صنایع وابسته
۳- اصلاح چرخه توزیع، ایجاد و گسترش زنجیرهٔ سرد و نظام‌مند نمودن الگوی بسته‌بندی
۴- گسترش مجتمع‌های کشت و صنعت و صنایع تبدیلی

۵- اعطای تسهیلات، توسعه مراکز توزیع مستقیم و حذف واسطه‌ها، بیمه محصولات کشاورزی و...

۶- فرهنگ‌سازی در سطح جامعه. هماهنگی سازمان‌های جهاد کشاورزی و نیز صدا و سیمای جمهوری اسلامی ایران در این خصوص ضروری خواهد بود.

تدوین برنامه جامع کاهش ضایعات پس از برداشت محصولات کشاورزی از راهکارها و برنامه‌های پژوهشی است که به ترتیب اولویت، دربرگیرندهٔ سه فقره طرح کلان ملی تحت عناوین ذیل می‌باشد:

۱. سنجش و پایش میزان دقیق تلفات و ضایعات محصولات کشاورزی در مراحل مختلف پس از برداشت.
۲. کاهش ضایعات محصولات اساسی کشاورزی در مراحل پس از برداشت.
۳. به‌کارگیری باقیمانده‌های گیاهی، پسماندها و تبدیل زائدات به فرآورده‌های قابل مصرف و با ارزش افزوده بیشتر.

## ۹- منابع

ایزدی، ن؛ حیاتی، د. ۱۳۹۲. کاهش ضایعات: رویکرد آینده ترویج کشاورزی. فصلنامه مهندسی کشاورزی و منابع طبیعی، شماره ۳۹.

سالنامه آماری تولیدات کشاورزی. ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۴. وزارت جهاد کشاورزی.

سند برنامه مدیریت کنترل و کاهش ضایعات محصولات کشاورزی. ۱۳۸۸. معاونت ترویج و آموزش، کمیته بهره‌وری وزارت جهاد کشاورزی.

فامیل مؤمن، ر. ۱۳۸۷. کاهش ضایعات مراحل برداشت و پس از برداشت محصولات گلخانه‌ای، شماره فروست ۸۷/۵۴۵. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. کرج، ایران.

مجموعه مقالات ششمین همایش ملی بررسی ضایعات محصولات کشاورزی. ۱۳۹۲. دانشگاه تربیت مدرس. تهران، ایران.

میرمجیدی، ع. ۱۳۸۸. گزارش برنامه راهبردی کاهش ضایعات محصولات کشاورزی، شماره فروست ۸۸/۷۳۲. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. کرج، ایران.

میرمجیدی، ع. فامیل مؤمن، ر. گودرزی، ف. ۱۳۹۵. گزارش تحلیلی کاهش ضایعات محصولات کشاورزی راهبرد اصلی در ارتقاء امنیت غذایی، شماره فروست ۵۰۸۷۵. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. کرج، ایران.

Gustavsson, J., Cederberg, C., Sonesson, U., and Otterdijk, R.V., Meybeck, A. 2011. Global Food Losses and Wastes. Foods and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy.

http://postharvest.nri.org/background/why-reduce-losses.2014.
USDA (United States Department of Agriculture). 2014. The Estimated Amount, Value, and Calories of Postharvest Food Losses at the Retail and Consumer Levels in the United States. Washington, D.C.: USDA.

# وضعیت تولید و فرآوری خرما در کشور

**ابوالفضل گلشن تفتی**
**عضو هیأت علمی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران**

## ۱- مقدمه

خرما یکی از محصولات عمده کشاورزی ایران است که علی‌رغم اهمیت و پتانسیل بالای کشور در تولید آن، اقدام جدی در خصوص بهره‌برداری مناسب از این محصول در کشور صورت نگرفته است. در حال حاضر خرما در ۳۷ کشور جهان، کشت و مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد (Seddiq,2014). بر اساس آمار سازمان خواربار و کشاورزی، تولید جهانی خرما در سال ۲۰۱۴ میلادی، ۷/۶ میلیون تن بوده که بیش از ۹۰ درصد آن در دو قاره آسیا و آفریقا تولید شده و سهم ایران در تولید خرمای جهان ۱۵ درصد گزارش شده است (FAO, 2014). سالانه در حدود یک میلیون تن محصول خرما در کشور تولید می‌شود که از این مقدار، ۶۰۰-۵۵۰ هزار تن آن در داخل و ۱۶۰-۱۲۰ هزار تن از خرمای تازه به خارج از کشور صادر می‌شود. خرما به عنوان یک محصول استراتژیک و مهم کشاورزی سهم بسزایی در ایجاد اشتغال، درآمدزایی و توسعه مناطق خرماخیز کشور دارد. در حدود ۴۵۰ هزار نفر بهره‌بردار به‌طور مستقیم از طریق اشتغال در نخلستان‌های کشور امرار معاش و ارتزاق می‌کنند (بی‌نام، ۱۳۹۰). از طرفی، نخلستان‌های کشور اغلب در مناطق محروم و مرزی واقع شده‌اند. بنابراین تولید این محصول از نظر اجتماعی، امنیتی و زیست‌محیطی نیز حائز اهمیت است. در هر حال، خرما می‌تواند به‌عنوان یکی از منابع مهم کسب درآمد ارزی در بخش کشاورزی باشد مشروط بر این که به چگونگی عرضه آن در بازارهای جهانی توجه گردد. بر اساس مطالعات کارگروه بهره‌وری و ضایعات محصولات کشاورزی (۱۳۸۷) از ۶۰ محصول زراعی و باغی عمده مورد مطالعه، ۹۰ درصد ضایعات مربوط به ۲۰ نوع محصول است که خرما با میزان ضایعات ۲۰ درصد در اولویت ۱۸ کشوری در برنامه کاهش ضایعات قرار دارد (بی‌نام، ۱۳۸۷ و میرمجیدی، ۱۳۸۸). این گزارش نتیجه مطالعات و پژوهش‌های نگارنده و نیز تجارب و نظرات صاحب‌نظران، دست‌اندرکاران و فعالان صنعت خرمای کشور در زمینه محصول خرما بوده که به‌طور خلاصه به بررسی وضعیت موجود محصول خرما در کشور پرداخته است. در نهایت چالش‌ها و مشکلات فرا روی بخش تولید، بسته‌بندی و فرآوری مورد شناسایی و بررسی قرار گرفته و راهکارهای پیشنهادی برای رفع مشکلات موجود در بخش‌های مربوطه ارائه گردیده است.

## ۲- تبیین وضع موجود

در حال حاضر در ۱۳ استان کشور، نخل کشت و پرورش داده می‌شود. استان‌های کرمان، سیستان و بلوچستان، خوزستان، بوشهر، فارس و هرمزگان از استان‌های عمده تولیدکننده خرما در کشور به شمار می‌آیند که در حدود ۹۸ درصد از خرمای تولیدی کشور را به خود اختصاص داده‌اند. هر چند کشور ایران به‌عنوان بزرگ‌ترین تولیدکننده خرما در جهان است ولی بیش‌تر مردم کشور از ارقام خرما، محصولات خرما و ارزش غذایی آن اطلاع و شناخت کافی ندارند. بیش‌ترین مصرف خرمای کشور در مناطق تولید و یا نزدیک به آنها است. مصرف سرانه این محصول در کشورهایی نظیر عربستان سعودی، مصر، لیبی و امارات متحده عربی به‌ترتیب ۳۸، ۲۱، ۱۷ و ۱۷ کیلوگرم گزارش شده است در حالی که مصرف سرانه خرما در ایران ۹-۸ کیلو گرم است (بی‌نام، ۱۳۹۰). افزایش مصرف خرما در کشور نیاز به فرهنگ‌سازی و تبلیغات رسان‌های مناسب دارد که متأسفانه رسانه ملی، وزارت آموزش و پرورش و وزارت جهاد کشاورزی در این خصوص اقدام شایسته و کافی را انجام نداده‌اند. صنایع تبدیلی خرما در کشور رشد چندانی نداشته است. تعداد کارگاه‌های بسته‌بندی خرما در کشور بیش از کارگاه‌های فرآوری است. مجوز برای تأسیس کارگاه‌های بسته‌بندی از طریق اداره کل صنایع و مدیریت صنایع سازمان جهاد کشاورزی استان‌ها صورت گرفته که به موازات یکدیگر بوده و گاها بدون بررسی دقیق و ظرفیت منطقه صادر گردیده است. پائین بودن سطح دانش فنی بیشتر صاحبان صنعت بسته‌بندی و فرآوری خرما سبب شده که صادرات این محصول با مشکلات جدی روبرو شود. بخش قابل توجهی از خرمای کشور تجاری و قابل صادرات نبوده و نمی‌تواند مستقیماً وارد بازار شود. تنوع کم فرآورده‌های خرما در کشور و عدم فرآوری و بسته‌بندی مناسب سبب شده است که قیمت خرمای صادراتی ایران کمتر از نصف قیمت جهانی خرما باشد. تولید خرما در ایران با مشکلات و چالش‌های متعددی همراه است که عمدتاً می‌توان به دو گروه مسائل مرتبط با تولید و مسائل مرتبط با بسته‌بندی و فرآوری طبقه‌بندی کرد.

**الف- مسائل مرتبط با تولید خرما**

۱- عملکرد پائین
۲- کاشت ارقام نامناسب و قدیمی بودن نخلستان‌ها
۳- آبیاری و تغذیه نامناسب نخل
۴- خرده مالکیت و عدم مکانیزاسیون
۵- کیفیت پائین محصول خرما

۶- خسارت آفات، بیماری‌ها و عوارض (مانند خشکیدگی خوشه خرما) و عدم کارآیی روش‌های کنترل که نتیجه آن افزایش میزان ضایعات خرما بوده است (شکل ۱).

۷- شرایط نامناسب محیطی و بروز پدیده‌های طبیعی

۸- عدم انگیزه کافی برای تولیدکنندگان

در حال حاضر عملیات کاشت، داشت و برداشت خرما به‌طور سنتی انجام می‌گیرد (شکل ۲). دسترسی به کارگران گردهافشان و خرماچین و همچنین دستمزدی که باید به آن‌ها پرداخت شود از عواملی است که به طور غیرمستقیم روی تولید خرما و هنگام برداشت آن تأثیر می‌گذارد.

### ب- مسائل مرتبط با بسته‌بندی و فرآوری خرما

۱- عملیات جداسازی و بسته‌بندی خرما در اکثر مناطق به‌صورت دستی و توسط کارگران محلی و یا اعضاء خانواده باغداران انجام می‌شود که این روش به دلیل عدم رعایت بهداشت و دقت کافی در بسته‌بندی منجر به انتقال آلودگی و کاهش کیفیت خرما می‌شود (شکل ۳). طرح بهبود مدیریت برداشت خرما بایست از طریق سازمان جهاد کشاورزی استان‌های خرماخیز کشور پیگیری و اجراء شود که متأسفانه این امر محقق نشده است.

**شکل ۱- خسارت آفات (سمت راست) و عارضه خشکیدگی خوشه خرما**

**شکل ۲- برداشت سنتی محصول خرما**

۲- حدود ۷۰ درصد از خرمای ایران به‌صورت فل‌های صادر می‌شود و در کشورهای مقصد (فرانسه، هلند) مجدداً بسته‌بندی و یا فرآوری شده و با ارزش افزوده بیشتر به بازار هدف ارسال می‌گردد. کمبود امکانات بسته‌بندی و عدم شیوهٔ صحیح بسته‌بندی سبب شده است که خرمای صادراتی ایران با کیفیت مناسب به خارج از کشور نرسیده و با قیمت پایین در بازارهای جهانی به فروش برسد. وجود تعرفه‌های گمرگی بالا برای واردات مواد اولیه بسته‌بندی خرمای صادراتی سبب افزایش هزینه‌های بسته‌بندی خرما در کشور شده است و لذا صادرکنندگان، خرما را به‌صورت فل‌های به کشورهایی مانند دبی که هزینه بسته‌بندی در آن‌ها پائین‌تر از ایران است، ارسال کرده و پس از بسته‌بندی به بازارهای هدف صادر می‌کنند. در برخی موارد، صادرکنندگان محصول خرما بدون توجه به سلیقه و تقاضای مشتریان خارجی مبادرت به صدور خرما می‌کنند که این عامل منجر به عدم فروش و یا فروش خرما با قیمت پایین در بازارهای جهانی می‌شود.

۳- ضایعات خرما و عدم جمع‌آوری و استفاده از آن‌ها در تولید فرآورده‌های با ارزش افزوده بالا به دلیل نبود اطلاعات جامع در خصوص ضایعات، عدم تعیین سازوکار مناسب برای جمع‌آوری ضایعات و کمبود کارخانه‌های فرآوری (۴). علاوه بر خرمای ضایعاتی، قسمتی از خرمای تولیدی نیز نامرغوب بوده و به‌طور مستقیم جذب بازار مصرف نشده و با قیمت بسیار پایین به فروش می‌رسد.

**شکل ۳- جداسازی و بسته‌بندی خرما توسط کارگران با روش سنتی**

۴- عدم توسعه دستگاه‌ها و ماشین‌های آماده‌سازی، بسته‌بندی و فرآوری خرما. ویژگی‌های برخی ارقام خرما مانند چسبندگی و نفوذ آب به داخل میوه از چالش‌های دیگر در صنعت فرآوری خرما به شمار می‌آید که مانع گسترش دستگاه‌های اختصاصی در زمینه فرآوری خرما شده است (بی‌نام، ۱۳۹۰).

۵- چالش دیگر در کارگاه‌های بسته‌بندی خرما، یافتن جایگزین برای گاز متیل بروماید برای ضدعفونی خرما است.

۶- خرماهایی که در بسته‌های سنتی (بسته‌های حصیری، پلاستیکی، کارتن و به‌صورت فشرده در حلب) بسته‌بندی می‌شوند، بهداشتی نبوده و ممکن است در طول مدت نگهداری، ضایع شوند. تنوع کافی در بسته‌بندی خرما وجود ندارد. بسته‌بندی‌های خرمای ایران جذابیت مناسبی نداشته وچاپ روی بسته‌ها ابتدایی است. در نتیجه، خرمای ایران قابلیت رقابت با خرمای صادراتی کشورهای دیگر را ندارد.

۷- تقلبات در حین بسته‌بندی خرما نظیر بسته‌بندی خرمای درجهٔ ۲ و ۳ در کارتنهای حاوی خرمای درجه یک نه تنها در کیفیت محصول تأثیر دارد بلکه سبب سلب اعتماد خریداران خرما می‌گردد.

۸- مشخص نبودن و ناشناخته ماندن شرکت یا شخص عرضه‌کننده خرما به بازار نیز حق انتخاب را از خریدار سلب می‌کند. برای خرمای صادراتی ایران برند خاصی وجود ندارد.

۹- تولید فرآورده‌های خرما به روش سنتی و کمبود صنایع تبدیلی برای جذب بخشی از خرمای تولید شده، مشکل دیگری در زمینه بازاررسانی و صادرات خرما است.

۱۰- شرایط نگهداری خرما نیز عامل دیگری است که در ضایعات این محصول نقش بسزایی دارد. معمولاً برای نگهداری خرماهای نرم و مرطوب از سردخانه استفاده می‌شود که اولاً ظرفیت و پراکنش سردخانه‌ها محدود است و ثانیاً دما و رطوبت نسبی مناسبی در سردخانه‌ها اعمال نشده و نوسانات دمایی در آن‌ها بالا است. در بعضی مناطق، ارقام خرمای خشک و نیمه‌خشک در انبارهای معمولی و یا فضای باز نگهداری می‌شوند که هیچ‌گونه کنترلی از نظر دما و رطوبت نسبی و همچنین تهاجم آفات روی آن‌ها صورت نمی‌گیرد.

۱۱- فعالیت‌های پژوهشی و آموزشی در زمینهٔ خرما در دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی به حد کافی رشد نکرده است. در زمینه محصول خرما از مرحله برداشت تا بسته‌بندی، نگهداری و فرآوری مشکلات عدیده‌ای وجود دارد و از طریق دفتر میوه‌های گرمسیری و نیمه‌گرمسیری و معاونت باغبانی وزارت جهاد کشاورزی منعکس گردیده ولی متأسفانه هیچ‌گونه اعتباری برای انجام پژوهش در این زمینه‌ها در اختیار مراکز و مؤسسات تحقیقاتی قرار داده نشده است.

### ۳- راهکارها و برنامه‌ها

#### الف- راهکارهای پیشنهادی بخش تولید

بهترین راهکار پیشنهادی در بخش تولید، اصلاح، احیاء و جایگزینی نخیلات کشور است که این طرح توسط وزارت جهاد کشاورزی تهیه و پیشنهاد شده است. شناسایی و توسعه ارقام تجاری و پربازده خرما، کاهش ضایعات از طریق اصلاح سیستم تولید خرما و پشتیبانی از تولیدکنندگان، از راهکارهای پیشنهادی دیگر در افزایش بهره‌وری در تولید خرما است.

#### ب- راهکارهای پیشنهادی بخش بسته‌بندی و فرآوری خرما

۱- فرهنگ‌سازی و تولید محصولات متنوع از خرما متناسب با ذائقه مصرف‌کنندگان، گامی مؤثر در افزایش مصرف سرانه خرما در کشور است. در مورد بازارهای خارجی نیز با شرکت در نمایشگاه‌ها می‌توان سلیقه و نیازهای بازار هدف را شناسایی کرد.

۲- ارتقاء واحدهای سنتی بسته‌بندی و فرآوری خرما.

۳- به‌کارگیری و توسعه روش‌های مکانیزه و نوین بسته‌بندی و فرآوری خرما و حمایت از سرمایه‌گذاران در بخش بسته‌بندی و صنایع تبدیلی و جانبی خرما با فناوری جدید.

۴- توسعه صنایع جانبی خرما در جهت استفاده از ضایعات در تولید محصولات متنوع از خرما با ارزش‌افزوده بالاتر. برای توسعه صنعت خرما باید از تجربه کشورهایی نظیر تونس، الجزایر و مصر استفاده کرد.

۵- طراحی بسته‌بندی‌های متنوع و متناسب با سلیقه بازارهای داخل و خارج.

۶- ارتقاء سطح آگاهی و دانش فنی شاغلین در صنایع بسته‌بندی و فرآوری خرما از طریق برگزاری کارگاه‌های آموزشی تخصصی خرما و بازدید از صنعت خرمای سایر کشورها.

۷- سرمایه‌گذاری در بخش تحقیقات در خصوص تعیین و معرفی فناوری مناسب برای آماده‌سازی، بسته‌بندی و فرآوری ارقام خرما، معرفی فرآورده‌های جدید از خرما، استفاده از ضایعات خرما در تولید محصولات جدید، معرفی روش‌های جدید ضدعفونی و نگهداری ارقام خرما و سایر پروژه‌های کاربردی در زمینه بسته‌بندی، نگهداری و فرآوری این محصول.

۸- افزایش کیفیت و سطح بهداشت محصول خرما از طریق اجرای استانداردها و ضوابط و مقررات فنی، درجه‌بندی کیفی بهداشت کارگاه‌ها و ارائه برنامه‌های آموزشی. به‌منظور حفظ کیفیت و تولید محصولی بهداشتی، ضروری است سازمان جهاد کشاورزی و اداره کل نظارت بر مواد غذایی وابسته به دانشگاه علوم پزشکی در استان‌های خرماخیز کشور با همکاری یکدیگر، نسبت به

شناسایی کلیه تولیدکنندگان در هر منطقه اقدام کرده و پس از نظارت، کد بهداشتی برای محصول تولیدی صادر نمایند.

## ۴- منابع

آمارنامه کشاورزی سال ۱۳۹۳. (۱۳۹۴). مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، وزارت جهاد کشاورزی. تهران: وزارت جهاد کشاورزی

حسن‌پور اصطهباناتی، ا.، رمضان‌زاده، ش.، سلیمانی، م.، شفیعیان، ۱.، منوچهری، ف. و نوروزی، ر. (۱۳۹۴). دست‌نوشت‌های از خرمای ایران. دفتر میوه‌های گرمسیری و نیمه‌گرمسیری، معاونت باغبانی، وزارت جهاد کشاورزی.

سند برنامه مدیریت کنترل و کاهش ضایعات محصولات کشاورزی. (۱۳۸۷). معاونت ترویج و آموزش، کمیته بهره‌وری وزارت جهاد کشاورزی.

مؤسسه تحقیقات خرما و میوه‌های گرمسیری کشور. (۱۳۹۰). برنامه راهبردی بخش خرما در کشور، اهواز: انتشارات کردگار.

میرمجیدی هشتجین، ع. (۱۳۸۸). گزارش برنامه راهبردی کاهش ضایعات محصولات کشاورزی. کرج: موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، شماره فروست ۸۸/۷۳۲.

Food and Agriculture Organization (FAO). (2014). Crop production. Available: http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC, accessed 5 February, 2017.

Siddiq, M., Aleid, S.M., & Kader, A.A. (2014). Dates, postharvest science, processing techn*ology and health benefits*. New Delhi: Wiley Blackwell.

# بخش چهارم

## ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون

**ویراستار فنی: افشین ایوانی**

# تحلیلی بر توسعه خاک‌ورزی حفاظتی در ایران

**احمد شریفی مالواجردی**
**عضو هیات علمی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران**

## ۱- مقدمه

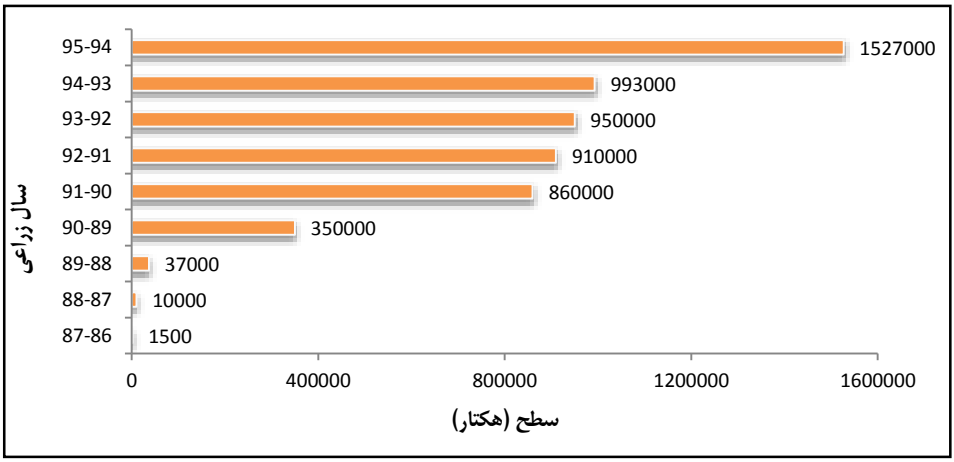
خاک‌ورزی حفاظتی با هدف افزایش بهرهوری اعم از کم خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی در حفظ رطوبت خاک، بهبود مواد آلی خاک، کاهش مصرف انرژی، کاهش هزینه و زمان عملیات، مؤثر است. خاک‌ورزی حفاظتی سیستمی است که در آن پس از عملیات خاک‌ورزی و کاشت حداقل ۳۰ درصد سطح خاک به وسیله بقایای محصول قبلی پوشیده شده باشد و از مدیریت برداشت محصول قبلی شروع می‌شود. علیرغم توسعه خاک ورزی حفاظتی طی دهه اخیر در کشور، هنوز محدودیت‌هایی از قبیل کمبود ماشین‌های مناسب مزارع با ابعاد کوچک و متوسط، حفظ و نگهداری مقادیر کافی بقایای گیاهی روی سطح خاک، تغییر ذهنیت کشاورزان وجود دارد. در مجلس شورای اسلامی قانونی تصویب شد که در آن سوزندان بقایای گیاهی اراضی زراعی پس از برداشت محصول ممنوع و متخلف حسب مورد به پرداخت جزای نقدی محکوم می شود. این قانون موجب توسعه هرچه بیشتر کشاورزی حفاظتی و سیستم‌های خاک ورزی حفاظتی در ایران می گردد. در این گزارش تحلیلی، توسعه خاک‌ورزی حفاظتی در ایران از حیث اثربخشی و سطوح زیرکشت و چالش و مشکلات آن مورد بررسی قرار می‌گیرد.

## ۲- سابقه خاک‌ورزی حفاظتی در ایران و جهان

تحقیقات انجام شده در مناطق مختلف ایران با شرایط اقلیمی متفاوت نشان داد که کاربرد روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی مانند روش‌های کم خاک‌ورزی شامل، استفاده ازگاوآهن قلمی در عمق کمتر از گاواهن برگرداندار و یا استفاده از دیسک در عمق سطحی خاک عملکرد محصولی مشابه با کاربرد گاوآهن برگرداندار می دهد. علاوه بر این خاک ورزی حفاظتی، کاهش مصرف سوخت و هم چنین کاهش زمان انجام عملیات را به دنبال دارد. استفاده از روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی (با تاکید بر اجرای روش‌های کم خاک‌ورزی) با استناد بر یافته‌های تحقیقاتی ۱۰ ساله موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی از طرف وزیر وقت جهاد کشاورزی در سال ۱۳۸۶ به سازمان جهاد کشاورزی استان‌ها جهت انتقال و اجرایی نمودن این یافته‌ها ابلاغ شد. مقرر شد

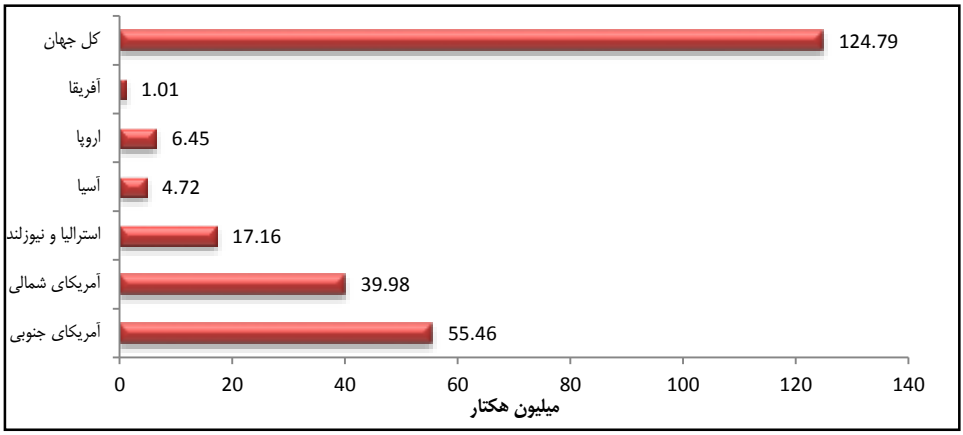
بخش‌های تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی مراکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کشور با هماهنگی سازمان‌های جهاد کشاورزی (مدیریت‌های زراعت و ترویج بطور خاص) موضوع را تا حصول نتیجه پیگیری و با تهیه دستورالعمل‌های فنی- اجرایی کنند. برای تسریع بیشتر این امر پایلوت‌هایی الگویی بلافاصله با نظارت و مشارکت مستقیم همکاران تحقیقاتی در استان‌های فارس، همدان، اصفهان، گلستان، خوزستان و قزوین در سال ۸۷-۸۶ به میزان ۱۵۰۰ هکتار آبی برای محصولات مختلف زراعی هر منطقه انجام شد. این سطح در سال ۸۸-۸۷ به میزان ۱۰۰۰۰ هکتار آبی برای ۱۰ استان شامل فارس ، همدان، اصفهان، گلستان، خوزستان، قزوین، کرمان، خراسان رضوی، تهران و اردبیل و در سال زراعی ۸۹-۸۸ به میزان ۳۷۰۰۰ هکتار آبی و با هماهنگی مدیریت‌های زراعت و ترویج سازمان جهاد کشاورزی استان‌های مربوطه در نظر گرفته و اجرا گردید. نمونه ای از مزارع کشت شده در شکل ۱ نشان داده شده است. دستور العمل با مشارکت معاونت‌های زراعت و ترویج تهیه و به استان‌های مذکور ارسال شد. سطح اجرای کشاورزی حفاظتی قرار است تا پایان برنامه ششم توسعه به سه میلیون هکتار آبی و دیم برسد، که با توجه به اهمیت موضوع در دستور کار وزرات جهاد کشاورزی قرار گرفته و در حال گسترش در قالب پایگاه‌های تحقیقاتی کاربردی، آموزش و ترویج کشاورزی حفاظتی (Hub) می باشد. سطح زیر کشت کشاورزی حفاظتی در ایران در شکل ۲ نشان داده شده است. این سطح هر ساله روند افزایشی دارد. و به موازات آن نیز لازم است امکانات و ادوات مورد نیاز آن با بهر گیری از توان تولید داخلی تامین و در اختیار کشاورزان قرار گیرد. شایان ذکر است که در سال ۱۳۸۳ فعالیت‌هایی نیز در سطح اجرایی استان فارس در خصوص خاک‌ورزی حفاظتی انجام شده است.

**شکل ۱- کاشت مستقیم (بی خاک‌ورزی) گندم در بقایای ذرت (راست)، و ذرت در بقایای گندم (چپ)**




**شکل ۲- نمودار سطح زیر کشت کشاورزی حفاظتی در ایران**

کشاورزی حفاظتی در طیف گسترده ای از شرایط اقلیمی از جمله مواردی شامل کشت‌های دیم و آبی، مناطق همسطح دریا تا ارتفاع ۳۰۰۰ متری بالای سطح آن، خاک‌های دارای ۸۴٪ رس (برزیل) تا ۹۴٪ ماسه (زیمباوه)، مناطق روی خط استوا تا ۶۰ درجه شمالی و برای طیف گسترده ای از محصولات کشاورزی شامل: گندم، ذرت، برنج، پنبه، سویا، آفتاب گردان، تنباکو و غیره حتی سیب زمینی و کاساوا امکان پذیر بوده و قابل اجرا است. کشاورزی حفاظتی در حدود ۴۰ سال قبل به منظور تولید اقتصادی محصولات به مزارع کشاورزان در جهان معرفی گردید. امروزه بیش از یکصد و بیست میلیون هکتار تحت کشاورزی حفاظتی در دنیا وجود دارد. طبق آمار منتشر شده در سال ۲۰۱۲ میلادی، نمودار سطح زیرکشت کشاورزی حفاظتی به تفکیک قاره‌های مختلف جهان و کل جهان در شکل ۳ ارائه شده است. آمریکای جنوبی با ۵۵/۴۶ میلیون هکتار بیشترین و قاره آفریقا با ۱/۰۱ میلیون هکتار کمترین سطح زیرکشت کشاورزی حفاظتی را دارا هستند. در این بین قاره آسیا سطحی برابر با ۴/۷۲ میلیون هکتار را به خود اختصاص داده است.




**شکل ۳- نمودار سطح زیر کشت کشاورزی حفاظتی به تفکیک قاره و کل جهان (Friedrich et al., 2012)**

## ۳- اثربخشی اجرای خاک‌ورزی حفاظتی در کشور

### ۳-۱- کاهش مصرف نهاده‌ها

نتایج یافته‌های محققین موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی (شریفی و همکاران، ۱۳۹۴) در خصوص خاک‌ورزی حفاظتی نشان می‌دهد که خاک‌ورزی حفاظتی می‌تواند در صرفه‌جویی برخی نهاده‌ها و پارامترهای عملکردی و فنی ماشین تاثیرگذار باشد که نتایج آن در جدول ۱ آورده شده است.

**جدول ۱- میزان صرفه جویی در مصرف برخی از نهاده‌ها در اثر اجرای روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی**

| صرفه جویی‌ها | کم خاک ورزی | بی خاک‌ورزی | متوسط |
|---|---|---|---|
| مصرف سوخت (لیتر در هکتار) | ۵۰ | ۴۰ | ۴۵ |
| مصرف آب(مترمکعب در هکتار) | ۲۰۰۰ | ۷۵۰ | ۱۳۷۵ |
| بذر(کیلوگرم در هکتار) | ۸۰ | ۳۰ | ۵۵ |
| کود(کیلوگرم در هکتار) | ۷۰ | ۲۰ | ۴۵ |
| تردد ادوات و ماشین(مرتبه در هکتار) | ۳ | ۱ | ۲ |
| زمان(دقیقه در هکتار) | ۲۰۰ | ۱۷۰ | ۱۸۵ |

نمونه‌ای از نتایج بدست آمده در خصوص اجرای عملیات خاک‌ورزی حفاظتی در کاشت گندم از لحاظ اقتصادی نیز در دو وضعیت خاک‌ورزی مرسوم و خاک‌ورزی حفاظتی در جدول ۲ نشان داده

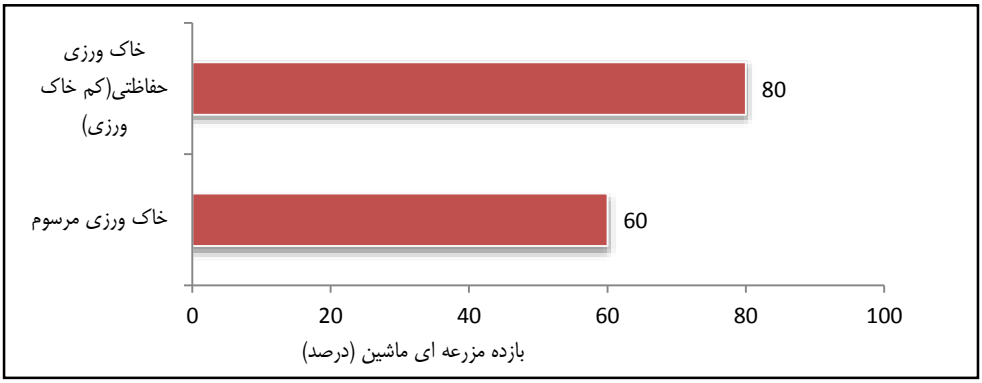
شـــده اســـت. با اعمال روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی صـــرفه جویی در هزینه‌های اجرای عملیات به میزان ۵۰ درصد نسبت به روش مرسوم می باشد.

**جدول ۲- توجیه اقتصادی اجرای خاک‌ورزی حفاظتی برای گندم (مثال موردی)**

| عنوان | وضعیت | | هزینه (هزار ریال در هکتار) | |
|---|---|---|---|---|
| | خاک‌ورزی مرسوم | خاک‌ورزی حفاظتی | خاک‌ورزی مرسوم | خاک‌ورزی حفاظتی |
| مصرف سوخت (لیتر در هکتار) | ۸۰ | ۳۵ | ۴۸۰ | ۲۱۰ |
| متوسط مصرف آب (متر مکعب در هکتار) | ۳۵۰۰ | ۲۱۲۵ | ۲۱۰۰ | ۱۲۷/۵ |
| مصرف کود (کیلوگرم در هکتار) | ۱۲۵ اوره | ۸۰ | ۷۵۰ | ۴۸۰ |
| | ۱۰۰ فسفات | ۵۵ | ۶۰۰ | ۳۳۰ |
| | ۱۲۵ پتاس | ۸۰ | ۷۵۰ | ۴۸۰ |
| مصرف سم (لیتر در هکتار) | ۲ | – | – | – |
| مصرف بذر (کیلوگرم در هکتار) | ۲۰۰ | ۱۴۵ | ۲۳۱۰ | ۱۶۷۴/۷۵ |
| تاریخ کشت (به ازاء هر روز تاخیر ۵ کیلوگرم در هکتار کاهش عملکرد) | کاهش ۵۰ کیلوگرم در هکتار | افزایش ۵۰ کیلوگرم در هکتار | ۵۷۷/۵ | ۵۷۷/۵ |
| افزایش ماده آلی (درصد) | ۰/۹۴ | ۱/۲ | – | – |
| عملیات زراعی (تعداد تردد) | ۶ | بی‌خاک‌ورزی ۱ بار | – | – |
| | ۶ | کم‌خاک‌ورزی ۳ بار | – | – |
| کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر متر مکعب) | ۰/۸ | ۱/۵ | – | – |
| **جمع** | – | – | **۷۵۶۷/۵** | **۳۸۷۹/۷۵** |

### ۳-۲- افزایش بازده مزرعه‌ای ماشین

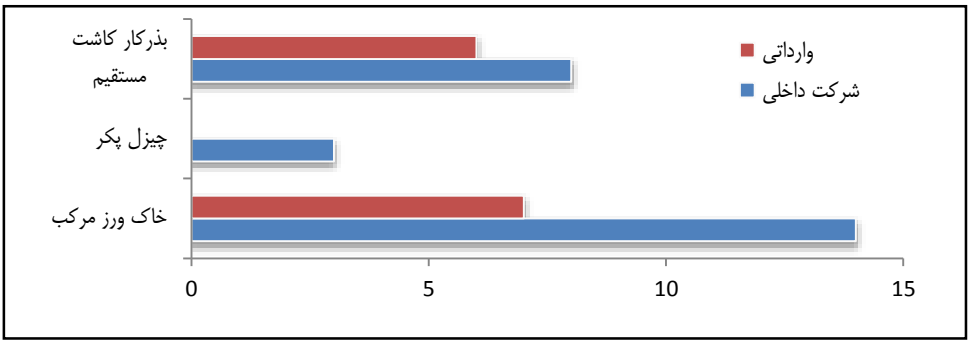
شـــکل ۴ بازده مزرعه‌ای ماشـــین را در روش‌های خاک‌ورزی مرســـوم و خاک‌ورزی حفاظتی نشـــان می‌دهد. بازده مزرع‌های ماشـین با بکارگیری روش‌های خاک ورز حفاظتی به میزان ۸۰ درصد است در حالی‌که در روش مرسوم این مقدار به ۶۰ درصد می‌رسد.




**شکل ۴- نمودار بازده مزرعه‌ای ماشین در خاک‌ورزی مرسوم و خاک‌ورزی حفاظتی (کم‌خاک ورزی)**

### ۳-۳- توانمندسازی تولیدکنندگان ماشین‌های کشاورزی

با توجه به دستاوردهای مفید حاصل از اجرای خاک‌ورزی حفاظتی و استقبال کشاورزان و کارشناسان، زمینه مناسب برای ورود بخش خصوصی در تولید ماشین‌ها و ادوات کشاورزی مورد نیاز برای خاک‌ورزی حفاظتی شامل خاک ورزهای مرکب، ماشین‌های کاشت مستقیم (بی خاک‌ورزی) و .... فراهم و مهیا گردید. شکل ۵ نشان دهنده فعالیت برخی از شرکت‌های عمده در زمینه تولید داخلی و یا واردات ادوات و ماشین‌های خاک وزری حفاظتی در سال‌های اخیر است. این موضوع بیانگر اثرگذاری نتایج تحقیقاتی در توسعه مکانیزاسیون کشاورزی در زمینه خاک‌ورزی حفاظتی محصولات مختلف زراعی در ایران است. در این خصوص باید در نظر داشت که ورود و یا ساخت ماشین‌های خاک‌ورزی حفاظتی با عرض کار زیاد که مستلزم استفاده از تراکتورهای سنگین است توصیه نمی شود. بلکه بومی سازی ادوات خاک‌ورزی حفاظتی و ورود تکنولوژی‌های متناسب با اندازه مزارع کوچک کشاورزی کشور پیشنهاد می‌گردد. نمونه‌ای از ادوات کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی در شکل ۶ نشان داده شده است (شریفی و همکاران، ۱۳۹۴).




**شکل ۵- نمودار تعداد شرکت‌های داخلی سازنده و یا وارد کننده ادوات خاک‌ورزی حفاظتی در ایران**

**شکل ۶- نمونه ای از ادوات کم خاک‌ورزی (خاک ورز مرکب-راست و چیزل پکر-وسط) و ادوات بی‌خاک‌ورزی (ماشین کاشت مستقیم -چپ)**

## ۴- توصیه‌های فنی مهم در خاک ورزی حفاظتی

نکات فنی لازم در زمینه اجرای عملیات خاک‌ورزی حفاظتی در قالب دستوالعمل فنی تهیه شده توسط موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی برای محصولات وشرایط اقلیمی مختلف بیان شده است. این دستورالعمل در سایت دفتر کشاورزی حفاظتی معاونت زراعت وزرات جهاد کشاورزی نیز قابل دسترسی است. اما در این خلاصه، به برخی موارد ضروری به شرح ذیل اشاره می‌گردد.

۱- قبل از اجرای خاک‌ورزی حفاظتی از دسترس بودن ادوات خاک‌ورزی حفاظتی (خاک ورز مرکب، چیزل پکر، دیسک و یا گاوآهن قلمی) و ماشین‌های بی خاک‌ورزی (بذرکارهای کاشت مستقیم) مناسب برای زمان مورد نظر اطمینان حاصل شود.

۲- عمق کار و سرعت پیشروی ادوات خاک‌ورزی حفاظتی و کاشت مستقیم رعایت گردد. در این خصوص عمق کار ۱۵ تا ۲۰ سانتی‌متر با سرعت پیشروی ۷ تا ۱۰ کیلومتر برساعت برای ادوات خاک‌ورزی حفاظتی و سرعت پیشروی ۱۰ تا ۱۲ کیلومتر بر ساعت برای ماشین کاشت مستقیم توصیه می‌گردد.

۳- مقدار بقایای گیاهی بجا مانده از محصول قبل و وضعیت تسطیح زمین باید امکان اجرای خاک‌ورزی حفاظتی را با ماشین‌های مورد نظر بویژه ماشین‌های کاشت را فراهم سازد. بنابراین قبل از اقدام به انجام عملیات خاک‌ورزی حفاظتی لازم است، وضعیت مزرعه از لحاظ میزان بقایای گیاهی بجا مانده از کشت قبلی با کمک کارشناسان و یا کشاورزان خبره مورد اندازه‌گیری قرار گیرد.

۴- در صورتی‌که بقایای گیاهی محصول سال قبل از تراکم بسیار زیادی برخوردار باشد، بهتر است بخشی از آن از مزرعه خارج گردد. بگونه ای که انجام عملیات خاک‌ورزی بسهولت انجام و بعد از اتمام کشت، حداقل ۳۰ درصد بقایا (سطح مزرعه پس از کاشت با بقایای محصول قبل پوشیده باقی می‌ماند) در سطح زمین باقی بماند.

۵- تناوب زراعی صحیح با توجه به نوع سیستم (کم‌خاک‌ورزی و یا بی‌خاک‌ورزی) انتخاب گردد که از جهت اقتصادی قابلیت ماندگاری و حفظ آن توسط کشاورز وجود داشته باشد.

۶- به دلیل پوشش سطح خاک بوسیله بقایا، تبخیر از سطح خاک در مقایسه با روش مرسوم ناچیز بوده و لذا قبل از اقدام به آبیاری مزارع کاشت مستقیم، باید بقایا را کنار زده و پس از اطمینان از خشکی سطح خاک اقدام به آبیاری شود. توجه شود که آبیاری بیش از حد نیاز، نه تنها عملکرد را اضافه نخواهد کرد بلکه موجب کاهش آن نیز خواهد شد.

۷- در روش بی‌خاک‌ورزی (کاشت مستقیم) به دلیل رطوبت بسیار کم خاک چنانچه نیاز به آبیاری مزرعه وجود داشته باشد، باید مراقب روان آب‌های ناخواسته بود و ترجیحا با رسیدن آب به انت‌های فارو، آب ورودی به مزرعه قطع گردد. پس از سبز شدن مزرعه با این آب، برای آبیاری‌های بعدی امکان افزایش زمان آبیاری وجود خواهد داشت.

## ۵- چالش‌ها و مشکلات توسعه خاک‌ورزی حفاظتی

در توسعه خاک ورزی حفاظتی و بکارگیری آن توسط کشاورزان خرده پا و حتی متوسط، مشکلاتی وجود دارد که می توان به عواملی که پذیرش کشاورزی حفاظتی توسط کشاورزان را در ایران محدود ساخته است، به شرح ذیل اشاره نمود:

- کمبود کارنده‌های مناسب به‌ویژه برای مزارع با ابعاد کوچک و متوسط (راه حل این مسئله در طراحی و ساخت ماشین‌های مختص شرایط مورد نظر است شبیه کاری که در کشورهایی نظیر هند، چین، بنگلادش و نیز کشورهای واقع در شمال افریقا و غرب و مرکز آسیا به وقوع پیوسته است).

- عواملی که مانع حفظ و نگهداری مقادیر کافی بقایای گیاهی روی سطح خاک می شوند که در این میان می توان از عواملی نظیر سوزانده شدن سهوی و یا عمدی بقایا، استفاده از بقایا برای تعلیف دام و یا چرای مستقیم آن و نیز استفاده از بقایای گیاهی برای تولید کاغذ و یا سوخت‌های غیر فسیلی نام برد (راه حل این مسئله در مدیریت بقایای گیاهی است به نحوی که تلاش شود تا تعادلی میان بقایای مورد استفاده برای تعلیف دام و مقدار باقیمانده روی سطح خاک برقرار گردد تا مفهوم پوشش سطح خاک توسط بقایا از دست نرود. از طرفی در صورت وجود حجم بالای بقایا روی سطح خاک نیاز به کارنده‌هایی خواهد بود که بتوانند عملیات کاشت محصول را روی آن‌ها انجام دهند بدون آنکه نیاز به سوزاندن بقایا باشد. بدیهی است که خارج کردن بخش مازاد بقایا از زمین کشاورزی با روش‌هایی نظیر بسته بندی آن‌ها قبل از اقدام به کاشت، از دیگر تمهیداتی است که ممکن است مانع از سوزاندن اجباری مزرعه و تسهیل کننده کاشت مستقیم روی بقایا گردد).

-تغییر ذهنیت کشاورزان، کارشناسان و مدیران اجرایی بخش کشاورزی در زمینه کشاورزی حفاظتی مشکل است. زیرا عمده آموزش و تجربیات کارشناسان و کشاورزان بر مبنای روش‌های مرسوم خاک‌ورزی بوده و روش حفاظتی برای آنان قدری دور از ذهن تجلی خواهد نمود. لذا تغییر ذهنیت افراد برای پذیرش اصول کشاورزی حفاظتی شاید سخت‌ترین مرحله کار باشد و چه بسا که کشاورزان یک منطقه آمادگی بیشتری از کارشناسان و اهل فن برای پذیرش این تغییر از خود نشان دهند (اشرفی زاده، ۱۳۹۰).

## ۶- پیشنهادها

سیستم‌های خاک‌ورزی حفاظتی درکشور در حال توسعه و گسترش هستند. این توسعه بایستی مبتنی بر توصیه‌های علمی و تحقیقاتی باشند که منجر به اهداف مدنظر در کشاورزی پایدار گردد.

- سازگاری ادوات وارداتی و یا ساخت داخل با اندازه مزارع کشاورزی و توان تراکتوری غالب و موجود در کشور از جمله نکاتی است که باید در توسعه خاک‌ورزی حفاظتی مورد توجه مسئولین امر قرار گیرد.

- اثرات اقتصادی این سیستم‌ها در میان مدت و دراز مدت قابل دستیابی است. گرچه در برخی موارد اثرات اقتصادی مثبتی شامل کاهش مصرف بذر،سم وکود، مصرف سوخت، مصرف آب و زمان عملیات و نتیجتا کاهش هزینه‌های انجام عملیات به میزان ۵۰ درصد در مقایسه با روش‌های خاک‌ورزی مرسوم بدست آمده است.
- سوق داده شدن سازندگان و تولید کنندگان ماشین‌های کشاورزی در داخل کشور و توانمند شدن آن‌ها از اثرات مهم دیگر اجرای خاک‌ورزی حفاظتی بوده است.
- یکی از موضوعات مهم در اجرای این سیستم‌ها، مدیریت بقایای گیاهی از زمان برداشت محصول قبلی است که نیاز است مد نظر قرار گیرد. بطوریکه حداقل ۳۰ درصد از سطح مزرعه بعد از عملیات کاشت توسط بقایای گیاهی پوشیده شده باشد.
- توسعه بیشتر روش کم‌خاک‌ورزی نسبت به روش بی خاک‌ورزی مورد توجه قرار گیرد.
- رعایت نکات فنی مطروحه در این گزارش موجب بهبود روند اجرای خاک‌ورزی حفاظتی در کشور خواهد. نکات فنی بیشتر در زمینه اجرای عملیات خاک‌ورزی حفاظتی در قالب دستوالعمل فنی در موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی برای محصولات وشرایط اقلیمی مختلف موجود است.

## ۷- منابع

اشرفی زاده، ر، ۱۳۹۰. کشاورزی حفاظتی، فرصت‌ها و چالش‌ها. گردهمایی محققین و مروجین استان خوزستان. اهواز.

شریفی، ا.، و همکاران. ۱۳۹۴. نقش تحقیقات ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون در امنیت غذایی. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. ۶۴ صفحه.

محمدی گل، ر.، شریفی ، ا.، و جوادی، ا. ۱۳۸۹. شناخت و معرفی بعضی از روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی (با تاکید بر کم‌خاک‌ورزی). نشریه فنی شماره ۲۸. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

یونسی الموتی، م.، صلح جو، ع.ا.، شریفی، ا.، جوادی، ا.، اشرفی زاده، س. ر، و تاکی، ا. ۱۳۹۴. راهنمای خاک ورزی حفاظتی و کاربرد آن. نشر آموزش کشاورزی. معاونت ترویج و آموزش سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. ۸۳ صفحه.

Friedrich, T., R. Derpsch and A. Kassam. 2012. Overview of the global spread of conservation agriculture. The Journal of Field Actions Science Reports, Especial Issue, 6: 1-7.

# اثرات کاهش و کنترل تلفات برداشت کمباینی گندم آبی در کاهش هدر رفت آب

**محمدرضا مستوفی سرکاری، جواد باغانی و نسرین محمدی اسدی**
اعضای هیئت علمی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی- سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران، کارشناس ارشد مرکز توسعه مکانیزاسیون کشاورزی

**۱- مقدمه**

برداشت محصول یکی از حساس‌ترین و پر اهمیت‌ترین مراحل تولید گندم است. مدیریت نادرست کمباین‌ها و عدم برداشت به موقع، موجب اتلاف زمان، انرژی، سرمایه و در نهایت با از دست رفتن بخشی از محصول، باعث هدررفتن آب مصرفی می شود. مدیریت ضعیف ماشین‌های برداشت از نظر انتخاب نوع، تعداد، دارا بودن معاینه فنی و اعمال تنظیمات مورد نیاز کمباین‌ها و انجام عملیات برداشت گندم در زمان نامناسب، باعث افزایش تلفات کمباینی دانه شده و در نتیجه باعث کاهش بهره‌وری مصرف آب می‌شود. علاوه بر این، خرابی پی‌درپی کمباین‌های فرسوده و نیاز به تعمیرات زیاد در فصل برداشت باعث کاهش توان اجرایی واقعی ناوگان کمباین‌های فعال کشور و تاخیر در برداشت محصول و اتلاف زمان کشت محصول بعدی می‌گردد. با تلفات برداشت کمباینی علاوه بر هدررفت محصول (بطور مستقیم) حجم زیادی از نهاده‌های کشاورزی از جمله آب نیز از دسترس خارج شده و باعث کاهش بهره‌وری آب می‌گردد. میانگین بهره‌وری آب در کشور ۰/۵ کیلوگرم بر متر مکعب گزارش شده است در حالی که میانگین این شاخص در دنیا ۰/۹۳ می باشد و رسیدن به عدد یک کیلوگرم بر متر مکعب مورد انتظار برنامه‌ریزان کشور است. با توجه به محدودیت منابع آب برای مصرف در بخش کشاورزی، لازم است ضریب بهره‌وری تولید گندم در کشور افزایش یابد. یکی از عوامل مهم کاهش بهره‌وری آب در کشور، از دست رفتن بخشی از محصول در اثر تلفات برداشت با کمباین است. لذا بایستی روند تغییرات میزان کل تلفات دانه گندم و تلفات در قسمت‌های مختلف کمباین مورد پایش قرار گرفته و تلفات برداشت کمباینی را که هم اکنون در محدوده ۸-۱۰ درصد قرار دارد با یک برنامه‌ریزی منسجم به حدود قابل قبول بین ۳- ۵ درصد کاهش داد. با توجه به اهمیت تلفات دانه گندم در کمباین‌ها و معادل سازی آن با آب تلف شده در کشور، در این گزارش، داده‌های میزان ریزش در قسمت‌های مختلف کمباین و تلفات کلی برداشت گندم طی سال‌های ۸۴ تا ۹۳ در ۳۲ استان مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و پیشنهادهای لازم برای برون رفت از این بحران ارایه شده است. امید است که نتایج این خلاصه

گزارش مورد استفاده تصمیم‌گیران و تصمیم‌سازان کشور قرار گیرد. لذا تبیین وضعیت موجود کشور از نظر روند تغییرات میزان تلفات کلی در برداشت گندم، ارزیابی و تعیین میزان هدررفت آب معادل گندم تلف شده در اثر تلفات کلی برداشت و ارائه‌ی راهکارها و توصیه‌های فنی برای برون‌رفت از وضع موجود و کاهش تلفات کلی برداشت گندم از اهداف کلی این گزارش بوده که به طور مشروح به آن‌ها پرداخته شده است.

## ۲- تبیین وضعیت موجود

وضعیت موجود زراعت گندم به تفکیک سطح زیر کشت، عملکرد محصول، تلفات طبیعی، تلفات جمع آوری و فرآوری و مجموع تلفات کمباینی و تلفات کلی برداشت گندم در جدول ۱ نشان داده شده است، میزان تلفات کلی برداشت گندم در سال‌های ۸۴ تا ۹۳ بین ۴۷۴ تا ۷۱۱ هزار تن متغیر بوده و میانگین آن در ده سال گذشته در سطح ۲/۶۳ میلیون هکتار از اراضی آبی با متوسط عملکرد ۳/۵ تن در هکتار، ۵۹۹۴۳۶ تن می‌باشد. بر اساس داده‌های جدول ۲، چنانچه کارائی مصرف آب به صورت خوشبینانه معادل ۰/۷۲ کیلوگرم بر متر مکعب در نظر گرفته شود، حجم آب از دست رفته که صرف تولید دانه‌هایی گشته که تلف شده‌اند، برابر ۳۲/۸ میلیون متر مکعب در سال می‌باشد. بیش از ۶۵ درصد از کل تلفات دانه گندم در مرحله برداشت مربوط به تلفات کمباینی می‌باشد.

**جدول ۱- متغیرهای مورد بررسی در برآورد تلفات کلی برداشت به تفکیک سال‌های زراعی ۹۳-۸۴**

| سال زراعی | سطح زیر کشت (هکتار) | عملکرد (کیلوگرم در هکتار) | تلفات طبیعی (تن) | تلفات جمع‌آوری (تن) | تلفات فرآوری (تن) | مجموع تلفات کمباینی (تن) | تلفات کلی (تن) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۸۴-۸۵ | ۲۶۹۷۴۸۴ | ۳۶۷۱/۷ | ۱۱۷۴۹۴ | ۲۵۳۵۳۱ | ۲۰۱۷۹۱ | ۴۵۵۳۲۱ | ۷۱۱۴۱۰ |
| ۸۵-۸۶ | ۲۷۶۴۵۷۷ | ۳۶۲۷ | ۱۱۶۰۶۴ | ۲۳۴۵۷۶ | ۱۶۱۳۰۵ | ۳۹۵۸۸۱ | ۵۸۳۰۴۳ |
| ۸۶-۸۷ | ۲۷۲۵۷۱۱ | ۳۶۲۷ | ۱۱۶۰۶۴ | ۲۴۲۱۰۶ | ۲۰۶۰۹۴ | ۴۴۷۹۴۳ | ۶۵۶۹۶۷ |
| ۸۷-۸۸ | ۲۵۸۷۹۵۷ | ۳۲۸۴ | ۱۰۵۰۸۸ | ۱۷۶۹۷۴ | ۱۷۳۲۶۵ | ۳۵۰۲۲۸ | ۵۱۷۴۳۱ |
| ۸۸-۸۹ | ۲۷۷۱۲۶۵ | ۳۶۰۲/۲ | ۱۱۵۲۶۹ | ۲۱۰۸۴۹ | ۲۲۶۵۲۳ | ۴۳۷۳۷۱ | ۶۴۹۸۰۵ |
| ۸۹-۹۰ | ۲۶۹۰۵۸۸ | ۳۵۵۶/۶ | ۱۱۳۸۱۰ | ۲۱۸۵۸۷ | ۲۰۶۸۰۷ | ۴۲۵۳۹۴ | ۶۲۰۲۳۰ |
| ۹۱-۹۲ | ۲۶۳۸۸۶۷ | ۳۷۳۲ | ۱۱۹۴۲۵ | ۲۱۱۰۸۰ | ۲۱۲۷۲۶ | ۴۲۳۸۰۶ | ۶۲۸۸۷۹ |
| ۹۲-۹۳ | ۲۴۸۸۷۹۷ | ۲۹۳۷/۶ | ۹۴۰۰۴ | ۱۷۲۲۷۴ | ۱۴۷۸۱۳ | ۳۲۰۰۸۴ | ۴۷۴۱۴۵ |
| ۹۳-۹۴ | ۲۳۴۴۶۸۶ | ۳۴۵۱/۵ | ۱۱۰۴۴۸ | ۱۸۵۴۹۱ | ۱۸۷۳۷۱ | ۳۷۲۸۶۲ | ۵۵۳۰۱۶ |
| کل/ میانگین | **۲۶۳۴۴۳۶/۹** | **۳۴۹۸/۸** | **۱۱۱۹۶۳** | **۲۱۱۷۱۹** | **۱۹۱۵۲۲** | **۴۰۳۲۱۰** | **۵۹۹۴۳۶** |

**جدول ۲- مقدار هدررفت آب ناشی از تلفات کلی برداشت به تفکیک سال‌های زراعی ۹۳-۸۴**

| هدررفت آب (مترمکعب) | تلفات کلی کمباین (تن) | عملکرد (کیلوگرم در هکتار) | سطح زیرکشت (هکتار) | سال زراعی |
|---|---|---|---|---|
| ۳۸۹۰۵۲۶۱ | ۷۱۱۴۱۰ | ۳۶۷۱/۷ | ۲۶۹۷۴۸۴ | ۸۴-۸۵ |
| ۳۱۸۸۵۱۷۴ | ۵۸۳۰۴۳ | ۳۶۲۷ | ۲۷۶۴۵۷۷ | ۸۵-۸۶ |
| ۳۵۹۲۷۸۷۲ | ۶۵۶۹۶۷ | ۳۶۲۷ | ۲۷۲۵۷۱۱ | ۸۶-۸۷ |
| ۲۸۲۹۶۹۸۷ | ۵۱۷۴۳۱ | ۳۲۸۴ | ۲۵۸۷۹۵۷ | ۸۷-۸۸ |
| ۳۵۵۳۶۱۹۳ | ۶۴۹۸۰۵ | ۳۶۰۲/۲ | ۲۷۷۱۲۶۵ | ۸۸-۸۹ |
| ۳۳۹۱۸۸۲۰ | ۶۲۰۲۳۰ | ۳۵۵۶/۶ | ۲۶۹۰۵۸۸ | ۸۹-۹۰ |
| ۳۴۳۹۱۸۳۴ | ۶۲۸۸۷۹ | ۳۷۳۲ | ۲۶۳۸۸۶۷ | ۹۱-۹۲ |
| ۲۵۹۲۹۷۸۹ | ۴۷۴۱۴۵ | ۲۹۳۷/۶ | ۲۴۸۸۷۹۷ | ۹۲-۹۳ |
| ۳۰۲۴۳۰۵۴ | ۵۵۳۰۱۶ | ۳۴۵۱/۵ | ۲۳۴۴۶۸۶ | ۹۳-۹۴ |
| **۳۲۷۸۱۶۶۵** | **۵۹۹۴۳۶** | **۳۴۹۸/۸** | **۲۶۳۴۴۳۷** | **میانگین** |

جدول ۲ نشـان می دهد متوسـط هدررفت آب ناشـی از تلفات کلی برداشت برای هر استان در سـال‌های ۸۴ تا ۹۳، حدود ۳۲/۸ میلیون متر مکعب در سـال بوده اسـت که این میزان برای کل کشـور (۳۲ اسـتان) به طور متوسـط رقمی معادل ۱۰۴۹ میلیون متر مکعب بدسـت می آید که هدررفت این حجم آب قابل تعمق بوده و بایستی مورد توجه جدی قرار گیرد.

حال با توجه به منابع آب موجود در کشـور و روش‌های آبیاری مزارع که بصورت استفاده از آب چاه‌ها، رودخانه‌ها و شـبکه‌ها اسـت، برای جبران هدررفت آب و بازگشـت آن به شـبکه و افزایش بهره‌وری آب ضـروری اسـت راهکارهای مناسـبی در نظر گرفته شـود. چون معیار بررسی هدررفت آب، آب جایگزین بر آب مصرفی است و از آنجائیکه عملا آب جایگزین وجود ندارد، الزاما از آب‌های پشت سدها استفاده می‌شود در نتیجه بهره‌برداران متحمل هزینه‌های گزافی می‌گردند لذا جلوگیری از هدررفت آب دارای توجیه اقتصادی قابل توجهی است.

به همین منظور لازم اسـت آب جایگزین از سـدها تامین گردد، در صورتیکه آب در هیچ سدی کمتر از ۱۰۰۰ تومان بازای هر متر مکعب قابل حصـول نیست و با هزینه انتقال آن تا مزرعه، بطور میانگین بایسـتی ۱۵۰۰ تومان پرداخت نمود و این در حالی است که به عنوان مثال، استحصال آب از سـد دوسـتی اسـتان خراسـان شـمالی ۳۰۰۰ تومان بر متر مکعب بوده و تولید و انتقال آب، آب شـیرین‌کن‌ها از خلیج فارس به استان‌های هم جوار هزینه ای بالغ بر ۳۵۰۰ تومان بر متر مکعب در بر خواهد داشت.

۱۵۰۰×۱۰۴۹۰۱۳۲۷۶=۱۵۷۳۵۱۹۹۱۴۰۰۰

به بیان دیگر سـالانه ۱۵۷۳/۵ میلیارد تومان هزینه هدررفت آب ناشـی از تلفات کلی برداشـت گندم بوده و این هزینه ای اسـت که در هر سـال از تولید ملی بصـورت هدررفت نهاده‌ها تضـییع

می‌گردد. همچنین با توجه به قیمت خرید تضمینی گندم به ازای هر کیلوگرم ۱۲۷۰۵ ریال، ارزش اقتصادی گندم تلف شده حدود ۷۶۲ میلیارد تومان در سال که معادل خرید ۱۱۷۲ دستگاه کمباین ۶۵۰ میلیون تومانی غلات است.

با توجه به اهمیت تشخیص میزان تلفات دانه در حین برداشت برای اعمال تنظیمات مورد نیاز در شرایط مختلف در مزارع، هم‌اکنون تمامی کمباین‌های وارداتی جدید مورد استفاده در برداشت گندم به دستگاه نمایشگر تلفات دانه مجهز هستند. هزینه ی نصب سامانه نمایشگر تلفات دانه روی کمباین‌های تولید داخل مانند JD-1165 به طور میانگین ۱۲ میلیون تومان برآورد شده و با صرفه جویی این مبلغ می‌توان ۱۳۱۱۲۶ کمباین را به این دستگاه مجهز نموده و موجب کنترل و کاهش تلفات فرآوری و کلی برداشت گردید.

**جدول ۴- برش استانی تلفات فرآوری و تلفات کلی برداشت گندم**

| استان | تلفات فرآوری (٪) | تلفات کلی (٪) | استان | تلفات فرآوری (٪) | تلفات کلی (٪) |
|---|---|---|---|---|---|
| آذربایجان شرقی | ۲/۹۴* | ۰/۰۴ | سیستان و بلوچستان | ۲/۶۱ | ۲/۰۳ |
| آذربایجان غربی | ۶/۳** | ۰/۳ | فارس | ۳۸/۷۸** | ۱/۲۶ |
| اردبیل | ۱۰/۰۹** | ۰/۲ | قزوین | ۲۷/۹۶** | ۲/۰۸ |
| اصفهان | ۰/۲۷ | ۰/۳۱ | قم | ۷/۸۹** | ۱/۰۸ |
| البرز | ۵/۳۹** | ۰/۴۳ | کردستان | ۲۸/۲۵** | ۸/۱۲** |
| ایلام | ۱۰/۸** | ۴/۶۲** | کرمان | ۱/۶۵ | ۰/۸۳ |
| بوشهر | ۸/۹۷** | ۳/۰۸* | کرمانشاه | ۱۱/۱۳** | ۱/۱۸ |
| تهران | ۷/۶۷** | ۰/۵۱ | کهگیلویه و بویراحمد | ۱۴/۱۸** | ۰/۴ |
| جیرفت | ۰/۵۷ | ۱/۶۹ | گلستان | ۲/۲۳ | ۰/۴۵ |
| چهارمحال و بختیاری | ۱۰/۳۸** | ۰/۷۵ | گیلان | ۲۶/۸۶** | ۱۳/۳۱** |
| خراسان شمالی | ۱/۰۲ | ۰/۰۲ | لرستان | ۴۵/۴۶** | ۳/۰۷* |
| خراسان رضوی | ۳/۹۲** | ۰/۳۳ | مازندران | ۹/۹** | ۰/۲۶ |
| خراسان جنوبی | ۱۲/۶** | ۲/۴۹ | مرکزی | ۱۵/۳۹** | ۲/۸* |
| خوزستان | ۲۱/۲۳** | ۴/۸۶** | هرمزگان | ۰/۶۸ | ۰/۰۸ |
| زنجان | ۱۵/۵۳** | ۶/۳۴** | همدان | ۷/۰۹** | ۰/۵۱ |
| سمنان | ۳۷/۴۵** | ۴/۴۵** | یزد | ۶/۱۹** | ۱/۰۱ |

جدول ۴ برش استانی تلفات فرآوری و تلفات کلی برداشت گندم را نشان می دهد که در آن بر اساس آزمون مربع کای در سطح اطمینان ۹۹٪ ($k^2 > 3.7$)، بیش از ۲۴ استان نیاز به کنترل و کاهش تلفات فرآوری دارد که می‌بایستی با استفاده از فناوری‌های نوین مانند سامانه نمایشگر

تلفات دانه و مجهز نمودن کمباین‌های استان اقدام نموده و مورد بهره‌برداری قرارگیرد. همچنین با اطمینان ۹۹٪ ($2.8< k^2 <3.7$) در ۹ استان کمباین‌ها نیاز به پایش معاینه فنی داشته و تلفات کلی برداشت در آن‌ها بیش از حد مجاز و قابل قبول است. با عنایت به مباحث کوتاه عنوان شده جمع‌بندی‌های کلی زیر قابل ارایه هستند:

- میانگین مجموع تلفات (جمع‌آوری و فرآوری) در قسمت‌های مختلف کمباین ۴/۱۵ درصد و تلفات کلی برداشت گندم ۶/۳۴ درصد در سال‌های زراعی ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۳ برآورد می‌شود.
- میانگین میزان تلفات کلی برداشت گندم در کشور در هر سال زراعی ۵۹۹۴۳۶ تن برآورد می‌گردد.
- میانگین میزان کل هدررفت آب بازای تلفات کلی برداشت گندم در کشور ۱۰۴۹ میلیون متر مکعب در هر سال برآورد شد.
- سالانه ۱۵۷۳/۵ میلیارد تومان هزینه هدررفت آب ناشی از تلفات کلی برداشت گندم بوده است.
- با اطمینان ۹۹٪ همبستگی بین مجموع تلفات کمباینی، تلفات فرآوری و جمع‌آوری به منظور کاهش و کنترل تلفات فرآوری و تلفات کلی برداشت گندم حاصل شد.

**۳- توصیه و پیشنهادهای فنی و اجرائی:**

- سامان‌های با عنوان "پایش مستمر تلفات دانه گندم از مرحله برداشت تا سیلو" توسط موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی تهیه و تدوین گردد تا میزان تلفات دانه از مرحله برداشت- بارگیری- حمل و نقل- انتقال به سیلو ثبت و ضبط شده و ضمن نمایش کارکرد هر کدام از مراحل در دیتابیس اطلاعاتی فرآیند، به طور دایمی نشان دهنده اثربخشی برنامه‌های مرتبط با کاهش تلفات گندم در کشور باشد.
- ارتقاء سطح کیفی سامانه پایش معاینه فنی ناوگان کمباینی کشور و در صورت امکان، اجباری نمودن این روند برای کاهش تلفات و ضایعات برداشت کمباینی گندم.
- تهیه‌ی برچسب مجوز برداشت برای کمباین‌های بومی و مهاجر و الزام رانندگان کمباین به دریافت و الحاق سالانه این برچسب بر روی کمباین (مشابه برچسب معاینه فنی خودرو). تهیه و تدوین اساسنامه و دستورالعمل علمی و فنی این فرآیند را، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی به عنوان یکی از وظایف حاکمیتی خود با همکاری بخش‌های اجرایی مرتبط به عهده می‌گیرد.

- ارائه‌ی مشوق‌هایی مانند تصویب و اعمال ضریب کاهش حق بیمه سالانه برای کمباینهایی که تلفات آن‌ها زیر حد مجاز برآورد می‌شود (دستگاه نظارتی این موضوع می تواند از زیر مجموعه‌های دفتر توسعه مکانیزاسیون باشد).
- بهبود و نظام مندکردن ارزیابی تصادفی و در حین کار کمباین‌ها و هشدار به کمباینداهایی که تلفات دانه در آن‌ها بیش از حد مجاز (۵٪ برای کمباین‌های داخلی و ۳٪ برای کمباین‌های وارداتی) می‌باشد. ممانعت از ورود کمباین‌های مهاجر دارای تلفات بیش از حد مجاز به استان‌ها در فصل برداشت محصول (مجری این امر می‌تواند دفترگندم معاونت محترم امور زراعت باشند، اما دستورالعمل‌های علمی و فنی این فرآیند توسط موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی تدوین می‌گردد).
- با توجه به اینکه حداکثر تلفات کلی برداشت گندم در واحد جمع‌آوری (دماغه کمباین) حاصل می‌شود، پیشنهاد می‌شود پروژهٔ اصلاح و بهینه‌سازی واحد جمع‌آوری کمباین‌های موجود در کشور به این مؤسسه تکلیف گردد.
- تمرکز بیشتر بر آموزش کشاورزان و کارشناسان ناظر برای تشخیص و نظارت بر میزان تلفات دانه در کمباین‌ها (آموزش هرمی این موضوع را موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی به کمک معاونت آموزش و ترویج سازمان‌های جهاد کشاورزی عهده‌دار خواهد شد).
- توسعه و تجهیز کمباین‌های مجاز برداشت و بدون تلفات بدنه به سامانه نمایشگر تلفات دانه به منظور کنترل وکاهش تلفات فرآوری و نهایتا تلفات کلی برداشت ضروری است. بدین ترتیب کمبایندارن، ناظرین برداشت و کشاورزان با مشاهده میزان غیرطبیعی تلفات دانه هنگام برداشت محصول، رانندگان را مطلع نموده و پس از تنظیمات لازم باعث کنترل و کاهش تلفات و ضایعات خواهند بود.
- الزام تولید کنندگان داخلی کمباین به نصب سامانه‌ی نمایشگر تلفات دانه در کمباین‌های تولیدی جدید، هم چنانچه کمباین‌های وارداتی عمدتا به این سامانه مجهز هستند.
- حمایت وزارت محترم جهاد کشاورزی، معاونت محترم امور زراعت و دفتر گندم از تولید کنندگان داخلی کمباین که محصولات تولیدی خود را منضم به سامانه نمایشگر تلفات دانه نمودهاند و با استفاده از فناوری‌های نوین در تولیدات خود در مسیر کاهش تلفات و ضایعات برداشت گندم حرکت می‌نمایند.

## ۴- منابع

باغانی، ج. ۱۳۸۹. اثر بخشی سیستم‌های جدید آبیاری بر منابع آب زیر زمینی، عملکرد و کارائی مصرف آب آبیاری گیاهان زراعی دشت مشهد. گزارش نهایی. شماره ثبت ۸۹/۹۹۰ .

دهقان، الیاس. ۱۳۸۸. بررسی میزان و دلایل تلفات دانه در کمباین‌های برداشت گندم در استان خوزستان. گزارش نهائی. شماره ثبت ۹۴۷/۸۸.

مستوفی سرکاری، م. ر. ۱۳۸۶. ارزیابی مزرعه ای دستگاه نمایشگر افت دانه در شرایط متفاوت برداشت روی کمباین ۹۵۵ JD. گزارش نهایی. شماره ثبت ۸۶/۱۳۰۸ .

مستوفی سرکاری، م. ر. ۱۳۸۸. ارزیابی و مقایسه فنی- اقتصادی عملکرد کمباین‌های جدید گندم با کمباین‌های رایج به منظور اصلاح و بهینه سازی آن‌ها (طرح ملی). گزارش نهایی. شماره ثبت ۴۰۶۶۹.

مستوفی سرکاری، م. ر.، ج. باغانی و ن. محمدی اسدی. اثرات کاهش و کنترل تلفات برداشت کمباینی گندم آبی در کاهش هدررفت آب. گزارش تحلیلی. شماره ثبت ۵۱۲۵۵.

مستوفی سرکاری، م. ر.، ولیعهدی، م. س. و رنجبر، ا. ۱۳۹۳. ارزیابی مزرعه ای تلفات انت‌های کمباین غلات مجهز به دستگاه نمایشگر تلفات دانه در کمباین‌های ۹۵۵ JD- و ۱۱۶۵ JD. نشریه ماشین‌های کشاورزی. دانشگاه فردوسی مشهد. جلد ۴ شماره ۲. صفحات ۳۳۵-۳۴۳.

Mostofi Sarkari, M.R. 2010. Field Evaluation of Grain Loss Monitoring on Combine JD 955. Advances in Environmental Biology. Vol 2, No. 4, PP. 162-167.

Mostofi Sarkari, M.R., Shaker, M. & Mahdinia, A., 2011. Investigation and Technical Comparison of New and Conventional Wheat Combines Performance for Improvement and Modification. CIGR Journal. No. 3, 2011.

# نقش و جایگاه روش‌ها و فناوری‌های نوین در مهندسی کشاورزی

**محمدعلی رستمی**

**عضو هیات علمی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمان، ایران**

## ۱- مقدمه

مکانیزاسیون نوین شامل روش‌های مدیریتی و ماشین‌هایی است که از فناوری‌های جدید استفاده می‌کنند یا ماشین‌های قدیمی که روی آن‌ها تجهیزات و حسگرهای با فناوری نوین به‌کار رفته است. این تجهیزات و روش‌ها، باعث بهبود کیفیت و سرعت انجام فعالیت‌های کشاورزی شده و هم‌زمان با انجام کار اصلی، اطلاعات بسیار با ارزشی از مزرعه برداشت نموده و برای برنامه‌ریزی‌های آتی در اختیار کاربران قرار می‌دهند. استفاده از این ماشین‌ها خطای انسانی را کاهش داده و تنظیمات دائمی را که باید با تغییر شرایط در مزرعه روی ماشین انجام شود حذف نموده و در کاهش زمان انجام کار، کاهش هزینه‌ها، کاهش مصرف نهاده‌ها، افزایش دقت کار و ایمنی نقش بسیار مهمی را بازی می‌کنند. برای نمونه طراحی و ساخت نوعی ماشین کمبینات که سه عمل سم‌پاشی نواری، کود کاری نواری و عملیات مکانیکی مبارزه با علف‌های هرز را با هم انجام می‌دهد، موجب کاهش مصرف علف‌کش تا میزان ۶۷ و کود اوره تا ۱۶درصد شد. استفاده از فناوری‌های نوین در برداشت غلات نیز اثرات چشمگیری در کاهش تلفات داشته است. به‌گونه‌ای که با تعبیه نمایشگر تلفات دانه و حسگرهای مربوطه بر روی کمباین‌های متداول در کشور، موجب کاهش افت دانه به کمتر از ۱ درصد شد. با لحاظ تولید ۱۰ میلیون تن گندم در سال و قیمت خرید هر کیلوگرم گندم ۱۲۷۰تومان در سال ۹۵، صرفه‌جویی ناشی از هر یک درصد کاهش در ریزش گندم در کمباین‌های برداشت غلات، سالانه معادل ۱۲۷ میلیارد تومان می‌باشد. استفاده از سیستم نوین نیوماتیکی به‌جای الک و غربال در کمباین، باعث کاهش میزان فضای موردنیاز غربال‌ها از ۹ مترمربع به ۱/۵ متر مربع شد. همچنین میزان تلفات دانه کلزا که در برداشت سنتی یک مرحل‌های حدود ۱۰ درصد بود، در برداشت دومرحله‌ای به روش نواری به حدود ۴ درصد کاهش یافت. با کاربرد خشک‌کن خورشیدی فعال برای تهیه کشمش، افزایش راندمان جذب انرژی خورشیدی تا ۲ برابر، کاهش زمان خشک شدن محصول تا ۵۰ درصد زمان هوای آزاد، یکنواخت بودن رنگ محصول تا ۷۰ درصد، کاهش ضایعات محصول تا ۶۰ درصد، افزایش کارایی اقتصادی تا ۲/۲ برابر روش سنتی

گزارش شـده اسـت. با توجه به نتایج بررسـی‌ها و یافته‌های پژوهشـی متعدد در خصـوص کاربرد فنـاوری‌هـای نوین در دهـه‌های اخیر، این نکته به اثبات رسـیده اسـت که به‌کارگیری روش‌ها و فناوری‌های نوین در ماشین‌های کشاورزی الزامی است.

نتایج مطالعات انجام شـده نشـان می‌دهد درصـورتی‌که مکانیزاسـیون کشـاورزی در کشور ما از فناوری‌های نوین بهره‌مند نشـود کماکان شـاهد مصـرف بالای نهاده‌ها شامل؛ بذر، کود و سم بوده و آسـیب‌های ناشـی از کارآیی نامناسـب ماشـین‌های قدیمی بر منابع خاک، آب و محیط‌زیست را به نظاره خواهیم نشست. در این راستا موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی برنامه جامعی برای ارزیابی وضعیت کنونی، الحاق فناوری‌های نوین به ماشین‌های موجود، طراحی و ساخت ماشین‌های موردنیاز و بهینه‌سازی ماشین‌های رایج، تدوین و اجرا نموده است. برای بهره‌برداری مطلوب از نتایج به‌دسـت‌آمده لازم اسـت بسـته‌های فنی پیشـنهادی به‌طور کامل وارد عرصـه شـده و همچنین سیاست‌گذاری‌های مهم دیگری ازجمله واردات فناوری‌های مورد نیاز با نتایج پژوهش‌های انجام‌شده هماهنگ باشد که این موضوع مهم تاکنون عملی نشده است.

## ۲- راهبردهای کشاورزی دقیق

پژوهش‌هایی در راستای شناسایی، بومی‌سازی و عمومی‌سازی کشاورزی دقیق انجام شده است. اما لازم اسـت تا سیاست‌گذاری پژوهشی، تولیدی و واردات فناوری‌های نوین، متمرکزشده و توسعه این فناوری‌ها، بر اسـاس نقشـه راه و به‌صـورت متوازن انجام شود. در غیر این صورت تنوع بی‌شمار انواع حسـگرها، سـخت‌افزارها و نرم‌افزارهای موجود در بازارهای بین‌المللی، توسـعه کشـور در این زمینـه را دچـار آشـفتگی خواهـد نمود. بـه‌گونه‌ای که قابلیت پشـتیبانی، آینده‌نگری و پژوهش سازمان‌یافته را از مراکز تصمیم‌گیر سلب نموده و تصمیمات را بی‌اثر خواهد ساخت. خلاصه برخی از مهم‌ترین دسـتاوردهای پژوهشـی در زمینه کشـاورزی دقیق (سـامانه موقعیت‌یابی جهانی (GPS)، سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)، سنجش‌ازدور (RS) و فناوری نرخ متغیر[۱])، فناوری‌های مبتنی بر اصـول اپتیکی و آکوسـتیکی[۲] برای انجام آزمون‌های غیر مخرب و نانو فناوری طی ده سـال اخیر و راهبردهای پیشـنهادی در جدول ۱ آمده اسـت. آنچه در جدول ۱ ارائه شـده، راهبردهای کلی در خصـوص کاربرد فناوری‌های نوین در کشـاورزی هسـتند. در ادامه فناوری‌های نوین قابل کاربرد و راهبردهای مربوطه، به تفکیک مراحل مختلف مکانیزاسـیون کشـاورزی یعنی خاک‌ورزی و کاشـت، داشت و برداشت با تفصیل بیشتری ارائه می‌گردد.

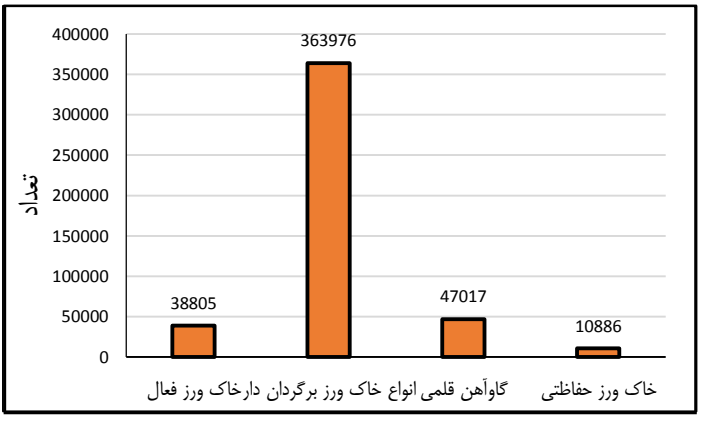
---

۱. Variable Rate Technology

۲. Optical and Acoustic Technologies

## ۳- فناوری‌های نوین و راهبردهای پیشنهادی در ماشین‌های خاک‌ورزی و کاشت

کشاورزی در مناطق خشک با کشاورزی در مناطق نیمه مرطوب و مرطوب کاملاً متفاوت است. این تفاوت از روش خاک‌ورزی، نوع ادوات و عمق خاک‌ورزی آغازشده و سپس ماشین‌های کاشت، عمق کاشت بذر، نوع بذر، آرایش کاشت و شیوه آبیاری را نیز شامل می‌گردد. در کشور ما سالیانی است که خاک‌ورزی حفاظتی و متناسب با آن ماشین‌های خاک‌ورزی و کاشت وارد کشور شده و سپس تولید یا مونتاژ شده‌اند. اما این ماشین‌ها عمدتاً از کشورهایی وارد شده‌اند که شرایطی متفاوت با کشور ما دارند. ماشینهایی مانند کمبینات، روتوتیلر و سیکلوتیلر (خاک‌ورزهای فعال) نیز که در دورهای وارد کشور شده و ترویج شده‌اند تناسبی با خاک فقیر، خشک و شرایط بارش کشور ندارند. آمارها نشان می‌دهند که تعداد خاک‌ورزهای برگردان‌دار و فعال موجود در کشور که برای خاک‌ورزی در شرایط خاک کشور ما مفید نیستند ۷ برابر خاک ورزهای حفاظتی و گاوآهن‌های قلمی هستند که برای خاک‌ورزی در شرایط خشک و نیمه‌خشک مفید تشخیص داده‌شده‌اند (شکل ۱).




**شکل ۱- آمار انواع خاک ورز موجود در کشور در سال ۱۳۹۳ (عباد زاده و همکاران، ۱۳۹۳)**

**جدول ۱- خلاصــه مهم‌ترین نتایج به‌دست‌آمده و راهبرد پیشنهادی درزمینه کشاورزی دقیق و فناوری‌های نوین**

| یافته پژوهشی | راهبرد پیشنهادی | منبع |
|---|---|---|
| دستیابی به دانش فنی ساخت و به‌کارگیری حسگرهای بلادرنگ اندازه‌گیری مقاومت مکانیکی و رطوبت خاک، تعیین زمان آبیاری و پاشش بلادرنگ ازت مایع و تأثیر مثبت تهیه نقشه رطوبت و مقاومت مکانیکی خاک در مدیریت مزرعه | عمومی‌سازی استفاده از حسگرهای برداشت اطلاعات در ماشین‌های کشاورزی. تهیه و به‌کارگیری نقشه اطلاعاتی در زمینه‌های مختلف و استفاده از آن‌ها در مدیریت مزارع و باغات | شریفی و همکاران، ۱۳۸۹ و ۱۳۹۲؛ شریفی و جمشیدی؛ Naderi Boldaji et al., 2011؛ Sharifi et al., 2011 |
| دستیابی به دانش فنی سم‌پاش‌ها (با خطای کمتر از ۸۵/۰ لیتر در هکتار) و کودپاش‌های نرخ متغیر و اثبات تأثیر مثبت به‌کارگیری آن‌ها بر کاهش مصرف نهاده‌ها و به‌تبع آن کاهش هزینه و حفظ محیط زیست | بومی‌سازی ماشین‌های اعمال نهاده‌ها با نرخ متغیر و عمومی‌سازی آن‌ها، به‌کارگیری سامانه‌های مکان‌یابی دقیق مانند RTK در تراکتورها، کمباین‌های مجهز به پایشگر عملکرد و سامانه‌های نرخ متغیر | صداقت و یونسی، ۱۳۹۱؛ جوادی و همکاران، ۱۳۸۸ |
| دانش فنی سامانه پایشگر و پهنه‌بندی عملکرد غلات (گندم و ذرت دان‌های) کسب شده و اثرات مثبت استفاده از آن بر کاهش تلفات برداشت و مدیریت موضعی توزیع نهاده‌ها به اثبات رسید | پهنه‌بندی عملکرد مزارع به‌منظور اعمال مدیریت موضعی کود، سم، بذر و خصوصیات خاک مزارع ازجمله، بافت، شوری، پوشش، مواد آلی خاک، پراکنش و ضریب حوادث کشاورزی و ضرایب مکانیزاسیون | مستوفی و همکاران، ۱۳۹۱؛ Kaffashan, 2013 |
| دانش فنی ساخت و به‌کارگیری سامانه غیر مخرب آکوستیکی، اسپکتروسکوپی و پردازش تصاویر برای تعیین باقی‌مانده سم در محصولات و تشخیص میزان آلودگی بذور کسب گردید و کارایی آن‌ها تائید شد | تولید و بومی‌سازی روش‌های نوین اپتیکی، آکوستیکی و پردازش تصاویر برای کیفیت‌سنجی و تشخیص سلامت محصولات کشاورزی، دام و طیور، آلاینده‌های آب‌وخاک، گیاهان دارویی، غذای دام و نهاده‌های کشاورزی | بیاتی و همکاران، ۱۳۹۲؛ Jamshidi etal., 2015؛ Huke etal., 2013 |

استفاده از این ادوات فعال و برگردان‌دار به همراه سوزاندن بقایای گیاهی، معمولاً به علت رطوبت کم خاک، باعث پودر شدن خاک و افزایش شدت فرسایش بادی شده و افزایش غبار محلی در هوای شهرهای مجاور این اراضی را به همراه دارد (موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، ۱۳۹۴).

برای کاهش اثرات مخرب خاک‌ورزی مرسوم به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک انجام خاک‌ورزی حفاظتی پیشنهاد می‌شود. با اعمال خاک‌ورزی حفاظتی ریسک فرسایش خاک، متناسب با درصد پوشش سطح خاک، ۳۰ تا ۹۴ درصد، پتانسیل تبخیر تا ۴۲ درصد، مصرف سوخت به میزان ۴۵ لیتر در هکتار، مصرف آب ۱۳۷۵ مترمکعب در هکتار، مصرف بذر ۵۵ کیلوگرم در هکتار، تردد ۲ تا ۴ بار و زمان خاک‌ورزی ۱۸۵ دقیقه در هکتار کاهش می‌یابد (شریفی و همکاران، ۱۳۹۴).

یکی از مهم‌ترین راهبردها برای بهبود شرایط خاک‌ورزی و کاشت بذر استفاده از روش کاشت مستقیم بذر می‌باشد. برای پاسخگویی به این نیاز، ماشین کاشت مستقیم غلات برای سیستم بی‌خاک‌ورزی، مجهز به شیار بازکن فعال طراحی و ساخته شد (کی و کجا) که می‌تواند در کشت بدون خاک‌ورزی غلات به‌عنوان روشی جدید در ایران معرفی شود. این ماشین می‌تواند موجب کاهش به هم خوردگی خاک (کمتر از ۱۰ درصد)، قرار دادن بذر در عمق ۲ سانتیمتر، پوشش بذر با خاک تا ۹۷ درصد، کاهش تردد در مزرعه تا ۴ بار، کاهش مصرف انرژی و خرید وقت شود. انتخاب ماشین مناسب برای کشت گندم دیم از بین ماشین‌های موجود در کشور مقدار صدمه‌دیدگی بذر را ۱/۳ درصد و فاصله میانگین عمق واقعی با عمق تنظیمی را به ۲ سانتی‌متر کاهش داده و فاصله ردیف واقعی را بر فاصله ردیف تنظیمی منطبق می‌سازد. با انتخاب صحیح و بهبود شرایط کشت بذر، عملکرد تا ۲۰ درصد افزایش می‌یابد. خلاصه نتایج مهم‌ترین پژوهش‌های انجام‌شده و راهبرد پیشنهادی در زمینه ماشین‌های خاک‌ورزی و کاشت در جدول (۲) ارائه شده است.

**راهبرد کشت مستقیم بذر باید به صورت سازمان یافته مدیریت گردد زیرا در صورتی که تولید و واردات ماشین‌ها بدون هیچ برنامه از قبل تعیین شده‌ای صورت گیرد تنوع بیش‌از حد ماشین‌های تولیدی و وارداتی باعث سردرگمی کشاورزان، اتلاف منابع، ضعف خدمات پس از فروش و کاهش اثرات مفید استفاده از آن خواهد شد.**

**جدول ۲- خلاصه مهم‌ترین نتایج به‌دست‌آمده و راهبرد پیشنهادی در زمینه ماشین‌های خاک‌ورزی و کاشت**

| یافته پژوهشی | راهبرد پیشنهادی | منبع |
|---|---|---|
| استفاده از خاک ورزهای فعال در مناطق خشک و نیمه‌خشک باعث تخریب ساختمان خاک شده و اجرای صحیح خاک‌ورزی حفاظتی موجب کاهش مصرف سوخت، بذر، کود، حفظ آب، کاهش فرسایش، کاهش تردد ماشین و خرید زمان می‌شود | معرفی بسته کامل فناوری خاک‌ورزی حفاظتی در قطب‌های مهم کشاورزی و حذف به‌کارگیری گاوآهن‌های دوار، کمبینات، روتوتیلر و سیکلوتیلر در مناطق خشک و نیمه‌خشک بر اساس برنامه زمان‌بندی | افضلی‌نیا، ۱۳۹۴؛ Younesi Alamouti and Mohammadi. 2015 |
| خاک‌ورزی مخزنی باعث کنترل رواناب می‌شود (تا ۲۷ درصد رواناب کنترل شد) | تولید و عمومی‌سازی خاک ورز مخزنی | رستمی و همکاران، ۱۳۹۳ |
| سوزاندن بقایای گیاهی باعث فقر خاک ازنظر مواد آلی و آلودگی هوا شده و معایب دیگری نیز دارد (ماده آلی خاک هم‌اکنون حدود ۰/۵ درصد) | پایش سوزاندن بقایا با فناوری RS، تعیین جایزه برای خاک‌ورزی حفاظتی و جریمه برای سوزاندن بقایا | تاکی و همکاران، ۱۳۸۸ |
| دستیابی به دانش فنی ساخت و بهینه‌سازی ماشین‌های کشت مستقیم و شیار بازکن‌ها که موجب کاهش به هم خوردگی خاک (کمتر از ۱۰ درصد)، حفظ رطوبت خاک، کاهش تردد در مزرعه (تا ۴ بار)، کاهش مصرف انرژی و خرید وقت گردید | تعیین مناسب‌ترین ماشین‌های کشت مستقیم و ماشین‌های مرکب برای قطب‌های کشاورزی کشور، جلوگیری از ایجاد تنوع زیاد و استفاده از الگوهای جدید شیار بازکن و بومی‌سازی آن‌ها | تاکی، ۱۳۹۲؛ جوادی، ۱۳۸۸؛ صلح‌جو و همکاران، ۱۳۹۵ |
| دستیابی به دانش فنی ساخت و بهینه‌سازی دیم کارهای غلات و معرفی مناسب‌ترین خطی کار غلات برای شرایط دیم و کم‌آبی (۲۰ درصد افزایش عملکرد) | طراحی، ساخت، بهینه‌سازی یا واردات ماشین‌های نوین کشت دیم و کشت بذر در مناطق خشک و نیمه‌خشک و خاک و آب‌های نامتعارف | حبیبی اصل و لویمی، ۱۳۹۵ |
| دستیابی به دانش فنی ساخت و بهینه‌سازی ماشین‌های کاشت بذر درون بقایای گیاهی | استفاده از فناوری‌های نوین برای کاشت بذر درون بقایای گیاهی به‌منظور افزایش درصد جوانه‌زنی بذر در کشاورزی حفاظتی و افزایش پتانسیل رشد بذر | افضلی نیا، ۱۳۸۸ |
| مناسب‌ترین ماشین‌های کاشت گندم و کلزا (بهبود جوانه زنی بذر تا ۸۳ درصد ) به‌منظور کشت بذر با تراکم و آرایش متفاوت تعیین شد | تعیین بهترین آرایش کاشت محصولات در شرایط خشک و نیمه‌خشک به‌منظور افزایش راندمان و حفظ آب در خاک با فناوری‌های جدید مانند GIS وRS | تقی نژاد و فاضل نیازی، ۱۳۹۳؛ ایوانی و شیرانی راد، ۱۳۹۰ |

## ۴- فناوری‌های نوین و راهبردهای پیشنهادی در ماشین‌های داشت

دستگاه‌های سم‌پاش نقش اساسی در عملیات داشت دارند. بنابراین در این بخش، به‌منظور رعایت اختصار فقط به بررسی فناوری نوین در سم‌پاش‌ها بسنده می‌شود. اهم چالش‌ها و نقاط ضعف موجود در سم‌پاش‌ها در کشور عبارت‌اند از: قدیمی، مستهلک بودن و پایین بودن کیفیت تولید سم‌پاش‌ها، متنوع نبودن افشانک‌های موجود و به‌کارگیری افشانک‌های قدیمی و ناهماهنگی با پیشرفت‌های جهانی، عدم وجود هم زن در اکثر سم‌پاش‌ها، موجود نبودن سم‌پاش مناسب برای سم‌پاشی درختان مرتفع مانند خرما، سم‌پاشی سراسری مزارع و باغات بدون توجه به روش‌های جدید مانند مدیریت موضعی اعمال نهاده‌ها و نرخ متغیر برای کاهش مصرف سم و هوشمند نبودن سم‌پاش‌های مورداستفاده در کشور (بی‌نام، ۱۳۹۴).

استفاده از سم‌پاش‌های با فناوری نوین برای بهبود شرایط سم‌پاشی الزامی است. در یک تحقیق که روی سم‌پاش‌های با فناوری نوین، از جمله میکرونر و الکترواستاتیک انجام شده است، یکنواختی قطرات در روی برگ‌ها در سم‌پاش‌های الکترواستاتیکی و میکرونر با ۳۰ قطره در سانتی‌متر مربع بهتر از نوع سم‌پاش لانس‌دار با ۱۰ قطره تشخیص داده شد. از نظر کنترل آفت، سم‌پاش میکرونر با ۷۵ و الکترواستاتیک با ۶۸ درصد، بالاترین درصد کنترل آفت و سم‌پاش پشت تراکتوری لانس‌دار که استفاده از آن در کشور رایج است، با ۱۸ درصد، پایین‌ترین کنترل را به ثبت رساند. ازنظر اقتصادی نسبت سود به هزینه در سم‌پاش‌های میکرونر، الکترواستاتیک و لانس دار به ترتیب ۳۱۵، ۲۰۰ و ۱۱۲ بود که بدین‌صورت سم‌پاش میکرونر ازنظر فنی و اقتصادی بر دیگر سم‌پاش‌ها برتری داشت. خلاصه مهم‌ترین نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش‌های انجام‌شده در زمینه سم‌پاش‌ها و راهبرد پیشنهادی در جدول ۳ آمده است.

**جدول ۳- خلاصه مهم‌ترین نتایج به‌دست‌آمده و راهبرد پیشنهادی در زمینه سم‌پاش‌ها**

| یافته پژوهشی | راهبردها | منابع |
|---|---|---|
| سم‌پاشی نواری و موضعی ضمن تأثیر کامل بر آفت باعث کاهش مصرف سم تا ۵۰ درصد گردید | تغییر رویکرد سراسر پاشی سموم به مبارزه موضعی یا نواری | به آئین و شاکر، ۱۳۹۵؛ به آئین و همکاران، ۱۳۸۷؛ بختیاری، ۱۳۸۵ |
| اثر معنی‌دار سم‌پاشی با نرخ و یا غلظت متغیر بر کاهش مصرف سم به اثبات رسید و دانش فنی ساخت سم‌پاش غلظت متغیر به دست آمد (خطا کمتر از ۰/۸۵ لیتر در هکتار) | تغییر فناوری سم‌پاشی پیوسته و با نرخ ثابت با فناوری سم‌پاش با نرخ متغیر و غلظت متغیر | صداقت و یونسی، ۱۳۹۱ |
| دانش فنی ساخت افشانک کامپوزیت آلومینا، ایتریم و زیرکونیا کسب گردید و کاهش مصرف سم به علت کاهش ۳۰ تا ۳۵ درصدی تغییر در دبی بعد از ۵۰ ساعت آزمون، حفظ کیفیت پاشش، کاهش هزینه‌ها تائید شد | تغییر مواد و تولید افشانک‌های با سایش کم مانند انواع افشانک کامپوزیت آلومینا، ایتریم و زیرکونیا به‌عنوان جایگزین مناسب برای افشانک‌های سرامیکی مرسوم | امیرشقاقی و همکاران، ۱۳۹۲؛ کرمی نژاد |
| استفاده از سم‌پاش‌های اتومایزر بوم دار یا بوم دار با کمک هوا و روش‌های نوین (الکتروستاتیکی، میکرونر) باعث کاهش مصرف سم، باد بردگی و کاهش هزینه شد | ارتقای فناوری سم‌پاش‌ها به سمت استفاده از سم‌پاش‌های الکترواستاتیک، میکرونر و مجهز به دمنده به‌جای سم‌پاش‌های لانس دار رایج | به آئین و رحیمی، ۱۳۹۳؛ امیرشقاقی و صفری، ۱۳۸۷ |
| سم‌پاشی دقیق با نرخ متغیر، به کمک نقشه با استفاده از سامانه‌های مکان‌یابی دقیق مانند DGPS انجام شده و اثرات مفید آن بر کاهش مصرف سم به اثبات رسید | استفاده از فناوری نوین سم‌پاشی نقشه مبنا یا حسگر مبنا با استفاده از سامانه مکان‌یابی دقیق‌تر مانند DGPS و TDK | جوادی و همکاران، ۱۳۹۰ |

## ۵- فناوری‌های نوین و راهبردهای پیشنهادی در ماشین‌های برداشت

در شرایط کنونی ضایعات و تلفات محصولات کشاورزی در حین برداشت، انتقال و نگهداری یکی از معضلات اصلی بخش کشاورزی می‌باشد. بر اساس تخمین وزارت جهاد کشاورزی در سال ۱۳۸۵ از ۸۵ میلیون تن محصول کشاورزی تولیدشده، ۱۵ میلیون تن آن از دست می‌رود. ضایعات محصولات کشاورزی تا ۳۵ درصد گزارش می‌شود. مقدار قابل‌توجهی از این ضایعات مربوط به برداشت است. خسارت اولیه ناشی از یک درصد ریزش گندم در کمباین‌های برداشت غلات، در سال زراعی ۱۳۹۵ با تولید ۱۰ میلیون تن و قیمت خرید هر کیلوگرم گندم ۱۲۷۰ تومان معادل ۱۲۷

میلیـارد تومان و به ازای ده درصـــد ریزش گندم، معادل ۱۲۷۰ میلیارد تومان می‌باشـــد. با الحاق فناوری‌های نوین به ماشین‌های برداشت می‌توان تلفات برداشت را به میزان چشمگیری کاهش داد.

اثر مثبت اسـتفاده از روش‌ها و فناوری‌های نوین؛ ازجمله استفاده از دستگاه نمایشگر تلفات دانه و روش دومرحله‌ای برداشـت به اثبات رسـیده اسـت، به‌گونه‌ای که با اسـتفاده از دسـتگاه نمایشگر تلفات دانه، افت انت‌های کمباین در حد استاندارد و حدود ۱ درصد تعیین شد. میزان تلفات دانه در برداشـت یک مرحله‌ای کلزا، حدود ۱۰ درصـد و در برداشـت دومرحله‌ای با روش نواری حدود ۴ درصـد بود. این نتیجه برای برداشت دومرحله‌ای سویا نیز به دست آمد به‌گونه‌ای که تلفات برداشت دو مرحله‌ای به میزان ۸ درصـد نسـبت به برداشت یک مرحل‌های کاهش داشت. استفاده از دماغه هیدرولیکی نیز بیش از ۱ درصـــد تلفات واحد برش را در برداشـــت کلزا کاهش داد. مهم‌ترین نتایج برخی پژوهش‌ها در زمینه ماشین‌های برداشت و راهبردهای پیشنهادی در جدول ۴ آمده است.

**جدول ۴- خلاصه مهم‌ترین نتایج به‌دست‌آمده و راهبرد پیشنهادی در زمینه ماشین‌های برداشت**

| یافته پژوهشی | راهبرد پیشنهادی | منبع |
|---|---|---|
| کمباین مجهز به فناوری جدید کمترین تلفات دانه را داشت | الحاق فناوری نوین به کمباین‌ها به‌منظور کاهش تلفات برداشت | مستوفی، ۱۳۸۹ |
| جایگزینی الک و غربال مکانیکی با فناوری نوین نیوماتیکی در کمباین بسیار موفق بود | جایگزینی بوجاری مکانیکی با نیوماتیکی در کمباین | قهرمانیان، ۱۳۹۰ |
| برداشت دومرحل‌های کلزا و سویا تلفات را ۶ تا ۸ درصد کاهش داد | خلق فناوری برداشت دومرحل‌های و عمومی‌سازی آن | فاضل نیازی، ۱۳۸۶ |
| جایگزینی دماغه مکانیکی با دماغه هیدرولیکی تلفات کلزا را به‌صورت معنی‌داری کاهش داد | نوسازی دماغه برداشت کمباین‌ها با فناوری‌های جدید دماغه هیدرولیکی | افضلی، ۱۳۸۷؛ تقی نژاد، ۱۳۸۹ |
| اثر معنی‌دار پایشگر و نمایشگر تلفات دانه که میزان تلفات برداشت را به‌صورت پیوسته پایش نموده و به راننده نشان می‌دهند در کمباین، روی کاهش تلفات برداشت به اثبات رسید | بومی‌سازی و الحاق پایشگرها و نمایشگرهای تلفات به انواع ماشین‌های برداشت محصولاتی که به ریزش حساس بوده و یا شاخ و برگ گیاه هم‌زمان خشک نمی‌شوند مانند کلزا و سویا | مستوفی، ۱۳۹۲؛ مستوفی، ۱۳۸۹ |
| به‌کارگیری سامانه اندازه‌گیری و پایش عملکرد با موفقیت همراه بود | الحاق سامانه پایش عملکرد به انواع ماشین‌های برداشت | نظر زاده، ۱۳۹۳ |
| برداشت مکانیزه پرتقال تامسون ناول به کمک اتفون افزایش ۲۰ درصدی برداشت را به همراه داشت | عمومی‌سازی استفاده از شاخه تکان و مواد شیمیایی مناسب (در صورت نیاز ) در برداشت میوه‌ها و محصولات زراعی (کلزا و ...) | مستوفی، ۱۳۸۹ |

استفاده از فناوری‌های نوین به‌منظور اعمال تنظیمات بلادرنگ در کمباین‌ها، به‌جای انجام این کار توسط راننده گسترش زیادی یافته است. درکشور ما نیز ماشین‌های برداشت به‌ویژه کمباین باید به فناوری‌های نوین به‌منظور اعمال تغییرات بلادرنگ در پارامترهای عملکردی ماشین مجهز شوند.

چگونه یک راننده می‌تواند تنظیمات ماشین برداشت را از یک مزرعه به مزرعه دیگر تغییر دهد. در این زمینه باید فناوری‌های نوین را به خدمت گرفت. فناوری‌هایی که حرکت کلیه اجزای ماشین برداشت را متناسب با شرایط مزرعه باهم هماهنگ می‌کند

## ۶- نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج بررسی‌ها و یافته‌های پژوهشی متعدد در خصوص کاربرد فناوری‌های نوین در دهه‌های اخیر، این نکته به اثبات رسیده است که به‌کارگیری روش‌ها و فناوری‌های نوین در ماشین‌های کشاورزی الزامی است. استفاده از فناوری‌های نوین اثرات فنی، اقتصادی و زیست محیطی متعددی را به دنبال دارد که اهم برخی از آن‌ها به شرح زیر است:

- حذف تنظیمات دستی ماشین
- کاهش زمان انجام کار
- کاهش هزینه‌ها
- افزایش دقت کار
- کاهش به هم خوردگی خاک و حفظ رطوبت
- کاهش مصرف انرژی
- حفظ محیط‌زیست و افزایش ایمنی کاربر و ماشین
- افزایش راندمان مزرع‌های ماشین‌ها
- کاهش مصرف نهاده‌ها (کود، سم، بذر، آب و...)
- کاهش تلفات محصول

برخی از مهمترین فناوری‌های نوین که می‌تواند در کشور گسترش یابند عبارتند از پایشگر و نمایشگر تلفات دانه و حس‌گرهای مربوطه، سیستم نیوماتیکی بوجاری، حسگرهای بلادرنگ، سامانه GIS، فناوری RS، ماشین‌های کشت مستقیم و شیار بازکن‌های فعال، افشانک‌های با فناوری جدید، سم‌پاش‌های الکتروستاتیکی و میکرونر، سامانه پایشگر و پهنه‌بندی عملکرد، سامانه غیر مخرب آکوستیکی و اسپکتروسکوپی.

علاوه بر این روش‌ها و فناوری‌های برداشت دومرحل‌های برخی محصولات حساس، خاک‌ورزی مخزنی، سم‌پاشی نواری، سم‌پاشی و کودپاشی با نرخ و یا غلظت متغیر، به کمک نقشه ازجمله مهم‌ترین روش‌های نوینی هستند که در پژوهش‌های انجام‌شده کار آیی و لزوم استفاده از آن‌ها در مهندسی کشاورزی به اثبات رسید.

## ۷- منابع

رستمی، محمدعلی. ۱۳۹۶. گزارش تحلیلی نقش و جایگاه روش‌ها و فناوری‌های نوین در مهندسی کشاورزی. انتشارات موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی.

شریفی، احمد و همکاران. ۱۳۹۴. نقش تحقیقات ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون در امنیت غذایی. انتشارات موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی.

مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، ۱۳۹۴. دهه دوم تلاش مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. انتشارات مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، ۴۰۰ صفحه.

Huke, P., Klattenhoff, R., von Kopylow, C. and Bergmann, R. B. 2013. Novel trends in optical non-destructive testing methods. J. Europ. Opt. Soc. Rap. Public. 8, 13043.

Jamshidi, B., Mohajerani, E., Jamshidi, J., Minaei, S., and Sharifi, A. 2015. Non-destructive detection of pesticide residues in cucumber using visible/near-infrared spectroscopy. Food Additives and Contaminants - Part A Chemistry, Analysis, Control, Exposure and Risk Assessment. Doi: 10.1080/19440049.2015.1031192.

Naderi-Boldaji, M., Sharifi, A., Jamshidi, B., Younesi-Alamouti, M. and Minaei, S. 2011. A dielectric-based combined horizontal sensor for on-the-go measurement of soil water content and mechanical resistance. Sensors and Actuators A: Physical. 171, 131-137.

Sharifi, A., Mohsenimanesh, A. and Jamshidi, B. 2011. A modified arrangement of multi-prismatic tips on a horizontal sensor for on-the-go measurement of soil mechanical resistance. International Journal of Food, Agriculture and Environment. 9 (3&4), 775-778.

Younesi Alamouti, M. and P. Mohammadi. 2015. Residue and Tillage Effects on Crop Yield Components: Field Evaluation of Common Tillage Practices in Rainfed Wheat Planting, CIGR journal Vol. 17 No 2, pp, 45-56.

# تحلیل مصرف انرژی در بخش کشاورزی

**عادل واحدی**

**استادیار موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران**

## ۱- مقدمه

نظر به این که بخش کشاورزی با محدودیت منابع تولید مواجه می باشد، باید تعادل بین جریان برداشت از منابع تولید و میزان تولید محصولات کشاورزی ایجاد شود و استفاده از منابع تولید باید به گونه‌ای باشد که امنیت غذایی نسل آینده تهدید نشود و کشاورزی پایدار تحقق یابد. مزایای تحلیل انرژی، فراهم آوردن مبنایی برای مدیریت منابع محدود تولید، تعیین انرژی مصرف‌شده فرآیندهای تولید، شناخت مراحلی که کمترین انرژی نهاده را نیاز دارند، تحلیل سیستم‌های کشاورزی کارا و ناکارا و بررسی اثرات زیست محیطی سیستم‌های کشاورزی می‌باشد. بررسی منابع انجام شده از منابع کتابخانه ای، میدانی، مصاحبه با کارشناسان خبره و کشاورزان پیشرو در موضوع انرژی نشان می‌دهد که مطالعات انجام شده در کشور به منظور بررسی سیر مصرف انرژی و اثرات زیست محیطی سیستم‌های تولیدی کشاورزی محدود و پراکنده بوده و از جامعیت لازم برخوردار نیست. یافته‌ها بیانگر این مطلب هستند که سرانه مصرف نهایی انرژی در ایران ۱/۹۱ تن معادل نفت خام بازاء هر نفر است در حالیکه این شاخص در ترکیه ۱/۰۷ و متوسط جهانی آن ۱/۱۶ تن معادل نفت خام بازاء هر نفر است. همچنین شاخص شدت مصرف نهایی انرژی کشور طی سال‌های ۱۳۹۲-۱۳۸۴ روند افزایشی داشته است و از ۰/۵ بشکه معادل نفت خام بازاء یک میلیون ریال تولید ناخالص داخلی در سال ۱۳۸۴ به ۰/۵۶ بشکه معادل نفت خام بازاء یک میلیون ریال تولید ناخالص داخلی در سال ۱۳۹۲ افزایش یافته است. همچنین نتایج بیانگر این موضوع است که شاخص بهره‌وری انرژی کشور در بخش‌های مختلف و بویژه در بخش کشاورزی طی سال‌های ۱۳۹۲-۱۳۸۴ روند نزولی داشته بعبارتی بازاء یک بشکه معادل نفت خام انرژی مصرفی، تولید ناخالص داخلی از ۲۰۰۰/۸ هزار ریال در سال ۱۳۸۴ به ۱۷۸۸/۲ هزار ریال در سال ۱۳۹۲ کاهش یافته است.

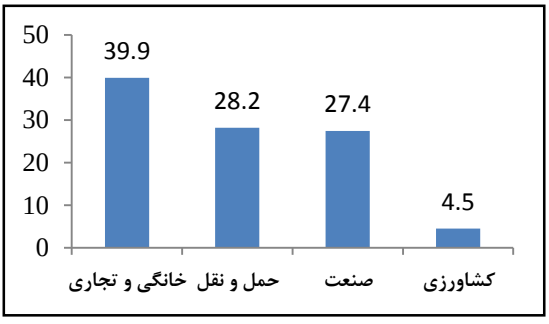
در کشورهای جهان سوم بعلت جوان بودن جمعیت، پتانسیل بیشتری برای رشد جمعیت در طی سال‌های آینده وجود داشته و ورود این نسل‌های جدید به بازار اقتصاد کشورهای در حال توسعه موجب افزایش تقاضای انرژی می گردد. با افزایش جمعیت جهان، ضمن نیاز به ایجاد امنیت غذایی در سطح جهانی، لازم است همزمان توجه کافی به حفظ تنوع زیستی و محیط زیست گردد. افزایش

بهره‌وری نهـاده‌هـای تولیـد (انرژی‌هـای ورودی) و کـاهش اثرات زیســت محیطی هـدف نهایی سـامانه‌های کشـاورزی پایدار می باشـد. با توجه به ماهیت فعالیت‌های مختلف و نوع مصـرف انواع نهاده‌های انرژی در بخش کشـاورزی، گرم کردن فضـای گلخانه‌ها و مرغداری‌ها، سوخت ماشین‌ها و تجهیزات، کودهای شـیمیایی، نیرو محرکه الکتروپمپ‌ها جهت پمپاژ آب از چاه‌های برقی و جیره غذایی دام و طیور و آبزیان از مهم‌ترین بخش‌های مصارف انرژی در کشاورزی محسوب می‌شوند.

با در نظر گرفتن بحران انرژی و انتشـار گازهای گلخانه‌ای ناشـی از مصـرف بی‌رویه سوخت‌های فسـیلی و سـایر آلاینده‌های زیسـت محیطی ناشـی از مصـرف بی رویه کودهای شـیمیایی به ویژه کودهای نیتروژنه، تمام تلاش ها بر آن اسـت که مصـرف این سوخت‌ها و کودهای پایان پذیر،گران و آلوده کننده محیط زیسـت تا حد امکان کاهش یابد. اسـتفاده از سـوخت‌های فسـیلی و مصـرف بی رویه کودها و سـموم شـیمیایی اثرات زیسـت محیطی مخربی مانند گرمایش جهانی، اسیدی شدن، اوتریفیکاسـیون خشـکی، تخلیه لایه ازن و اکسـیداسـیون فتوشـیمیایی و تخلیه منابعی همچون سـوخت‌های فسـیلی، فسـفات، پتاس و آب را موجب شده است. اکثر کشورهای پیشرفته و در حال توسـعه، انرژی وارد شـده در واحد سـطح برای تولید محصـولات مختلف کشـاورزی را بررسـی و با محاسـبه شـاخص‌های انرژی سـعی کردهاند نظام‌های تولید کشـاورزی خود را از نظر مصرف انرژی بهینه کنند.

اگر چه افزایش سـطح مکانیزاسـیون در سامانه‌های رایج کشاورزی موجب افزایش تولید گردیده اما مصـرف انرژی در بخش کشـاورزی به طور روز افزون افزایش و کارآیی انرژی مصـرفی کاهش یافته‌است (رحیمی‌زاده و همکاران، ۱۳۸۶).

همانطور که در شکل ۱ ملاحظه می‌شود بیشترین سهم مصرف انرژی کل کشور به بخش خانگی و تجاری با ۳۹/۹٪ تعلق دارد و این در حالی اسـت که در کشورهای توسعه یافته این بخش به مراتب سـهم کمتری را نسـبت به بخش صـنعت به خود اختصاص می‌دهد. سهم بخش کشاورزی از مصرف نهایی انرژی کشور حدود ۴/۵٪ می‌باشد.




**شکل ۱- سهم مصرف انرژی بخش کشاورزی در مقایسه با سایر بخش‌ها**

سـهم مصـرف انرژی بخش کشاورزی در مقایسه با سایر بخش‌ها ناچیز بوده است. این در حالی اسـت که بخش کشـاورزی به تنهایی نقش به سـزایی در افزایش ارزش افزوده و کاهش نرخ بیکاری کشـور ایفا می‌کند و با اختصـاص میزان بیشتری از سهم مصرف انرژی در این بخش، می‌توان نقش این بخش را در اقتصاد کشور بسیار بارزتر و چشم‌گیر نمود. بعبارتی این امر می‌تواند گویای، اهمیت بـالای بررسـی پتانسـیل‌های مصـرف انرژی در بخش کشـاورزی، همگام با فعالیت‌های موازی مکانیزاسـیون این بخش باشـد. لذا باید ضـمن اتخاذ سـیاسـت‌های مناسب در راستای از بین بردن موانع مصـرف حامل‌های انرژی در بخش کشاورزی و عرضه انرژی بیشتر در بخش کشاورزی نسبت به بکارگیری مناسب و بهینه انرژی هم اقدام نمود.

در حال حاضر بخش کشاورزی با دارا بودن سهمی در حدود ۱۴ درصد از کل تولید ناخالص داخلی، ۳۱ درصـد صـادرات غیر نفتی (بدون در نظر گرفتن میعانات گازی)، ۲۳ درصد اشتغال کل کشور و همچنین ضـریب خودکفایی بیش از ۹۴ درصد در محصولات کشاورزی از موقعیت ممتاز و ویژه ای در میان بخش‌های اقتصادی کشور برخوردار است.

متوسط سهم مصرف نفت گاز بخش کشاورزی از سهم مصرف نفت گاز کل کشور در طی پنج برنامه توسـعه ای بترتیب ۲۰/۵، ۱۷/۷، ۱۴، ۱۳ و۱۱ درصد بوده است و روند کاهشی داشته است. این امر عمـدتـاً بـدلیـل جـایگزینی برق بـه جـای نفـت گـاز در موتور پمپ‌ها در طی ۵ برنامه و طرح‌های بهینه‌سـازی مصـرف نفت گاز در برنامه پنجم توسـعه بوده اسـت. در حال حاضـر بر اساس ترازنامه انرژی سال ۹۲، بخش کشاورزی حدوداً ۱۱ درصد از مصرف نفت گاز کشور را به خود اختصاص داده است.

مصـرف عمده نفت گاز در بخش کشـاورزی مربوط به سـه زیر بخش «مرغداری»، «زراعت (غلات، سـیفی، حبوبات و سبزیجات) و کشت‌های گلخانه‌ای» و «دامداری و پرورش آبزیان» می‌باشد. سهم مرغداری از این میزان مصـرف در زیربخش کشـاوزری بسـیار بالا می‌باشـد. به طوری که در سـال ۱۳۹۱، مرغداری‌ها ۴۰ درصـد کل مصـرف نفت گاز بخش کشـاورزی (۱/۵ میلیون لیتر معادل ۴/۳ درصد از کل مصرف نفت گاز کشور) را به خود اختصاص داده‌اند.

از آنجایی که با توجه به ارزان بودن گوشت مرغ نسبت به گوشت قرمز پیش‌بینی رشد بالای افزایش تولید مرغ نیز در سـال‌های آینده، محتمل به نظر می‌رسـد، بنابراین بهینه‌سـازی مصرف سوخت در مرغداری‌ها برای دسـتیابی به صـرف‌جویی در مصـرف، از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشـد. از دیگر موارد مطرح در بخش کشـاورزی، مصـرف انرژی در خشـک‌کن‌ها و همچنین ماشین‌آلات کشاورزی است که تاکنون تدوین معیار آن‌ها صورت نگرفته است و بهینه‌سازی مصرف انرژی در آن‌ها ضروری اسـت. در این میان ماشـین آلات کشاورزی نقش بسزایی در مصرف نفت گاز دارند. همچنین بدلیل

فرسـودگی و قدیمی بودن تکنولوژی تولید این ماشـین آلات در کشور، مصرف نفت گاز این ماشین آلات بالاتر از نرم جهانی تخمین زده شده است.

## ۲- شناخت وضعیت انرژی در ایران

شاخص‌های کلی انرژی کشور در سال ۱۳۹۲ به شرح جدول ۱ می‌باشد.

**جدول ۱- شاخص‌های کلی انرژی کشور در سال ۱۳۹۲ (بی نام، ۱۳۹۶)**

| شاخص | مقدار | واحد |
|---|---|---|
| تولید ناخالص داخلی ایران | ۱٫۹۷۲٫۸۵۳ | میلیارد ریال به قیمت ثابت سال ۱۳۸۳ |
| عرضه کل انرژی اولیه | ۱۶۶۸/۳ | میلیون بشکه معادل نفت خام |
| مصرف نهایی انرژی | ۱۱۰۳/۳ | میلیون بشکه معادل نفت خام |
| شدت عرضه انرژی اولیه | ۰/۸۵ | بشکه معادل نفت خام به میلیون ریال |
| شدت مصرف نهایی انرژی | ۰/۵۶ | بشکه معادل نفت خام به میلیون ریال |
| سرانه مصرف نهایی | ۲/۱۳ | تن معادل نفت خام به ازاء هر نفر |
| سرانه مصرف نهایی انرژی | ۱/۹۱ | تن معادل نفت خام به ازاء هر نفر |
| بهره‌وری انرژی | ۱۷۸۸/۲ | هزار ریال بازاء هر بشکه معادل نفت خام |

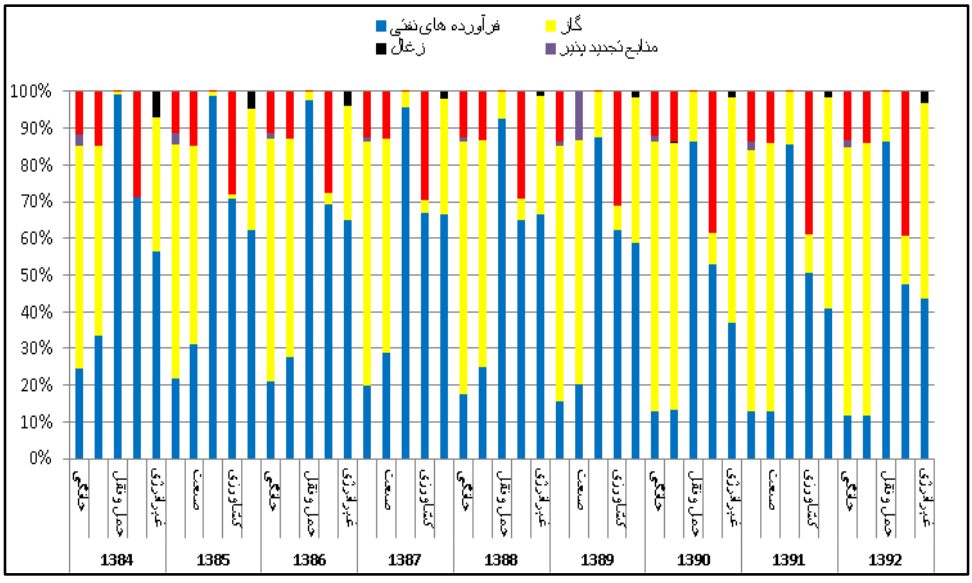
مقایسه وضعیت انرژی ایران در سال ۱۳۹۲ با ارقام مشابه در سال۱۳۸۴ نشان می‌دهد که شاخص عرضـه کل انرژی اولیه با رشـد سالیانه۴/۱ درصد از ۱۲۱۳/۴ میلیون بشکه معادل نفت خام در سال ۱۳۸۴ به ۱۶۶۸/۳ میلیون بشکه معادل نفت خام در سال ۱۳۹۲ رسیده است. شاخص مصرف نهایی انرژی با رشد سالیانه ۳/۶ درصد از ۸۳۳/۸ میلیون بشکه معادل نفت خام در سال ۱۳۸۴ به ۱۱۰۳/۳ میلیون بشکه معادل نفت خام در سال ۱۳۹۲ افزایش یافته است.

در سال ۱۳۹۲ سهم مصرف نهایی انرژی بخش کشاورزی ۴۹/۶ میلیون بشکه معادل نفت خام و ۴/۵ درصـد کل مصرف نهایی انرژی کشور می‌باشد. سهم حامل‌های انرژی شامل گاز طبیعی، برق و فرآورده‌های نفتی در مصرف نهایی انرژی بخش کشاورزی بترتیب ۶/۶، ۱۹/۵ و ۲۳/۵ میلیون بشکه معادل نفت خام و بعبارتی سـهم حامل‌های انرژی شـامل گاز طبیعی، برق و فرآورده‌های نفتی در مصرف نهایی انرژی بخش کشاورزی ۱۳/۳٪ ، ۳۹/۲۴٪ و ۴۷/۴۳٪ در سال ۱۳۹۲ بود.

متوسـط مصرف نهایی انرژی در بخش کشاورزی از ۳۳/۷ میلیون بشکه معادل نفت خام در سال ۱۳۸۴ با رشـد سـالیانه ۴/۹ درصـد به ۴۹/۶ میلیون بشـکه معادل نفت خام در سال ۱۳۹۲ افزایش یافت. با این وجود، متوسـط سهم مصرف نهایی انرژی بخش کشاورزی طی همین دوره از ۹/۲درصد به ۴/۵ درصد کاهش یافت.

این افزایش چشمگیر در مصرف نهایی انرژی، ضرورت تداوم و شتاب در اقدامات بهینه‌سازی در عرضه و تقاضای انرژی را بیش از پیش ضروری می‌سازد. زیرا طی دوره مورد بررسی سالانه صادرات انرژی کشور ۶/۲ درصد کاهش داشته اما واردات، سالانه ۵/۹ درصد افزایش یافته است. ادامه این روند سبب می‌گردد که وابستگی انرژی کشور به واردات افزایش یابد. علی‌رغم افزایش جمعیت طی سال‌های ۱۳۸۹تا ۱۳۹۲، تولید ناخالص داخلی سرانه کاهش یافته است که به دلیل تولید ناخالص داخلی تقریبا ثابت در سال‌های منتهی به سال ۹۲ است. ادامه این روند بحران اقتصادی و اجتماعی ایجاد خواهد کرد.

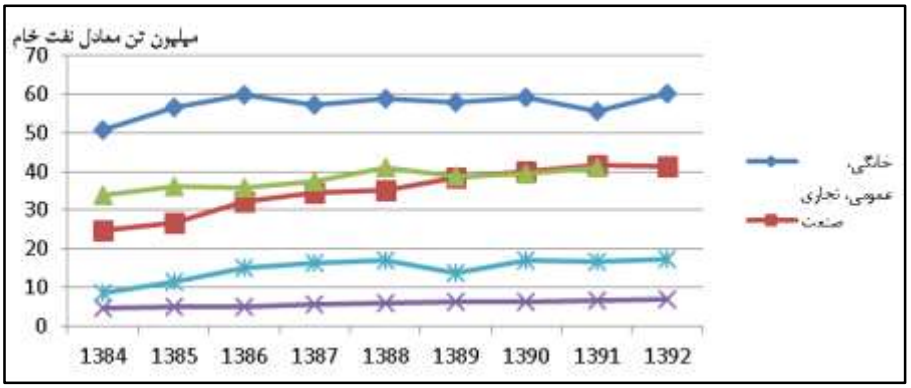
شکل ۲ سهم انرژی بخش‌های مختلف به تفکیک حامل‌های انرژی را از ۱۳۹۲-۱۳۸۴ نشان می دهد. در بخش کشاورزی ملاحظه می شود که مصرف فرآورده‌های نفتی طی سال‌های اخیر کاهش و مصرف گاز طبیعی و برق روند صعودی داشته است که از عمده دلایل این تغییر مصرف حامل‌های انرژی در بخش کشاورزی می‌تواند برقی شدن چاه‌های کشاورزی و گاز سوز شدن واحدهای گرمایشی در مرغداری‌ها، دامداری‌ها و خشک‌کن‌ها باشد.




**شکل ۲- سهم انرژی بخش‌های مختلف به تفکیک حامل‌های انرژی طی سال‌های ۱۳۹۲-۱۳۸۴**

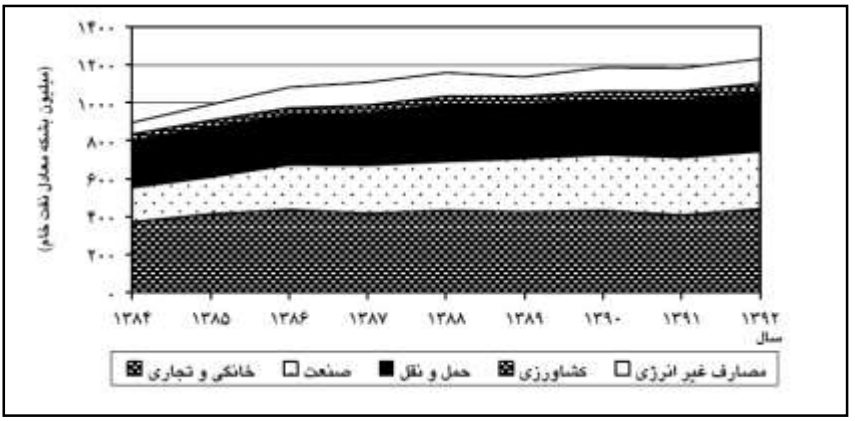
شکل ۳ روند مصرف انرژی بخش‌های مختلف را طی سال‌های ۱۳۹۲-۱۳۸۴ نشان می دهد. ملاحظه می‌شود که بخش کشاورزی در مصرف انرژی روند افزایشی مستمری طی این سال‌ها

داشــته است ولی در سایر بخش‌ها پس از هدفمند کردن یارانه‌ها، رشد سالانه مصرف انرژی در سال اول پس از هدفمندی یارانه‌ها کاهش و ســپس ســالانه با شــدت کمتری نســبت به قبل از ســال ۱۳۸۸رشد نسبی داشته است.




**شکل۳- مصرف انرژی بخش‌های مختلف طی سال‌های ۱۳۸۴-۱۳۹۲ (بی نام،۱۳۹۴)**

در شکل۴ مشاهده می‌شود سهم مصرف نهایی انرژی بخش کشاورزی از کل مصرف نهایی انرژی کشــور طی سال‌های ۹۲-۱۳۸۴ کاهش یافته است و ادامه این روند سبب خواهد شد در میان مدت تولید بخش کشــاورزی همســان با ســایر بخش‌ها رشد نکند. این در حالی است که رشد سهم بخش صنعت و خانگی و تجاری طی این مدت قابل ملاحظه است.




**شکل۴- روند مصرف نهایی انرژی به تفکیک بخش‌ها طی سال‌های ۱۳۹۲-۱۳۸۴ (بی نام،۱۳۹۴)**

سرانه مصرف نهایی انرژی در ایران ۱/۹۱ تن معادل نفت خام بازاء هر نفر است در حالی‌که این شاخص در ترکیه ۱/۰۷ و متوسط جهانی آن ۱/۱۶ تن معادل نفت خام بازاء هر نفر است ( جدول۲).

**جدول۲- تولید ناخالص داخلی، جمعیت، عرضه انرژی اولیه و مصرف نهایی انرژی در ایران و برخی کشورها در سال ۲۰۱۲ (واحدی،۱۳۹۶)**

| نام کشور یا گروه کشورها | تولید ناخالص داخلی بر اساس (میلیارد دلار) | | جمعیت (میلیون نفر) | عرضه انرژی اولیه (میلیون تن معادل نفت خام) | مصرف نهایی انرژی (میلیون تن معادل نفت خام) | سرانه (تن معادل نفت خام بر نفر) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | نرخ ارز | برابری قدرت خرید | | | | | |
| **OECD** | ۳۹۴۹۰ | ۳۹۲۰۲/۴ | ۱۲۵۴/۳ | ۵۲۴۹/۷ | ۳۲۵۰/۷ | ۴/۱۹ | ۲/۵۹ |
| آمریکای شمالی | ۱۶۵۵۲/۲ | ۱۷۰۹۳/۹ | ۴۶۶/۲ | ۲۵۸۰/۱ | ۱۶۱۹/۵ | ۵/۵۳ | ۳/۴۷ |
| آمریکا | ۱۴۲۳۱/۶ | ۱۴۲۳۱/۶ | ۳۱۴/۳ | ۲۱۴۰/۶ | ۱۳۲۸/۴ | ۶/۸۱ | ۴/۲۳ |
| ژاپن | ۴۶۹۴/۴ | ۳۹۹۳/۸ | ۱۲۷/۶ | ۴۵۲/۳ | ۲۷۰/۸ | ۳/۵۵ | ۲/۱۲ |
| کره جنوبی | ۱۰۷۸/۲ | ۱۳۹۹/۷ | ۵۰ | ۲۶۳/۴ | ۱۲۳ | ۵/۲۷ | ۲/۴۶ |
| ترکیه | ۶۲۷/۸ | ۱۰۱۵/۴ | ۷۴/۹ | ۱۱۶/۹ | ۸۰/۲ | ۱/۵۶ | ۱/۰۷ |
| نروژ | ۳۲۹/۳ | ۲۳۸/۵ | ۵ | ۲۹/۲ | ۱۸/۱ | ۵/۸۲ | ۳/۶ |
| کشورهای آسیایی (OECD) | ۳۵۶۷/۸ | ۱۲۶۴۲/۷ | ۲۳۲۰/۲ | ۱۶۴۳/۷ | ۱۰۲۵/۸ | ۰/۷۱ | ۰/۴۴ |
| آفریقا | ۱۳۳۰/۸ | ۴۱۷۶/۵ | ۱۰۸۳/۱ | ۷۳۲/۸ | ۵۱۸/۷ | ۰/۶۸ | ۰/۴۸ |
| خاور میانه | ۱۶۱۹/۹ | ۴۴۱۳/۷ | ۲۲۱/۳ | ۷۰۴/۸ | ۳۷۸/۸ | ۳/۱۸ | ۱/۷۱ |
| چین و هنگ کنگ | ۴۷۵۶/۴ | ۱۳۲۸۹/۳ | ۱۳۵۷/۹ | ۲۹۰۸/۹ | ۱۵۷۴/۴ | ۲/۱۴ | ۱/۱۶ |
| هند | ۱۳۸۹ | ۵۵۶۷/۱ | ۱۲۳۶/۷ | ۷۸۸/۱ | ۴۷۵/۹ | ۰/۶۴ | ۰/۳۸ |
| پاکستان | ۱۳۸/۵ | ۶۹۶/۴ | ۱۷۹/۲ | ۸۵/۸ | ۶۸/۹ | ۰/۴۸ | ۰/۳۸ |
| عربستان سعودی | ۴۹۷/۶ | ۱۲۸۰/۷ | ۲۸/۳ | ۲۰۰/۳ | ۷۹/۲ | ۷/۰۸ | ۲/۸ |
| ونزوئلا | ۱۹۲/۱ | ۴۷۱/۱ | ۳۰ | ۷۶/۴ | ۵۰/۴ | ۲/۵۵ | ۱/۶۸ |
| **ایران** | **۲۴۵/۲** | **۱۰۵۳/۳** | **۷۶/۴** | **۲۱۹/۶** | **۱۴۵/۷** | **۲/۸۷** | **۱/۹۱** |
| جهان | ۵۴۵۸۷/۹ | ۸۲۹۰۰/۶ | ۷۰۳۷/۱ | ۱۳۳۷۱ | ۸۱۷۰/۳ | ۱/۹ | ۱/۱۶ |

جدول ۳ شاخص شدت انرژی در ایران و برخی کشورها را نشان می‌دهد. شدت انرژی شاخصی در تحلیل مصرف انرژی و ارتباط آن با اقتصاد کشور است. مقدار این شاخص برابر با نسبت مصرف انرژی به تولید ناخالص داخلی در یک کشور است. لذا شدت انرژی، این مفهوم را می‌رساند که به ازای یک واحد تولید ناخالص ملی، چه مقدار انرژی مصرف شده است. در این صورت، هرچه مقدار

این شاخص برای یک کشور کمتر باشد، نشان‌دهنده این است که صنایع آن کشور، فناوری پیشرفته‌تر، مصرف انرژی کم‌تر و سودآوری بیشتری دارند .

**جدول۳- شاخص شدت انرژی در ایران و برخی کشورها در سال ۲۰۱۲ (واحدی، ۱۳۹۶)**

| نام کشور یا گروه کشورها | شدت عرضه انرژی اولیه (تن معادل نفت خام/ هزار دلار) | | شدت مصرف انرژی اولیه (تن معادل نفت خام/ هزار دلار) | |
|---|---|---|---|---|
| | نرخ ارز | برابری قدرت خرید | نرخ ارز | برابری قدرت خرید |
| **OECD** | ۰/۱۳۳ | ۰/۱۳۴ | ۰/۰۸۲ | ۰/۰۸۳ |
| آمریکای شمالی | ۰/۱۵۶ | ۰/۱۵۱ | ۰/۰۹۸ | ۰/۰۹۵ |
| آمریکا | ۰/۱۵۰ | ۰/۱۵۰ | ۰/۰۹۳ | ۰/۰۹۳ |
| ژاپن | ۰/۰۹۶ | ۰/۱۱۳ | ۰/۰۵۸ | ۰/۰۶۸ |
| کره جنوبی | ۰/۲۴۴ | ۰/۱۸۸ | ۰/۱۱۴ | ۰/۰۸۸ |
| ترکیه | ۰/۱۸۶ | ۰/۱۱۵ | ۰/۱۲۸ | ۰/۰۷۹ |
| نروژ | ۰/۰۸۹ | ۰/۱۲۲ | ۰/۰۵۵ | ۰/۰۷۶ |
| کشورهای آسیایی (OECD) | ۰/۴۶۰ | ۰/۱۳۰ | ۰/۲۸۸ | ۰/۰۸۱ |
| آفریقا | ۰/۵۵۰ | ۰/۱۸۰ | ۰/۳۹۰ | ۰/۱۲۴ |
| خاور میانه | ۰/۴۳۵ | ۰/۱۶۰ | ۰/۲۳۴ | ۰/۰۸۶ |
| چین و هنگ کنگ | ۰/۶۱ | ۰/۲۲۰ | ۰/۳۳۱ | ۰/۱۱۸ |
| هند | ۰/۵۷ | ۰/۱۴۰ | ۰/۳۴۳ | ۰/۰۸۵ |
| پاکستان | ۰/۶۲ | ۰/۱۲۰ | ۰/۴۹۸ | ۰/۰۹۹ |
| عربستان سعودی | ۰/۴ | ۰/۱۶۰ | ۰/۱۵۹ | ۰/۰۶۲ |
| ونزوئلا | ۰/۴ | ۰/۱۶۰ | ۰/۲۶۳ | ۰/۱۰۷ |
| **ایران** | **۰/۹** | **۰/۲۱۰** | **۰/۵۹۴** | **۰/۱۳۸** |
| جهان | ۰/۲۴۰ | ۰/۱۶۰ | ۰/۱۵۰ | ۰/۰۹۹ |

شاخص شدت مصرف نهایی انرژی کشور طی سال‌های گذشته روند افزایشی داشته است و از ۰/۴۷ بشکه معادل نفت خام بازاء یک میلیون ریال تولید ناخالص داخلی در سال ۱۳۷۷ به ۰/۵۶ بشکه معادل نفت خام بازاء یک میلیون ریال تولید ناخالص داخلی در سال ۱۳۹۲ افزایش یافته است ( جدول ۴). تغییرات شاخص شدت انرژی کشور بیانگر این مطلب مهم و استراتژیک است که طی سال‌های گذشته ما در ازاء درآمد ناخالص داخلی ثابت، انرژی بیشتری هزینه کرده‌ایم و این موضوع با توجه به محدودیت منابع و رشد جمعیت در آینده ممکن است بحران‌های انرژی و به دنبال آن تنش‌های فرهنگی، اجتماعی و اقتصادی بوجود آورد.

جدول۴- روند تغییرات شاخص شدت انرژی ایران از سال ۱۳۷۷ تا سال ۱۳۹۲ (واحدی، ۱۳۹۶)

| سال | تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت سال ۱۳۸۳ (میلیارد ریال) | عرضه کل انرژی اولیه (میلیون بشکه معادل نفت خام) | مصرف نهایی انرژی اولیه (میلیون بشکه معادل نفت خام) | شدت عرضه انرژی اولیه کشور (بشکه معادل نفت خام به میلیون ریال) | شدت مصرف نهایی انرژی کشور (بشکه معادل نفت خام به میلیون ریال) |
|---|---|---|---|---|---|
| ۱۳۸۴ | ۱۶۶۸۱۸۶/۱ | ۱۲۱۳/۴ | ۸۳۳/۸ | ۰/۷۳ | ۰/۵۰ |
| ۱۳۸۵ | ۱۷۶۹۴۲۶ | ۱۳۳۱ | ۹۰۷/۴ | ۰/۷۵ | ۰/۵۱ |
| ۱۳۸۶ | ۱۹۰۶۴۴۶/۷ | ۱۴۲۹/۵ | ۹۷۱/۹ | ۰/۷۵ | ۰/۵۱ |
| ۱۳۸۷ | ۱۹۱۸۶۸۱ | ۱۴۸۱/۹ | ۹۸۶ | ۰/۷۷ | ۰/۵۱ |
| ۱۳۸۸ | ۱۹۴۲۹۸۹/۵ | ۱۵۴۴/۴ | ۱۰۳۳/۸ | ۰/۷۹ | ۰/۵۳ |
| ۱۳۸۹ | ۲۰۶۸۹۱۱/۹ | ۱۵۳۶/۹ | ۱۰۳۴/۳ | ۰/۷۴ | ۰/۵ |
| ۱۳۹۰ | ۲۱۵۷۹۳۴/۱ | ۱۵۹۳/۳ | ۱۰۶۰/۱ | ۰/۷۴ | ۰/۴۹ |
| ۱۳۹۱ | ۲۰۱۱۵۵۴ | ۱۵۹۹/۷ | ۱۰۵۹/۵ | ۰/۸ | ۰/۵۳ |
| ۱۳۹۲ | ۱۹۷۲۸۵۳ | ۱۶۶۸/۳ | ۱۱۰۳/۳ | ۰/۸۵ | ۰/۵۶ |

## ۳- نتیجه گیری

۱- سهم مصرف نهایی انرژی بخش کشاورزی ۴۹/۶ میلیون بشکه معادل نفت خام و ۴/۵ درصد کل مصرف نهایی انرژی کشور می باشد.

۲- سهم حامل‌های انرژی شامل گاز طبیعی، برق و فرآورده‌های نفتی در مصرف نهایی انرژی بخش کشاورزی بترتیب ۶/۶، ۱۹/۵ و ۲۳/۵ میلیون بشکه معادل نفت خام هست.

۳- متوسط مصرف نهایی انرژی در بخش کشاورزی از ۳۳/۷ میلیون بشکه معادل نفت خام در سال ۱۳۸۴ با رشد سالیانه ۴/۹ درصد به ۴۹/۶ میلیون بشکه معادل نفت خام در سال ۱۳۹۲ افزایش یافت. با این وجود متوسط سهم مصرف نهایی انرژی بخش کشاورزی طی همین دوره از ۹/۲درصد به ۴/۵ درصد کاهش یافت.

۴- شاخص تولید ناخالص داخلی در سال ۱۳۹۰ به رقم ۲/۱۵۷/۹۳۴ میلیارد ریال به قیمت ثابت سال ۱۳۸۳ رسید و در سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ روند کاهشی داشته بطوریکه شاخص تولید ناخالص داخلی در سال ۱۳۹۲ به رقم ۱/۹۷۲/۸۵۳ میلیارد ریال به قیمت ثابت سال ۱۳۸۳ رسید.

۵- شاخص عرضه کل انرژی اولیه طی پانزده سال منتهی به سال ۱۳۹۲ روند افزایشی داشته و به ۱۶۶۸/۳ میلیون بشکه معادل نفت خام رسید.

۶- شاخص مصرف نهایی انرژی طی پانزده سال منتهی به سال ۱۳۹۲ روند افزایشی داشته و به ۱۱۰۳/۳ میلیون بشکه معادل نفت خام رسید.
۷- شاخص بهره‌وری انرژی کشور طی سال‌های ۱۳۹۲-۱۳۸۴ روند نزولی داشته بعبارتی بازاء یک بشکه معادل نفت خام انرژی مصرفی، تولید ناخالص داخلی از ۲۰۰۰/۸ هزار ریال در سال ۱۳۸۴ به ۱۷۸۸/۲ هزار ریال در سال ۱۳۹۲ کاهش یافته است.
۸- مصرف انرژی در بخش کشاورزی ایران ۳/۳ برابر مصرف جهانی است.
۹- بررسی فوق نشان داد که کاهش مصرف نهاده‌های تولید به مقدار جزیی حداقل ۵ درصد، که با مدیریت صحیح نهاده‌ها به راحتی ممکن و میسر می‌باشد، به مقدار قابل ملاحظه $۲۴/۲۴ \times ۱۰^{۱۵}$ ژول سبب کاهش مصرف انرژی در سطح کلان ملی می‌شود.
۱۰- با عنایت به اینکه بخش کشاورزی تنها ۴/۵ درصد از سهم انرژی مصرفی کشور را مصرف می نماید، لذا به اهمیت کاهش همین مقدار ناچیز منتج از بهینه‌سازی مصرف انرژی در تحقق اقتصاد مقاومتی در کشاورزی می‌توان پی برد.

## ۴- پیشنهادها

۱- در بررسی‌های صورت گرفته، مشخص گردید که مطالعات تحلیلی ارزیابی مصرف انرژی در بخش دام، طیور و آبزیان، جنگل‌ها و مراتع، صنایع تکمیلی و تبدیلی و بسیاری از محصولات زراعی و باغی انجام نشده و یا خیلی محدود انجام شده است. بنابراین، نیاز به تحقیقات جامع و مدون و برنامه‌ریزی شده در ارزیابی سیر مصرف انرژی در بخش‌های فوق کاملاً حس می‌شود.
۲- در تحلیل‌های صورت گرفته تنها سه محصول غله‌ای، دو محصول کشاورزی صنعتی، دو محصول باغی و یک محصول دامی مطالعه شده‌اند که در اثر مدیریت صحیح نهاده‌ها و کاهش جزیی در مصرف نهاده‌های تولید، بهبود قابل ملاحظه‌ای در کاهش انرژی مصرفی و ذخیره‌سازی انرژی در سطح کلان حاصل گردید. برای بهینه‌سازی انرژی مصرفی بخش کشاورزی به ویژه در مورد نهاده‌های کمیابی مانند سوخت مصرفی، آب آبیاری و کودهای شیمیایی و کاهش الایندگی‌های زیست محیطی و ارتقاء سطح سلامت جامعه و در نهایت تحقق کشاورزی پایدار لازم است تا تحقیقی جامع و ملی در خصوص مدیریت مصرف انرژی و تعیین شاخص‌های انرژی محصولات عمده و استراتژیک زراعی و باغی و دامی کشور انجام شود.

۳- برای بهبود شاخص‌های مصرف انرژی در بخش کشاورزی، بهینه‌سازی مصرف نهاده‌های تولید و ارتقاء سطح مدیریت مزرعه ضروری است. همچنین برای افزایش شاخص انرژی در کشاورزی، داشتن بانک‌های داده مناسب و جامع الزامی است.

۴- پیشنهاد می شود با انجام پژوهش‌های تحلیل مصرف انرژی در سیستم‌های کشاورزی، مقدار نهاده‌ها و انرژی مصرفی در محصولات و مناطق مختلف کشور معین شود و شاخص‌های انرژی در هر مورد تعیین گردد تا الگوی مناسب مدیریت نهاده‌های تولید مشخص و در قالب دستورالعمل اجرایی به مدیریت‌ها و واحدهای اجرایی کشاورزی ابلاغ شود.

۵- پیشنهاد می‌شود با انجام پژوهش‌های تحلیل مصرف انرژی در سیستم‌های کشاورزی، کارایی سیستم‌های تولیدی کشاورزی ارزیابی شده تا سیستم‌های کشاورزی کارا و ناکارا تمیز داده شود و با ارائه راهکار مناسب سیستم‌های ناکارا ارتقاء یابند و در نهایت میزان ذخیره‌سازی انرژی در سطح کلان محاسبه شود.

## ۵- منابع

رحیمی زاده، م.، مدنی، ح.، رضا دوست،س.، مهربان، ا.، مرجانی،ع. ۱۳۸۶. تجزیه و تحلیل انرژی در بوم نظام‌های کشاورزی و راهکارهای افزایش کارایی انرژی .ششمین همایش ملی انرژی.

واحدی،ع. ۱۳۹۶. بهینه‌سازی مصرف انرژی در کشاورزی رهیافتی برای تحقق اقتصاد مقاومتی.گزارش فنی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی(در دست انتشار)

Nassiri, S. M., Singh, S. 2009. Non-parametric energy use efficiency, energy ratio and specific energy for wheat crop production. Iran Agricultural Research, 27:27-38.