نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۹، شماره ۲، خرداد – تیر ۱۳۹۴، ص. ۳۴۹-۳۳۶

Journal of Water and Soil
Vol. 29, No. 2, May.-Jun. 2015, p. 336-349

ارزیابی فنی سامانه‌های آبیاری بارانی کلاسیک اجرا شده در باغ‌های چای استان گیلان

کوروش مجد سلیمی[1*]- سید بابک صلواتیان[2]- ابراهیم امیری[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۹/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۸/۱۱

چکیده

دقت در طراحی سامانه‌های آبیاری بارانی و مدیریت صحیح آن‌ها از عوامل مهم در توسعه و بهبود عملکرد این سامانه‌ها است. در این پژوهش، شش سامانه آبیاری بارانی کلاسیک در باغ‌های چای استان گیلان طی دو سال مورد ارزیابی فنی قرار گرفتند. سامانه‌های آبیاری بارانی کلاسیک از نوع نیمه متحرک، تمام ثابت و ثابت- آبپاش متحرک به‌طور تصادفی انتخاب شدند. برای ارزیابی این سامانه‌های آبیاری، معیارهای ضریب یکنواختی کریستیان‌سن، یکنواختی توزیع، راندمان واقعی و پتانسیل کاربرد در ربع پایین اراضی در بلوک آزمایشی محاسبه و با استفاده از تغییرات فشار اندازه‌گیری شده به کل سامانه تعمیم داده شد. مقادیر متوسط (دو سالانه) ضریب یکنواختی، یکنواختی توزیع، راندمان واقعی و پتانسیل کاربرد در ربع پایین برای شش باغ ارزیابی شده به‌ترتیب حدود ۶۵، ۵۲، ۴۴ و ۴۴ درصد به‌دست آمد. تمام سامانه‌های آبیاری دارای راندمان کاربرد پایینی بودند و ضریب یکنواختی و یکنواختی توزیع آب در آن‌ها کمتر از مقادیر توصیه شده در مراجع بود. هم‌چنین به علت آبیاری کمتر از نیاز آبی واقعی گیاه در تمام باغ‌های چای، راندمان واقعی برابر با راندمان پتانسیل کاربرد گردید. طراحی و اجرای غیر اصولی سامانه‌ها به ویژه فشار کارکرد نامناسب آن‌ها و مسائل اقتصادی از مهم‌ترین دلایل پایین بودن راندمان پتانسیل کاربرد تشخیص داده شد. استفاده هم‌زمان از تعداد آبپاش‌هایی با مشخصات و مدل‌های متفاوت، عمر زیاد سامانه‌های آبیاری، نشت آب از شیرخودکارها و سایر اتصالات و تغییرات فشار و دبی ناشی از آن نیز از دلایل اصلی کاهش یکنواختی توزیع آب و راندمان واقعی کاربرد بوده است.

واژه‌های کلیدی: آبیاری تکمیلی، راندمان آبیاری، مدیریت آبیاری در گیاه چای، نیاز آبی

مقدمه

اگرچه میزان بارندگی سالیانه (میانگین ۱۱۰۰ میلی‌متر) در مناطق چای‌کاری استان گیلان برای رشد گیاه چای مناسب به نظر می‌رسد اما فقط ۳۰ درصد از این میزان به دوره برداشت چای تعلق دارد (۱۵). به‌دلیل کمبود ریزش باران در دوره رشد (اردیبهشت تا آبان) و توزیع نامناسب آن در ماه‌های تیر و مرداد (میانگین بارندگی طی یک ماه به کمتر از ۱۰ میلی‌متر نیز می‌رسد)، تامین آب مورد نیاز بوته‌های چای (میانگین ۳۴۰ میلی‌متر) با استفاده از آبیاری و اصول صحیح بهره‌برداری، مهم‌ترین و اساسی‌ترین مساله در بهبود و تثبیت عملکرد این محصول به‌شمار می‌آید (۱۵ و ۱۷). بنابراین سامانه‌های آبیاری که آب را به موثرترین شیوه ممکن جهت جلوگیری از تلفات غیرضروری و هرز آب به‌کاربرند، مورد نیاز می‌باشد. علیرغم اهمیت آبیاری در افزایش عملکرد و کیفیت محصول چای کمتر از ۵ درصد کشاورزان (۱۵۰۰ هکتار) از سامانه آبیاری بارانی برای تامین آب مورد نیاز در باغ‌های خود استفاده می‌کنند (۱۵).

قوانین طراحی و مدیریت آبیاری بارانی به موقعیت و محل اجرا بستگی داشته و اغلب متکی به آزمایش‌های حرفه‌ای و طولانی مدت هستند (۱۸). یک سامانه آبیاری بارانی خوب به دانستن رابطه خاک، آب و گیاه، زمان‌بندی آبیاری هم‌چنین مقدار مورد نیاز آب آبیاری که به ظرفیت نگهداری آب در خاک، اقلیم و فرآیند رشد گیاه بستگی دارد، نیازمند است (۱۱). عدم طراحی صحیح و اصولی به دلیل نداشتن روابط و پارامترهای مورد نیاز طراحی بومی و منطقه‌ای، با توجه به سابقه کم کاربرد سیستم‌های آبیاری بارانی یا انجام پروژه‌های تحقیقاتی در استان گیلان، باعث شده است تا طراحی‌ها به‌صورت کلیشه‌ای از نمودارها و جداولی صورت گیرد که برای سایر سامانه‌ها و

۱ و ۲- محققان بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات چای کشور، لاهیجان
(*-نویسنده مسئول: (Email: k_majdsalimi@yahoo.com
۳- دانشیار گروه آبیاری و زهکشی، دانشگاه ازاد اسلامی واحد لاهیجان

مناطق به‌دست آمده‌اند. این امر باعث می‌شود تا برنامه‌ریزی دقیق و واقعی برای منابع آب استان انجام نشود.

هم‌چنین تعیین مقادیر پارامترهای طراحی با حدس و گمان (به‌صورت کلی و بدون انجام آزمایش و با استفاده از اعداد و ارقام منابع خارجی) صورت می‌گیرد که منجر به افزایش هزینه‌های سرمایه‌گذاری، بروز مشکلات و هزینه‌های اضافی در بهره‌برداری و نگهداری و بالاخره کاهش بازدهی اقتصادی طرح‌ها در طول عمر مفید آن‌ها می‌گردد (۱۵). به گزارش بسیاری از محققین (۱۴)، ارزیابی فنی باید فرآیندی منظم و کوتاه مدت برای بررسی مشکلات و عیوب احتمالی عملکرد سامانه‌های آبیاری باشد. مریام و کلر (۱۹) نیز ارزیابی یک سامانه آبیاری را آنالیز بر پایه اندازه‌گیری‌ها در شرایط واقعی مزرعه و در حین کار طبیعی سامانه تعریف کرده اند. بدین منظور شاخص‌هایی برای مقایسه عملکرد واقعی یک سامانه آبیاری با معیارهای طراحی پیش‌بینی شده، پیشنهاد شده است. این شاخص‌ها، متغیرهای قابل اندازه‌گیری هستند که وضعیت سامانه و تغییرات آن را نسبت به مکان و زمان شرح می‌دهند.

فاریابی و همکاران (۹) سامانه‌های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت‌ـآبپاش متحرک را در دشت دهگلان در استان کردستان مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد که ضریب یکنواختی کریستیان‌سن، یکنواختی توزیع، راندمان پتانسیل کاربرد و راندمان واقعی کاربرد در ربع پایین به‌ترتیب ۶۶، ۵۰/۶، ۴۴/۸ و ۴۳/۸ درصد به‌دست آمد. ابراهیمی (۸) عملکرد ۱۲ سامانه آبیاری بارانی کلاسیک و آبفشان غلطان را در استان خراسان مورد ارزیابی قرار داد. در این تحقیق حداقل و حداکثر راندمان پتانسیل کاربرد ربع پایین به‌ترتیب ۴۵ و ۶۷ درصد و حداقل و حداکثر ضریب یکنواختی به‌ترتیب ۵۳ و ۷۵ درصد گزارش شد. رضوانی و جعفری (۲۱) عملکرد سامانه‌های آبیاری بارانی اجرا شده در مزارع سیب زمینی تحت مدیریت زارعین در همدان را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که پایین بودن راندمان پتانسیل کاربرد در بیشتر مواقع در مزارع مورد بررسی علل اقتصادی داشته است و کمبود فشار و دبی آبپاش‌ها علت پایین بودن یکنواختی توزیع و ضریب یکنواختی بوده است. بایزیدی (۴) سامانه‌های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت در شهرستان قروه را مورد ارزیابی قرار داد. میانگین ضریب یکنواختی کریستیان‌سن، یکنواختی توزیع، راندمان پتانسیل در ربع پائین، راندمان واقعی در ربع پائین اراضی، تلفات نفوذ عمقی، تلفات تبخیر و باد بردگی و حداکثر اختلاف فشار به‌ترتیب برابر ۷۵، ۴۳/۶، ۷۸/۲، ۳۵/۱۴، ۴/۶، ۲۰/۶۳ و ۴۱ درصد به‌دست آمد.

در بین محصولات عمده استان نظیر برنج، چای، زیتون و فندق، از سامانه‌های بارانی فقط برای آبیاری تکمیلی باغ‌های چای استفاده می‌شود. در حال حاضر با توجه به شرایط آب وهوائی، توپوگرافی، خاک، گیاه و شرایط اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی منطقه، تنها سامانه‌های آبیاری بارانی کلاسیک مورد استفاده در منطقه از نوع نیمه متحرک، ثابت‌ـآبپاش متحرک و در برخی موارد تمام ثابت می‌باشد (۱۵ و ۱۶). با توجه به ضرورت بیان شده، شایسته است که بعد از گذشت چند سال از کاربرد این سامانه‌های آبیاری به ارزیابی و بررسی عملکرد آن‌ها پرداخته شود تا مسائل و مشکلات موجود شناخته شده و از نتایج حاصل برای بهبود و توسعه این سامانه‌ها استفاده شود. از این رو هدف از انجام پژوهش حاضر، بررسی وضعیت موجود سامانه‌های آبیاری بارانی کلاسیک اجرا شده در اراضی چای‌کاری و ارزیابی عملکرد آن‌ها است.

مواد و روش‌ها

عملیات مربوط به ارزیابی فنی سامانه‌های آبیاری در این پژوهش در ماه‌های تیر و مرداد (دوره خشکی) دو سال ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ در شش باغ چای در استان گیلان انجام شد. سامانه‌های آبیاری بارانی این باغ‌ها، در شرایط بهره‌برداری توسط کشاورزان (مدیریت باغدار) مورد ارزیابی قرار گرفت. در حال حاضر فقط از سامانه‌های آبیاری بارانی از نوع کلاسیک نیمه متحرک (با جابه‌جایی دستی) و ثابت‌ـ آبپاش متحرک و در موارد محدودی از نوع تمام ثابت در اراضی چای‌کاری استفاده می‌شود. با توجه به خرده مالکی بسیار زیاد در باغ‌های چای (بیشتر از ۹۵ درصد باغ‌های چای دارای مساحت کمتر از یک هکتار می باشند) و استفاده از سامانه آبیاری بارانی در این نوع باغ‌ها، هم‌چنین اجرای برخی از پروژه‌های آبیاری به صورت گروهی (بهره‌برداری مشاع)، نمونه‌ها برای ارزیابی سامانه آبیاری طوری انتخاب شد (تصادفی خوشه‌ای) تا شامل همه موارد فوق گردد. بر این اساس، سامانه‌های منتخب شامل دو سامانه آبیاری بارانی کلاسیک نیمه‌متحرک (با جابجایی دستی) با مدیریت انفرادی، یک سامانه آبیاری ثابت (انفرادی)، دو سامانه آبیاری بارانی کلاسیک ثابت‌ـآبپاش متحرک (انفرادی) و یک سامانه آبیاری بارانی کلاسیک ثابت‌ـآبپاش متحرک با مدیریت گروهی (بهره‌برداری مشاع) بود. جدول ۱ مشخصات کلی سامانه‌های مورد ارزیابی در این پژوهش را نشان می‌دهد.

در هر باغ ابتدا اطلاعات اولیه نظیر نقشه توپوگرافی، مشخصات منبع تأمین آب، ایستگاه پمپاژ، لوله‌های اصلی، نیمه اصلی و جانبی و مشخصات آبپاش‌ها، شیرهای قطع و وصل، نقشه جزئیات اتصالات و دیگر مشخصات سامانه اجرا شده در باغ، مشاهده و بررسی شد و سپس با مشخصات سامانه در دفترچه طراحی (در صورت وجود) مطابقت داده شده و اطلاعات به‌دست آمده مقایسه گردید. هم‌چنین سایر اطلاعات مورد نیاز مدیریت آبیاری و بهره‌برداری که توسط باغدار اعمال شد با استفاده از پرسش‌نامه و مشاهدات عینی و مصاحبه هدایت‌شده جمع‌آوری و ثبت گردید.

جدول ۱ـ مشخصات باغ‌های چای دارای سیستم آبیاری بارانی

Table 1- Tea fields profile with sprinkler irrigation system

نام باغ Farmer's fields	منطقه Region	سیستم آبیاری Irrigation system	مساحت Area (ha)	منبع آب Water source	مدل آبپاش‌ها Sprinkler model	فواصل آبپاش‌ها Sprinkler spacing (m×m)	عمر سیستم Life system (year)
WA	Fouman	Solid set	0.3	Shallow well	Pelican(Regulated)	15×12	14
WB	Fouman	αSolid set	9	Deep well	Anonymous & Rainbird	29×22	15
CG	Lahijan	@Semi-portable	0.5	Shallow well	Pelican(Regulated)	15×15	16
CK	langeroud	@Semi-portable	1.5	Semi-deep well	Pirot(ZM22)& Anon. regulated	15×15	16
EP	Roudsar	αSolid set	15	Deep well	Jaleh3	18×18	4
ED	Roudsar	αSolid set	1.8	Semi-deep well	Jaleh3	18×15	6

@: از نوع جابه‌جایی لوله فرعی با دست (hand-move laterals)

α : از نوع جابه‌جایی آبپاش با دست (hand-move sprinklers)

جدول ۲ـ خصوصیات فیزیکو شیمیایی خاک در باغ‌های چای مورد آزمایش

Table 2- Physico- chemical characteristics of soil in experimental tea fields

ویژگی خاک (Soil characteristic)	باغ‌های آبیاری‌شده (Irrigated tea fields)					
	WA	WB	CG	CK	EP	ED
*هدایت الکتریکی/ EC ($dS.m^{-1}$)	0.35	0.33	0.32	0.48	0.14	0.31
*اسیدیته گل اشباع/ (pH)	4.1	4.3	4.9	5.1	4.7	4.9
** کربن آلی (درصد)/ OC(%)	1.8	2.5	2.2	2.1	2.0	2.3
** نیتروژن کل (درصد)/ Total N(%)	0.17	0.21	0.19	0.17	0.16	0.20
** فسفر قابل جذب/ P (ppm)	120	14	95	75	11	140
** پتاسیم قابل جذب/ K (ppm)	240	203	185	112	114	186
*بافت خاک/ Soil texture	S.C.L	S.C.L	S.L	S.C.L	S.C.L	S.C.L
*وزن مخصوص ظاهری Dry bulk density($g.cm^3$)	1.38	1.41	1.40	1.37	1.36	1.34
*ظرفیت زراعی (درصد وزنی) Field capacity (% W)	20.9	19.7	18.1	20.4	22.5	22.3
*حد پژمردگی دائم (درصد وزنی) PWP (% W)	10.1	8.9	9.1	9.8	12.2	10
*عمق توسعه ریشه (متر) Root depth(m)	0.7	0.6	0.6	0.6	0.7	0.6
**نفوذپذیری نهایی(میلی‌متر بر ساعت) Infiltration rate ($mm.\ hr^{-1}$)	20	18	17	19	18	16

*- این مقادیر مربوط به میانگین اعداد در سه عمق ۳۰-۰، ۶۰-۳۰ و ۹۰-۶۰ سانتی‌متر است.

(These values are the mean of three soil depth)

**- اعداد مربوط به این پارامترها متعلق به عمق ۳۰-۰ سانتیمتری خاک است.

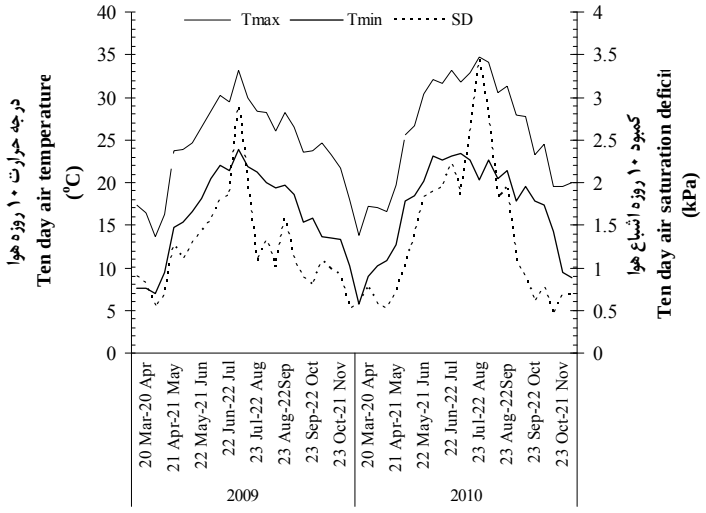
(These values are related to 30 cm of soil depth)

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و سایر پارامترهای مورد نیاز خاک شامل بافت خاک، جرم حجمی خاک، رطوبت ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم خاک در سه عمق صفر تا ۳۰، ۳۰ تا ۶۰ و ۶۰ تا ۹۰ سانتی‌متری در تمام باغها اندازه‌گیری و نتایج در جدول ۲ ارائه

شده است. چای گیاهی است همیشه سبز که پس از رسیدن به سن محصول دهی اقتصادی (بالغ شدن)، عمق توسعه ریشه تقریبا ثابت می‌شود بنابراین، برای تعیین میزان توسعه ریشه در هر باغ، اطراف یک یا دو بوته خاکبرداری انجام و عمق توسعه قابل مشاهده، تخمین زده شد.

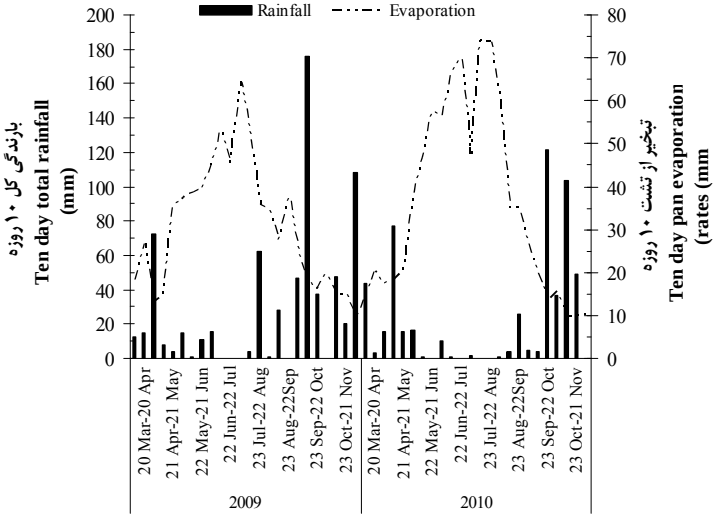
قبل از شروع ارزیابی سامانه آبیاری در هر باغ، رطوبت خاک محل آزمایش به منظور تعیین کمبود رطوبت خاک (SMD) تا عمق توسعه ریشه (جدول۳) با استفاده از روش وزنی اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری متغیرهای هیدرولیکی مانند فشار و دبی آبپاش‌ها در هر سامانه انجام گرفت. دبی آبپاش به‌وسیله شیلنگ، سطل مدرج (۲۰ یا ۴۰ لیتری) و کرنومتر اندازه‌گیری گردید. با سنجش دبی آبپاش‌ها، میزان دبی و تغییرات آن در نقاط مختلف سامانه و درنتیجه دبی متوسط سامانه محاسبه شد. هم‌چنین با اندازه‌گیری دبی در ابتدای شبکه به وسیله کنتور حجمی، آبدهی منبع یا دبی ورودی به‌دست آمد. فشار آبپاش با استفاده از فشارسنج و لوله پیتو متصل به آن اندازه‌گیری شد. لازم به ذکراست که وضعیت فشار سامانه با اندازه‌گیری فشار آبپاش‌ها در نقاط مختلف باغ و مقایسه آن با فشار ابتدایی سامانه، بررسی گردید.

برای اندازه‌گیری توزیع آب، در ابتدا لوله‌های جانبی در محل مناسب انتخاب شدند و سپس قوطی‌های جمع‌آوری آب (قوطی‌های آلومینیومی به ارتفاع ۱۲ سانتی‌متر و قطر داخلی ۱۰ سانتی‌متر) در شبکه‌های۳×۳ متر مربع بین دو لوله فرعی مجاور (بجز سیستم WA که از یک لوله فرعی استفاده شد) و آبپاش‌هایی که دارای فشار متوسط بودند، قرار داده شدند. در مدت آزمایش بسته به شرایط آبیاری باغ، معمولاً بین ۱ تا ۲ ساعت انتخاب و در نهایت حجم آب جمع شده در قوطی‌ها به وسیله استوانه مدرج اندازه‌گیری و یادداشت گردید. هم‌چنین یکی از ظروف مذکور که در شروع آزمایش دارای حجم مشخصی آب بود دور از آبپاش‌ها و در شرایطی مشابه با سایر ظروف اندازه‌گیری، برای تخمین میزان تبخیر از ظروف طی مدت آزمایش قرار داده شد. برای اندازه‌گیری سرعت باد در هر آزمایش از دستگاه بادسنج قابل حمل استفاده شد. به‌منظور مشخص نمودن نحوه تغییرات پارامترهای اقلیمی در مناطق چایکاری طی دوره رشد دو سال آزمایش، تغییرات میزان بارندگی، تبخیر، دمای هوا و کمبود فشار بخار اشباع هوا (به‌صورت ۱۰ روزه) در شکل‌های ۱ و ۲ ارائه شده است.



شکل۱ـ میانگین (۱۰ روزه) دمای حداکثر و حداقل هوا و کمبود فشار بخار اشباع هوا در ایستگاه تحقیقات چای فشالم در فومن، فروردین تا آبان دو سال ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹

Table 1- 10 days Average of maximum and minimum of air temperature and air saturation deficits at Feshalam Tea Research Station, 20 March to 21 November in 2009-2010



شکل۲ـ میانگین (۱۰ روزه) بارندگی و تبخیر از تشت در ایستگاه تحقیقات چای فشالم در فومن، فروردین تا آبان دو سال ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹

Table 2- 10 days Average of total rainfall and pan evaporation rates at Feshalam Tea Research Station, 20 March to 21 November in 2009 - 2010

پارامترهای ضریب یکنواختی، یکنواختی توزیع، راندمان پتانسیل و راندمان واقعی کاربرد با استفاده از روابط ذیل در بلوک آزمایشی محاسبه و سپس با محاسبه تغییرات فشار، به کل سامانه تعمیم داده شد:

ضریب یکنواختی کریستیان‌سن (CU): این ضریب توسط کریستیان‌سن (۶) در سال ۱۹۴۲ به‌منظور تعیین وضعیت یکنواختی پخش آب آبپاش‌ها ارائه شد و رابطه ریاضی آن به صورت زیر است:

$$CU = 100\left[1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}\left|D_i - \overline{D}\right|}{n\overline{D}}\right] \qquad (۱)$$

D_i: ارتفاع آب در هر یک از قوطی‌های جمع‌آوری در شبکه محاسباتی (میلی‌متر)، $\overline{D}$: متوسط عمق آب جمع شده در قوطی‌ها (میلی‌متر)، n: تعداد مشاهدات است (۶).

یکنواختی توزیع آب در ربع پایین نیز با استفاده از رابطه ۲ برای تمام باغ‌ها محاسبه شد (۱۰).

$$DU = \frac{D_q}{\overline{D}} \times 100 \qquad (۲)$$

DU: یکنواختی توزیع آب در ربع پایین بلوک آزمایش (درصد)، D_q: متوسط عمق آب در یک چهارم کمترین مقادیر اندازه‌گیری شده(میلی‌متر).

برای محاسبه راندمان کاربرد واقعی در ربع پایین در بلوک آزمایش از رابطه ۳ استفاده شد.

$$AELQ = \frac{D_q}{D_r} \times 100 \qquad (۳)$$

AELQ: راندمان کاربرد واقعی در ربع پایین اراضی در بلوک آزمایش (درصد)، D_r: متوسط عمق آب اندازه‌گیری شده در سر نازل (میلی‌متر) است. معادله ۳ برای حالتی به‌کار می‌رود که $D_q<SMD$ باشد، در غیر این‌صورت باید SMD را بجای D_q در رابطه فوق به‌کار برد (۱۰). کمبود رطوبت خاک (SMD) نیز از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$SMD = \frac{(FC - \theta_i) \times D_z \times \rho_b}{100} \qquad (۴)$$

در معادله ۴، FC و θ_i: به‌ترتیب درصد وزنی رطوبت خاک در ظرفیت زراعی و قبل از آبیاری، D_z: عمق توسعه ریشه (میلی‌متر) و ρ_b: وزن مخصوص ظاهری (گرم برسانتی‌متر مکعب) است (۱).

راندمان پتانسیل کاربرد در ربع پایین (PELQ) که حداکثر راندمان ممکن برای سامانه موجود است نیز با استفاده از رابطه ۵ برای تمامی باغ‌ها محاسبه شد.

$$PELQ = \frac{D_{lq,MAD}}{D_{MAD}} \times 100 \qquad (۵)$$

PELQ: راندمان پتانسیل کاربرد آب در ربع این بلوک آزمایش (درصد)، $D_{lq,MAD}$: میانگین عمق آب نفوذیافته در ربع پایین (بر حسب میلی‌متر) است در حالتی‌که $D_{lq,MAD}<SMD$ باشد و D_{MAD}: متوسط عمق آب کاربردی (میلی‌متر) است، وقتی‌که SMD=MAD باشد (۷). حداکثر تخلیه مجاز یا تخلیه مجاز مدیریتی رطوبت در خاک

(MAD) است.

به دلیل وجود اختلاف فشار در هر یک از سامانه‌ها، مقادیری که برای پارامترهای فوق به‌دست می‌آید بایستی با توجه به اختلاف فشار موجود در سامانه تعدیل شوند تا بتوان آن‌ها را به کل سامانه نسبت داد. برای این منظور از روابط ۶ تا ۱۰ استفاده شد.

$$CU_s = CU\left[\frac{1+\left(\frac{P_{min}}{P_{mean}}\right)^{0.5}}{2}\right] \quad (۶)$$

$$DU_s = DU\left[\frac{1+3\left(\frac{P_{min}}{P_{mean}}\right)^{0.5}}{4}\right] \quad (۷)$$

$$ER = \frac{0.2\times(P_{max}-P_{min})}{P_{mean}} \quad (۸)$$

$$AELQs = AELQ(1-ER) \quad (۹)$$

$$PELQs = PELQ(1-ER) \quad (۱۰)$$

در معادله‌های ۶ تا ۱۰، اندیس s به سامانه مربوط می‌شود و P_{min}، P_{mean} و P_{max} به‌ترتیب فشار حداقل، متوسط و حداکثر سامانه آبیاری (بار) و ER: ضریب کاهش راندمان است (۱۲).

در نهایت از رابطه ۱۱ برای محاسبه درصد نفوذ عمقی (D_p) برای حالت آبیاری ناقص استفاده شد (۹):

$$D_P = \frac{V_{Z1} - (SMD\times AD_{irr}\times S_l\times S_m)}{q\times Ti_{rr}}\times 100 \quad (۱۱)$$

q: دبی متوسط آبپاش (متر مکعب در ثانیه)، T_{irr} مدت زمان آبیاری (ثانیه)، S_l فاصله آبپاش‌ها از یکدیگر روی لوله فرعی (متر)، S_m فاصله لوله‌های فرعی از یکدیگر روی لوله اصلی (متر)، AD_{irr} درصد کفایت آبیاری که از رابطه ۱۲ محاسبه می‌شود و V_{Z1} کل حجم آب نفوذ کرده (مترمکعب) در منطقه‌ای که بیشتر و یا مساوی با کمبود رطوبت خاک، آب خورده است و از رابطه ۱۳ محاسبه می‌شود:

$$AD_{irr} = \frac{N_1}{N}\times 100 \quad (۱۲)$$

N_1: تعداد قوطی‌هایی که آب جمع شده در آن‌ها بیشتر و یا مساوی با SMD بوده است.

$$V_{Z1} = \sum_{i=1}^{i;Di\geq SMD}(D_i\times A_i)\times S_l\times S_m \quad (۱۳)$$

A_i: درصد مساحتی که تحت پوشش هر یک از قوطی‌های جمع‌آوری آب قرار داشت ($\frac{1}{N}\times 100$).

پس از تعیین پارامترهای مورد نیاز، با تبدیل شبکه نمونه‌برداری به شبکه محاسباتی و براساس روابط مربوطه، پارامترهای ارزیابی محاسبه گردیدند. هم‌چنین با استخراج مساحت آبیاری شده و عمق آب آبیاری، منحنی کفایت آبیاری تعیین و ترسیم گردید و تلفات نفوذ عمقی از منحنی کفایت آبیاری و تلفات پاششی با توجه به روابط مربوطه تعیین شد.

نتایج و بحث

نتایج اندازه‌گیری‌های مربوط به کیفیت خاک (جدول۲) شش باغ چای منتخب مورد ارزیابی نشان داد که خاک تمامی باغ‌ها به‌دلیل داشتن هدایت الکتریکی و نسبت جذبی سدیم پایین در طبقه‌بندی خاک‌های متاثر از نمک در رده نرمال قرار داشتند. آب تمام سامانه‌ها از چاه تامین شده و هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم آن‌ها به‌ترتیب بین ۰/۱۵ تا ۰/۵۲ دسی زیمنس بر متر و ۰/۹ تا ۱/۲۴ بود که در طبقه‌بندی ارائه‌شده توسط آزمایشگاه شوری خاک آمریکا، در کلاس C_2-S_1 قرار می‌گیرند. به‌طور کلی تمام خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب و خاک باغ‌های مورد ارزیابی در محدوده مجاز قرار داشته و برای آبیاری بارانی محدودیت کاربردی نداشتند.

برخی از مشخصات سامانه‌های آبیاری بارانی ارزیابی‌شده در جدول ۱ و نتایج اندازه‌گیری پارامترهای ارزیابی سامانه‌های آبیاری در جداول ۳، ۴ و ۵ ارائه شده است. میانگین بیشترین ضریب یکنواختی بلوک آزمایش مربوط به سامانه WB، EP و ED به‌ترتیب با مقادیر ۷۵، ۷۵ و ۶۹ درصد بود (جدول۴) اما با توجه به تغییرات نسبتاً زیاد فشار در سامانه WB (۴۸/۸ درصد)، بیشترین ضریب یکنواختی کل سامانه آبیاری به‌ترتیب در سامانه‌های EP، WB و ED به‌دست آمد (۷۱، ۷۰ و ۶۸ درصد). اگر ضریب یکنواختی در ارزیابی یک سامانه بیشتر از ۷۰ درصد باشد، داده‌های به‌دست آمده در آزمایش دارای توزیع نرمال بوده و اندازه‌گیری‌ها نسبت به میانگین نسبتاً قرینه خواهند بود (۱).

روند مشابهی از تغییرات یکنواختی توزیع آب در این سه سامانه مشاهده گردید (جدول۴). به‌طوری‌که بالاترین مقدار یکنواختی توزیع در کل سامانه با مقادیر ۵۹/۷ ، ۵۹/۳ و ۵۸/۱ درصد به‌ترتیب متعلق به سامانه‌های ED، WB و EP بود. با این وجود، ضریب یکنواختی کریستیانسن و یکنواختی توزیع آب در ربع پایین در سه سامانه فوق کمتر از مقادیر توصیه شده مریام و کلر (۸۷ ٪ ≤CU≤ ۸۱ ٪ و ۸۰ ٪ ≤DU≤ ۶۷ ٪) بود (۱۹). علت اصلی این موضوع، کمبود فشار و تغییرات فشار و دبی آبپاش‌ها به‌ویژه در سامانه WB بود (جدول۵).

جدول۳- پارامترهای ارزیابی سامانه آبیاری بارانی کلاسیک

Table3- Parameters evaluated in sprinkler irrigation systems

نام باغ Farmer's fields	متوسط دبی آبپاش‌ها Avg. sprinkler discharge (l/s)	تلفات پاششی Spraylosses (%)	تلفات نفوذ عمقی Deep percolation (%)	آب کاربردی Water application (mm)	آب رسیده به زمین Depth of water received (mm)
WA	0.38	13	0	31	26.9
WB	2.39	8	12	54	49.6
CG	0.52	4.8	6	41.6	39.5
CK	0.41	9.8	13	39.6	35.7
EP	0.84	11.7	9	40	35.3
ED	0.69	9.4	4	48.7	44.1

جدول٤- میانگین دو سالانه پارامترهای ارزیابی سامانه آبیاری بارانی کلاسیک (بر حسب درصد)

Table4- Average bi-annual evaluation parameters (%) in sprinkler Irrigation system

نام باغ Farmer's fields	AELQ	PELQ	CU	DU	AELQs	PELQs	CUs	DUs
	بلوک آزمایش (Block test)				کل سامانه (Total system)			
WA	39.38	39.38	66.29	51.22	37.72	37.72	64.49	49.14
WB	54.44	54.44	75.24	64.76	46.55	46.55	70.38	59.30
CG	43.09	43.09	61.27	46.43	37.26	37.26	55.38	44.44
CK	48.28	48.28	65.75	52.02	42.34	42.34	59.28	44.34
EP	75.55	75.55	75.06	63.13	53.23	53.23	71.09	58.13
ED	54.76	54.76	69.46	61.97	51.11	51.11	67.73	59.66
Max.	57.55	57.55	75.24	64.76	53.23	53.23	71.91	60.13
Min.	39.38	39.38	61.27	46.43	37.26	37.26	55.83	44.34
Avg.	49.58	49.58	68.84	56.58	44.70	44.70	65.50	52.51

که بیشتر به‌دلیل تلفات مقدار زیادی آب از محل اتصال پایه آبپاش به شیرخودکارها به‌وجود می‌آمد. هم‌چنین طراحی و اجرای تقریباً نامناسب سامانه آبیاری و بهره‌برداری و مدیریت ضعیف و قدیمی بودن سامانه آبیاری (ناشی از مسائل اقتصادی و عدم آشنایی کشاورزان به دانش آبیاری) در برخی از موارد مانند سامانه WB مزید بر علت بوده است. چنان‌که در بازدیدها دیده شد، در برخی از موارد (سامانه WB) کشاورزان از چندین نوع آبپاش با مشخصات و مدل‌های مختلف به‌طور هم‌زمان استفاده می‌کردند (جدول۱). از دیگر مشکلات بهره‌برداری و مدیریتی، به‌کارگرفتن تعداد آبپاش بیشتر از حد مجاز روی لوله جانبی توسط برخی از کشاورزان بوده است که منجر به پایین افتادن فشار سامانه به‌میزان غیر قابل قبول می‌گردید (باغ‌های WB و EP).

جدول۵- تغییرات فشار در سامانه‌های آبیاری بارانی مورد ارزیابی

Table5- The pressure variation in sprinkler irrigation systems evaluated

نام باغ Farmer's fields	متوسط فشار Avg. pressure (bar)	حداکثر فشار Max. pressure (bar)	حداقل فشار Min. pressure (bar)	تغییرات فشار Pressure variation (%)	ضریب کاهش راندمان Reduction coefficient
WA	1.9	2.1	1.7	19	0.042
WB	2.9	4.3	2.2	48.8	0.144
CG	2.8	3.8	1.9	50.0	0.135
CK	3.1	3.9	2.0	48.7	0.122
EP	4.0	4.7	3.2	31.9	0.075
ED	3.1	3.9	2.8	28.2	0.071

بر اساس گزارش کوبان (۷) ضریب یکنواختی سامانه‌های آبیاری بارانی در باغ‌های چای تانزانیا بین ۳۱ تا ۵۵ درصد و در گزارش دیگر بین ۵۸ تا ۷۲ درصد (۱۳)، اعلام گردید که علت آن، طراحی ضعیف، فاصله زیاد آبپاش‌ها و سرعت زیاد باد ذکر شده است.

کمترین مقدار ضریب یکنواختی کل سامانه در باغ‌های CG و CK با سامانه آبیاری کلاسیک نیمه متحرک به‌دست آمد (به‌ترتیب ۵۵/۸ و ۵۹/۳ درصد). مقدار این ضریب برای سامانه آبیاری تمام ثابت در باغ WA برابر ۶۴/۵ درصد گردید. کمترین مقدار یکنواختی توزیع آب در کل سامانه معادل ۴۴ درصد برای باغ‌های دارای سامانه آبیاری نیمه متحرک و سپس برای باغ WA (۴۹/۱ درصد) به‌دست آمد (جدول۴). مقادیر کم یکنواختی توزیع یا ضریب یکنواختی نشان می‌دهد که چنان‌چه تمام منطقه به اندازه کافی آبیاری شود، تلفات نفوذ عمقی بیشتر خواهد شد (شکل۳). عوامل تاثیرگذار روی کاهش این دو شاخص در سامانه‌های CG و CK را می‌توان به‌صورت زیر بیان کرد.

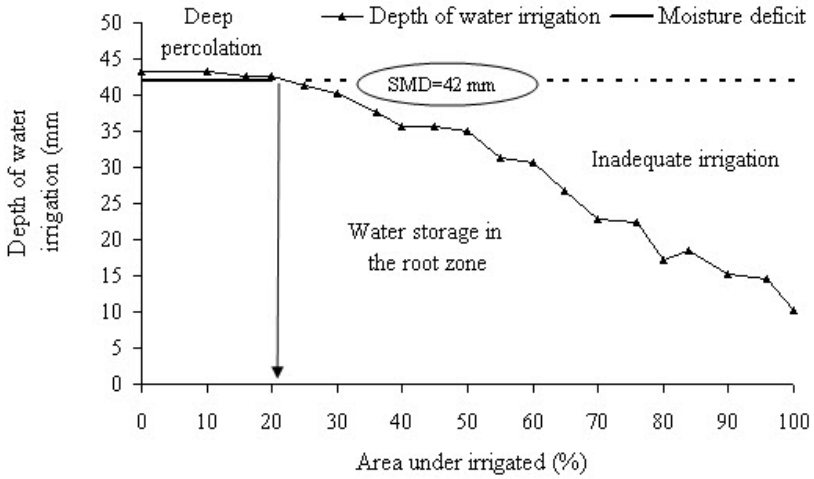
عدم طراحی و اجرای نامناسب سامانه آبیاری و ایستگاه پمپاژ (به‌ویژه موتور پمپ یا الکتروپمپ) و نداشتن آموزش‌های لازم که منجر به بهره‌برداری غیر اصولی از سامانه و مدیریت نامناسب آبیاری گردید. افت فشار زیاد و کاهش دبی در قسمت‌های مختلف سامانه به‌علت عدم آب‌بندی اتصالات، فرسودگی لوله‌ها، آبپاش‌ها و اتصالات و عدم تعویض آن‌ها علیرغم عمر بالای سامانه آبیاری (حدود ۱۶ سال) که باعث شد تا فشار کارکرد آبپاش‌ها از متوسط میزان مورد نیاز کمتر شود. استفاده غیر اصولی و نامناسب از آبپاش‌های تنظیم شونده در کنار آبپاش‌های تمام دور در قسمت‌های مختلف باغ که در کنار سایر موارد ذکر شده می‌تواند از دلایل پایین بودن یکنواختی پخش آب در این سامانه‌ها باشد. دبی آبپاش‌ها به واسطه پایین بودن فشار متوسط، کمتر از میزان ذکر شده در کاتالوگ‌ها برای فشار طراحی بود (جدول۳). علاوه بر این به‌علت کمبود فشار، قطر پاشش آبپاش‌ها (به‌ترتیب ۲۱ و ۲۳ متر برای سامانه‌های CG و CK) کمتر از میزان مورد نیاز بوده است. حداکثر اختلاف فشار آبپاش‌ها در دو سامانه CG و CK (۵۰ و ۴۸/۷ درصد) بیشتر از حد مجاز آن برای طراحی (۲۰ درصد فشار متوسط آبپاش‌ها) به‌دست آمد (جدول۵).

پایین بودن ضریب یکنواختی و یکنواختی توزیع آب در سامانه WA را می‌توان به‌علت جابه‌جایی غیر اصولی آبپاش‌ها به‌دلیل نداشتن آب کافی جهت آبیاری و در نتیجه تلفات پاششی بیشتر (جدول۳)، استفاده هم‌زمان از سه آبپاش تنظیمی و در نتیجه ایجاد کمبود فشار، قطر پاشش آبپاش‌ها و دبی آن‌ها (جداول۳ و ۵) به‌علت نامناسب بودن فشار تامین‌شده در الکتروپمپ در حال استفاده و فرسودگی و استهلاک آبپاش‌ها دانست.

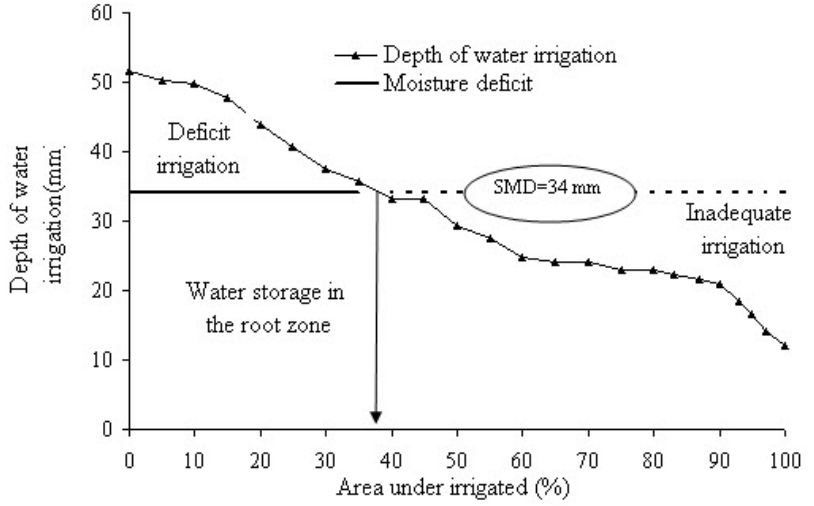
تغییرات فشار در تمام سامانه‌های آزمایشی (جدول۵) در حد مناسبی نبود (به‌جز WA) لذا ضریب یکنواختی و یکنواختی توزیع در کل سامانه نسبت به مقادیر اندازه‌گیری شده در بلوک آزمایشی، کاهش زیادی پیدا می‌کرد (جدول۴). تغییرات مناسب فشار در سامانه WA به‌علت مساحت کم باغ (۰/۳ هکتار) و کوتاه بودن طول لوله‌های اصلی (حدود ۸۵ متر) و جانبی (حدود ۳۵ متر) بود. از مهم‌ترین دلایل تغییرات زیاد فشار در سامانه‌های آبیاری دیگر می‌توان به نشت آب از محل اتصال پایه آبپاش به شیرخودکار و سایر اتصالات (به‌خصوص در سامانه‌های کلاسیک نیمه متحرک)، طول نامناسب لوله‌های جانبی و استفاده بیش از میزان مجاز آبپاش‌ها روی لوله جانبی و بهره‌برداری غیر اصولی از آن‌ها اشاره نمود که منجر به افزایش ضریب کاهش راندمان در این سامانه‌های آبیاری (جدول۳) نیز شده است.

بیشترین مقدار راندمان پتانسیل کاربرد و راندمان واقعی کاربرد مربوط به دو سامانه EP و ED بود که کمترین میزان تغییرات فشار را داشتند (جدول۴). میانگین راندمان پتانسیل و راندمان واقعی کاربرد در تمام سامانه‌های مورد ارزیابی برابر ۴۴/۷ درصد به دست آمد. مریام و کلر (۲۰) محدوده ۶۵ تا ۸۵ درصد را به‌عنوان حد مجاز برای راندمان پتانسیل کاربرد اعلام کرده‌اند. یکسان بودن مقادیر این دو پارامتر در تمام سامانه‌های آبیاری بیانگر آبیاری کمتر از نیاز گیاه بوده است.

در تمام سامانه‌های آبیاری مورد ارزیابی، راندمان پتانسیل کاربرد آب به‌دلیل پایین بودن یکنواختی توزیع آب دارای مقدار غیر قابل قبولی بوده است (کمتر از مقادیر توصیه‌شده توسط مریام و کلر (۱۹)). از دلایل دیگر پایین بودن مقادیر راندمان پتانسیل کاربرد در بیشتر سامانه‌های مورد ارزیابی می‌توان مسائل و مشکلات اقتصادی را نام برد. علاوه بر این، در بیشتر این سامانه‌ها علیرغم تلفات نفوذ عمقی نه‌چندان زیاد، کفایت آبیاری نسبتاً پایین و غیر قابل قبول بوده است. شکل‌های ۳ تا ۵ کفایت آبیاری را برای سه سامانه مورد ارزیابی نشان می‌دهد. کفایت آبیاری در تعدادی از سامانه‌ها تا حد کاملاً غیر قابل قبولی پایین بوده است. به‌طوری‌که در سامانه‌های WA و CK به‌ترتیب فقط حدود ۲۰ و ۳۸ درصد از مساحت آبیاری‌شده، به اندازه کمبود رطوبت خاک (عمق آبیاری مورد نیاز) یا بیشتر از آن آب دریافت کرده است. علت اصلی این موضوع نیز پایین بودن یکنواختی توزیع آب در سامانه‌های مورد ارزیابی بوده که دلایل آن قبلاً شرح داده شد.



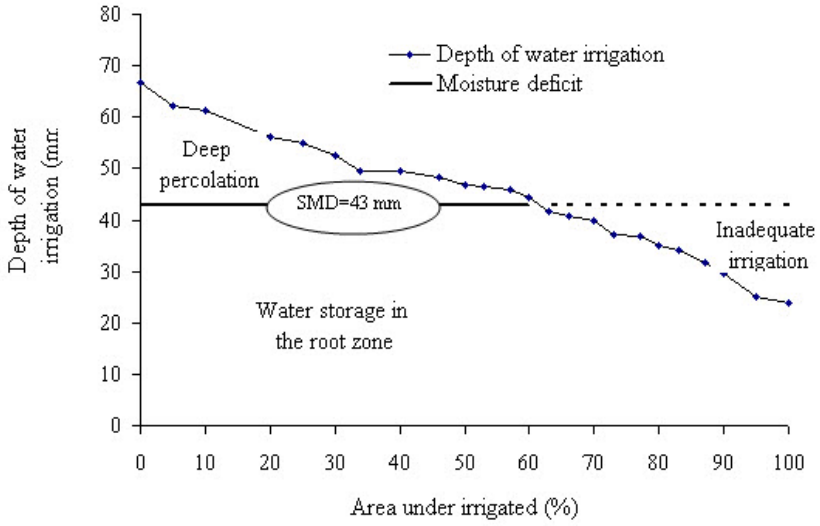
شکل ۳- منحنی کفایت آبیاری سیستم AW با ضریب یکنواختی ٦٤/٤ درصد
Figure3- Curve of adequacy irrigation in Wa (CU=%64/4) system



شکل ٤- منحنی کفایت آبیاری سیستم CK با ضریب یکنواختی ۵۹/۳ درصد
Figure4- Curve of adequacy irrigation in CK (CU=%59/3) system

تلفات پاششی در سامانه‌های مورد ارزیابی در باغ‌های منتخب بین ۴/۸ تا ۱۳ درصد تغییر می‌کرد (جدول۳). این مقدار تلفات در سامانه‌های آبیاری بارانی کلاسیک در باغ‌های چای در مقایسه با مقادیر ۶/۲ تا ۴۲/۴ درصد به‌دست‌آمده در سایر مناطق کشور (۲، ۴، ۹ و ۲۱) کمتر است که می‌توان سرعت باد کم و رطوبت نسبی زیاد (۳) را از دلایل اصلی آن دانست. سرعت باد در زمان ارزیابی در تمام سامانه‌های آبیاری بین ۱/۸ تا ۲/۴ کیلومتر در ساعت بود که جزء بادهای با سرعت بسیار ملایم می‌باشد. البته درصورتی‌که آبیاری در شب انجام شود این میزان تلفات به مراتب کمتر خواهد شد. هم‌چنین رطوبت نسبی در زمان ارزیابی (ساعت ۸ تا ۹ صبح) در تمام سامانه‌ها مناسب بود (حدود ۷۰ درصد).

قابل ذکر است که گیاه چای علاوه بر تنش رطوبتی موجود در خاک به علت کمبود بارندگی (شکل۲)، عوامل تنش‌زای محیطی نظیر دمای بالای هوا (بیشتر از ۲۵ درجه سانتی‌گراد) و کمبود فشار بخار اشباع بیشتر از ۲/۱ کیلوپاسکال (۱۲ و ۲۲) در ماه‌های تیر و مرداد (شکل۱) باعث می‌شود تا تولید محصول (برگ و شاخساره‌های چای) در این وضعیت کاهش بسیار زیادی پیدا کند. این شرایط بحرانی بیشتر در ساعات گرم روز (ساعت ۱۲ تا ۱۶ عصر) اتفاق می‌افتد که سبب کاهش رطوبت نسبی تا حدود ۳۰ درصد (کمبود فشار بخار حدود ۲/۱ کیلو پاسکال) و افزایش تلفات تبخیر می‌شود.



شکل ۵- منحنی کفایت آبیاری سیستم WB با ضریب یکنواختی ۷۰/٤ درصد

Figure5- Curve of adequacy irrigation in WB (CU=%70/4) system

جدول ۶، نتایج ارزیابی سامانه‌های مورد مطالعه در این پژوهش را در مقایسه با نتایج ارزیابی سامانه کلاسیک ثابت سایر محققین (۲، ۴، ۹ و ۲۱) در مناطق مختلف کشور نشان می‌دهد. همان‌طوری‌که مشاهده می‌شود مقادیر ضریب یکنواختی و یکنواختی توزیع آب در سامانه‌های مورد ارزیابی در این پژوهش حدواسط مقادیر مربوط به سامانه‌های آبیاری کلاسیک مناطق دیگر قرار دارند.

به‌نظر می‌رسد فواصل کمتر آبپاش‌ها و لوله‌های فرعی در سامانه‌های آبیاری باغ‌های چای نسبت به سایر سامانه‌های اشاره‌شده یکی از مهم‌ترین دلایل افزایش نسبی این شاخص‌های ارزیابی باشد اما در عوض قدمت زیاد سامانه‌های آبیاری در باغ‌های چای و فرسودگی اتصالات مربوط به آن (در نتیجه کاهش فشار و دبی آبپاش‌ها از مقادیر طراحی‌شده) باعث شد تا مقادیر این دو شاخص ارزیابی در سامانه‌های مورد مطالعه نسبت به برخی از سامانه‌های جدول ۶ کاهش یابد. سامانه‌های آبیاری مورد ارزیابی توسط سایر محققین (جدول۶) از نوع کلاسیک ثابت ـآبپاش متحرک بود در حالی که دو مورد از سامانه‌های آبیاری ارزیابی‌شده در این پژوهش از نوع کلاسیک نیمه متحرک بودند که عملکرد بسیار ضعیف آن‌ها سبب شد تا میانگین این دو شاخص کمتر از حد انتظار گردد. مقادیر کمتر شاخص‌های AELQ و PELQ در سامانه‌های مورد ارزیابی در این پژوهش نسبت به سایر سامانه‌های اشاره شده را می‌توان به‌علت مدیریت نامناسب آبیاری و عدم آشنایی کشاورزان با دانش آبیاری و بهره‌برداری و نگهداری ضعیف از سامانه‌های آبیاری دانست. هم‌چنین درصد کفایت آبیاری و در نتیجه نفوذ عمقی در سامانه‌های ارزیابی‌شده در این پژوهش کمتر از سایر سامانه‌های آبیاری به‌دست آمد. تلفات پاششی در سامانه‌های آبیاری در مناطق چای‌کاری استان گیلان کمتر از سایر مناطق بود که به نظر می‌رسد رطوبت نسبی بیشتر هوا در این اراضی چای‌کاری دلیل اصلی این مساله باشد.

نتیجه‌گیری کلی

میانگین ضریب یکنواختی، یکنواختی توزیع، راندمان واقعی و پتانسیل کاربرد در ربع پایین برای شش باغ ارزیابی شده به‌ترتیب حدود ۶۵، ۵۲، ۴۴ و ۴۴ درصد به‌دست آمد که کمتر از مقادیر توصیه شده است. نتایج این پژوهش نشان داد که سامانه‌های آبیاری بارانی کلاسیک در باغ‌های چای به دلایل طراحی و اجرای غیر اصولی، بهره‌برداری و نگهداری نامناسب (ناشی از مسائل اقتصادی و عدم آشنایی کشاورزان به دانش آبیاری)، قدیمی بودن سامانه‌های آبیاری در وضعیت عملکردی مناسب قرار ندارند. برای ارتقای عملکرد و کارآیی سیستم‌های آبیاری در باغ‌های چای توصیه می‌شود تا طراحی و اجرا با اطلاعات دقیق منطقه‌ای و توسط شرکت‌های مجاز صورت گیرد. هم‌چنین به‌کارگیری روش آبیاری بارانی ثابت-آبپاش متحرک به‌جای روش نیمه متحرک با جابجایی دستی (لوله‌های آلومنیومی)، الگوی بهره‌برداری آبیاری گروهی و آشنایی کشاورزان با اصول برنامه‌ریزی صحیح آبیاری و مدیریت بهره‌برداری و نگهداری سیستم آبیاری در بهبود شاخص‌های کارآیی بسیار موثر هستند.

جدول٦- نتایج ارزیابی سامانه‌های مورد مطالعه در این پژوهش در مقایسه با نتایج سایر محققین

Table6- The results of evaluation systems in this study compared to results of other researchers

پارامترهای ارزیابی Evaluation parameters (%)		باغ‌های مورد مطالعه در این پژوهش Fields studied in this research	بایزیدی، ۱۳۸۰ (قروه) Bayazidi *et al.* 2003	رضوانی و جعفری، ۱۳۸۳ (همدان) Rezvani & Jafari.2005	برادران هزاوه، ۱۳۸٤ (اراک) Baradaran Hazaveh *et al.*2005	فاریابی و همکاران، ۱۳۸۹ (کردستان) Faryabi *et al.*2010
CU	Min.	55.83	22	68.9	66.72	49.29
	Avg.	65.5	60	73	76.16	66.04
	Max.	71.91	73.86	89.5	85.3	77.59
DU	Min.	44.34	12.85	55.6	49.56	35.54
	Avg.	52.51	43.75	81	64.53	50.62
	Max.	60.13	66.92	85.6	77.81	64.10
PELQ	Min.	44.70	7.60	34.1	43.68	30.20
	Avg.	37.26	35.14	52.1	55.56	44.80
	Max.	53.23	59.82	67	64.36	55.77
AELQ	Min.	44.70	7.60	29	39.86	30.20
	Avg.	37.26	35.14	43.3	۱51.48	43.78
	Max.	53.23	59.82	49.8	61.66	55.03
ADirr	Min.	22	–	–	68	28
	Avg.	43	–	–	88.1	68
	Max.	60	–	–	85	100
WDEL	Min.	4.8	8.58	9.2	8.5	6.28
	Avg.	8.9	25.25	19.58	12.87	11.2
	Max.	13	42.4	39.5	20.5	17.1
DP	Min.	0	0	–	24.37	6.3
	Avg.	8.8*	11.3	–	32.83	39.3
	Max.	13	17.17	–	42.59	25.01

*: باغ WA دارای نفوذ عمقی نبود و این مقدار، میانگین نفوذ عمقی در باغ‌هایی است که در آنها نفوذ عمقی وجود داشت.

WA field was not deep percolation and this amount, the average deep percolation in the fields where there was deep percolation.

سپاسگزاری

این مقاله بخشی از نتایج پروژه تحقیقاتی مصوب به شماره ثبت ۸۸۰۰۶-۲۱-۲۱-۲ سازمان تحقیقات، آموزش وترویج کشاورزی وزارت جهاد کشاورزی است که با امکانات پژوهشکده چای کشور در مناطق مختلف چای‌کاری استان گیلان اجرا گردید. بدین وسیله از تمامی دوستان همکار در اجرای پروژه، تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

1- Alizadeh A. 2005. Irrigation system design. Ferdowsi University of Mashhad.(In Persian)
2- Baradaran Hazaveh F., Boroumand S., Mohseni Movahhed A. 2005. Technical evaluation of sprinkler irrigation systems implemented in Arak. National Conference of irrigation and drainage, 2-4 May. 2005. Shahid Chamran University of Ahvaz. (in Persian)

3- Bavi A., Kashkuli H.A., Broomand S., Naseri A., and Albaji M. 2009. Evaporation losses from sprinkler irrigation systems under various operating conditions. Journal Appl. Science. 9(3): 597-600.
4- Bayazidi M., Fardad H., and Liaghat A. 2003. Evaluation of systems in the city Ghorneh. Proceedings of the technical workshop sprinkler (Capabilities and Challenges), 14 Feb. 2003. Agricultural Engineering Research Institute, Karaj, Iran. (in Persian)
5- Carr M.KV. 2010a. The role of water in the growth of the tea (*Camellia sinensis* L.) crop: a synthesis of research in eastern Africa. 1. Water relations. Experimental Agriculture, 46(3): 327-349.
6- Christiansen J.E. 1942. Irrigation by sprinkling. California Agricultural Experimental Station Bulletin 670. University of California, Berkeley, California.
7- Cobban S. 1995. An evaluation of the floppy sprinkler with refrence to the rotary impact sprinkler for the irrigation of tea in East Africa. MSc. thesis. Cranfield University at Silsoe, UK.
8- Ebrahimi H. 2005. Analysis and evaluation of simplified irrigation systems in khorasan. Journal of Agriculture Sciences. 12(3): 577-589. (in Persian with English abstract)
9- Faryabi A., Marouf A., and Ghahremani H. 2010. Evaluation of sprinkler irrigation system fixed in plain Dehgolan in kordestan. Journal Science & Agricultural &Technology Natural Resource, 54: 1-15. (in Persian)
10- Ghasemzadeh Mojaveri F. 2000. Evaluation irrigation system on farms. University of Imam Reza press. (in Persian)
11- Hill R.W. 2000. Management of sprinkler irrigation systems. California Alfalfa Symposium,119-132, http://ucanr.org/glf_symp.
12- Keller J., and Bliesner R.D. 1990. Sprinkler and trickle irrigation, Van Nostrand Reinhold New York. 3-5, 85-96.
13- Knox J.W. 1993. An evaluation of the irrigation system and practices on the Kibena Tea project. Tanganyika Wattle Company. Final report to the commonwealth development corporation. https://dspace.lib.cranfield.ac.uk.
14- Lorenzini G., and De Wrachien D. 2005. Performance assessment of sprinkler irrigation systems: A new indicator for sprsy evaporation losses. Irrigation and Drainage, 54: 295–305.
15- Majd Salimi K. 2008. Investigation and study of irrigation systems development and water use efficiency problems in tea fields. Final Report. Agriculture Research, Education and Extension Organization, Tea Research Institute of Iran, 60 p. (in Persian with English abstract)
16- Majd Salimi K. 2012. Interaction of irrigation levels and amounts of nitrogen fertilizer on yield and quality of tea green leaf. Final Report. Agriculture Research, Education and Extension Organization, Tea Research Institute of Iran, 133 p.(in Persian with English abstract)
17- Majd Salimi K., Salvatian S.B., and Rezaeii M. 2011. Effects of sprinkler irrigation intervals on yield and water use efficiency of tea fields in Giulan Province, Iran, Journal of Water and Soil. 24(6): 1129–1141. (in Persian with English abstract)
18- Mclean R.K., Sriranjann R., and Klassen G. 2000. Spray evaporation losses from sprinkler irrigation systems. Canadian Agricultural Engineering. 42(1): 1-15.
19- Merriam J.L., and Keller J. 1978. Farm irrigation system evalution: A guide for management. Utah state university, Utah. P:271.
20- Merriam J. L., Shearer M., and Bort C. M. 1983. Evaluation irrigation systems and practices. In: Jensen M.E.(ed) Design and operation of farm irrigation system. pp:719-760.ASAE. Monograph.
21- Rezvani S. M., Jafari A. M. 2005. Evaluate the performance of sprinkler irrigation systems implemented in potato fields managed by farmers in Hamedan province. Proceedings of the technical workshop sprinkler (Capabilities and Challenges), 14 Feb. 2003. Agricultural Engineering Research Institute, Karaj, Iran. (in Persian)
22- Smith R.I., Harvey F.J., and Cannell M.G.R. 1993. Clonal responses of tea shoot extension to temperature In Malawi. Experimental Agriculture, 29:47–60.

Journal of Water and Soil
Vol. 29, No. 2, May.-Jun. 2015, p. 336-349

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۹، شماره ۲، خرداد – تیر ۱۳۹۴، ص. ۳۴۹-۳۳۶

Technical Evaluation of Sprinkler Irrigation Systems which were Implemented in Tea Fields of the Guilan Province

K. Majd Salimi[1*] - S.B. Salvatian[2] - E. Amiri[3]

Received:13-12-2013
Accepted:02-11-2014

Introduction: Designing and management of sprinkler irrigation systems depend on the situation and location of its implementation and often rely on professional and long-term tests (9). Having a good irrigation system depends on knowledge of the relationship between soil, water, plants, irrigation scheduling, the required amount of irrigation water to the water-holding capacity of soil, climate and plant growth (6).The less use of sprinkler irrigation systems and less performed research projects in the Guilan province, lack of correct design parameters due to shortage of the required parameters for local and regional planning, has led to reliance on charts and tables. Therefore, planning water resources cannot be performed well and with accurate details. According to many researchers (8), the technical evaluation should be a regular and short-term process to review the problems and possible performance of irrigation systems. Merriam and Keller (10) defined the assessment of an irrigation system analysis, based on field measurements in real terms during the normal work of the system. Therefore, to develop these systems over the next few years, it is essential to evaluate the use of irrigation systems and review the performance of existing problems and utilizing the results to improve it. The aim of this study was to assess the current status of implemented irrigation systems in the tea plantations of Guilan and evaluate their performance.

Materials and Methods: In this study, six classic sprinkler irrigation systems in tea fields of Guilan province were evaluated during two years. Sprinkler irrigation systems of semi-portable, solid-set and solid-set (hand-move sprinkler) were selected randomly. To evaluate this irrigation systems, Christiansen's uniformity coefficient (CU), distribution uniformity (DU), potential application efficiency of low-quarter (PELQ) and application efficiency of low-quarter (AELQ) in the form of trial blocks were estimated by measuring pressure fluctuations which were applied to the entire system. Using irrigated area and irrigation water depth, adequacy of irrigation curve, deep percolation losses and spray losses were determined on the basis of existing relationships.

Results and Discussion: Average values of CU, DU, PELQ and AELQ for 6 tea fields were 65, 52, 44 and 44 percent, respectively. Application efficiency in all irrigation systems, Christiansen's uniformity coefficient and distribution uniformity were lower than recommended values in the references. Merriam and Keller (11) reported the allowable range for potential application efficiency of low-quarter between 65 to 85 percent. With respect to irrigation less than the actual water requirement of the plant in tea fields, AELQ was equal with PELQ. Untechnical design and implementation of irrigation systems, particularly poor operating pressure and economic problems were detected as the main reasons for the low PELQ. Simultaneous use of sprinklers with different specifications and models, old irrigation systems, water leakage from valves and other equipment, practically change the pressure and flow rate, which were the main reasons for the decrease in uniformity of water distribution and application efficiency of low-quarter. According to Cobban (4) uniformity coefficient of sprinkler irrigation systems were reported between 31 to 55 percent in Tanzania tea fields and in other reports were between 58 to 72 percent (7), which was due to poor design, long spacing of sprinklers and high speed wind. Christiansen's uniformity coefficient and distribution uniformity of low-quarter in ED, WB & EP systems were lower than recommended values by Merriam and Keller (%81≤CU≤87% & %67≤DU≤80%)(10). In spite of the little losses in deep percolation, irrigation adequacy of these systems was relatively low and unacceptable. In such circumstances, only about 20 to 38% of irrigated area in WA and CK systems, respectively received the required water or more, according to lack of soil moisture (required irrigation depth). The main reason was low uniformity of water distribution in irrigation systems which was described previously. Evaluated spray losses in irrigation systems was variable between 4.8 to 13 percent. The losses obtained in irrigation systems in tea fields in comparison with the values 2.6 to 42.4 which were obtained in other regions of the country were less by (1, 3, 5 and 12) due to low wind speed and high relative humidity (2) as the main reasons.

Conclusion: Average values of CU, DU, PELQ and AELQ for 6 tea fields were 65, 52, 44 and 44 percent, respectively that were lower than recommended values in the references. The results showed that old irrigation

1,2-Researchers, Technology and Engineering Department of Tea Research Institute, Lahijan
(* - Corresponding Author Email: k_majdsalimi@yahoo.com)
3- Associate Professor, Department of Irrigation and Driange, Islamic Azad University, Lahijan Branch

systems in tea fields are not in good functional status due to untechnical design and implementation, operation, exploitation and inappropriate maintenance (due to economic problems and lack of farmer's knowledge on irrigation). To improve the performance and efficiency of irrigation systems in the tea fields, detailed information are recommended, to design and implement with detailed information accomplished by regional companies. Moreover, the use of solid-set (hand-move sprinkler) sprinkler irrigation instead of semi-portable with manual handling (aluminum pipes), operation of irrigation groups and promoting farmers' knowledge about the principles of proper the scheduling and management, operation and maintenance of irrigation systems are very effective to improve the performance indices.

Keywords: Irrigation efficiency, Irrigation management in tea plant, Supplemental irrigation, Water requirement