

مقایسه اثر مقدماتی سامانه‌های سطوح آبگیر مدیریت شده کوچک مقیاس بر بهبود فعالیت فتوسنتزی نهال‌های بادام

سعید نجفی^۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۲/۱۰

چکیده

تنش آبی یکی از مهم‌ترین عوامل تنش‌ی است که رشد گیاهی و تولیدات حاصل از آن را در سراسر جهان تحت تأثیر قرار می‌دهد. بر همین اساس در این مقاله، اثر سامانه‌های سطوح آبگیر باران تحت پنج تیمار شاهد و بدون تغییر در سامانه (A)، حذف پوشش گیاهی و سنگریزه همراه با فیلتر سنگریزه‌ای (B)، حذف پوشش گیاهی و سنگریزه بدون فیلتر سنگریزه‌ای (C)، عایق کردن بخشی از سامانه همراه با فیلتر سنگریزه‌ای (D) و عایق کردن بخشی از سامانه بدون فیلتر سنگریزه‌ای (E) بر عوامل فتوسنتزی نهال بادام مورد بررسی قرار گرفت. پژوهش در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در ۳ تکرار و در ابعاد ۵، ۸ و ۰/۵ متر به ترتیب برای طول، عرض و عمق در هر سامانه در ایستگاه پژوهشی قره‌چریان واقع در شهرستان زنجان طراحی شد. در سال ۱۳۹۰، پس از یک بارندگی ۲۲ میلی‌متری با فاصله زمانی ۱۰ و ۲۲ روز از بارندگی، چهار عامل فتوسنتزی شامل میزان فتوسنتز در واحد سطح برگ، هدایت روزنه‌ای آب، میزان تعرق و جذب CO₂ زیر روزنه‌ای اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که درباره دو عامل فتوسنتز و تعرق اثر سامانه‌های مذکور معنی‌دار بوده است. هرچند نتایج نشان داد که اثر سامانه‌های سطوح مدیریت شده به‌ویژه تیمارهای عایق کردن بخشی از سامانه بدون فیلتر سنگریزه‌ای (E)، حذف پوشش گیاهی و سنگریزه همراه با فیلتر سنگریزه‌ای (B) و حذف پوشش گیاهی و سنگریزه بدون فیلتر سنگریزه‌ای (C) بیشترین و تیمار شاهد (A) کمترین عملکرد را داشته‌اند، به‌طور کلی برای دستیابی به جزئیات بیشتر و پاسخ به مواردی چون ارجحیت تیمارها، اثر فیلتر سنگریزه‌ای به‌کاررفته در سامانه‌ها، تأثیر بلندمدت سامانه‌ها بر رشد نهال‌های مثمر با گونه‌های مختلف، تأثیر سامانه‌ها در استقرار، تثبیت و تولید محصول، طراحی سامانه‌ها مبتنی بر فواصل بارندگی و حجم آب مورد نیاز برای جمع‌آوری در هر سامانه جهت عدم ایجاد تنش خشکی برای نهال‌ها نیاز به مطالعاتی جامع و حداقل با دوره زمانی ۱۰ ساله است تا بتوان طبق آن برنامه‌ها و توصیه‌های مدیریتی لازم و ممکن برای غلبه بر مشکلات کم‌آبی و پاسخ به نیازهای جمعیت در حال رشد به محصولات کشاورزی را ارائه کرد.

واژه‌های کلیدی: ایستگاه پژوهشی قره‌چریان، تنش خشکی، حفاظت آب، درختان مثمر، شهرستان زنجان.

۱. استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، sa.najafi@urmia.ac.ir

مقدمه

به نظر می‌رسد تنش خشکی یکی از مهم‌ترین عواملی است که رشد گیاهی و تولیدات حاصل از آن در سراسر جهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد (ژنگ^۲ و همکاران، ۲۰۱۰)، به طوری که با تشدید تنش خشکی، فتوسنتز، رشد برگ، رشد گیاهی، هدایت روزنه‌ای و متعاقباً تولید محصول مربوط تحت تأثیر منفی قرار می‌گیرد (سابرامانیام^۳ و همکاران، ۲۰۰۶؛ ژنگ و همکاران، ۲۰۱۰). به همین منظور و با توجه به افزایش سریع جمعیت جهان، کاهش منابع آبی و تغییرات اقلیمی (با گرایش افزایش خشکی) بررسی راهکارهایی برای افزایش محصولات تولیدی کشاورزی و باغی در کنار مصرف بهینه آب امری ضروری است (چاوز^۴ و همکاران، ۲۰۱۱). ضرورت این امر در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان به دلیل هم‌افزایی خشکی محیط با درجه‌حرارت بالا و ایجاد محدودیت‌هایی مضاعف برای بقای گیاهان و درختان و کاهش محصولات تولیدی بیش از پیش است. بر همین اساس، اطلاع از چگونگی واکنش درختان و گیاهان مختلف به تنش‌های خشکی برای ارائه راهکار برای مقابله با این تنش‌ها سبب ارتقای مدیریت کشاورزی و باغداری خواهد بود (چاوز^۵ و همکاران، ۲۰۰۳ و ۲۰۰۹). یکی از مواردی که می‌تواند در مناطق خشک و نیمه‌خشک برای کاهش اثرات تنش خشکی بر گیاهان و درختان مورد توجه قرار گیرد، کاربرد سامانه‌های جمع‌آوری آب باران است (یوئن^۶ و همکاران، ۲۰۰۱؛ مزیرای و تومبا^۷، ۲۰۱۰؛ هو^۸ و همکاران، ۲۰۱۴؛ سانگ^۹ و همکاران، ۲۰۱۷). در این باره می‌توان به دو دسته کلی از سامانه‌های مورد استفاده اشاره کرد که بر اساس اندازه سامانه و مسافت انتقال آب جمع‌آوری شده به سامانه‌های کوچک^{۱۰} و بزرگ مقیاس^{۱۱} قابل تفکیک هستند.

این سامانه‌ها در نوع کوچک مقیاس سامانه‌هایی با ابعاد کوچک (۱۰ تا ۵۰۰ مترمربع) هستند که کارکرد آن‌ها تمرکز دادن آب در یک محل، جمع‌آوری، ذخیره و مصرف در جای آن در مصارف خانگی، دامی و یا کشاورزی است (قدوسی، ۲۰۰۳؛ پاسی و کولیس^{۱۲}، ۱۹۸۶؛ مزیرای و تومبا، ۲۰۱۰؛ بایزین^{۱۳} و همکاران، ۲۰۱۲؛ یونامی^{۱۴} و همکاران، ۲۰۱۵). بنابراین با توجه به این‌که در مناطق خشک و نیمه‌خشک کاهش فتوسنتز، تعرق، هدایت روزنه‌ای آب و جذب CO₂ به‌عنوان واکنش دفاعی و متعاقب آن کاهش عملکرد گیاهی از نتایج قرار گرفتن گیاهان و درختان در تنش‌های خشکی است (سیدیک^{۱۵} و همکاران، ۱۹۹۹؛ فلاکیز^{۱۶} و همکاران، ۲۰۰۲)، کاربرد سامانه‌های سطوح آبگیر باران از نوع کوچک مقیاس می‌تواند در فائق آمدن بر مشکلات پیش‌گفته مؤثر باشد. جمع‌آوری آب باران، نفوذ رواناب جمع‌آوری‌شده در خاک و کاهش تبخیر از سطح خاک از جمله کارکردهایی است که استفاده از این سامانه‌ها برای غلبه گیاهان بر تنش‌های خشکی، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک را ضروری می‌سازد. از طرفی، سامانه‌های سطوح آبگیر باران با تیمارهای مختلف اعمال‌شده در آن‌ها، عملکردهای متفاوتی در میزان رواناب تولیدی دارند. طبیعی است میزان متفاوتی رواناب تولیدی سامانه‌ها می‌تواند منجر به تفاوت در عملکرد عوامل فتوسنتزی شود که خود از عوامل تعیین‌کننده در رشد گیاهان هستند. بر همین اساس و با تأکید بر این واقعیت که بخش قابل توجهی از ایران دارای اقلیم خشک و نیمه‌خشک و مواجه با بحران‌های آبی است، مطالعه عملکرد سامانه‌های سطوح آبگیر مدیریت‌شده به‌ویژه در خصوص گیاهان و درختان مثمر امری ضروری است که به‌صورت هم‌زمان حفاظت و مدیریت بهینه آب و خاک در کنار افزایش تولید محصولات باغی و کشاورزی را سبب خواهد شد. فارغ از اندک مطالعات صورت‌گرفته درباره تغییرات عملکردی عوامل فتوسنتزی در تنش‌های خشکی ناشی از اقلیم یک

2. Zheng
3. Subrahmanyam
4. Chaves
5. Chaves
6. Yuen
7. Mzirai & Tumbo
8. Hu
9. Song
10. Micro-catchment rainwater harvesting systems
11. Macro-catchment rainwater harvesting systems

12. Pacey & Cullis
13. Biazin
14. Unami
15. Siddique
16. Flaxes

منطقه و شرایط مساعد آبی حاصل از اقدامات حفاظتی تحت عنوان سامانه‌های سطوح آبیگر مدیریت‌شده بر درختان مثمر (بیات‌موحد و همکاران، ۲۰۱۶)، پرواضح است برای اطمینان علمی از کارکرد مثبت این سامانه‌ها در رفع مشکلات فرارو و متقاعدسازی مجریان و مدیران محلی برای طراحی و استفاده از چنین سامانه‌هایی در سطح وسیع، نیاز به مطالعات متعدد و ارائه نتایج آن است. بر همین اساس در این مقاله، تعیین میزان تأثیر مثبت این سامانه‌ها در اعمال فتوسنتزی نهال‌های بادام، و تعیین تأثیرپذیرترین عامل فتوسنتزی و مؤثرترین تیمار سامانه آبیگر باران مورد توجه قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

سامانه‌های سطوح آبیگر باران مطابق با آنچه در شکل (۱) نشان داده شده است در ایستگاه تحقیقاتی قره‌چریان زنجان واقع در طول و عرض جغرافیایی 32° و 56° و 36° شمالی و 59° و 20° و 48° شرقی در 35 کیلومتری شمال غرب شهر زنجان در ارتفاع 1800 متری از سطح دریا اجرا و تعبیه شدند. اقلیم محدوده مورد مطالعه نیمه‌خشک تا نیمه‌خشک سرد بوده و با توجه داده‌های طولانی مدت، میانگین بارندگی سالانه در حدود 297 میلی‌متر را داراست که بیشترین و کمترین سهم فصلی آن با مقادیر $37/6$ و $3/6$ درصد به ترتیب مربوط به بهار و تابستان است و فصل خشکی حدود پنج ماه از سال (از اوایل خرداد تا اواخر مهر) را شامل می‌شود. متوسط دمای سالانه منطقه مورد مطالعه $10/7$ درجه سانتی‌گراد، متوسط تعداد روزهای یخبندان 106 روز و میزان متوسط تبخیر و تعرق پتانسیل سالانه 1227 میلی‌متر است. بافت خاک سطحی عرصه، عموماً لوم محتوی $10-20$ درصد قلوه‌سنگ و سنگ است که با افزایش عمق، به خاک لوم شنی با حدود $40-50$ درصد قلوه‌سنگ و سنگ تغییر می‌یابد.

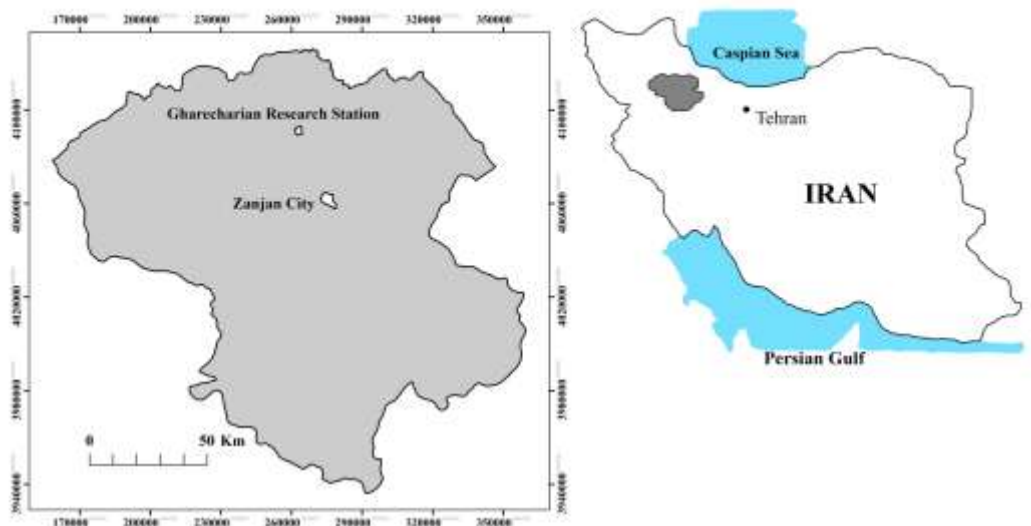
روش پژوهش

در منطقه مورد مطالعه، پنج تیمار مختلف از سامانه‌های سطوح آبیگر باران در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در 3

تکرار به صورت تیمار شاهد و کاشت بدون تغییر در سامانه (A)، تیمار حذف پوشش گیاهی و سنگریزه همراه با فیلتر سنگریزه‌ای (B)، تیمار حذف پوشش گیاهی و سنگریزه بدون فیلتر سنگریزه‌ای (C)، تیمار عایق کردن بخشی از سامانه همراه با فیلتر سنگریزه‌ای (D) و تیمار عایق کردن بخشی از سامانه بدون فیلتر سنگریزه‌ای (E) در ابعاد هشت، پنج و $0/5$ متر به ترتیب برای طول، عرض و عمق هر سامانه طراحی شد. در تمام تیمارها به منظور افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت، مخلوط کاه و کلش و کود دامی به‌اندازه 20 درصد حجمی چاله‌ها به هر سامانه افزوده شد. سامانه‌ها به‌گونه‌ای طراحی شد که با شیب تقریبی 9 درصد به سمت پایین دست ادامه می‌یافت. در تیمارهای عایق در قسمت پایین دست سامانه سطحی معادل 20 مترمربع توسط نایلون عایق‌بندی شد تا مانع نفوذ آب جمع‌آوری شده به داخل زمین شده و از هدررفت آن جلوگیری شود. همچنین سطح عایق‌بندی شده با لایه‌ای از سنگریزه پوشانده شد تا از آسیب نور خورشید به سطح عایق جلوگیری شود.

فیلتر به کار برده شده در تیمارها شامل یک مجرای استوانه‌ای به قطر 10 و عمق 30 سانتی‌متر بود که در کف چاله و مجاور با چاله نهال ایجاد و با سنگریزه پر شد تا نفوذ سریع رواناب و توزیع آن در منطقه ریشه به‌آسانی میسر باشد. تمام سامانه‌ها در قسمت دیواره پایین دست نیز برای جلوگیری از فرسایش احتمالی عایق‌بندی شدند. در نهایت، نهال‌های بادام به تعداد 1 اصله در پایین دست هر سامانه کاشته شد. در سال 1390 پس از یک بارندگی 22 میلی‌متری به تاریخ $90/4/31$ ، با فاصله 9 روز از بارندگی، چهار عامل فتوسنتزی شامل میزان فتوسنتز در واحد سطح برگ ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)، هدایت روزنه‌ای آب ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)، میزان تعرق ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) و جذب CO_2 زیر روزنه‌ای با دستگاه IRGA (LCA4, ADC Bioscientific LTD Hoddoson UK) به تاریخ $90/5/9$ اندازه‌گیری شد. برای نتیجه‌گیری بهتر، قرائت دیگری نیز در تاریخ $90/5/22$ انجام شد، به طوری که از زمان قرائت اول تا دوم هیچ بارندگی دیگری در منطقه مورد مطالعه رخ نداد. تمامی اندازه‌گیری‌ها در ساعت 10 تا

۱۲ صبح در شدت نور معادل ۱۲۰۰-۱۴۰۰ میکرومول فوتون بر مترمربع انجام گرفت (بیات موحد و همکاران، ۲۰۱۶). به مدت یک دقیقه انجام شد. مثبت این فاکتورها با قرار دادن برگ در درون محفظه



شکل (۱): موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان زنجان و ایران به همراه برخی تیمارهای سامانه‌های سطوح آبرگیر باران
Figure (1): The location of the study area in Zanjan Province and Iran with picture of some RWH treatments

نتایج

به صورت رواناب حاصل از بارندگی دریافت داشته‌اند. جدول (۱) مقادیر میانگین و درصد ضریب تغییرات عوامل اندازه‌گیری شده را نشان می‌دهد، به طوری که ملاحظه کمترین دامنه نوسان در ضریب تغییرات مربوط به جذب زیر روزنه‌های CO_2 است. از طرفی با توجه به شکل (۲) با کمی دقت می‌توان دریافت که روند کاهش یا افزایش مقادیر این عوامل تقریباً به طور کامل با هم منطبق است.

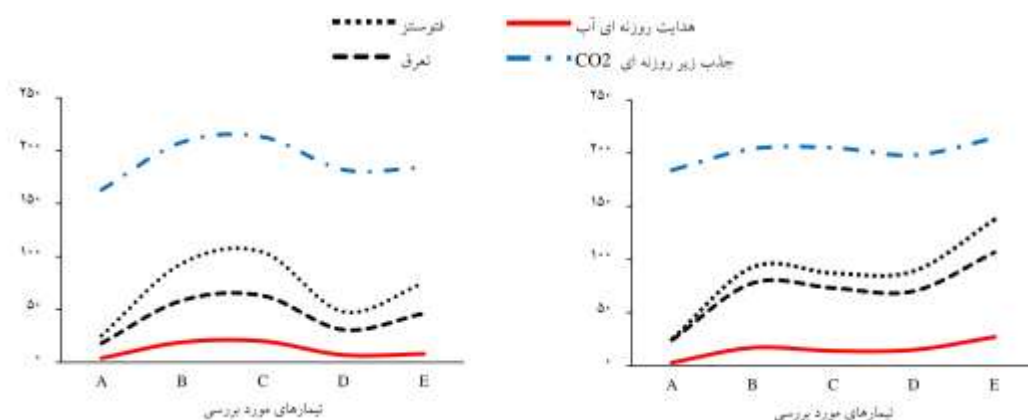
با توجه به نتایج پژوهش صورت گرفته توسط رضایی و موسوی (۲۰۱۰) ضرایب رواناب سامانه‌های (A)، (B) و (C) و (D) و (E) به ترتیب ۳/۰۴، ۱۲/۱۵ و ۲۸ گزارش شده است که با توجه به بارش ۲۲ میلی متری در تاریخ ۹۰/۴/۳۱ سامانه A معادل ۲۶/۷۵، سامانه‌های B و C هر کدام ۱۰۶/۹ و سامانه‌های D و E نیز هر کدام مقدار مشابه ۲۴۶/۴ لیتر

جدول (۱): آمار توصیفی داده‌های به‌دست‌آمده از اندازه‌گیری عوامل فتوسنتزی نهال‌های بادام مستقر در سامانه‌های سطوح آبگیر مدیریت‌شده

Table (1): Descriptive statistics of photosynthetic parameters values in Almond seedlings under different treatments of RWH systems

اندازه‌گیری اول نه روز پس از بارندگی					
تیمارها	فتوستنز $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (¹)	تعرق $(\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1})$	هدایت روزنه‌ای آب $(\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1})$	جذب زیر روزنه‌ای CO_2 $(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1})$	
میانگین	A	۲/۵۰	۲/۴۳	۰/۰۳	۱۸۴
	B	۹/۲۷	۷/۷۷	۰/۱۷	۲۰۴
	C	۸/۷۱	۷/۳۱	۰/۱۴	۲۰۵
	D	۸/۹۰	۷/۰۲	۰/۱۵	۱۹۸
	E	۱۳/۷۳	۱۰/۶۶	۰/۲۷	۲۱۴
درصد ضریب تغییرات	A	۲۸	۱۲	۰	۹
	B	۳۶	۳۳	۷۰	۱۰
	C	۲۵	۱۱	۲۱	۷
	D	۶۱	۳۹	۸۷	۹
	E	۱۴	۱۲	۲۶	۱
اندازه‌گیری دوم ۲۲ روز پس از بارندگی					
تیمارها	فتوستنز $(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1})$	تعرق $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ $(\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1})$	هدایت روزنه‌ای آب $(\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1})$	جذب زیر روزنه‌ای CO_2 $(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1})$	
میانگین	A	۲/۵۳	۱/۸۱	۰/۰۴	۱۶۳
	B	۹/۳۶	۵/۸۵	۰/۱۹	۲۰۸
	C	۱۰/۴۲	۶/۳۰	۰/۲۰	۲۱۳
	D	۴/۷۸	۳/۰۸	۰/۷۰	۱۸۲
	E	۷/۵۰	۴/۶۲	۰/۸۰	۱۸۴
درصد ضریب تغییرات	A	۱۷	۲۴	۹۳	۸
	B	۳۶	۳۴	۷۹	۱۳
	C	۱۴	۱۶	۳۵	۱۱
	D	۷۶	۶۴	۹۶	۱۲
	E	۱۰	۷	۳۰	۲

تیمار شاهد (کاشت بدون تغییر در سامانه) (A)، تیمار با حذف پوشش گیاهی و سنگریزه همراه با فیلتر سنگریزه‌ای (B)، تیمار با حذف پوشش گیاهی و سنگریزه بدون فیلتر سنگریزه‌ای (C)، تیمار با عایق کردن بخشی از سامانه همراه با فیلتر سنگریزه‌ای (D)، تیمار با عایق کردن بخشی از سامانه بدون فیلتر سنگریزه‌ای (E)



شکل (۲): روند مطابقت افزایش یا کاهش در مقادیر عوامل فتوسنتزی با یکدیگر در نهال‌های بادام مستقر در سامانه‌های سطوح آبگیر مدیریت‌شده

Figure (2): Pattern of variation in the values of the photosynthetic parameters of Almond Seedlings under different treatments of RWH systems

فتوستتزر

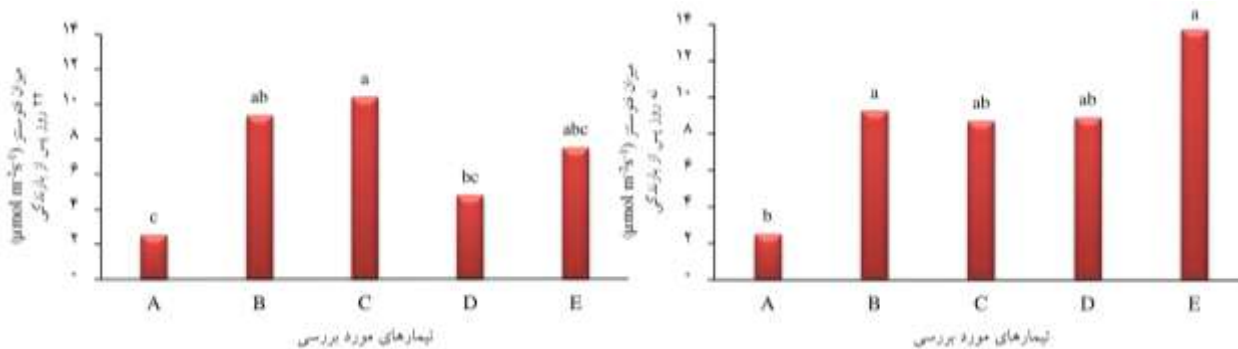
عرف منطقه در سامانه آبیگر کمترین عملکرد فتوستتزی را در قرائت اول نشان دادند. نتایج مربوط به قرائت دوم درباره بیشترین عملکرد، متفاوت از نتایج مربوط به قرائت اول است، به طوری که سامانه تیمار با حذف پوشش گیاهی و سنگریزه بدون فیلتر سنگریزه‌ای (C) بیشترین عملکرد و باز هم تیمار شاهد A کمترین عملکرد فتوستتزی را داشته است. شکل (۳) نیز نتایج مقایسه میانگین عملکرد فتوستتزی نهال‌های بادام تحت تیمارهای مربوط را نشان می‌دهد.

جدول (۲) نتایج حاصل از تجزیه واریانس مقادیر فتوستتزر اندازه‌گیری شده طی دو مرحله را نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که اثر تیمارها در میزان فتوستتزر در زمان هر دو قرائت مؤثر بوده است، به طوری که براساس آزمون دانکن تیمارهای سامانه آبیگر و عایق بودن بخشی از سامانه و بدون فیلتر سنگریزه‌ای (E) و سامانه آبیگر بدون پوشش گیاهی و سنگریزه و همراه با فیلتر سنگریزه‌ای (B)، بیشترین عملکرد فتوستتزی و تیمار شاهد (A) یعنی روش کاشت مطابق با

جدول (۲): نتایج تجزیه واریانس اندازه‌گیری‌های اول و دوم میزان فتوستتزر در نهال‌های بادام مستقر در سامانه‌های سطوح آبیگر مدیریت شده
Table (2): Results of One-Way ANOVA of first and second measurements of the photosynthesis activity in Almond Seedlings under different treatments of RWH systems

اندازه‌گیری اول نه روز پس از بارندگی					
منابع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	مقدار آماره F	سطح معنی‌داری
بلوک	۱۳/۲۵	۲	۶/۶۲	۰/۶۱۲	۰/۵۷
تیمار	۱۹۲/۲۳	۴	۴۸/۰۶	۴/۴۴۲*	۰/۰۳*
خطا	۸۶/۵۶	۸	۱۰/۸۲	-	-
مجموع	۱۴۰۷/۲۹	۱۵			
اندازه‌گیری دوم ۲۲ روز پس از بارندگی					
منابع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	مقدار آماره F	سطح معنی‌داری
بلوک	۳/۲۱	۲	۱/۶۱	۰/۲۵	۰/۷۸
تیمار	۱۲۷/۱۲	۴	۳۱/۷۸	۴/۹۵۸*	۰/۰۳*
خطا	۵۱/۲۸	۸	۶/۴۱	-	-
مجموع	۸۹۹/۹۰	۱۵			

* معنی‌داری در سطح ۵ درصد



شکل (۳): نتایج حاصل از آزمون دانکن برای اندازه‌گیری‌های اول و دوم میزان فتوستتزر در نهال‌های بادام مستقر در سامانه‌های سطوح آبیگر مدیریت شده

Figure (3): Results of Duncan test of first and second measurements of the photosynthesis activity in Almond Seedlings under different treatments of RWH systems

تعرق

به طوری که این بار فقط سامانه آبیگر بدون پوشش گیاهی و سنگریزه و بدون فیلتر سنگریزه‌ای (C) بیشترین و تیمار شاهد (A) کمترین میزان تعرق را به خود اختصاص دادند. شکل (۴) نیز مقایسه میانگین میزان تعرق نهال‌های بادام طی اندازه‌گیری‌های صورت گرفته تحت تیمارهای مربوط را نشان می‌دهد.

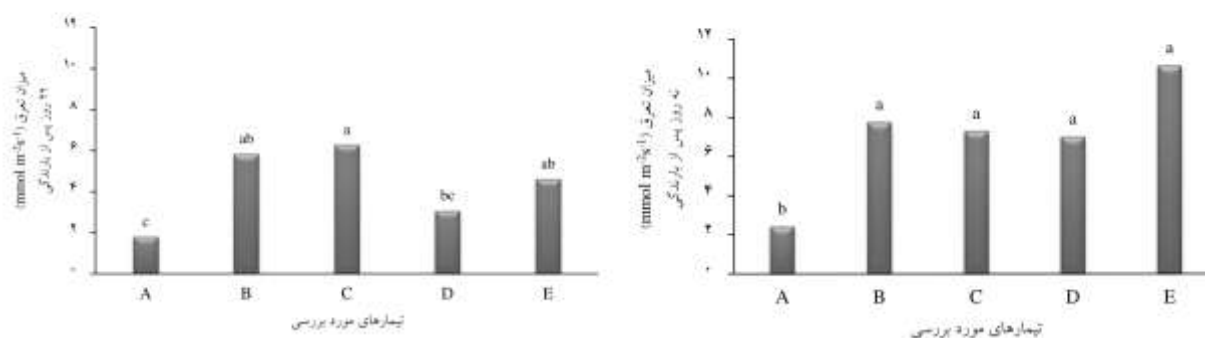
نتایج تجزیه واریانس ارائه شده در جدول (۳) نشان داد که اثر تیمارها در میزان تعرق نهال‌های بادام در هر دو مقطع زمانی که اندازه‌گیری صورت گرفته، مؤثر بوده است، به طوری که در اندازه‌گیری اول همه تیمارها با بیشترین تعرق به جز تیمار شاهد (A) در یک گروه قرار گرفتند. این در حالی است که اندازه‌گیری دوم تغییر در وضعیت قبلی را نشان می‌دهد

جدول (۳): نتایج تجزیه واریانس اندازه‌گیری‌های اول و دوم میزان تعرق در نهال‌های بادام مستقر در سامانه‌های سطوح آبیگر مدیریت شده

Table (3): Results of One-Way ANOVA of first and second measurements of the transpiration activity in Almond Seedlings under different treatments of RWH systems

اندازه‌گیری اول نه روز پس از بارندگی					
منابع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	مقدار آماره F	سطح معنی‌داری
بلوک	۲/۲۳	۲	۱/۱۲	۰/۲۹۱	۰/۵۶
تیمار	۱۰۴/۷۷	۴	۲۶/۱۹	۶/۸۱۶*	۰/۰۱*
خطا	۳۰/۷۴	۸	۳/۸۴	-	-
مجموع	۸۸۰/۵۴	۱۵			
اندازه‌گیری دوم ۲۲ روز پس از بارندگی					
منابع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	مقدار آماره F	سطح معنی‌داری
بلوک	۲/۳۹	۲	۱/۱۹	۰/۵۸۱	۰/۱۰
تیمار	۴۲/۵۵	۴	۱۰/۶۴	۵/۱۷۹*	۰/۰۱*
خطا	۱۶/۴۳	۸	۲/۰۵	-	-
مجموع	۳۴۲/۷۸	۱۵			

* معنی‌داری در سطح ۵ درصد



شکل (۴): نتایج حاصل از آزمون دانکن برای اندازه‌گیری‌های اول و دوم میزان تعرق در نهال‌های بادام مستقر در سامانه‌های سطوح آبیگر مدیریت شده

Figure (4): Results of Duncan test of first and second measurements of the transpiration activity in Almond Seedlings under different treatments of RWH systems

حاکی از عدم اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای مختلف سامانه‌های سطوح آبیگر مورد بررسی در هر دو اندازه‌گیری انجام شده بود.

هدایت روزنه‌ای آب و جذب زیر روزنه‌ای CO₂ نتایج تجزیه واریانس در مورد هدایت روزنه‌ای آب و جذب زیر روزنه‌ای دی‌اکسیدکربن طبق جدول‌های (۴) و (۵)

جدول (۴): نتایج تجزیه واریانس اندازه‌گیری‌های اول و دوم میزان هدایت روزنه‌ای آب در نهال‌های بادام مستقر در سامانه‌های سطوح آبیگر مدیریت شده

Table (4): Results of One-Way ANOVA of first and second measurements of the stomatal conductance activity in Almond Seedlings under different treatments of RWH systems

اندازه‌گیری اول نه روز پس از بارندگی					
منابع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	مقدار آماره F	سطح معنی‌داری
بلوک	۰/۰۰۴	۲	۰/۰۰۲	۰/۲۵۱	۰/۷۸
تیمار	۰/۰۸۸	۴	۰/۰۲۲	۲/۶۶۷	۰/۱۱
خطا	۰/۰۶۶	۸	۰/۰۰۸	-	-
مجموع	۰/۵۰۴	۱۵			
اندازه‌گیری دوم ۲۲ روز پس از بارندگی					
منابع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	مقدار آماره F	سطح معنی‌داری
بلوک	۰/۰۱۵	۲	۰/۰۰۸	۱/۱۶۱	۰/۳۶
تیمار	۰/۰۶۱	۴	۰/۰۱۵	۲/۳۴۵	۰/۱۴
خطا	۰/۰۵۲	۸	۰/۰۰۶	-	-
مجموع	۰/۳۲۷	۱۵			

* معنی‌داری در سطح ۵ درصد

جدول (۵): نتایج تجزیه واریانس قرائت اول و دوم میزان جذب زیر روزنه‌ای CO₂ در نهال‌های بادام مستقر در سامانه‌های سطوح آبیگر مدیریت شده

Table (5): Results of One-Way ANOVA of first and second measurements of the substomatal CO₂ adsorption activity in Almond Seedlings under different treatments of RWH systems

اندازه‌گیری اول نه روز پس از بارندگی					
منابع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	مقدار آماره F	سطح معنی‌داری
بلوک	۴۷۶/۹۳	۲	۲۳۸/۴۷	۰/۹۰۵	۰/۴۴
تیمار	۱۴۶۴/۹۳	۴	۳۶۶/۲۳	۱/۳۸۹	۰/۳۲
خطا	۲۱۰۹/۵۳	۸	۲۶۳/۶۳	-	-
مجموع	۶۰۹۶۴/۰۰	۱۵			
اندازه‌گیری دوم ۲۲ روز پس از بارندگی					
منابع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	مقدار آماره F	سطح معنی‌داری
بلوک	۱۸۲/۸۰	۲	۹۴/۴۰	۰/۲۱۰	۰/۸۱
تیمار	۴۹۳۷/۳۳	۴	۱۲۳۴/۳۳	۲/۸۴۳	۰/۱۰
خطا	۳۴۷۳/۸۷	۸	۴۳۴/۲۳	-	-
مجموع	۵۵۰۹۴/۰۰	۱۵			

* معنی‌داری در سطح ۵ درصد

بحث و نتیجه‌گیری

با شکل‌های (۳) و (۴) در هر دو فاصله زمانی ۹ و ۲۲ روز از بارندگی که مقادیر عوامل فتوسنتزی اندازه‌گیری شدند، مقادیر مربوط به فتوسنتز و تعرق اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف از خود نشان دادند.

فتوسنتز: معنی‌داری اختلاف بین مقادیر فتوسنتز در سامانه‌های سطوح آبیگر مدیریت شده با فاصله زمانی ۹ روز پس از بارندگی در حقیقت بیانگر تأثیر استفاده از سامانه‌های

بر اساس نتایج و طبق جدول (۱) و شکل (۲) عملکرد عوامل فتوسنتزی اندازه‌گیری شده در تیمارهای مختلف با یکدیگر منطبق بوده‌اند و افزایش و کاهش آن‌ها به صورت هماهنگ با یکدیگر اتفاق افتاده است؛ این امر می‌تواند بیانگر وابستگی این عوامل به یکدیگر باشد (بیات‌موحد و همکاران، ۲۰۱۶؛ ژنگ و همکاران، ۲۰۱۰). از طرفی مطابق

آبیگر در ارتقای فعالیت فتوسنتزی نهال‌های بادام است. به‌طوری که تیمارهای B و E بیشترین و تیمار A (شاهد) کمترین عملکرد را به خود اختصاص دادند. درباره تیمار E به‌علت توان بالای آن در تولید و ذخیره رواناب قرارگیری آن در رتبه بهترین تیمار از نظر ارتقای عوامل فتوسنتزی قابل انتظار است؛ هرچند در مورد تیمار B این انتظار وجود نداشت و پیش‌بینی می‌شد تیمار D با توجه به ضریب رواناب بالای آن در جایگاه بهترین تیمارها قرار گیرد اما این نتیجه حاصل نشد. این در حالی است که تیمار A که در واقع توصیف‌گر شرایط طبیعی زمین بدون هیچ دخالتی است، با ضریب رواناب ۳ درصدی کمترین میزان فتوسنتز صورت گرفته در نهال کاشته‌شده در بین سامانه‌ها را داراست. این امر در حقیقت معطوف به شرایط تنش خشکی است که نهال پس از گذشت چند روز از بارندگی و نبود ذخیره آبی مناسب در خاک با آن مواجه شده و در نهایت برای غلبه بر خشکی، فعالیت‌های تولیدی و فتوسنتزی خود را به‌شدت کاهش می‌دهد. این نتایج مطابق با یافته‌های بیات‌موحد و همکاران (۲۰۱۶)، فلاکسیز و همکاران (۲۰۱۰)، سابرامانیام و همکاران (۲۰۰۶) و سیدیک و همکاران (۱۹۹۹) در مورد تأثیر منفی تنش خشکی بر میزان فتوسنتز است. به‌طور کلی، با دقت در نمودار مقایسه میانگین مقادیر فتوسنتز در قرائت اول نتیجه می‌شود که عملکرد حاصل از تیمارهای B، C و D بسیار به هم نزدیک‌اند، به‌طوری که در یک نتیجه‌گیری کلی می‌توان اثر سامانه‌های سطوح آبیگر مدیریت‌شده بر ارتقای عملکرد عوامل فتوسنتزی را بسیار مثبت دانست؛ زیرا این سامانه‌ها از قرارگیری نهال‌های بادام در شرایط تنش خشکی جلوگیری کرده‌اند هر چند برای دستیابی به اطلاعات بیشتر درباره تفاوت‌های بین تیمارها و نحوه تأثیر آن‌ها نیاز به مطالعات بیشتری احساس می‌شود (بایزین و همکاران، ۲۰۱۲؛ هو و همکاران، ۲۰۱۴).

در قرائت دوم که ۲۲ روز پس از بارندگی است، بیشترین عملکرد فتوسنتزی به نهال‌های کشت‌شده در تیمار C اختصاص یافت. بنابراین می‌توان گفت با گذر زمان ۲۲ روزه از وقوع بارندگی، جابه‌جایی در مطلوبیت تیمارها صورت

گرفته است، به‌طوری که با دقت در شکل (۳) و مقادیر میانگین فتوسنتز در جدول (۱) می‌توان نتیجه گرفت که عملکرد فتوسنتزی در بهترین تیمار (C) قرائت دوم نسبت به عملکرد فتوسنتزی بهترین تیمار در قرائت اول (E) با کاهش مواجه بوده است که می‌تواند ناشی از اثر تدریجی کاهش آب در دسترس نهال‌ها با فاصله از روز بارندگی و مصرف رواناب ذخیره‌شده در سامانه‌ها باشد؛ اما برای پاسخ به چرایی سؤالاتی از قبیل عدم توانایی تیمار E با گذشت روزهای بیشتر از اولین بارندگی در حفظ مطلوبیت خود، مطلوبیت کمتر تیمار D علی‌رغم تولید رواناب بیشتر نسبت به تیمارهای B و C و همچنین تطابق و اختلاف نتایج با بخش‌هایی از یافته‌های مطالعات مشابه مانند مطالعه موحدیات و همکاران (۲۰۱۶) از مواردی است که هرچند این مقاله سهم قابل توجهی در برجسته شدن آن‌ها دارد، طبیعی است که پاسخ به آن‌ها نیازمند مطالعات و داده‌برداری‌های منظم و طولانی‌مدت حداقل در دوره‌ای ۱۰ ساله را می‌طلبد تا بتوان در خصوص مطلوبیت سامانه‌ها با تیمارهای مختلف و واکنش نهال‌های متفاوت کشت‌شده در سامانه‌ها نتیجه‌های متقن‌تر و متکی به بررسی‌های طولانی مدت گرفت.

تعرق: با توجه به نتایج حاصل درباره میزان فتوسنتز نهال‌های کشت‌شده در سامانه‌ها انتظار این بود که به‌علت درهم‌تنیدگی عوامل اندازه‌گیری‌شده واکنش متقابل این عوامل با یکدیگر هماهنگ باشد که نتایج نیز در مورد تعرق مؤید این امر بود. به‌طوری که در قرائت اول، نهال‌های همه تیمارها به‌جز تیمار A به‌عنوان تیمارهای با بیشترین تعرق در یک گروه قرار گرفتند، به‌طوری که با توجه به شکل‌های (۳) و (۴) نتایج حاصل از این مرحله در مورد تیمارهای E و C به‌ترتیب در قرائت اول و دوم کاملاً و در حالت کلی، تقریباً هماهنگ با نتایج حاصل از عملکرد فتوسنتزی نهال‌ها در تیمارهای مختلف از سامانه‌های سطوح آبیگر باران است. این نتیجه موافق با نتایج بسیاری از محققان از جمله موحدیات و همکاران (۲۰۱۶)، ژنگ و همکاران (۲۰۱۰)، می‌یاشیتا^۱ و

فتوستتزی آنها تحت اقلیم‌های نیمه‌خشک تا نیمه‌خشک سرد را مورد تأیید قرار داد. اما برای دستیابی به جزئیات بیشتر و پاسخ به مواردی چون برتری تیمارها، اثر فیلتر سنگریزه‌ای به کار رفته در سامانه‌ها، تأثیر بلندمدت سامانه‌ها بر رشد نهال‌های متمر با گونه‌های مختلف، تأثیر سامانه‌ها در استقرار، تثبیت و تولید محصول، طراحی سامانه‌ها مبتنی بر فواصل بارندگی و حجم آب مورد نیاز برای جمع‌آوری در هر سامانه جهت عدم ایجاد تنش خشکی برای نهال‌ها نیاز به مطالعاتی جامع و حداقل در دوره زمانی ۱۰ ساله است تا بتوان طبق آن برنامه‌ها و توصیه‌های مدیریتی لازم و ممکن برای غلبه بر مشکلات کم‌آبی و پاسخ به نیازهای جمعیت در حال رشد به محصولات کشاورزی را ارائه کرد.

همکاران (۲۰۰۵) و چاوز و همکاران (۲۰۰۳) مبنی بر هماهنگی میزان تعرق با عملکرد فتوستتزی است.

هدایت روزنه‌ای آب و جذب زیر روزنه‌ای CO₂:

این عوامل به‌رغم انتظار موجود در تبعیت از نتایج سایر عوامل، تفاوتی معنی‌دار در مقدار آن‌ها بین تیمارهای مختلف نشان ندادند. هرچند این امر موافق با یافته‌های موحدیات و همکاران (۲۰۱۶) است اما به‌طور کلی مخالف با نتایج مطالعاتی مانند چاوز و همکاران (۲۰۰۹) و فلاکسیز و همکاران (۲۰۰۲) است که عملکرد فتوستتزی را مطابق با هدایت روزنه‌ای آب و جذب زیر روزنه‌ای CO₂ دانسته‌اند. به‌طور کلی، طبق نتایج این پژوهش و مطابقت آن با محدود مطالعات انجام‌گرفته در این زمینه می‌توان تأثیر مثبت سامانه‌های سطوح آبیگر مدیریت‌شده در رفع محدودیت آبی نهال‌های بادام کاشته شده در این سامانه‌ها و ارتقای عملکرد

منابع

1. Bayat Movahhed, F., Najafi, S., Roghani, M., 2016. Assessing effect of treated rain water catchment systems on activity of photosynthetic parameters in Apricot seedlings. *Watershed Engineering and Management* 8(2), 193-202.
2. Biazin, B., Sterk, G., Temesgen, M., Abdulkedir, A., Stroosnijder, L., 2012. Rainwater harvesting and management in rainfed agricultural systems in sub-Saharan Africa—a review. *Physics and Chemistry of the Earth* 47, 139-151
3. Chavez, M.M., Costa, J.M., Saibo, N.J.M., 2011. Recent advances in photosynthesis under drought and salinity. *Advances in Botanical Research* 57, 49-104.
4. Chavez, M.M., Maroco, J.P., Pereira, J.S., 2003. Understanding plant responses to drought from genes to the whole plant. *Functional Plant Biology* 30, 239-264.
5. Chavez, M.M., Flexas, J., Pinheiro, C., 2009. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. *Annals of Botany* 103, 551-560.
6. Flexas, J., Bota, J., Escalona, J.M., Sampol, B., Medrano, H., 2002. Effects of drought on photosynthesis in grapevines under field conditions: an evaluation of stomatal and mesophyll limitations. *Functional Plant Biology*, 29, 461-471.
7. Ghoddousi, J., 2003. Assessment status of aquifer management in management of watersheds. 3rd Conference on Watershed Management. Iran.
8. Hu, Q., Pan, F., Pan, X., Zhang, D., Yang, N., Pan, Z., Tuo, D., 2014. Effects of a ridge-furrow micro-field rainwater-harvesting system on potato yield in a semi-arid region. *Field Crops Research* 166, 92-101.
9. Miyashita, K., Tanakamaru, S., Maitani, T., Kimura, K., 2005. Recovery responses of photosynthesis, transpiration, and stomatal conductance in kidney bean following drought stress. *Environmental and Experimental Botany* 53, 205-214.
10. Mziari, O.B., Tumbo, S.D., 2010. Macro-catchment rainwater harvesting systems: challenges and opportunities to access runoff. *Journal of Animal & Plant Sciences* 7 (2), 789-800.
11. Pacey, A., Cullis, A., 1986. Rainwater harvesting- the collection of rain fall and rain off in rural areas. IT publications, UK.
12. Rezaei, A., Mousavi, S.J., 2010. Necessity insulation area to collect rain water in arid

- areas. *Journal of Watershed Management Science and Engineering* 4(11), 53-56.
13. Siddique, M.R.B., Hamid, A., Islam, M.S., 1999. Drought stress effects on photosynthetic rate and leaf gas exchange of wheat. *Botanical Bulletin of Academia Sinica* 40, 141-145.
14. Song, X., Gao, X., Zhao, X., Wu, P., Dyck, M., 2017. Spatial distribution of soil moisture and fine roots in rain-fed apple orchards employing a Rainwater Collection and Infiltration (RWCI) system on the Loess Plateau of China. *Agricultural water management* 184, 170-177.
15. Subrahmanyam, D., Subash, N., Haris., A and Sikka, A.K., 2006. Influence of water stress on leaf photosynthetic characteristics in wheat cultivars differing in their susceptibility to drought. *Photosynthetica* 44 (1), 125-129.
16. Unami, K., Mohawesh, O., Sharifi, E., Takeuchi, J., Fujihara, M., 2015. Stochastic modelling and control of rainwater harvesting systems for irrigation during dry spells. *Journal of Cleaner Production* 88, 185-195.
17. Yuen, E., Anda, M., Mathew, K., Ho, G., 2001. Water harvesting techniques for small communities in arid areas. *Water Science and Technology* 44 (6), 189-194.
18. Zheng, Y.X., Wu, J.C., Cao, F.L., Zhang, Y.P., 2010. Effects of water stress on photosynthetic activity, dry mass partitioning and some associated metabolic changes in four provenances of neem (*Azadirachta indica* A. Juss). *Photosynthetica* 48 (3), 361-369.

Comparison of the Preliminary Effect of Micro-Catchment Rainwater Harvesting Systems on the Photosynthetic Activities of Almond Seedlings

Saeed Najafi¹

Received: 31/12/2018

Accepted: 30/04/2019

Extended Abstract

Introduction: Water deficit is one of the most important stress factors affecting plant growth and production in the worldwide, as due to series drought stress photosynthetic activities are negatively affected. Subsequently, a reduction will happen in the growth of leaves and plants, stomatal conductance and agricultural products. Accordingly, major concern exists in countries like Iran where water scarcity and poor water management in combination with increased population and water consumption endanger food security. Therefore, exploring ways to increase agricultural and horticultural products along with optimizing the use of water is essential. The aim of this paper is a) to examine the effects of Rain Water Harvesting (RWH) systems on photosynthetic activities of Almond seedlings and b) determination of the most effective treatment of the RWHs which has the most positive effect on photosynthetic parameters.

Material and Methods: The current research was conducted in a randomized complete block design with three replications to assess the impact of RWH systems under five treatments viz. control (A), eliminated of vegetation and pebble with a gravel filter (B), eliminated of vegetation and pebble without any gravel filter (C), insulated some portion by plastic with a gravel filter (D) and insulated some portion by plastic without any gravel filter (E) on activity of photosynthetic parameters in Almond seeding. RWH systems were designed in 8, 5, and 0.5 meters for the length, width, and depth respectively. The gravel filter with 10 and 30 cm in diameter and depth was devised to facilitate runoff infiltration in the root region. Four photosynthetic factors viz. Photosynthetic rate per unit leaf area, stomatal conductance, transpiration rate, and substomatal CO₂ adsorption were measured after 9 and 22 days after a rainfall event in 2011.

Results: The obtained results showed that the RWH systems had a positive effect on two photosynthetic parameters included photosynthesis and transpiration. In General, in addition of the positive effect of the RWH systems, the E, B and C treatments could increase the activity of photosynthetic parameters versus the A treatment which exhibited the least activity of the parameters in Almond seedlings.

Discussion and Conclusion: Nevertheless, for more details and answers to issues such as selecting the treatment with best efficiency, the effect of the gravel filter in RWH systems efficiency, the long-term effects of the RWH systems on the growing of fruit seedlings and their establishment, designing the RWH systems based on the rainfall intervals and the water use of the seedlings to collect enough water in each system to avoid drought stress for seedlings require comprehensive studies at least in a period of 10 years. Ultimately, the results of aforesaid comprehensive studies lead managerial and necessary plans to overcome the problems of water deficit and responding to the rapid growth of world population and consequently their agriculture production needs.

Keywords: Drought Stress, Gharecharian Research Station, Productive Trees, Water Conservation, Zanjan City.

1. Department of Range and Watershed Management, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran; sa.najafi@urmia.ac.ir
DOI: 10.22052/deej.2018.7.23.49