بررسی اثر وضعیت سطوح رواناب در سامانه‌های استحصال و جمع‌آوری آب باران بر آستانه رواناب و نیمرخ نفوذ آب

علیرضا توکلی[۱]
عضو هیات علمی (استادیار پژوهش) بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان (شاهرود)

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۱
تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۳

چکیده

هدف از ایجاد سامانه‌های مختلف استحصال و جمع‌آوری آب باران در حوضه‌های کوچک، افزایش بهره‌وری بارش و بررسی امکان ایجاد باغ دیم روانابی است. بر این اساس افزایش سهم رواناب، کنترل تلفات تبخیر، آرایش سامانه‌های استحصال و جمع‌آوری آب باران (اندازه و شکل) و نقش مواد پلیمری سوپر جاذب برای دو رقم بادام دیر گل پیوندی مطالعه شد. این تحقیق از سال ۱۳۷۹ و به مدت ۶/۵ سال در منطقه یال ایلخچی شهرستان اسکو در آذربایجان شرقی اجرا شد. بر اساس نتایج تحقیق و با اعمال مدیریت کنترل تبخیر در پای کلیه درختان، تیمار برتر و قابل توصیه، شامل اندازه سطح رواناب ۷×۷ متر + سطوح رواناب تمیز و غلطک زده شده و بدون نیاز به استفاده از پلیمر است. تفاوتی بین شکل حوضه‌های جمع‌آوری رواناب وجود ندارد، اگر چه آرایش مربعی اندکی بر نیم‌دایره‌ای ارجحیت دارد. میانگین بارش ۱۷ ساله منطقه برابر با ۲۰۲ میلی‌متر بود که نشان می‌دهد ۸۴/۴، ۶۵/۳، ۵۱/۳ و ۳۶/۴ درصد از بارش کل به ترتیب بیشتر از ۲، ۴، ۶ و ۸ میلی‌متر بوده است. آستانه رواناب بسته به وضعیت سطوح حوضه‌های جمع‌آوری متفاوت بوده به طوری که در تیمار غلطک زده به ترتیب ۳/۵-۲/۵ میلی‌متر، در تیمار تمیز و صاف شده به ترتیب ۴/۵-۳/۵ میلی‌متر و در تیمار طبیعی به ترتیب ۵/۵-۴/۵ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. با تحلیل ۱۷ ساله بارش منطقه (۹۲-۱۳۷۵) حداکثر ضریب رواناب سالانه برای آستانه بارش ۲، ۴، ۶ و ۸ میلی‌متر به ترتیب ۰/۵۷، ۰/۳۵، ۰/۲۲ و ۰/۱۴ بدست آمد. ضریب رواناب طرح برای شرایط استحصال و جمع‌آوری آب باران، هنگامی که آستانه بارش ۲، ۴، ۶ و ۸ میلی‌متر است به ترتیب ۰/۲۸، ۰/۱۷، ۰/۱۱ و ۰/۰۷ به دست آمد. تعیین آستانه رواناب، نقش مهمی در طراحی سامانه‌ها و موفقیت باغ دیم روانابی تحت سامانه‌های استحصال و جمع‌آوری آب باران دارد.

واژه‌های کلیدی: آستانه بارش، آستانه رواناب، استحصال و جمع‌آوری آب باران، بارش، ضریب رواناب طرح.

مقدمه

بادام از جمله درختان با اهمیت و با سابقه طولانی کشت در کشور است که ضمن وجود تنوع محیطی گسترده، قابلیت سازگاری و تطابق را با شرایط دیم، به دلیل قانع بودن (از جهات آب و تغذیه) و نیز سازگاری با شرایط خاک دارد. برای ایجاد باغات تحت سامانه‌های استحصال و جمع‌آوری آب، خاک‌های عمیق که دارای ظرفیت نگهداری رطوبت بیشتری هستند، مناسب‌تر از خاک‌های دیگر می‌باشند.

یکی از گزینه‌های مناسب برای رقابت با سیستم کشت محصولات زراعی دیم مرسوم، توسعه باغات دیم تحت شرایط سامانه‌های استحصال و جمع‌آوری آب باران است که سبب افزایش بهره‌وری آب و زمین (Land and water Productivity) می‌شود. 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)، استحصال و جمع‌آوری آب باران اطلاق می‌شود. حوضه‌های کوچک استحصال و جمع‌آوری آب باران (Micro – Catchments) شامل دو بخش یعنی سطح

[۱] art.tavakoli@gmail.com

رواناب و سطح نفوذ (پای نهال) می‌باشند (توکلی، ۱۳۸۶). این سامانه‌ها ممکن است بدون هیچ گونه آبیاری تکمیلی و یا همراه با آبیاری محدود باشند.

در مناطق خشک، آب و نه زمین، فاکتور محدود کننده در بهبود و افزایش تولیدات کشاورزی است، حداکثر نمودن بهره‌وری از آب و نه عملکرد در واحد سطح، راهبردی مؤثرتر و بهتر برای مدیریت مصرف آب در چنین شرایطی است (Oweis & Hachum, 2003). پارامترهای اصلی بیلان آب عبارت است از بارندگی (شدت – مدت – فراوانی)، رواناب، تبخیر، تبخیر - تعرق، تغییر ذخیره آب خاک و تلفات عمقی از پروفیل زیرین خاک (Boers et al., 1986). نسبت سطح رواناب (A) به سطح نفوذ (B) یعنی نسبت A/B یک پارامتر کلیدی در طراحی حوضه‌های جمع‌آوری آب باران است و میزان سطح رواناب در تحقیق بوهرز و همکاران (Boers et al., 1986) برابر ۴۰ تا ۸۰ متر مربع به دست آمد. مساحت حوضه‌های استحصال و جمع‌آوری آب باران برای درختان، بوته‌ها و گیاهان ردیفی از ۰/۵ متر مربع (Evenari et al., 1971) تا ۱۰۰۰ متر مربع (Sharma, 1986) متغیر گزارش شده است و متوسط بارش سالیانه نیز برای اجرای طرح‌های استحصال و جمع‌آوری آب باران از ۱۰۰ میلی‌متر (Evenari et al., 1971) تا ۶۵۰ میلی‌متر (Anaja & Tower, 1975) گزارش شده است. برخی گزارش‌ها حاکی از این است که حوضه‌های کوچک استحصال و جمع‌آوری آب باران باید در مناطقی که میانگین بارندگی سالیانه بیشتر یا حدود ۲۵۰ میلی‌متر در سال دارند، اجرا شود (Boers et al., 1986 و هاشمی‌نیا، ۱۳۸۳).

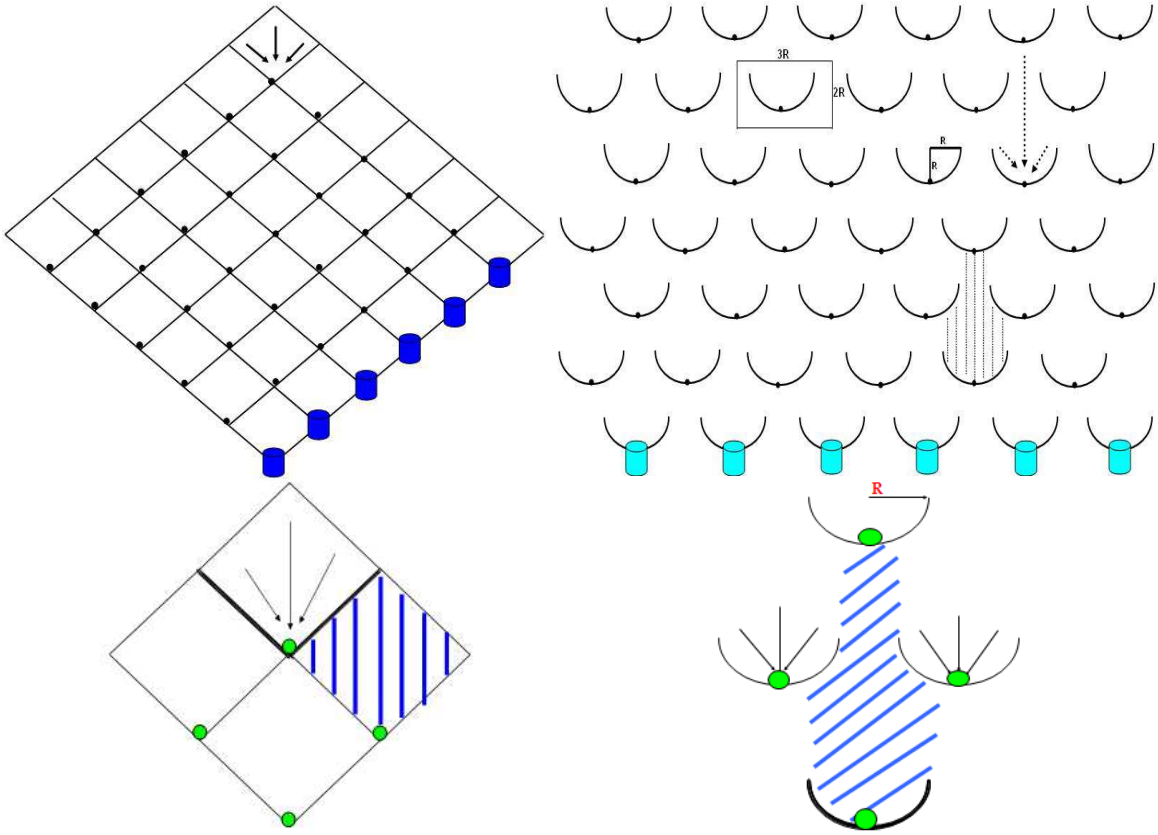
افزایش بهره‌وری باران، تعیین ضریب رواناب طرح برای در آستانه‌های مختلف بارش و اثر وضعیت سطوح رواناب بر حجم رواناب هدف این پژوهش می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی شیوه‌های مختلف استحصال و جمع‌آوری آب باران و اثرات آن بر بهبود و تثبیت رشد بادام در شرایط دیم، این تحقیق از سال ۱۳۷۹ و به مدت ۶/۵ سال در منطقه یال ایلخچی شهرستان اسکو در آذربایجان شرقی اجرا شد. این منطقه در موقعیت جغرافیایی ۳۷/۸۹ درجه عرض شمالی و ۴۶/۰۲ درجه طول شرقی قرار داشته و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۶۰۰ متر می‌باشد. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و به صورت اسپلیت اسپلیت فاکتوریل اجرا گردید. تیمارهای آن عبارت بود از: ۱) آرایش حوضه‌های جمع‌آوری رواناب شامل: آرایش مربعی و نیم‌دایره‌ای، ۲) اندازه و ابعاد سطوح رواناب مشتمل بر ۲۵، ۴۹ و ۸۱ متر مربع، ۳) وضعیت سطح رواناب شامل: الف ـ طبیعی ب ـ تمیز و صاف شده ج ـ تمیز، صاف و مرطوب و غلطک زده شده و ۴) وضعیت خاک پای درخت (سطح نفوذ) شامل: الف ـ طبیعی ب ـ خاک مخلوط شده با یک کیلوگرم پلیمر سوپرجاذب در پای درخت.

در طراحی و تعیین ابعاد در آرایش مربعی و تعیین شعاع در آرایش نیم‌دایره‌ای با توجه به شکل (۱) و از رابطه (۱) استفاده شد:

$$A = 2R \times 3R = 6R^2 \begin{cases} 25\ m^2 & 5\times 5\ m & \text{یا} & R = 2.04\,m \\ 49\ m^2 & 7\times 7\ m & \text{یا} & R = 2.86\,m \\ 81\ m^2 & 9\times 9\ m & \text{یا} & R = 3.67\,m \end{cases} \qquad (۱)$$



آرایش مربعی　　آرایش نیم‌دایره‌ای

شکل (۱): سطح رواناب در دو آرایش نیم‌دایره‌ای و مربعی در استحصال و جمع‌آوری آب باران

در شکل (۱) آرایش سطوح رواناب مربعی و نیم‌دایره‌ای، سطح رواناب برای هر درخت، محل کاشت درختان، نحوه هدایت رواناب به سطح هدف (پای درختان) و وسایل تعبیه شده برای تعیین ضریب رواناب در بارش‌های با شدت کم نشان داده شده است که به جای درخت، بشکه‌هایی برای تعیین حجم آب جمع شده مربوط به هر یک از تیمارها تعبیه گردید.

در خصوص نحوه معادل‌سازی سطح آرایش مربعی با نیم‌دایره‌ای بدین نحوه عمل شد که در آرایش نیم‌دایره‌ای، فاصله ردیف درختان برابر با 2R و فاصله درختان روی ردیف‌ها برابر 3R است، لذا سهم سطح رواناب برای هر درخت معادل با حاصل ضرب این فواصل بوده و از آنجا شعاع مربوطه تعیین گردید.

مدل ریاضی تخمین آستانه بارش و ضریب رواناب

آستانه بارش (Threshold rain) از سه جزء شدت بارش، سرعت نفوذ و ظرفیت ذخیره سطحی تشکیل شده است و از فرمول زیر تعیین می‌شود (Oweis et al., 2012):

$$TR = \int_0^{ts} R(t)dt + \int_{ts}^{ty} I(t)dt + SSC \qquad (۲)$$

که در آن:

TR: کل عمق بارش که اندازه‌گیری می‌شود از شروع بارش تا شروع جریان رواناب (آستانه بارش)

R(t): نرخ شدت بارش تابعی از زمان، t

I(t): نرخ نفوذ آب تابعی از زمان، t

ts: زمانی که خاک سطحی اشباع می‌شود

ty: زمانی که خاک سطحی اشباع می‌شود

SSC: ظرفیت ذخیره سطحی (Surface storage capacity)

البته باید توجه داشت که حتی پس از جاری شدن رواناب همچنان به میزان هدایت هیدرولیکی اشباع خاک جریان نفوذ آب وجود خواهد داشت، ضمن اینکه رسیدن به هدایت هیدرولیکی اشباع خاک نیازمند سپری شدن زمان مشخصی هست که در خاک‌های سبک سریع‌تر و در خاک‌های سنگین دیرتر اتفاق می‌افتد.

مراحل تعیین حداکثر ضریب رواناب سالانه و متوسط ضریب رواناب به صورت زیر است (Oweis et al., 2012):

۱ - تصمیم‌گیری برای یک مقدار معقول و منطقی آستانه بارش (TR) که متناسب با شرایط مکان استحصال و جمع‌آوری آب باران مانند شیب زمین، پوشش و ... داشته باشد.

۲ - تعیین تعداد روزهای با بارندگی روزانه مساوی یا بیشتر از آستانه بارش، Ng

۳ - مشخص کردن میزان کل بارش سالانه و کل بارش برای روزهای با بارندگی روزانه مساوی یا بیشتر از آستانه بارش

۴ - تعیین حاصل‌ضرب تعداد روزهای با بارندگی روزانه مساوی یا بیشتر از آستانه بارش در آستانه بارش

۵ - محاسبه ماکزیمم مقدار ضریب رواناب سالانه، MSRC (Maximum seasonal runoff coefficient)

۶ - تعیین متوسط ضریب رواناب، RC (Runoff coefficient)

$$MSRC = (T_2 - (N_g \times TR)) / T_1 \qquad (۳)$$

که در آن:

T1: کل بارش سال زراعی، میلی‌متر

T2: کل بارش برای روزهای Ng، میلی‌متر

از آنجایی که مقادیر کمینه و بیشینه ضریب رواناب به ترتیب صفر و MSRC است، لذا متوسط این مقادیر یا به بیانی ۵۰ درصد ماکزیمم مقدار ضریب رواناب سالانه، به عنوان ضریب رواناب طرح (Designe runoff coefficient) برای طراحی سایت مورد نظر تعیین می‌گردد (Oweis et al., 2012).

مقدار عمق رواناب (r) و حجم آب استحصال شده از طریق رواناب (V) به ترتیب از روابط زیر حاصل می‌گردد (Oweis et al., 2012):

$$R \times RC = r \qquad (۴)$$

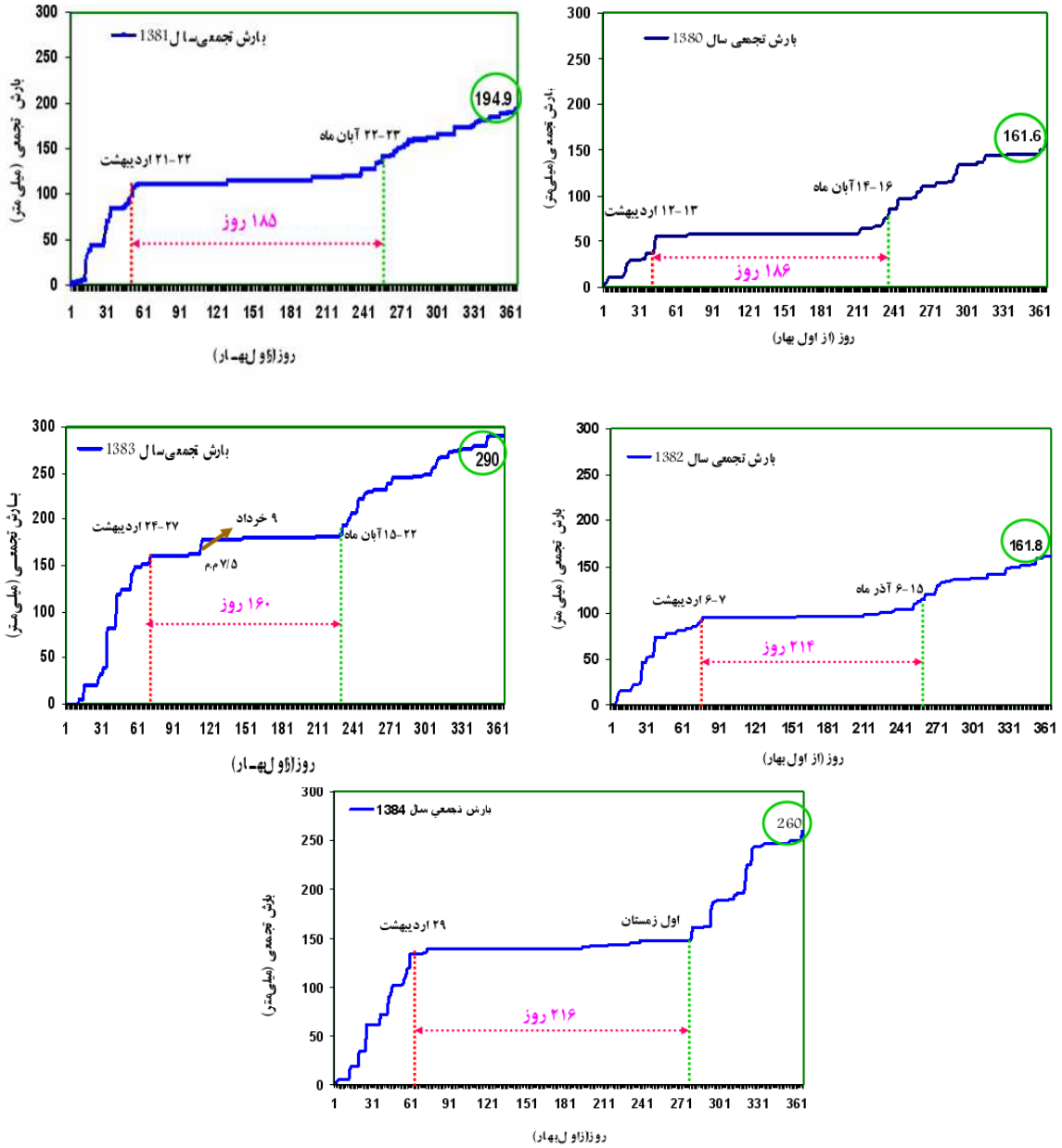
$$A \times R \times RC = V = A \times r \qquad (۵)$$

که در آن R: عمق بارش طرح و A: مساحت حوضه رواناب است.

نتایج و بحث

طی سال‌های پژوهش، میزان بارش بین ۱۶۳ تا ۲۴۹ میلی‌متر و میزان تبخیر، بین ۲۰۰۰ تا ۲۳۰۰ میلی‌متر بوده و حداکثر دمای مطلق ۴۰/۸ درجه سانتی‌گراد و حداقل مطلق دما نیز ۱۳/۶- درجه سانتی‌گراد بوده است. تعداد روزهای

مستمر بدون بارش سال‌های ۱۳۸۰ لغایت ۱۳۸۴ به ترتیب ۱۸۶، ۱۸۵، ۲۱۴، ۱۶۰ و ۲۱۶ روز بر مبنای سال شمسی (از ابتدای بهار) بوده است. تعداد روزهای مستمر بدون بارش در دوره رشد و نمو درختان در سال‌های مختلف در شکل (۲) نشان داده شده است. در این مدت که با دوره رشد و نمو درختان همراه بوده، بدون هیچ گونه آبیاری، نیاز آبی محصول از آب ذخیره شده ناشی از استحصال و جمع‌آوری آب باران، تامین می‌شد که نشان دهنده قابلیت‌های فراوان شیوه‌های استحصال آب باران از یکسو و نقش مدیریت کنترل و کاهش تبخیر در سطح هدف از طریق نایلون‌گذاری و حذف علف‌های هرز پای درخت است.



شکل (۲): سطح رواناب در دو آرایش نیم‌دایره‌ای و مربعی در استحصال و جمع‌آوری آب باران

حجم رواناب جمع شده در پای درخت، نقش مهمی در تامین نیاز آبی گیاه و استمرار رشد و نمو درخت دارد. در شکل (۳) الف و ب، میزان رواناب جمع شده در دو آرایش مربعی و نیم‌دایره‌ای نشان داده شده است و در شکل (۳) ج و د، اثر سطح رواناب (طبیعی- تمیز و صاف و غلطک زده شده) بر میزان حجم رواناب را نشان می‌دهد.

در شکل (۳) الف و ب، به خوبی پشته‌های کنترل کننده جریان رواناب، وجود مقادیر مختلف رواناب متناسب با وضعیت سطوح رواناب نشان داده می‌شود. در شکل (۳) ج و د، نیز اثر وضعیت سطوح رواناب در حجم رواناب جمع شده را به خوبی نشان می‌دهد که سطح صاف و غلطک زده شده، حجم بیشتری رواناب را به پای درخت هدایت کرده است.

الف) حجم رواناب در آرایش مربعی

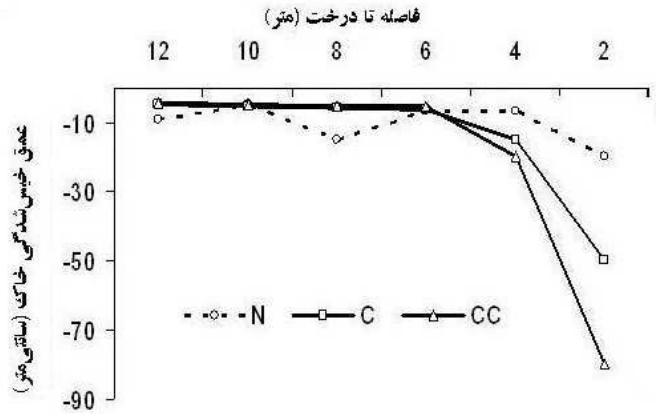
ب) حجم رواناب در آرایش نیم‌دایره‌ای

ج) حجم رواناب در سطح رواناب طبیعی

د) حجم رواناب در سطح رواناب تمیز و صاف و غلطک زده شده

شکل (۳): میزان رواناب در دو آرایش نیم‌دایره‌ای و مربعی و اثر وضعیت سطوح رواناب بر آن

پروفیل نفوذ آب در خاک یا در واقع عمق خیس‌شدگی خاک در شکل (۴) نشان داده شده است، که پس از یک بارندگی مشخص با نمونه‌برداری خاک به فواصل ۲ متر از دورترین نقطه سطح رواناب تا نزدیک درخت اندازه‌گیری شد. بدین ترتیب که میزان عمق آب نفوذ یافته بین مرز بالایی تا سایه‌انداز درخت تعیین می‌شود و بدیهی است که تغییرات میزان نفوذ آب در خاک در تیمار طبیعی به خاطر وجود پستی و بلندی‌ها و ناهمواری‌ها است که مانع حرکت آب و در نتیجه نفوذ آن می‌گردد. در مقطع نزدیک به درخت به خاطر جمع شدن رواناب و نفوذ آن در خاک، میزان نفوذ آب در خاک به شدت افزایش نشان می‌دهد.



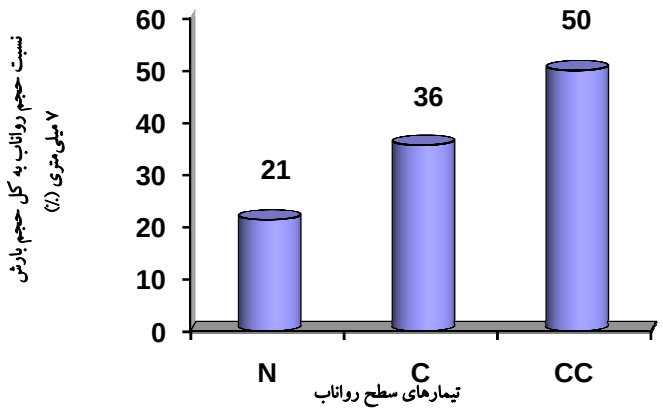
N: تیمار طبیعی، **C:** تیمار تمیز و صاف شده و **CC:** تیمار غلطک زده شده

شکل (۴): پروفیل نفوذ آب در خاک (عمق خیس‌شدگی) از دورترین نقطه سطح رواناب تا نزدیک درخت

یکی از پارامترهای مهم در سامانه‌های استحصال و جمع‌آوری آب باران، تعیین آستانه رواناب (Threshold rainfall) و ضریب رواناب (Runoff coefficient) است. در تعیین این پارامترها رطوبت اولیه خاک، وضعیت سطح رواناب، مقدار و شدت بارش، شیب زمین، پوشش خاک و بافت خاک نقش دارند. ضمن اینکه اندازه و ابعاد حوضه جمع‌آوری رواناب و آرایش حوضه به دلیل اثر آن بر فرصت نفوذ، ضریب رواناب را تحت تاثیر قرار می‌دهد. لذا در مطالعه حاضر، در وقوع بارش‌های مختلف، آستانه رواناب برای حوضه‌های جمع‌آوری رواناب در تیمار غلطک زده (CC) به ترتیب ۲/۵ تا ۳/۵ میلی‌متر، در تیمار تمیز و صاف شده (C) به ترتیب ۳/۵ تا ۴/۵ میلی‌متر و در تیمار طبیعی (N) به ترتیب ۴/۵ تا ۵/۵ میلی‌متر تخمین زده شد. بر اساس نتیجه تحقیق و در یک باران ۷ میلی‌متری نسبت حجم رواناب جمع‌آوری شده به حجم کل بارش به ترتیب ۲۱/۴، ۳۵/۷ و ۵۰ درصد به دست آمد (شکل ۵).

بدیهی است که بارش‌های بیشتر از این میزان که صرف آستانه رواناب نخواهد شد در بخش رواناب قرار گرفته و این نسبت‌ها خصوصاً در تیمارهای تمیز و صاف و غلطک زده، بهبود خواهد یافت.

نتایج این تحقیق با دیگر نتایج گزارش شده تطابق و همسویی دارد. در تحقیقی مقدار ضریب رواناب بین ۰/۱۳ تا ۰/۳۲ برای شیب ۰/۵ درصد، ۰/۳۶ تا ۰/۴۵ برای شیب ۵ درصد و ۰/۲۶ تا ۰/۴۴ برای شیب ۱۰ درصد گزارش شد (Sharma, 1986). طباطبایی‌یزدی و همکاران (۱۳۹۰) در مطالعه‌ای در مشهد، آستانه ایجاد رواناب را ۴ میلی‌متر گزارش کردند، هم‌چنین در مطالعه‌ای دیگر بر اساس تحلیل رگرسیون خطی از ۴۰ مورد داده‌های حوضه‌هایی با ابعاد ۱۲۰ - ۱۰۰ متر مربع با خاک رس لومی، مقدار ضریب رواناب بین ۰/۵۳ تا ۰/۵۸ و آستانه رواناب بین ۲/۱ تا ۳/۲ میلی‌متر به دست آمد (Boers, 1994). طی تحقیقی در اردن، اویس گزارش کرد که ضریب رواناب برای خاک سخت طبیعی بر اساس میزان بارندگی و اندازه حوضه، بین ۶ تا ۷۷ درصد متغیر بوده است و متوسط ضریب رواناب برای حوضه‌های ۲۵، ۵۰ و ۷۵ متر مربعی به ترتیب ۵۵/۹، ۳۷/۶ و ۲۱/۷ درصد به دست آمد (Oweis, 1994)، هم‌چنین در مطالعه‌ای دیگر، مساحت مناسب حوضه‌های کوچک مربعی (Small Basins) را ۱۵۰-۲۰ متر مربع و اندازه مناسب حوضه‌های نیم‌دایره‌ای (Semicircular Bunds) را به شعاع ۵-۲ متر (۱۵۰-۲۰ متر مربع) گزارش شد (Oweis, 1994). شرما (Sharma, 1986) در تحقیقی بر روی شیوه‌های مختلف استحصال و جمع‌آوری آب باران در حوضه‌های کوچک در هندوستان، بدین نتیجه رسید که آستانه رواناب به نصف و ضریب رواناب دو برابر گردید.



N: تیمار طبیعی، **C**: تیمار تمیز و صاف شده و **CC**: تیمار غلطک زده شده

شکل (۵): نسبت حجم رواناب به کل حجم بارش

برای تعیین حداکثر ضریب رواناب سالانه برای آستانه بارش ۲، ۴، ۶ و ۸ میلی‌متر به شرح جداول (۱) تا (۴) عمل شد و مطابق با این جداول و بر اساس تعداد روزهای بارانی، تعداد روزهای با بارندگی روزانه مساوی یا بیشتر از آستانه بارش (Ng)، کل بارش سالیانه (۲۰۲ میلی‌متر) و کل بارش برای روزهای Ng، مقادیر حداکثر رواناب و حداکثر ضریب رواناب سالیانه (MSRC) به تفکیک ۱۷ سال تعیین و متوسط دوره تعیین گردید. با توجه به اینکه کمینه و بیشینه ضریب رواناب به ترتیب برابر صفر و مقدار MSRC است، لذا ضریب رواناب طرح برابر با متوسط این مقادیر خواهد بود. حداکثر ضریب رواناب سالیانه برای آستانه بارش ۲، ۴، ۶ و ۸ میلی‌متر به ترتیب برابر ۰/۵۷، ۰/۳۵، ۰/۲۲ و ۰/۱۴ بدست آمد (جدول ۱ تا ۴) و بر این اساس ضریب رواناب طرح برای آستانه بارش ۲، ۴، ۶ و ۸ میلی‌متر به ترتیب برابر ۰/۲۸، ۰/۱۷، ۰/۱۱ و ۰/۰۷ تعیین شد. ضریب رواناب طرح برای بارش‌های ۲، ۴، ۶ و ۸ میلی‌متر در منطقه حومه شهر حلب سوریه با متوسط بارش ۲۲ ساله برابر با ۲۲۰ میلی‌متر به ترتیب برابر ۰/۳۷، ۰/۲۶، ۰/۱۸ و ۰/۱۴ گزارش گردید (Oweis et al., 2012).

جدول (۱): حداکثر ضریب رواناب سالانه برای آستانه بارش ۲ میلی‌متر در منطقه ایلخچی شهرستان اسکو، آذربایجان شرقی

سال زراعی	تعداد روزهای بارانی	تعداد روزهای Ng	کل بارش سالیانه T1	کل بارش برای روزهای Ng	حداکثر رواناب میلی‌متر	حداکثر ضریب رواناب سالیانه
۱۳۷۵-۷۶	۸۲	۳۸	۲۵۸	۲۲۶	۱۵۰	۰/۵۸
۱۳۷۶-۷۷	۷۲	۲۷	۱۷۷	۱۴۳	۸۹	۰/۵۰
۱۳۷۷-۷۸	۵۷	۲۷	۱۸۵	۱۵۸	۱۰۴	۰/۵۶
۱۳۷۸-۷۹	۵۲	۲۱	۱۶۳	۱۴۳	۱۰۱	۰/۶۲
۱۳۷۹-۸۰	۶۳	۲۲	۱۷۶	۱۵۲	۱۰۸	۰/۶۱
۱۳۸۰-۸۱	۶۶	۳۴	۲۱۸	۱۹۴	۱۲۶	۰/۵۸
۱۳۸۱-۸۲	۸۳	۲۸	۱۷۷	۱۳۶	۸۰	۰/۴۵
۱۳۸۲-۸۳	۶۶	۲۴	۲۴۵	۲۱۱	۱۶۳	۰/۶۶
۱۳۸۳-۸۴	۷۳	۳۲	۲۴۹	۲۲۱	۱۵۷	۰/۶۳
۱۳۸۴-۸۵	۶۲	۱۸	۱۶۶	۱۳۶	۱۰۰	۰/۶۰
۱۳۸۵-۸۶	۸۴	۳۳	۲۴۱	۲۰۸	۱۴۲	۰/۵۹
۱۳۸۶-۸۷	۵۴	۱۷	۱۴۰	۱۰۹	۷۵	۰/۵۴
۱۳۸۷-۸۸	۷۴	۲۳	۲۲۱	۱۹۱	۱۴۵	۰/۶۵
۱۳۸۸-۸۹	۸۱	۳۶	۲۵۷	۲۳۰	۱۵۸	۰/۶۱
۱۳۸۹-۹۰	۷۱	۲۴	۱۶۷	۱۳۴	۸۶	۰/۵۲
۱۳۹۰-۹۱	۹۰	۲۳	۱۶۴	۱۰۷	۶۱	۰/۳۷
۱۳۹۱-۹۲	۶۹	۳۴	۲۲۷	۱۹۷	۱۲۹	۰/۵۷
متوسط	۷۱	۲۷	۲۰۲	۱۷۰	۱۱۶	۰/۵۷

جدول (۲): حداکثر ضریب رواناب سالانه برای آستانه بارش ۴ میلی‌متر در منطقه ایلخچی شهرستان اسکو، آذربایجان شرقی

سال زراعی	تعداد روزهای بارانی	تعداد روزهای Ng	کل بارش سالیانه T1	کل بارش برای روزهای Ng	حداکثر رواناب میلی‌متر	حداکثر ضریب رواناب سالیانه
۱۳۷۵-۷۶	۸۲	۲۰	۲۵۸	۱۶۷	۸۷	۰/۳۴
۱۳۷۶-۷۷	۷۲	۱۴	۱۷۷	۱۰۰	۴۴	۰/۲۵
۱۳۷۷-۷۸	۵۷	۱۶	۱۸۵	۱۲۴	۶۰	۰/۳۳
۱۳۷۸-۷۹	۵۲	۱۴	۱۶۳	۱۱۷	۶۱	۰/۳۸
۱۳۷۹-۸۰	۶۳	۱۳	۱۷۶	۱۲۳	۷۱	۰/۴۰
۱۳۸۰-۸۱	۶۶	۱۷	۲۱۸	۱۳۷	۶۹	۰/۳۲
۱۳۸۱-۸۲	۸۳	۱۲	۱۷۷	۸۷	۳۹	۰/۲۲
۱۳۸۲-۸۳	۶۶	۱۷	۲۴۵	۱۸۸	۱۲۰	۰/۴۹
۱۳۸۳-۸۴	۷۳	۲۰	۲۴۹	۱۸۲	۱۰۲	۰/۴۱
۱۳۸۴-۸۵	۶۲	۱۱	۱۶۶	۱۱۳	۶۹	۰/۴۲
۱۳۸۵-۸۶	۸۴	۱۹	۲۴۱	۱۶۲	۸۶	۰/۳۶
۱۳۸۶-۸۷	۵۴	۹	۱۴۰	۸۳	۴۷	۰/۳۳
۱۳۸۷-۸۸	۷۴	۱۴	۲۲۱	۱۵۸	۱۰۲	۰/۴۶
۱۳۸۸-۸۹	۸۱	۲۲	۲۵۷	۱۸۵	۹۷	۰/۳۸
۱۳۸۹-۹۰	۷۱	۱۱	۱۶۷	۹۵	۵۱	۰/۳۱
۱۳۹۰-۹۱	۹۰	۹	۱۶۴	۶۷	۳۱	۰/۱۹
۱۳۹۱-۹۲	۶۹	۱۹	۲۲۷	۱۵۲	۷۶	۰/۳۴
متوسط	۷۱	۱۵	۲۰۲	۱۳۲	۷۱	۰/۳۵

جدول (۳): حداکثر ضریب رواناب سالانه برای آستانه بارش ۶ میلی‌متر در منطقه ایلخچی شهرستان اسکو، آذربایجان شرقی

سال زراعی	تعداد روزهای بارانی	تعداد روزهای Ng	کل بارش سالیانه T1	کل بارش برای روزهای Ng	حداکثر رواناب میلی‌متر	حداکثر ضریب رواناب سالیانه
۱۳۷۵-۷۶	۸۲	۱۴	۲۵۸	۱۳۶	۵۲	۰/۲۰
۱۳۷۶-۷۷	۷۲	۵	۱۷۷	۵۳	۲۳	۰/۱۳
۱۳۷۷-۷۸	۵۷	۱۱	۱۸۵	۹۹	۳۳	۰/۱۸
۱۳۷۸-۷۹	۵۲	۷	۱۶۳	۸۰	۳۸	۰/۲۳
۱۳۷۹-۸۰	۶۳	۱۲	۱۷۶	۱۱۹	۴۷	۰/۲۷
۱۳۸۰-۸۱	۶۶	۱۱	۲۱۸	۱۰۶	۴۰	۰/۱۸
۱۳۸۱-۸۲	۸۳	۴	۱۷۷	۴۵	۲۱	۰/۱۲
۱۳۸۲-۸۳	۶۶	۱۱	۲۴۵	۱۵۷	۹۱	۰/۳۷
۱۳۸۳-۸۴	۷۳	۱۴	۲۴۹	۱۵۱	۶۷	۰/۲۷
۱۳۸۴-۸۵	۶۲	۹	۱۶۶	۱۰۳	۴۹	۰/۲۹
۱۳۸۵-۸۶	۸۴	۱۲	۲۴۱	۱۲۶	۵۴	۰/۲۲
۱۳۸۶-۸۷	۵۴	۷	۱۴۰	۷۱	۲۹	۰/۲۱
۱۳۸۷-۸۸	۷۴	۱۱	۲۲۱	۱۴۲	۷۶	۰/۳۵
۱۳۸۸-۸۹	۸۱	۱۳	۲۵۷	۱۳۵	۵۷	۰/۲۲
۱۳۸۹-۹۰	۷۱	۵	۱۶۷	۶۸	۳۸	۰/۲۳
۱۳۹۰-۹۱	۹۰	۵	۱۶۴	۴۷	۱۷	۰/۱۰
۱۳۹۱-۹۲	۶۹	۱۳	۲۲۷	۱۲۳	۴۵	۰/۲۰
متوسط	۷۱	۱۰	۲۰۲	۱۰۴	۴۶	۰/۲۲

جدول (۴): حداکثر ضریب رواناب سالانه برای آستانه بارش ۸ میلی‌متر در منطقه ایلخچی شهرستان اسکو، آذربایجان شرقی

سال زراعی	تعداد روزهای بارانی	تعداد روزهای Ng	کل بارش سالیانه T1	کل بارش برای روزهای Ng	حداکثر رواناب میلی‌متر	حداکثر ضریب رواناب سالیانه
۱۳۷۵-۷۶	۸۲	۱۰	۲۵۸	۱۰۷	۲۷	۰/۱۰
۱۳۷۶-۷۷	۷۲	۳	۱۷۷	۳۸	۱۴	۰/۰۸
۱۳۷۷-۷۸	۵۷	۴	۱۸۵	۴۸	۱۶	۰/۰۹
۱۳۷۸-۷۹	۵۲	۴	۱۶۳	۵۸	۲۶	۰/۱۶
۱۳۷۹-۸۰	۶۳	۷	۱۷۶	۸۴	۲۸	۰/۱۶
۱۳۸۰-۸۱	۶۶	۵	۲۱۸	۶۳	۲۳	۰/۱۱
۱۳۸۱-۸۲	۸۳	۳	۱۷۷	۳۸	۱۴	۰/۰۸
۱۳۸۲-۸۳	۶۶	۶	۲۴۵	۱۲۲	۷۴	۰/۳۰
۱۳۸۳-۸۴	۷۳	۹	۲۴۹	۱۱۷	۴۵	۰/۱۸
۱۳۸۴-۸۵	۶۲	۷	۱۶۶	۸۸	۳۲	۰/۱۹
۱۳۸۵-۸۶	۸۴	۵	۲۴۱	۷۴	۳۴	۰/۱۴
۱۳۸۶-۸۷	۵۴	۳	۱۴۰	۴۲	۱۸	۰/۱۳
۱۳۸۷-۸۸	۷۴	۹	۲۲۱	۱۲۸	۵۶	۰/۲۵
۱۳۸۸-۸۹	۸۱	۵	۲۵۷	۷۷	۳۷	۰/۱۴
۱۳۸۹-۹۰	۷۱	۴	۱۶۷	۶۰	۲۸	۰/۱۷
۱۳۹۰-۹۱	۹۰	۳	۱۶۴	۳۳	۹	۰/۰۵
۱۳۹۱-۹۲	۶۹	۶	۲۲۷	۷۴	۲۶	۰/۱۱
متوسط	۷۱	۵	۲۰۲	۷۴	۳۰	۰/۱۴

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

مطابق با داده‌ها و نتایج تحقیق، درصد گیرایی و زنده‌مانی نهال‌ها در این پژوهش حدود ۱۰۰ درصد بود. در حالی که در شرایط زارعین و با آبیاری متعدد (بیش از ۱۰ مرتبه در سال زراعی) در همان منطقه، درصد گیرایی ۶۰-۴۰ درصد اندازه‌گیری شد. در سال اول (۱۳۸۰) میزان رشد شاخه اصلی تا ۷۰ سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. اما میزان رشد شاخه اصلی در شرایط زارعین و با آبیاری متعدد ۴۰-۲۰ سانتی‌متر اندازه‌گیری گردید.

با تحلیل ۱۷ ساله بارش منطقه (۱۳۹۲-۱۳۷۵) حداکثر ضریب رواناب سالانه برای آستانه بارش ۲، ۴، ۶ و ۸ میلی‌متر به ترتیب ۰/۵۷، ۰/۳۵، ۰/۲۲ و ۰/۱۴ بدست آمد. ضریب رواناب طرح برای شرایط استحصال و جمع‌آوری آب باران، هنگامی که آستانه بارش ۲، ۴، ۶ و ۸ میلی‌متر است به ترتیب ۰/۲۸، ۰/۱۷، ۰/۱۱ و ۰/۰۷ بدست آمد. میانگین بارش ۱۷ ساله منطقه برابر با ۲۰۲ میلی‌متر بود که ۸۴/۴، ۶۵/۳، ۵۱/۳ و ۳۶/۴ درصد از بارش کل به ترتیب بیشتر از ۲، ۴، ۶ و ۸ میلی‌متر بوده است.

بر اساس نتایج تحقیق و مقایسه شرایط با مدیریت زارعین به نظر می‌رسد که از آنجایی که تنها منبع تامین نیاز آبی درختان، بارش و رواناب جمع‌آوری شده است، لذا کنترل و کاهش مصارف غیر مفید به ویژه تلفات تبخیر، نقشی کلیدی در استمرار رشد درختان دارد، لذا مهم‌ترین و اساسی‌ترین عملیات در این پژوهش کنترل تبخیر از طریق نایلون‌گذاری در پای درختان بوده است که ورود رواناب ناشی از بارش را میسر، اما خروج آب به صورت تبخیر از سطح خاک را محدود می‌کرد. تیمار برتر و قابل توصیه حاصل از این پژوهش شامل اندازه سطح رواناب ۷×۷ متر + سطوح رواناب تمیز و غلطک زده شده و بدون نیاز به استفاده از پلیمر (توکلی، ۱۳۸۳) است و تفاوتی بین شکل حوضه رواناب وجود ندارد، اگر چه آرایش مربعی قابلیت‌ها و برتری‌هایی دارد. سطوح رواناب تمیز و غلطک زده شده، از طریق کاهش سهم نفوذ و افزایش سهم رواناب، اثربخش بوده است. مسئله کنترل تبخیر بسیار مورد تأکید است و عملیات زراعی شامل هرس، بیل‌کاری پای درختان، کنترل علف‌های هرز در سطوح رواناب و پای درختان و کنترل آفات (از جمله کرم سفید ریشه) باید انجام گیرد. بدیهی است در شرایط زارعین و در صورت دسترسی به منابع آب محدود (حتی آب‌های

با کیفیت پایین و پساب‌ها) برای کاهش ریسک، برنامه یک تا حداکثر دو مرتبه آبیاری در طول تابستان توصیه می‌گردد.

منابع

۱- توکلی، ع. ر. (۱۳۸۶). بررسی عکس‌العمل درختان بادام دیم نسبت به شیوه‌های مختلف جمع‌آوری و استحصال آب باران در حوضه‌های کوچک (MCWH) در منطقه آذربایجان‌شرقی. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی موسسه تحقیقات دیم.

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

۳- طباطبایی‌یزدی، ج.، س. ا. حقایقی، م. قدسی و ح. افشار (۱۳۹۰). استحصال آب باران برای آبیاری تکمیلی گندم دیم در منطقه مشهد. نشریه آب و خاک دانشگاه فردوسی مشهد، ۲۴(۲): ۲۰۷-۱۹۸.

۴- هاشمی‌نیا، س.م. (۱۳۸۳). مدیریت آب در کشاورزی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. شماره ۳۹۹، ۵۱۹ص.

5- Anaja M.G. and Tovar J.S. *(1975). Different soil treatments for harvesting for radish production in the Mexico valley*. In: G.W., Frasier (ed), Symp. Water harvesting, 26-28 March, Phoenix, AR, ARSW22 US, Department of Agriculture, Washington, DC, *pp : 315-320.*

6- Boers T.M., Graaf D.E., Feddes R.A. and Ben-Asher J. *(1986). A linear regression model combined with soil water balance model to design Micro – Catchments for water harvesting in arid zones*. Agric.Water Manage.*11:187-206.*

7- Boers Th.M. *(1994). Rainwater harvesting in arid and semi arid zones*. Ph.D Dissertation. The Netherlands: Wageningen Agricultural University.

8- Evenari M., Shanan L. and Tadmor N.H. (*1971). The Negev: The challenge of a desert*. Harvard University Press. Cambridge, MA, *345 p*.

9- NRCS (Natural Resources Conservation Services) Handbook *(2008). Hydrology*. USDA, Washington, D.C., USA.

10- Oweis T., Prinz D. and Hachum A. *(2012). Water harvesting for agriculture in the dry areas*. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), Aleppo, Syria, Taylor & Francis Group, London, UK, *275pp.*

11- Oweis T. *(1994). Water harvesting concepts and techniques for agriculture, ICARDA.*

12- Oweis T. and Hachum A. *(2003). Improving water productivity in the dry areas of West Asia and North Africa*. In: Kijne, J.W., Barker R., and Molden D. (eds) Water Productivity in Agriculture, limits and opportunities for improvement, International Water Management Institute (IWMI), Colombo, Sri Lanka. pp.*179-198.*

13- Sharma K.D. *(1986). Run off behavior of water harvesting micro catchments*. Agric. Water Manage.*11: 137-144.*

Determining the Effects of Runoff Area Situation on Threshold Runoff and Water Storage Profile Under Micro Catchment Water Harvesting Systems

Tavakoli A.R.
Email: art.tavakoli@gmail.com

Received: 2014/02
Accepted: 2014/05

Abstract

In order to investigate the roles of water harvesting patterns in water saving and increasing rain water productivity under micro catchment water harvesting systems, a field experiment was conducted in East Azarbaijan in the northwest of Iran during 1999-2006. The treatments included two MCWH patterns (small basins and semi-circular bunds), three catchment sizes (25m^2; 49m^2 and 81m^2), three runoff area treatments (Natural, cleared and smoothed, wetting and compacting) and two infiltration areas (Natural, soil mixed with polymer at a rate of 1kg/tree) for two new almond varieties. Polymer had no significant effect on water holding. Although the small basin with (9×9), runoff area compacted and use of polymer gave better results in survival, the growth and productivity of almond, the treatment with small basin (7×7) with compaction and without polymer can be recommended based on an economic analysis. Threshold runoffs were measured to be 2.5-3.5, 3.5-4.5 and 4.5-5.5 mm for natural, cleaned and smoothed, cleaned, wetted and compacted condite, respectively. Seventeen-year (1996-2013) average rainfall is equal to 202 mm, which shows that 84.4, 65.3, 51.3 and 36.4 of the total precipitation were more than 2, 4, 6 and 8 mm, respectively. Maximum rainfall runoff coefficient for threshold rain of 2, 4, 6 and 8 mm, was obtained to be 0.57, 0.35, 0.22 and 0.14, respectively. The design runoff coefficient for threshold rain of 2, 4, 6 and 8 mm, was obtained to be 0.28, 0.17, 0.11 and 0.07, respectively. **Determination of t**hreshold runoff has a major role in the success of water harvesting system design.

Keywords: Design runoff coefficient, Rain, Threshold runoff, Threshold rain, Water harvesting systems.