مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی/جلد ١٤/ شماره ٢/سال ١٣٩٢/ص ١٦-١

تعیین مشخصه‌های فنی سامانه‌های استحصال و جمع‌آوری آب باران برای بادام دیم

علیرضا توکلی*

* نگارنده مسئول: استادیار پژوهش بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان (شاهرود)، نشانی: شاهرود، کیلومتر ٣ جاده بسطام، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان (شاهرود)، ص. پ. ٣١٣-٣٦١٥٥، تلفن: ٢٢٢٢٤٩٣(٠٢٧٣)، پیام‌نگار: art.tavakoli@gmail.com

تاریخ دریافت: ٩٠/١/١٧؛ تاریخ پذیرش: ٩١/١/٢٦

چکیده

به منظور افزایش بهره‌وری بارش، کاهش سهم مصارف غیرمفید بارش و ایجاد باغ بادام از طریق سامانه‌های مختلف استحصال و جمع‌آوری آب باران در حوضه‌های کوچک (MCWH)، این پژوهش از سال ١٣٧٩ به مدت ٦ سال در استان آذربایجان‌شرقی، شهرستان اسکو – منطقه یال ایلخچی و در دیمزارهای کشاورزان به اجرا درآمد. تیمارهای مورد مطالعه شامل آرایش سامانه‌های مختلف استحصال و جمع‌آوری آب باران (شکل و مساحت)، مدیریت سطوح رواناب و بهبود ذخیرهٔ آب خاک در بستر ریشه، برای دو رقم بادام دیر گل پیوندی بوده است. برخی از مشخصه‌های زراعی و رشدی محصول و آستانه رواناب و برآورد عملکرد محصول مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج تحقیق و با تکیه بر مدیریت کنترل تبخیر در پای درختان، تیمار برتر و قابل توصیه شامل اندازه سطح رواناب ٧×٧ متر + سطوح رواناب تمیز و غلتک‌زده شده و بدون نیاز به استفاده از پلیمر است و تفاوتی بین شکل حوضه‌های جمع‌آوری رواناب وجود ندارد، اگرچه آرایش مربعی اندکی بر آرایش نیم‌دایره‌ای برتری دارد. در آزمایش‌های متعدد تعیین آستانهٔ رواناب برای حوضه‌های جمع‌آوری رواناب در تیمار غلتک‌زده، ٢/٥ تا ٣/٥ میلی‌متر، در تیمار تمیز و صاف شده، ٣/٥ تا ٤/٥ میلی‌متر و در تیمار طبیعی، ٤/٥ تا ٥/٥ میلی‌متر اندازه‌گیری و برآورد شد. در سال ١٣٨٥ میزان عملکرد تک درخت حدود ٣ کیلوگرم برآورد شد که با ٢٠٤ نهال در هکتار در تیمار برتر، عملکرد ٦١٢ کیلوگرم در هکتار خواهد شد. پژوهش‌های تکمیلی برای بررسی جنبه‌های زراعی و حرکت سطحی و زیرسطحی آب در سطوح رواناب در خاک‌ها و شیب‌های مختلف پیشنهاد می‌گردد.

واژه‌های کلیدی

آب باران، آستانهٔ رواناب، استحصال و جمع‌آوری، بادام، باران، تبخیر، دیم

مقدمه

آذربایجان‌شرقی یکی از مناطق مستعد برای کشت بادام است و در مناطقی که سالانه دارای ٢٠٠ تا ٤٠٠ میلی‌متر بارش باشند، کشت بادام، انگور و زیتون به صورت دیم به راحتی امکان‌پذیر است. به دلیل ناکافی بودن کل بارندگی‌ها و نامناسب بودن پراکنش مکانی- زمانی آن، کشت بادام دیم ریسک‌پذیری بالایی دارد و درختان باید در طول فصل زراعی حداقل، ٤-٣ بار آبیاری شوند. با توجه به مشکلات تامین آب به ویژه از جهات اقتصادی، در صورتی‌که بتوان رواناب ناشی از بارندگی‌ها را در حوضه‌های مشخص، جمع‌آوری و ذخیره کرد و در مواقع لازم در اختیار بادام قرار داد، می‌توان نیاز آبی بادام را تأمین کرد و عملکرد آن را بهبود بخشید.

در مناطق خشک، آب (و نه زمین)، فاکتور محدودکننده در بهبود و افزایش تولیدات کشاورزی است. در چنین شرایطی، به حداکثر رساندن بهره‌وری از آب (و نه عملکرد یعنی میزان تولید در واحد سطح)، راهبردی مؤثرتر و بهتر برای مدیریت مصرف آب است

Archive of SID
www.SID.ir

(Oweis & Hachum, 2003). به فرآیند جمع‌آوری و تمرکز رواناب ناشی از باران از سطحی بزرگ‌تر (سطح رواناب) و ذخیره کردن آن برای استفادهٔ مفید و مطلوب در سطح هدف کوچک‌تر (سطح نفوذ)، استحصال و جمع‌آوری آب باران اطلاق می‌شود. حوضه‌های کوچک استحصال و جمع‌آوری آب باران[1] شامل دو بخش است: سطح رواناب و سطح نفوذ (پای نهال) (Tavakoli, 2007). پارامترهای اصلی بیلان آب عبارت است از بارندگی (شدت- مدت- فراوانی)، رواناب، تبخیر، تبخیر- تعرق، تغییر ذخیرهٔ آب خاک و تلفات عمقی از پروفیل زیرین خاک (Boers *et al.*, 1986). 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. میزان سطح رواناب در تحقیق بوهرز و همکاران (Boers *et al.*, 1986) برابر ۴۰ تا ۸۰ متر مربع به دست آمد. متوسط بارش سالیانه نیز برای اجرای طرح‌های استحصال و جمع‌آوری آب باران از ۱۰۰ میلی‌متر (Evenari *et al.*, 1971) تا ۶۵۰ میلی‌متر (Anaya & Tovar, 1975) گزارش شده است. برخی گزارش‌ها حاکی از این است که حوضه‌های کوچک استحصال و جمع‌آوری آب باران باید در مناطقی اجرا شود که میانگین بارندگی سالیانه حداقل ۲۵۰ میلی‌متر در سال باشد (Boers *et al.*, 1986; Hashemi-Nia, 2004).

راه‌های افزایش رواناب از سطحی معین عبارت‌اند از: پاک کردن سطوح شیب‌دار از علف و خاک‌های سست، بهبود پوشش گیاهی با تغییر پوشش زمین، اجرای عملیات مکانیکی از جمله هموار کردن و کوبیدن سطح، احداث تراس کنتوری و آبخیزهای کوچک، کاهش نفوذپذیری خاک با استفاده از مواد شیمیایی، اجرای عملیات پیوند سطحی هم برای نفوذپذیر کردن و هم برای نفوذناپذیر کردن سطح زمین، پوشاندن سطح حوزه آبخیز با یک مادهٔ پوشش سخت و پوشاندن سطح حوزهٔ آبخیز با یک ماده پوشش نرم. در بالادست، اجرای عملیات و به کار بردن موادی که سبب ایجاد رواناب و جلوگیری از نفوذ آب شود، بسیار اثرگذارند؛ ضمن این‌که آسان و نسبتاً ارزان نیز هستند. استفاده از مالچ به منظور بهبود سازگاری و افزایش رشد گونه‌های مختلف گیاهی از طریق کنترل تبخیر در محدوده پای درخت (سطح نفوذ)، از مدت‌ها قبل مرسوم بوده است. گزارش‌های محققان نشان می‌دهد که پلاستیک به عنوان مالچ با جلوگیری از رشد و نمو علف‌های هرز و همچنین جلوگیری از تبخیر سطحی، در اخذ نتایج موفقیت‌آمیز از نظر سازگاری و رشد گونه‌های مورد مطالعه نقش موثری دارد (Karpiscak *et al.*, 1984; Holt, 1989; Hira *et al.*, 1990; Barzegar-Ghazi *et al.*, 2001).

افزایش بهره‌وری آب باران و تعیین آرایش مناسب مدیریت استحصال و جمع‌آوری آب باران در حوضه‌های کوچک برای بادام دیم و تعیین مشخصه‌های رشدی و فنی سامانه‌ها، هدف این تحقیق است.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی شیوه‌های مختلف استحصال و جمع‌آوری آب باران و اثر آن بر بهبود و تثبیت رشد بادام در شرایط دیم، آزمایشی از سال ۱۳۷۹ به مدت ۶ سال در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و به صورت اسپلیت اسپلیت فاکتوریل به اجرا درآمد که تیمارهای آن عبارت‌اند:

۱) شکل حوضه جمع‌آوری رواناب در دو سطح:
الف ـ آرایش مربعی[2] ب ـ آرایش نیم‌دایره‌ای[3]

۲) اندازه و مساحت حوضه‌های جمع‌آوری آب باران در سه سطح:
الف ـ مساحت حوضه ۲۵ متر مربع (۵ ×۵، R = ۲/۰۴ متر)
ب ـ مساحت حوضه ۴۹ متر مربع (۷ ×۷، R = ۲/۸۶ متر)

1- Micro-Catchments
2- Small Basin
3- Semi Circular Bound

Archive of SID
www.SID.ir

ج ـ مساحت حوضه ۸۱ متر مربع (۹ ×۹، ۳/۶۷ = R متر)

۳ ـ سطح رواناب (انواع پوشش سطح خاک حوضه رواناب) در سه سطح:

الف ـ طبیعی ب ـ تمیز و صاف شده ج ـ تمیز، صاف و مرطوب و غلتک‌زده شده

۴ ـ وضعیت خاک پای درخت (سطح نفوذ) در دو سطح:

الف ـ طبیعی ب ـ خاک مخلوط شده با یک کیلوگرم پلیمر سوپرجاذب در پای درخت.

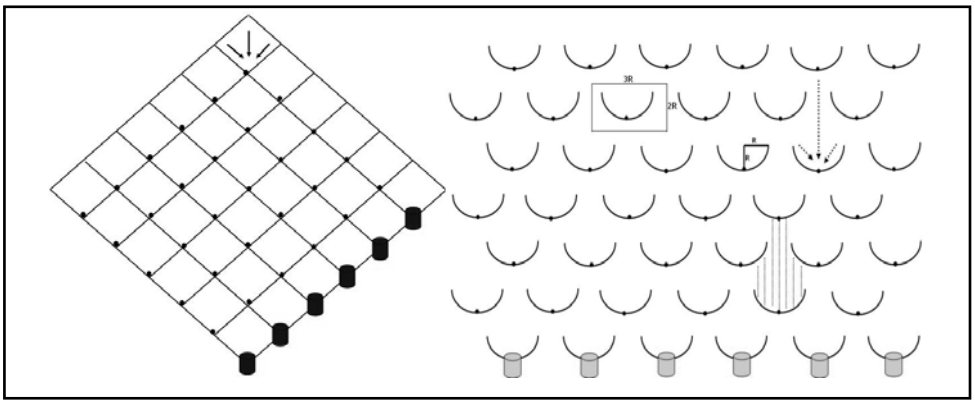
در سال ۱۳۷۹ این برنامه‌ها اجرا شد: پیاده کردن نقشه و میخکوبی، کندن چاله‌هایی به ابعاد ۱×۱×۱ متر، تهیهٔ کود دامی، تهیهٔ مواد پلیمری سوپرجاذب نوازوب A (تحت لیسانس مرکز پلیمر ایران)، پرکردن نیمی از چاله‌ها با خاک سطحی مرغوب + ۱۵ کیلوگرم کود دامی + یک کیلوگرم مواد پلیمری سوپرجاذب، پر کردن نیمی دیگر از چاله‌ها فقط با خاک مرغوب سطحی + ۱۵ کیلوگرم کود دامی و ایجاد پشته به ارتفاع ۵۰-۴۰ سانتی‌متر. تمام چاله‌ها با دست حفر شدند؛ و خاک زیرین که آهکی و نامرغوب بود برای پشته‌ها استفاده گردید. برای پر کردن چاله‌ها از خاک نسبتاً مناسب سطحی با ترکیب ذکر شده استفاده شد. بر اساس تیمارهای پیش‌بینی شده برای سطوح رواناب، برای سطوحی که قرار بود تمیز و صاف شوند از نیروی کارگر، بیل و چنگک استفاده شد، سنگ‌های آن جمع‌آوری گردید، پستی و بلندی‌ها تسطیح شدند و سطح مذکور به نحوی آماده شد که قابلیت هدایت جریان را به سوی سطح نفوذ داشت. در سطوحی هم که مقرر شده بود غلتک‌زده شود این عملیات در بهار و در اولین فرصت صورت گرفت. زمانی که رطوبت خاک کافی بود، با غلتک دستی اقدام به فشرده‌سازی خاک سطحی شد تا ضریب رواناب افزایش و آستانهٔ جاری شدن رواناب کاهش یابد. پس از آماده‌سازی بستر نهال و آماده‌سازی سطوح رواناب، در اواخر پاییز که درختان به خواب فیزیولوژیک رفته بودند، از یکی از نهالستان‌های بادام که مورد تأیید ایستگاه تحقیقات باغبانی سهند بود، قلمه‌های بادام پیوندی دو ساله ارقام دیر گل آذر و اسپانیا تهیه و به محل اجرای پروژه منتقل شد. قلمه‌ها بعد از هرس ریشه‌های زخمی در محلول قارچ‌کش بنومیل + خاک رس + کود دامی + آب و هرس هوایی (همسان کردن ارتفاع قلمه‌ها، به میزان ۷۰ سانتی‌متر)، کشت شدند. به دلیل پایین بودن رطوبت خاک و امکان جذب رطوبت ریشه توسط خاک، برای هر نهال حدود ۲۰ لیتر آب مصرف شد. برای نگهداری قلمه‌ها در مقابل باد و برف، قیم‌هایی نیز تعبیه شدند. با توجه به وجود دمای زیر صفر و احتمال یخ بستن خاک مرطوب سطح نفوذ، از پوشش نایلونی به ابعاد یک در یک متر استفاده شد. این پلاستیک‌ها، که در پای درختان برای کنترل تبخیر گسترانیده شده بودند، سوراخ‌هایی داشتند که امکان ورود آب را تسهیل می‌کردند و مانعی برای ورود سرما در فصل سرد به درون خاک و خروج رطوبت خاک (به صورت تبخیر در فصل گرم سال) بودند. البته با توجه به شرایط مناسب برای رشد علف‌های هرز به خاطر وجود رطوبت کافی و دمای مناسب، علف‌های هرز پای درختان کنترل می‌گردید.

در طراحی و تعیین مساحت در آرایش مربعی و تعیین شعاع در آرایش نیم‌دایره‌ای با توجه به شکل ۱ از رابطهٔ ۱ استفاده شد:

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

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.

www.SID.ir



شکل ١- سطح رواناب در دو آرایش نیم‌دایره‌ای و مربعی در استحصال و جمع‌آوری آب باران

هر چند در محل اجرای طرح باران‌سنج نصب شده بود، آمار هواشناسی نیز از ایستگاه هواشناسی سهند در نزدیکی محل اجرای پژوهش دریافت شد. برای ارزیابی و مقایسهٔ تیمارها، ضخامت ساقه‌ها، تغییرات آن در طول سال زراعی و نیز میزان رشد تیمارهای مختلف اندازه‌گیری شد.

با توجه به رشد درختان، اندازه‌گیری میزان رشد و تولید شاخه‌های جدید فقط در سال اول مقدور بود. در خصوص تغییرات ضخامت ساقه‌ها، هر چند در طول آزمایش این پارامتر اندازه‌گیری شد، به دلیل این‌که در سال‌های چهارم و پنجم تغییرات معنی‌دار نبود، فقط داده‌های مربوط به سال‌های ١٣٨١ و ١٣٨٢، که وجه تمایز تیمارها را نشان می‌داد، بیان شد. نتیجه تجزیهٔ نمونهٔ خاک محل آزمایش در جدول ١ نشان داده شده است. در نمونه خاک تهیه شده میزان فسفر قابل جذب، پتاسیم قابل جذب، مس، روی، منگنز و آهن به ترتیب ١٥/٢، ٣٧٠، ١/٤٨، ١/١، ٣/٩٤ و ٢/٢٢ پی‌پی‌ام اندازه‌گیری شد. میزان رس، سیلت و شن به ترتیب ٧، ٤٣ و ٥٠ درصد نشان داده شد که با اصلاح بستر نهال و جایگزینی خاک چاله‌ها با خاک سطحی درصد رس خاک بهبود پیدا کرد و درصد شن کم شد. ضمن این‌که با کاربرد کود دامی پوسیده ظرفیت آب خاک نیز افزایش یافت.

جدول ١- نتایج تجزیه خاک محل اجرای آزمایش

درصد مواد خنثی‌شونده	ازت کل (درصد)	اسیدیته کل اشباع	کربن آلی (درصد)	درصد مواد آلی	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	درصد اشباع
٩/٨	٠/٠٤٩	٧/٦	٠/٤٩	٠/٩٨	١/١١	٣٤

نتایج و بحث

تحلیل بارش

آمار هواشناسی ایستگاه سینوپتیک شهر سهند مبنای تحلیل و تعیین درصد احتمال وقوع بارش‌ها قرار گرفت. این ایستگاه نزدیک‌ترین ایستگاه به محل آزمایش است. آمار بارش ایستگاه هواشناسی شهر سهند برای سال‌های زراعی ٧٥-١٣٧٤ لغایت ٨٤-١٣٨٣ (١٠ساله) گردآوری و ابتدا داده‌ها به ترتیب نزولی بارش مرتب و سپس احتمال وقوع از رابطهٔ ٢ تعیین شد (جدول ٢).

$$P(X < x) = \frac{i}{n+1} \qquad (٢)$$

که در آن،

P= احتمال وقوع؛ i= شمارهٔ ترتیب نزولی بارش‌ها؛ و n= تعداد سال‌های آماری.

Archive of SID

www.SID.ir

بر اساس جدول ۲، متوسط بارش سال زراعی در طول ۱۰ سال گذشته (منتهی به ۸۴-۱۳۸۳) برابر ۲۰۸ میلی‌متر است که نشانگر عدم مطلوبیت مقدار بارش حتی برای کشت محصولات زراعی دیم است، چه رسد به احداث و پرورش باغ درختان مثمری مثل بادام. ضمن این‌که پراکنش آن نیز بسیار نامتوازن است.

بر مبنای آمار سال زراعی و صرف‌نظر از نحوهٔ پراکنش بارش، احتمال وقوع بارش به میزان ۲۵۸ میلی‌متر در یک سال زراعی، تنها ۹ درصد و ۲۲۶ میلی‌متر در یک سال زراعی، ۳۶ درصد است (جدول ۲). کل بارش سال زراعی، کل تبخیر، حداقل و حداکثر مطلق دما و حداکثر مقدار بارش در یک روز در سال‌های زراعی ۸۴-۱۳۷۸ در جدول ۳ آورده شده است.

جدول ۲- احتمال وقوع بارش بر مبنای بارش سال زراعی

سال زراعی	بارش (میلی‌متر)	i	P(X<x) = i /(n+1)
۱۳۷۵-۷۶	۲۵۸	۱	۰/۰۹
۱۳۸۳-۸۴	۲۴۹/۵	۲	۰/۱۸
۱۳۸۲-۸۳	۲۴۵	۳	۰/۲۷
۱۳۷۴-۷۵	۲۲۶	۴	۰/۳۶
۱۳۸۰-۸۱	۲۱۷/۵	۵	۰/۴۵
۱۳۷۷-۷۸	۱۸۵/۳	۶	۰/۵۵
۱۳۷۶-۷۷	۱۷۷/۱	۷	۰/۶۴
۱۳۸۱-۸۲	۱۷۶/۸	۸	۰/۷۳
۱۳۷۹-۸۰	۱۷۶/۸	۹	۰/۸۲
۱۳۷۸-۷۹	۱۶۳/۳	۱۰	۰/۹۱

جدول ۳- میزان بارش، تبخیر و دمای هوا طی سال‌های پژوهش

سال زراعی	کل بارش (میلی‌متر)	کل تبخیر (میلی‌متر)	حداقل مطلق دما (درجهٔ سلسیوس)	حداکثر مطلق دما (درجهٔ سلسیوس)	حداکثر بارش در یک روز (میلی‌متر در روز)
۱۳۷۸-۷۹	۱۶۳/۳	۲۳۱۰	-۱۳/۶	۴۰/۸	۱۸/۳
۱۳۷۹-۸۰	۱۷۶/۴	۲۲۶۹	-۱۱/۸	۳۶/۲	۱۷
۱۳۸۰-۸۱	۲۱۷/۶	۲۰۷۲	-۱۰/۴	۳۲/۸	۲۰
۱۳۸۱-۸۲	۱۷۶/۸	۲۰۹۴	-۱۲/۶	۳۸/۲	۱۸
۱۳۸۲-۸۳	۲۴۵	۲۰۸۹	-۱۲	۳۵/۴	۴۲
۱۳۸۳-۸۴	۲۴۹/۴	۲۲۵۴	-۱۴	۳۵/۶	۲۷

سال زراعی ۸۰-۷۹ اولین سال استقرار نهال در محل اجرای طرح است. در این سال زراعی، اولین بارش به میزان ۲۵/۸ میلی‌متر در اول تا سوم آبان‌ماه و آخرین بارندگی به میزان ۱۸/۲ میلی‌متر در ۱۲ و ۱۳ اردیبهشت‌ماه ۱۳۸۰ اتفاق افتاد. تا پایان سال زراعی، باران دیگری نبارید و اولین بارش در سال زراعی بعد در آبان‌ماه بود. سال‌های زراعی بعد از آن نیز چنین روندی داشته‌اند.

Archive of SID

www.SID.ir

در سال زراعی ۸۰-۷۹، احتمال بروز بیشترین خطرها وجود داشت. زیرا هرس هوایی و هرس ریشهٔ نهال‌ها، امکان بهره‌گیری نهال از رطوبت زیرین خاک را محدود ساخته بود. شاید بتوان گفت توفیق و گذر از این شرایط و دورهٔ بدون بارش ۱۸۶ روزه، موفقیت طرح را در سال‌های بعد تضمین کرد و این نشان‌دهندهٔ قابلیت‌های فراوان شیوه‌های استحصال آب باران و نقش مدیریت کنترل و کاهش تبخیر در سطح هدف است.

تعداد روزهای بدون بارش سال‌های ۱۳۸۰، ۱۳۸۱، ۱۳۸۲، ۱۳۸۳ و ۱۳۸۴ (از اول فروردین تا پایان اسفندماه) به ترتیب ۱۸۶، ۱۸۵، ۲۱۴، ۱۶۰ و ۲۱۶ بوده است و در این روزها که با دورهٔ رشد و نمو محصول همراه بود نیاز آبی محصول، بدون هرگونه آبیاری، از آب ذخیره شدهٔ حاصل از جمع‌آوری آب باران تامین می‌شد.

صفات اندازه‌گیری شده در رشد بادام

ماهیت این تحقیق این است که تکرار در زمان ندارد و آنچه در زمان مشاهده می‌شود، ادامهٔ روندی است که از سال‌های قبل شروع شده و نسبت به گذشته حالت تکاملی دارد. لذا روند رشد، درصد گیرایی در سال اول، درصد زنده‌مانی، تغییر وضعیت ظاهری درختان و مقایسهٔ آن‌ها با شرایط رشد بادام در باغ‌های کشاورزان (در شرایط آبیاری متعدد)، معیاری مناسب برای ارزیابی محسوب می‌شود.

میزان گیرایی و زنده‌مانی در این پژوهش حدود ۱۰۰ درصد بود، در حالی‌که در شرایط معمول در منطقه که بین کشاورزان رواج دارد، و با آبیاری متعدد (تا ۱۷ مرتبه) ۶۰-۴۰ درصد اندازه‌گیری شد.

در سال اول (۱۳۸۰)، میزان رشد شاخهٔ اصلی تا ۷۰ سانتی‌متر اندازه‌گیری شد که در مقایسه با میزان رشد شاخهٔ اصلی در شرایط معمول در منطقه و با آبیاری متعدد، که ۴۰-۲۰ سانتی‌متر به دست آمد، عدد قابل توجهی است. طول کل شاخه‌های ایجاد شده در سال ۱۳۸۰ در تک درخت تا ۱۵/۵ متر رسید. این نتایج در شرایطی به دست آمد که سال ۱۳۸۰ سال استقرار نهال همراه با هرس ریشه و هرس هوایی بود، آخرین بارش مؤثر در اردیبهشت‌ماه بارید و بیش از ۱۸۶ روز بدون بارش بود.

تحلیل آماری

در جدول ۴، نتایج تجزیهٔ واریانس (میانگین مربعات) صفات زراعی شامل: کل شاخه‌های تولید شده در سال اول (۱۳۸۰)، حداکثر رشد شاخه اصلی در سال اول (۱۳۸۰)، ضخامت ساقه در سال‌های ۱۳۸۱ و ۱۳۸۲ و نیز درصد تغییر ضخامت ساقهٔ بادام در یک سال نشان داده شده است.

اثر شکل (آرایش) حوضهٔ جمع‌آوری رواناب بر کل شاخه‌های ایجاد شده و در واقع بر میزان رشد درخت در سطح پنج درصد معنی‌دار است، در حالی‌که بر سایر صفات معنی‌دار نبوده است (جدول ۴).

میانگین صفات اندازه‌گیری شدهٔ بادام برای دو آرایش مربعی و نیم‌دایره‌ای در جدول ۵ نشان داده شده است. از نظر کمّی، برتری در تمام موارد با آرایش مربعی است. دلیل عمدهٔ آن به زمان تمرکز و سطحی که رواناب جمع می‌شود، برمی‌گردد.

اندازه و مساحت حوضهٔ جمع‌آوری رواناب و نیز وضعیت سطوح رواناب اثری مشابه آرایش حوضه داشته‌اند، با این تفاوت که این اثر در سطح آماری یک درصد معنی‌دار است (جدول ۴). معنی‌دار شدن اثر آرایش حوضه، اندازه و مساحت حوضه و وضعیت سطوح رواناب بر میزان رشد، بیانگر نقش این عوامل در میزان تولید و هدایت رواناب برای بادام است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ٤ - تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در رشد بادام

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		کل شاخه‌های تولید شده (سانتی‌متر)	حداکثر رشد شاخهٔ اصلی (سانتی‌متر)	ضخامت ساقه سال ۱۳۸۱ (میلی‌متر)	ضخامت ساقه سال ۱۳۸۲ (میلی‌متر)	تغییر ضخامت ساقه (درصد)
تکرار(R)	۲	۲۹۲۱۱ ns	۱۰۶ ns	۱۵/۶۱ ns	۱۹/۶۹ ns	۲۸۹/۴ ns
شکل حوضه (Sh)	۱	۳۳۴۰۰۰ *	۳۳۴/۳ ns	۷/۱۱ ns	۳۷/۸۱ ns	۹۸/۶۵ ns
خطـــا	۲	۱۴۶۴۷	۵۶/۵	۶/۳۷	۵/۳۶	۳۵۸/۶
اندازه و مساحت (D)	۲	۳۵۳۲۸۲ **	۱۵۷/۲ ns	۸/۱ ns	۶۰/۳۹ ns	۱۲۳۷/۲ ns
(Sh*D)	۲	۴۹۵۴۹ *	۱۷۸/۱ ns	۵۴/۶۴ *	۷۰/۴۲ ns	۸۹۰/۱ ns
خطـــا	۸	۷۶۴۱	۱۱۲/۹	۱۱/۳۶	۱۸/۷۹	۵۲۷/۶
سطوح رواناب (Runoff)	۲	۲۱۹۰۳۵ **	۱۳۱/۵ ns	۳/۵۲ ns	۶/۰۲ ns	۸/۳۲ ns
Sh*Runoff	۲	۶۱۹۳۳ **	۱۸۷/۲ ns	۲۶/۱۹ *	۱۶/۵۷ ns	۹۰۴/۱ ns
(D*Runoff)	۴	۲۹۳۳۵ ns	۸۹/۹ ns	۶/۷۸ ns	۶/۷۹ ns	۶۶۶/۴ ns
D*Sh*Runoff	۴	۴۲۴۱۸ *	۴۳/۱ ns	۱۱/۷۱ ns	۲۸/۸ *	۱۳۶۲/۴۱ ns
پلیمر (Pol)	۱	۴۰۶۰۰ ns	۳ ns	۱۹ ns	۲۸/۷۳ ns	۱۳۷/۱ ns
Sh*Pol	۱	۳۸۵ ns	۱۵۶/۵ ns	۰/۳۹ ns	۲۳/۹۹ ns	۳۱۹۲/۲۷ *
D.Pol	۲	۱۳۷۸ ns	۴۲۶/۷ *	۹/۱ ns	۰/۳ ns	۱۸۵۵/۶ ns
Sh*D*Pol	۲	۴۲۰۲۴ *	۴۵/۸ ns	۱۱/۷۶ ns	۱۹/۰۹ ns	۱۱۱۵/۳۲ ns
D*Runoff	۲	۳۶۲۱۵ ns	۲۰۱/۱ ns	۱/۰۵ ns	۲۰/۰۴ ns	۲۰۰۲/۳۷ ns
Sh* Runoff *Pol	۲	۵۱۴۶۹ *	۹۷/۳ ns	۰/۰۲۵ ns	۷/۸ ns	۶۳۳ ns
D* Runoff *Pol	۴	۳۴۱۸۹ *	۶۸/۲ ns	۳/۹۳ ns	۲/۲۴ ns	۳۰۸/۳۴ ns
Sh*D* Runoff *Pol	۴	۱۶۸۸۹ ns	۱۸/۹ ns	۱۲/۴۱ ns	۸/۶۷ ns	۵۱۳/۲۲ ns
خطـــا	۶۰	۱۳۴۸۷	۱۰۸/۹	۸/۱۴	۱۰/۱۵	۸۴۹/۷۲
ضریب تغییرات (درصد)		۲۸/۱۳	۲۳/۱۸	۲۰/۱۹	۱۵/۷	۶۱/۷۷

** اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، * اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ns نبود اختلاف معنی‌دار

جدول ۵- میانگین صفات اندازه‌گیری شدهٔ بادام در آرایش‌های مختلف حوضهٔ جمع‌آوری رواناب

شکل حوضهٔ جمع‌آوری رواناب	کل شاخه‌های تولید شده (سانتی‌متر)	حداکثر رشد شاخهٔ اصلی (سانتی‌متر)	ضخامت ساقه سال ۱۳۸۱ (میلی‌متر)	ضخامت ساقه سال ۱۳۸۲ (میلی‌متر)	تغییر ضخامت ساقه (درصد)
مربعی	۴۶۸/۵	۴۶/۸	۱۴/۴	۲۰/۹	۴۸/۱
نیم‌دایره‌ای	۳۵۷/۲	۴۳/۳	۱۳/۹	۱۹/۷۱	۴۶/۲

مطابق شکل ۱، حوضه‌های نیم‌دایره‌ای کشیده‌تر از حوضه‌های مربعی هستند و از این رو مدت زمانی که طول می‌کشد تا قطره‌های رواناب از آخرین (دورترین) نقطه به پای درخت برسد طولانی‌تر بوده و در نتیجه زمان تمرکز در آرایش نیم‌دایره‌ای بیش از زمان تمرکز در آرایش مربعی است. ضمن این‌که در حالت نیم‌دایره‌ای، سطحی که رواناب را دریافت و جمع می‌کند، به خاطر نیم‌دایره‌ای و باز بودن، بزرگ‌تر است در حالی‌که در آرایش مربعی، به

Archive of SID

www.SID.ir

دلیل جمع‌شدن آب در رأس منتهی‌الیه شیب، این سطح کوچک بوده و همهٔ رواناب در سطح نفوذ پای درخت جمع شده و نفوذ و ذخیره می‌شود. به همین منوال میزان تبخیر آب در نیم‌دایره‌ای بیش از مربعی خواهد بود. کاملاً طبیعی است که افزایش سطح رواناب، اثر مثبتی بر افزایش کمّی صفات مورد مطالعه داشته باشد. در انتخاب سطح رواناب بهینه برای هر درخت، باید به این نکته توجه داشت که هرچند ممکن است سطح بزرگ‌تر برای تک درخت مفیدتر و به تبع آن عملکرد تک درخت و مقادیر کمی صفات زراعی مورد مطالعه بیشتر باشد (جدول ۶)، اما از نظر تعداد درخت در هکتار و عملکرد کل، نمی‌تواند برتری داشته باشد.

جدول ٦- میانگین صفات اندازه‌گیری شدهٔ بادام با توجه به مساحت حوضهٔ جمع‌آوری رواناب

اندازه و مساحت حوضهٔ جمع‌آوری رواناب	کل شاخه‌های تولید شده (سانتی‌متر)	حداکثر رشد شاخهٔ اصلی (سانتی‌متر)	ضخامت ساقه سال ۱۳۸۱ (میلی‌متر)	ضخامت ساقه سال ۱۳۸۲ (میلی‌متر)	تغییر ضخامت ساقه (درصد)
۲۵ متر مربع	۳۰۸/۴	۴۳	۱۳/۷	۱۹	۴۰/۸
۴۹ متر مربع	۴۲۴/۷	۴۴/۸	۱۴	۲۰/۴	۴۸/۵
۸۱ متر مربع	۵۰۵/۴	۴۷/۲	۱۴/۶	۲۱/۶	۵۲/۳

برای سطوح رواناب ۲۵، ۴۹ و ۸۱ متر مربع برای هر درخت، تعداد نهال در هکتار برای هر یک از این الگوها به ترتیب ۴۰۰، ۲۰۴ و ۱۲۳ خواهد بود. ضمن این‌که در سطوح بزرگ، امکان کنترل و حفظ روان‌آب‌های ناشی از بارش‌های بزرگ وجود ندارد. در مناطق با مقدار بارش کم و پراکنش نامناسب و نامتوازن، که دوره‌های خشکی طولانی وجود خواهد داشت، سطوح کوچک ریسک و خطرپذیری سیستم را به ویژه تحت شرایط مدیریت زارع افزایش خواهد داد. در مناطق با بارش متوسط و نرمال نیز با انتخاب سطوح رواناب بزرگ ممکن است پشته‌های کنترل رواناب تخریب شوند و در نتیجه به سیستم خسارت وارد شود. بنابراین، ضرورت دارد برای تک‌تک شرایط اقلیمی خاص، متناسب با مقدار و پراکنش بارش، سطوح بهینه انتخاب و توصیه شود.

اثر وضعیت سطوح رواناب بر میانگین صفات اندازه‌گیری شده در جدول ۷ نشان داده شده است. در سطوح رواناب طبیعی هیچ‌گونه تغییری داده نشد: سنگ‌ها جمع‌آوری نگردید و پستی و بلندی‌ها صاف نشد و علف‌های هرز سطوح رواناب نیز حذف نشدند، فقط علف‌های بزرگ و بوته‌های کنگر به طور دستی و همه ساله حذف گردیدند. اما در تیمارهای صاف و تمیز و نیز تیمار غلتک خورده، علف‌های هرز در سطوح رواناب هر ساله به طور کامل حذف و سطوح رواناب، صاف و تمیز شدند. سطوح رواناب صاف و تمیز و نیز سطوح رواناب غلتک‌زده شده، سبب افزایش رشد درخت بادام و بهتر شدن صفات اندازه‌گیری شد که نشان‌دهندهٔ اثر این مدیریت در افزایش حجم رواناب است. غلتک فقط در سال اول (۱۳۸۰) به کار گرفته شد؛ این کار هزینه چندانی نداشت و قابل توصیه است.

برهم‌کنش آرایش حوضه و اندازهٔ سطوح رواناب بر میزان رشد و ضخامت ساقهٔ بادام در سطح آماری پنج درصد معنی‌دار است (جدول ۴). برهم‌کنش آرایش حوضه و اندازهٔ سطوح رواناب بر صفات اندازه‌گیری شده در جدول ۸ نشان داده شده است. این جدول نشان می‌دهد که آرایش مربعی بر نیم‌دایره‌ای برتری دارد (در بالا، دلیل این برتری توضیح داده شد).

www.SID.ir

جدول ۷- میانگین صفات اندازه‌گیری شد بادام با توجه به وضعیت سطوح حوضهٔ جمع‌آوری رواناب

وضعیت سطوح حوضهٔ جمع‌آوری رواناب	کل شاخه‌های تولید شده (سانتی‌متر)	حداکثر رشد شاخهٔ اصلی (سانتی‌متر)	ضخامت ساقه سال ۱۳۸۱ (میلی‌متر)	ضخامت ساقه سال ۱۳۸۲ (میلی‌متر)	تغییر ضخامت ساقه (درصد)
سطح رواناب طبیعی	۳۲۷/۳	۴۳/۶	۱۳/۸	۱۹/۸	۴۷
سطح رواناب تمیز و صاف شده	۴۳۱/۳	۴۴/۳	۱۴/۳	۲۰/۴	۴۷/۷
سطح رواناب غلتک‌زده شده	۴۸۰	۴۷/۲	۱۴/۳	۲۰/۶	۴۶/۸

جدول ۸- میانگین صفات اندازه‌گیری شدهٔ بادام با توجه به مساحت و شکل حوضهٔ جمع‌آوری رواناب

اندازه و شکل حوضهٔ جمع‌آوری رواناب	کل شاخه‌های تولید شده (سانتی‌متر)	حداکثر رشد شاخهٔ اصلی (سانتی‌متر)	ضخامت ساقه سال ۱۳۸۱ (میلی‌متر)	ضخامت ساقه سال ۱۳۸۲ (میلی‌متر)	تغییر ضخامت ساقه (درصد)
مربعی، ۲۵ متر مربعی	۳۲۹/۴	۴۳	۱۴	۱۹/۲	۳۹
مربعی، ۴۹ متر مربعی	۴۷۵/۸	۴۵/۹	۱۳/۱	۱۹/۸	۵۵/۲
مربعی، ۸۱ متر مربعی	۶۰۰/۲	۵۱/۴	۱۶/۱	۲۳/۷	۵۰/۲
نیم‌دایره‌ای، ۲۵ متر مربعی	۲۸۷/۴	۴۳	۱۳/۶	۱۸/۸	۴۲/۶
نیم‌دایره‌ای، ۴۹ متر مربعی	۳۷۳/۷	۴۳/۸	۱۵	۲۰/۹	۴۱/۸
نیم‌دایره‌ای، ۸۱ متر مربعی	۴۱۰/۷	۴۲/۹	۱۳/۲	۱۹/۴	۵۴/۳

بر هم‌کنش آرایش حوضه و وضعیت سطوح رواناب بر میزان رشد و ضخامت ساقهٔ بادام به ترتیب در سطح آماری یک و پنج درصد معنی‌دار است (جدول ۴). برهم‌کنش آرایش حوضه و وضعیت سطوح رواناب بر میانگین صفات اندازه‌گیری شده، نشان می‌دهد که سطوح رواناب تمیز و صاف و سطوح غلتک‌زده شده در هر دو آرایش مربعی و نیم‌دایره‌ای، نسبت به سطوح رواناب طبیعی برتری محسوس دارند (جدول ۹).

در سال اول، که نهال یک دوره بحرانی را به خاطر انتقال از نهالستان به محل اجرای طرح، هرس ریشه، هرس هوایی و یکسان‌سازی ارتفاع نهال‌ها و نیز فقدان ریشهٔ طویل برای استفاده از ذخیره رطوبتی اعماق پایین، پشت سر گذاشته است، تمیز و صاف کردن حوضه و همچنین غلتک زدن، میزان رواناب را افزایش و آستانه رواناب را کاهش می‌دهد. در واقع سبب می‌شود که با یک بارش اندک، احتمال جاری شدن رواناب به وجود آید.

برهم‌کنش مساحت حوضه و وضعیت سطوح جمع‌آوری رواناب بر صفات اندازه‌گیری شده در جداول ۴ و ۱۰ نشان داده شده است. با تمیز و مسطح کردن سطح حوضه و غلتک زدن آن و افزایش اندازه و مساحت حوضه، میزان حجم رواناب افزایش و آستانهٔ رواناب کاهش می‌یابد. این دو مؤلفه هر دو اثری مثبت و فزاینده روی افزایش حجم رواناب خواهند داشت.

میزان عملکرد تک درخت در تیمار مربعی ۹×۹ متر، غلتک‌زده شده و بدون استفاده از پلیمر در خردادماه ۱۳۸۵ با نمونه‌گیری، حدود ۴ کیلوگرم برآورد شد. با توجه به مساحت سطوح رواناب و تعداد ۱۲۳ درخت در هکتار، عملکرد محصول تحت این تیمار ۴۹۲ کیلوگرم در هکتار خواهد بود. اما در تیمار مربعی ۷×۷ متر، غلتک‌زده شده و بدون استفاده از پلیمر، میزان عملکرد تک درخت حدود ۳ کیلوگرم برآورد شد که با ۲۰۴ نهال در هکتار، عملکرد محصول تحت این تیمار ۶۱۲ کیلوگرم در هکتار است. تیمار ۵×۵ به دلیل داشتن ریسک بالا قابل توصیه

Archive of SID

www.SID.ir

نیست. هر چند عملکرد بادام در این شرایط نسبت به زراعت آبی کم‌تر است اما زارع (Zare, 2008) نشان داد که به رغم پایین بودن عملکرد بادام، تولید آن از مزیت نسبی برخوردار است.

نسبت میزان افزایش رشد به میزان افزایش سطح رواناب (جدول ١١) نشان‌دهنده بهینه بودن سطح رواناب ۴۹ متر مربعی برای شرایط پژوهش است.

جدول ۹- میانگین صفات اندازه‌گیری شدهٔ بادام با توجه به شکل حوضه و وضعیت سطوح رواناب

شکل حوضه و وضعیت سطوح جمع‌آوری رواناب	کل شاخه‌های تولید شده (سانتی‌متر)	حداکثر رشد شاخهٔ اصلی (سانتی‌متر)	ضخامت ساقه سال ۱۳۸۱ (میلی‌متر)	ضخامت ساقه سال ۱۳۸۲ (میلی‌متر)	تغییر ضخامت ساقه (درصد)
مربعی و سطح رواناب طبیعی	۳۳۵	۴۲/۸	۱۳/۱	۱۹/۶	۵۳/۱
مربعی و سطح رواناب تمیز و صاف	۵۱۰/۳	۴۶/۷	۱۵/۳	۲۱/۴	۴۳/۸
مربعی و سطح رواناب غلتک‌زده	۵۶۰/۱	۵۰/۸	۱۴/۸	۲۱/۶	۴۷/۶
نیم‌دایره‌ای و سطح رواناب طبیعی	۳۱۹/۶	۴۴/۴	۱۴/۵	۲۰	۴۱
نیم‌دایره‌ای و سطح رواناب تمیز و صاف	۳۵۲/۳	۴۱/۸	۱۴/۳	۱۹/۴	۵۱/۷
نیم‌دایره‌ای و سطح رواناب غلتک‌زده	۳۹۹/۸	۴۳/۶	۱۳/۸	۱۹/۶	۴۶/۱

جدول ۱۰- میانگین صفات اندازه‌گیری شدهٔ بادام با توجه به مساحت و وضعیت سطوح جمع‌آوری رواناب

مساحت حوضه و وضعیت سطوح جمع‌آوری رواناب	کل شاخه‌های تولید شده (سانتی‌متر)	حداکثر رشد شاخهٔ اصلی (سانتی‌متر)	ضخامت ساقه سال ۱۳۸۱ (میلی‌متر)	ضخامت ساقه سال ۱۳۸۲ (میلی‌متر)	تغییر ضخامت ساقه (درصد)
۲۵ متر مربع و سطح رواناب طبیعی	۲۶۲/۸	۴۳/۶	۱۲/۹	۱۸/۴	۴۴/۹
۲۵ متر مربع و سطح رواناب تمیز و صاف	۳۱۹/۶	۴۱/۶	۱۴	۱۹/۵	۴۳/۳
۲۵ متر مربع و سطح رواناب غلتک‌زده	۳۴۲/۷	۴۳/۹	۱۴/۲	۱۹	۳۳/۹
۴۹ متر مربع و سطح رواناب طبیعی	۳۶۱/۷	۴۵/۱	۱۴/۴	۲۰/۷	۴۶/۶
۴۹ متر مربع و سطح رواناب تمیز و صاف	۴۳۳/۳	۴۳/۲	۱۴/۴	۱۹/۸	۴۲/۲
۴۹ متر مربع و سطح رواناب غلتک‌زده	۴۷۹/۲	۴۶/۲	۱۳/۳	۲۰/۶	۵۶/۷
۸۱ متر مربع و سطح رواناب طبیعی	۳۵۷/۳	۴۲/۲	۱۳/۹	۲۰/۴	۴۹/۵
۸۱ متر مربعی و سطح رواناب تمیز و صاف	۵۴۱/۱	۴۷/۹	۱۴/۶	۲۲	۵۷/۵
۸۱ متر مربعی و سطح رواناب غلتک‌زده	۶۱۸	۵۱/۵	۱۵/۴	۲۲/۳	۴۹/۸

جدول ۱۱- نسبت میزان افزایش رشد به میزان افزایش سطح رواناب

سطح اولیه رواناب (متر مربع)	سطح رواناب پس از افزایش (متر مربع)	میزان رشد در سطح رواناب اولیه (سانتی‌متر)	میزان رشد در سطح رواناب افزایش یافته (سانتی‌متر)	میزان افزایش سطح رواناب (درصد)	میزان افزایش رشد (درصد)	نسبت میزان افزایش رشد به میزان افزایش سطح رواناب
۲۵	۴۹	۳۰۸	۴۲۵	۹۶	۳۸	۰/۱۹
۴۹	۸۱	۴۲۵	۵۰۵	۶۵	۱۹	۰/۲۹
۲۵	۸۱	۳۰۸	۵۰۵	۲۲۴	۶۴	۰/۲۰

Archive of SID

www.SID.ir

تحقیقات فراوان در این زمینه مؤید نتایج به دست آمده است. برزگر قاضی و همکاران (Barzegar-Ghazi *et al.*, 2001) در پژوهشی ۴ ساله در حوضهٔ عون بن علی تبریز گزارش کردند که درصد زنده‌مانی کلیهٔ گونه‌های درختی بسیار بالا و از ۹۲/۶ تا ۵۸ درصد متغیر است. این محققان علت این توفیق را انتخاب گونه‌های مناسب و متحمل شرایط سخت اقلیمی و خاک، استفاده از بانکت‌های هلالی و مالچ پلاستیکی روی چاله نسبت می‌دهند. در چنین تحقیقاتی، کنترل تبخیر آب از پای درختان اهمیت فراوان و گاه حیاتی دارد. انواع مختلف مالچ و خاک‌پوش، به منظور مهار رواناب و کمک به استقرار و رشد گونه‌های درختی در مناطق خشک مورد استفاده قرار می‌گیرد (Gupta & Muthana, 1985; Balvinder *et al.*, 1988; Gupta, *et al.*, 1993; Najafi, *et al.*, 1997; Tavakoli & Oweis, 2005).

هیرا و همکاران (Hira *et al.*, 1990) به ازای هر نهال، یک ورق پلاستیکی به مساحت یک الی دو متر مربع را در سطح خاک قرار دادند و در وسط آن سوراخی برای کشت نهال و نفوذ آب در نظر گرفتند. سپس روی ورق پلاستیکی را با لایه‌ای از خاک پوشانیدند. این تکنیک میزان درصد زنده‌مانی، ارتفاع، قطر و زیست‌توده (بیوماس) نهال‌ها را به میزان چند برابر افزایش داد. یادآوری می‌شود که دفن ورق‌های پلاستیکی در زیر خاک ممکن است به عنوان عایق عمل کرده، مانع ورود و نفوذ آب و نیز ورود هوا شده و خفگی ریشه و در نتیجه بروز تنش رطوبتی و تنش تنفسی برای ریشه را به همراه داشته باشد.

آرایش حوضه‌ها و طراحی آن‌ها اهمیت فراوانی دارد. گوپتا و موهان (Gupta & Mohan, 1991) با ایجاد یک پشته به ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر دور هر نهال، سطح آبگیر کوچکی را فراهم کردند.

در یک روش دیگر، با استفاده از شیارهای نیم‌دایره‌ای برای مهار آب باران، نهال‌ها در وسط شیارها کشت شدند. کاربرد این تکنیک‌ها موجب افزایش میزان رشد و درصد زنده‌مانی نهال‌ها شده است (Gupta & Mohan, 1991; Swatantra, 1994; Barzegar-Ghazi *et al.*, 2001).

کاراکا (Kaarakka, 1996) با کشت چهار گونه درخت در محل تلاقی فاروهای متقاطع (سطوح آبگیر کوچک)، گزارش کرد که با این روش درصد زنده‌مانی و میزان رشد گونه‌ها افزایش می‌یابد. عبدالعزیز و توربک (Abdulaziz & Turbak, 1999) بر موثر بودن روش تراس‌بندی در جمع‌آوری و استحصال آب باران در تجدید حیات مناطق خشک و نیمه‌خشک عربستان تأکید کرده‌اند.

هولت (Holt, 1989) در سومالی طرح بوته‌چین (ردیف‌های یک در میان بوته و نهال) را با ایجاد سطوح آبگیر کوچک در اطراف هر بوته و نهال اجرا کرد و به نتایج خوبی دست یافت. برزگر قاضی و همکاران (Barzegar-Ghazi *et al.*, 2001) گزارش کردند که بانکت‌های هلالی در جمع‌آوری و حفظ باران کارآیی بسیار بالایی دارد. به طوری‌که هنگام بارش‌های شدید با جمع‌آوری رواناب‌های سطحی، از هدر رفتن آب و فرسایش خاک جلوگیری و ذخیرهٔ آبی مناسبی را برای رشد گیاه در طول فصل رشد فراهم می‌کنند. سواتانترا (Swatantra, 1994) در هندوستان به منظور استفاده بهینه از آب باران، از بانکت‌های نیم‌دایره‌ای استفاده و به افزایش رشد گیاهان مورد کاشت اشاره کرده است. بانکت‌ها آب باران را جمع‌آوری و به انتهای بانکت هدایت می‌کنند.

جمع‌آوری آب باران و انتقال آن به پشت بندهای کوچک در مناطقی با میانگین بارش سالیانه ۲۴۰ میلی‌متر مورد آزمایش قرار گرفت و با اجرای عملیات کاهش تبخیر، درختان پسته استقرار یافتند (Boers & Ben-Asher, 1985; Boers, 1994). با استفاده از همین تکنیک، امکان استقرار گیاه و افزایش تولید

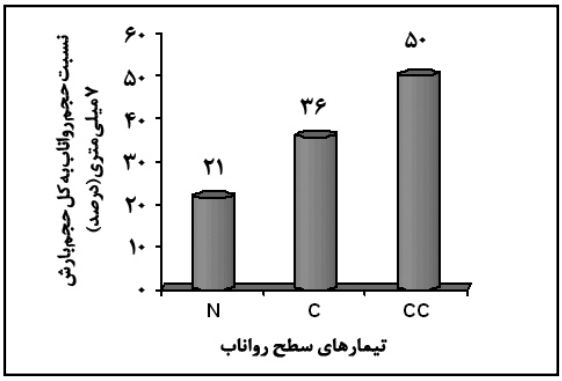
www.SID.ir

زیست‌توده (بیوماس) آن در مناطق بیابانی فراهم گردید (Gupta, 1994). جمع‌آوری آب باران از طریق سامانه‌های کوچک برای کشت انگور دیم با موفقیت گزارش گردید (Sepaskhah & Kamgar-Haghighgi, 1989; Fooladmand & Sepaskhah, 2003). همچنین جمع‌آوری آب باران از سطح دامنه‌های پوشیده شده از مالچ نفتی سبب افزایش رشد درختان و افزایش کمی و کیفی محصول شده است (Kossar, 1973). سپاسخواه و فولادمند (Sepaskhah & Fooladmand, 2004) ابعاد ۳ متر در ۳ متر (۹ متر مربع) را سطح رواناب مناسب برای انگور گزارش کردند.

در این پژوهش فقط بعد از انتقال نهال از نهالستان به محل اجرای طرح و به دلیل ناکافی بودن رطوبت خاک و احتمال جذب شدن رطوبت ریشه در خاک، ۲۰ لیتر آب در اختیار نهال قرار گرفت، بدیهی است که این آب نمی‌توانست در کنترل تنش خشکی سال ۱۳۸۰، که بیش از ۶ ماه هیچ‌گونه بارشی وجود نداشت، نقشی داشته باشد. اما بعد از آن، هیچ‌گونه برنامهٔ آبیاری برای نهال‌ها منظور نگردید. برخی از محققان آبیاری سال اول را ضروری می‌دانند. کینهال (Kinhal, 1998) با اجرای طرح بررسی اثر کشت زود هنگام و آبیاری در شرایط بحرانی (استقرار گونه‌ها) می‌گوید آبیاری در سال اول به منظور استقرار نهال ضرورت دارد. برزگر قاضی و همکاران (Barzegar-Ghazi *et al.*, 2001) می‌گویند که پس از انتقال نهال در اوائل بهار و سپس در خرداد تا آخر شهریور در شش نوبت نهال‌ها را آبیاری کردند اما در سال‌های بعد از آبیاری خودداری شد و نهال‌ها نیاز آبی خود را تنها از طریق بارندگی‌ها تأمین می‌کردند.

تعیین آستانهٔ رواناب و نیمرخ نفوذ آب در طول مسیر رواناب

از جمله پارامترهای مهم در سامانه‌های استحصال و جمع‌آوری آب باران، آستانه رواناب[1] و ضریب رواناب[2] هستند. در تعیین این پارامترها رطوبت اولیهٔ خاک، وضعیت سطح رواناب، اندازه و مساحت حوضهٔ جمع‌آوری رواناب، آرایش حوضه، مقدار و شدت بارش، شیب زمین، پوشش خاک و بافت خاک نقش دارند. در این مطالعه و در آزمایش‌های متعدد تعیین آستانه رواناب برای حوضه‌های جمع‌آوری رواناب در تیمار غلتک‌زده ۲/۵ تا ۳/۵ میلی‌متر، در تیمار تمیز و صاف شده ۳/۵ تا ۴/۵ میلی‌متر و در تیمار طبیعی ۴/۵ تا ۵/۵ میلی‌متر اندازه‌گیری و برآورد شد. 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 ۲).



شکل ۲- نسبت حجم رواناب به کل حجم بارش

N : تیمار طبیعی، C: تیمار تمیز و صاف شده و CC: تیمار غلتک‌زده شده

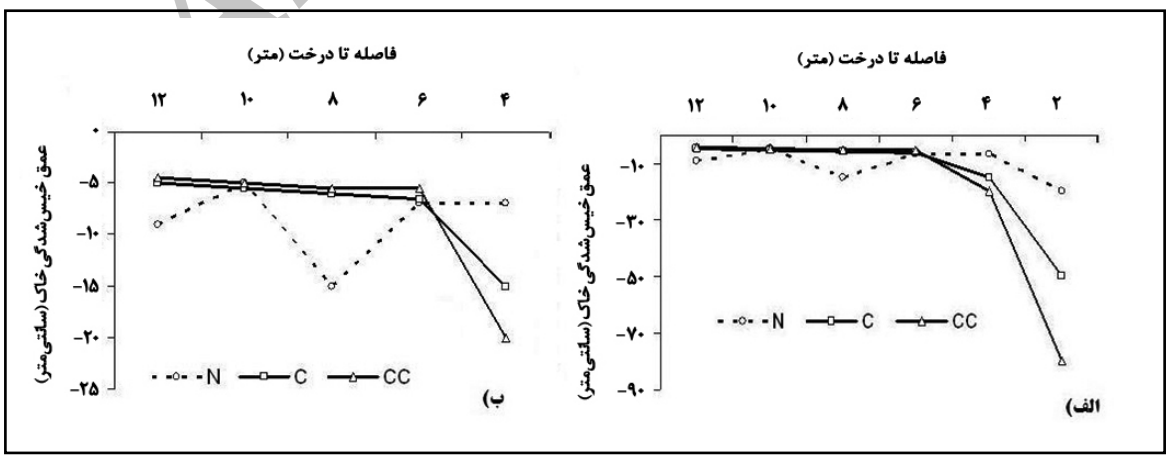
1- Threshold Rainfall
2 - Runoff Coefficient

Archive of SID
www.SID.ir

بدیهی است بارش‌های بیشتر از این میزان، که صرف آستانهٔ رواناب نخواهد شد، در بخش رواناب قرار می‌گیرد و این نسبت‌ها خصوصاً در تیمارهای تمیز و صاف و غلتک‌زده، بهبود خواهد یافت.

پروفیل نفوذ آب در خاک یا در واقع عمق خیس‌شدگی خاک، که پس از یک بارندگی مشخص با نمونه‌برداری خاک به فواصل ۲ متر از دورترین نقطهٔ مسیر رواناب تا نزدیک درخت اندازه‌گیری شد، در شکل ۳ نشان داده شده است. تغییرات میزان نفوذ آب در خاک در تیمار طبیعی به دلیل وجود ناهمواری‌ها است که مانع از حرکت آب و در نتیجه سبب نفوذ آن می‌شود. در مقطع نزدیک به درخت، به دلیل جمع شدن رواناب و نفوذ آن در خاک، میزان نفوذ آب به شدت افزایش نشان می‌دهد و تا ۸۰ سانتی‌متر می‌رسد (شکل ۳ الف). بیشترین میزان نفوذ آب در فاصله دو متری از درخت اتفاق می‌افتد، لذا برای این‌که تغییرات مقدار نفوذ آب در مسیر رواناب در تیمارهای مختلف مشخص باشد، بدون منظور کردن دو متر آخر مسیر رواناب، میزان تغییرات نفوذ رواناب سطحی در عمق ۲۵-۰ نشان داده شد (شکل ۳ ب).

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 شده است (Sharma, 1986). طباطبایی و همکاران (Tabatabaee *et al.*, 2010) 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 مساحت 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 آمده است (Boers, 1994). طی تحقیقی در اردن، اویس (Oweis, 1994) گزارش کرد که ضریب رواناب برای خاک سخت طبیعی بر اساس میزان بارندگی و اندازهٔ حوضه، بین ۶ تا ۷۷ درصد متغیر و متوسط ضریب رواناب برای حوضه‌های ۲۵، ۵۰ و ۷۵ متر مربعی به ترتیب ۵۵/۹، ۳۷/۶ و ۲۱/۷ درصد است. همچنین در مطالعه‌ای دیگر، مساحت مناسب حوضه‌های کوچک مربعی برابر ۱۵۰-۲۰ متر مربع و اندازهٔ مناسب حوضه‌های نیم‌دایره‌ای برابر ۱۵۰-۲۰ متر مربع (شعاع ۵-۲ متر) گزارش شد (Oweis, 1994). شرما (Sharma, 1986) در تحقیقی روی شیوه‌های مختلف استحصال و جمع‌آوری آب باران در حوضه‌های کوچک در هندوستان، به این نتیجه رسید که آستانهٔ رواناب می‌تواند نصف و ضریب رواناب دو برابر شود.



شکل ۳- پروفیل نفوذ آب در خاک از دورترین نقطهٔ مسیر رواناب تا نزدیک درخت

N: تیمار طبیعی، C: تیمار تمیز و صاف شده و CC: تیمار غلتک‌زده شده

Archive of SID
www.SID.ir

نتیجه‌گیری

مهم‌ترین و اساسی‌ترین عملیات در این پژوهش، کنترل تبخیر و نایلون‌گذاری در پای درختان بوده که ورود رواناب ناشی از بارش را میسر اما خروج آب به صورت تبخیر از سطح خاک را محدود می‌کرد. اگر چه آرایش مربعی قابلیت‌ها و برتری‌هایی دارد اما تیمار برتر و قابل توصیهٔ حاصل از این پژوهش شامل اندازهٔ سطح رواناب ۷×۷ متر+ سطوح رواناب تمیز و غلتک‌زده شده و بدون نیاز به استفاده از پلیمر است که در این حالت تفاوتی بین شکل حوضهٔ رواناب وجود ندارد.

مسألهٔ کنترل تبخیر بسیار مورد تأکید است و عملیات زراعی شامل هرس کردن، بیل‌کاری پای درختان، کنترل علف‌های هرز در سطوح رواناب و پای درختان و کنترل آفات (از جمله کرم سفید ریشه) باید اجرا شود. بدیهی است برای کاهش ریسک، یک تا حداکثر دو بار آبیاری در تابستان توصیه می‌شود. ضمناً، اقدامات تکمیلی پژوهشی در خصوص جنبه‌های زراعی و حرکت سطحی و زیرسطحی آب در مسیر رواناب در خاک‌ها و شیب‌های مختلف پیشنهاد می‌گردد.

قدردانی

این مقاله مستخرج از نتایج طرح تحقیقاتی شماره ۱۰۱-۲۱-۷۹۲۰۲ است که با اعتبارات و امکانات موسسه تحقیقات کشاورزی دیم اجرا شد که بدین‌وسیله تشکر و قدردانی می‌شود.

مراجع

Al-Turbak, A. S. 1999. Efficient use of rainwater in irrigation in south-western Saudi Arabia. Proceeding of the 9th International Rainwater Catchment Conference. July. 9. Petrolina. Brazil.

Anaya, M. G. and Tovar, J. S. 1975. Different soil treatments for harvesting for radish production in the Mexico valley. Proceeding of the Symposium on Water Harvesting. March. 26-28. Phoenix. US Department of Agriculture (USDA). Washington D. C. 315-320.

Balvinder, S., Gupta, G. N. and Prasad, K. G. 1988. Use of mulches in establishment and growth of tree spicies on dry lands. Indian Forester. 114(6): 307-316.

Barzegar-Ghazi, A., Abdi-Ghazi, A., Javanshir, A. and Moghaddam, M. 2001. Afforestation by rain water and evaluation different types of trees at On-Ebn-Ali: Tabriz. J. Agric. Sci. 4(11): 39-56. (in Farsi)

Boers, T. M. 1994. Rainwater harvesting in arid and semi-arid zones. Ph. D. Thesis. Wageningen Agricultural University. Wageningen. The Netherlands.

Boers, T. M. and Ben-Asher, J. 1985. Harvesting water in the desert. Research Report. International Land Reclaimed Institute (ILRI). Wageningen. The Netherlands.

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 Manag. 11, 187-206.

Evenari, M., Shanan, L. and Tadmor, N. 1971. The Negev: The Challenge of a Desert. Harvard University Press. Cambridge.

Fooladmand, H. R. and Sepaskhah, A. R. 2003. Economic analysis for the production of four grape cultivars using microcatchment water harvesting systems in Iran. J. Arid Environ. 58(4): 525-533.

Gupta, G. N. 1994. Influence of rainwater harvesting and conservation practices on growth and biomass production of Azadirachta indica in the Indian desert. Forest Ecol. Manag. 70, 329-339.

Gupta, G. N. and Mohan, S. 1991. Response of various tree species to management and their suitability on degraded sandy clay loam soil of semi arid regions. Indian J. Forestry. 14(1): 33-41.

Archive of SID
www.SID.ir

Gupta, J. P. and Muthana, K. D. 1985. Effect of integrated moisture conservation technology on the early growth and establishment of Acacia-tortilis in the Indian desert. Indian Forester. 111(7): 477-485.

Gupta, G. N., Choudhary, K. R., Bilas, S., Mishra, A. K. and Singh, B. 1993. Neem establishment in arid zone as influenced by different techniques of rain water harvesting. Indian Forester. 119(11): 914-919.

Hashemi-Nia, S. M. 2004. Water Management at Agriculture. Ferdowsi University Press. (in Farsi)

Hira, G. S., Kalkat, J. S. and Shakya, S. K. 1990. Use of plastic sheet for plantation in problem soils. Proceeding of the XI International Congress on the Use of Plastic in Agriculture. Feb. 26-March. 2. New Delhi. India. 161-165.

Holt, R. M. 1989. A promising approach for sustainable range and agroforestry development in warm arid areas. Central Rangelands Development Project. Ministry of Lilestock, Forestry and Range. Mogadishu. Somalia.

Kaarakka, V. 1996. Management of bushland vegetation using rainwater harvesting in eastern Kenya. Acta Forestalia Fennica. Ph. D. Thesis. Department of Forest Ecology/Tropical Silviculture. University of Helsinki. Finland.

Karpiscak, M. M., Foster, K. E. and Rawles, R. L. 1984. Water harvesting and evaporation suppression. Aridlands Newsletter. 21, 10-17.

Kinhal, G. A. 1998. Early planting and critical watering- an effective method of waseland afforestation. Adv. Forest. Res. India. 1, 125-134.

Kossar, A. 1973. Preliminary results of rainfed forestry in dry lands of Iran using petroleum mulch. Research Report. Research Institute of Forests and Rangelands. Iran. (in Farsi)

Najafi, A., Barzgar-Ghazi, A., Javanshir, A. and Moghaddam, M. 1997. Afforestation by rain water harvesting and evaluation of different species: a case study. Proceeding of the 8th International Conference on Rainwater Catchmant Systems. April. 10-14. Tehran. Iran.

Oweis, T. Y. 1994. Water Harvesting Concepts and Techniques for Agriculture. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA).

Oweis, T. Y. and Hachum, A. Y. 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.

Sepaskhah, A. R. and Fooladmand, H. R. 2004. A computer model for design of microcatchment water harvesting systems for rainfed Vineyard. Agric. Water Manag. 64(3): 213-232.

Sepaskhah, A. R. and Kamgar-Haghighi, A. A. 1989. Study on runoff harvesting system for dryland grapes. Research Report. No. 18-297-AG-60. Shiraz University. Shiraz. Iran. (in Farsi)

Sharma, K. D. 1986. Run off behavior of water harvesting micro catchments. Agric. Water Manag. 11, 137-144.

Swatantra, S. D. 1994. Soil and water conservation in situ an innovative technique. Indian Forester. 120(1): 30-34.

Tabatabaee-Yazdi, J., Haghayeghi, S. A., Ghodsi, M. and Afshar, H. 2010. Rainwater harvesting for supplementary irrigation of rainfed wheat in Mashhad region. J. Water Soil. 24(2): 198-207. (in Farsi)

Tavakoli, A. R. 2007. Response of almond trees to micro catchment water harvesting (MCWH) in east Azarbayejan. Research Report. Dryland Agricultural Research Institute (DARI). Maragheh. Iran. (in Farsi)

Tavakoli, A. R. and Oweis, T. 2005. Improving rain water productivity by micro-catchments water harvesting (MCWH) systems in the northwest of Iran. Proceeding of the IV International Symposium on Pistachios and Almonds. May. 22-25. Tehran. Iran.

Zare, E. 2008. Comparative advantage of almond in Iran. J. Agric. Sci. 18(2): 27-36.

Archive of SID

www.SID.ir

Journal of Agricultural Engineering Research/Vol.14/No.2/2013/P:1-16

Determination of Technical Characters of Micro-Catchments Water Harvesting Systems for Rainfed Almond Trees

A. R. Tavakoli*

* Corresponding Author: Assistant professor of Agricultural Engineering Research Department, Agriculture and Natural Resources Research Center of Semnan Province (Shahrood), Shahrood, Iran. E-mail:art.tavakoli@gmail.com
Received: 6 April 2011, Accepted: 14 April 2012

Water harvesting in agriculture mobilizes rainwater in a catchment area (usually non-productive) to benefit growing plants in a target area. This brings water available to the target area closer to crop water requirements so that economical agricultural production can be achieved, improving rainwater productivity. To investigate micro-catchment water harvesting (MCWH), a field experiment was conducted from 2000 to 2006 in East Azarbaijan in northern Iran using a split-split plot factorial design with five replications. The treatments comprised two MCWH patterns (small basins and semi-circular bunds); three catchments sizes of 25 m^2 (5×5, R = 2 m), 49 m^2 (7×7, R = 2.85 m) and 81 m^2 (9×9, R = 3.7 m); three runoff area treatments (natural; cleaned and smoothed; cleaned, wetted and compacted); and two-infiltration areas (natural, soil mixed with polymer at 1 kg/tree) for two new almond varieties. Agronomic characteristics, product growth, threshold runoff and crop yield estimates were examined. The results were compared with farmed fields (traditional and irrigated) and showed that the tree survival rate was about 35%-55% for irrigated farmed fields and 100% for the MCWH site. The use of a polymer had no significant effect on water retention. Although a small basin (9×9) and runoff area that were compacted using a polymer gave better results for the survival, growth and productivity of almonds, a small basin (7×7) compacted without a polymer is recommended based on the economic analysis. Threshold runoff was 2.5-3.5, 3.5-4.5 and 4.5-5.5 mm for the natural, cleaned and smoothed, and cleaned, wetted and compacted conditions, respectively. During the 2006 season, the fruit yield was estimated to be 3 kg/tree, totaling 612 kg/ha for the recommended treatment. For the farm fields, the optimal treatment combined required at least 1-2 irrigations during the summer.

Keywords: Almond, Dryland farming, Evaporation, Rain, Rain water, Threshold runoff, Water harvesting

Archive of SID

www.SID.ir