جمع‌آوری آب باران در عرصه‌های طبیعی، راه‌حلی برای رفع کم‌آبی در مناطق خشک و نیمه‌خشک

«مطالعه‌ی موردی: حوضه آبخیز لتیان»

دکتر رمضان طهماسبی **رضا رجبی‌ثانی**

دکتری آبیاری مؤسسه علمی – کاربردی جهاد کشاورزی **کارشناس ارشد جغرافیا طبیعی دانشگاه شهید بهشتی**

چکیده

کمبود بارش و به دنبال آن کمبود آب یکی از مهمترین مشکلات مناطق خشک و نیمه‌خشک است. شدید بودن بارش باعث می‌شود که آب حاصل از بارش به سرعت از دسترس خارج شود. علاوه بر آن درجه‌ی حرارت بالا و تبخیر زیاد در فصل گرم باعث می‌شود که اغلب گیاهان در این فصل با کم‌آبی جدی مواجه شوند. از جمله راه‌های تامین آب برای این گیاهان و همچنین افزایش سطح زیر کشت، جمع‌آوری و ذخیره‌ی آب باران در این مناطق است. این تحقیق که در حوضه‌ی آبخیز لتیان انجام شده در دوازده کرت به مساحت‌هایی از ۴۰ تا ۷۰ مترمربع با شیب‌های مختلف و بارش طبیعی در ۱۲ نوبت و نیز رواناب‌های حاصل از هر کدام از این بارش‌ها اندازه‌گیری شد.

از مقایسه‌ی رواناب‌های جمع‌آوری شده در بارش‌های مختلف و کرت‌های مختلف در جمع، از ۳۷۵ میلیمتر بارش در سال آبی ۸۱ -۸۰ و با توجه به ابعاد و مقدار شیب آنها؛ مناسب‌ترین سطح جمع‌آوری رواناب برای گیاهان مختلف با نیازآبی معین به‌دست آمد. با انجام این پژوهش مشخص شد که در شرایط طبیعی و به‌دلیل نوع بافت خاک، کل آب مورد نیاز گیاه، قابل ذخیره کردن در محیط ریشه نمی‌باشد و نفوذپذیری خاک در عمق ۴۰ تا ۱۵۰ سانتیمتری، خیلی زیاد است. ولی چنانچه در هر هکتار، بخشی از آب باران در یک استخر نفوذناپذیر و بخش دیگر در محیط ریشه ذخیره گردد، امکان توسعه‌ی سطح زیرکشت درختان در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران و در شرایط مشابه از نقطه نظر بارندگی و سایر فاکتورهای اقلیم‌شناسی و خاکشناسی وجود خواهد داشت. ضمناً با توجه به این‌که شرایط کرت‌ها از نظر بافت خاک و پوشش گیاهی یکسان نبودند، در نتیجه از نقطه نظر آماری نیز تفاوت معنی‌داری بین شیب‌های ۲۱ تا۶۰ درصد برای راندمان جمع‌آوری آب باران وجود نداشته است. ولی بین کرت‌های جمع‌آوری‌کننده گروه شیب ۲ تا ۲۰ درصد با دو گروه شیب ۲۱ تا ۴۰ درصد و ۴۱ تا ۶۰ درصد تفاوت معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد مشاهده شده است. بنابراین مفید است در هر عرصه برای جمع‌آوری آب‌باران محل‌های با شیب بیشتر برای جمع‌آوری رواناب؛و قسمت‌های با شیب کمتر برای کشت درختان و نفوذ رواناب جمع‌آوری شده اختصاص یابد. از نظر پوشش گیاهی نیز ۱۲

کرت در قالب طرح آماری تیمارهای تصادفی در ۴ تکرار و ۳ تیمار مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند که مشخص شد در سطح ۹۵ درصد بین تیمارهای پوشش گیاهی، اختلاف معنی‌دار وجود داشته است.

کلیدواژه‌ها: بارش، جمع‌آوری آب باران ، رواناب، کشت درختان ، لتیان، مناطق خشک و نیمه‌خشک.

مقدمه

آب همیشه به عنوان یکی از عوامل مهم توسعه یک منطقه به‌شمار می‌رود. از زمان‌های گذشته کشاورزی نقش بسیار مهمی در تأمین نیازهای مردم داشته است. با رشد جمعیت و مسایل مربوط به‌کمبود آب برای توسعه‌ی اراضی کشاورزی، نگرانی در زمینه‌ی تأمین آب مورد نیاز بشر نیز افزایش پیدا کرد. در اواخر قرن هجدهم وقتی که جمعیت جهان بالغ بر حدود یک میلیارد نفر بود، سطح زیر کشت اراضی تحت آبیاری فقط حدود ۸ میلیون هکتار بوده است. اینک با گذشت حدود ۲۰۰ سال برای این‌که مواد غذایی جوابگوی جمعیت فعلی باشد، سطح زیر کشت حدود ۳۵ برابر افزایش پیدا کرده است *(طهماسبی، ۱۳۷۵: ۲۵)*.

در سال‌های اخیر و با توجه به پیش‌بینی جمعیت ۹ میلیارد نفری جهان در سال ۲۰۵۰، بدون شک همچنان نیاز به افزایش سطح زیر کشت آبی یکی از مهمترین راهکارها برای مقابله با این بحران خواهد بود. اما عامل مهمی بر این مسأله تأثیر خواهد گذاشت، و آن کمبود آب می‌باشد. افزایش سطح زیر کشت بدون صرفه‌جویی در مصرف آب در واحد سطح اراضی آبی موجود و استحصال آبِ بیشتر، میسر نخواهد بود. بنابراین علاوه بر روش‌های موجودِ استحصال آب مثل: برداشت ثقلی و غیرثقلی آب از رودخانه‌های دایمی، احداث سدهای خاکی و بتنی روی رودخانه‌های دایمی و سیلابی (غیردایمی)، استفاده از چاه‌های عمیق،نیمه‌عمیق، چشمه‌ها و قنوات؛ روش‌های جدید استحصال آب باران نیز به‌خصوص در نواحی خشک و نیمه‌خشک بایستی مد نظر قرار گیرند *(سراج‌زاده، ۱۳۶۸: ۲۵؛ سپاسخواه، ۱۳۷۱: ۴۸؛ حسینی ابریشمی، ۱۳۷۳: ۳۶-۱۹)*. تحقیقات گوناگونی در زمینه‌ی جمع‌آوری آب باران و استفاده از آن برای کشت درختان و صرفه‌جویی در مصرف آب انجام شده است، که می‌توان به موارد زیر اشاره نمود: بور[1] ۱۹۹۴ و ۱۹۸۶، گوپتا[2] و همکاران ۱۹۹۴، کارتنر[3] ۱۹۹۱، گویال[4] و همکاران ۱۹۹۷، کلاف[5] ۱۹۸۹، گازری‌پور ۱۳۷۷، اسماعیلی ۱۳۷۷، گاردانو[6] ۱۹۹۸ *(طهماسبی، ۱۳۷۸: ۲۷-۶؛ سپاسخواه، ۱۳۷۱: ۴۸)*.

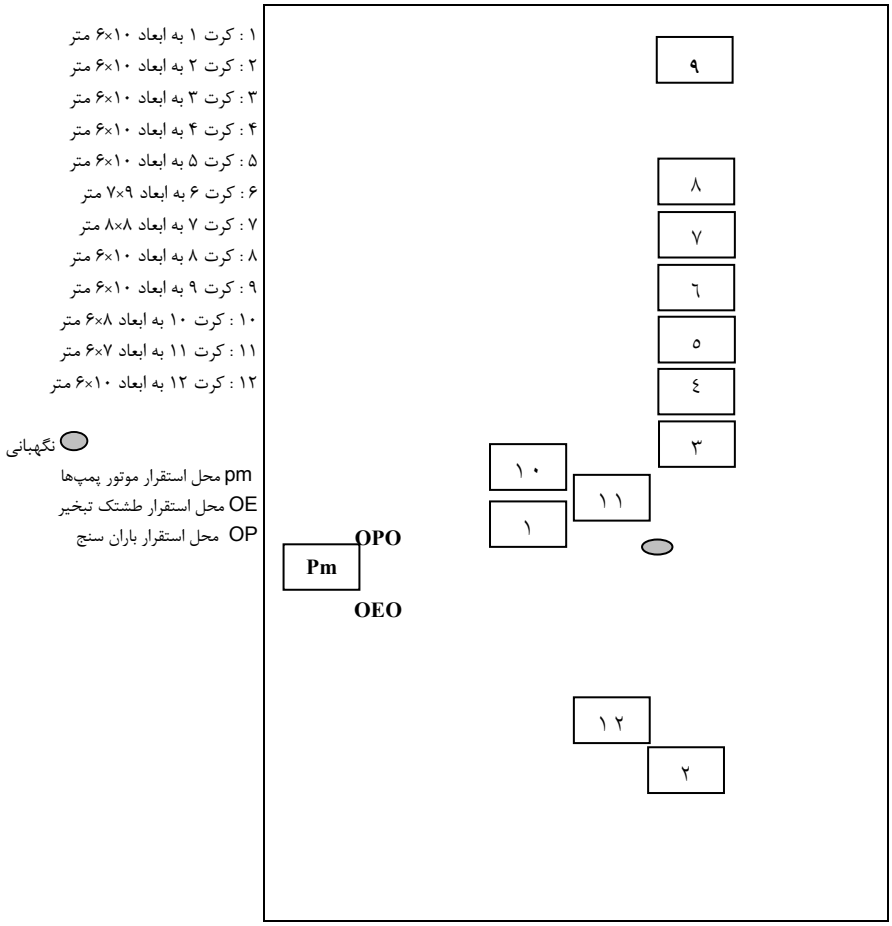
1-Boers.Th.M
2-Gopta.G.N
3-Cartner.C.B
4-Goyal.R.K
5-Cluff.C.B
6-Gardano.M.A

این تحقیق، قدمی است برای استفاده از آب باران به‌منظور جمع‌آوری آن با کرت‌های جمع‌آوری‌کننده و با سطوح کاملاً طبیعی و دست نخورده در منطقه‌هایی با متوسط بارش سالانه ۳۰۰ تا ۶۰۰ میلیمتر (به ترتیب در سال‌های خشک و کم‌باران تا سال‌های‌تر و پر باران) به‌منظور کشت درختان مناسب که بتوانند بدون آبیاری از منابع آبی خارج از محل، استقرار یابند و یا برای رشد مورد نظر و برداشت محصول مورد انتظار، به حداقل آبیاری تکمیلی نیاز داشته باشند.

با توجه به وجود میلیون‌ها هکتار عرصه منابع طبیعی مشابه در سطح کشور، این بررسی نشان می‌دهد که استعداد بالقوه فراوانی برای افزایش سطح زیرکشت آبی، افزایش تولید محصولات غذایی برای انسان و دام و نهایتاً برای ایجاد اشتغال وجود دارد که شایسته است مورد توجه قرار گیرند.

این تحقیق همچنین نشان می‌دهد که با توجه به نوع درخت یا محصول و شرایط خاک و توزیع بارش منطقه حداقل امکان صرفه‌جویی از ۵۰ تا ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه وجود خواهد داشت و مابقی آب مورد نیاز گیاه با آبیاری کمکی یا تکمیلی تأمین می‌شود.

داده‌های هیدرولوژیکی (باران، برف، درجه حرارت، تبخیر و ...) حوضه لتیان در یک دوره‌ی ۲۷ساله کامل (۶۴ ـ ۱۳۳۸) نشان می‌دهد که حداقل باران در یک دوره‌ی ۵ ساله‌ی کم‌باران برابر ۳۰۲ میلیمتر و حداکثر بارش از یک دوره‌ی ۵ ساله پر باران برابر ۵۹۳ میلیمتر می‌باشد به سخن دیگر ۲۸ سال از سی سال بارندگی لتیان بیشتر از ۳۰۰ میلیمتر و سه سال از سی سال هم بالاتر از ۵۹۳ میلیمتر و تنها ۲ سال از سی سال بارش کمتر از ۳۰۰ میلیمتر بوده است *(سازمان هواشناسی، ۱۳۶۴-۱۳۳۸)*. همچنین تبخیر اندازه‌گیری شده در سال آبی ۸۱-۸۰ و همچنین تبخیر میانگین ۱۸ ساله دو ایستگاه آبعلی و امامه که میانگین آنها با توجه به سال اندازه‌گیری شده بسیار نزدیک با تبخیر و بارش محل مورد نظر بوده است، مورد استفاده قرار گرفت. مقادیر متوسط دوره‌ی آماری و اندازه‌گیری شده تبخیر در جدول شماره‌ی ۲ آمده است. شکل ۱ نحوه‌ی قرار گرفتن کرت‌ها، ایستگاه پمپاژ و باران سنج و طشتک تبخیر را نشان می‌دهد.



شکل ۱ : نحوه‌ی قرار گرفتن کرت‌های آزمایش

مواد و روش‌ها

آزمایشات مربوط به این تحقیق در حوضه‌ی سد لتیان در کیلومتر ۳ غرب دریاچه، ابتدای جاده‌ی خاکی ورودی به روستای نصرت‌آباد انجام شده است. این آزمایشات در ۱۲ کرت با شیب، پوشش و بافت خاک‌های مختلف در طی ۱۴ ماه (از تیر ۱۳۸۰ تا شهریور ۱۳۸۱) انجام شده است. همراه با این آزمایشات فاکتورهای زیر در این مدت اندازه‌گیری شده‌اند:

۱ـ بارندگی‌های روزانه با استفاده از دو باران‌سنج. برای کرت‌های مختلف، ۱۲ باران طبیعی مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند.

۲ـ تبخیر روزانه به کمک طشتک تبخیر کلاس A آمریکایی.

۳ـ نفوذ آب باران درکرت جمع‌آوری‌کننده و بانکت پس از نفوذ کل آب جمع‌آوری شده از هر باران در بانکت.

با توجه به داده‌های موجود، هدف از تحقیق این بوده است‌که مناسب‌ترین سطح جمع‌آوری آب مورد نیاز (برای آن‌که گیاه مورد نظر مثل انگور، سیب، گلابی و هلو و... *(سراج‌زاده،۱۳۶۸: ۱۸۰)* بتواند دوره‌ی خشک تابستان را بدون اینکه خشک شده و یا از بین برود، سپری نماید)؛ به‌دست آید.

با توجه به آمار باران، درجه‌ی حرارت و رطوبت نسبی و... ، نیاز آبی گیاهان انگور و درختان میوه در منطقه محاسبه شده است که در جداول شماره‌ی ۳ (a) و ۳ (b) نشان داده شده است. نوع خاک کرت‌ها در جدول شماره‌ی ۴ نشان داده شده است که بافت خاک هر کرت و درصد پوشش گیاهی و شیب آن در این جدول آمده است. هر چند درصد پوشش گیاهی در حین انجام آزمایش از مرداد ۸۰ تا اردیبهشت ۸۱ تفاوت‌های زیادی پیدا کرده بود، ولی در جدول شماره‌ی ۴ متوسط درصد آن در زمان‌های آزمایش ذکر شده است.

در جدول شماره‌ی ۵ هم میزان حدرطوبتی نقطه‌ی پژمردگی، ظرفیت زراعی سه نوع خاک ذکر شده که خاک‌های مورد استفاده عمدتاً از دو نوع اول و دوم بوده‌اند. آب جمع‌آوری شده برای گیاه با معادله‌ی زیر محاسبه شده است *(Boers, 1982: 145; Boers, 1969: 190-195; Boers, 1980: 10, Boers, 1986: 22-25, Boers, 1994:76).*

معادله (۱) $T_{act} = P + R - E_I - E_w - D - \theta w$

T_{act}: آب قابل استفاده برای تأمین نیاز آبی گیاه (برای تبخیر و تعرق واقعی) (میلیمتر).

P: بارش یا بارندگی با احتساب برف (هریک سانتیمتر برف معادل یک میلیمتر باران منظور شده است) (میلیمتر).

R: عمق رواناب که از روی مساحت حوضه‌آبخیز محاسبه می‌شود (میلیمتر).

E_I: تبخیر آب باران باقیمانده روی پوشش گیاهی و تبخیر آن (میلیمتر).

E_w: تبخیر از سطح آزاد آب است (میلیمتر).

D: نفوذ عمقی پایین‌تر از منطقه‌ی ریشه (میلمیتر).

θw: افزایش مقدار ذخیره آب خاک در منطقه ریشه‌گیاه (میلیمتر).

ولی در عمل بطورکلی باران و رواناب جمع‌آوری شده منهای تبخیر از سطح‌آزاد آب، تا موقعی‌که پایین‌تر از عمق ریشه نفوذ نکند یعنی شاملD نشود، مقدارکل آب نفوذیافته یا مقدار آب مفید برای گیاه را تشکیل می‌دهد و رابطه‌اش به‌صورت زیر است:

معادله (۲) $I = P + R - E_w - E_I$

با توجه به اینکه مقادیر E_w و E_I در زمان آزمایش ناچیز بوده است از آنها صرف‌نظر شده و در نتیجه معادله ۲ به‌صورت معادله ۳ ساده شده است.

بر اساس معادله (۲) عمق کل آب نفوذ یافته به محیط ریشه عبارت است از:

معادله (۳)

$$I = P + R = ٥٣١ + \Delta h$$

نتایج

با توجه به نتایج محاسبات انجام شده که در جداول شماره ۳ (a) و ۳ (b) آمده‌است نسبت سطح جمع‌آوری‌کننده به سطح تغذیه‌شونده مشخص شده‌است که در اقلیم مشابه برای کاشت درختان مشابه با استفاده از سیستم استحصال آب باران کاربرد دارد.

همچنین جدول شماره‌ی ۷ خلاصه‌ی تجزیه و تحلیل آماری ۱۲ کرت در سه دسته شیب را برای بررسی و راندمان جمع‌آوری رواناب از باران یکسان نشان می‌دهد که به‌دلیل اعمال شرایط‌کاملاً طبیعی و در نتیجه پوشش‌گیاهی مختلف و بافت خاک متفاوت، تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای شیب مشاهده شده است. جدول شماره‌ی ۸ نیز تجزیه و تحلیل مربوط به تیمارها و تکرارهای اثر پوشش گیاهی را نشان می‌دهد. شکل شماره‌ی ۲ نیز رابطه‌ی باران و رواناب جمع‌آوری شده را به‌عنوان نمونه، در ۶ کرت از ۱۲ کرت آزمایش نشان می‌دهد، که اطلاعات به‌دست آمده‌ی آنها در جدول شماره‌ی ۶ ارایه شده است.

با توجه به عرض بانکت‌های جمع‌آوری آب باران و نسبت‌های سطح جمع‌آوری‌کننده به سطح زیرکشت که با توجه به شیب، پوشش گیاهی و بافت خاک از ۴ تا ۶ (به‌طور دقیق ۳/۲ تا ۶/۶) در کرت‌های مختلف متفاوت بوده است؛ سطح زیر کشت مفید هر کرت جمع‌آوری-کننده‌ی آب باران برابر است با:

$$۴۰ \text{ تا } ۶۰ \ m^2 \div (۴ \text{ تا } ۶) = ۱۰ \ m^2$$

عمق رواناب‌جمع‌آوری شده از کرت‌های مختلف (با توجه به طول کرت‌ها از ۶ تا ۱۰ متر که به‌ترتیب ۱۲ تا ۲۰ برابر ۰/۵ متر یعنی عرض بانکت‌ها بودند) عبارتست از:

$$(۱۲۰۰ mm \text{ تا } ۱۷۵۰ mm) \div (۱۲ \text{تا} ۲۰)^* = ۱۰۰ \ mm \text{ تا } ۸۷ \ mm$$

---

* عدد ۱۲ تا ۲۰ بیان کننده‌ی نسبت طول کرت جمع‌آوری آب باران به عرض بانکت در کرت‌های مختلف آزمایش می‌باشد.

مجموع عمق بارش + رواناب در کرت‌های تغذیه یا کشت شده برابر است با :

(۸۷/۵ تا ۱۰۰) × (۴ تا ۶) = ۴۰۰ تا ۵۵۰ mm

I = P + R = ۵۳۱ + ۴۰۰ تا ۵۵۰ = ۹۳۰ تا ۱۰۸۰ mm

بنابراین از ۸۰/۷/۱ تا ۸۱/۵/۱ مجموع کل آب باران (مستقیم) و رواناب جمع‌آوری شده در کرت‌های آزمایش با توجه به جمیع شرایط کرت‌ها از ۹۳۰ میلیمتر تا ۱۰۸۰ میلیمتر بوده است، که با توجه به شرایط حد قابل نگهداری آب خاک که حداکثر ۴۰۰ میلیمتر در هر متر عمق خاک بوده است. لذا تا عمق دو متری ذخیره‌ی ۸۰۰ میلیمتر محقق شد از این میزان فقط مقدار ۵۰۰ الی ۶۰۰ میلیمتر با توجه به شرایط بافت خاک و نوع و سن محصول در دو متر عمق خاک (عمق ریشه) قابل بهره‌برداری یا سهل‌الوصول برای گیاه بود. در نتیجه کمبود آب در حد فاصل ۱۵۰ تا ۳۰۰ میلیمتر برای انگور و باغات درختان میوه وجود داشت، که در دو تا سه نوبت آبیاری کمکی یا مکمل در تابستان از محل آب ذخیره شده در استخر قابل انجام بوده است.

شایان ذکر است که کاربرد کود حیوانی در دو متر عمق خاک اطراف محل کشت گیاه می‌تواند موجب شود که ذخیره‌ی آب در خاک تا حداقل ۱/۵ الی نزدیک به۲ برابر افزایش یابد. مقدار کود حیوانی برابر۴۰ سانتیمتر در ۲ متر عمق خاک است. ضمناً رقم ۹۳۰ تا ۱۰۸۰ میلیمتر برای کرت‌های جمع‌آوری آب با مساحت مساوی می‌باشد که دارای ابعاد ۱۰ × ۶ بوده‌اند، ولی در کرت‌های جمع‌آوری آب با مساحت‌های ۳۰ و ۶۰ متر مربع؛ آب جمع‌آوری شده به ترتیب برابر ۷۳۰ تا ۱۰۸۰ میلیمتر بود.

جدول ۱ : داده‌های بارش و رواناب کل از بارندگی‌های طبیعی در پاییز و زمستان ۸۰ و بهار ۸۱ در محل آزمایش(بر حسب میلیمتر)

ردیف	کرت یا پلات	R_1 در تاریخ ۸۰/۸/۲۸ با ۶ mm بارش	R_2 در تاریخ ۸۰/۸/۲۹ با ۴۵ mm بارش	R_3 در تاریخ ۸۰/۸/۳۰ با ۱۱ mm بارش	R_4 در تاریخ ۸۰/۹/۱ با ۳۹ mm بارش	R_5 در تاریخ ۸۰/۹/۱۱ با ۱۸ mm بارش	R_6 در تاریخ ۸۰/۹/۱۲ با ۳۱ mm بارش	R_7 در تاریخ ۸۰/۹/۲۲ با ۵ mm بارش	R_8 در تاریخ ۸۰/۹/۲۵ با ۱۱ mm بارش	R_9 در تاریخ ۸۰/۹/۳۰ با ۴ mm بارش	R_{10} در تاریخ ۸۰/۱۰/۱۷ با ۱۷ mm بارش	R_{11} در تاریخ ۸۱/۷/۱۴ با ۶ mm بارش	R_{12} در تاریخ ۸۱/۷/۲۴ با ۵۴ mm بارش	شیب (S٪)	پوشش گیاهی (۷٪)	بافت خاک	ابعاد کرت به متر	عمق رواناب از سطح کرت mm	عمق رواناب از ۳۷۵میلیمتر بارش	نسبت رواناب به بارش(٪)
۱	۱	۱۰	۱۰	۲/۵	۱۰	۵	۹/۵	۱	۴	۴	۱	۷	۹	۵	۴۵	Sa-L	۶×۱۰	۷۳	۱۴۶۰	۱۹
۲	۲	۲۰	۱۳/۵	۲/۵	۱۲/۵	۴/۵	۱۱/۵	۱	۳	۳	۲	۹/۵	۱۲/۲۵	۵۲	۵۵	Si-C-L	۶×۱۰	۹۵/۲۵	۱۹۰۵	۲۵
۳	۳	۲۵	۱۷/۰	۲	۱۳	۴	۱۱	۲	۳/۵	۳/۵	۵	۱۳	۱۵	۵۲	۴۰	C-L	۶×۱۰	۱۱۴	۱۸۲۴	۳۰
۴	۴	۱۵	۱۳/۷۵	۳	۹	۳	۸/۲۵	۱/۷۵	۳	۳	۵	۹/۵	۱۲	۳۳	۴۰-۴۵	C	۶×۱۰	۸۶/۲۵	۱۷۲۵	۲۳
۵	۵	۱۰	۱۴	۳	۱۰	۲	۸	۱	۳	۳	۲	۱۰	۱۲	۳۴	۵۵-۶۰	C	۶×۱۰	۷۸	۱۴۰۴	۱۹
۶	۶	۱۰	۱۶	۳	۱۱	۳	۸	۱/۵	۴	۴	۲	۱۲	۱۳	۳۸	۵۵	C	۷×۹	۸۷/۵	۱۴۰۸	۲۳
۷	۷	۱۰	۱۷	۳	۱۱	۱/۵	۱۳	۱۰	۶	۶	۲	۱۰	۱۴	۴۶	۷۰	C	۸×۸	۱۰۳/۵	۱۳۸۰	۲۷/۵
۸	۸	۱۰	۱۱/۵	۲	۹	۳/۵	۷/۵	۱	۴	۵/۵	۲	۶	۹	۳۶	۴۰	C	۶×۱۰	۷۱	۱۴۲۰	۱۹
۹	۹	۱۰	۱۱/۵	۳	۹	۴	۸	۱	۳	۳	۲	۶	۹	۴۶	۵۵-۶۰	C	۶×۱۰	۶۹/۵	۱۳۹۰	۱۸/۵
۱۰	۱۰	۵	۱۰/۵	۲	۹	۳/۵	۷	۱	۳	۳	۲	۶/۵	۹	۷	۱۰-۱۵	C-L	۶×۸	۶۱/۵	۱۲۳۰	۱۶
۱۱	۱۱	۵	۱۰	۲	۷/۵	۳	۶	۱	۳/۵	۳/۵	۲	۵/۵	۸/۵	۵	۷-۱۰	C	۶×۷	۵۷/۵	۱۱۵۰	۱۵
۱۲	۱۲	۵	۱۰	۲	۷/۵	۴	۵	۱	۲	۲	۲	۶	۹	۴	۱۲	C-L	۶×۱۰	۵۶/۵	۱۱۳۰	۱۵

R: رواناب حاصل از بارش می‌باشد، ضمناً منظور از شماره‌های ۱ تا ۱۲، نوبت اتفاقهای رگبار و رواناب می‌باشد که اندازه‌گیری شده‌اند.

نکته: P_5 و P_8 ۱/۵ ساعت، P_2 و P_3 و P_{11} و P_4 : در ۲ ساعت، P_7 و P و P_{12}: در ۳ ساعت، P_1 و P_6 و P_{10} : در ۴ ساعت،

نتیجه: بنابراین از ۱۲ کرت مورد آزمایش در طی ماههای مهر ۸۰ تا فروردین ۸۱ جمعاً ۳۷۵/۵ میلی‌متر بارش طبیعی در ۱۲ روز در این کرت‌ها وجود داشته و با توجه به وضعیت شیب کرت‌ها، بافت خاک و پوشش گیاهی از ۲۴ تا ۸۷ میلی‌متر رواناب به بانکت‌ها منتقل شده است. یعنی ضریب رواناب از ۶/۴ درصد تا ۳۲/۲ درصد بطور متوسط بوده است.

جدول ۲: مقادیر تبخیر از طشتک میانگین ۱۸ ساله دو ایستگاه امامه و لتیان و مقادیر اندازه گیری شده‌ی محل آزمایش (mm)

ماهها / نام ایستگاه	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
امامه	۱۳۲/۸	۷۳/۶	۳۶/۴	۲۷	۲۸/۲	۴۱/۱	۹۶/۱	۱۴۴/۱	۲۱۰	۲۴۳	۲۴۹/۶	۲۰۹/۸	۱۴۹۲
لتیان	۱۵۴/۵	۸۲/۵	۵۳/۷	۳۹/۴	۳۵/۳	۳۸/۹	۱۱۲/۱	۱۵۸/۹	۲۴۰/۹	۲۸۱/۳	۲۷۳/۶	۲۴۳/۹	۱۷۱۵
میانگین امامه و لتیان	۱۴۴	۷۸	۴۵	۳۳	۳۱	۴۰	۱۰۴	۱۵۱	۲۲۵	۲۶۲	۲۶۱	۲۲۶	۱۶۰۴
اندازه‌گیری شده محل آزمایش	*۱۴۴	*۷۸	*۴۵	*۳۳	*۳۱	*۴۰	۹۲	۱۳۱	۲۳۸	۲۵۸	۲۵۰	۲۲۰	۱۵۶۰
جمع فصلی	۲۶۷			۱۰۴			۴۶۱			۷۲۸			۱۵۶۰
توزیع فصلی (٪)	۱۷/۱			۶/۷			۲۹/۵			۴۶/۷			۱۰۰

*** این اعداد همان میانگین امامه و لتیان می‌باشند.**

جدول ۳ (a) : نسبت سطح‌های جمع‌آوری آب باران در شرایط کرت‌های مختلف در منطقه‌ی مورد آزمایش برای درختان میوه

شماره کرت	مجموع بارش (mm)	مجموع رواناب (mm)	بارش منطقه (mm)	نیاز آبی درختانمیوه (mm)	تلفات خارج از فصل رشد (mm)	کمبود آب (mm)	ضریب متوسط رواناب کرت‌های آزمایشی	نسبت سطح جمع‌آوری آب باران به سطح زیرکشت
۱	۳۷۵	۷۳	۵۳۱	۷۹۳	۹۳	۳۵۵	/۱۹۵	۴/۸۶
۲	۳۷۵	۹۵/۲۵	۵۳۱	۷۹۳	۹۳	۳۵۵	۰/۲۵۴	۳/۳۷
۳	۳۷۵	۱۱۴	۵۳۱	۷۹۳	۹۳	۳۵۵	۰/۳۰۵	۳/۱۱
۴	۳۷۵	۸۶/۵	۵۳۱	۷۹۳	۹۳	۳۵۵	۰/۲۳۱	۴/۱
۵	۳۷۵	۷۸	۵۳۱	۷۹۳	۹۳	۳۵۵	۰/۲۰۸	۴/۵۵
۶	۳۷۵	۸۷/۵	۵۳۱	۷۹۳	۹۳	۳۵۵	۰/۲۳۳	۴/۰۶
۷	۳۷۵	۱۰۳/۵	۵۳۱	۷۹۳	۹۳	۳۵۵	۰/۲۷۶	۳/۴۳
۸	۳۷۵	۷۱	۵۳۱	۷۹۳	۹۳	۳۵۵	۰/۱۸۹	۵
۹	۳۷۵	۶۹/۵	۵۳۱	۷۹۳	۹۳	۳۵۵	۰/۱۸۵	۵/۱
۱۰	۳۷۵	۶۱/۵	۵۳۱	۷۹۳	۹۳	۳۵۵	۰/۱۶۴	۵/۷۷
۱۱	۳۷۵	۵۷/۵	۵۳۱	۷۹۳	۹۳	۳۵۵	۰/۱۵۳	۶/۱۷
۱۲	۳۷۵	۵۶/۵	۵۳۱	۷۹۳	۹۳	۳۵۵	۰/۱۵۱	۶/۲۸

جدول ۳ (b): نسبت سطح‌های جمع‌آوری آب باران در شرایط کرت‌های مختلف در منطقه‌ی مورد آزمایش برای انگور

شماره کرت	مجموع بارش (mm)	مجموع رواناب (mm)	بارش منطقه (mm)	نیاز آبی انگور (mm)	تلفات خارج از فصل‌رشد (mm)	کمبود آب (mm)	ضریب متوسط رواناب کرت‌های آزمایشی	نسبت سطح جمع آوری آب باران به سطح زیرکشت
۱	۳۷۵	۷۳	۵۳۱	۷۵۷	۹۳	۳۱۹	/۱۹۵	۴/۴
۲	۳۷۵	۹۵/۲۵	۵۳۱	۷۵۷	۹۳	۳۱۹	۰/۲۵۴	۳/۳۵
۳	۳۷۵	۱۱۴	۵۳۱	۷۵۷	۹۳	۳۱۹	۰/۳۰۵	۲/۸
۴	۳۷۵	۸۶/۵	۵۳۱	۷۵۷	۹۳	۳۱۹	۰/۲۳۱	۳/۷
۵	۳۷۵	۷۸	۵۳۱	۷۵۷	۹۳	۳۱۹	۰/۲۰۸	۴/۱
۶	۳۷۵	۸۷/۵	۵۳۱	۷۵۷	۹۳	۳۱۹	۰/۲۳۳	۳/۶۵
۷	۳۷۵	۱۰۳/۵	۵۳۱	۷۵۷	۹۳	۳۱۹	۰/۲۷۶	۳/۰۸
۸	۳۷۵	۷۱	۵۳۱	۷۵۷	۹۳	۳۱۹	۰/۱۸۹	۴/۴۹
۹	۳۷۵	۶۹/۵	۵۳۱	۷۵۷	۹۳	۳۱۹	۰/۱۸۵	۴/۵۹
۱۰	۳۷۵	۶۱/۵	۵۳۱	۷۵۷	۹۳	۳۱۹	۰/۱۶۴	۵/۱۹
۱۱	۳۷۵	۵۷/۵	۵۳۱	۷۵۷	۹۳	۳۱۹	۰/۱۵۳	۵/۵۵
۱۲	۳۷۵	۵۶/۵	۵۳۱	۷۵۷	۹۳	۳۱۹	۰/۱۵۱	۵/۶۵

جدول ۴: مشخصات بافت خاک، پوشش گیاهی و شیب کرت‌های آزمایش

ردیف	شماره کرت	بافت خاک	شیب زمین	درصدپوشش گیاهی	مساحت کرت	کل بارش (mm)	کل رواناب (mm)
۱	۱	L-Sa	۵	۴۵	۶×۱۰	۳۷۵/۵	۷۳
۲	۲	L-C-Si	۵۲	۵۵	۶×۱۰	۳۷۵/۵	۹۵/۲۵
۳	۳	L-C	۵۲	۴۰	۶×۱۰	۳۷۵/۵	۱۱۴
۴	۴	C	۳۳	۴۰_۴۵	۶×۱۰	۳۷۵/۵	۸۶/۵
۵	۵	C	۳۴	۵۵_۶۰	۶×۱۰	۳۷۵/۵	۷۸
۶	۶	C	۳۸	۵۵	۷×۹	۳۷۵/۵	۸۷/۵
۷	۷	C	۴۶	۷۰	۸×۸	۳۷۵/۵	۱۰۳/۵
۸	۸	C	۳۶	۴۰	۶×۱۰	۳۷۵/۵	۷۱
۹	۹	C	۴۶	۵۵_۶۰	۶×۱۰	۳۷۵/۵	۶۹/۵
۱۰	۱۰	L-C	۷	۱۰_۱۵	۶×۸	۳۷۵/۵	۶۱/۵
۱۱	۱۱	C	۵	۷_۱۰	۶×۷	۳۷۵/۵	۵۷/۵
۱۲	۱۲	L-C	۴	۱۲	۶×۱۰	۳۷۵/۵	۵۶/۵

C-S : سیلتی رسی **Sa.C.L** : رسی لومی شنی

جدول ۵: میزان حد رطوبتی نقطه‌ی پژمردگی و ظرفیت زراعی سه نوع خاک مختلف mm/1m soil **(۳۲)**

نوع خاک	P.W.P	F.C	حد رطوبت اشباع	آب سهل‌الوصول
لومی شنی	۹۷	۱۶۷	۴۰۰	۷۰
رسی لومی	۱۸۶	۴۳۹	۴۹۰	۲۵۳
خاک با مواد آلی زیاد	۲۳۰	۷۲۰	۸۴۰	۴۹۰

جدول ۶: خلاصه‌ی راندمان رواناب تیمارهای شیب‌های استفاده شده در آزمایش

باران‌ــرواناب دامنه شیب	باران (mm)	رواناب (mm)	باران (mm)	رواناب (mm)	باران (mm)	رواناب (mm)	باران (mm)	رواناب (mm)	جمع باران (mm)	جمع رواناب (mm)	میانگین باران (mm)	میانگین رواناب (mm)
شماره کرت‌ها	۱		۱۰		۱۱		۱۲		–	–	–	–
۲ تا ۲۰ درصد	۳۷۵/۵	۷۳	۳۷۵/۵	۶۱/۵	۳۷۵/۵	۵۷/۵	۳۷۵/۵	۵۶/۵	۱۵۰۲	۲۴۸/۵	۳۷۵/۵	۶۲
شماره کرت‌ها	۴		۵		۶		۸		–	–	–	–
۲۱ تا ۴۰ درصد	۳۷۵/۵	۸۶/۵	۳۷۵/۵	۷۸	۳۷۵/۵	۸۷/۵	۳۷۵/۵	۷۱	۱۵۰۲	۳۲۳	۳۷۵/۵	۸۰/۷۵
شماره کرت‌ها	۲		۳		۷		۹		–	–	–	–
۴۱ تا ۶۰ درصد	۳۷۵/۵	۹۵/۲۵	۳۷۵/۵	۱۱۴	۳۷۵/۵	۱۰۳/۵	۳۷۵/۵	۶۹/۵	۱۵۰۲	۳۸۲/۸	۳۷۵/۵	۹۵/۶۸

جدول ۷ : جدول تجزیه واریانس اثر شیب در ایجاد رواناب با نرم افزار MSTATC

منبع	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار F محاسبه شده	سطح معنی‌دار بودن
تکرار	۳	۷۷۰/۴۳	۲۵۶/۸۱	۲/۳۱۷۸	۰/۰۱۷
تیمار شیب	۲	۴۵۲۲/۸۲	۱۱۲۲/۹۱	۱۰/۱۳۴۵	۰/۰۱۱۹
خطای‌آزمایش	۶	۶۶۴/۸	۱۱۰/۸	–	–
خطای کل	۱۱	۳۶۸۱	–	–	–

C.V=٪۱۳/۲۴

ضریب تغییرات که برابر ۱۳/۲۴ درصد به‌دست آمد، نشان می‌دهد که دقت آزمایش خوب بوده است.

مقایسه اختلاف میانگین‌های چهار سطح تکرار در ایجاد رواناب:
- تکرار ۱ـ ۸۴/۹۲ میلیمتر A
- تکرار ۲ـ ۸۰/۵۰ میلیمتر A
- تکرار ۳ـ ۸۲/۸۳ میلیمتر A
- تکرار ۴ـ ۶۵/۶۷ میلیمتر A

مقایسه اختلاف میانگین‌های سه سطح تیمار در ایجاد رواناب:
- تیمار ۱ ـ شیب ۲ تا ۲۰ درصد، ۶۲/۱۳ میلیمتر B
- تیمار۲ ـ شیب ۲۱ تا ۴۰ درصد، ۸۰/۷۵ میلیمتر A
- تیمار ۳ ـ شیب ۴۱ تا ۶۰ درصد، ۹۵/۵۶ میلیمتر A

ترتیب معنی‌دار بودن:
- اولویت ۱ ـ تیمار ۳: ۹۵/۵۶ میلیمتر A
- اولویت ۲ ـ تیمار ۲: ۸۰/۷۵ میلیمتر A
- اولویت ۳ ـ تیمار ۱: ۶۲/۱۳ میلیمتر B

بنابراین بین تیمار اول با دوم و اول با سوم، اختلاف معنی‌دار بوده است ولی بین تیمار دوم و سوم اختلاف در سطح ۹۵٪ معنی‌دار نبوده است. شاید یکی از علت‌های آن، این باشد که بین میانگین شیب تکرارهای گروه اول با گروه دوم بیش از ۲۷ درصد فاصله بوده است، در حالی‌که اختلاف میانگین شیب تکرارهای گروه دوم و سوم با همدیگر کمتر از ۲۰ درصد بوده است. علت دیگر این بوده است که کرت‌ها همگی کاملاً در شرایط طبیعی و دست نخورده بوده‌اند، لذا فاکتورهای دیگر مثل تراکم پوشش گیاهی و بافت خاک و... یکسان نبوده‌اند، لذا اختلاف معنی‌دار ضریب رواناب بین دو تیمار دوم و سوم حاصل نشده است. ضمناً میانگین شیب تکرارها در سه گروه به ترتیب ۵/۲۵، ۳۲/۵، ۵۱/۵ درصد بوده است. از نظر پوشش گیاهی نیز ۱۲ کرت در قالب طرح آماری تیمارهای تصادفی در ۴ تکرار و ۳ تیمار مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. پوشش گیاهی در این تیمارها به‌صورت زیر می‌باشد:

تیمار ۱: تراکم پوشش گیاهی ۱۰ تا ۳۰ درصد

تیمار ۲: تراکم پوشش گیاهی ۳۱ تا ۵۰ درصد

تیمار ۳: تراکم پوشش گیاهی ۵۱ تا ۷۰ درصد

جدول شماره‌ی ۸ نشان می‌دهد که در سطح ۹۵ درصد بین تکرارهای تیمارها اختلاف معنی‌دار وجود داشته است. همچنین اختلاف بین تیمارهای پوشش گیاهی در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار بوده است، زیرا که سطح معنی‌دار بودن بزرگتر از ۰/۰۱ است (در نرم‌افزار MSTATC). ضریب تغییرات آزمایشی هم ۱۰/۸۷ درصد بوده است که بسیار خوب می‌باشد.

جدول ۸ : جدول تجزیه واریانس مربوط به تیمارها و تکرارهای اثر پوشش گیاهی در ایجاد رواناب

منبع	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار F محاسبه شده	سطح معنی‌دار بودن
تکرار	۳	۱۲۲۹	۴۱۰	۶	۰/۰۳۰۳
تیمارپوشش‌گیاهی	۲	۶۳۹	۳۲۰	۵	۰/۰۵۸۸
خطای آزمایش	۶	۴۰۷	۶۸	-	-
خطای کل	۱۱	۲۲۷۴	-	-	-

C.V=٪۱۰/۸۷

جدول ۹ : مقایسه‌ی جمع‌آوری آب باران در سال‌های کم باران با باران متوسط و سال‌های پر باران با باران حداکثر

پارامترها	بارش به تنهایی mm	بارش + رواناب از حوضچه ۴۲ متر مربعی(کرت۱۰) mm	بارش + رواناب از حوضچه ۶۰ متر مربعی(کرت۱) mm
سال متوسط از نظر بارندگی P: بارش* R:رواناب** T_{act}: تبخیر و تعرق واقعی D: نفوذ عمقی	۴۱۰ ۰ ۲۹۸ ۰	۴۱۰ ***۳۸۱ ۶۴۰ ۶۰	۴۱۰ ۵۸۰ ۷۴۷ ۴۰
سال‌خشک از نظر بارندگی P: بارش R: رواناب T_{act}: تبخیر و تعرق واقعی D: نفوذ عمقی	۳۰۲ ۰ ۲۷۴ ۰	۳۰۲ ۳۰۵ ۵۱۵ ۲۰	۳۰۲ ۴۶۵ ۵۳۸ ۲۰
سال تر از نظر بارندگی P: بارش R: رواناب T_{act}: تبخیر و تعرق واقعی D: نفوذ عمقی	۵۹۳ ۰ ۴۵۷ ۰	۵۹۳ ۶۰۲ ۷۱۰ ۱۸۳	۵۹۳ ۹۱۲ ۸۳۵ ۲۷۲

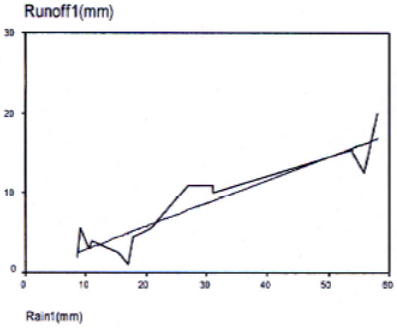
*میانگین ۵ سال متوسط از یک دوره سی ساله **در جدول ۱ آمده است. *** با توجه به سطح کرت ۰/۵×۶=۳ متر مربع تغذیه شده و ۶×۷ (سطح جمع‌آوری کننده)

جدول ۱۰ : معادلات روابط باران و رواناب در ۱۲ رگبار طبیعی با بارش کل ۳۷۵/۵ و عمق رواناب مشاهده شده و محاسبه شده از معادله (بر حسب میلیمتر)

ردیف	کرت	رواناب و بارش طبیعی معادله کلی $R=W(p-p_a)$	عمق رواناب از معادله	عمق رواناب مشاهده شده
۱	۱	R_1=0/39 (p-14)	۱۴۱	۷۳
۲	۲	R_2= 0/35 (p-14)	۱۲۶	۹۵/۲۵
۳	۳	R_3= 0/5 (p-18)	۱۸۲	۱۱۴
۴	۴	R_4=0/283 (p-7)	۱۰۴/۳	۸۶/۵
۵	۵	R_5=0/39 (p-10)	۱۰۲/۲	۷۸
۶	۶	R_6= 0/35 (p-10/5)	۱۰۷/۵	۸۷/۵
۷	۷	R_7= 0/5 (p-15)	۱۱۷/۸۸	۱۰۳
۸	۸	R_8=0/283 (p-9)	۷۹/۵	۷۱
۹	۹	R_9=0/39 (p-10)	۸۰	۶۹/۵
۱۰	۱۰	R_{10}= 0/35 (p-12)	۸۶/۱۵	۶۱/۵
۱۱	۱۱	R_{11}= 0/5 (p-18)	۱۱۵/۸	۵۷/۵
۱۲	۱۲	R_{12}=0/283 (p-4)	۹۸/۵۵	۵۶/۵

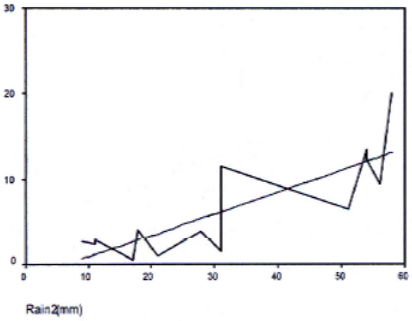
جدول فوق بر مبنای سه تیمار شیب و چهار تکرار تنظیم شده است که سه گروه شیب قبلاً معرفی شده‌اند. همین‌طور کرت‌های جمع‌آوری مربوط به هر گروه که ذکر شده‌اند و در جدول فوق هم آمده است. این ۱۲ کرت به ترتیب از کرت‌های شماره ۱ تا شماره ۱۲ هستند که در جدول شماره‌ی ۱۰ کرت‌های هر تیمار مشخص شده است.

شکل شماره‌ی ۲ رابطه‌ی باران و رواناب را در ۱۲ کرت نشان می‌دهد. محور عمودی مقدار باران و محور افقی عمق رواناب جمع‌آوری شده از ۱۲ تا ۲۰ برابر عرض بانکت بوده‌اند، اعداد محور افقی بایستی به اعداد ۱۲ تا ۲۰ برای کرت‌های مختلف تقسیم شوند تا معادل عمق رواناب ایجاد شده از کرت‌های جمع‌آوری آب باران به‌دست آید.



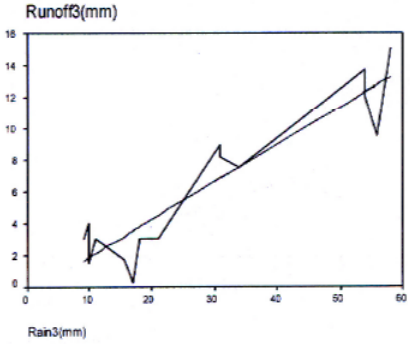
Independent: RAIN1

Dependent	Mth	Rsq	d.f.	F	Sigf	b0	b1
RUNOFF1	LIN	.855	14	82.83	.000	-.0018	.2903



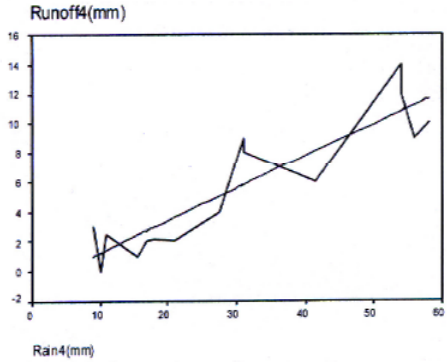
Independent: RAIN2

Dependent	Mth	Rsq	d.f.	F	Sigf	b0	b1
RUNOFF2	LIN	.662	13	25.48	.000	-1.6359	.2543



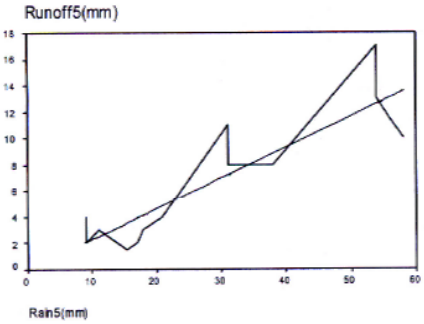
Independent: RAIN3

Dependent	Mth	Rsq	d.f.	F	Sigf	b0	b1
RUNOFF3	LIN	.856	13	77.53	.000	-.4858	.2368



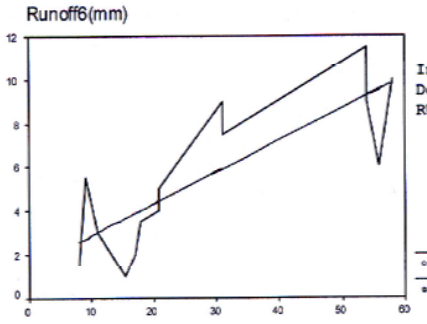
Independent: RAIN4

Dependent	Mth	Rsq	d.f.	F	Sigf	b0	b1
RUNOFF4	LIN	.805	13	53.73	.000	-.9566	.2179



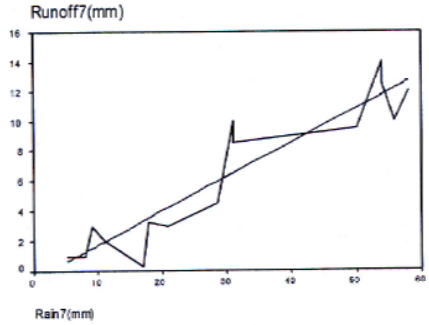
Independent: RAIN5

Dependent Mth	Rsq	d.f.	F	Sigf	b0	b1
UNOFF5 LIN	.795	12	46.45	.000	-.0814	.2347



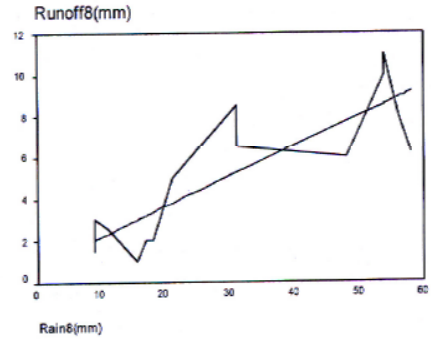
Independent: RAIN6

Dependent Mth	Rsq	d.f.	F	Sigf	b0	b1
RUNOFF6 LIN	.658	12	23.04	.000	1.4174	.1450



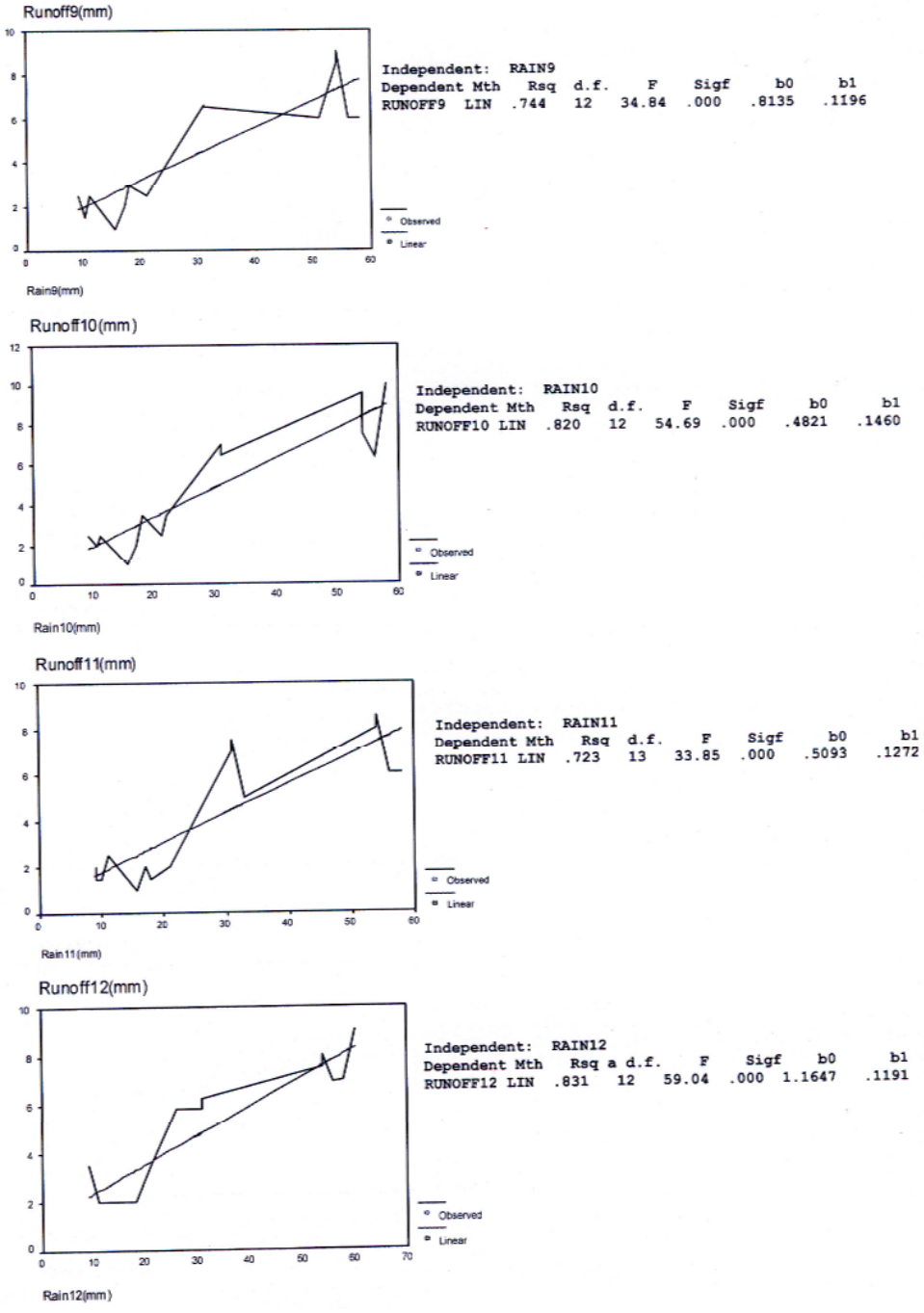
Independent: RAIN7

Dependent Mth	Rsq	d.f.	F	Sigf	b0	b1
RUNOFF7 LIN	.860	13	80.11	.000	-.5354	.2270



Independent: RAIN8

Dependent Mth	Rsq	d.f.	F	Sigf	b0	b1
RUNOFF8 LIN	.702	12	28.31	.000	.7523	.1449



شکل ۲ : رابطه خطی باران و رواناب در ۱۲ کرت آزمایش جمع‌آوری رواناب باران

نتیجه‌گیری

با توجه به شرایط محل آزمایش، توزیع بارش، مقدارکل بارش، شرایط توپوگرافی، بافت خاک و پوشش گیاهی، موارد زیر قابل طرح و بحث می باشد:

۱ـ از آنجایی‌که اغلب خاک‌های منطقه و مناطق مشابه، بافت درشت و نفوذپذیری زیاد و حد ظرفیت نگهداری آب خاک پایینی دارند، امکان ذخیره‌ی بیشتر از ۳۰۰ میلیمتر در هر متر عمق خاک از فصل بارش برای استفاده در تابستان وجود ندارد. از طرفی هم اصلاح بافت خاک، مثلاً لومی رسی به رسی یا رسی مخلوط با کود حیوانی در سطح وسیع، هزینه‌ی قابل ملاحظه‌ای را به‌همراه دارد *(بای بوردی، ۱۳۷۵: ۲۰-۱۸، ۲۳۲-۲۳۱)*. بنابراین لازم است، تلفیقی از این دو اقدام یعنی تا حدودی افزایش کود حیوانی در محل کشت درخت یا درختچه یا هر محصول دیگر صورت گیرد و همچنین بخشی از هر هکتار (مثلاً یک‌هزار تا سه‌هزار مترمربع با توجه به شرایط توپوگرافی، نفوذپذیری، پوشش‌گیاهی حوضچه‌های جمع‌آوری آب باران) برای جمع‌آوری آب باران با راندمان (ضریب) هرز آب بالا اختصاص یابد و آب جمع‌آوری شده در استخرها ذخیره شوند که در تابستان مورد استفاده قرار گیرد (چنین اقدامی توسط نگارنده در منطقه‌ی البرز جنوبی در محدوده‌ی تالار آبگینه‌ی وزارت امورخارجه صورت گرفته است. در پاییز و زمستان ۱۳۸۰ این استخر ۵۰۰ مترـ مکعبی از رواناب باران و چشمه‌های فصلی پر شده و در تابستان برای آبیاری نهال‌های کشت شده در محل مورد استفاده قرار می‌گیرد).

۲ـ همه‌ی آب باران جمع‌شده را نمی‌توان در منطقه و محدوده‌ی محیط ریشه برای یک‌دوره‌ی بدون باران سه تا چهارماهه ذخیره کرد.زیراکه بخش قابل ملاحظه‌ای به‌صورت نفوذ عمقی و خارج از دسترس ریشه قرار خواهد گرفت.لذا ضروری است آن‌حجم را در استخری باکف نفوذناپذیر و به عمق ۱/۵ تا ۲ متر ذخیره کرد و این حجم برای هر هکتار در شرایط منطقه با باران ۳۰۰ تا ۶۰۰ میلیمتر در سال از ۶۰۰ تا ۱۰۰۰متر مکعب برآورد شده است *(عابدی، ۱۳۷۷)*.

۳ـ از نقطه‌نظر اقتصادی، در هر هکتار باتوجه به شرایط طبیعی و یا اصلاح شده سطح حوضچه جمع‌آوری‌کننده آب باران، از ۱۵۰۰ تا ۳۰۰۰ متر مربع را می‌توان به عنوان سطح زیرکشت مفید قرار داد که با توجه به شرایط محل آزمایش و تجربه‌ی موجود می‌توان از ۳۰۰ درختچه انگور یا ۱۵۰ درخت میوه (هلو، زردآلو، گیلاس، گلابی و سیب) را کشت نمود که بدین ترتیب سطح تحت پوشش و تغذیه‌کننده هر درختچه یا درخت به‌ترتیب ۵ متر مربع (برای هر درخت انگور) و تا ۲۰ مترمربع (برای هر درخت میوه غیر از انگور) خواهد بود و مابقی سطح عرصه از هر هکتار که از ۷۰۰۰ تا ۸۵۰۰ مترمربع می‌باشد برای جمع‌آوری آب‌باران خواهد بود که از این محل برای هر درخت از ۲۰ تا ۵۰ متر مربع آب باران اختصاص می‌یابد (۲/۵ تا ۴ برابر سطح زیرکشت یا تحت پوشش تاج درخت) و حدود ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ متر مربع هم برای جمع‌آوری آب باران جهت ذخیره در استخر پیش‌بینی می‌شود تا آب مورد نیاز برای آبیاری

تکمیلی تأمین گردد. ناگفته نماند که سطح این استخرهای ذخیره‌ی آب از ۱۵ فروردین در منطقه با پلاستیک پوشیده شده تا از تبخیر آب در آن جلوگیری شود.

۴ـ رابطه‌ی بین رواناب و باران در ۱۲ کرت آزمایشی نشان می‌دهد که در شرایط طبیعی منطقه از ۲۰ تا ۲۵درصد کل باران قابل جمع‌آوری و نفوذ در منطقه‌ی ریشه می‌باشد و از طرفی هم پس از نفوذ و ذخیره‌ی حدود ۶۰۰ میلیمتر در محل کشت شده، اضافه بر آن به عنوان نفوذ عمقی و تلفات و از دسترس ریشه گیاه خارج شود. بنابراین سطح تغذیه و ضریب رواناب و عمق قابل ذخیره‌ی آب در خاک باید با همدیگر مورد توجه و مقایسه قرار گیرد که قبلاً ذکر گردیده است.

۵ـ نمودارهای مربوط به رواناب ـ باران از ۱۲ بارش طبیعی در۱۲ کرت نشان می‌دهد که بارش‌های کمتر از ۶ میلیمتر رواناب نداشته‌اند و کمتر از ۱۰ میلیمتر هم عمق آب جمع شده در بانکت قابل اندازه‌گیری نبوده است یعنی قبل از تشکیل عمق ۰/۵ تا ۱ سانتیمتر در خاک کف بانکت نفوذ کرده‌اند و این عمق تنها با مشاهده‌ی عمق نفوذ آب در بانکت قابل تشخیص بوده است.

منابع و مآخذ

۱- بای‌بوردی، محمد (۱۳۷۵): *فیزیک خاک*. انتشارات دانشگاه تهران.

۲- حسینی ابریشمی، سید محمد (۱۳۷۳):*جمع‌آوری باران و سیلاب در مناطق روستایی*. چاپ دوم. انتشارات آستان قدس رضوی .

۳- سازمان هواشناسی کشور، *سالنامه‌های هواشناسی*. سال‌های ۱۳۶۴-۱۳۳۸.

۴- سپاسخواه، علیرضا (۱۳۷۱): *بررسی عوامل هیدرولوژیکی در استحصال آب باران*. مجموع مقالات سمینار بررسی مسایل مناطق بیابانی ایران. یزد.

۵- سراج‌زاده، حسین (۱۳۶۸): *روش‌های جمع‌آوری آب (مقدمه‌ای کوتاه بر سازه‌های آبی کوچک)*. انتشارات مؤسسه مطبوعاتی علمی.

۶- طهماسبی، رمضان (۷۸ تا ۱۳۷۵): *استحصال آب باران (جزوات درسی دوره‌های کاردانی علمی کاربردی آبخیزداری و جنگل و مرتع در مراکز زنجان، خرم‌آباد، سمنان و کلاک)*. در دست انتشار.

۷- طهماسبی، رمضان (۱۳۷۸): *استحصال آب باران*. ترجمه پایان‌نامه دوره دکترای آقای توماس‌بور (۱۹۹۴). در دست انتشار.

۸- عابدی، محمدجواد (۱۳۷۷): *جزوه کلاسی کیفیت آب تکمیلی* (برای دانشجویان کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی).

۹- علیزاده، امین (۱۳۷۹): *اصول هیدرولوژی کاربردی*. انتشارات آستان قدس رضوی.

۱۰- کوثر، سیدآهنگ (۱۳۷۴): *مقدمه‌ای بر مهار سیلاب‌ها و بهره‌برداری از آنها*. انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع.

11- Boers Th. M. (1994) Rain Water Harvesting Systems in Semiarid and Arid Zones, Wagningen university.

12- Boers Th.M. and J.Ben-Asher (1980) Harvesting Water in the Desert in Annual Report 1979, International Institute for Land Reclamation and Improvement, Wangningen, Netherland.

13- Boers Th. M. and J. Ben-Asher (1982) A Review of Rain Water Harvestin in Agric. water Management.

14- Boers Th. M. and J. Ben-Asher and M. de Graaf and R. A. Feddes (1996) A Linear Regression Model Combined with a Soil Water Balance Model to Design Microcatchment for Water Harvesting in Aridzones in Agric.water Management.

15- Boers Th.M. and J.Ben-Asher and J. Zondervan (1986) Micro Catchment Water Harvesting (MCWH) for Ared Zone Development in Agric. water Management.