10.22092/rafhc.2014.100306

نشریه علمی- ترویجی یافته‌های تحقیقاتی در گیاهان زراعی و باغی
جلد ۳، شماره ۱، سال ۱۳۹۳

بررسی کارآیی سوپر جاذب در بهبود بهره‌وری بارش سامانه‌های استحصال و جمع‌آوری آب باران برای بادام دیم در استان آذربایجان‌شرقی

علیرضا توکلی

عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان، شاهرود

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۰/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۳/۳۰

چکیده

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.

به منظور بررسی کاربرد مواد سوپر جاذب در ذخیره رطوبت و افزایش بهره‌وری بارش تحت سامانه‌های مختلف استحصال و جمع‌آوری آب باران در حوضه‌های کوچک، این مطالعه در استان آذربایجان‌شرقی، شهرستان اسکو و در اراضی دیم زارعین اجرا شد. تیمارهای مورد مطالعه شامل سطوح مختلف کاربرد سوپر جاذب در خاک پای درختان (طبیعی و بدون استفاده از پلیمر، با کاربرد یک کیلوگرم پلیمر سوپر جاذب برای هر درخت) تحت شرایط شکل و ابعاد مختلف سامانه‌های استحصال و جمع‌آوری آب باران و مدیریت‌های مختلف بهبود رواناب برای دو رقم بادام دیر گل پیوندی بود. نتایج نشان داد که کاربرد مواد سوپر جاذب نه تنها نقشی در بهبود وضعیت رشد ندارد بلکه در مواردی به عنوان یک مانع عمل می‌نماید. طول کل شاخه‌های ایجاد شده در شرایط استفاده از پلیمر و بدون آن به ترتیب ۴۳۲ و ۳۹۳ سانتی‌متر و تغییر قطر ساقه بادام در این تیمار طی یک سال زراعی، به ترتیب ۴۸/۳ و ۴۶/۱ درصد بود. آرایش ۴۹ متر مربع سطح رواناب که تمیز، صاف و غلطک زده باشد برای ایجاد باغ دیم روانابی بادام بهترین گزینه بود و نیازی به کاربرد مواد سوپر جاذب نبود و برای بهبود ظرفیت آب خاک در پای درختان، استفاده از کود دامی پوسیده و تعویض خاک چاله‌ها کفایت می‌کند. میزان عملکرد تک درخت در سطح رواناب ۴۹ متر مربع حدود سه کیلوگرم برآورد شد که با توجه به تراکم ۲۰۴ نهال در هکتار در این تیمار، عملکرد بادام ۶۱۲ کیلوگرم در هکتار خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: استحصال آب باران، بادام، بهره‌وری بارش، دیم و سوپر جاذب.

آدرس پست الکترونیکی نگارنده: art.tavakoli@gmail.com

مقدمه

تعـدادی از پدیـده‌ها و عوامـل تأثیرگـذار در زراعـت دیـم وجـود دارنـد کـه اگرچـه غیرقابـل کنترل هسـتند امـا می‌تـوان بـا بکـارگیری برخـی مدیریت‌های زراعی و فنـی، آنهـا را تـا حـدودی مدیریت کـرد و بهـره‌وری از نهاده‌هـای تولیـد را بهبـود بخشـید. از جملـه ایـن عوامـل می‌تـوان بـه نوسـانات مکـانی و زمـانی بـارش در سـال‌ها، تغییرات همزمان مقدار و پراکنش بارش از سـالی به سال دیگر، تغییـرات درجـه حـرارت و وجـود بخش قابل توجه بارش در خارج از دوره رشـد و نمـو محصـولات و نیـز بـروز و طغیـان آفـات و بیماری‌ها اشاره کرد. اگر برای زراعت مرسـوم و سـنتی بهره‌بـرداری از اراضـی، جایگزین‌هـای دیگری بهینه و تعیین نشود، بهره‌برداری از منـابع تولیـد پایـدار نخواهـد مانـد. یکـی از گزینـه‌های مناسـب بـرای جـایگزینی بـا سیسـتم کشـت محصـولات زراعـی دیـم و بهبـود آن، توسـعه باغ‌هـای تحـت شـرایط سـامانه‌های استحصـال و جمع‌آوری آب بـاران اسـت کـه سـبب افـزایش بهـره‌وری آب و زمـین می‌شـود. بـه فرآینـد جمع‌آوری و تمرکـز رواناب ناشـی از بـاران از سـطحی بزرگ‌تـر (سـطح رواناب) و ذخیـره آن بـرای اسـتفاده مفیـد و مطلـوب در سـطح هـدف کوچـک‌تر (سـطح نفـوذ)، استحصـال و جمـع‌آوری آب بـاران اطـلاق می‌شـود (۵). حوضـه‌های کوچـک استحصـال و جمع‌آوری آب بـاران (Micro-Catchments) شـامل دو بخش یعنـی سـطح رواناب و سـطح نفـوذ (پـای نهـال) می‌باشـند (۴ و ۲۴). ایـن سـامانه‌ها ممکـن است بدون هیچ‌گونه آبیاری تکمیلی و یـا همـراه با آبیـاری محـدود باشـند. در شـرایط سـامانه‌های استحصـال و جمع‌آوری آب تمـام مـدیریت‌ها و مسائل تحت‌الشعاع جمع‌آوری، هدایت، حفـظ و ذخیـره بـارش قـرار دارد. افـزایش ظرفیـت آب خاک و حفـظ آب جمع‌آوری شـده در خـاک برای دوره بدون بـارش و نیـز جلـوگیری از هـدر رفتن آن از طریق تبخیـر مسـتقیم یـا نفـوذ عمقـی پایین‌تر از عمق توسعه ریشه محصولات از جملـه عملیات مدیریتی پس از مراحل ایجاد، افـزایش و هدایت رواناب محسوب می‌شود (۲۲).

بادام از جملـه درختـان بـا اهمیـت و بـا سـابقه کشـت طـولانی در کشـور و از جملـه منطقـه آذربایجان‌شـرقی اسـت کـه ضـمن وجـود تنـوع محیطی گسترده در کشـور، قابلیـت سـازگاری و تطابق را با شـرایط دیـم، بـه دلیـل قـانع بـودن (از جهات آب و تغذیه) و نیـز سـازگاری بـا شـرایط خاک دارد. عملکرد محصول تحت شرایط دیـم اندک و غیر پایدار اسـت و اساسـی‌ترین فـاکتور محـدود کننـده در حصـول عملکـرد مطلـوب، میزان آب قابل دسترس و محـدودیت آن اسـت. برای ایجاد باغ‌ها تحـت سـامانه‌های استحصـال و جمـع‌آوری آب، خاک‌هـای عمیـق کـه دارای ظرفیـت نگهـداری رطوبـت بیشـتری هسـتند، مناسب‌تر از خاک‌های دیگر می‌باشند (۴).

مواد افزودنی به خاک با جـذب آب و حفـظ آن، ظرفیـت آب خـاک را افـزایش می‌دهنـد، از جمله این مواد افزودنی می‌تـوان بـه کـود دامـی،

کمپوست، پرلیت، زئولیت، بقایای گیاهی و مواد سوپر جاذب اشاره کرد که هر کدام دارای ویژگی‌ها و خصوصیات منحصر به خود هستند. بطوری که شریعتی (۹) در تحقیقات خود پیرامون اثر پرلیت بر میزان تبخیر از سطح خاک چنین نتیجه گرفته که مخلوط پرلیت با خاک موجب افزایش میزان آب جذب شده و کاهش تبخیر نسبی (نسبت کل آب جذب شده به رطوبت از دست رفته) از سطح خاک می‌گردد.

اگر چه کارآیی سوپر جاذب در مقیاس‌های کوچک و زمان‌های محدود مورد تأیید برخی محققین قرار گرفته (۳، ۷ و ۱۶) و عدم توجیه اقتصادی و ناکارآمدی آن طی زمان و در مقیاس‌های بزرگ، گزارش شده است (۱، ۶، ۱۳، ۲۰ و ۲۱)، اما برای ارایه مصادیق منطقه‌ای و کارآمدی شیوه‌های دیگر جمع‌آوری آب باران و حفظ رطوبت در شرایط زارعین، اجرای این پژوهش ضروری بود. شی و همکاران (۲۳) با بکارگیری دو نوع پلیمر سوپر جاذب (Stockosorb and Luquasorb) نشان دادند که کاربرد این مواد نسبت به شاهد بدون پلیمر، سبب کاهش شدید عناصر سدیم، کلر و پتاسیم در ریشه و برگ گیاه صنوبر گردید. تحت شرایط خشکی کاربرد پلیمر هر چند که می‌تواند برخی خصوصیات هیدرولیکی خاک را در صورت کاربرد زیاد آن (حدود ۳ تن در هکتار در لایه ۳۰ سانتی‌متری سطحی خاک) تغییر دهد، اما نمی‌تواند تنش کمبود آب را تسکین دهد. بدیهی است که چنین حجمی از کاربرد سوپر جاذب فاقد توجیه اقتصادی (و احتمالاً زیست محیطی) است (۲۰). حفیظ و رفیق (۲۱) در بررسی اثر مقادیر مختلف پلیمر موسوم به آلکازورب بر روی ۱۰ گونه درختی نشان دادند که تفاوت معنی‌داری بین شاهد و کاربرد پلیمر در گونه‌های مختلف از نظر ارتفاع و زنده‌مانی وجود نداشت. برخی گزارش‌ها حاکی از برتری سوپر جاذب‌های خارجی بر محصولات داخلی است اما رحیمیان و حسینی‌راد (۷) در مورد استفاده برابر سوپرجاذب استاکوزورب و سوپرآب A200، نشان داد که سوپرآب بر استاکوزورب برتری محسوس دارد ضمن اینکه قیمت آن به مراتب کمتر از استاکوزورب است. این نتیجه دلیلی بر کاربرد سوپر جاذب‌های داخلی نیست چرا که در مناسب‌ترین سطح مصرف پلیمر در خاک شنی از نظر نسبت آب قابل استفاده به آب غیر قابل استفاده، رفتار شن مانند خاک رس سیلتی می‌شود، لذا افزودن خاک رس سیلتی به شن می‌تواند ویژگی‌های مورد انتظار از آمیختن شن با پلیمر را بدون نگرانی از آماس غیر عادی خاک و دیگر عوارض ناشناخته به صورتی پایدار تأمین کند. ضمن اینکه در شرایط کاربرد پلیمر آسیب زیاد به ریشه‌ها قابل انتظار است (۱).

نتایج پژوهش یزدانی و همکاران (۱۷) نشان داد که کاربرد ۲۲۵ کیلوگرم پلیمر سوپرجاذب طراوت A200 در هکتار بهترین تأثیر را بر رشد و عملکرد سویا در تمامی شرایط آبیاری

(آبیاری معمول و یا تحت شرایط تنش خشکی) از خود نشان داد، اما نتیجه بررسی حقایقی‌مقدم (۶) و کوچک‌زاده و همکاران (۱۳) غیر قابل توجیه اقتصادی بودن کاربرد سوپر جاذب برای محصولات زراعی می‌باشد.

هدف این پژوهش افزایش بهره‌وری از آب باران در ایجاد باغ دیم بادام از طریق سامانه‌های استحصال و جمع‌آوری آب باران در حوضه‌های کوچک و بررسی نقش کاربرد مواد افزودنی سوپر جاذب بر وضعیت رشد بادام می‌باشد.

مواد و روش‌ها

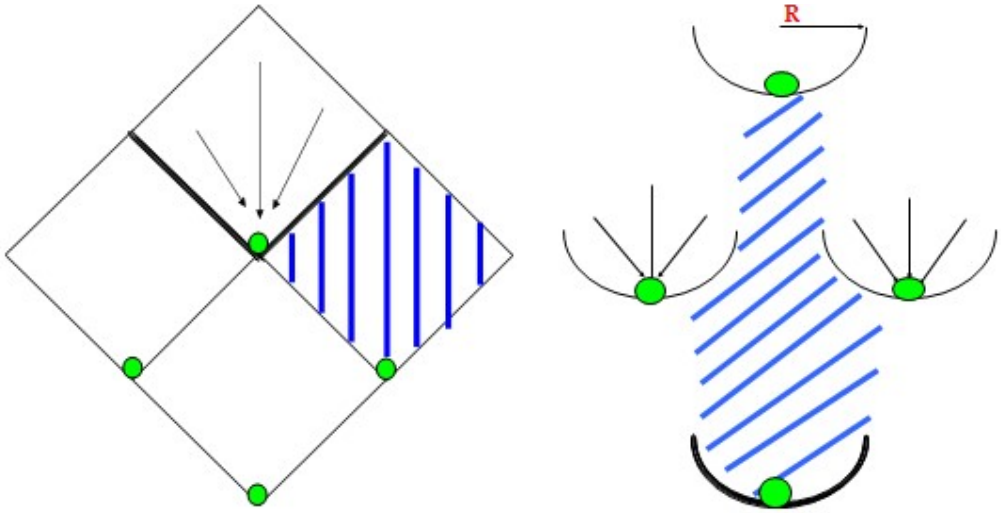
به منظور بررسی شیوه‌های مختلف استحصال و جمع‌آوری آب باران و اثرات آن بر بهبود و تثبیت رشد بادام در شرایط دیم، آزمایشی به مدت شش سال در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و به صورت اسپلیت اسپلیت فاکتوریل به اجرا درآمد که تیمارهای آن عبارتند از :

- آرایش و شکل حوضه‌های جمع‌آوری رواناب شامل آرایش مربعی و نیم‌دایره‌ای.
- اندازه و ابعاد حوضه‌های جمع‌آوری رواناب شامل ۲۵، ۴۹ و ۸۱ مترمربع.
- وضعیت سطح رواناب شامل: الف ـ طبیعی، ب ـ تمیز و صاف شده، ج ـ تمیز، صاف و مرطوب و غلطک زده شده.
- وضعیت خاک پای درخت (سطح نفوذ) شامل: الف ـ طبیعی، ب ـ خاک مخلوط شده با یک کیلوگرم پلیمر سوپرجاذب نوازوب A در پای درخت.

ابتدا اقدام به پیاده کردن طرح و نقشه آزمایش در اراضی متعلق به شرکت تعاونی یال ایلخچی (شهرستان اسکو، استان آذربایجان‌شرقی)،کندن چاله‌هایی به ابعاد ۱×۱×۱ متر، تهیه کود دامی، تهیه مواد پلیمری سوپرجاذب، پرکردن نیمی از چاله‌ها با خاک سطحی مرغوب + ۱۵ کیلوگرم کود دامی + یک کیلوگرم مواد پلیمری سوپر جاذب و نیمی از چاله‌ها نیز فقط با خاک مرغوب سطحی + ۱۵ کیلوگرم کود دامی و تهیه پشته‌ها به ارتفاع ۵۰-۴۰ سانتی‌متر شد. برای پر کردن چاله‌ها از خاک نسبتاً مناسب سطحی با ترکیب ذکر شده استفاده شد. 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 کنگر وحشی به طور دستی و همه ساله حذف گردیدند، اما در تیمارهای صاف و تمیز و نیز تیمار غلطک خورده، علف‌های هرز در سطوح رواناب هر ساله به طور کامل حذف شدند و سطوح صاف و تمیز شدند.

شکل ۱ آرایش نیم‌دایره‌ای و مربعی، محل قرارگیری درخت، نحوه هدایت رواناب به پای درخت و نیز سطح رواناب برای هر درخت نشان داده است.

پس از آماده‌سازی چاله‌ها، پر کردن آنها با خاک مورد نظر و آماده سازی سطوح رواناب،



شکل ۱- آرایش نیم‌دایره‌ای (راست) و مربعی (چپ) و نحوه هدایت رواناب به پای درخت

در اواخر پاییز که درختان به خواب فیزیولوژیک رفته بودند مطابق با نظر کارشناسان باغبانی، اقدام به تهیه نهال‌های دو رقم بادام پیوندی دو ساله شد پس از هرس ریشه‌های زخمی و ضدعفونی در محلول قارچ‌کش بنومیل + خاک رس + کود دامی + آب، و هرس هوایی (همسان نمودن ارتفاع نهال ها به میزان ۷۰ سانتی‌متر) بلافاصله کشت در پاییز انجام شد. برای هر سطح رواناب یک نهال در منتهی‌الیه شیب کاشته شد و پشته‌هایی برای مهار بارش و ایجاد فرصت نفوذ آن به درون خاک ایجاد گردید. به دلیل اینکه رطوبت خاک کافی نبوده و امکان جذب رطوبت ریشه توسط خاک وجود داشت، برای هر نهال به میزان حدود ۲۰ لیتر آب مصرف شد. سپس اقدام به قیم‌گذاری برای نهال‌ها برای نگهداری آنها در مقابل باد و برف شد. با توجه به وجود دمای زیر صفر و احتمال یخ‌بستن خاک مرطوب سطح نفوذ، از پوشش نایلونی به ابعاد یک در یک متر شد. روی این پلاستیک‌ها که در پای درختان برای کنترل تبخیر گسترانیده شده بود، سوراخ‌هایی تعبیه شده بود که امکان ورود آب را تسهیل می‌کردند اما مانعی برای ورود سرما در فصل سرد به درون خاک و مانعی برای خروج رطوبت خاک به صورت تبخیر در فصل گرم سال محسوب می‌شد.

برای تأمین نیاز غذایی بادام، در سال اول نمونه برگ تهیه و به آزمایشگاه مرکز تحقیقات کشاورزی استان آذربایجان‌شرقی ارسال شد. نتیجه تجزیه نمونه برگ و خاک در جدول ۱ و ۲ آمده است.

مطابق با تجزیه نمونه برگ (جدول ۱)، میزان نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن، منگنز و مس در حد کفایت بود، روی دارای

جدول ۱- نتیجه تجزیه نمونه برگ بادام در سال اول

درصد					میلی‌گرم در کیلوگرم				
نیتروژن	فسفر	پتاس	کلسیم	منیزیم	آهن	منگنز	روی	مس	بر
۲/۳۷	۰/۲۶	۹/۷۸	۲/۰۶	۰/۳۷۲	۱۷۲	۸۰	۱۶	۱۵	۵/۳

جدول ۲- نتایج تجزیه خاک محل اجرای آزمایش (منطقه یال ایلخچی، شهرستان اسکو)

مواد خنثی شونده (درصد)	نیتروژن کل (درصد)	اسیدیته کل اشباع	کربن آلی (درصد)	مواد آلی (درصد)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	اشباع (درصد)
۹/۸	۰/۰۴۹	۷/۶	۰/۴۹	۰/۹۸	۱/۱۱	۳۴

کمبود است (باید بیش از ۱۸ میلی‌گرم در کیلوگرم باشد) و میزان بر نیز دارای کمبود شدید بود (باید بین ۳۰ تا ۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم باشد). کود مورد نیاز بر اساس این نتایج و توصیه کارشناس تغذیه تأمین و اضافه گردید.

نتایج تجزیه نمونه خاک محل آزمایش (جدول ۲) نشان می‌دهد که میزان فسفر قابل جذب، پتاسیم قابل جذب، مس، روی، منگنز و آهن به ترتیب ۱۵/۲، ۳۷۰، ۱/۴۸، ۱/۱، ۳/۹۴ و ۲/۲۲ پی‌پی‌ام اندازه‌گیری شد و درصد رس، سیلت و شن به ترتیب ۷، ۴۳ و ۵۰ درصد است و بافت خاک لومی بود. خاک از نظر اسیدیته کل اشباع در محدوده یک خاک آهکی قرار می‌گیرد و از نظر درصد کربن آلی فقیر بوده و از نظر شوری بدون محدودیت است (جدول ارائه نشده است).

بر اساس آمار هواشناسی ایستگاه سینوپتیک شهر سهند به عنوان نزدیک‌ترین نقطه متوسط بارش سال زراعی در طی ده سال گذشته ۲۰۸ میلی‌متر بوده است که نشان‌دهنده عدم کفایت مقدار بارش برای کشت محصولات دیم است. ضمن این که پراکنش آن بسیار نامتوازن بوده و بخش زیادی از آن در خارج از دوره رشد و نمو محصول می‌بارد. بر مبنای آمار سال زراعی و صرف‌نظر از نحوه پراکنش بارش، احتمال وقوع بارشی به میزان ۲۵۸ میلی‌متر در یک سال زراعی، تنها نه درصد است و احتمال وقوع بارشی به میزان ۲۲۶ میلی‌متر در یک سال زراعی، ۳۶ درصد 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 بدون بارش سال‌های آزمایش به ترتیب ۱۸۶، ۱۸۵، ۲۱۴، ۱۶۰ و ۲۱۶ روز بر مبنای سال شمسی (بر مبنای ابتدای بهار) بوده است. در این مدت که با

دوره رشد و نمو محصول همراه بوده بدون هیچ‌گونه آبیاری، نیاز آبی محصول از آب ذخیره شده ناشی از استحصال و جمع‌آوری آب باران، تأمین می‌شد که نشان دهنده قابلیت‌های فراوان شیوه‌های استحصال آب باران از یکسو و نقش مدیریت کنترل و کاهش تبخیر در سطح هدف است.

صفات اندازه‌گیری شده در رشد بادام

جدول ۳، خلاصه نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات اندازه‌گیری شده شامل: کل شاخه‌های تولید شده در سال اول، حداکثر رشد شاخه اصلی در سال اول، ضخامت ساقه در سال‌های دوم و سوم نیز و درصد تغییر ضخامت ساقهٔ بادام در یک سال را نشان می دهد.

نتیجه تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر کاربرد پلیمر و اثر متقابل پلیمر با آرایش حوضه و اثر متقابل پلیمر با ابعاد حوضه بر کل شاخه‌های تولیدی معنی‌دار نشده است. بررسی جدول ۳ که برای شرایط کاربرد پ لیمر و اثرات متقابل با این تیمار تلخیص شده، نشان از عدم اثربخشی کاربرد مواد سوپر جاذب بر رشد و تغییر ضخامت ساقه است.

جدول ۳- بخشی از جدول تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در رشد بادام

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		کل شاخه‌های تولید شده در سال اول (سانتی‌متر)	حداکثر رشد شاخهٔ اصلی در سال اول (سانتی‌متر)	ضخامت ساقه در سال دوم (میلی‌متر)	ضخامت ساقه در سال سوم (میلی‌متر)	تغییر ضخامت ساقه (درصد)
پلیمر	۱	۴۰۶۰۰ ns	۳/۰ ns	۱۹/۰۰ ns	۲۸/۷۳ ns	۱۳۷/۱۰ ns
پلیمر × شکل	۱	۳۸۵ ns	۱۵۶/۵ ns	۰/۳۹ ns	۲۳/۹۹ ns	۳۱۹۲/۲۷ *
پلیمر × اندازه	۲	۱۳۷۸ ns	۴۲۶/۷ *	۹/۱۰ ns	۰/۳۰ ns	۱۸۵۵/۶۰ ns
پلیمر × شکل × اندازه	۲	۴۲۰۲۴ *	۴۵/۸ ns	۱۱/۷۶ ns	۱۹/۰۹ ns	۱۱۱۵/۳۲ ns
پلیمر × سطح رواناب × شکل	۲	۵۱۴۶۹ *	۹۷/۳ ns	۰/۰۳ ns	۷/۸۰ ns	۶۳۳/۰۰ ns
پلیمر × سطح رواناب × اندازه	۴	۳۴۱۸۹ *	۶۸/۲ ns	۳/۹۳ ns	۲/۲۴ ns	۳۰۸/۳۴ ns
پلیمر × سطح رواناب × اندازه × شکل	۴	۱۶۸۸۹ ns	۱۸/۹ ns	۱۲/۴۱ ns	۸/۶۷ ns	۵۱۳/۲۲ ns

* : معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، ns : غیرمعنی‌دار

شکل: آرایش مربعی و نیم‌دایره‌ای سامانه اندازه: ابعاد و مساحت سامانه جمع‌آوری رواناب

سطح رواناب: وضعیت سطح رواناب شامل طبیعی، تمیز و صاف شده، تمیز و صاف غلطک زده شده

ماهیت این تحقیق به نحوی است که تکرار در زمان ندارد و آن چه در زمان مشاهده می‌شود، ادامه روندی است که از سال‌های قبل شروع شده و حالت تکاملی نسبت به گذشته دارد. لذا روند رشد، درصد گیرایی در سال اول، درصد زنده‌مانی، تغییر وضعیت ظاهری

درختان و مقایسه آنها با شرایط باغداران (تحت شرایط آبیاری متعدد) تحت شرایط تیمارهای مختلف، معیار مناسبی برای ارزیابی محسوب می‌شود.

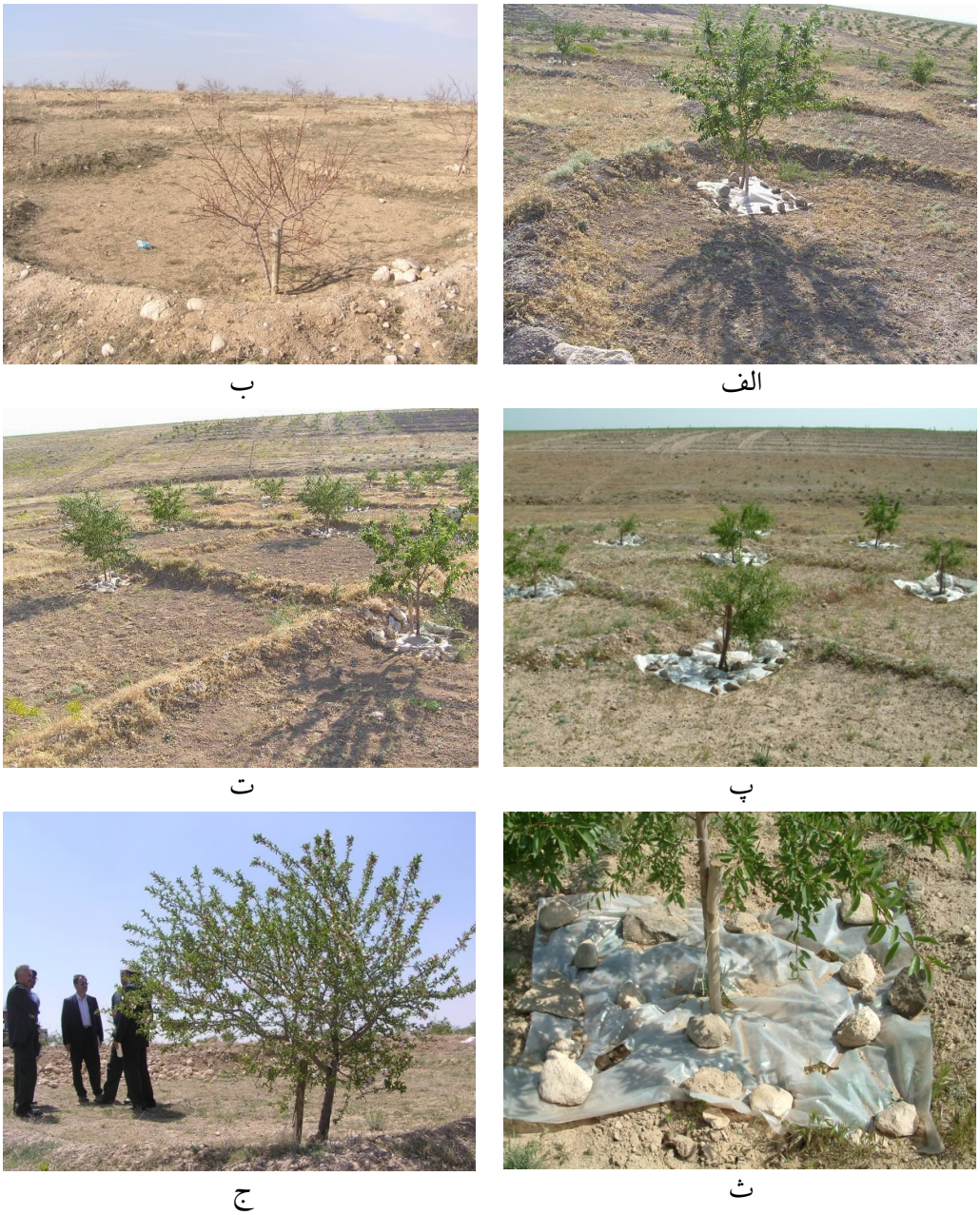
آرایش سامانه‌ها، نحوه هدایت و ذخیره رواناب، محل قرارگیری نهال و نیز مدیریت و هدایت رواناب و کنترل تبخیر در شکل ۲ نشان داده شد.

پهن و عریض بودن محل تجمع آب در آرایش نیم‌دایره‌ای و در نتیجه افزایش سطح نفوذ و سطح تبخیر، سبب می‌شود که میزان تبخیر آب در آرایش نیم‌دایره‌ای بیشتر باشد.

درصد گیرایی و زنده‌مانی نهال‌ها در این پژوهش حدود ۱۰۰ درصد بود. در حالی که در شرایط زارعین و با آبیاری متعدد (تا ۱۷ مرتبه در سال زراعی) در همان منطقه، درصد گیرایی ۴۰-۶۰ درصد اندازه‌گیری شد. در سال اول میزان رشد شاخه اصلی تا ۷۰ سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. اما میزان رشد شاخه اصلی در شرایط زارعین و با آبیاری متعدد ۲۰-۴۰ سانتی‌متر اندازه‌گیری گردید. کل شاخه‌های ایجاد شده در سال اول در تک درخت تا ۱۵/۵ متر اندازه‌گیری شد (جدول ارائه نشده است).

اثر پلیمر سوپر جاذب بر هیچ‌یک از صفات معنی‌دار نبوده است. اثر و نقش منفی کاربرد پلیمر سوپر جاذب بر صفات اندازه‌گیری شده در جدول ۴ نشان داده شده است.

کل شاخه‌های ایجاد شده، حداکثر رشد شاخه اصلی، ضخامت ساقه و تغییر آن در شرایط بدون پلیمر سوپر جاذب بیشتر از شرایط کاربرد سوپر جاذب است و کل شاخه‌های تولید شده که مبین وضعیت رشد محصول است افزایش ۱۰ درصدی را نشان می‌دهد. حجیم شدن پلیمر به خاطر قابلیت انبساطی آن فقط در محیط آزاد و در صورت مجاورت با آب امکان‌پذیر است و در محیط جامد و بسته خاک، نه تنها امکان حجیم شدن را پیدا نمی‌کند بلکه به عنوان مانعی بر سر راه نفوذ و عبور آب از میان خلل و فرج خاک عمل کرده و نقش کاهنده کاربرد پلیمر به خاطر همین مسئله است. در صورت مانع شدن برای نفوذ آب، بخشی از آب در سطح خاک باقی می‌ماند و در نتیجه تبخیر شده و از دست می‌رود. البته احتمال دارد که پلیمرها، آب ناخالص را با قدرت بیشتر از مکش ریشه نگه داشته و در اختیار گیاه قرار نداده باشند. این احتمال ضعیف است، زیرا وقتی که مقداری از پلیمر در لیوان پر آب ریخته شد، ابتدا حجیم گردید اما با قرار گرفتن در هوای آزاد و در شرایط عادی، به راحتی تبخیر و ژله پلیمر به میزان اندکی و به صورت پلیمر جامد تغییر شکل یافته، باقی ماند ضمن این که مکش ریشه نسبت به هوای آزاد بیشتر است، لذا این احتمال بعید به نظر می‌رسد. لازم به ذکر است که وجود اختلاف پتانسیل آبی بین خاک، ریشه، برگ و اتمسفر باعث می‌شود تا آب از خاک وارد ریشه و سپس از طریق برگ‌ها وارد اتمسفر شود. در حالت معمولی (نرمال) پتانسیل



شکل ۲- آرایش سامانه استحصال و جمع‌آوری آب باران و کنترل رواناب و تبخیر

الف و ب) سامانه نیم‌دایره‌ای، محل قرارگیری نهال، کنترل تبخیر و پشته کنترل رواناب؛ پ و ت) سامانه مربعی، محل قرارگیری نهال، کنترل تبخیر و پشته کنترل رواناب؛ ث) نایلون‌گذاری با هدف کنترل تبخیر و امکان نفوذ آب رواناب؛ ج) شکوفه‌دهی درختان در سال پنجم

آب در خاک ۰/۳-، در ریشه ۳-، در برگ ۱۵- و در اتمسفر ۵۰۰- بار بوده و همین امر موجب می‌شود که جریان آب از خاک به طرف ریشه برقرار گردد (۱۲).

جدول ۴- میانگین صفات اندازه‌گیری شده بادام تحت شرایط کاربرد پلیمر

وضعیت خاک پای درختان	کل شاخه‌های تولید شده تک درخت، در سال اول (سانتی‌متر)	حداکثر رشد شاخه اصلی در سال اول (سانتی‌متر)	قطر ساقه در سال دوم (میلی‌متر)	قطر ساقه در سال سوم (میلی‌متر)	تغییر قطر ساقه (درصد)
طبیعی (بدون کاربرد پلیمر)	۴۳۲	۴۵/۲	۱۴/۶	۲۰/۸	۴۸/۳
کاربرد یک کیلوگرم پلیمر سوپر جاذب	۳۹۳	۴۴/۸	۱۳/۷	۱۹/۸	۴۶/۱

گنجی‌خرم‌دل و کیخایی (۱۵) طی مطالعه‌ای به بررسی کاربرد مقادیر مختلف پلیمر فراجاذب آب PR3005A در خاک‌های مختلف و در گلدان‌های پلاستیکی با قطر دهانه ۲۴ و قطر کف ۱۸ سانتی‌متر پرداخته و نتیجه گرفتند که قیمت بالای این مواد مصرف آنها را در کشت گیاهان زراعی از نظر اقتصادی غیرقابل توجیه کرده است و در خاک لومی درصدهای مختلف کاربرد پلیمر، روی افزایش تخلخل کل خاک چندان مؤثر نبودند. در خاک شنی تخلخل مویین را افزایش داده و توانایی بیشتری در جذب و نگهداری رطوبت در این خاک داشته است. آنها همچنین نسبت تورم پلیمر در محلول‌های مختلف را مطالعه و نشان دادند که نسبت تورم پلیمر در عصاره خاک هشت تا ۱۵ درصد نسبت تورم در آب مقطر است و این نشان دهنده ناکارآمدی مواد سوپر جاذب در محیط خاک است. پورمیدانی و خلیل‌پور (۳) نشان دادند که افزودن هیدروپلاس به خاک‌های سنگین تا نسبتاً سنگین اثر زیادی بر میزان تخلخل نمونه‌های خاک نداشته لیکن کاربرد آن در خاک‌های سبک و نسبتاً سبک موجب افزایش تخلخل گردید.

اثر برهمکنش آرایش حوضه و کاربرد پلیمر بر صفات اندازه‌گیری شده نشان می‌دهد که از نظر کمی و در تمام موارد، برتری با آرایش مربعی است. در این شرایط نیز می‌توان اثر منفی کاربرد پلیمر در هر دو آرایش مربعی و نیم‌دایره‌ای را مشاهده کرد که دلایل آن اشاره گردید (جدول ۵).

در این شرایط نیز فارغ از نوع آرایش سامانه، کل شاخه‌های ایجاد شده، حداکثر رشد شاخه اصلی، ضخامت ساقه و تغییر آن در شرایط بدون پلیمر سوپر جاذب بیشتر از شرایط کاربرد سوپر جاذب است و کل شاخه‌های تولید شده که مبین وضعیت رشد محصول است افزایش ۹ تا ۱۰ درصدی را نشان می‌دهد. لذا کاربرد چنین موادی توصیه نمی‌شود، ضمن اینکه از نظر اقتصادی نیز توجیه‌پذیر نیست.

مهمترین پرسشی که پس از اثبات ناکارآمدی سوپر جاذب مطرح است، وجود یا عدم وجود مواد جایگزین است. در پاسخ به این پرسش باید گفت که به جای کاربرد مواد پلیمری، استفاده و کاربرد مواد آلی، کمپوست، کود دامی پوسیده و پوکه‌های معدنی که سبب افزایش ظرفیت انباشت رطوبتی می‌شوند، قابل

جدول ۵- میانگین صفات اندازه‌گیری شده بادام با توجه به شکل حوضه و کاربرد پلیمر

شکل حوضه و وضعیت خاک پای درختان	کل شاخه‌های تولید شده تک درخت، در سال اول (سانتی‌متر)	حداکثر رشد شاخه اصلی در سال اول (سانتی‌متر)	قطر ساقه در سال دوم (میلی‌متر)	قطر ساقه در سال سوم (میلی‌متر)	تغییرقطر ساقه (درصد)
مربعی و بدون کاربرد پلیمر	۴۸۹/۷	۴۵/۷	۱۴/۹	۲۰/۹	۴۳/۸
مربعی و با کاربرد پلیمر	۴۴۷/۲	۴۷/۸	۱۳/۹	۲۰/۸	۵۲/۵
نیم‌دایره‌ای و بدون کاربرد پلیمر	۳۷۴/۷	۴۴/۶	۱۴/۲	۲۰/۷	۵۲/۸
نیم‌دایره‌ای و با کاربرد پلیمر	۳۳۹/۷	۴۱/۹	۱۳/۵	۱۸/۷	۳۹/۷

توصیه است. از اثرات پرلیت بر خاک می‌توان به مطلوب نمودن وضع تهویه و زهکشی خاک و افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک اشاره کرده و خاطر نشان نمود از آنجا که پرلیت عایق گرما می‌باشد، نوسانات دمای خاک را نیز کاهش می‌دهد (۸، ۱۸ و ۱۹). کاربرد سوپرجاذب به میزان ۲ تا ۸ گرم در کیلوگرم خاک میزان رطوبت قابل استفاده خاک را به ترتیب یک تا ۲/۶ برابر نسبت به شاهد افزایش داد در حالی که این افزایش در مورد کود کمپوست به ترتیب یک تا ۲/۱ برابر است (۱۱).

اثر کاهنده و منفی کاربرد پلیمر در بررسی بر همکنش وضعیت سطوح رواناب و کاربرد پلیمر و نیز بر همکنش اندازه سطوح رواناب و کاربرد پلیمر قابل مشاهده است (جدول ۶ و ۷).

این اثر برای تمام اندازه‌ها و وضعیت‌های سطوح رواناب وجود دارد و این تأکیدی بر عدم لزوم کاربرد پلیمر سوپر جاذب است. در سطوح طبیعی تفاوت اثر کاربرد و عدم کاربرد پلیمر بر صفات مورد مطالعه و از جمله کل شاخه‌های ایجاد شده کمتر است اما در سطوح تمیز و صاف شده و خصوصاً در سطوح رواناب غلطک زده شده اختلاف اثر به ۲۶ درصد می‌رسد.

عدم ضرورت کاربرد سوپرجاذب در گزارش محققین زیادی دیده می‌شود، طی پژوهشی گزارش شد که اگرچه تولید در شرایط تنش آبی متوسط، متناسب با فزونی سطح آمیختگی پلیمر با خاک افزایش می‌یابد، اما در شرایط تنش آبی شدید، نه فقط تفاوت معنی‌داری رخ نمی‌دهد بلکه در تیمار بدون پلیمر مساوی یا حتی بیشتر از میانگین کلیه تیمارهاست (۲۰). به طوری که کاربرد پلیمر در شرایط بدون تنش رطوبتی، بیوماس تر، بیوماس خشک و عملکرد دانه گندم را بین ۱۳-۲۴ درصد افزایش داده اما در شرایط بروز تنش رطوبتی منجر به کاهش ۱۰-۷ درصدی این پارامترها شد (۲۰).

لازم است به تحقیقاتی که به نوعی کاربرد سوپر جاذب را تأیید می‌کنند نیز اشاره شود، در این تحقیقات اگرچه کارآیی کاربرد تأیید شده اما باید توجه داشت که با توجه به حجم موادی که بایستی بکار رود، از منظر اقتصادی غیرقابل توجیه خواهد شد. عابدی کوپاهی و سهراب

جدول ۶- میانگین صفات اندازه‌گیری شده با توجه به وضعیت سطوح جمع‌آوری رواناب و کاربرد پلیمر

وضعیت سطوح جمع‌آوری رواناب و وضعیت خاک پای درختان	کل شاخه‌های تولید شده تک درخت، در سال اول (سانتی‌متر)	حداکثر رشد شاخه اصلی در سال اول (سانتی‌متر)	قطر ساقه در سال دوم (میلی‌متر)	قطر ساقه در سال سوم (میلی‌متر)	تغییرقطر ساقه (درصد)
سطح رواناب طبیعی و بدون کاربرد پلیمر	۳۲۶/۹	۴۱/۱	۱۴/۳	۱۹/۵	۳۹/۶
سطح رواناب طبیعی و با کاربرد پلیمر	۳۲۷/۷	۴۶/۲	۱۳/۳	۲۰/۲	۵۴/۴
سطح رواناب تمیز و صاف و بدون کاربرد پلیمر	۴۳۳/۹	۴۵/۶	۱۴/۵	۲۱/۳	۵۴/۳
سطح رواناب تمیز و صاف و با کاربرد پلیمر	۴۲۸/۷	۴۲/۹	۱۴/۱	۱۹/۶	۴۱/۱
سطح رواناب غلطک زده و بدون کاربرد پلیمر	۵۳۵/۹	۴۸/۹	۱۴/۹	۲۱/۷	۵۱/۰
سطح رواناب غلطک زده و با کاربرد پلیمر	۴۲۴/۰	۴۵/۵	۱۳/۸	۱۹/۶	۴۲/۷

جدول ۷- میانگین صفات اندازه‌گیری شده بادام با توجه به ابعاد حوضه جمع‌آوری رواناب و کاربرد پلیمر

ابعاد حوضه جمع‌آوری رواناب و وضعیت خاک پای درختان	کل شاخه‌های تولید شده تک درخت، در سال اول (سانتی‌متر)	حداکثر رشد شاخه اصلی در سال اول (سانتی‌متر)	قطر ساقه در سال دوم (میلی‌متر)	قطر ساقه در سال سوم (میلی‌متر)	تغییرقطر ساقه (درصد)
سطح ۲۵ متر مربعی و بدون کاربرد پلیمر	۳۲۸/۹	۴۵/۹	۱۴/۲	۱۹/۵	۴۱/۵
سطح ۲۵ متر مربعی و با کاربرد پلیمر	۲۸۷/۹	۴۰/۱	۱۳/۲	۱۸/۵	۴۰/۱
سطح ۴۹ متر مربعی و بدون کاربرد پلیمر	۴۴۹/۷	۴۶/۱	۱۴/۹	۲۰/۸	۴۲/۷
سطح ۴۹ متر مربعی و با کاربرد پلیمر	۳۹۹/۸	۴۳/۶	۱۳/۲	۱۹/۹	۵۴/۳
سطح ۸۱ متر مربعی و بدون کاربرد پلیمر	۵۱۸/۲	۴۳/۵	۱۴/۵	۲۲/۲	۶۰/۸
سطح ۸۱ متر مربعی و با کاربرد پلیمر	۴۹۲/۷	۵۰/۹	۱۴/۸	۲۱/۰	۴۳/۸

(۱۰) با بررسی مقادیر مختلف دو نوع سوپرجاذب (PR3005A و SuperAB-A100) در یک مطالعه گلدانی در استوانه‌هایی به قطر ۶/۵ و ارتفاع ۳ سانتی‌متر و ۱۰۰ گرم خاک از سه بافت شنی، لومی و رسی، نشان دادند که کاربرد پلیمر PR3005A در سطوح شش و هشت گرم در هر کیلوگرم خاک مقدار رطوبت قابل استفاده را به ترتیب ۱ و ۲/۶ برابر افزایش داده است. البته باید توجه داشت که برای چاله‌ای به شعاع نیم متر و عمق چاله نیم متر، با وزن ظاهری ۱۴۵۰ کیلوگرم بر متر مکعب، مقدار سوپر جاذب مورد نیاز برای هر درخت برای این تیمارها به ترتیب به ۳/۴۲ و ۴/۵۶ کیلوگرم خواهد بود که با توجه به قیمت این مواد، توجیه‌پذیر نخواهد شد. گنجی‌خرم‌دل (۱۴) نیز که اثر پلیمر PR3005A را روی دو نوع بافت خاک لوم و لوم شنی بررسی کرده، نتیجه گرفت که با ۰/۳ درصد وزنی پلیمر، درصد وزنی رطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی در خاک لومی و لوم شنی به ترتیب فقط ۴/۶ و ۷/۲۴ درصد افزایش یافته است. همچنین پورمیدانی و خاکدامن (۲) طی پژوهشی یک ساله به مطالعه تأثیر مقادیر مختلف کاربرد پلیمر آکوازورب شامل صفر، دو و چهار درصد وزنی

خاک اطراف نهال‌ها تا عمق ۵۰ سانتی‌متری و شعاع ۰/۵ متر بر آبیاری کاج، زیتون و آتریپلکس پرداختند و سطح کاربرد دو درصد را در صرفه‌جویی آب به عنوان تیمار برتر برگزیدند. اگر با توجه به ابعاد ذکر شده و بافت خاک، میزان وزنی مواد سوپرجاذب مورد نیاز محاسبه شود، برای دو و چهار درصد وزنی، به ترتیب نیاز به ۱۱/۴ و ۲۲/۸ کیلوگرم سوپرجاذب برای هر درخت خواهد بود که بدیهی است فاقد توجیه اقتصادی خواهد بود. منتظر (۱۶) طی پژوهشی روی پلیمر سوپر جاذب استاکوزورب نشان داد که با افزایش مقدار پلیمر ترکیبی به خاک، زمان پیشروی و نفوذ تجمعی افزایش یافت. مقدار نفوذ تجمعی در تیماری که دارای ۹ گرم در متر مربع در عمق ۲۵ سانتی‌متر خاک پلیمر بود، نسبت به تیمار شاهد آن حدود ۶۷ درصد افزایش نشان داد. مقدار نه گرم سوپر جاذب استاکوزورب در متر مربع برابر با ۹۰ کیلوگرم در هکتار سوپر جاذب استاکوزورب به ارزش تقریبی ۱۲/۱۵ میلیون ریال است در صورتی که برای افزایش مقدار نفوذ تجمعی، می‌توان از عملیات و مدیریت‌های زراعی ساده و ارزان استفاده کرد (۱۶).

حقایقی‌مقدم (۶) با بررسی انواع مواد بهبود دهنده ظرفیت آب خاک، نشان داد که برای رسیدن به نتیجه مطلوب به ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار پلیمر سوپر جاذب نیاز است، با قیمت هر کیلوگرم ۳۵۰۰۰ تا ۱۴۰۰۰۰ ریال و اقتصادی نبودن استفاده از این مواد در حال حاضر، هر گونه امکان کاربرد این مواد در سطوح وسیع زراعی و باغی را با اشکال مواجه می‌نماید. همچنین کوچک‌زاده و همکاران (۱۳) مصرف پلیمرهای فراجاذب را به دلیل قیمت بالای این مواد در کشت گیاهان زراعی غیرقابل توجیه می‌دانند.

در خصوص تفاوت‌های آرایش حوضه‌ها هم بایستی اضافه کرد که حوضه‌های نیم‌دایره‌ای کشیده‌تر از مربعی هستند و مدت زمانی که طول می‌کشد یک قطره رواناب از آخرین (دورترین) نقطه به پای درخت برسد طولانی‌تر از آرایش مربعی است، یعنی زمان تمرکز در آرایش نیم‌دایره‌ای بیش از مربعی است. ضمن اینکه در نیم‌دایره‌ای سطحی که رواناب جمع می‌شود، به خاطر نیم‌دایره‌ای و باز بودن، بزرگ‌تر است در حالی که در آرایش مربعی و جمع شدن آب در گوشه رأس منتهی‌الیه شیب، سطحی که رواناب جمع و متمرکز می‌شود، کوچک است و همه رواناب در سطح نفوذ پای درخت جمع شده و نفوذ می‌کند و ذخیره می‌شود. به همین منوال میزان تبخیر آب در نیم‌دایره‌ای بیش از مربعی خواهد بود. برای سطوح رواناب ۲۵، ۴۹ و ۸۱ متر مربع برای هر درخت، تعداد نهال در هکتار برای هر یک از این الگوها از تقسیم ۱۰۰۰۰ بر سطح موردنظر یعنی به ترتیب ۴۰۰، ۲۰۴ و ۱۲۳ نهال خواهد بود. ضمن اینکه سطوح بزرگ توان کنترل، هدایت و حفظ رواناب‌های ناشی از بارش‌های بزرگ را ندارند.

میزان عملکرد تک درخت در سطح رواناب ۸۱ متر مربع، غلتک‌زده شده و بدون استفاده از پلیمر حدود چهار کیلوگرم برآورد شد که با توجه به تراکم ۱۲۳ درخت در هکتار، عملکرد محصول تحت این شرایط ۴۹۲ کیلوگرم در هکتار خواهد بود. اما در تیمار سطح رواناب ۴۹ متر مربعی، غلتک‌زده شده و بدون استفاده از پلیمر، میزان عملکرد تک درخت حدود سه کیلوگرم برآورد شد که با تراکم ۲۰۴ نهال در هکتار، عملکرد محصول تحت این شرایط ۶۱۲ کیلوگرم در هکتار است. سطح رواناب ۲۵ متر مربع به دلیل داشتن ریسک بالا قابل توصیه نیست.

توصیه ترویجی

تیمار برتر و قابل توصیه شامل آرایش نیم‌دایره‌ای یا مربعی با مساحت ۴۹ متر مربع + سطوح رواناب تمیز و غلطک زده شده و بدون استفاده از پلیمر است. پلیمرها نه فقط باعث بهبود شرایط رشدی نمی‌شوند و فاقد توجیه اقتصادی هستند بلکه ممکن است شرایط رشد و نمو محصول را تحت تأثیر قرار داده و مشکلاتی را موجب شوند. مسئله کنترل تبخیر بسیار مورد تأکید است و عملیات زراعی شامل هرس، بیل‌کاری پای درختان، تسهیل نفوذ آب در پای درختان، کنترل علف‌های هرز در سطوح رواناب و پای درختان و کنترل کرم سفید ریشه بایستی انجام گیرد. در شرایط باغداران 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.

سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از نتایج طرح تحقیقاتی شماره ۷۹۲۰۲-۲۱-۱۰۱ است که با اعتبارات و امکانات مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم اجرا گردید، بدین وسیله تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

۱- **بانج‌شفیعی ش، رهبر ا، خاکساریان ف (۱۳۸۵)** اثر نوعی پلیمر آبدوست بر ویژگی‌های رطوبتی خاک‌های شنی. مرتع و بیابان ایران ۱۳(۲): ۱۴۴-۱۳۹

۲- **پورمیدانی ع، خاکدامن ح (۱۳۸۴)** بررسی تاثیر کاربرد پلیمر آکوازورب بر آبیاری نهال‌های کاج (*Pinus eldarica*)، زیتون (*Olea europea*) و آتریپلکس (*Atriplex canescens*). تحقیقات جنگل و صنوبر ایران. ۱۳ (۱) (پیاپی ۱۹): ۹۲-۷۹

۳- **پورمیدانی ع، خلیل‌پور ا (۱۳۸۶)** بررسی تأثیر کاربرد پلیمر BT53 بر کنترل فرسایش و حفاظت خاک. دهمین کنگره علوم خاک ایران. ۲ صفحه

۴- **توکلی ع ر (۱۳۸۶)** گزارش نهایی پروژه بررسی عکس‌العمل درختان بادام دیم نسبت به شیوه‌های مختلف جمع‌آوری و استحصال آب باران در حوضه‌های کوچک (MCWH) در منطقه آذربایجان‌شرقی. شماره ۸۶/۱۴۲۳. ۷۴ صفحه

۵- **توکلی ع ر (۱۳۹۲)** تعیین مشخصه‌های فنی سامانه‌های استحصال و جمع‌آوری آب باران برای بادام دیم. نشریه تحقیقات مهندسی کشاورزی ۱۴(۲): ۱۶-۱

۶- **حقایقی‌مقدم س ا (۱۳۸۴)** روش‌های افزایش ذخیره رطوبتی خاک با استفاده از ابرجاذب ها به منظور افزایش بهره‌وری آب کشاورزی. کارگاه فنی آبیاری سطحی مکانیزه، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران ۱۳ آذر ۸۴. ۴۸-۳۳

۷- **رحیمیان م ح، حسینی‌راد ع (۱۳۸۶)** اثرات کاربرد دو نوع پلیمر سوپر جاذب رطوبت در خاک بر مصرف آب آبیاری و عملکرد گوجه‌فرنگی. نهمین سمینار سراسری آبیاری وکاهش تبخیر، کرمان. ۶ صفحه

۸- **روفه‌گری‌نژاد ک، عاصمی ا (۱۳۶۱)** پرلیت و تولید آن در جهان. انستیتو پرلیت آذربایجان شرقی. نشریه شماره ۱

۹- **شریعتی م ر (۱۳۶۶)** اثر پرلیت درحفظ رطوبت خاک. پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته خاکشناسی. دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران

۱۰- **عابدی‌کوپاهی ج، سهراب ف (۱۳۸۳)** ارزیابی اثر کاربرد پلیمرهای ابرجاذب بر ظرفیت نگهداشت و پتانسیل آب بر سه نوع بافت خاک. مجله علوم و تکنولوژی پلیمر ۱۷(۳): ۱۷۳-۱۶۳

۱۱- **عابدی‌کوهپایی ج، سهراب ف (۱۳۸۵)** بررسی تغییرات آب قابل استفاده خاک‌های مختلف در اثر افزودن هیدروژل و کمپوست. اولین همایش ملی مدیریت شبکه های آبیاری و زهکشی، دانشکاه شهید چمران اهواز، ۹ صفحه

۱۲- **علیزاده ا (۱۳۷۸)** رابطه آب و خاک و گیاه. انتشارات دانشگاه امام رضا (ع). ۳۵۳ صفحه

۱۳- **کوچک‌زاده م، صباغ‌فرشی ع ا، گنجی‌خرم‌دل ن (۱۳۷۹)** تاثیر پلیمر فرا جاذب آب بر روی برخی خصوصیات فیزیکی خاک. علوم خاک و آب ۱۴(۲): ۱۸۶-۱۷۶

۱۴- **گنجی‌خرم‌دل ن (۱۳۷۸)** تأثیر پلیمر جاذب رطوبت PR3005A بر روی برخی خصوصیات فیزیکی خاک. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی. دانشگاه تربیت مدرس، ۱۶۵ صفحه

۱۵- **گنجی‌خرم‌دل ن، کیخایی ف (۱۳۸۳)** استفاده از پلیمر فرا جاذب آب PR 3005 A جهت موفقیت برنامه های آبیاری در مناطق خشک و نیمه خشک. اولین همایش روشهای پیشگیری از اتلاف منابع ملی، ۱۳ صفحه

۱۶- **منتظر ع ا (۱۳۸۷)** بررسی تأثیر پلیمر سوپرجاذب استاکوسورب بر زمان پیشروی و پارامترهای نفوذ خاک در روش آبیاری جویچه‌ای. آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی) ۲۲ (۲): ۳۵۷-۳۴۱

۱۷- **یزدانی ف، الهدادی ا، اکبری غ، بهبهانی م ر (۱۳۸۶)** تأثیر مقادیر پلیمر سوپر جاذب (Taravat A200) و سطوح تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد سویا (*Glycine max* L.). پژوهش و سازندگی، زراعت و باغبانی ۵۷: ۷۴-۱۶۷

18. **Cook CD (1978)** Perlite: what it is and it can do for you, Nurser Seryman & Garden Center, U.K. 120 pp
19. **Cook CD, Dunsby BL (1978)** Perlite for propagation. Proceedings In. Plant Prop. Soc. 28: 224-228
20. **Geesing D, Schmidhalter U (2004)** Influence of sodium polyacrylate on the water-holding capacity of three different soils and effects on growth of wheat. Soil Use Manag. 20: 207-209
21. **Hafeez M, Rafique M (1995)** Use of polymers for dry afforestation in Cholistan. Pak. J. Fores. 45(1): 25-28
22. **Oweis T, Hachum A, Kijne J (1999)** Water harvesting and supplemental irrigation for improved water use efficiency in dry areas. Int. Water Manag. Ins. Colombo, Sri Lanka, SWIM 38pp.
23. **Shi Y, Li J, Shao J, Deng S, Wanga R, Li N, Sun J, Zhang H, Zhu H, Zhang Y, Zheng X, Zhou D, Hüttermann A, Chen S (2010)** Effects of stockosorb and luquasorb polymers on salt and drought tolerance of populus popularis. Sci. Hort. 124: 268-273
24. **Tavakoli AR, Oweis T (2005)** Improving rain water productivity by micro catchments water harvesting (MCWH) systems in the northwest of Iran. IV In. Symposium on Pistachios and Almonds, May 2005, Tehran, Iran. 6 pp