

## مقایسه آبیاری سطحی و زیرسطحی با استفاده از آب نامتعارف بر روند شوری خاک و رشد درختان پسته در یک دهه



مهرنوش اسکندری تربقان<sup>۱\*</sup> و عبدالحمید شرافتی<sup>۲</sup>

۱- محقق بخش خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی.

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.

۲- مربی پژوهش بخش علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان

رضوی. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

\*Email: mehrnoosh.eskandary@gmail.com

### چکیده

بخش زیادی از باغات پسته ایران به روش سطحی با راندمان مصرف آب نزدیک به ۳۵٪ آبیاری می‌شوند. آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با آب بسیار شور- سدیمی در ایستگاه تحقیقات پسته فیض آباد، در ۱۵° ۵۴' ۳۴" شمالی، ۳۷° ۴۵' ۵۸" شرقی، در سال ۱۳۹۱ اجرا شد. میزان مصرف آب در قطره‌ای زیرسطحی در سال ۱۳۹۱، ۱۶۰۰ مترمکعب و با افزایش سن درختان در سال ۱۴۰۱ به ۳۰۰۰ مترمکعب در هکتار رسید. این مقدار برای آبیاری سطحی در سال ۱۴۰۱، حدود ۶۹۱۲ مترمکعب بود. پراکنندگی شوری خاک در سال ۱۴۰۱ نسبت به سال ۱۳۹۷ تغییر کرد. در لایه سطحی شوری از ۱۱۰ به ۶۵ دسی‌زیمنس بر متر کاهش و در لایه توسعه ریشه (۶۰ تا ۱۴۰ سانتی‌متری) تقریباً به دو برابر افزایش یافت. ارتفاع، عرض، محیط تنه درخت و عملکرد، در دو روش آبیاری اختلاف معنی‌داری بایکدیگر نداشتند. اما در رشد سالانه، تعداد جوانه گل در شاخه و میانگین تعداد جوانه گل ریزش‌کرده بین در دو سال آخر، در هر دو روش آبیاری، اختلاف وجود داشت. رشد رویشی شاخه در سال ۱۴۰۱ تقریباً ۵۰ درصد نسبت به سال ۱۴۰۰ کاهش یافت. کمترین رشد سالانه در روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و در سال ۱۴۰۱ بدست آمد. روند تولید از زمان شروع باردهی (سال ۱۳۹۸) تا ۱۴۰۱ در روش زیرسطحی افزایشی بود؛ لیکن در روش سطحی و در سال آخر نسبت به سال قبل کاهش یافت. در مجموع کارایی مصرف آب در روش زیرسطحی برابر ۰/۱۴ و در روش سطحی ۰/۰۷ کیلوگرم در مترمکعب بود. پیشنهاد می‌شود به منظور جلوگیری از کاهش رشد درختان در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، آبشویی بعد از ۱۰ سال اجرا شود؛ همچنین شخم عمیق با زیرشکن به منظور بهبود شرایط تهویه خاک ضرورت دارد و نیز با افزودن مواد آلی به ناحیه توسعه ریشه شرایط تغذیه‌ی بهبود می‌یابد. با توجه به بالا بودن کارایی مصرف آب و پایین بودن هزینه‌های تولید، روش زیرسطحی بر سطحی برتری نشان داد؛ لیکن باید عنوان نمود که در آب‌هایی با شوری بالا روش زیرسطحی نیاز به دقت و مدیریت ویژه می‌طلبد.

واژه های کلیدی: پسته، توسعه ریشه، رشد درختان، شوری و قلیائیت، کارایی مصرف آب

## بیان مسئله

رشد جمعیت، نیاز به تولید غذا و درآمد اقتصادی را در کل دنیا افزایش داده است. از طرف دیگر مقدار آب‌های با کیفیت مناسب برای بهره‌برداری و تولید اقتصادی محصولات کشاورزی در سراسر جهان و بخصوص ایران بسیار محدود شده است (۳). برای جبران کسری آب مورد نیاز در بخش کشاورزی و تولید غذا، به‌ناچار در بسیاری از مناطق، از آب‌های شور تا خیلی شور استفاده می‌شود. استفاده از این آب‌ها می‌تواند موجب تخریب ساختمان خاک، کاهش نفوذ آب در خاک و محدودیت گسترش ریشه به لایه‌های عمیق خاک شده و با افزایش سمیت عناصر سدیم و کلر، ضمن کاهش جذب عناصر غذایی ضروری برای رشد گیاه و محدود نمودن جذب آب، رشد رویشی و عملکرد پسته را به شدت کاهش دهد (۱ و ۴). در حال حاضر بخش‌های وسیعی از باغات پسته ایران به روش سطحی و با آب‌های شور تا خیلی شور (شکل ۱) آبیاری می‌شوند (۵). به دلیل شرایط اقلیمی خاص در منطقه و و بالا بودن قدرت تبخیر در آبیاری سطحی، درصد زیادی از آب داده شده به درختان از دست می‌رود. به همین دلیل استفاده از سیستم‌های آبیاری زیرسطحی برای رفع این مشکل مطرح می‌باشد (۲).

مهمترین پارامتر تعیین کننده کیفیت آب، میزان املاح آن بر حسب دسی‌زیمنس بر متر است. منابع آبی زیادی در ایران وجود دارند که درجه شوری آنها حتی از ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر هم بیشتر است، ولی همچنان برای آبیاری باغات پسته مورد استفاده قرار می‌گیرند. آب مورد استفاده در این بررسی، حدود ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر بود که بسیار بیشتر از طبقه‌بندی متداول برای کیفیت آب در کشاورزی است.



شکل ۱- تجمع نمک در سطح خاک باغات پسته در منطقه جنوب بردسکن، خراسان رضوی، ایران (۱۳۹۰)



شکل ۲- روش جوی-پشته، درختان روی پشته قرار گرفته و بین ردیف‌ها با آب با شوری کم آبیاری می‌شود. منطقه فیض آباد،

خراسان رضوی، ایران (۱۳۹۱)



شکل ۳- در این روش جوی-پشته، درختان داخل آب قرار می‌گیرند. منطقه فیض‌آباد، خراسان رضوی، ایران (۱۳۸۹)

براساس مطالعه انجام شده در منطقه فیض‌آباد خراسان رضوی، نیاز خالص آبیاری باغات پسته (مترمکعب درهکتار) برای روش سنتی (جوی-پشته)، ۶۵۷۰ متر مکعب و برای روش قطره‌ای سطحی، ۴۵۰۰ متر مکعب محاسبه شده بود. این در حالی است که باغداران در روش سنتی ۵۶۷۱، در روش قطره‌ای سطحی ۴۲۳۰ و در روش بابلر ۶۱۰۰ متر مکعب آب در هکتار مصرف کرده‌اند (۵). در مطالعه انجام شده (۲) سه تیمار آبیاری ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی درختان پسته با دو روش آبیاری قطره‌ای سطحی و قطره‌ای زیرسطحی، بر روی درختان ۳۰ ساله پسته رقم اوحدی، اجرا شد. نتایج نشان داد که در روش آبیاری قطره‌ای زیر سطحی با مصرف ۴۳۹۸ متر مکعب آب در هکتار (۶۰ درصد نیاز آبی)، با شوری ۴/۷ دسی زیمنس بر متر، کارایی مصرف آب ۰/۲۹ کیلوگرم محصول خشک در هر مترمکعب آب، بدست آمد؛ و با ۲۵ درصد صرفه‌جویی در مصرف آب نسبت به روش آبیاری قطره‌ای سطحی، بهتر از سایر تیمارها بود (۲).

هدف از این پژوهش بررسی امکان استفاده از آب‌های غیرمتعارف از طریق سیستم آبیاری قطره‌ای زیر سطحی برای باغات پسته بود؛ تا در یک دوره طولانی، میزان مصرف آب، رشد رویشی و عملکرد درختان پسته ارزیابی شود و با شناخت مشکلات فنی و اجرایی و ارائه راهکارهای مناسب، بتوان در سطح وسیع در باغات پسته مورد بهره‌برداری قرار داد.

## معرفی دستاورد

### - آماده سازی زمین و کاشت دانهالها:

برای آماده سازی زمین، ابتدا زمین تسطیح شد و سپس نقشه اجرایی کشت که در آن فاصله بین ردیف‌ها ۶ متر و روی ردیف‌ها (فاصله درختان از همدیگر) ۳ متر در نظر گرفته شد، اجرا گردید. برای کاشت دانهال‌ها چاله‌هایی به عمق ۸۰ و عرض ۵۰ سانتی متر حفر گردید. سپس حدود نیمی از خاک چاله با مخلوطی از ماسه بادی، داخل چاله ریخته شد. سپس یک نوبت آبیاری انجام شد و پس از آماده شدن خاک، دانهال‌های دوساله از رقم بادامی زرنند (پایه) که در پاکت‌های پلاستیکی به طول ۴۰ و عرض ۷ سانتی‌متر کاشته شده بودند در اواسط اسفند ۱۳۹۱ به زمین اصلی منتقل شدند و بلافاصله پس از کاشت، آبیاری انجام شد. در سال اول کاشت (۱۳۹۱) کل باغ به روش سنتی (جوی-پشته) آبیاری شد. از سال دوم در باغ، آبیاری قطره‌ای زیر سطحی اجرا شد.

- **مشخصات فنی پروژه:** پروژه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در ایستگاه تحقیقات پسته فیض آباد که در  $34^{\circ} 54' 15''$  عرض شمالی،  $58^{\circ} 45' 37''$  طول شرقی، واقع در شمال شرق ایران، در ارتفاع ۸۵۰ متری بالاتر از سطح دریا واقع شده، اجرا گردید. این روش آبیاری برای اولین بار با آب با شوری ۱۱/۵ دسی‌زیمنس بر متر بر روی دانه‌های یک ساله پسته، که به فاصله  $6 \times 3$  متر) کاشت شده بودند، در سال ۱۳۹۱ اجرا شد. لوله‌های آبد به قطر ۱۶ میلی‌متر، با قطره چکان‌های داخل خط و خود شوینده، در عمق ۷۰ سانتی‌متری خاک و در فاصله ۱۲۰ سانتی‌متری در دو طرف دانه‌ها کار گذاشته شدند (شکل ۴). قطره چکان‌ها به فاصله یک متر از همدیگر قرار داشتند؛ و دبی آنها بسته به میزان فشار (۱ تا ۲ اتمسفر)، بین ۵-۴ لیتر در ساعت متغیر بود.

#### - برنامه آبیاری و مقدار آب مصرف شده:

در طول فصل رشد که از اواسط اسفند شروع و تا اواسط مهر ادامه داشت؛ به‌طور متوسط ۷ نوبت آبیاری انجام می‌شد. در دو سال اول اجرای این روش، در هر مدار آبیاری به‌طور متوسط حدود ۳۶۰ لیتر آب برای هر درخت مصرف می‌گردید. با احتساب ۵۵۵ درخت در هکتار، در هر مدار حدود ۱۹۹ متر مکعب در هکتار و در طول فصل رشد نزدیک به ۱۴۰۰ متر مکعب آب در هکتار استفاده می‌شد. با یک نوبت آبیاری که در فصل رکود (اوایل آذر- اواخر بهمن) درختان انجام می‌گردید، میزان مصرف آب به حدود ۱۶۰۰ متر مکعب در هکتار در سال می‌رسید (شکل ۵). این عدد در سال هشتم (۱۳۹۹) نزدیک به ۲۴۰۰ متر مکعب در هکتار و در سال ۱۴۰۱ حجم آب مصرفی در هکتار به حدود ۳۰۰۰ متر مکعب در هکتار رسید. براساس محاسبات انجام شده در آبیاری سطحی، در هر هکتار ۶۹۱۲ متر مکعب در هکتار آب مصرف شده بود.



شکل ۴- لوله‌های آبد به قطر ۱۶ میلی‌متر در عمق ۷۰ سانتی‌متری، ایستگاه تحقیقات پسته فیض آباد (۱۳۹۷)



شکل ۵- ظاهر شدن رطوبت در سطح خاک در مسیر لوله‌های آبد، پس از آبیاری سنگین ایستگاه تحقیقات پسته فیض آباد در زمستان (۱۳۹۷)

- روند تغییرات شوری آب: از زمان اجرای آبیاری قطره‌ای زیر سطحی در سال ۱۳۹۱ تا سال ۱۴۰۱، شوری آب آبیاری به تدریج افزایش یافت (جدول ۱).

جدول ۱- روند تغییرات شوری و سایر خصوصیات آب مورد استفاده در آبیاری قطره‌ای زیر سطحی (۱۳۹۱-۱۴۰۱)

Year	EC (dS/m)	pH	Meq/lit						SAR
			(CO <sub>3</sub> ) <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	
2013	11.5	7.4	0	1.9	85.5	24.7	13.9	68.2	15.5
2015	11.7	7.6	0	3	85	24	15.2	80.7	18.2
2017	12.2	7.3	0	3.2	91.5	25.6	14.4	78.6	17.6
2019	14.2	7.5	0	1.8	135.5	36	20	85.1	16.1
2021	16.25	7.3	0	3.1	135	36	20.3	93.9	17.7

- خصوصیات شیمیایی خاک قبل از اجرای آبیاری قطره‌ای زیر سطحی (۱۳۹۱):

قبل از اجرای روش آبیاری قطره‌ای زیر سطحی، نمونه برداری از دو لایه سطحی (۵۰-۰ سانتی متری) و زیر سطحی خاک (۱۰۰-۵۰ سانتی متری) با توجه به عمق ریشه پسته انجام شد؛ که نتایج آنالیز آن در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲- برخی از خصوصیات شیمیایی خاک قبل از اجرای آبیاری قطره‌ای زیر سطحی (۱۳۹۱)

Dept Cm	PH	Ec ds/m	T.N.V %	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SAR
				meq L <sup>-1</sup>				
0-50	7.3	47.5	17.1	116	60	271.4	255	28.9
50-100	8	3.35	18.1	3.6	6.1	26.7	34	16.5

- مدیریت لایه سطحی خاک:

حرکت ادوات کشاورزی و انسان در سطح موجب می‌گردد که لایه سطحی خاک فشرده شود. بنابراین این احتمال وجود داشت که بتدریج از نفوذ هوا به داخل خاک به مقدار زیادی کاسته شود. برای حل این مشکل دو راه حل پیشنهاد و اجرایی شد: اول اینکه در پایان فصل رشد (اوایل آبان) و قبل از شروع بارندگی‌های پاییز و زمستان، با استفاده از ادوات کشاورزی، لایه سطحی خاک که مطابق نتایج جدول ۲ حاوی مقدار زیادی املاح بود، جمع‌آوری می‌گردید و به بیرون از باغ منتقل می‌شد؛ تا بدین طریق ضمن کاهش نمک در لایه سطحی خاک، از ورود آنها به لایه‌های پایین خاک و ناحیه توسعه ریشه، در اثر بارندگی‌های شدید جلوگیری شود. دوم اینکه هر سال در فصل زمستان و قبل از وقوع بارندگی، با استفاده از زیرشکن و یا کولتیواتور تا عمق

حدود ۵۰ سانتیمتری شخم انجام می‌شد تا از تراکم خاک کاسته شده و به نفوذ هوا به لایه‌های پایین خاک کمک نماید (شکل ۶).



شکل ۶: شخم سطحی خاک با استفاده از کولتیواتور، ایستگاه تحقیقات پسته فیض‌آباد (۱۳۹۴)

#### - تغذیه درختان در روش آبیاری قطره‌ای زیر سطحی:

تغذیه و تأمین عناصر غذایی مورد نیاز به دو شکل انجام می‌شود: ۱) کود- آبیاری: در این روش از انواع کودهای شیمیایی (به صورت مایع یا جامد) که قابلیت حل شدن در آب را خوبی داشتند، استفاده می‌گردید. برای تأمین عناصر پر مصرف از ترکیبات کودی زیر استفاده شد:

**نیترژن:** برای تأمین ازت مورد نیاز از دو منبع اوره و سولفات آمونیم استفاده می‌گردید.

**فسفر:** منبع اصلی تأمین کننده فسفر، مونوپتاسیم فسفات و ترکیب مایع با نام تجاری لیکوفوس بود.

**پتاسیم:** منبع اصلی تأمین کننده پتاس، سولفات پتاسیم با نام تجاری سولوپتاس بود.

۲) تغذیه برگ: بیشتر برای تأمین عناصر غذایی ریزمغذی و محرک‌های رشد، تغذیه برگ در اولویت برنامه کاری قرار داشت. در اواخر اسفند، همزمان با تورم جوانه‌های گل، یک نوبت محلول‌پاشی (فروت ست) انجام می‌شد. پس از تشکیل میوه در حدود ۲۰ اردیبهشت، ۵ خرداد، ۲۵ خرداد و ۱۰ مهر ۱۴۰۱ تغذیه برگ انجام می‌گردید.

- **مقدار بارندگی (۱۳۹۱-۱۴۰۱):** یکی از پارامترهای مهم اقلیمی که تأثیر مستقیم بر رشد درختان پسته دارد، میزان بارندگی است که در جدول ۳ نشان داده شده است (جدول ۳).

جدول ۳- مقدار بارندگی در ایستگاه هواشناسی فیض‌آباد ۱۳۹۱ تا ۱۴۰۱

سال	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹۴	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱۴۰۰	۱۴۰۱
مقدار بارندگی (mm)	۱۸۸/۵	۱۳۳/۵	۸۳	۱۰۴/۶	۹۱/۲	۱۰۰/۴	۶۷/۳	۲۱۴/۱	۲۴۴/۶	۱۲۲	۵۷

#### - پراکنش شوری در لایه‌های مختلف خاک:

یکی از موضوعات مهم در آبیاری قطره‌ای زیر سطحی با آب بسیار شور، تجمع نمک در طبقات مختلف خاک است. به‌منظور بررسی روند تغییرات خصوصیات شیمیایی خاک و پراکنش شوری، ابتدا نتایج آنالیز خاک قبل از اجرای پروژه آبیاری زیر سطحی (۱۳۹۱) در نظر گرفته شد (جدول ۲). این خاک بکر بود و قبل از اجرای این پروژه زیر کشت هیچ محصولی نبود. درجه

شوری در لایه سطحی خاک بسیار زیاد و در عمق ۵۰ تا ۱۰۰ سانتی متری بسیار کم بود. بر عکس، pH در لایه عمقی بیشتر از لایه سطحی بود. پس از گذشت ۶ سال از اجرای این پروژه (۱۳۹۷) به منظور بررسی تغییرات شیمیایی خاک، ۳ پروفیل به عمق ۲ متر در فاصله ۱/۵ متری از درخت و در مجاورت لوله‌های آبدۀ ایجاد گردید، و از لایه‌های سطحی (۰-۳۰ سانتی متری)، نیمه عمیق (۳۰-۶۰ سانتی متری) و عمیق خاک (۱۴۰-۶۰ سانتی متری) نمونه برداری انجام شد؛ که نتایج آن در جدول ۴ آورده شده است. پس از گذشت ۱۰ سال از اجرای پروژه (۱۴۰۱) نیز نمونه برداری از سه لایه فوق انجام شد، که نتایج آن در جدول ۵ نشان داده شده است.

پس از گذشت ۶ سال از شروع پروژه، تجمع شوری و عناصر سمی خاک شامل سدیم و کلر در لایه سطحی خاک بسیار زیاد افزایش یافته بود. به طوری که شوری در لایه سطحی خاک (۰-۳۰ سانتی متری) به ۱۱۰ دسی‌زیمنس بر متر و مقدار عناصر شوری شامل سدیم و کلر به ترتیب به ۶۶۱/۴ و ۷۷۵ میلی‌اکی والانت در لیتر رسیده بود. در دو لایه پایین‌تر ۳۰-۶۰ و ۶۰-۱۴۰ سانتی متری درجه شوری و مقدار عناصر سمی بسیار کم شده بود (جدول ۴)؛ و ریشه برای جذب آب و عناصر غذایی محدودیتی نداشت. اما آنالیز خاک پس از گذشت ۱۰ سال از اجرای این روش آبیاری (جدول ۵) نشان داد که خصوصیات شیمیایی خاک دستخوش تغییرات زیادی شده بود. به طوری که شوری در سطح خاک کاهش و در عمق‌های ۳۰-۶۰ و ۶۰-۱۴۰ سانتی متری (ناحیه توسعه ریشه)، نزدیک به ۲ برابر افزایش یافته بود.

جدول ۴: برخی از خصوصیات شیمیایی خاک ۶ سال پس از اجرای آبیاری قطره‌ای زیر سطحی (۱۳۹۷)

Dept Cm	pH	EC dS/m	T.N.V %	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup> meq l <sup>-1</sup>	Cl <sup>-</sup>	So <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	SAR
0-30	7.1	110	15.3	180	135	661.4	775	280	52.7
30-60	7.8	12.33	14.3	20	20	79.6	90	20	17.8
60-140	7.8	14.52	16.5	22	20	100.6	100	32	21.9

جدول ۵: برخی از مهمترین خصوصیات شیمیایی خاک ۱۰ سال پس از اجرای آبیاری قطره‌ای زیر سطحی (۱۴۰۱)

Dept Cm	pH	EC dS/m	T.N.V	O.C	Sand	Silt	Clay	(Ca+Mg) <sup>2+</sup> meq l <sup>-1</sup>	Na <sup>+</sup> meq l <sup>-1</sup>	S.A.R
0-30	7.3	65.5	17.3	0.32	42	36	22	160	435.9	48.7
30-60	7.4	30.6	16.3	0.19	48	30	22	94	187.9	27.4
60-140	7.3	24.5	14.5	0.15	34	42	24	96	145.4	21

#### پراکنش ریشه در خاک:

بر اساس نتایج بدست آمده در پروفیل‌های ایجاد شده در فاصله یک و نیم متری از تنه درختان (۱۳۹۷) مشخص شد که: ۱- از سطح خاک تا عمق ۳۰ سانتی متری هیچ ریشه فرعی وجود نداشت. ۲- ریشه اصلی پس از عبور از لایه‌های سطحی خاک، در عمق حدود ۶۰ سانتی متری به صورت افقی نیز گسترش پیدا کرده بود. ۳- ریشه‌ها تا عمق بیش از ۱۴۰ سانتی متری خاک پراکنده شده بودند. اما بیشترین ناحیه پراکندگی ریشه تقریباً در عمق ۱۰۰ سانتی متری خاک وجود داشت. ۴- از طرف دیگر بر خلاف انتظار، ریشه‌ها در ناحیه خروج آب (قطره چکان‌ها)، تجمع بیشتری نداشتند؛ و به طور یکنواخت در کل حجم خاک، زیر ناحیه قطره چکان‌ها قابل مشاهده بودند (شکل ۷). در حالی که در آبیاری سنتی (جوی - پشته)، روش

متداول آبیاری باغات پسته ایران، ریشه‌ها به‌طور عمده از لایه سطحی خاک شروع شدند و به‌طور میانگین در عمق ۵۰ سانتی‌متر به حداکثر تراکم رسیدند (شکل ۸).



شکل ۷: پراکنندگی یکنواخت ریشه متناسب با ناحیه گسترش رطوبت خاک در آبیاری قطره‌ای زیر سطحی (۱۳۹۷)



شکل ۸: در آبیاری سنتی، جوی-پشته، ریشه‌ها از لایه سطحی شروع شده و تا عمق ۵۰ سانتی‌متری خاک به حداکثر تراکم می‌رسند، باغ ایستگاه تحقیقات پسته فیض‌آباد (۱۳۹۷)

#### - رشد رویشی و میوه‌دهی در آبیاری قطره‌ای زیر سطحی و مقایسه آن با آبیاری سطحی:

پس از گذشت ۱۰ سال از اجرای آبیاری قطره‌ای زیر سطحی (شکل ۹)، صفاتی همچون اندازه درختان شامل ارتفاع (شکل ۱۰) و عرض تاج درختان، محیط تنه، رشد سالانه و قدرت تولید شاخه جانبی در آنها اندازه‌گیری شد. همچنین صفات زايشی شامل تعداد جوانه‌های گل موجود و ریزش کرده در شاخه در دو سال ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ و عملکرد در سال ۱۴۰۱ اندازه‌گیری و ثبت شد. همین صفات برای درختان هم سن در آبیاری سطحی (جوی-پشته)، اندازه‌گیری و از نظر آماری دو روش آبیاری با همدیگر مقایسه شدند؛ تا بهتر بتوان تأثیر آبیاری قطره‌ای زیر سطحی را بر رشد درختان پسته در شرایط بسیار شور آب و خاک، تحلیل نمود.

براساس نتایج، بین دو روش آبیاری تفاوت معنی‌داری در ارتفاع، عرض تاج و محیط تنه درخت و همچنین تعداد شاخه جانبی روی شاخه دو ساله و عملکرد وجود نداشت؛ اما، میانگین رشد سالانه شاخه، تعداد جوانه گل و میانگین تعداد جوانه گل ریزش کرده در شاخه بین دو سال در آبیاری قطره‌ای زیر سطحی و سطحی، اختلاف وجود داشت. رشد سالانه شاخه در سال ۱۴۰۱ تقریباً ۵۰ درصد نسبت به سال ۱۴۰۰ کاهش یافته بود. کمترین رشد سالانه در روش آبیاری قطره‌ای زیر سطحی و در سال ۱۴۰۱ بوده است. در اندازه درختان (ارتفاع، عرض تاج و محیط تنه) بین دو روش آبیاری اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. اما از سال ۱۴۰۱ رشد سالانه درختان در روش آبیاری قطره‌ای زیر سطحی، نسبت به سال قبل و همچنین نسبت به آبیاری سنتی، کاهش محسوسی داشت. این نتایج با نتایج بدست آمده توسط محققان (۶) مطابقت داشت؛ که عنوان کرده بودند با افزایش



شوری در ناحیه ریشه، رشد رویشی کاهش و درصد آفتاب سوختگی و پر شدن مغز کاهش می‌یابد. مطابق نتایج آنالیز خاک (۱۴۰۱) در جدول ۵، شوری در ناحیه توسعه ریشه نسبت به سال (۱۳۹۷) به حدود ۲/۵ برابر افزایش یافته بود.



شکل ۹- رشد رویشی یکنواخت بدون علائم کمبود مواد غذایی یا عناصر سمی، آبیاری قطره‌ای زیر سطحی، ایستگاه تحقیقات پسته



شکل ۱۰- اندازه‌گیری ارتفاع درختان در آبیاری قطره‌ای زیر سطحی، ایستگاه تحقیقات پسته فیض‌آباد (۱۴۰۱)

#### - مقایسه هزینه تولید و درآمد خالص در دو روش آبیاری:

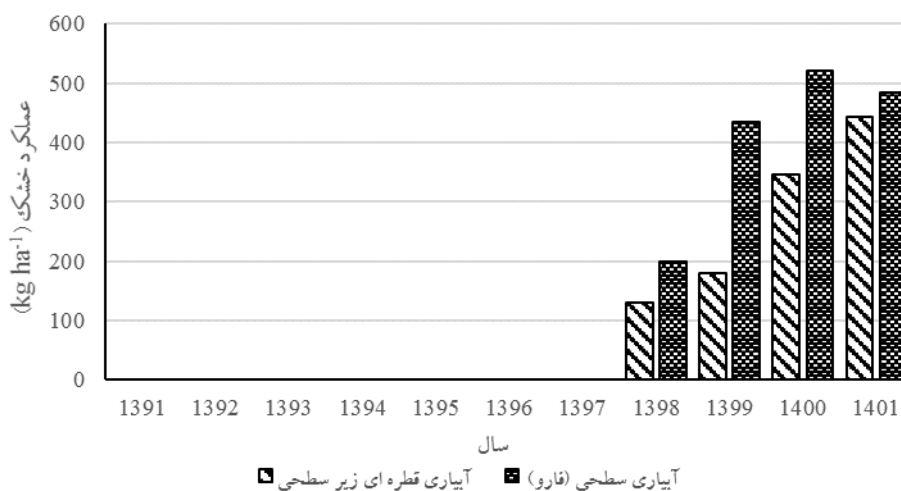
هزینه‌ها بر اساس قیمت نهاده‌ها، کارگری، آب و غیره در سال ۱۴۰۱ محاسبه شده است (جدول ۶). درختان از سال ۱۳۹۸ (۷ سال پس از کاشت و پیوند) وارد مرحله باردهی شدند که طی سال‌های ۱۳۹۸ تا ۱۴۰۱ میزان عملکرد خشک در دو روش آبیاری در شکل (۱۱) نشان داده شده است. میانگین تولید برای هر درخت در آبیاری قطره‌ای زیر سطحی ۳/۶ کیلوگرم (محصول تر) و در آبیاری سطحی حدود ۴/۸ کیلوگرم (محصول تر) بود. بر مبنای ۵۵۵ درخت در هکتار، عملکرد در سال ۱۴۰۱، در

روش زیر سطحی ۱۹۹۸ کیلوگرم محصول تر معادل ۴۴۴ کیلوگرم محصول خشک و در روش سطحی برابر با ۲۶۶۴ کیلوگرم محصول تر، معادل ۴۸۴ کیلوگرم خشک در هکتار بود.

جدول ۶- مقایسه هزینه تولید و درآمد در آبیاری سطحی و قطره‌ای زیر سطحی در هکتار (هزار ریال)، (۱۴۰۱)

روش آبیاری	هزینه تامین آب	هزینه تغذیه	هزینه کنترل آفات، علف-های هرز	هزینه کارگری	هزینه برداشت و فرآوری	مجموع هزینه تولید	عملکرد (کیلوگرم خشک/هکتار)	درآمد ناخالص	درآمد خالص	مصرف آب در هکتار	کارایی مصرف آب
قطره‌ای زیر سطحی	۱۰۰۰۰	۱۱۵۰۰۰	۳۰۰۰۰	۷۰۰۰۰	۷۰۰۰۰	۲۹۵۰۰۰	۴۴۴	۱۱۵۴۴۰۰	۸۵۹۴۰۰	۳۰۰۰	۰/۱۴
سطحی	۲۰۰۰۰	۱۸۰۰۰۰	۵۰۰۰۰	۱۳۰۰۰۰	۸۰۰۰۰	۴۶۰۰۰۰	۴۸۴	۱۲۵۸۴۰۰	۷۹۸۴۰۰	۶۹۱۲	۰/۰۷

آبیاری قطره‌ای زیر سطحی با آب بسیار شور برای اولین بار در ایران در ایستگاه تحقیقات پسته فیض‌آباد اجرا شد. در سال اجرای پروژه (۱۳۹۱) شوری آب آبیاری حدود ۱۱/۵ دسی‌زیمنس بر متر و در سال ۱۴۰۱ این عدد به ۱۶/۲۵ دسی‌زیمنس بر متر رسید. براساس اندازه‌گیری‌های بعمل آمده، در سال ۱۴۰۱، در آبیاری قطره‌ای زیر سطحی ۳۰۰۰ متر مکعب و در روش سنتی (جوی-پشته) مصرف آب ۶۹۱۲ متر مکعب در هکتار مصرف شده بود. علیرغم اینکه در روش سنتی بیش از دو برابر قطره‌ای زیر سطحی آب مصرف شده بود، اما نتایج نشان داد که از نظر اندازه نهایی درختان و عملکرد بین دو روش آبیاری اختلاف معنی‌داری وجود نداشت.



شکل ۱۱- میزان عملکرد خشک پسته (کیلوگرم در هکتار) در دو روش آبیاری در طی سال‌های اجرا (۱۳۹۱-۱۴۰۱)

در سال ۱۴۰۱ رشد سالانه درختان در روش قطره‌ای زیر سطحی نسبت به سال قبل در همین روش، به حدود نصف کاهش یافت. رشد رویشی سالانه در روش سنتی نیز در سال ۱۴۰۱ کمتر از سال ۱۴۰۰ بود؛ هر چند که بین دو روش آبیاری، اختلاف معنی‌داری در رشد سالانه سال ۱۴۰۱ وجود نداشت.

نکته قابل توجه اینکه کاهش رشد سالانه شاخه (۱۴۰۱) در دو روش آبیاری با همدیگر تفاوت داشت. نظر به اینکه ریشه در آبیاری سطحی به طور عمده تا عمق ۵۰ سانتی‌متری خاک گسترش می‌یابد، بنابراین مقدار بارندگی سالانه، تأثیر مستقیم بر رشد سالانه درختان در این روش داشت. مطابق داده‌های بارندگی در جدول (۳)، کمترین مقدار بارندگی در دوره ۱۰ ساله (۱۳۹۱-

۱۴۰۱) با ۵۷ میلی‌متر در سال ۱۴۰۱ بوده است؛ که به طور مستقیم موجب کاهش رشد سالانه درختان پسته در روش آبیاری سطحی شده بود. اما کاهش بارندگی دلیل اصلی کاهش رشد سالانه درختان در سال ۱۴۰۱ نبود؛ به دلیل اینکه در آبیاری قطره‌ای زیر سطحی، پراکندگی و گسترش ریشه‌ها از عمق ۷۰ شروع شده و تا عمق بیش از ۱۴۰ سانتی‌متر ادامه داشت. بنابراین دلیل کاهش رشد درختان در سال ۱۴۰۱ را باید در جای دیگری جستجو کرد.

براساس نتایج آنالیز خاک در سال ۱۴۰۱، شوری خاک در ناحیه رشد و توسعه ریشه (عمق ۱۴۰-۶۰ سانتی‌متر)، نسبت به سال ۱۳۹۷ به بیش از ۲/۵ برابر افزایش یافته بود. بالا رفتن شوری در ناحیه‌ای از خاک که ریشه از بیشترین تراکم برخوردار بود، مهمترین عامل تهدید کننده رشد درختان پسته در روش آبیاری قطره‌ای زیر سطحی بود. اما اینکه چرا توزیع و پراکندگی شوری در لایه‌های مختلف خاک در روش قطره‌ای زیر سطحی از سال ۱۳۹۷ تا ۱۴۰۱ تغییر کرده است؛ باید به تخریب ساختمان در لایه سطحی خاک (۰-۳۰ سانتی‌متر) اشاره کرد، که در اثر افزایش بسیار زیاد سدیم بوجود آمده بود. فروپاشی ساختمان خاک موجب شده بود که منافذ لایه سطحی خاک مسدود شده و حرکت املاح مضر مانند سدیم و کلر که همراه با صعود آب از اعماق به لایه سطحی صورت می‌گیرد، کاهش یابد. با بروز این اتفاق، به تدریج شوری و غلظت سدیم در لایه‌های ۶۰-۳۰ و ۱۴۰-۶۰ سانتی‌متری (ناحیه توسعه ریشه) افزایش یافته بود. پیامد افزایش شوری، کاهش جذب آب و عناصر غذایی بوده است که این دو عامل مستقیماً رشد سالانه را به شدت کاهش داده‌اند.

### توصیه ترویجی

اندازه درختان شامل ارتفاع و عرض تاج درخت و محیط تنه و عملکرد بین دو روش آبیاری اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. لیکن مقدار مصرف آب در روش قطره‌ای زیرسطحی تقریباً نصف؛ و کارایی مصرف آب (WUE) دو برابر آبیاری سطحی بود. استفاده از روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در شرایط تنش خشکی کشور کاملاً قابل توصیه است. ضمن آنکه استفاده از این روش آبیاری سود خالصی معادل شصت و یک میلیون ریال ایجاد نمود. لیکن برای حفظ و ادامه روند رو به رشد درختان (مانند سال‌های قبل) در روش آبیاری قطره‌ای زیر سطحی، لازم است تغییرات و اصلاحاتی در مدیریت پروژه به شرح زیر صورت گیرد:

۱) مدیریت خاک‌ورزی در لایه سطحی خاک: همانطور که قبلاً توضیح داده شد، سدیم زیاد در لایه سطحی خاک، موجب تخریب ساختمان خاک شده بود. در این حالت بهترین کار این است که با استفاده از ادوات کشاورزی، حتی الامکان این لایه برداشت شده و از باغ خارج شود. پس از برداشتن خاک لایه سطحی، با استفاده از زیرشکن، حداقل تا عمق ۵۰ سانتی‌متری شخم زده شود تا بدینوسیله تبادلات گازی با عمق‌های پایین‌تر بهتر صورت گیرد و همراه با صعود آب از طبقات پایین به سطح خاک، عناصر شوری (سدیم و کلر) نیز از ناحیه ریشه به لایه‌های سطحی خاک حرکت نمایند.

۲) آبخوبی از لایه سطحی خاک: در مدت ۱۰ سال که از اجرای این پروژه گذشته بود، آبخوبی از لایه سطحی انجام نشده بود. برای این منظور، خاک لایه سطحی در حدود ۱/۵ متر از هر طرف درخت برداشت شود، و سپس آبخوبی انجام گردد.

۳) افزایش مواد آلی خاک: یکی از راهکارهای کاهش اثرات شوری، افزایش مواد آلی خاک است. نظر به اینکه ریشه درختان پسته در این روش آبیاری در عمق‌های پایین قرار دارند، بنابراین باید مواد آلی را از طریق حفر کانال‌هایی در ناحیه توسعه ریشه (چالکود) و در یک طرف درخت قرار داده شود. در مجموع با تجربه به دست آمده در مدت ۱۰ سال، اجرای آبیاری قطره‌ای زیر سطحی با آب شور در ضمن مدیریت ویژه، امکان‌پذیر است.

## فهرست منابع

- ۱- خورسندی، ف.، وزیری، ژ. و ع.ا. عزیز زوهان. ۱۳۹۰. شورورزی: استفاده پایدار از منابع آب و خاک شور در کشاورزی. انتشارات : کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ۳۲۲ ص.
- ۲- صداقتی ، ن.، حسینی فرد ، س.ج. و ا. محمدی محمدآبادی. ۱۳۹۱. مقایسه اثرات دو سیستم آبیاری قطره ای سطحی و زیرسطحی بر رشد و عملکرد درختان بارور پسته. مجله آب و خاک. ۲۶ (۳): ۲۷۵-۲۸۵.
- ۳- عابدی، م.ج.، ابراهیمی بیرنگ، ن.، مهرداد، ن.، ننی ریزی، س.، ماهرانی، م.، خالدی، ه. و ع. م. چراغی. ۱۳۸۱. استفاده از آب شور در کشاورزی پایدار. انتشارات کمیته ملی آبیاری و زه کشی ایران. ۲۳۵ ص.
- ۴- فیضی، م.، ۱۳۹۲. اثر کیفیت و مدیریت آب بر ویژگی های شیمیایی خاک. نشریه: پژوهش های خاک (علوم خاک و آب). ۲۷ (۲) الف): ۲۳۹ - ۲۵۲.
- ۵- موسوی فضل، س.ح.، رحیمیان ، م.ح.، کوهی ، ن.، ریاحی ، ح.، کرامتی ، م.، عباسی ، ف. و باغانی، ج. ۱۳۹۹. ارزیابی حجم آب کاربردی و بهره‌وری آب در کانون های اصلی تولید پسته کشور (استان های کرمان، خراسان رضوی، یزد و سمنان). نشریه علمی آبیاری و زه کشی ایران. ۶(۸۴): ۲۲۴۴ - ۲۲۵۶.
6. Ferguson, L., Poss, P.A., Grattan, S.R., Grieve, C.M., Want, D., Wilson, C., Donovan, T.J. and Chao, C.T. (2002). Pistachio rootstocks influence scion growth and ion relation under salinity and boron stress. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 127(2):Pp.194-199.