

## تعیین مقدار بهینه مصرف آب در باغ‌های پسته با اندازه‌گیری ویژگی‌های

### رویشی و زایشی درخت

محمد عبدالهی عزت آبادی<sup>۱\*</sup> و اکبر محمدی محمد آبادی<sup>۲</sup>

تاریخ ارسال: ۱۳۹۸/۰۱/۱۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۹/۰۵

#### چکیده

جهت استفاده آب با بهره‌وری بالا در تولید محصولات کشاورزی، داشتن دانش کافی در خصوص واکنش عملکرد محصول نسبت به مصرف آب و یا شناخت تابع تولید آب ضروری می‌باشد. پراکنش ناکافی در داده‌های مصرف آب و محاسبه عملکرد در هکتار، دو محدودیت تخمین تابع تولید آب برای باغات پسته می‌باشد. در این مطالعه الگویی جهت تخمین تابع تولید با استفاده از شاخص‌های رویشی و زایشی درخت ارائه شد. برای این منظور، با استفاده از روش نمونه‌گیری تصادفی چند مرحله‌ای، نمونه‌ای از مالکان ۲۸۶ باغ پسته در شهرستان‌های انار و رفسنجان در استان کرمان، انتخاب شدند. نتایج نشان داد، در تابع تولید با متغیر عملکرد در هکتار محصول به عنوان متغیر وابسته، امکان برآورد مقدار بهینه مصرف آب در باغ‌های پسته وجود ندارد. برای رفع این مشکل، تابع تولید درجه دو با استفاده از متغیرهای رویشی و زایشی درخت برآورد شد. با استفاده از این توابع، مقدار بهینه مصرف آب، ۱۲۰۰۰ متر مکعب در هکتار در سال و EC بهینه آب ۸۵۰۰ میکرو موس بر سانتیمتر برآورد شد. در چنین شرایطی، با مدیریت باغی موجود، متوسط بهره‌وری مصرف آب باغ‌های مورد مطالعه ۱۳۱ گرم بر متر مکعب می‌باشد. آزمون‌های مختلف، صحت این توابع و مقادیر بهینه محاسبه شده توسط آن‌ها را ثابت کرد. در نهایت تابعی با متغیر وابسته عملکرد و متغیرهای مستقل ویژگی‌های رویشی برآورد گردید. با استفاده از این تابع می‌توان با اندازه‌گیری متغیرهای رویشی درخت پسته، در هر زمانی از سال عملکرد در هکتار محصول را محاسبه نمود. در پایان، پیشنهاد شد، برای تعیین مقادیر بهینه میزان مصرف و کیفیت آب در باغ‌های پسته، با استفاده از

<sup>۱</sup> استادیار پژوهشی، پژوهشکده پسته، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رفسنجان ایران

\* نویسنده مسئول: [abdolahi@pri.ir](mailto:abdolahi@pri.ir)

<sup>۲</sup> مربی پژوهشی، پژوهشکده پسته، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رفسنجان ایران

تعیین مقدار بهینه مصرف آب در باغ‌های پسته با اندازه‌گیری ویژگی‌های رویشی و زایشی درخت

مطالعات میدانی، تابعی تخمین زد که در آن شاخص‌های رویشی و زایشی درخت، متغیر وابسته باشد. با این کار، می‌توان ضمن افزایش دقت نتایج، هزینه‌های تحقیق را کاهش داد.

**واژه‌های کلیدی:** پسته، تابع تولید آب، محدودیت دسترسی به داده‌ها

## مقدمه

جهت استفاده کارآی آب در تولید محصولات کشاورزی، داشتن دانش کافی در خصوص واکنش عملکرد محصول نسبت به مصرف آب و یا شناخت تابع تولید آب ضروری می‌باشد. جهت تعیین سطحی از مصرف آب که سود را حداکثر می‌کند، می‌توان از تابع تولید آب استفاده کرد. همچنین می‌توان در جهت تخصیص آب بین مصارف رقیب، تخصیص آب بین محصولات مختلف بخش کشاورزی، تعیین نسبت آب به زمین و تخمین اثر سیاست‌های قیمت‌گذاری بر روی بخش کشاورزی استفاده نمود. در مطالعات گذشته، تابع تولید آب جهت تهیه اطلاعات در سطح مزرعه مربوط به تصمیمات آبیاری به منظور افزایش سود و سیاست‌های حفاظت از آب و افزایش طول عمر منابع آب مورد استفاده قرار گرفته است (۱۸).

علاوه بر کمیت آب، موضوع افزایش بهره‌وری آب در شرایط شوری به منظور تعیین و اجرای دقیق نیازهای آبخوئی امری حیاتی بوده و می‌تواند از نفوذ غیر ضرور آب در خاک و خارج شدن از دسترس گیاه جلوگیری نماید. آبخوئی کسری از آب آبیاری می‌باشد که به منظور شستشوی نمک از فضای ریشه گیاه صورت می‌گیرد. آب مورد استفاده گیاه (تبخیر و تعرق) و نیاز آبخوئی، در مجموع تشکیل دهنده کل تقاضای آب از منابع می‌باشند. تبخیر و تعرق و آبخوئی از طریق تابع تولید آب به هم مربوط می‌شوند. هر چه رشد گیاه بیشتر به شوری حساس باشد، کسر کمتری از آب صرف تبخیر و تعرق قرار گرفته و بیشتر آن صرف آبخوئی می‌شود. در خصوص حساسیت به شوری، گیاهان واکنش‌های متفاوتی داشته و آستانه‌ای وجود دارد که در کمتر از آن شوری بر عملکرد تأثیر نمی‌گذارد. به هر حال شواهدی وجود دارد که در شرایط مزرعه، در مواردی که گیاه با استرس‌های کم آبی و شوری به طور همزمان روبروست و مصرف آب به طور همگن صورت نمی‌گیرد، حتی تجمع شوری در پایین‌تر از حد آستانه شوری نیز می‌تواند بر عملکرد محصول تأثیر منفی بگذارد. به عبارت دیگر، تابع تولید آب در تعیین آستانه تحمل شوری آب توسط گیاهان نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۶).

پسته محصولی است که نسبت به کم آبی و شوری آب مقاوم است. این مساله باعث شده است تا به عنوان آخرین گزینه مطرح در بخش کشاورزی در بسیاری از مناطق کم آب کشور مطرح باشد. به عبارت دیگر، در بیشتر مناطق کشاورزی

کشور، پس از آنکه کمیت و کیفیت آب با مشکل روبرو شد، کشاورزان به سمت کشت پسته روی می‌آورند. بنابراین، کشت پسته همزمان با محدودیت شدید کمیت و کیفیت آب است. این مساله، استفاده هر چه بهتر و اقتصادی از آب را می‌طلبد. لذا تعیین حدود بهینه مصرف آب و همچنین تعیین آستانه تحمل محصول به شوری آب موضوعی اساسی می‌باشد. این مساله در خصوص مناطق قدیمی پسته کاری مانند شهرستان‌های انار و رفسنجان در استان کرمان از اهمیت بیشتری برخوردار است. ارزش اقتصادی بالای آب در سمت تقاضا و عدم وجود یک برنامه جامع برای حفاظت از منابع آب زیرزمینی در سمت عرضه، باعث تشدید برداشت از سفره‌های آب زیرزمینی در این منطقه شده است. برداشت بی‌رویه در مناطق پسته کاری این دو شهرستان باعث کاهش کیفی و کمی این منابع شده است. به طوری که طبق آخرین آمار، میزان افت سالانه آب در این مناطق ۰/۸۰ متر بوده و بیلان منفی سالانه سفره ۲۵۰ میلیون متر مکعب است. علاوه بر این، کیفیت آب‌های زیرزمینی منطقه نیز به شدت کاهش یافته است. به طوری که حداکثر شوری در بعضی از موارد تا ۳۳۰۰۰ میکروموس بر سانتیمتر نیز گزارش شده است (۳).

در مطالعات گذشته تلاش زیادی برای تخمین تابع تولید آب در باغات پسته شده است. در بیشتر این مطالعات، که تقریباً همگی میدانی بوده‌اند، به علت عدم دسترسی به اطلاعات مناسب، تخمین تابع تولید با مشکل مواجه شده است. برای مثال، فتاحی اردکانی و موسی‌نژاد (۸)، تابع تولید پسته در شهرستان اردکان در استان یزد را تخمین زده‌اند. هر چند که تابع تخمین زده شده از نوع ترانسندنتال می‌باشد، جزء خطی متغیر آب در تابع تولید از نظر آماری معنی‌دار نمی‌باشد. همچنین تهامی پور و همکاران (۱) تابع تولید پسته کاران زرنده در استان کرمان را تخمین زده‌اند. در این تابع که از نوع درجه دو می‌باشد هیچکدام از متغیرهای توان اول و توان دوم آب در تابع تولید پسته معنی‌دار نشده‌اند. در مطالعه قربانی (۱۰) نیز متغیر آب در تابع تولید پسته در شهرستان دامغان معنی‌دار نشده است. موضوع معنی‌دار نشدن متغیر آب در بسیاری از توابع تخمین زده شده در خصوص محصول پسته و سایر محصولات، بحثی است که کاملاً با تئوری در تضاد می‌باشد. به عبارت دیگر، نمی‌توان گفت که مصرف آب در تولید محصول کشاورزی تأثیری ندارد. معنی‌دار نشدن متغیر آب در تابع تولید در این مطالعات ناشی از پراکنش پایین در مقدار مصرف آب توسط کشاورزان مورد سؤال می‌باشد. به عبارت دیگر، پراکندگی مصرف آب توسط کشاورزان در دامنه کم و تنها در ناحیه ۲ تولید می‌باشد و این مسئله باعث می‌شود تا به بویژه متغیر توان دوم آب در توابع درجه ۲ و بخش خطی متغیر آب در توابع ترانسندنتال معنی‌دار نشود.

در مطالعات جدیدتر نیز همچنان مسئله کمبود اطلاعات وجود دارد. برای مثال، سادات مودنی و کرباسی (۲)، برای محاسبه کارایی تولید کنندگان پسته در شهرستان زرنند در استان کرمان، برای متغیر آب، تعداد ساعات آبیاری را مد نظر قرار داده‌اند. این در حالی است که به علت آبدهی متفاوت چاه‌های آبکشی، نمی‌توان متغیر ساعات آبیاری را به‌به‌جای میزان مصرف آب مورد استفاده قرار داد. با این وجود به علت کمبود اطلاعات از این متغیر استفاده شده است. همچنین فتاحی اردکانی و یزدانی (۹)، تابع تولید پسته در شهرستان اردکان در استان یزد را برآورد نموده‌اند. در این تابع توان اول و دوم متغیر آب با علامت منفی ظاهر شده‌اند. این مسئله نیز که به علت داده‌های ناکافی می‌باشد تضاد با تئوری تولید را نشان می‌دهد.

علاوه بر پراکنش ناکافی در داده‌های مصرف آب، مسئله دیگری که باعث محدودیت داده‌ها در تخمین تابع تولید به‌ویژه برای محصول پسته می‌باشد، ویژگی خاص این محصول است. از آنجایی که درخت پسته به صورت سال‌های کم محصول و پر محصول ظاهر می‌شود، لذا استفاده از اطلاعات یک سال گذشته در مورد میزان تولید کافی نیست. به عبارت دیگر، برای برآورد میانگین تولید، بایستی حداقل عملکرد سه سال متوالی مورد استفاده قرار گیرد (۱۳). از آنجایی که کشاورزان اطلاعات ثبت شده کمی در اختیار داشته و همچنین بیش از یک سال را کمتر به خاطر می‌سپارند لذا این مسئله نیز به محدودیت دیگری جهت برآورد تابع تولید پسته شده است.

در خصوص برآورد تابع تولید پسته از طریق داده‌های آزمایشی و اجرای طرح‌های تیماری نیز مشکلات مختلفی وجود دارد. برای مثال جهت بررسی تأثیر EC آب بر عملکرد محصول پسته نمی‌توان باغ پسته‌ای را یافت که دسترسی به دامنه گسترده‌ای از کیفیت‌های آب داشته باشد. از طرفی، اجرای آزمایش در باغ‌های مختلف با مالکیت آب با شوری‌های متفاوت نیز در صورتی امکان پذیر است که تعداد تکرار بالا بوده و این مساله باعث می‌شود تا هزینه انجام آزمایش بالا رود. همین موضوع باعث شده است تا نتوان مطالعه‌ای آزمایشی پیدا به‌طور همزمان تأثیر کمیت و کیفیت آب بر مقدار تولید پسته را مورد بررسی قرار داده و حد بهینه این دو متغیر را محاسبه کرده باشد یا این که مطالعات خود را بر روی نهال پسته و داخل گلخانه انجام داده‌اند. برای مثال، محمدی محمدآبادی و همکاران (۱۲)، تأثیر سطوح مختلف ازت و آبیاری بر صفات کمی و کیفی پسته در منطقه خاش را مورد بررسی قرار دادند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که بالاترین عملکرد محصول مربوط به درختانی است که دور آبیاری ۳۰ روز و میزان ۱۵۰۰ گرم ازت برای هر درخت داشتند. همچنین کمترین عملکرد محصول مربوط به تیمارهای دور آبیاری ۳۰ روز و ۶۰ روز بدون مصرف ازت بود. کریمی و همکاران (۱۵)، اثر ۴ سطح از

شوری آب (۰/۷۵، ۵، ۱۰، و ۱۵ دسی زیمنس بر متر) را بر روی شاخص‌های رویشی و ویژگی‌های فیزیولوژی چهار پایه پسته (بادامی زرد A، بادامی زرد B، قزوینی و سرخس) در شرایط گلخانه را مورد بررسی قرار دادند. بعد از گذشت سه ماه، وزن خشک برگ برای نهال‌های آبیاری شده با آب شور ۱۰ دسی زیمنس بر متر تا حدود ۳۰ تا ۵۰ درصد کاهش یافت. بادامی زرد B مقاوم‌ترین پایه در شوری‌های بالا بود. کاهش در وزن خشک ریشه و شاخه (متوسط وزن کل نهال) در آب با شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر اتفاق افتاد. نتایج کلی نشان داد که بادامی زرد B مقاوم‌ترین پایه و سرخس حساس‌ترین پایه نسبت به شوری آب هستند.

به علت محدودیت‌های اشاره شده، در مطالعه فعلی سعی شده است تا امکان استفاده از ویژگی‌های رویشی و زایشی گیاه، و انجام مطالعات میدانی را بررسی نموده و مسایل و محدودیت‌های فنی و مالی در جمع‌آوری داده‌ها به منظور تخمین تابع تولید را برطرف نماید. به دنبال آن امکان تخمین مقادیر بهینه کمیت و کیفیت آب مصرفی در باغات پسته فراهم نماید.

## مواد و روش‌ها

اطلاعات مورد استفاده در این تحقیق از طریق پرسشنامه از کشاورزان، تهیه شد. برای این منظور، نمونه مورد مطالعه از شهرستان‌های انار و رفسنجان انتخاب گردید. شهرستان‌های انار و رفسنجان با ارتفاع از سطح دریای ۱۴۶۹ متر، عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۲۴ دقیقه و ۲۴ ثانیه شمالی و طول جغرافیایی ۵۵ درجه و ۵۹ دقیقه و ۳۸ ثانیه شرقی در شمال غرب استان کرمان واقع شده‌اند. آب و هوای این دو شهرستان جز مناطق نیمه خشک با تابستان‌های گرم و زمستان‌های نسبتاً سرد دسته‌بندی می‌شود. میانگین دراز مدت بارندگی سالانه این شهرستان‌ها بین ۷۰-۱۰۰ میلی‌متر و متوسط دمای سالانه آن بین ۵- تا ۴۲ درجه سانتیگراد می‌باشد. روش نمونه‌گیری، تصادفی چند مرحله‌ای بود. از مجموع روستاهای دو شهرستان، تعدادی نمونه بر اساس روش‌های نمونه‌گیری تصادفی انتخاب شد. در مرحله بعد، از لیست کشاورزان ساکن در روستاهای نمونه، کشاورزان مورد نظر با روش‌های نمونه‌گیری تصادفی انتخاب گردید. در نهایت با مالکان ۲۸۶ باغ پسته مصاحبه و اطلاعات مورد نظر جمع‌آوری شد.

برای بررسی اثرات کمیت و کیفیت آب بر تولید پسته و رشد رویشی آن، از روش تخمین تابع تولید استفاده شد. قبل از تخمین تابع تولید، بایستی شکل تابعی آن مشخص شده و متغیرهای موجود در تابع معین گردد. انواع مختلف فرم

تابع تولید در ادبیات موضوع بیان شده است. بعضی از آن‌ها شامل خطی، درجه ۲، درجه ۳، ریشه ۲، لگاریتمی، میچرلیچ، اسپیلمن، کاب داگلاس، ترانسندنتال، کشش جانشیننی ثابت، لئونتیف و ترانسلوگ می‌باشند. بسیاری از مطالعات به این نتیجه رسیده‌اند که شکل درجه ۲ بهترین شکل برای تابع تولید آب می‌باشد (۱۱، ۱۷ و ۱۸). در مطالعه فعلی نیز پس از بررسی فرم‌های تابعی مختلف، نتایج آزمون‌های آماری نشان داد که شکل تابعی درجه ۲ بهترین شکل تابعی برای تخمین تابع تولید آب در باغات پسته می‌باشد. لذا از تابع تولید درجه ۲ استفاده شد. این شکل تابعی، علاوه بر سازگاری با اصول آماری، با نظریه‌های علمی نیز سازگار است. از دیدگاه نظری، افزایش مصرف آب، تا حدی باعث افزایش تولید شده، به نقطه حداکثر رسیده و پس از آن کاهش می‌شود. کاهش تولید محصول با افزایش مصرف آب ناشی از مشکلات شستشوی مواد غذایی، خفگی ریشه و ... می‌باشد. در خصوص محصول پسته، EC آب، به عنوان شاخص کیفیت نیز مکانیزمی شبیه مقدار مصرف آب دارد. به عبارت دیگر، از آنجایی که گیاه پسته شوری دوست است، افزایش شوری آب تا اندازه‌ای باعث افزایش عملکرد شده و سپس کاهش می‌شود. بدین ترتیب، تابع درجه ۲ می‌تواند رفتار توضیح داده شده در مورد تأثیر کمیت و کیفیت آب بر عملکرد پسته را به خوبی شرح دهد.

در تخمین تابع تولید، از مقدار آب آبیاری مصرف شده در باغات پسته به عنوان متغیر مستقل استفاده گردید. به منظور محاسبه مقدار آب مصرف شده سالیانه در هر هکتار باغ، تعداد نوبت و زمان هر دور آبیاری از باغ‌دار سؤال شد. سپس دبی چاه آبیاری مورد استفاده اندازه‌گیری گردید. برای این منظور، با توجه به شرایط موجود، در صورتی که آب در لوله جریان داشت، با روش گونیا اندازه‌گیری دبی صورت گرفت. همچنین، اگر جریان آب در کانال انجام می‌گرفت، اندازه‌گیری دبی با استفاده از جسم شناور و میانگین سرعت حرکت آب در کانال و محاسبه سطح مقطع آب موجود در کانال صورت گرفت. در این خصوص، فاکتورهایی مانند ضریب حجم کانال، نوع کانال و شکل کانال مورد توجه قرار گرفت. در نهایت میزان مصرف سالیانه آب بر حسب متر مکعب در هکتار محاسبه گردید.

در سمت راست تابع تولید، علاوه بر مقدار مصرف آب، از کیفیت آب مصرفی نیز استفاده شد. در این خصوص، کیجن (۱۶) معتقد است که هر چه شوری آب آبیاری افزایش می‌یابد، مقدار موثر آب کاهش می‌یابد. در این خصوص مقدار کاهش مد نظر گرفته شده برای شوری آب بستگی به میزان رشد درخواست شده از گیاه و عملکرد مدنظر می‌باشد. این مسئله در چارچوب توابع شوری-آب-محصول توضیح داده می‌شود. در مطالعه جاری فاکتور EC (هدایت الکتریکی) به عنوان شوری آب مصرفی در نظر گرفته شد. به پیروی از کان و همکاران (۱۴) رابطه بین عملکرد و EC نیز به صورت درجه

۲ مد نظر قرار گرفت. برای اندازه‌گیری شوری آب، از چاه‌های تامین کننده آب باغات مورد بررسی، نمونه‌برداری شده و اندازه‌گیری EC در آزمایشگاه به عمل آمد.

بدین ترتیب تابع تولید مورد نظر به صورت زیر است:

$$Y = a + bW + cW^2 + dEC + eEC^2 + fECW + gO + hSYS \quad (1)$$

در رابطه ۱، Y متغیر وابسته شامل میزان عملکرد پسته در هکتار در سال بر اساس کیلوگرم یا یکی از فاکتورهای رویشی یا زایشی درخت، W مقدار مصرف آب بر حسب متر مکعب در هکتار در سال، EC، شوری آب، O، سایر متغیرهای مدیریتی مانند تغذیه، مبارزه با آفات، ویژگی‌های باغ شامل تراکم کشت، SYS، سیستم آبیاری مورد استفاده و a، b، c، d، e، f، g و h ضرایب تخمین زده شده می‌باشند. ششمین جمله سمت راست تابع ۱ (ECW)، بیانگر اثرات متقابل مقدار و کیفیت مصرف آب می‌باشد. اگر ضریب این جمله معنی دار شده و علامت آن مثبت باشد، بیانگر این مطلب است که با مصرف آب بیشتر به منظور آبیاری، می‌توان ECهای بالاتر را برای درخت پسته قابل تحمل تر کرد. با داشتن تابع تولید ۱، برای مشخص کردن اندازه بهینه هر یک از متغیرهای مقدار مصرف و EC آب، از متغیر مربوطه مشتق گرفته و مساوی با صفر قرار می‌دهیم. در صورتی که معادله بدست آمده نسبت به متغیر مربوطه حل شود نقطه بهینه (حداکثر یا حداقل) محاسبه می‌شود.

رای تخمین تابع تولید با متغیر وابسته عملکرد محصول، متوسط عملکرد در هکتار سه سال ۸۹، ۹۰ و ۹۱ به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شد. همچنین جهت تخمین اثر آب بر روی رشد رویشی گیاه، نیز توابع گوناگونی بسته به فاکتورهای رویشی محاسبه شده مد نظر قرار گرفت. در این راستا فاکتورهای طول رشد شاخه در سه سال گذشته، تعداد کل جوانه بر روی شاخه، تعداد جوانه زایشی، تعداد جوانه زایشی تبدیل به خوشه شده و قطر شاخه اندازه‌گیری شده و هر یک از متغیرها به طور جداگانه به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شد. همچنین این متغیرها به عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته و اثر آن‌ها بر روی میزان متوسط عملکرد سه ساله گذشته بررسی گردید. در این صورت می‌توان با داشتن صفات رویشی گیاه، عملکرد آن را برآورد نمود. جهت اندازه‌گیری رشد رویشی درختان، از دو جهت درخت، شاخه‌هایی انتخاب شد. همچنین برای انتخاب درخت، تعدادی به صورت تصادفی انتخاب گردید، به طوری که نماینده کل باغ باشند. پس از انتخاب درخت و شاخه‌های مورد نظر، به منظور اندازه‌گیری طول شاخه از متر و جهت اندازه‌گیری قطر شاخه از کولیس استفاده شد. برای انجام کلیه محاسبات از بسته نرم افزار SPSS22 استفاده شد.

## نتایج

نتایج تخمین تابع تولید با متغیر وابسته عملکرد در هکتار پسته در جدول ۱ آمده است. آماره F در جدول ۱، بیانگر خوبی برازش مدل از نظر کلی می‌باشد. همچنین آماره های t مربوط به متغیرهای مستقل نیز نشان دهنده معنی‌دار بودن تمام این متغیرها در سطح یک درصد است. مقدار عددی  $R^2$  برابر با ۰/۱۹ می‌باشد. این عدد نشان می‌دهد که ۱۹ درصد از تغییرات متغیر وابسته، یعنی عملکرد در هکتار محصول پسته توسط دو متغیر مقدار و EC آب توضیح داده می‌شود. پایین بودن  $R^2$  در مطالعات میدانی امری طبیعی می‌باشد. چنان چه در بخش مواد و روش‌ها بیان شد، داده‌های این تحقیق از ۲۸۶ باغ پسته با مالکان مختلف استفاده شده است. لذا باغ‌های مورد مطالعه، دارای تفاوت‌های زیادی بوده و عوامل مدیریتی مختلفی بر عملکرد در هکتار پسته موثر می‌باشند. همچنین چنان چه مطالعات عبدالهی عزت آبادی و همکاران (۶) نشان می‌دهد، الگوهای بسیار متفاوتی در خصوص مدیریت تغذیه در باغ‌های پسته منطقه وجود دارد. این مساله باعث شده است، برای مثال، تعداد الگوی مربوط به یک عامل تغذیه‌ای در نمونه مورد مطالعه به اندازه کافی بزرگ نباشد و متغیر مربوطه در مدل معنی‌دار نشود. یا این که در خصوص مدیریت مبارزه با آفات، چنان چه مطالعه عبدالهی عزت آبادی (۵) نشان می‌دهد، عوامل مدیریتی در رگرسیون عملکرد در هکتار معنی‌دار نبوده بلکه بر بهره‌وری استفاده از سم موثرند. مجموعه این عوامل باعث شده اند تا  $R^2$  کم برآورد شود. از آنجایی که در این زمینه تمام متغیرهای مدیریتی مورد توجه قرار گرفته است، و متغیری وجود نداشته تا معنی‌دار بوده و عمدا حذف شود، بنابراین خطای تصریح به وجود نمی‌آید. به عبارت دیگر، ۱۹ درصد از تغییرات مربوط به عملکرد، توسط متغیرهای موجود در جدول بیان شده و بقیه تغییرات در جمله پسماند رگرسیون جمع می‌گردد. این موضوع در مورد تمام رگرسیون‌های تخمین زده شده صادق می‌باشد.

چنان چه جدول ۱ نشان می‌دهد، هر چند که توان دوم متغیر مقدار مصرف آب و حاصل ضرب EC در مقدار مصرف آب معنی‌دار نشده‌اند و نمی‌توان مقدار بهینه مصرف آب و ارزش آب با کیفیت‌های مختلف را محاسبه نمود، اما می‌توان به طور متوسط گفت که تولید نهایی یک متر مکعب آب برابر با ۰/۰۶۴ است. مقایسه بازده نهایی آب (۰/۰۶۴) با بازده متوسط آب (۰/۱۲۰) تایید کننده فعالیت میانگین کشاورزان مورد مطالعه در محدوده منطقه ۲ تولید در استفاده از آب هستند. این اعداد نشان می‌دهد که بازده نهایی آب مثبت و کوچکتر از بازده متوسط آب است، بنابراین استفاده از آب در ناحیه ۲ تولید صورت می‌گیرد.



جدول ۱- تابع تولید با متغیر وابسته عملکرد در هکتار پسته

نام متغیر	ضریب تخمین زده شده	آماره t	سطح معنی داری آماره t
مقدار ثابت	۱۴۷/۰۵	۰/۶۶	۰/۵۱
آب (مترمکعب در هکتار)	۰/۰۶۴	۵/۴۸	۰/۰۰۰
EC آب (میکروموس بر سانتیمتر)	۰/۱۵۴	۲/۶۵	۰/۰۰۹
توان دوم EC آب	-۰/۰۰۰۰۹۱	-۲/۹۴	۰/۰۰۴
بافت خاک (سنگین=۱، غیره=۰)	-۳۲۵/۷۴	-۲/۲۵	۰/۰۲۵
رقم پسته (کله قوچی=۱، غیره=۰)	-۲۶۷/۸۵	-۲/۲۱	۰/۰۲۸
	F=42/11	adjR <sup>2</sup> =0.17	R <sup>2</sup> =0.19
	SigF=0.000		

ماخذ: یافته‌های تحقیق

در جدول ۱، متغیرهای EC و توان دوم آن معنی‌دار هستند. این مسئله مطابق با اصل ارائه شده در روش تحقیق می‌باشد. این جدول همچنین نشان می‌دهد که توان اول EC دارای علامت مثبت بوده و توان دوم آن دارای علامت منفی است. به عبارت دیگر، در ابتدا با افزایش شوری آب، میزان عملکرد در هکتار پسته افزایش یافته و به نقطه حداکثر رسیده و در شوری‌های بالاتر عملکرد کاهش می‌یابد. از تابع تولید فوق نسبت به EC مشتق گرفته و مساوی با صفر قرار داده شد. بدین ترتیب، مقدار EC بهینه آب برای باغات پسته برابر با ۸۴۵۳ میکروموس بر سانتیمتر به دست آمد. به عبارت دیگر، با افزایش شوری آب به میزان بالاتر از این مقدار، عملکرد در هکتار باغات پسته کاهش می‌یابد. جدول ۱ همچنین نشان می‌دهد که خاک سنگین تأثیر منفی بر تولید پسته دارد. به طوری که باغات پسته با خاک‌های سنگین، نسبت به باغات پسته با خاک‌های سبک و متوسط به طور میانگین، ۳۲۵ کیلوگرم در هکتار عملکرد پایین‌تری دارند. همچنین تابع تولید تخمینی نشان می‌دهد که رقم کله قوچی نسبت به ارقام اوحدی، احمد آقایی و اکبری، دارای عملکرد پایین‌تری است. به طوری که این رقم عملکردی معادل ۲۶۸ کیلوگرم در هکتار کمتر نسبت به سه رقم دیگر از خود نشان می‌دهد. چنانچه در جدول ۱ نشان داده شده است، سایر متغیرهای مدیریتی باغ، متغیر اثر متقابل آب و EC و متغیر سیستم آبیاری معنی‌دار نشده‌اند.

در ادامه مطالعه، توابع رشد رویشی و زایشی درختان پسته تخمین زده شده است. برای این منظور نخست متغیر متوسط رشد رویشی شاخه درخت پسته بر اساس سانتیمتر را به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته و متغیرهای مستقل در جدول ۱ را به عنوان متغیر مستقل در نظر می‌گیریم. نتایج رگرسیون تخمین زده شده در جدول ۲ آمده است.

تعیین مقدار بهینه مصرف آب در باغ‌های پسته با اندازه‌گیری ویژگی‌های رویشی و زایشی درخت

جدول ۲- تابع با متغیر وابسته متوسط سالانه رشد شاخه درخت پسته (سانتیمتر).

نام متغیر	ضریب تخمین زده شده	آماره t	سطح معنی داری آماره t
مقدار ثابت	۸/۷۶	۱۵/۱۴	۰/۰۰۰
آب (متر مکعب در هکتار)	۰/۰۰۰۱۳	۲/۹۵	۰/۰۰۳
EC آب (میکرو موس بر سانتیمتر)	-۰/۰۰۰۱۳	-۲/۳۶	۰/۰۱۹
بافت خاک (سنگین=۱، غیره=۰)	-۱/۰۸	-۲/۱۳	۰/۰۳۴
رقم پسته (کله قوچی=۱، غیره=۰)	-۱/۷۰	-۳/۸۱	۰/۰۰۰
	F=8/71	adjR <sup>2</sup> =0.10	R <sup>2</sup> =0.11
	SigF=0.000		

ماخذ: یافته‌های تحقیق

مقایسه جدول ۲ با جدول ۱ نشان می‌دهد که تمام متغیرهای معنی دار شده در جدول ۱، در جدول ۲ نیز معنی دار شده‌اند. این مسئله بیان گر دقت اندازه‌گیری های صورت گرفته در باغ و اطلاعات ارائه شده توسط کشاورزان می‌باشد. در اینجا نیز به علت معنی دار نشدن توان دوم متغیر مقدار مصرف آب، امکان محاسبه مقدار بهینه مصرف آب وجود ندارد. ضریب متغیر آب نشان می‌دهد، با افزایش یک متر مکعب آب در هکتار در سال، رشد رویشی شاخه در سال به میزان ۰/۰۰۰۱۳ سانتیمتر افزایش می‌یابد. بر خلاف تابع تولید عملکرد محصول، در تابع رشد شاخه درخت، توان دوم EC آب معنی دار نشده و توان اول آن نیز علامت منفی دارد. علامت منفی این متغیر بدین مفهوم است که با افزایش شوری آب، از همان ابتدا تأثیرات منفی شروع می‌شود. با افزایش یک میکروموس بر سانتیمتر EC آب مصرفی، متوسط رشد رویشی سالانه شاخه به میزان ۰/۰۰۰۱۳ سانتیمتر کاهش می‌یابد. بافت خاک سنگین و رقم کله قوچی، تأثیر منفی بر رشد رویشی درختان پسته مورد مطالعه داشته است.

علاوه بر رشد سالانه شاخه، قطر شاخه نیز به عنوان یک فاکتور رویشی در نظر گرفته و عوامل موثر بر آن محاسبه شد. نتایج در جدول ۳ آمده است.

چنانچه جدول ۳ نشان می‌دهد، تمام متغیرهای مورد نظر معنی دار شده و علامتی مطابق با آنچه مورد نظر است را دارند. این علاوه بر اثبات درستی اطلاعات مورد نظر، بیانگر این مسئله است که قطر شاخه می‌تواند به عنوان یک شاخص مفید در تخمین تابع تولید و تعیین مقدار بهینه نهاده‌ها مورد استفاده قرار گیرد. با استفاده از جدول ۳ تعیین میزان بهینه مصرف آب و EC آب امکان پذیر است. با مشتق گیری تابع نسبت به متغیر EC و مساوی قرار دادن آن با صفر، مقدار بهینه EC آب برابر با ۸۳۳۳ میکروموس بر سانتیمتر محاسبه شد. این مقدار بسیار نزدیک با مقدار بهینه محاسبه شده از روش

رگرسیون مقدار عملکرد در هکتار به عنوان متغیر وابسته است. همچنین با مشتق‌گیری تابع نسبت به متغیر مقدار مصرف آب و مساوی قرار دادن آن با صفر، مقدار بهینه مصرف آب برابر با ۱۵۶۲۵ متر مکعب در هکتار در سال محاسبه شد. متغیر وابسته بعدی که تابع آن تخمین زده شد، متوسط تعداد جوانه زایشی سالانه بود. نتایج در جدول ۴ آمده است. در جدول ۴ نیز متغیرهای مورد نظر دارای علامت منطقی هستند. همچنین با استفاده از این تابع، مقدار بهینه EC آب برابر با ۸۶۲۰ میکرو موس بر سانتیمتر و مقدار بهینه مصرف آب نیز مساوی با ۱۲۹۸۷ متر مکعب در هکتار محاسبه شد. با توجه به نزدیکی اعداد محاسبه شد با اعداد قبلی، می‌توان از متغیر تعداد جوانه زایشی نیز به عنوان شاخصی از برآورد متغیرهای مورد نظر استفاده کرد.

جدول ۳- تابع تولید با متغیر وابسته قطر شاخه درخت پسته (میلیمتر).

نام متغیر	ضریب تخمین زده شده	آماره t	سطح معنی داری آماره t
مقدار ثابت	۶/۸۹	۲۰/۸۶	۰/۰۰۰
آب (متر مکعب در هکتار)	۰/۰۰۰۱	۲/۲۸	۰/۰۲۳
توان دوم آب (متر مکعب در هکتار)	-۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۳۲	-۱/۸۱	۰/۰۷۲
EC آب (میکرو موس بر سانتیمتر)	۰/۰۰۰۱۴	۲/۳۳	۰/۰۲۱
توان دوم EC آب	-۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۸۴	-۲/۵۷	۰/۰۱۱
رقم پسته (اوحدی=۱، غیره=۰)	-۰/۹۵	-۷/۱۲	۰/۰۰۰
SigF=0.000		R <sup>2</sup> =0.21	R <sup>2</sup> =0.22
F=14/17		adjR <sup>2</sup> =0.19	

ماخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ۴- تابع تولید با متغیر وابسته تعداد جوانه زایشی سالانه درخت پسته.

نام متغیر	ضریب تخمین زده شده	آماره t	سطح معنی داری آماره t
مقدار ثابت	۱/۱۱	۳/۰۷	۰/۰۰۲
آب (متر مکعب در هکتار)	۰/۰۰۰۲	۴/۲۳	۰/۰۰۰
توان دوم آب (متر مکعب در هکتار)	-۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۷۷	-۳/۹۷	۰/۰۰۰
EC آب (میکرو موس بر سانتیمتر)	۰/۰۰۰۱۵	۲/۱۶	۰/۰۳۲
توان دوم EC آب	-۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۸۷	-۲/۴۰	۰/۰۱۷
رقم پسته (اوحدی=۱، غیره=۰)	-۰/۴۱	-۲/۷۸	۰/۰۰۶
SigF=0.000		R <sup>2</sup> =0.10	R <sup>2</sup> =0.10
F=6/27		adjR <sup>2</sup> =0.09	

ماخذ: یافته‌های تحقیق

تعیین مقدار بهینه مصرف آب در باغ‌های پسته با اندازه‌گیری ویژگی‌های رویشی و زایشی درخت

جدول ۵- تابع تولید با متغیر وابسته تعداد جوانه نسبی ریخته شده سالانه درخت پسته.

نام متغیر	ضریب تخمین زده شده	آماره t	سطح معنی داری آماره t
مقدار ثابت	۰/۸۵	۱۵/۰۶	۰/۰۰۰
آب (متر مکعب در هکتار)	-۰/۰۰۰۰۳۴	-۴/۵۶	۰/۰۰۰
توان دوم آب (متر مکعب در هکتار)	۰/۰۰۰۰۰۰۰۱۴	۴/۵۱	۰/۰۰۰
EC آب (میکرو موس بر سانتیمتر)	-۰/۰۰۰۰۰۰۳۷	-۳/۴۹	۰/۰۰۱
توان دوم EC آب	۰/۰۰۰۰۰۰۰۱۹	۳/۳۵	۰/۰۰۱
رقم پسته (کله قوچی=۱، غیره=۰)	-۰/۰۰۶۴	-۳/۰۱	۰/۰۰۳
$R^2=0.22$		$R^2=0.13$	$adjR^2=0.11$
$F=7/89$		$SigF=0.000$	

ماخذ: یافته‌های تحقیق

متغیر وابسته دیگر در برآورد تابع تولید متغیر تعداد جوانه نسبی ریخته شده سالانه می‌باشد. این متغیر از تقسیم تعداد جوانه ریخته شده تقسیم بر تعداد کل جوانه محاسبه می‌گردد. نتایج در جدول ۵ آمده است.

چنانچه جدول ۵ نشان می‌دهد، بر خلاف جداول قبل، علامت ضریب متغیر آب منفی و علامت ضریب توان دوم آن مثبت می‌باشد. این مسئله برای متغیر EC آب نیز صادق است. دلیل آن، نیاز به حداقل نمودن تعداد ریزش جوانه‌ها است. این در حالی است که متغیرهای وابسته قبلی همه بایستی حداکثر می‌شدند. به عبارت دیگر در اینجا تابع دارای نقطه حداقل است. با استفاده از تابع تخمین زده شده از جدول ۵ نیز می‌توان نقاط بهینه مصرف آب و EC آب را محاسبه نمود. این مقادیر به ترتیب برابر با ۱۲۱۴۳ و ۹۷۳۷ می‌باشند. هر چند که این اعداد تفاوت جزئی با اعداد محاسبه شده از جداول قبلی دارند اما در محدوده قابل قبولی می‌باشند. به عبارت دیگر می‌توان از متغیر ریزش نسبی جوانه‌های زایشی نیز به عنوان شاخصی در ارزیابی مصرف نهاده‌ها مورد استفاده قرار داد.

در ادامه رابطه بین شاخص‌های رویشی و عملکرد پسته تخمین زده شد. نتایج در جدول ۶ آمده است. در رابطه ارائه شده در جدول ۶، متغیر وابسته، عملکرد محصول پسته بر حسب کیلوگرم در هکتار می‌باشد. چنانچه جدول ۶ نشان می‌دهد، متغیر متوسط رشد سالانه شاخه درخت یکی از متغیرهای موثر بر عملکرد پسته می‌باشد. از آنجایی که توان اول و دوم این متغیر معنی دار شده اند، بیانگر این مسئله است که رشد شاخه تا سطحی باعث افزایش عملکرد شده و سپس آن را کاهش می‌دهد. بدین ترتیب می‌توان نقطه بهینه رشد شاخه را محاسبه نمود. برای این منظور از تابع مورد نظر نسبت به متغیر رشد شاخ مشتق اول گرفته و مساوی با صفر قرار می‌دهیم. نقطه بهینه رشد شاخه مساوی با ۱۵/۱۴ سانتیمتر در

سال محاسبه می‌گردد. به عبارت دیگر، درختی می‌تواند بیشترین عملکرد را داشته باشد که به طور متوسط سالانه ۱۵/۱۴ سانتیمتر رشد شاخه داشته باشد. رشد کمتر و بیشتر شاخه باعث افت عملکرد خواهد شد. متغیر دیگری که در جدول ۶ معنی‌دار شده است، فاصله دو ردیف درخت می‌باشد. در این خصوص نیز مقدار بهینه فاصله دو ردیف درخت مساوی با ۵/۳۲ متر محاسبه می‌گردد. به عبارت دیگر، فاصله ردیف بهینه برای درخت پسته ۵/۳۲ متر می‌باشد. فواصل بیشتر و کمتر باعث کاهش عملکرد محصول می‌گردد.

همچنین در جدول ۶، عرض درخت نیز اثر مثبت و معنی‌داری بر عملکرد محصول دارد. به طوری که با افزایش عرض درخت و حجیم شدن آن، عملکرد محصول افزایش یافته است. رقم پسته از جمله متغیرهای موثر بر عملکرد می‌باشد. به طوری که جدول ۶ نشان می‌دهد، رقم احمد آقایی نسبت به سه رقم دیگر یعنی اکبری، کله فوجی و فندقی عملکرد بالاتری از خود نشان می‌دهد. متغیر مهم دیگری که در جدول ۶ معنی‌دار شده است، وجود یا عدم وجود مشکل خاص در باغ مورد مطالعه می‌باشد. چنانچه این جدول نشان می‌دهد، باغات معمولی و بدون مشکل عملکرد در هکتاری در حدود ۳۶۲ کیلوگرم بیشتر از باغات پسته مشکل‌دار، دارند. به طور کلی مشکلات اصلی که تأثیر محسوسی بر باغات پسته مورد مطالعه گذاشته‌اند شامل کم آبی، شوری آب، کم درختی و خشکیدگی درختان می‌باشند. بدین ترتیب می‌توان با جایگذاری ویژه گی‌های هر باغ در فرمول جدول ۶، عملکرد در هکتار را محاسبه نمود.

## نتیجه‌گیری و بحث

در این مطالعه، جهت تخمین تابع تولید و تعیین مقدار بهینه مصرف و کیفیت آب برای باغات پسته در شرایط محدودیت داده‌ها، الگوهای تابعی خاصی پیشنهاد گردید. برای این منظور با بازدید از ۲۸۶ باغ پسته در دو شهرستان انار و رفسنجان در استان کرمان و اندازه‌گیری فاکتورهای رویشی و زایشی باغات مورد نظر و جمع‌آوری تمام ویژگی‌های باغات، تابع تولید آب مورد استفاده در باغات پسته تخمین زده شد. نتایج مطالعه نشان داد که در شرایط فعلی به طور متوسط کشاورزان در ناحیه ۲ تولید مصرف آب قرار دارند. به عبارت دیگر، به طور متوسط در باغات پسته منطقه، مصرف بیش از اندازه آب (ناحیه ۳ تولید) و مصرف بسیار پایین آب (ناحیه ۱ تولید) وجود ندارد. با توجه به پراکنش پایین میزان مصرف آب توسط کشاورزان، در تابع تولید رایج تخمین زده شده با متغیر عملکرد در هکتار پسته، توان دوم متغیر آب معنی‌دار

تعیین مقدار بهینه مصرف آب در باغ‌های پسته با اندازه‌گیری ویژگی‌های رویشی و زایشی درخت

نشد. لذا برآورد مقدار بهینه مصرف آب امکان پذیر نبود. این در حالی است که مقدار بهینه EC محاسبه شده در این تابع، ۸۵۰۰ میکروموس محاسبه شد که در محدوده‌ای می‌باشد که مطالعات آزمایشی نیز آن را تایید می‌کنند (۴). در این مطالعه، علاوه بر عملکرد در هکتار پسته، متغیرهای رویشی و زایشی دیگری نیز به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شد. این متغیرها شامل متوسط سالانه رشد شاخه، قطر شاخه، تعداد جوانه زایشی سالانه و تعداد جوانه ریخته شده نسبت به کل جوانه‌های زایشی بودند. تخمین توابع مربوطه نشان داد که در تمام موارد، اثرات توان اول میزان مصرف معنی‌دار شده و دارای علامت مثبت و سازگار با تئوری می‌باشد. در رگرسیون‌های سه گانه با متغیرهای قطر شاخه، تعداد جوانه زایشی سالانه و تعداد جوانه ریخته شده نسبت به کل جوانه‌های زایشی، متغیر توان دوم آب نیز معنی‌دار شد. این مساله امکان محاسبه مقدار بهینه مصرف آب در باغ‌های پسته را فراهم نمود. مقدار بهینه محاسبه شده با این تابع در محدوده ۱۲۰۰۰ تا ۱۶۰۰۰ متر مکعب در هکتار در سال بود. به طوری که مقدار ۱۶۰۰۰ از تابعی برآورد گردید که متغیر رویشی قطر شاخه متغیر وابسته بود و ۱۲۰۰۰ مربوط به توابعی بود که متغیر وابسته متغیرهای زایشی بودند. در مطالعه فرگوسن (۱۳) نیز مقدار بهینه مصرف آب در آمریکا، ۱۲۰۰۰ متر مکعب در هکتار در سال بیان شده است. بدین ترتیب می‌توان گفت که در مواردی که در مطالعات میدانی، اطلاعات کافی در زمینه عملکرد در هکتار محصول وجود ندارد، می‌توان از متغیرهای زایشی جایگزین استفاده نمود.

جدول ۶- رابطه بین عملکرد در هکتار پسته با متغیرهای رویشی.

نام متغیر	ضریب تخمین زده شده	آماره t	سطح معنی داری آماره t
مقدار ثابت	-۳۱۷۱/۹۰	-۲/۵۰	۰/۰۱۳
متوسط سالانه رشد شاخه درخت پسته (سانتیمتر)	۱۲۴/۷۴	۲/۴۹	۰/۰۱۳
توان دوم متوسط سالانه رشد شاخه درخت پسته (سانتیمتر)	-۴/۱۲	-۱/۹۶	۰/۰۵۱
فاصله دو ردیف درخت (متر)	۵۶۱/۳۷	۱/۴۲	۰/۱۵۷
توان دوم فاصله دو ردیف درخت (متر)	-۵۲/۷۷	-۱/۶۶	۰/۰۹۸
عرض درخت (متر)	۵۳۲/۱۹	۷/۱۳	۰/۰۰۰
رقم پسته (احمد آقایی=۱، غیره=۰)	۳۲۱/۵۹	۲/۳۳	۰/۰۲۱
باغ معمولی و بدون مشکل (بله=۱، خیر=۰)	۳۶۲/۳۱	۳/۰۷	۰/۰۰۲
		R <sup>2</sup> =0.28	adjR <sup>2</sup> =0.26
		F=13/49	SigF=0.000

ماخذ: یافته‌های تحقیق

همچنین در سه تابع با متغیرهای قطر شاخه، تعداد جوانه زایشی سالانه و تعداد جوانه ریخته شده نسبت به کل جوانه‌های زایشی، توان های اول و دوم EC آب معنی دار شد. مقدار بهینه EC آب محاسبه شده در این سه تابع در محدوده ۸۳۳۳ تا ۹۷۰۰ میکروموس بر سانتیمتر قرار داشتند. این مقادیر نیز با مقدار بهینه محاسبه شده توسط تابع تولید با متغیر وابسته عملکرد محصول تقریباً مشابه بوده و با مقدار بهینه EC آب به دست آمده از مطالعات آزمایشگاهی نیز سازگار است. لذا در خصوص محاسبه مقدار بهینه EC آب در باغ‌های پسته نیز می توان در صورت فقدان داده های مربوط به عملکرد در هکتار، از متغیرهای رویشی و زایشی استفاده نمود. در نهایت، تابعی تخمین زده شد که رابطه بین عملکرد در هکتار محصول پسته را با متغیرهای رویشی نشان می‌داد. مزیت این تابع این است که در هر زمانی از سال می توان با اندازه‌گیری متغیرهای رویشی، متوسط عملکرد در هکتار بلند مدت باغ را محاسبه نمود.

در تخمین های تابع تولید در مطالعه فعلی سه نکته بدون پاسخ ماند که بایستی در مطالعات آینده مورد توجه قرار گیرد. نخست این که جزء اثرات متقابل مقدار مصرف و EC آب معنی دار نشد. به عبارت دیگر، توابع تخمین زده شده اثر افزایش حجم آب در کاهش اثرات منفی EC قابل برآورد نیست. علت این موضوع نیز تعداد پایین داده‌های مورد استفاده در آب های با EC های بالا و مقادیر مصرف بالای آب می‌باشد. برای بررسی این موضوع نیاز است تا مطالعات مربوط به آب و به ویژه کیفیت آب در مناطق با وسعت کوچکتر انجام شود. برای مثال شهرستان انار در استان کرمان یکی از مناطقی می‌باشد که انجام مطالعات کیفیت آب بایستی در این منطقه به طور مجزا انجام شود. متوسط EC آب مصرفی در باغات پسته شهرستان انار به طور متوسط ۱۲۰۰۰ میکروموس بر سانتیمتر بوده و در دامنه ۱۱۰۰ تا ۳۳۰۰۰ قرار دارد (۷). در حالی که چنین شرایطی در هیچکدام از مناطق پسته‌کاری استان کرمان وجود ندارد. لذا تمرکز مطالعات شوری آب در این منطقه و جمع آوری تعداد بیشتر نمونه می توان عواملی چون تأثیرات متقابل شوری و مقدار مصرف آب را نیز مورد بررسی قرار داد.

دومین نکته‌ای که در مطالعه فعلی مغفول مانده است، عدم ورود متغیرهای مدیریت آفات، تغذیه، بیماری‌ها و ... در تابع تولید می‌باشد. این موضوع باعث شده است تا مقدار  $R^2$  در تابع تولید تخمین‌زده شده پایین باشد. برای رفع این مشکل، در مطالعات آینده، بایستی تخمین تابع تولید در مناطق با وسعت کمتر و تعداد نمونه بیشتری صورت بگیرد. سومین نکته که در مطالعه فعلی و در تخمین تابع تولید وارد نشده است، سیستم آبیاری می‌باشد. در این مطالعه، سیستم آبیاری، سیستم غرقابی می‌باشد. این در حالی است که متغیر سیستم آبیاری که بیانگر سیستم‌های مختلف آبیاری از جمله آبیاری تحت فشار می‌باشد، وارد تابع نشده است. به علت اینکه کمتر از ۶ درصد از نمونه مورد مطالعه از سیستم‌های آبیاری

تعیین مقدار بهینه مصرف آب در باغ‌های پسته با اندازه‌گیری ویژگی‌های رویشی و زایشی درخت

به غیر از سیستم غرقابی استفاده می‌کردند، بنابراین متغیر سیستم آبیاری در تابع تولید معنی‌دار نشد. این مساله نشان می‌دهد که بررسی اثر استفاده از سیستم‌های آبیاری را نمی‌توان با استفاده از نمونه‌گیری تصادفی بررسی نمود. بلکه بایستی نمونه را طوری انتخاب کرد که سیستم‌های مختلف آبیاری را به طور تقریب در خود جای دهد.

## منابع

- ۱- تهامی پور، م.، مهرابی بشر آبادی، ح. و ع. کرباسی. ۱۳۸۴. تأثیر کاهش سطح آب‌های زیرزمینی در رفاه اجتماعی تولیدکنندگان، مطالعه موردی: پسته کاران شهرستان زرند. اقتصاد کشاورزی و توسعه، ۱۳(۴۹)، ۹۷-۱۱۶.
- ۲- سادات موذنی، س. و ع. کرباسی. ۱۳۸۷. اندازه‌گیری انواع کارایی با استفاده از روش تحلیل فراگیر داده‌ها، مطالعه موردی: پسته کاران شهرستان زرند. اقتصاد کشاورزی و توسعه، ۱۶(۶۱)، ۱-۱۶.
- ۳- شرکت سهامی آب منطقه ای کرمان. ۱۳۹۶. گزارش سالیانه.
- ۴- رحیمیان، م. ح.، نوری امام زادتی، م. ر.، هاشم نژاد، ی.، طباطبایی، س. ح. و ع. نشاط. ۱۳۹۳. تعیین کسر آبشویی باغ‌های پسته شمال اردکان با استفاده از ترکیبی از تعیین گر جبهه رطوبتی و القاء گر الکترومغناطیسی. مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب)، ۲۸(۱)، ۱۶۳-۱۷۳.
- ۵- عبدالهی عزت‌آبادی، م.، بصیرت، م.، صداقت، ر.، میرزایی، س. و غ. ابارقی. ۱۳۹۶. بررسی اقتصادی مدیریت تلفیقی آفات در باغ‌های پسته شهرستان‌های انار و رفسنجان. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، پژوهشکده پسته.
- ۶- عبدالهی عزت‌آبادی، م.، حسینی فرد، س. ج.، صداقت، ر.، میرزایی، س. و غ. ابارقی. ۱۳۹۶. بررسی اقتصادی مدیریت تغذیه باغ‌های پسته در شهرستان‌های انار و رفسنجان. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، پژوهشکده پسته.
- ۷- عبدالهی عزت‌آبادی، م.، صداقتی، ن.، صداقت، ر.، محمدی محمد آبادی، ا.، میرزایی، س. و غ. ابارقی. ۱۳۹۷. بررسی اقتصادی مدیریت آبیاری باغ‌های پسته در شهرستان‌های انار و رفسنجان. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، پژوهشکده پسته.



- ۸- فتاحی اردکانی، ا. و م. ق. موسی نژاد. ۱۳۷۷. اندازه‌گیری بهره‌وری مهمترین عوامل موثر بر تولید پسته در شهرستان اردکان. مجله علوم کشاورزی ایران، ۲۹ (۲)، ۳۱۶-۳۰۹.
- ۹- فتاحی اردکانی، ا. و س. یزدانی. ۱۳۹۰. برآورد ارزش اقتصادی آب زیرزمینی در کشاورزی خشک بوم (مطالعه موردی پسته‌کاران دشت یزد- اردکان). خشک بوم، ۱ (۳)، ۸۴-۷۶.
- ۱۰- قربانی، ع. ۱۳۸۵. بررسی نقش مهارت‌های مدیریتی در افزایش عملکرد پسته، مطالعه موردی: پسته‌کاران شهرستان دامغان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.
- ۱۱- کیانی، ع. ر.، میرلطفی، م.، همایی، م. و ع. م. چراغی. ۱۳۸۴. تعیین بهترین تابع تولید آب-شوری گندم در منطقه شمال گرگان، مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، ۶، ۱۴-۱.
- ۱۲- محمدی محمدآبادی، ا.، علیپور، ح.، غفاری موفق، ف.، و ع. ر. منعم زاده. ۱۳۸۹. تأثیر سطوح مختلف ازت و آبیاری بر صفات کمی و کیفی پسته در منطقه خاش. مجله علوم باغبانی ایران، ۴۱ (۱)، ۳۸-۲۷.
- 13- Ferguson, L. and D.R. Haviland. 2016. Pistachio Production Manual. University of California. Agriculture and Natural Resources Publication
- 14- Kan, I., Schwabe, K.A. and K. C. Knapp. 2002. Microeconomics of irrigation with saline water. Journal of Agricultural and Resource Economics, 27: 16-39.
- 15- Karimi, H.R., Ebadi, A., Zamani, Z. and R. Fatahi. 2011. Effects of water salinity on growth indices and physiological parameters in some pistachio rootstocks. Journal of Plant Nutrition, 34(7): 935-944
- 16- Kijne, J.W. 2003. Water productivity under saline conditions, "Water Productivity in Agriculture: Limits and Opportunities, Editors, W. Kijne, R. Barker and D. Molden, CAB International.
- 17- Kim, C.S. and G.S. Schaible. 2000. Economic benefits resulting from irrigation water use: Theory and an application to groundwater use. Environmental and Resource Economics, 17: 73-87.
- 18- Lu, Y.C., Sadler, E.J. and C.R. Camp. 2004. Optimal levels of irrigation in corn production in the Southeast Coastal Plain. Journal of Sustainable Agriculture, 24: 95-106.