تعیین مقدار بهینه مصرف آب در باغ های پسته با اندازه گیری ویژگی های رویشی و زایشی درخت

محمد عبدالهی عزت آبادی*[۱] و اکبر محمدی محمد آبادی[۲]

تاریخ ارسال: ۱۳۹۸/۰۱/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۰/۳۰

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 می باشد. پراکنش ناکافی در داده های مصرف آب و محاسبه عملکرد در هکتار، دو محدودیت تخمین تابع تولید آب برای باغات پسته می باشد. در این مطالعه الگویی جهت تخمین تابع تولید با استفاده از شاخص های رویشی و زایشی درخت ارائه شد. برای این منظور، با استفاده از روش نمونه گیری تصادفی چند مرحله ای، نمونه ای از مالکان ۲۸۶ باغ پسته در شهرستان های 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 باغ های 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. آزمون های مختلف، صحت این توابع و مقادیر بهینه محاسبه شده توسط آن ها را ثابت کرد. در نهایت تابعی با متغیر وابسته عملکرد و متغیرهای مستقل ویژگی های رویشی برآورد گردید. با استفاده از این تابع می توان با اندازه گیری 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 باغ های پسته، با استفاده از مطالعات میدانی، تابعی تخمین زد که در آن شاخص های رویشی و زایشی درخت، متغیر وابسته باشد. با این کار، می توان ضمن افزایش دقت نتایج، هزینه های تحقیق را کاهش داد.

واژه‌های کلیدی: پسته، تابع تولید آب، محدودیت دسترسی به داده ها

[۱] – استادیار پژوهشی، پژوهشکده پسته، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رفسنجان ایران
[۲] – مربی پژوهشی، پژوهشکده پسته، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رفسنجان ایران

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 می باشد. جهت تعیین سطحی از مصرف آب که سود را حداکثر می کند، می توان از تابع تولید آب استفاده کرد. همچنین می توان در جهت تخصیص آب بین مصارف رقیب، تخصیص آب بین محصولات مختلف بخش کشاورزی، تعیین نسبت آب به زمین و تخمین اثر سیاست های قیمت گذاری 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 سیاست های حفاظت از آب و افزایش طول عمر منابع آب مورد استفاده قرار گرفته است (۱۸).

علاوه بر کمیت آب، موضوع افزایش بهره وری آب در شرایط شوری به منظور تعیین و اجرای دقیق نیازهای آبشویی امری حیاتی بوده و می تواند از نفوذ غیر ضرور آب در خاک و خارج شدن از دسترس گیاه جلوگیری نماید. آبشویی کسری از آب آبیاری می باشد که به منظور شستشوی نمک از فضای ریشه گیاه صورت می گیرد. آب مورد استفاده گیاه (تبخیر و تعرق) و نیاز آبشویی، در مجموع تشکیل دهنده کل تقاضای آب از منابع می باشند. تبخیر و تعرق و آبشویی از طریق تابع تولید آب به هم مربوط می شوند. هر چه رشد گیاه بیشتر به شوری حساس باشد، کسر کمتری از آب صرف تبخیر و تعرق قرار گرفته و بیشتر آن صرف آبشویی می شود. در خصوص حساسیت به شوری، گیاهان واکنش های متفاوتی داشته و آستانه ای وجود دارد که در کمتر از آن شوری بر عملکرد تاثیر نمی گذارد. به هر حال شواهدی وجود دارد که در شرایط مزرعه، در مواردی که گیاه با استرس های کم آبی و شوری به طور همزمان روبروست و مصرف آب به طور همگن صورت نمی گیرد، حتی تجمع شوری در پایین تر از حد آستانه شوری نیز می تواند بر عملکرد محصول تاثیر منفی بگذارد. به عبارت دیگر، تابع تولید آب در تعیین آستانه تحمل شوری آب توسط گیاهان نیز مورد استفاده قرار می گیرد (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 می آورند. بنابراین، کشت پسته همزمان با محدودیت شدید کمیت و کیفیت آب است. این مساله، استفاده هر چه بهتر و اقتصادی از آب را می طلبد. لذا تعیین حدود بهینه مصرف آب و همچنین تعیین آستانه تحمل محصول به شوری آب موضوعی اساسی می باشد. این مساله در خصوص مناطق قدیمی پسته کاری مانند شهرستان های 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 سفره های آب زیرزمینی در این منطقه شده است. برداشت بی رویه 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 تقریبا همگی میدانی بوده اند، به علت عدم دسترسی به اطلاعات مناسب، تخمین تابع تولید با مشکل مواجه شده است. برای مثال، فتاحی اردکانی و موسی نژاد (۸)، تابع تولید پسته در شهرستان اردکان در استان یزد را تخمین زده اند. هر چند که تابع تخمین زده شده از نوع ترانسندنتال می باشد، جزء خطی متغیر آب در تابع تولید از نظر آماری معنی دار نمی باشد. همچنین تهامی پور و همکاران (۱) تابع تولید پسته کاران زرند در استان کرمان را تخمین زده اند. در این تابع که از نوع درجه دو می باشد هیچکدام از متغیرهای توان اول و توان دوم آب در تابع تولید پسته معنی دار نشده اند. در مطالعه قربانی (۱۰) نیز متغیر آب در تابع تولید پسته در شهرستان دامغان معنی دار نشده است. موضوع معنی دار نشدن متغیر آب در بسیاری از توابع تخمین زده شده در خصوص محصول پسته و سایر محصولات، بحثی است که کاملا با تئوری در تضاد می باشد. به عبارت دیگر، نمی توان گفت که مصرف آب در تولید محصول کشاورزی تاثیری ندارد. معنی دار نشدن متغیر آب در تابع تولید در این مطالعات ناشی از پراکنش پایین در مقدار مصرف آب توسط کشاورزان مورد سئوال می باشد. به عبارت دیگر، پراکندگی مصرف آب توسط کشاورزان در دامنه کم و تنها در ناحیه ۲ تولید می باشد و این مسئله باعث می شود تا به بویژه متغیر توان دوم آب در توابع درجه ۲ و بخش خطی متغیر آب در توابع ترانسندنتال معنی دار نشود.

در مطالعات جدیدتر نیز همچنان مسئله کمبود اطلاعات وجود دارد. برای مثال، سادات موذنی و کرباسی (۲)، برای محاسبه کارآیی تولید کنندگان پسته در شهرستان زرند در استان کرمان، برای متغیر آب، تعداد ساعات آبیاری را مد نظر قرار داده اند. این در حالی است که به علت آبدهی متفاوت چاه های آبکشی، نمی توان متغیر ساعات آبیاری را به به جای 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 نموده اند. در این

تابع توان اول و دوم متغیر آب با علامت منفی ظاهر شده اند. این مسئله نیز که به علت داده های ناکافی می باشد تضاد با تئوری تولید را نشان می دهد.

علاوه بر پراکنش ناکافی در داده های مصرف آب، مسئله دیگری که باعث محدودیت داده ها در تخمین تابع تولید به ویژه برای محصول پسته می باشد، ویژگی خاص این محصول است. از آنجایی که درخت پسته به صورت سال های کم محصول و پر محصول ظاهر می شود، 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 می سپارند لذا این مسئله نیز به محدودیت دیگری جهت برآورد تابع تولید پسته شده است.

در خصوص برآورد تابع تولید پسته از طریق داده های آزمایشی و اجرای طرح های تیماری نیز مشکلات مختلفی وجود دارد. برای مثال جهت بررسی تاثیرEC آب بر عملکرد محصول پسته نمی توان باغ پسته ای را یافت که دسترسی به دامنه گسترده ای از کیفیت های آب داشته باشد. از طرفی، اجرای آزمایش در باغ های مختلف با مالکیت آب با شوری های متفاوت نیز در صورتی امکان پذیر است که تعداد تکرار بالا بوده و این مساله باعث می شود تا هزینه انجام آزمایش بالا رود. همین موضوع باعث شده است تا نتوان مطالعه ای آزمایشی پیدا به طور همزمان تاثیر 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 داده اند. برای مثال، محمدی محمدآبادی و همکاران (۱۲)، تاثیر سطوح مختلف ازت و آبیاری بر صفات کمی و کیفی پسته در منطقه خاش را مورد بررسی قرار دادند. نتایج مطالعه آن ها 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 شاخص های رویشی و ویژگی های فیزیولوژی چهار پایه پسته (بادامی زرند A، بادامی زرند B، قزوینی و سرخس) در شرایط گلخانه را مورد بررسی قرار دادند. بعد از گذشت سه ماه، وزن خشک برگ برای نهال های آبیاری شده با آب شور ۱۰ دسی زیمنس بر متر تا حدود ۳۰ تا ۵۰ درصد کاهش یافت. بادامی زرند B مقاوم ترین پایه در شوری های 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 زرند B مقاومترین پایه و سرخس حساس ترین پایه نسبت به شوری آب هستند.

به علت محدودیت های اشاره شده، در مطالعه فعلی سعی شده است تا امکان استفاده از ویژگی های رویشی و زایشی گیاه، و انجام مطالعات میدانی را بررسی نموده و مسایل و محدودیت های فنی و مالی در جمع آوری داده ها به منظور تخمین تابع تولید را برطرف نماید. به دنبال آن امکان تخمین مقدایر بهینه کمیت و کیفیت آب مصرفی در باغات پسته فراهم نماید.

مواد و روش ها

اطلاعات مورد استفاده در این تحقیق از طریق پرسشنامه از کشاورزان، تهیه شد. برای این منظور، نمونه مورد مطالعه از شهرستان های انار و رفسنجان انتخاب گردید. شهرستان های 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 شده اند. آب و هوای این دو شهرستان جز مناطق نیمه خشک با تابستان های گرم و زمستان های نسبتاً سرد دسته بندی می شود. میانگین دراز مدت بارندگی سالانه این شهرستان ها بین ۱۰۰- ۷۰ میلی‌متر و متوسط دمای سالانه آن بین ۵- تا ۴۲ درجه سانتیگراد می‌باشد. روش نمونه گیری، تصادفی چند مرحله ای بود. از مجموع روستاهای دو شهرستان، تعدادی نمونه بر اساس روشهای نمونه گیری تصادفی انتخاب شد. در مرحله بعد، از لیست کشاورزان ساکن در روستا های نمونه، کشاورزان مورد نظر با روش های نمونه گیری تصادفی انتخاب گردید. در نهایت با مالکان ۲۸۶ باغ پسته مصاحبه و اطلاعات مورد نظر جمع آوری 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 جانشینی ثابت، لئونتیف و ترانسلوگ می باشند. بسیاری از مطالعات به این نتیجه رسیده اند که شکل درجه ۲ بهترین شکل برای تابع تولید آب می باشد (۱۱، ۱۷ و ۱۸). در مطالعه فعلی نیز پس از بررسی فرم های تابعی مختلف، نتایج آزمون های آماری نشان داد که شکل تابعی درجه ۲ بهترین شکل تابعی برای تخمین تابع تولید آب در باغات پسته می باشد. لذا از تابع تولید درجه ۲ استفاده شد. این شکل تابعی، علاوه بر سازگاری با اصول آماری، با نظریه های علمی نیز سازگار است. از دیدگاه نظری، افزایش مصرف آب، تا حدی باعث افزایش تولید شده، به نقطه حداکثر رسیده و پس از آن کاهشی می شود. کاهش تولید محصول با افزایش مصرف آب ناشی از مشکلات شستشوی مواد غذایی، خفگی ریشه و ... می باشد. در خصوص محصول پسته، EC

آب، به عنوان شاخص کیفیت نیز مکانیزمی شبیه مقدار مصرف آب دارد. بـه عبـارت دیگـر، از آنجـایی کـه گیـاه پسـته شوری دوست است، افزایش شوری آب تا اندزه ای باعث افزایش عملکرد شده و سپس کاهشی می شود. بـدین ترتیـب، تابع درجه ۲ می تواند رفتار توضیح داده شده در مورد تاثیر کمیت و کیفیت آب بر عملکـرد پسـته را بـه خـوبی شـرح دهد.

در تخمین تابع تولید، از مقدار آب آبیاری مصرف شده در باغات پسته به عنوان متغیر مستقل اسـتفاده گردیـد. بـه منظور محاسبه مقدار آب مصرف شده سالیانه در هر هکتار باغ، تعداد نوبت و زمان هر دور آبیاری از باغ دار سئوال شـد. سپس دبی چاه آبیاری مورد استفاده اندازه گیری گردید. برای این منظور، با توجه به شرایط موجود، در صورتی کـه آب در لوله جریان داشت، با روش گونیا اندازه گیری دبی صورت گرفت. همچنین، اگر جریان آب در کانال انجام می گرفت، اندازه گیری دبی با استفاده از جسم شناور و میانگین سرعت حرکت آب در کانال و محاسبه سطح مقطع آب موجـود در کانال صورت گرفت. در این خصوص، فاکتورهایی مانند ضریب حجم کانال، نوع کانال و شکل کانـال مـورد توجـه قـرار 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 مصـرفی نیـز اسـتفاده شـد. در ایـن خصـوص، کیجن (۱۶) معتقد است که هر چه شوری آب آبیاری افزایش می یابد، مقدار موثر آب کاهش می یابد. در این خصـوص مقدار کاهش مد نظر گرفته شده برای شوری آب بستگی به میزان رشد درخواست شده از گیاه و عملکـرد مـدنظر مـی باشد. این مسئله در چارچوب توابع شوری-آب-محصول توضیح داده می شود. در مطالعـه جـاری فـاکتور EC (هـدایت الکتریکی) به عنوان شوری آب مصرفی در نظر گرفته شد. به پیروی از کان و همکاران (۱۴) رابطـه بـین عملکـرد و EC نیز به صورت درجه ۲ مد نظر قرار گرفت. برای اندازه گیری شـوری آب، از چـاه هـای تـامین کننـده آب باغـات مـورد بررسی، نمونه برداری شده و اندازه گیریEC در آزمایشگاه به عمل آمد.

بدین ترتیب تابع تولید مورد نظر به صورت زیر است:

$$Y = a + bW + cW^2 + dEC + eEC^2 + fECW + gO + hSYS \quad (۱)$$

در رابطه ۱، Yمتغیر وابسته شامل میزان عملکرد پسته در هکتار در سال بر اسـاس کیلـو گـرم یـا یکـی از فاکتورهـای رویشی یا زایشی درخت، W، مقدار مصرف آب بـر حسـب متـر مکعـب در هکتـار در سـال، EC، شـوری آب، O، سـایر متغیرهای مدیریتی مانند تغذیه، مبارزه با آفات، ویژگی هـای بـاغ شـامل تـراکم کشـت، SYS، سیسـتم آبیـاری مـورد

استفاده و a، b، c، d، e، f، g، و h ضرایب تخمین زده شده می باشند. ششمین جمله سمت راست تابع ۱ (ECW)، بیانگر اثرات متقابل مقدار و کیفیت مصرف آب می باشد. اگر ضریب این جمله معنی دار شده و علامت آن مثبت باشد، بیانگر این مطلب است که با مصرف آب بیشتر به منظور آبشویی، می توان EC های بالاتر را برای درخت پسته قابل تحمل تر کرد.

با داشتن تابع تولید ۱، برای مشخص کردن اندازه بهینه هر یک از متغیر های مقدار مصرف و EC آب، از متغیر مربوطه مشتق گرفته و مساوی با صفر قرار می دهیم. در صورتی که معادله بدست آمده نسبت به متغیر مربوطه حل شود نقطه بهینه (حداکثر یا حداقل) محاسبه می شود.

برای 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 فاکتور های رویشی محاسبه شده مد نظر قرار گرفت. در این راستا فاکتور های 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 اندازه گیری 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 آن ها بر روی میزان متوسط عملکرد سه ساله گذشته بررسی گردید. در این صورت می توان با داشتن صفات رویشی گیاه، عملکرد آن را برآورد نمود. جهت اندازه گیری رشد رویشی درختان، از دو جهت درخت، شاخه هایی انتخاب شد. همچنین برای انتخاب درخت، تعدادی به صورت تصادفی انتخاب گردید، به طوری که نماینده کل باغ باشند. پس از انتخاب درخت و شاخه های مورد نظر، به منظور اندازه گیری طول شاخه از متر و جهت اندازه گیری 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 می باشد. همچنین آماره های t مربوط به متغیرهای مستقل نیز نشان دهنده معنی دار بودن تمام این متغیرها در سطح یک درصد است. مقدار عددی R^2 برابر با ۰/۱۹ می باشد. این عدد نشان می دهد که ۱۹ درصد از تغییرات متغیر وابسته، یعنی عملکرد در هکتار محصول پسته توسط دو متغیر مقدار و EC آب توضیح داده می شود. پایین بودن R^2 در مطالعات میدانی امری طبیعی می باشد. چنان چه در بخش مواد و روش ها

بیان شد، داده های این تحقیق از ۲۸۶ باغ پسته با مالکان مختلف استفاده شده است. لذا باغ های مورد مطالعه، دارای تفاوت های زیادی بوده و عوامل مدیریتی مختلفی بر عملکرد در هکتار پسته موثر می باشند. همچنین چنان چه مطالعات عبدالهی عزت آبادی و همکاران (۶) نشان می دهد، الگوهای بسیار متفاوتی در خصوص مدیریت تغذیه در باغ های پسته منطقه وجود دارد. این مساله باعث شده است، برای مثال، تعداد الگوی مربوط به یک عامل تغذیه ای در نمونه مورد مطالعه به اندازه کافی بزرگ نباشد و متغیر مربوطه در مدل معنی دار نشود. یا این که در خصوص مدیریت مبارزه با آفات، چنان چه مطالعه عبدالهی عزت آبادی (۵) نشان می دهد، عوامل مدیریتی در رگرسیون عملکرد در هکتار معنی دار نبوده بلکه بر بهره وری 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 معنی دار بوده و عمدا حذف شود، بنابراین خطای تصریح به وجود نمی آید. 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 می گردد. این موضوع در مورد تمام رگرسیون های تخمین زده شده صادق می باشد.

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 (متر مکعب در هکتار)	۰/۰۶۴	۵/۴۸	۰/۰۰۰
EC آب (میکرو موس بر سانتیمتر)	۰/۱۵۴	۲/۶۵	۰/۰۰۹
توان دوم EC آب	-۰/۰۰۰۰۰۹۱	-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
SigF=0.000	F=42/11	$adjR^2$=0.17	R^2=0.19	

ماخذ: یافته های تحقیق

چنان چه جدول ۱ نشان می دهد، هر چند که توان دوم متغیر مقدار مصرف آب و حاصلضرب EC در مقدار مصرف آب معنی دار نشده اند و نمی توان مقدار بهینه مصرف آب و ارزش آب با کیفیت های مختلف را محاسبه نمود، اما می توان 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 می دهد که بازده نهایی آب مثبت و کوچکتر از بازده متوسط آب است، بنابراین استفاده از آب در ناحیه ۲ تولید صورت می گیرد.

در جدول ۱، متغیرهای EC و توان دوم آن معنی دار هستند. این مسئله مطابق با اصل ارائه شده در روش تحقیق می باشد. این جدول همچنین نشان می دهد 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 شوری های بالاتر عملکرد کاهش می یابد. 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 می یابد. جدول ۱ همچنین نشان می دهد که خاک سنگین تاثیر منفی بر تولید پسته دارد. به طوری که باغات پسته با خاک های سنگین، نسبت به باغات پسته با خاک های سبک و متوسط به طور میانگین، ۳۲۵ کیلوگرم در هکتار عملکرد پایین تری دارند. همچنین تابع تولید تخمینی نشان می دهد که رقم کله قوچی نسبت به ارقام اوحدی، احمد آقایی و اکبری، دارای عملکرد پایین تری است. به طوری که این رقم عملکردی معادل ۲۶۸ کیلوگرم در هکتار کمتر نسبت به سه رقم دیگر از خود نشان می دهد. چنان چه در جدول ۱ نشان داده شده است، سایر متغیرهای مدیریتی باغ، متغیر اثر متقابل آب و EC و متغیر سیستم آبیاری معنی دار نشده اند.

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 می گیریم. نتایج رگرسیون تخمین زده شده در جدول ۲ آمده است.

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
SigF=0.000	F=8/71	adjR²=0.10	R²=0.11

ماخذ: یافته های تحقیق

مقایسه جدول ۲ با جدول ۱ نشان می دهد که تمام متغیرهای معنی دار شده در جدول ۱، در جدول ۲ نیز معنی دار شده اند. این مسئله بیان گر دقت اندازه گیری های صورت گرفته در باغ و اطلاعات ارائه شده توسط کشاورزان می باشد. 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 می دهد، با افزایش یک متر مکعب آب در هکتار در سال، رشد رویشی شاخه در سال به میزان ۰/۰۰۰۱۳ سانتیمتر افزایش می یابد. 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 تاثیرات منفی شروع می‌شود. با افزایش یک میکرو موس بر سانتیمتر EC آب مصرفی، متوسط رشد رویشی سالانه شاخه به میزان ۰/۰۰۰۱۳ سانتیمتر کاهش می‌یابد. بافت خاک سنگین و رقم کله قوچی، تاثیر 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.

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	-۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۸۴		-۲/۵۷	۰/۰۱۱
رقم پسته (اوحدی=۱، غیره=۰)	-۰/۹۵		-۷/۱۲	۰/۰۰۰
SigF=0.000	F=14/17	adjR^2=0.19	R^2=0.21	R^2=0.22

ماخذ: یافته های تحقیق

چنانچه جدول ۳ نشان می دهد، 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 می تواند به عنوان یک شاخص مفید در تخمین تابع تولید و تعیین مقدار بهینه نهاده ها 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

باصفر، مقدار بهینه EC آب برابر با ۸۳۳۳ میکرو موس 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 مشتق گیری تابع نسبت به متغیر مقدار مصرف آب و مساوی قرار دادن آن باصفر، 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.

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)	-۰/۰۰۰۰۰۰۰۷۷	-۳/۹۷	۰/۰۰۰
EC آب (میکرو موس بر سانتیمتر)	۰/۰۰۰۱۵	۲/۱۶	۰/۰۳۲
توان دوم EC آب	-۰/۰۰۰۰۰۰۰۸۷	-۲/۴۰	۰/۰۱۷
رقم پسته (اوحدی=۱، غیره=۰)	-۰/۴۱	-۲/۷۸	۰/۰۰۶
SigF=0.000	F=6/27	adjR^2=0.09	R^2=0.10	R^2=0.10

ماخذ: یافته های تحقیق

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، می توان از متغیر تعداد جوانه زایشی نیز به عنوان شاخصی از برآورد متغیرهای مورد نظر استفاده کرد.

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

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)	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۱۴	۴/۵۱	۰/۰۰۰
EC آب (میکرو موس بر سانتیمتر)	-۰/۰۰۰۰۳۷	-۳/۴۹	۰/۰۰۱
توان دوم EC آب	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۱۹	۳/۳۵	۰/۰۰۱
رقم پسته (کله قوچی=۱، غیره=۰)	-۰/۰۶۴	-۳/۰۱	۰/۰۰۳
SigF=0.000	F=7/89	adjR²=0.11	R²=0.13	R²=0. 22

ماخذ: یافته های تحقیق

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

در ادامه رابطه بین شاخص های 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 می باشد. چنانچه جدول ۶ نشان می دهد، متغیر متوسط رشد سالانه شاخه درخت یکی از متغیرهای موثر بر عملکرد پسته می باشد. 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 می دهد. بدین ترتیب می توان 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 می دهیم. نقطه بهینه رشد شاخه مساوی با ۱۵/۱۴ سانتیمتر در سال محاسبه می گردد. به عبارت دیگر، درختی می تواند بیشترین عملکرد را داشته باشد که به طور متوسط سالیانه ۱۵/۱۴ سانتیمتر رشد شاخه داشته باشد. رشد کمتر و بیشتر شاخه باعث افت عملکرد

خواهد شد. متغیر دیگری که در جدول ۶ معنی دار شده است، فاصله دو ردیف درخت می باشد. در این خصوص نیز مقدار بهینه فاصله دو ردیف درخت مساوی با ۵/۳۲ متر محاسبه می گردد. به عبارت دیگر، فاصله ردیف بهینه برای درخت پسته ۵/۳۲ متر می باشد. فواصل بیشتر و کمتر باعث کاهش عملکرد محصول می گردد.

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
SigF=0.000	F=13/49	adjR²=0.26	R²=0.28	

ماخذ: یافته های تحقیق

همچنین در جدول ۶، عرض درخت نیز اثر مثبت و معنی داری 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 می باشد. به طوری که جدول ۶ نشان می دهد، رقم احمد آقایی نسبت به سه رقم دیگر یعنی اکبری، کله قوچی و فندقی عملکرد بالاتری از خود نشان می دهد. متغیر مهم دیگری که در جدول ۶ معنی دار شده است، وجود یا عدم وجود مشکل خاص در باغ مورد مطالعه می باشد. چنانچه این جدول نشان می دهد، باغات معمولی و بدون مشکل عملکرد در هکتاری در حدود۳۶۲ کیلوگرم بیشتر از باغات پسته مشکل دار، دارند. به طور کلی مشکلات اصلی که تاثیر محسوسی بر باغات پسته مورد مطالعه گذاشته اند شامل کم آبی، شوری آب، کم درختی و خشکیدگی درختان می باشند. بدین ترتیب می توان با جایگذاری ویژه گی های هر باغ در فرمول جدول ۶، عملکرد در هکتار را محاسبه نمود.

نتیجه گیری و بحث

در این مطالعه، جهت تخمین تابع تولید و تعیین مقدار بهینه مصرف و کیفیت آب برای باغات پسته در شرایط محدودیت داده ها، الگوهای تابعی خاصی پیشنهاد گردید. برای این منظور با بازدید از ۲۸۶ باغ پسته در دو شهرستان انار و رفسنجان در استان کرمان و اندازه گیری فاکتور های رویشی و زایشی باغات مورد نظر و جمع آوری تمام ویژگی های 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 معنی دار نشد. لذا برآورد مقدار بهینه مصرف آب امکان پذیر نبود. این در حالی است که مقدار بهینه EC محاسبه شده در این تابع، ۸۵۰۰ میکرو موس محاسبه شد که در محدوده ای می باشد که مطالعات آزمایشی نیز آن را تایید می کنند (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 جوانه های زایشی بودند. تخمین توابع مربوطه نشان داد که در تمام موارد، اثرات توان اول میزان مصرف معنی دار شده و دارای علامت مثبت و سازگار با تئوری می باشد. در رگرسیون های سه گانه با متغیرهای قطر شاخه، تعداد جوانه زایشی سالانه و تعداد جوانه ریخته شده نسبت به کل جوانه های زایشی، متغیر توان دوم آب نیز معنی دار شد. این مساله امکان محاسبه مقدار بهینه مصرف آب در باغ های پسته را فراهم نمود. مقدار بهینه محاسبه شده با این تابع در محدوه 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 می توان گفت که در مواردی که در مطالعات میدانی، اطلاعات کافی در زمینه عملکرد در هکتار محصول وجود ندارد، می توان از متغیرهای زایشی جایگزین استفاده نمود.

همچنین در سه تابع با متغیرهای قطر شاخه، تعداد جوانه زایشی سالانه و تعداد جوانه ریخته شده نسبت به کل جوانه های 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 میکرو موس بر سانتیمتر قرار داشتند. این مقادیر نیز با مقدار بهینه محاسبه شده توسط تابع

تولید با متغیر وابسته عملکرد محصول تقریبا 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 باغ های 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 می داد. مزیت این تابع این است که در هر زمانی از سال می توان با اندازه گیری 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 داده های مورد استفاده در آب های با EC های بالا و مقادیر مصرف بالای آب می باشد. 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 می باشد 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 میکرو موس بر سانتیمتر بوده و در دامنه ۱۱۰۰ تا ۳۳۰۰۰ قرار دارد (۷). در حالی که چنین شرایطی در هیچکدام از مناطق پسته کاری استان کرمان وجود ندارد. لذا تمرکز مطالعات شوری آب در این منطقه و جمع آوری تعداد بیشتر نمونه می توان عواملی چون تاثیرات متقابل شوری و مقدار مصرف آب را نیز مورد بررسی قرار داد.

دومین نکته ای که در مطالعه فعلی مغفول مانده است، عدم ورود متغیرهای مدیریت آفات، تغذیه، بیماری ها و ... در تابع تولید می باشد. این موضوع باعث شده است تا مقدار R^2 در تابع تولید تخمین زده 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 می باشد. در این مطالعه، سیستم آبیاری، سیستم غرقابی می باشد. این در حالی است که متغیر سیستم آبیاری که بیانگر سیستم های مختلف آبیاری از جمله آبیاری تحت فشار می باشد، وارد تابع نشده است. به علت اینکه کمتر از ۶ درصد از نمونه مورد مطالعه از سیستم های آبیاری به غیر از سیستم غرقابی استفاده می کردند، بنابراین متغیر سیستم آبیاری در تابع تولید معنی دار نشد. این مساله نشان می دهد که بررسی اثر استفاده از سیستم های آبیاری را نمی توان با استفاده از نمونه گیری تصادفی بررسی نمود. بلکه بایستی نمونه را طوری انتخاب کرد که سیستم های مختلف آبیاری را به طور تقریب در خود جای دهد.

فهرست منابع

۱- تهامی پور، م.، مهرابی بشر آبادی، ح. و ع. کرباسی. ۱۳۸۴. تاثیر کاهش سطح آب های زیر زمینی در رفاه اجتماعی تولیدکنندگان، مطالعه موردی: پسته کاران شهرستان زرند. اقتصاد کشاورزی و توسعه، ۱۳(۴۹)، ۱۱۶- ۹۷.

۲- سادات موذنی، س. و ع. کرباسی. ۱۳۸۷. اندازه گیری انواع کارآیی با استفاده از روش تحلیل فراگیر داده ها، 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 زادئی، م. ر.، هاشم نژاد، ی.، طباطبایی، س. ح. و ع. نشاط. ۱۳۹۳. تعیین کسر آبشویی باغ های پسته شمال اردکان با استفاده از ترکیبی از تعیین گر جبهه رطوبتی و القاء گر الکترومغناطیسی. مجله پژوهش های خاک (علوم خاک و آب)، ۲۸ (۱)، ۱۶۳-۱۷۳

۵- عبدالهی عزت آبادی، 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 عزت آبادی، 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 عزت آبادی، م.، صداقتی، ن.، صداقت، ر.، محمدی محمد آبادی، ا.، میرزایی، س. و غ. ابارقی. ۱۳۹۷. بررسی اقتصادی مدیریت آبیاری باغ های پسته در شهرستان های 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. اندازه گیری بهره وری 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 زیر زمینی در کشاورزی خشک بوم (مطالعه مورزی پسته کاران دشت یزد- اردکان). خشک بوم، ۱(۳)، ۸۴-۷۶.

۱۰- قربانی، ع. ۱۳۸۵. بررسی نقش مهارت های مدیریتی در افزایش عملکرد پسته، مطالعه موردی: پسته کاران شهرستان دامغان. پایان نامه 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 محمد آبادی، ا.، علیپور، ح.، غفاری موفق، ف.، و ع. ر. منعم زاده. ۱۳۸۹. تاثیر سطوح مختلف ازت و آبیاری بر صفات کمی و کیفی پسته در منطقه خاش. مجله علوم باغبانی ایران، ۴۱ (۱)، ۲۷-۳۸.

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.