وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
موسسه تحقیقات پسته کشور

روش تعیین مقدار بهینه اقتصادی مصرف آب در باغ‌های پسته

نگارندگان:
محمد عبدالهی عزت‌آبادی
اکبر محمدی محمدآبادی
(اعضای هیات علمی موسسه تحقیقات پسته کشور)

۱۳۹٤

نام نشریه: روش تعیین مقدار بهینه اقتصادی مصرف آب در باغ‌های پسته

نویسندگان: محمد عبدالهی عزت آبادی و اکبر محمدی محمد آبادی

ناشر: شورای انتشارات موسسه تحقیقات پسته کشور

ویراستاران علمی: رضا صداقت، ناصر صداقتی، علی تاج آبادی پور

چاپ اول: ۱۳۹۴

تیراژ: ۱۰۰۰ جلد

امور فنی: نجمه صابری

مسئولیت صحت مطالب با نویسنده است.

شماره ثبت در مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی ۴۷۴۶۶ به تاریخ ۹۴/۵/۱۴ می باشد.

قیمت:

نشانی: رفسنجان، میدان شهید حسینی، موسسه تحقیقات پسته کشور

صندوق پستی: ۷۷۱۷۵-۴۳۵

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
مقدمه	۴
۱- نحوه محاسبه نسبت بهینه آب به زمین در شرایط نا محدود بودن آب	۷
۲- نحوه محاسبه نسبت بهینه آب به زمین در شرایط محدود بودن آب	۱۴
نتیجه گیری و پیشنهادها	۱۸
منابع مورد استفاده	۱۹

مقدمه

در گذشته، اغلب مطالعات در سمت عرضه آب و از طریق تحلیل‌های منفعت به هزینه صورت می‌گرفت. با شکل گیری مباحث جدید در خصوص آب، مانند تغییرات آب و هوا، خشکسالی‌ها و سیلاب‌ها، تمرکز در سمت تقاضا مورد نیاز است. بهینه سازی مدیریت فعالیت‌هایی که منجر به افزایش محصول شود، نیازمنددر نظر داشتن، متغیرهای فیزیکی، سیاستی و اقتصادی اجتماعی می‌باشد. شرایط جدید حکم می‌کند که با مصرف کمتر آب، محصول بیشتری را تولید کرد (کوئیروگا و همکاران[1]، ۲۰۱۰).

سیاست معقول در مدیریت منابع آب، این است که از منابع موجود کمتر از حد بهینه استفاده شود. در شرایطی که هیچ گزینه دیگری برای استفاده از آب وجود نداشته باشد، حتی قابلیت بالای انتقال آب نیز نمی‌تواند منجر به ایجاد شرایطی گردد که قیمت‌ها بیانگر ارزش واقعی آب باشند. به عبارت دیگر، پژوهش‌های مربوط به آب در تعیین سطح بهینه اقتصادی مصرف آب و بررسی امکان جابجایی و تخصیص آن از اهمیت بالایی برخوردار می باشد(وارد و میچلسن[2]، ۲۰۰۲).

در بخش کشاورزی روز به روز بحث حفاظت از منابع آب، از اهمیت بیشتری برخوردار می‌شود. طبق تعریف، حفاظت از منابع آب عبارت از افزایش کارآیی استفاده از آب و حذف و کاهش تلفات آب در مسیر انتقال و مزرعه می‌باشد. به طور خلاصه، حفاظت از آب شامل کنترل فیزیکی، نگهداری، مدیریت و استفاده از منابع آب می باشد، به نحوی که ضمن بقای تولید محصولات کشاورزی، ، چرای دام‌ها، پوشش گیاهی، و حیات وحش نیز حفظ گردیده و منافع پایداری را برای انسان فراهم نماید. به عبارت دیگر، ضمن افزایش دسترسی بخش کشاورزی به آب، بایستی میزان تقاضا برای آب کاهش یابد و از اتلاف و آلودگی منابع آب جلوگیری شود. یکی از موارد اتلاف آب، نفوذ عمقی و خارج شدن از دسترس گیاه می‌باشد. راه جلوگیری از این مسئله نیز استفاده از میزان مناسب آب مورد نیاز گیاه و بنابراین تعیین نسبت بهینه آب به زمین می‌باشد (پریتز و ملیک[3]، ۲۰۰۴). 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

---

[1] Quiroga, et. al.
[2] Ward and Michelsen
[3] Printz and Malik

آب ضروری است. جهت تعیین سطحی از مصرف آب که سود را حداکثر می‌نماید، استفاده از تابع تولید آب می‌باشد. 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 قیمت گذاری بر روی بخش کشاورزی استفاده نمود. در مطالعات گذشته، تابع تولید آب جهت تهیه اطلاعات مربوط به تصمیمات آبیاری در سطح مزرعه، مورد استفاده قرار می گرفت. این کار به منظور افزایش سود و سیاست‌های حفاظت از آب و افزایش طول عمر منابع، است. (لو و همکاران[4]، ۲۰۰۴). همچنین مطالعات نشان می‌دهند که اندازه مزرعه متغیری مهم در میزان کارآیی استفاده از آب می‌باشد. از آنجایی که در مناطق خشک، با گذشت زمان، آب نسبت به زمین محدودتر می‌شود، بنابراین تعیین روش‌های کم آبیاری در سطح مزارع از اهمیت بالاتری برخوردار می‌باشد (اویس و هاچون[5]، ۲۰۰۹، گیرتس و راس[6]، ۲۰۰۹). کم آبیاری عبارت است از آبیاری کمتر از حد معمول که به صورت عمدی انجام می‌شود. در این زمینه، نیاز است تا سطحی از آبیاری مشخص شود که ضمن مصرف کمترین میزان آب، بیشترین سود و سطح زیر کشت را به همراه داشته باشد. بنابراین، تعیین نسبت بهینه اقتصادی آب به زمین الزامی می‌باشد (منگو و اوزگورل[7]، ۲۰۰۸).

علاوه بر کمیت آب، موضوع افزایش بهره‌وری آب در شرایط شور، به منظور تعیین و اجرای دقیق نیازهای آبشویی، امری حیاتی بوده و می‌تواند از نفوذ غیر ضروری آب در خاک و خارج شدن از دسترس گیاه جلوگیری نمود. آبشویی، کسری از آب آبیاری می‌باشد که به منظور شستشوی نمک از فضای ریشه گیاه، اضافه می گردد. آب مورد استفاده گیاه (تبخیر و تعرق) و نیاز آبشویی، در مجموع تشکیل دهنده کل تقاضای آب از منابع می‌باشند. تابع تولید آب، تبخیر و تعرق و آبشویی به یکدیگر مرتبط می‌نماید. هر چه حساسیت رشد گیاه به شوری بیشتر باشد، اجباراً نیاز به آبشویی افزایش یافته و حجم آب کمتری صرف تبخیر و تعرق می گردد. طبق تعریف، برای کلیه گیاهان آستانه تحملی نسبت به شوری وجود دارد که در مقادیر کمتر از آن شوری بر عملکرد تاثیر نمی گذارد اما با عبور شوری از مقادیر آستانه تحمل گیاه، عملکرد کاهش می‌یابد. به هر حال،

---

[4] Lu, et al.
[5] Oweis and Hachum
[6] Girts and Rass
[7] Mengu and Ozgurel

شواهدی وجود دارد که در شرایط مزرعه، در مواردی که گیاه با تنش‌های کم آبی و شوری به طور همزمان روبروست و توزیع آب در سطح مزرعه به طور یکنواخت صورت نمی گیرد، حتی تجمع شوری در پایین‌تر از حد آستانه شوری نیز می‌تواند بر عملکرد محصول تاثیر منفی بگذارد. علاوه بر این، حساسیت مراحل مختلف رشد گیاه نسبت به تنش شوری وارد شده متفاوت می باشد بنابراین زمان تحمیل تنش شوری نیز بر عملکرد موثر است. به عبارت دیگر، نیاز است تا نسبت بهینه اقتصادی آب به زمین در مناطق، شوری‌ها، محصولات و زمان‌های مختلف مشخص شود (کیجن[۸]، ۲۰۰۳).

کشت پسته یکی از مواردی است که با تمام مسائل مطرح شده مواجه بوده و بنابراین نیاز است تا نسبت بهینه اقتصادی آب به زمین در این مناطق مشخص گردد. در زمان شروع سرمایه گذاری وسیع در ایجاد باغ‌های پسته، آب نسبت به زمین محدودیت خاصی نداشت. در صورتی که در شرایط حاضر، کمبود آب در بیشتر مناطق پسته خیز به بحرانی جدی تبدیل شده است. دلیل این امر، سیاست‌های تشویقی در بخش کشاورزی در جهت احداث بی رویه باغ‌های پسته بوده، در حالی که هماهنگ با آن سیاست‌های مناسب جهت حفاظت از منابع آب صورت نگرفته است (عبدالهی عزت آبادی، ۱۳۸۷).

برای تعیین مقدار بهینه باغ پسته متناسب با آب در دسترس، فرض می‌شود که مقدار آب از قبل معلوم است. پس از مشخص شدن مقدار آب در دسترس که بر اساس معیار توسعه پایدار تعیین می شود، نوبت به تصمیم گیری در خصوص تعیین سطح باغ پسته بهینه نسبت به آب در دسترس است. اولین نکته‌ای که بایدمورد توجه قرار داد این است که جهت تعیین میزان بهینه باغ پسته با داشتن مقدار ثابت آب، بایستی باغ پسته مثمر را در نظر گرفت. به عبارت دیگر، اگر برای تعیین میزان باغ مناسب برای مقدار ثابت آب، از نیاز آبی نهال پسته استفاده شود و باغ ایجاد گردد، پس از رسیدن سن درختان به سن باروری و افزایش نیاز آبی درخت، باغ با کمبود آب مواجه می‌شود. به طور متوسط، نیاز آبی یک باغ مثمر نسبت به یک باغ تازه احداث شده ۲/۵ برابر می‌باشد (فرشی و همکاران، ۱۳۷۶). بدین ترتیب، در سال‌های نخست، مقدار زیادی از آب موجود بلا استفاده می ماند تا بتوان در زمانی که باغ به سن ثمر دهی می‌رسد با مشکل مواجه نشود. برای تعیین نسبت

---

[۸] Kijne

بهینه آب به زمین در یک باغ مثمر در دو حالت مختلف بایستی از دو روش متفاوت استفاده کرد. در ادامه این نشریه، این دو حالت متفاوت در دو بخش جداگانه مورد بررسی قرار گرفته است.

۱- نحوه محاسبه نسبت بهینه آب به زمین در شرایط نامحدود بودن آب

در شرایطی که هنوز باغ پسته‌ای احداث نشده است، می‌توان منبع آب را نامحدود فرض نموده و باغ پسته را محدود در نظر گرفت. این فرض، منطقی به نظر می‌رسد زیرا مقدار باغ صفر بوده و مقدار آب نسبت به صفر نامحدود است. در چنین شرایطی، برای تعیین مقدار بهینه آب مورد نیاز یک باغ پسته مثمر به صورت زیر عمل می‌شود:

یک هکتار باغ پسته مثمر را در نظر می‌گیریم. میزان آب مصرفی را از مقدار کم شروع کرده و آن را افزایش می‌دهیم. این کار را تا جایی ادامه می‌دهیم که ارزش نهایی آب اضافه شده بیشتر از هزینه آب اضافه شده باشد. ارزش نهایی آب اضافه شده، ارزش ریالی مقدار محصول پسته اضافه شده ناشی از آن میزان آب می‌باشد. برای مثال، فرض کنید، با مصرف ۸۵۰۰ متر مکعب آب در هر هکتار، میزان تولید، ۱۲۰۰ کیلوگرم پسته در هکتار باشد. حال اگر با مصرف ۸۵۰۱ متر مکعب آب در هر هکتار، تولید به ۱۲۰۰/۰۸ کیلوگرم در هکتار برسد، تولید نهایی یک متر مکعب آب برابر با ۰/۰۸ کیلوگرم می‌باشد. اگر قیمت یک کیلوگرم پسته برابر با ۲۵۰۰۰۰ ریال باشد، ارزش نهایی آب اضافه شده (یک متر مکعب)، معادل ۲۰۰۰۰ ریال خواهد بود. حال، تا زمانی که هزینه تهیه یک متر مکعب آب کمتر از ۲۰۰۰۰ ریال باشد، از نظر اقتصادی اضافه کردن آب به صرفه می‌باشد. این کار تا زمانی ادامه پیدا می‌کند که هزینه تهیه آب با ارزش نهایی آب برابر شود. بنابراین، وقتی که این دو فاکتور مساوی شدند، مقدار بهینه آب مصرفی بدست می‌آید. یکی از روش‌هایی که برای تعیین ارزش آب مورد استفاده قرار می‌گیرد، استفاده از تابع تولید است. با استفاده از داده‌های باغ‌های پسته در شهرستان‌های انار و رفسنجان در استان کرمان، تابع تولید تخمین زده شد. این تابع به صورت فرمولی است که ارتباط بین میزان و کیفیت آب و سایر نهاده‌ها را با مقدار محصول تولید شده نشان می‌دهد. به عبارت دیگر، با جایگزینی مقادیر فرمول می‌توان میزان تولید پسته را محاسبه نمود. در جدول ۱، فرمول برآورد شده ارایه گردیده است. همچنین در جدول ۲، با ارایه مثالی عددی، نحوه برآورد میزان محصول با استفاده از فرمول تابع تولید بیان شده است.

جدول ۱: فرمول محاسبه مقدار تولید محصول پسته بر واحد زمین (کیلوگرم بر هکتار)

نام متغیر	ضریب تخمین زده شده
مقدار مصرف آب (متر مکعب در هکتار در سال)	۰/۱۳۷
توان دوم مقدار مصرف آب (متر مکعب در هکتار در سال)	-۰/۰۰۰۰۰۵۵
هدایت الکتریکی آب (میکروموس بر سانتیمتر) ضربدر مقدار مصرف آب (متر مکعب در هکتار در سال)	۰/۰۰۰۰۱۹
توان دوم هدایت الکتریکی آب ضربدر مقدار مصرف آب (متر مکعب در هکتار در سال)	-۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۱۲
بافت خاک (سنگین=۱، غیره=۰) ضربدر مقدار مصرف آب (متر مکعب در هکتار در سال)	-۰/۰۳۳
رقم پسته (کله قوچی=۱، غیره=۰) ضربدر مقدار مصرف آب (متر مکعب در هکتار در سال)	-۰/۰۲۷

ماخذ: عبدالهی عزت‌آبادی و همکاران (۱۳۹۳)

چنان‌چه نتایج جدول ۱ نشان می‌دهد، در فرمول محاسبه عملکرد محصول پسته، ضریب توان اول آب مثبت بوده و ضریب توان دوم آب منفی است. این مسئله نشان می‌دهد که افزایش مقدار مصرف آب در یک هکتار، تا حدی باعث افزایش تولید محصول شده و سپس باعث کاهش باردهی درخت خواهد شد. این مسئله رابطه فنی بین آب و گیاه را نشان می‌دهد. به طوری که با مصرف بیش از اندازه آب، علاوه بر شستشوی خاک و از دسترس خارج شدن مواد مغذی، تنفس ریشه نیز با مشکل مواجه می‌شود. این دو مسئله نیز در نهایت به کاهش عملکرد منجر خواهد شد. بنابراین، برای افزایش عملکرد محصول، تنها نمی‌توان با افزایش آب تا بی‌نهایت این کار را انجام داد. بلکه بایستی استفاده از سایر نهاده‌ها از جمله تغذیه، تهویه خاک و ... را نیز به طور همزمان در دستور کار قرار داد. جدول ۱، هم‌چنین نشان می‌دهد که توان اول هدایت الکتریکی آب[۹] مثبت بوده و توان دوم آن منفی است. هدایت الکتریکی آب به عنوان شاخصی از کیفیت آب در نظر گرفته شده است. هر چه هدایت الکتریکی کمتر شود، شوری آب کاهش یافته و آب از کیفیت بالاتری برخوردار خواهد بود. با توجه به علایم ضرایب هدایت الکتریکی آب، در جدول ۱، می‌توان اظهار نمود که افزایش هدایت الکتریکی نیز تا حدی باعث افزایش عملکرد شده و سپس باعث کاهش محصول می‌شود. با توجه به این‌که گیاه پسته در مقایسه با سایر گیاهان از آستانه تحمل به شوری بالاتری برخوردار می باشد لذا این مسئله دور از انتظار نمی‌باشد. ذکر این نکته

[۹] EC

ضروری است که اگر شوری آب از حدآستانه تحمل گیاه تجاوز کند تاثیرات منفی آن بر تولید محصول آغاز خواهد شد. جدول ۱ هم‌چنین نشان می‌دهد که بافت خاک و رقم پسته نیز بر عملکرد محصول تاثیر گذار می‌باشند. در منطقه مورد مطالعه و در سال‌های مورد بررسی، رقم کله قوچی نسبت به ارقام فندقی، اکبری و احمدآقایی از عملکرد پایین تری برخوردار بود. البته این مسئله در تمام شرایط صدق نمی کند. همچنین بافت خاک سنگین نسبت به بافت‌های سبک و متوسط از عملکرد پایین‌تری برخوردار است.

جدول ۲: نحوه محاسبه مقدار تولید محصول پسته بر واحد زمین (کیلوگرم بر هکتار)

نام متغیر	مقدار متغیر	ضریب تخمین زده شده	حاصل‌ضرب ستون های دوم و سوم
مقدار مصرف آب (متر مکعب در هکتار در سال)	۹۷۰۰	۰/۱۳۷	۱۳۲۸/۹
توان دوم مقدار مصرف آب (متر مکعب در هکتار در سال)	۹۴۰۹۰۰۰۰	-۰/۰۰۰۰۰۵۵	-۵۱۷/۴۹۵
هدایت الکتریکی آب (میکروموس بر سانتیمتر) ضرب‌در مقدار مصرف آب (متر مکعب در هکتار در سال)	۶۷۹۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۱۹	۱۲۹۰/۱
توان دوم هدایت الکتریکی آب ضرب‌در مقدار مصرف آب (متر مکعب در هکتار در سال)	۴۷۵۳۰۰۰۰۰۰۰۰	-۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۱۲	-۵۷۰/۳۶
بافت خاک (سنگین=۱، غیره=۰) ضرب‌در مقدار مصرف آب (متر مکعب در هکتار در سال)	۰	-۰/۰۳۳	۰
رقم پسته (کله قوچی=۱، غیره=۰) ضرب‌در مقدار مصرف آب (متر مکعب در هکتار در سال)	۰	-۰/۰۲۷	۰

ماخذ: عبدالهی عزت‌آبادی و همکاران (۱۳۹۳)

برای محاسبه مقدار تولید پسته در جدول ۲، میزان مصرف آب ۹۷۰۰ متر مکعب در هکتار در سال با هدایت الکتریکی ۷۰۰۰ میکروموس بر سانتیمتر در نظر گرفته شد. هم‌چنین، بافت خاک

غیر سنگین و رقم پسته غیر کله قوچی مدنظر بود. بدین ترتیب، مقادیر متغیرها در ستون دوم (از سمت راست) جدول ۲ قرار داده شد. برای مثال مصرف آب، مقدار ۹۷۰۰ متر مکعب در هکتار- سال قرار داده شده و توان دوم آن برابر با توان دوم عدد ۹۷۰۰ قرار داده شده است. سپس مقادیر متغیرها (ستون دوم) در ضرایب متغیرها (ستون سوم) ضرب شده و ستون چهارم محاسبه شد. حال اگر تمام اعداد ستون سمت چپ جدول ۲ را با هم جمع بزنیم، مقدار عملکرد در هکتار محصول را معادل ۱۵۳۱/۱۴۵ کیلوگرم در هکتار در سال حاصل می شود. به عبارت دیگر، اگر در طول سال میزان ۹۷۰۰ متر مکعب آب با عدایت الکتریکی ۷۰۰۰ میکروموس بر سانتیمتر در باغ پسته مثمری با بافت خاک غیر سنگین (سبک و متوسط) و رقم غیر کله‌قوچی (فندقی، احمدآقایی و اکبری) مصرف نماییم، در این‌صورت، میانگین چند ساله، عملکردی معادل ۱۵۳۱ کیلوگرم در هکتار را حاصل می نماید. قضاوت درباره این عملکرد بایستی با توجه به چند نکته صورت گیرد. نخست این که این عملکرد بلند مدت بوده و ممکن است در سال‌های مختلف بالاتر یا پایین‌تر از مقدار ذکر شده باشد. برای مثال، ممکن است در یک سال بر اثر سرمازدگی محصول از بین رفته و یا به علت شرایط سال کم بار یا پربار محصول متغیر باشد. نکته دوم این که این عملکرد بر اساس مدیریت متوسط منطقه مورد مطالعه و مصرف سایر نهاده‌ها در این منطقه می‌باشد. نکته سوم، ویژگی‌های باغ پسته می‌باشد. در جدول ۳ این ویژگی‌ها آمده است.

به طور کلی، می‌توان اظهار نمود که استفاده از فرمول جدول ۱ و محاسبات جدول ۲ برای تخمین عملکرد، در صورتی مجاز می‌باشد که میزان مصرف سایر نهاده‌ها و ویژگی باغ مورد بررسی در محدوده جدول ۳ باشد. واضح است که استفاده از فرمول جدول ۱ برای باغ‌های پسته متفاوت با جدول ۳، نتایج غیر واقعی را ارایه خواهند داد.

فرمول جدول ۱، کاربرد دیگری نیز دارد. از این فرمول می‌توان برای برآورد میزان بهینه مصرف آب و بهترین کیفیت آب در باغ‌های پسته استفاده نمود. در این زمینه می‌توان، با استفاده از روابط فنی مختلف، مقدار بهینه مصرف آب در قیمت‌های مختلف آب بدست آورد. به علت پیچیده بودن این روابط، فرمول‌های ریاضی مربوطه در این نشریه ارایه نشده است. خوانندگانی که علاقه بیشتر به این موضوع دارند، می‌توانند به مطالعه عبدالهی عزت‌آبادی و همکاران (۱۳۹۳) مراجعه نمایند. با استفاده از فرمول‌های فوق، مقدار بهینه آب در شرایط مختلف در جداول ۴ ارائه

شد. خوانندگان گرامی می‌توانند با مقایسه شرایط باغ خود با شرایط قید شده در این جداول، میزان تقریبی آب بهینه را تعیین نمایند.

جدول ۳. میزان مصرف نهاده‌های مختلف و ویژگی‌های باغ‌های پسته

نام متغیر	حداقل	متوسط	حداکثر
میزان مصرف کود گاوی (تن در هکتار)	۰	۱۰/۵۲	۷۲
میزان مصرف کود گوسفندی (تن در هکتار)	۰	۲/۷۲	۲۶/۶۷
میزان مصرف کود مرغی (تن در هکتار)	۰	۷/۲۱	۳۴
میزان مصرف کود فسفات (کیلوگرم در هکتار)	۰	۱۸۳/۸۲	۱۲۰۰
میزان مصرف کود نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)	۰	۲۵۸/۷۰	۱۰۰۰
میزان مصرف کود پتاسیمی (کیلوگرم در هکتار)	۰	۹۵/۲۹	۱۴۰۰
محلول پاشی عناصر (بله=۱، خیر=۰)	۰	۰/۶۳	۱
تعداد سمپاشی آفت پسیل (نوبت در سال)	۱	۶/۵۴	۱۵
تعداد سمپاشی آفت زنجره (نوبت در سال)	۰	۰/۱۷	۳
تعداد سمپاشی آفت سنک (نوبت در سال)	۰	۰/۱۲	۲
تعداد سمپاشی آفت من (نوبت در سال)	۰	۰/۱۲	۲
تعداد سمپاشی آفت میوه خوار (نوبت در سال)	۰	۰/۰۳	۱
تعداد سمپاشی آفت چوب خوار (نوبت در سال)	۰	۰/۱۲	۲
تعداد سمپاشی آفت شپشک ها (نوبت در سال)	۰	۰/۲۸	۳
تعداد سمپاشی آفت پوست خوار (نوبت در سال)	۰	۰/۱۳	۱
سن درخت (سال بعد از پیوند)	۲/۰۰	۲۵/۱۰	۱۱۷/۰۰
فاصله دو ردیف درخت (متر)	۳/۰۰	۶/۰۲	۹/۰۰
فاصله درختان روی ردیف (متر)	۰/۵۰	۱/۷۵	۳/۰۰
جهت ردیف ها (شمالی- جنوبی=۱، شرقی-غربی=۰)	۰/۰۰	۰/۶۸	۱/۰۰
تعداد درخت در هکتار	۰/۰۰	۷/۷۷	۵۲/۰۰
ارتفاع درخت (متر)	۱/۲۸	۲/۳۹	۴/۷۱
عرض درخت (متر)	۱/۰۶	۳/۶۹	۶/۶۴

ماخذ: عبدالهی عزت‌آبادی و همکاران (۱۳۹۳)

جدول ۴: مقادیر بهینه مصرف آب در کیفیت‌ها و قیمت‌های مختلف[10] آب (برای ارقام غیر کله‌قوچی و خاک‌های سبک و متوسط)

قیمت آب (ریال بر مترمکعب)	هدایت الکتریکی آب (میکروموس بر سانتیمتر)	مقدار بهینه مصرف آب (مترمکعب در هکتار در سال)	حداکثر عملکرد در مقدار بهینه مصرف آب (کیلوگرم پسته بر هکتار)
۰	۸۰۰۰	۱۹۶۵۸	۲۱۱۵
۱۲۵۰	۸۰۰۰	۱۹۲۰۱	۲۱۱۴
۵۰۰۰	۸۰۰۰	۱۷۸۳۱	۲۰۹۶
۱۰۰۰۰	۸۰۰۰	۱۶۰۰۰	۲۰۳۲
۰	۵۰۰۰	۱۸۶۱۹	۱۸۹۷
۰	۸۰۰۰	۱۹۶۵۸	۲۱۱۵
۰	۱۰۰۰۰	۱۹۲۵۸	۲۰۳۰
۰	۱۲۰۰۰	۱۷۹۸۴	۱۷۷۰
۰	۱۵۰۰۰	۱۳۳۳۳	۱۱۴۰
۰	۱۸۰۰۰	۸۹۱۸	۴۳۵
۰	۱۹۰۰۰	۶۶۴۲	۲۴۱
۰	۲۰۰۰۰	۴۱۴۸	۹۴
۰	۲۱۰۰۰	۱۴۳۵	۱۱
۰	۲۲۰۰۰	۰	۰

ماخذ: عبدالهی عزت‌آبادی و همکاران (۱۳۹۳)

مقدار بهینه مصرف آب در جدول ۴، بر اساس قیمت ۲۵۰۰۰۰ ریال بر هر کیلوگرم پسته محاسبه شد. هم‌چنین، این مقادیر برای باغ‌های پسته با بافت خاک سبک و متوسط و ارقام غیر کله‌قوچی ارائه گردید. به عبارت دیگر، افرادی که باغ پسته‌ای با ویژگی‌های جدول ۳ داشته باشند و تحت شرایط آن جدول سایر نهاده‌ها را مصرف می‌کنند، می‌توانند از اعداد جدول ۴ برای تصمیم‌گیری استفاده نمایند. این افراد اگر بتوانند آب با هدایت الکتریکی ۸۰۰۰ میکروموس بر سانتیمتر را با قیمت صفر (مجانی) تهیه کنند، می‌توانند با افزایش مصرف آب تا ۱۹۶۵۸ متر مکعب در هکتار در سال، عملکرد در هکتار باغ خود را تا حد ممکن (۲۱۱۵ کیلوگرم در هکتار

[10] - قیمت صفر در شرایط مجانی بودن آب و قیمت‌های ۱۲۵۰، ۵۰۰۰ و ۱۰۰۰۰، به ترتیب هزینه استحصال آب، قیمت مبادلاتی آب و دو برابر قیمت مبادلاتی آب است. هم‌چنین در ۱۰ ردیف آخر جدول، با فرض صفر بودن قیمت آب، میزان بهینه مصرف آب در شوری‌های مختلف محاسبه شده است.

در سال) افزایش دهند. واضح است که این افراد عملکردهای بالاتر از این مقدار را نمی‌توانند با افزایش مصرف آب به دست آورند. زیرا مصرف بیشتر آب باعث کاهش عملکرد در مدیریت موجود خواهد شد. این افراد برای افزایش عملکر بالاتر از این مقدار، می‌توانند مدیریت باغ خود را تغییر داده و استفاده از ترکیب‌های متفاوت و یا مقادیر بیشتر سایر نهاده‌ها را در دستور کار خود قرار دهند.

چنان‌چه جدول ۴ نشان می‌دهد، با افزایش قیمت آب، مقدار بهینه مصرف آب کاهش می‌یابد. به عبارت دیگر، وقتی کشاورز بابت استفاده از آب بایستی پول بپردازد، مقدار بهینه مصرف آب کمتری برای او امکان پذیر است. برای مثال، اگر قیمت هر متر مکعب آب به ۵۰۰۰ ریال برسد، مقدار بهینه مصرف آب با ۲۰۰۰ متر مکعب کاهش به میزان ۱۷۸۳۱ متر مکعب در هکتار در سال می‌رسد. در چنین شرایطی، میزان تولید بهینه نیز کاهش می‌یابد. با گران شدن آب، کشاورز می‌تواند با جایگزین نمودن آب به جای سایر نهاده‌ها ، عملکرد خود را در سطح قبل نگه دارد. برای مثال، با استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای (جایگزین کردن سرمایه به جای آب) ضمن مصرف کمتر آب، با افزایش کارآیی مصرف، عملکرد را بالاتر ببرد. جدول ۴ همچنین نشان می‌دهد که با افزایش قیمت یک متر مکعب آب به ۱۰۰۰۰ ریال، مقدار بهینه مصرف آب به ۱۶۰۰۰ متر مکعب در هکتار در سال می‌رسد. بدین ترتیب مشخص می‌شود که با افزایش قیمت آب، مقدار مصرف آب کاهش می‌یابد. به عبارت دیگر، استفاده از آب با هر قیمتی برای کشت محصول پسته امکان پذیر نیست. به طوری که اگر قیمت آب در منطقه مورد مطالعه به بالای ۴۵۰۰۰ ریال بر متر مکعب برسد، تقریبا کشت پسته تحت هیچ تکنولوژی اقتصادی نیست. بنابراین، به کارگیری آب از روش‌هایی مانند انتقال آب از خلیج فارس که هزینه آن افزون بر ۱۰۰۰۰۰ ریال بر متر مکعب می‌باشد، به هیچ وجه در باغ‌های پسته صرفه اقتصادی ندارد.

چنان‌چه جدول ۴ نشان می‌دهد، علاوه بر افزایش قیمت آب، زمانی که کیفیت آب نیز کاهش یابد(افزایش هدایت الکتریکی)، باعث می‌شود تا مقدار بهینه مصرف آب کم شود. چنان‌چه این جدول نشان می‌دهد، هر چه هدایت الکتریکی آب از ۸۰۰۰ میکروموس بر سانتیمتر بالاتر رود، مقدار بهینه مصرف آب کاهش یافته و عملکرد در هکتار نیز کاهش می‌یابد. با توجه به استفاده از عملکرد بلند مدت، تاثیرات بلند مدت آب در خاک نیز در اینجا در نظر گرفته شده است. شاید

بتوان با افزایش مصرف آب، تا اندازه‌ای اثرات شوری آب را کاهش داد اما با توجه به تجمع املاح در خاک در بلند مدت اثر افزایش مقدار آب شور تاثیر منفی بر جای خواهد گذاشت. به همین علت است که در اینجا با شور شدن آب، مقدار بهینه مصرف آب در بلند مدت کاهش می‌یابد. با توجه به مطالعه عبدالهی عزت‌آبادی و همکاران (۱۳۹۳)، هزینه‌های جاری در هکتار پسته کاری معادل ارزش ریالی ۳۶۰ کیلوگرم پسته می‌باشد. از آنجایی که با افزایش هدایت الکتریکی آب به بیش از ۱۸۰۰۰ میکروموس بر سانتیمتر، عملکرد بهینه تحت مدیریت جاری باغ-های منطقه به زیر ۳۶۰ کیلوگرم در هکتار می رسد، لذا هزینه های جاری را پوشش نمی‌دهد. به عبارت دیگر، تحت تکنولوژی موجود و با مدیریت فعلی باغ‌های پسته (جدول ۳) استفاده از آب-های با شوری بالای ۱۸۰۰۰ میکروموس بر سانتیمتر، به هیچ وجه صرفه اقتصادی ندارد.

۲-نحوه محاسبه نسبت بهینه آب به زمین در شرایط محدود بودن آب

حالت دوم، شرایطی است که باغ پسته از قبل احداث شده و مقدار باغ مورد نظر بیش از اندازه بهینه است. این شرایط در اکثر مناطق پسته کاری فعلی وجود دارد. در این مناطق، بر اساس تصورات نادرست و تصمیمات اشتباه، به جای تصمیم گیری بر اساس معیار توسعه پایدار، بر اساس معیار حداکثر کردن منافع اقتصادی صورت گرفته است. در نظر بگیرید که در سیستم بهره‌برداری پایدار از یک چاه، میزان برداشت بهینه ۵۰۰۰ ساعت در طول سال با دبی ۳۰ لیتر در ثانیه باشد. بنابراین کل آب برداشت شده از چاه در سطح تعادلی، معادل ۵۴۰۰۰۰ متر مکعب در سال می-باشد. فرض کنید این چاه، بر اساس حداکثر کردن منافع اقتصادی تا کنون ۴۵ لیتر در ثانیه در ۸۴۰۰ ساعت در سال برداشت می‌نموده است. به عبارت دیگر، میزان کل برداشت آب، سالیانه ۱۳۶۰۰۰۰ متر مکعب بوده است. تحت این شرایط، میزان برداشت واقعی بیش از ۲/۵ برابر میزان برداشت در سطح توسعه پایدار می باشد. فرض کنید، به علت کم آبی، امکان برداشت آب به میزان گذشته وجود ندارد و یا مالکان چاه تصمیم گرفته‌اند تا مقدار برداشت را تا سطح ۵۴۰۰۰۰ متر مکعب در سال کاهش دهند. همچنین فرض کنید که این چاه مالک ۱۴۰ هکتار باغ پسته می-باشد. اگر بخواهیم با ۵۴۰۰۰۰ متر مکعب آب، ۱۴۰ هکتار باغ پسته را آبیاری نماییم، سهم هر هکتار ۳۸۰۰ متر مکعب در سال خواهد بود. این مقدار بسیار پایین‌تر از میزان آب مورد نیاز باغ پسته، حتی در سیستم تحت فشار (۵۷۶۰ متر کعب در هکتار در سال) می‌باشد. بنابراین امکان بقای

تمام باغات پسته نبوده و بایستی سطحی از باغ‌ها را حذف نمود. برای این کار باید مقدار بهینه آب به زمین را در این شرایط تعیین نمود. در چنین شرایطی، مقدار آب را ثابت در نظر گرفته و شروع به اضافه نمودن باغ‌های پسته می‌نماییم. در اینجا، بر خلاف حالت قبل، به جای محاسبه بازده آب در هکتار، بازده زمین بر متر مکعب آب محاسبه می‌شود. در ازای اضافه نمودن هر مقدار زمین (باغ مثمر پسته)، به ازای یک متر مکعب آب، بازده مشخصی حاصل می‌شود. اضافه نمودن باغ، باعث اضافه نمودن به هزینه جاری باغ نیز می شود. این کار تا جایی ادامه می‌دهیم که یک واحد باغ اضافه شده در ازای مقدار ثابت آب، منافع بیشتری نسبت به هزینه ایجاد نماید.

در اینجا نیز، با استفاده از داده‌های باغ‌های پسته در شهرستان‌های انار و رفسنجان در استان کرمان، فرمولی به شرح جدول ۵ تخمین زده شده است. با استفاده از اطلاعات این جدول و استفاده از تکنیک های مشخص، مقدار بهینه هدایت الکتریکی آب، معادل ۷۹۰۱ میکروموس بر سانتیمتر برآورد می گردد. به عبارت دیگر، با افزایش هدایت الکتریکی آب به بالای ۷۹۰۱ میکرو موس بر سانتیمتر، تاثیر منفی بر عملکرد محصول پسته شروع می‌شود. همچنین به علت شوری پسند بودن گیاه پسته، تحت شرایط ویژگی‌ها و مدیریت فعلی باغ‌های پسته منطقه (جدول ۳)، کاهش هدایت الکتریکی به کمتر از ۷۹۰۱ نیز باعث کاهش جزئی عملکرد می گردد. برای محاسبه مقدار بهینه زمین به آب از فرمول جدول ۵ نسبت به متغیر نسبت زمین به آب مشتق گرفته، در قیمت پسته ضرب و آن را برابر با هزینه یک هکتار باغ قرار می‌دهیم. در اینجا نیز قیمت پسته را معادل ۲۵۰۰۰۰ ریال بر کیلوگرم در نظر گرفته و برای شرایط مختلف در جدول ۶ آمده است.

جدول ۵: فرمول محاسبه مقدار تولید محصول پسته بر واحد آب (کیلوگرم بر متر مکعب)

نام متغیر	ضریب تخمین زده شده
مقدار ثابت	۰/۰۴۲
نسبت زمین به آب (هکتار بر متر مکعب)	۴۵۳/۹۷۴
توان دوم نسبت زمین به آب (هکتار بر متر مکعب)	-۳۹۷۹۰۹/۵۲۰
هدایت الکتریکی آب (میکروموس بر سانتیمتر)	۰/۰۰۰۰۱۶۷۵
توان دوم هدایت الکتریکی آب (میکروموس بر سانتیمتر)	-۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۱۰۶۴
بافت خاک (سنگین=۱، غیره=۰)	-۰/۰۳۶
رقم پسته (کله قوچی=۱، غیره=۰)	-۰/۰۲۷

ماخذ: عبدالهی عزت‌آبادی و همکاران (۱۳۹۳)

جدول ۶ میزان بهینه مصرف آب و تولید پسته در شرایط مختلف تحت شرایط بهینه کردن نسبت زمین به آب(برای هدایت الکتریکی آب معادل ۸۰۰۰ میکروموس بر سانتیمتر)

هزینه باغ در هکتار (معادل کیلوگرم پسته)	مقدار بهینه مصرف آب (متر مکعب در هکتار در سال)	مقدار بهینه تولید پسته (کیلوگرم در هکتار)	
		برای خاک‌های غیر سنگین و رقم غیر کله-قوچی	برای خاک‌های سنگین و رقم کله-قوچی
۰	۱۷۵۳	۴۱۶	۳۰۶
۱۰۰	۲۲۴۸	۵۱۹	۳۷۸
۲۰۰	۳۱۳۳	۶۶۵	۴۶۷
۳۰۰	۵۱۶۸	۹۳۳	۶۰۹
۳۶۰	۸۴۶۸	۱۳۲۰	۷۸۷
۴۰۰	۱۴۷۳۳	۲۰۱۸	۱۰۸۹

ماخذ: عبدالهی عزت‌آبادی و همکاران (۱۳۹۳)

چنان‌چه جدول ۶ نشان می‌دهد، با افزایش هزینه‌های جاری باغ پسته، مقدار بهینه مصرف آب در هر هکتار افزایش می‌یابد. به عبارت دیگر، می‌توان گفت که هر چه هزینه جاری باغ پسته افزایش یابد، میزان بهینه باغ نسبت به یک متر مکعب آب کاهش می‌یابد. چنان‌چه این جدول نشان می‌دهد، در شرایطی که هزینه باغ پسته را معادل صفر بگیریم، مقدار بهینه زمین به آب بالا بوده و مقدار مصرف آب در هکتار پایین و معادل ۱۷۵۳ متر مکعب در هکتار در سال است. این فرض غیر واقعی نشان می‌دهد تا حد امکان بایستی باغ‌های بیشتری را زیر کشت برده و کمترین مصرف آب در هکتار داشته باشیم. این در حالی است که با افزایش هزینه‌های باغ‌داری، مقدار بهینه مصرف آب به زمین افزایش می‌یابد. به عبارت دیگر، با مصرف آب بیشتر در هکتار از طرفی عملکرد و درآمد را افزایش داده و از طرف دیگر، هزینه هر هکتار کاهش می‌یابد. بدین ترتیب با تنظیم نسبت بهینه آب به زمین، سود کل افزایش می‌یابد. در حال حاضر متوسط هزینه‌های جاری هر هکتار باغ پسته در منطقه مورد مطالعه (شهرستان‌های انار و رفسنجان) معادل ارزش ریالی ۳۶۰ کیلوگرم پسته، یا ۹۰ میلیون ریال می‌باشد. چنان‌چه جدول ۶ نشان می‌دهد، در چنین شرایطی، مقدار بهینه مصرف آب در حدود ۸۴۰۰ متر مکعب در هکتار در سال می‌باشد.

به طور کلی می‌توان گفت که در شرایط شهرستان‌های انار و رفسنجان و یا آب با شوری متوسط ۸۰۰۰ میکروموس بر سانتیمتر، مقدار بهینه ۸۴۰۰ متر مکعب در هکتار در سال در سیستم آبیاری غرقابی محاسبه می‌شود. بنابراین، با تعیین مقدار بهینه ۸۴۰۰ به جای ۱۹۲۰۰ متر مکعب در هکتار، در کوتاه مدت سعی می‌شود تا از بیشترین سطح باغ موجود استفاده شود. در بلند مدت سعی خواهد شد تا سیستم آبیاری باغ‌ها از غرقابی به تحت فشار تبدیل شود و بتوان بازده استفاده از آب را تاسطح بهینه افزایش داد. به عبارت دیگر، در بلند مدت استفاده از نسبت بهینه ۸۴۰۰ به جای ۱۹۲۰۰ در سیستم غرقابی باعث افت محصول و کاهش کارآیی آب خواهد شد. به طور کلی عملکردهای موجود در جدول ۶ مربوط به کوتاه مدت بوده و در بلند مدت چنین عملکردهایی با این میزان آب امکان پذیر نیست. برای مثال، در بلند مدت نمی‌توان با مصرف ۱۷۵۳ متر مکعب در هکتار آب، ۴۱۶ کیلوگرم در هکتار پسته تولید کرد. بلکه این عملکرد با استفاده از پتانسیل قبلی باغ و تنها در کوتاه مدت امکان پذیر است.

جدول ۷: مقدار بهینه تولید پسته در شرایط هدایت الکتریکی‌های مختلف آب تحت شرایط بهینه کردن نسبت زمین به آب(برای هزینه معادل ارزش ریالی ۴۶۰ کیلوگرم پسته برای هر هکتار باغ)

هدایت الکتریکی آب (میکروموس بر سانتیمتر)	عملکرد باغ‌های غیر کله‌قوچی با خاک غیر سنگین (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد باغ‌های کله‌قوچی با خاک سنگین (کیلوگرم در هکتار)
۵۰۰۰	۱۴۴۶	۷۱۳
۸۰۰۰	۱۳۲۱	۷۸۷
۱۰۰۰۰	۱۲۸۰	۷۴۶
۱۲۰۰۰	۱۱۶۷	۶۴۴
۱۵۰۰۰	۸۶۲	۳۲۹
۱۸۰۰۰	۳۹۶	۰
۱۹۰۰۰	۲۰۵	۰
۲۰۰۰۰	۰	۰

ماخذ: عبدالهی عزت‌آبادی و همکاران (۱۳۹۳)

در جدول ۷، با ثابت فرض کردن هزینه باغ‌های پسته، عملکرد بهینه در شوری‌های مختلف محاسبه شده است. در اینجا نیز چنان‌چه مشخص است، در باغ‌های پسته رقم غیر کله‌قوچی با خاک

غیر سنگین، برای آب های با هدایت الکتریکی بیشتر از ۱۸۰۰۰ میکرو موس بر سانتیمتر، صرفه اقتصادی وجود ندارد. این عدد برای باغ‌های پسته کله‌قوچی با خاک سنگین به ۱۵۰۰۰ میکرو موس بر سانتیمتر کاهش می‌یابد. سایر توضیحات در این خصوص در زیر جدول ۴ آمده است.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

تعیین نسبت بهینه اقتصادی آب به زمین در شرایط مختلف، هم از نظر مدیریتی و هم به لحاظ سیاست‌گذاری، دارای اهمیت بالایی است. چه بسا تولید کنندگان پسته به‌رغم آبیاری نمودن باغ-های خود، آگاهی کافی از آبیاری مورد نیاز در حد کفایت ندارند، لذا با وجود انجام آبیاری، تنش آبی در گیاه به‌دلیل عدم آبیاری کافی، پابرجا مانده است. تحت چنین شرایطی، شاید لازم باشد آبیاری بخشی از باغ‌های پسته متوقف گردد تا با آب موجود، آبیاری بقیه باغ در حد کفایت انجام شود. در این نشریه، ضمن معرفی روش تعیین میزان بهینه اقتصادی آب در باغ‌های پسته، این نسبت در مناطق پسته‌کاری شهرستان‌های انار و رفسنجان به طور عملی محاسبه شد. با توجه به نتایج عملی، در زمینه کیفیت آب، می‌توان گفت که در شرایط فعلی به طور متوسط حد آستانه هدایت الکتریکی آب برای باغ‌های پسته در محدوده ۸۰۰۰ میکروموس بر سانتیمتر قرار دارد. به عبارت دیگر، افزایش هدایت الکتریکی به مقداری بیشتر از ۸۰۰۰ میکروموس بر سانتیمتر باعث کاهش عملکرد در هکتار محصول پسته می‌گردد. با این وجود، در کوتاه مدت و از نظر اقتصادی شوری‌های بالاتر نیز قابل پذیرش است. به طوری که با فرض قیمت هر کیلوگرم پسته ۲۵۰۰۰۰ ریال، قیمت آب ۱۲۵۰ ریال بر متر مکعب و هزینه‌های جاری پسته کاری معادل ارزش ریالی ۳۶۰ کیلوگرم پسته در هر هکتار، برای ارقام غیر کله‌قوچی و خاک‌های سبک، مصرف آب تا شوری ۱۸۰۰۰ میکروموس بر سانتیمتر صرفه اقتصادی داشته و برای شوری‌های بیشتر به هیچ وجه توصیه نمی‌شود. برای رقم کله‌قوچی و خاک‌های سنگین این عدد برای هدایت الکتریکی معادل ۱۵۰۰۰ میکروموس بر سانتیمتر می‌باشد. در خصوص کمیت آب، دو فرض مختلف قابل بحث است. فرض نخست این که متغیر زمین محدود و ثابت بوده و مقدار آب نامحدود و متغیر است. برای مثال، در آب با هدایت الکتریکی برابر با ۸۰۰۰ میکروموس بر سانتیمتر، با هزینه ۱۲۵۰ ریال بر متر مکعب آب، مقدار بهینه اقتصادی آب برای ارقام غیر کله‌قوچی و خاک‌های سبک و متوسط ۱۹۲۰۰ متر مکعب در هکتار می‌باشد. این مقدار مصرف آب، عملکردی معادل ۲۱۱۴ کیلوگرم در

هکتار پسته تولید می‌کند. برای باغ‌های پسته با رقم کله‌قوچی و خاک‌های با بافت سنگین، مقدار بهینه اقتصادی مصرف آب در هکتار، تحت شرایط مشابه، معادل ۱۳۷۱۹ متر مکعب در هکتار می‌باشد. تحت فرض دوم، زمین نامحدود و آب محدود در نظر گرفته شد. تحت این فرض، در صورتی که هزینه‌های متغیر تولید پسته صفر فرض شود، میزان مصرف بهینه آب در هر هکتار بسیار پایین و معادل ۱۷۵۳ متر مکعب در هکتار در سال بدست می‌آید. به عبارت دیگر، از زمین بیشتر و آب کمتر استفاده می‌شود. در صورتی که هزینه هر هکتار باغ پسته را مساوی با متوسط فعلی آن یعنی معادل ارزش ریالی ۳۶۰ کیلوگرم پسته قرار داده شود، مقدار بهینه مصرف آب ۸۴۶۸ متر مکعب در هکتار در سال محاسبه می‌شود. به عبارت دیگر، نگهداری باغ‌های بیشتر باعث هزینه بیشتر می‌گردد و بنابراین بایستی طوری نسبت آب به زمین تنظیم شود که بیشترین سود حاصل گردد. لذا پیشنهاد می شود که با توجه به نسبت‌های بهینه محاسبه شده باغات پسته اضافه حذف گردد. همچنین، استفاده از آب‌های با هدایت الکتریکی بالای ۱۸۰۰۰ میکروموس بر سانتیمتر ممنوع گردد.

منابع مورد استفاده

۱- عبدالهی عزت‌آبادی، م. ۱۳۸۷. نقش سیاست‌گذاری ناهماهنگ در توسعه ناپایدار کشت پسته با تاکید بر منابع آبی. اقتصاد کشاورزی و توسعه. سال ۱۶، شماره ۶۳، صفحات ۱۱۷ تا ۱۳۷.

۲- عبدالهی عزت‌آبادی، م.، ا. محمدی محمدآبادی، ر. صداقت، ع. سعیدی، م. ر. نیکویی، ر. عسکری حسن‌آبادی، س. میرزایی، غ. ر. ابارقی و ا. آزاد. ۱۳۹۳. بررسی نسبت بهینه اقتصادی آب به زمین در مناطق پسته‌کاری شهرستان‌های انار و رفسنجان. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی، موسسه تحقیقات پسته کشور، ۴۲ صفحه.

۳- فرشی، ع. ا.، م. ر. شریعتی، ر. جارالله‌ی، م. ر. قائمی، م. شهابی فر و م. م. تولائی. ۱۳۷۶. برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور. نشر آموزش کشاورزی.

4- Girts, S and D. Raes. 2009. Deficit irrigation as an on-farm strategy to maximize crop water productivity in dry areas. Agricultural Water Management 96: 1275–1284

5- 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

6- Liu, Y. C., E. J. Sadler and C. R. Camp. 2004. Optimal levels of irrigation in corn production in the Southeast Coastal Plain. Journal of Sustainable Agriculture, 24: 95–106

7- Mengu, G F and M Ozgurel 2008 An evaluation of water-yield relations in maize (*Zea mays* L.) in Turkey. Pakistan Journal of Biological Sciences 11: 517-524
8- Oweis, T and A. Hachum 2009 Optimizing supplemental irrigation: Tradeoffs between profitability and sustainability. Agricultural Water Management 96: 511- 516
9- Prinz, D and A H Malik 2004 More yield with less water. European Water 5/6: 47-58
10- Quiroga, S. Z. Fernandez-Haddn and A. Iglesias 2010 Risk of water scarcity and water policy implications for crop production in the Ebro Basin in Spania. http://www.hydrol-earth-syst-sci-discuss.net/7/5895/2010/hessd-7-5895-2010.pdf
11- Ward, F. A. and A. Michelsen 2002 The economic value of water in agriculture: concepts and policy applications. Water Policy 4: 423-446