دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
دانشکده مرتع و آبخیزداری

پایان‌نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد مدیریت مناطق بیابانی

بهینه سازی آبیاری تکمیلی در سیستم حوزه آبخیز کوچک در مناطق خشک(مطالعه موردی: استان کرمان)

نگارش

زهرا درینی

اساتید راهنما

دکتر نادر نورا

دکتر واحد بردی شیخ

استاد مشاور

دکتر عبدالرضا بهره مند

زمستان ۱۳۸۹

تقدیم به همه کسانی که عاشقانه سوختند و روشنی وجودشان چراغ هدایتم شد

اولین آموزگارانم

پدر زحمتکش و مادر مهربانم که به هر تار سپید مو و هر چین چهره‌شان هزاران دین دارم

خواهران و برادرانم

که همیشه بهترین دوست، همدم و همراهم بوده‌اند.

تقدیر و تشکر

باسپاس

ای نام تو بهترین سرآغاز، تو را سپاس؛

ای هستی هر چه هست از تو، به پاس همه ی هستی ها، هر آن تو را سپاس،

ای مبدا علم و مقصد علم، یک سر تو را سپاس

ای محبوب بی کران، بی کران تو را سپاس؛

اکنون که به یاری استعانت از درگاه پروردگار مرحله ای دیگر از زندگیم را پشت سر نهادم به خشوع و افتادگی تمام بر خود لازم می دانم صمیمانه ترین مراتب سپاس و قدردانی را نثار یکایک افرادی که به نحوی در طی این مدت مرا یاری نمودند، نمایم.

سرآغاز بر خود لازم می دانم مراتب سپاس بی پایان خویش را تقدیم خانواده خوبم مخصوصا پدر و مادر مهربانم نمایم که موهبت بی کران به بنده را ارزانی داشتند و همواره پشتیبانیشان، مایه دلگرمی و همراهیشان روشنگر راهم است.

از اساتید راهنمای ارجمندم جناب آقای دکتر نادر نورا و جناب آقای دکتر واحد بردی شیخ که افتخار شاگردی ایشان را دارم، به خاطر تمام راهنمایی ها و مساعدت های بی دریغشان در طی انجام و تدوین این پایان نامه، سپاسگذارم.

از مشاور ارجمندم جناب آقای دکتر بهره مند به خاطر راهنمایی های ارزنده شان بسیار سپاسگذارم.

از هیئت محترم داوران جناب آقای دکتر علی نجفی نژاد و جناب آقای دکتر حمید رضا عسگری علاوه بر زحمت داوری این پایان نامه، به خاطر تمام راهنمایی ها و مساعدت های بی دریغشان نهایت تشکر را دارم.

از نماینده محترم تحصیلات تکمیلی جناب آقای دکتر حسین وارسته که زحمت مطالعه پایان نامه را متقبل شدند تشکر و قدردانی می کنم.

چکیده

کشاورزی دیم نقش مهمی در تولید غذای مردم بسیاری از کشورهای منطقه و جهان دارد و در حدود ۶۰ درصد کل تولیدات کشاورزی از این بخش به‌دست می‌آید. تغییرات میزان بارندگی از سالی به سال دیگر و پراکنش (توزیع) آن، به همراه تغییرات درجه حرارت و عدم وقوع آن در بخشی از سال زراعی سبب افزایش خطرات در کشاورزی دیم می‌گردد؛ لذا پایداری تولید در این نوع کشاورزی ناچیز است. از شیوه‌ها و راهبردهای مدیریتی فنی-زراعی موثر در کاهش ریسک و خطر پذیری افزایش تولید، بهبود درجه ثبات و پایداری آن در زراعت دیم، می‌توان به مدیریت آبیاری تکمیلی بهینه اشاره نمود. نتایج تحقیقات انجام شده در کشور حاکی از کارآمد بودن این نوع آبیاری به منظور استفاده صحیح تر و کسب سود بیشتر است. برای این منظور نوع گیاه، میزان آب مصرفی، زمان کاشت، میزان افزایش عملکرد ناشی از آبیاری تکمیلی و بررسی جنبه‌های اقتصادی آن از جمله مسائل مهم و مرتبط است. در تحقیق حاضر محصول انتخاب شده برای مطالعه درخت پسته بوده است که در سه منطقه کرمان، رفسنجان و سیرجان به برآورد نیاز آبی آن پرداخته شد. آب مورد نیاز درخت پسته با استفاده از نرم افزار کامپیوتری Cropwat محاسبه شد و همچنین برای بهینه سازی اندازه حوزه آبخیز کوچک و میزان آبیاری تکمیلی از نرم افزار برنامه ریزی خطی(Linear programming) تحت عنوان Lingo ver7 استفاده شد. نتایج حاصل نشان داد که میزان نیاز آبی درخت پسته برای سه منطقه کرمان، رفسنجان و سیرجان به ترتیب ۲۴۱/۵۷ ، ۲۱۳/۰۹ و ۱۸۵/۱۲ میلی در دوره رشد می‌باشد. نتایج نشان داد که سطح بهینه حوره آبخیر کوچک برای جوابگویی بخش عمده مصرف آب مورد نیاز پسته برای هر سه منطقه مورد مطالعه ۱۰۰ متر مربع به‌دست آمد. لذا با توجه به سطح بهینه انتخاب شده، میزان آبیاری تکمیلی بهینه برای یک درخت پسته بالغ در سه منطقه به ترتیب ۳ ، ۲/۴ و ۵/۰۲ مترمکعب به‌دست آمد. در نهایت میزان تولید محاسبه شده برای یک درخت برای به ترتیب منطقه کرمان، رفسنجان و سیرجان ، در حدود ۷/۰۶ ، ۴/۸ و ۶/۲ کیلوگرم به‌دست آمد.

کلمات کلیدی: آبیاری تکمیلی، بهینه سازی، درخت پسته، حوزه آبخیز، استان کرمان

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول	۱
۱- مقدمه وکلیات	۲
۱-۱-مقدمه	۴
۱-۱ -۱-سوالات تحقیق	۴
۱-۱-۲- فرضیه‌های تحقیق	۵
۱-۱-۳- اهداف تحقیق	۵
۱-۲- کلیات و تعاریف	۵
۱-۲-۱-آبیاری تکمیلی	۵
۱-۲-۲- مشخصه‌های آبیاری تکمیلی در اراضی دیم	۶
۱-۲-۳- استحصال آب برای آبیاری تکمیلی	۸
۱-۲-۴- افزایش تولید با استفاده از آبیاری تکمیلی	۹
۱-۲-۵- مدیریت آبیاری تکمیلی	۹
۱-۲-۶- چه موقع باید آبیاری کرد	۱۰
۱-۲- ۷- اهمیت نیاز آبی گیاهان	۱۰
۱-۲-۸- کم آبیاری و عمکلرد محصول تحت آن	۱۱
۱-۲-۸-۱- اهمیت و جایگاه کم آبیاری	۱۲
۱-۲-۸-۲- برنامه ریزی آبیاری تحت شرایط محدودیت منابع آب	۱۴
۱-۲-۹- پسته و خصوصیات آن	۱۵
۱-۲-۱۰- شرایط اقلیمی	۱۶
۱-۲-۱۱- سطح زیر کشت	۱۶
۱-۲-۱۲- کاشت و تولید پسته در ایران	۱۸
۱-۲-۱۳- ارزش اقتصادی	۱۸
۱-۲-۱۴- مهمترین ارقام پسته	۱۸
۱-۲-۱۵- شرایط آب و هوایی مورد نیاز درختان پسته	۱۹
۱-۲-۱۵-۱- عرض جغرافیایی	۱۹
۱-۲-۱۵-۲- ارتفاع از سطح دریا	۱۹
۱-۲-۱۵-۳- درجه حرارت	۱۹

۱-۲-۱۵-۴- رطوبت نسبی ۱۹
۱-۲-۱۵-۵- خصوصیات خاک ۲۰
۱-۲-۱۵-۶-کیفیت آب ۲۰
۱-۲-۱۶- آبیاری درختان پسته ۲۱
۱-۳- روشهای مورد استفاده در آبیاری باغ‌های پسته ۲۲
۱-۳-۱- آبیاری سطحی ۲۲
۱-۳-۱-۱- آبیاری نواری (کرتی) ۲۲
۱-۳-۱-۲- آبیاری شیاری (جوی و پشته‌ای) ۲۲
۱-۳-۱-۳- روش آبیاری بابلر ۲۲
۱-۳-۱-۴- سیستم آبیاری ناحیه‌ای (نقطه‌ای) ۲۲
۱-۴- بهینه سازی آبیاری برای پسته ۲۳

فصل دوم ۲۶
۲-۱-مقدمه ۲۷
۲-۱-۱- جمع آوری آب باران ۲۷
۲-۲- تعیین نیاز آبی ۳۲
۲-۳- آبیاری تکمیلی ۳۶

فصل سوم ۴۴
۳-۱- معرفی منطقه مورد مطالعه ۴۵
۳-۱-۱- اقلیم و آب و هوا ۴۷
۳-۱-۲- توپوگرافی ۴۷
۳ -۱-۳- جایگاه و ویژگی‌های زمین شناسی ۴۸
۳-۱-۴- منابع آب ۴۹
۳- ۲- مواد و روشها ۵۰
۳-۲-۱- شیوه کار و نمونه برداری ۵۰
۳-۲-۲- محاسبه میانگین بارندگی سه منطقه ۵۰
۳-۲-۳- معرفی نرم افزار کامپیوتری Cropwat و تعیین نیاز آبی درخت پسته در سه منطقه مورد مطالعه ۵۳
۳-۲-۴- شیوه کار با نرم افزار ۵۷
۳-۲-۴-۱- ضریب گیاهی (kc) ۵۹
۳-۲-۵ – محاسبه کل آب قابل استفاده درخت پسته ۶۲

۳-۲-۶ محاسبه حداکثر مقدار آب قابل تبخیر برای این گیاه ۶۳
۳-۲ -۷- مدل طراحی سیستم‌های جمع آوری آب باران در زیر حوزه کشت درخت پسته ۶۳
۳-۲-۸ انتخاب اندازه های مختلف حوزه آبخیز کوچک با ابعاد مختلف ۶۴
۳-۲-۹- راندمان مصرف آب(WUE) ۶۵
۳-۲-۱۰- محاسبه آب جمع آوری شده در حوزه آبخیز کوچک ۶۶
۳-۲-۱۱- محاسبه میزان تولید پسته با توجه به آب در دسترس ۶۶
۳-۲-۱۲- محاسبه میزان آبیاری تکمیلی مورد نیاز برای درخت ۶۷
۳-۲-۱۳- تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل ۶۷
۳-۲-۱۴- آنالیز اقتصادی ۶۷
۳-۲-۱۵- مدل بهینه سازی سیستم‌های منابع آبی ۶۷
۳-۲-۱۶- الگوهای برنامه ریزی خطی ۶۸
۳-۲-۱۷- مدل سازی مسئله توسط نرم افزار Lingo ۶۹
۳-۳-۱ نحوه انجام محاسبات با نرم افزار برنامه ریزی خطی ۶۹
۳-۳-۱-۱ لینگو چیست ۶۹
۳-۳-۱-۲ طرح مسئله ۷۲
۳-۳-۱-۳ بهینه‌سازی اندازه مناسب حوزه آبخیز کوچک به کمک برنامه‌ریزی خطی ۷۳
۳-۳-۱-۴ تعیین مقدار بهینه نهاده آبیاری تکمیلی در تولید ۷۴
۳-۳-۱-۵ محاسبه نسبت هزینه به سود ۷۵

فصل چهارم ۷۶
۴- مقدمه ۷۷
۴-۱- میانگین بارش ماهانه در طول فصل رشد ۸۴
۴-۲- نمودار نیاز آبی محصول و رطوبت خاک ۸۶
۴-۳- گراف‌های مربوط به داده‌هایی آب و هوایی ۸۸
۴-۴- مدل‌سازی محاسبه کل آب در دسترس در طی دوره رشد درخت پسته ۸۹
۴-۵- محاسبه کل آب در دسترس در هر راندمان و مساحت متفاوت ۹۸
۴-۶- بهینه سازی مساحت حوزه آبخیز ۱۱۱
۴-۷- بهینه سازی آبیاری تکمیلی ۱۱۲
۴-۸- محاسبه رابطه بین نسبت هزینه به سود با آبیاری تکمیلی ۱۱۲
۴-۹- محاسبه میزان سود یا درآمد اقتصادی محصول پسته با توجه به مساحت بهینه ۱۱۴

فصل پنجم ۱۱۵
۵- مقدمه ۱۱۶
۵-۱-تولید، کارایی مصرف آب و مواد ۱۱۷
۵-۲- بهینه‌سازی آبیاری تکمیلی ۱۱۷
۵-۳-تحلیل اقتصادی ۱۱۸
۵-۴-نتیجه‌گیری و بحث کلی ۱۱۹
۵-۶-پیشنهادات اجرایی و پژوهشی ۱۲۰

فهرست جدول‌ها

عنوان	فهرست
جدول ۳-۱- منابع آبهای زیرزمینی استان کرمان و مقدار تخلیه سالانه آنها	۴۹
جدول ۳-۲- اندازه مختلف حوزه آبخیز	۷۲
جدول ۳-۳- مقادیر مختلف راندمانهای بکار رفته در مدل	۷۳
جدول ۴-۴- قیمت هر نهاده	۷۴
جدول۴-۱- برآورد نیاز آبی و آبیاری درخت پسته در منطقه کرمان به کمک نرم افزارCROPWAT	۷۷
جدول۴-۲- برآورد نیاز آبی و آبیاری درخت پسته در منطقه رفسنجان به کمک نرم افزارCROPWAT	۷۸
جدول۴-۳- برآورد نیاز آبی و آبیاری درخت پسته در منطقه سیرجان به کمک نرم افزارCROPWAT	۷۹
جدول۴-۴- محاسبه تبخیر – تعرق مرجع با نرم افزارCROPWAT در منطقه کرمان	۸۰
جدول۴-۵- محاسبه تبخیر – تعرق مرجع با نرم افزار CROPWAT در منطقه رفسنجان	۸۱
جدول۴-۶- محاسبه تبخیر – تعرق مرجع با نرم افزار CROPWAT در منطقه سیرجان	۸۲
جدول ۴ -۷- برآورد کل آب در دسترس و آبیاری تکمیلی برای حوزه آبخیز با مساحت ۸۰ متر مربع و راندمان ۸۵ درصد	۹۰
جدول۴-۸ - برآورد کل آب در دسترس و آبیاری تکمیلی برای حوزه آبخیز با مساحت ۱۰۰متر مربع و راندمان ۸۵ درصد	۹۱
جدول ۴-۹- برآورد کل آب در دسترس و آبیاری تکمیلی برای حوزه آبخیز با مساحت ۱۲۰متر مربع و راندمان ۸۵ درصد	۹۲
جدول ۴-۱۰- برآورد کل آب در دسترس و آبیاری تکمیلی برای حوزه آبخیز با مساحت ۱۵۰متر مربع و راندمان ۸۵ درصد	۹۳
جدول ۴-۱۱- برآورد کل آب در دسترس و آبیاری تکمیلی برای حوزه آبخیز با مساحت ۱۸۰متر مربع و راندمان ۸۵ درصد	۹۴
جدول ۴-۱۲- برآورد کل آب در دسترس و آبیاری تکمیلی برای حوزه آبخیز با مساحت ۲۰۰متر مربع و راندمان ۸۵ درصد	۹۵
جدول ۴-۱۳- برآورد کل آب در دسترس و آبیاری تکمیلی برای حوزه آبخیز با مساحت ۳۰۰متر مربع و راندمان ۸۵ درصد	۹۶
جدول ۴-۱۴- برآورد کل آب در دسترس و آبیاری تکمیلی برای حوزه آبخیز با مساحت ۴۰۰متر مربع و راندمان ۸۵ درصد	۹۷
جدول۴-۱۵- رابطه بین کل آب در دسترس و میزان تولید و مساحت با توجه به راندمان ۸۵ درصد در منطقه کرمان	۹۸
جدول ۴-۱۶- ارتباط بین مساحت حوزه آبخیز کوچک و کل آب در دسترس و تولید هر درخت(کیلوگرم/درخت) با توجه به راندمان ۷۵ درصد	۱۰۰
جدول ۴-۱۷- ارتباط بین مساحت حوزه آبخیز کوچک و کل آب در دسترس و تولید هر درخت(کیلوگرم/درخت) با توجه	۱۰۲

به راندمان ۶۰ درصد

جدول ۴-۱۸- ارتباط بین مساحت حوزه آبخیز کوچک و کل آب در دسترس و تولید هر درخت(کیلوگرم/درخت) با توجه به راندمان ۵۰ درصد ۱۰۴

جدول ۴-۱۹- ارتباط بین مساحت حوزه آبخیز کوچک و کل آب در دسترس و تولید هر درخت(کیلوگرم/درخت) با توجه به راندمان ۴۰ درصد ۱۰۶

جدول ۴-۲۰- ارتباط بین مساحت حوزه آبخیز کوچک و کل آب در دسترس و تولید هر درخت(کیلوگرم/درخت) با توجه به راندمان ۲۵ درصد ۱۰۸

فهرست اشکال

عنوان	فهرست
شکل ۳-۱- نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه	۴۶
شکل ۳-۲- نقشه پلی گون‌های تیسن منطقه رفسنجان	۵۱
شکل ۳-۳- نقشه پلی گون‌های تیسن در منطقه سیرجان	۵۲
شکل ۳-۴- نقشه پلی گون‌های تیسن در منطقه کرمان	۵۳
شکل ۳-۵- پنجره داده‌ها و اطلاعات مربوط به گیاه	۵۸
شکل ۳-۶- پنجره داده های بارش	۵۹
شکل ۳-۷- منحنی تیپیک ضریب گیاهی درخت پسته (فائو۵۶)	۶۲
شکل ۳-۸- نمائی از باندهای جمع آوری آب	۶۵
شکل ۳-۹- نمونه‌ای از کشت درخت دریک گوشه سطح آبگیر کوچک	۶۵
شکل ۳-۱۰- (الف، ب) نمائی از پنجره‌های مختلف نرم افزار لینگو	۷۱
شکل۴-۱- میانگین بارش ماهانه (دوره آماری ۳۰ سال) در طی فصل رشد درخت پسته در منطقه کرمان	۸۴
شکل ۴-۲- میانگین بارش ماهانه (دوره آماری ۳۰ سال) در طی فصل رشد درخت پسته در منطقه سیرجان	۸۵
شکل ۴-۳- میانگین بارش ماهانه (دوره آماری ۳۰ ساله) در طی فصل رشد درخت پسته در منطقه رفسنجان	۸۵
شکل۴-۴- نمودار نیاز آبی محصول (الف) و کمبود رطوبت خاک (ب) در ایستگاه کرمان	۸۶
شکل ۴-۵- نمودار نیاز آبی محصول (الف) و کمبود رطوبت خاک (ب) در ایستگاه رفسنجان	۸۶
شکل ۴-۶- نمودار نیاز آبی محصول (الف) و کمبود رطوبت خاک (ب) در ایستگاه سیرجان	۸۷
شکل ۴-۷- گراف داده‌های آب و هوایی برای حداکثر و حداقل دما (الف) و درصد رطوبت نسبی (ب) در منطقه کرمان	۸۸
شکل ۴-۸- گراف داده های آب و هوایی برای تبخیر و تعرق مرجع (ج) و سرعت باد (د) در منطقه کرمان	۸۸
شکل۴-۹- رابطه بین کل آب در دسترس (مترمربع) و میزان تولید درخت (کیلوگرم/درخت) با توجه به راندمان ۸۵ درصد	۹۸
شکل۴-۱۰- رابطه بین مساحت حوزه آبخیز و کل آب در دسترس(مترمکعب) با توجه به راندمان ۸۵ درصد	۹۹
شکل۴-۱۱- رابطه بین مساحت حوزه آبخیز(مترمکعب) و میزان تولید درخت پسته (کیلوگرم/درخت) با توجه به راندمان ۸۵ درصد	۱۰۰
شکل۴-۱۲- رابطه بین کل آب در دسترس (مترمربع) و تولید درخت (کیلوکرم/درخت) با توجه به راندمان	۱۰۱

۷۵ درصد
شکل۴-۱۳ رابطه بین مساحت حوزه (مترمربع) و آب در دسترس (مترمکعب) با توجه به راندمان ۷۵ درصد ۱۰۲
شکل ۴-۱۴- رابطه بین مساحت حوزه حوزه آبخیز (مترمکعب) و میزان تولید درخت پسته (کیلوگرم/درخت) با توجه به راندمان ۱۰۴
نمودار۴-۱۵- رابطه بین کل آب در دسترس (مترمکعب) و میزان تولید (کیلوگرم/درخت) با توجه به راندمان ۶۰ درصد ۱۰۳
شکل ۴-۱۶- رابطه بین مساحت حوزه آبخیز (مترمربع) و کل آب در دسترس (مترمکعب) با توجه به راندمان ۶۰ درصد ۱۰۳
شکل ۴-۱۷- رابطه بین مساحت حوزه آبخیز (مترمکعب) و میزان تولید درخت (کیلوگرم/درخت) با توجه به راندمان ۶۰ درصد ۱۰۴
شکل۴-۱۸- رابطه بین کل آب در دسترس (مترمکعب) و میزان تولید درخت (مترمکعب) با توجه به راندمان ۵۰ درصد ۱۰۵
شکل۴-۱۹- رابطه بین مساحت حوزه (مترمربع) و کل آب در دسترس (مترمکعب) با توجه به راندمان ۵۰ درصد ۱۰۵
شکل۴-۲۰- رابطه بین مساحت حوزه آبخیز (مترمکعب) و میزان تولید درخت پسته (کیلوگرم/درخت) با توجه به راندمان ۵۰ درصد ۱۰۶
شکل ۴-۲۱- رابطه بین کل آب در دسترس (مترمکعب) و میزان تولید درخت (کیلوگرم/درخت) با توجه به راندمان ۴۰ درصد ۱۰۷
شکل۴-۲۲- رابطه بین مساحت حوزه آبخیز (مترمربع) و کل آب در دسترس (مترمکعب) با توجه به راندمان ۴۰ درصد ۱۰۷
شکل۴-۲۳- رابطه بین مساحت حوزه آبخیز (مترمکعب) و میزان تولید درخت پسته (کیلوگرم/درخت) با توجه به راندمان ۴۰ درصد ۱۰۸
شکل ۴-۲۴- رابطه بین کل آب در دسترس (مترمکعب) و میزان تولید درخت (کیلوگرم/درخت) با توجه به راندمان ۲۵ درصد ۱۰۹
شکل ۴-۲۵- رابطه بین مساحت حوزه (مترمربع) و آب در دسترس (مترمکعب) با توجه به راندمان ۲۵ درصد ۱۰۹
شکل ۴-۲۶- رابطه بین مساحت حوزه (مترمکعب) و میزان تولید درخت (کیلوگرم/درخت) با توجه به راندمان ۲۵ درصد ۱۱۰
شکل ۴-۲۷- ارتباط بین آبیاری تکمیلی بهینه با نسبت هزینه به سود برای منطقه کرمان ۱۱۳
شکل ۴-۲۸- ارتباط بین آبیاری تکمیلی بهینه با نسبت هزینه به سود برای منطقه سیرجان ۱۱۳
شکل ۴-۲۹- ارتباط بین آبیاری تکمیلی بهینه با نسبت هزینه به سود برای منطقه رفسنجان ۱۱۴

فصل اول

کلیات و مبانی نظری

۱- مقدمه و کلیات

۱-۱- مقدمه

حدود ۸۰ درصد اراضی کشاورزی جهان از طریق بارندگی آبیاری شده (زراعت دیم) که این اراضی در حدود دو سوم از غذای جهان را فراهم می‌کنند، مسلما آبیاری نقش مهمی در تولید و ذخیره مواد غذایی بازی می‌کند. علیرغم اینکه دیمکاری دارای ریسک بالا می‌باشد، عمیقا باید قبول کرد که اکثر غذای جهان از کشاورزی در مناطقی بدست می‌آید که آب آنها از طریق بارندگی تامین می‌شود(فالکین مارک و همکاران[1]، ۲۰۰۱). با این حال خلاء بزرگی که در مزارع کشاورزی دیم مخصوصا در مناطق آسیا و آفریقا وجود دارد این است که بیشتر افراد در فقر زندگی می‌کنند. بنابراین باید یک استراتژی اتخاذ گردد تا میدان را برای کشاورزی دیم به منظور بالا بردن تولید، همچنین افزایش محصول متعادل با افزایش آب و افزایش حفاظت از تولیدات طبیعی در منابع آب را باز کند (راکسترم و همکاران[2]، ۲۰۰۷).

بخش کشاورزی مصرف کننده عمده تمامی منابع مختلف آب از جمله آب باران، آب رودخانه، دریاچه و آبهای زیر زمینی می‌باشد. بطور کلی ۷۲ درصد مصرف آب جهانی بوده و ۹۰ درصد مصرف آن در کشورهای در حال توسعه در بخش کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد (سازمان خوارو بار جهانی[3]، ۲۰۰۳). تامین کمبود آب برای کشاورزی باید بدون فشار به محیط زیست با سایر بخشها رقابت کند. در حالی که تولید مواد غذایی متناسب با افزایش و رشد جمعیت افزایش پیدا کند، مقدار قابل استفاده برای کشاورزی رو به کاهش می‌باشد. این کاهش نیازمند انتخاب یک استراتژی برای افزایش محصول نسبت به یک قطره آب با افزایش محصولات کشاورزی نسبت به تولید آب می‌باشد که این مسئله باعث بازگشت مسائل زیستی، اقتصادی، اجتماعی و یا محیط زیست در واحد هدر رفت آب می‌باشد (ملدن و همکاران[4]، ۲۰۰۷).

کمبود بارش و به دنبال آن کمبود آب یکی از مهمترین مشکلات مناطق خشک و نیمه خشک است. شدت بارندگی باعث می‌شود که آب حاصل از بارش به سرعت از دسترس

1. Falkin mark
2. Rokstrom
3. Fao 56
4. molden

خارج شود، علاوه بر آن درجه حررات بالا و تبخیر زیاد در فصل گرم باعث می‌شود که اغلب گیاهان در این فصل با تنش خشکی مواجه شوند. از جمله راههای تامین آب برای این گیاهان و همچنین افزایش سطح زیر کشت، جمع آوری و ذخیره آب باران در این مناطق می‌باشد. مناسب ترین سطح یا حوزه جمع آوری رواناب برای گیاهان مختلف با توجه نیاز آبی معین به دست می‌آید و ممکن است بخشی از مشکلات ناشی از کم آبی در بخش کشاورزی و منابع طبیعی مناطق خشک و نیمه خشک کشور بر طرف گردد (طهماسبی و همکاران، ۱۳۸۵).

سه راه مقدماتی برای افزایش تولید محصولات کشاورزی دیم وجود دارد که از آن جمله : ۱- بالا بردن راندمان مصرف آب باران در مدیریت آب، ۲- افزایش تولید محصول، در مناطق دیمزار با اصلاح نوع تحقیقات در بخش کشاورزی (ژنتیکی و بیوتکنولوژی) و ۳- تجدید نظر در سیاستها و افزایش سرمایه گذاری در مناطق دیمزار (اوویس و همکاران, ۱۹۹۷).

مطالعه حاضر بیشتر روی بند اول تمرکز دارد به دلیل اینکه آبیاری تکمیلی نقش اساسی در افزایش تولید و راندمان آب در سیستم کشاورزی اراضی خشک بازی می‌کند. آبیاری تکمیلی عبارت است از مقدار کمی از آب مازاد بر بارندگی که در زمانی که آب باران به اندازه کافی برای رشد گیاه و همچنین اصلاح و تثبیت تولید محصولات زراعی در دسترس نباشد، اعمال می‌شود. در حالی که بارندگی منبع اصلی تولید آب در سیستم دیم می‌باشد، مقدار آب اضافه شده بعنوان آب مکمل به تنهایی قادر به تولید اقتصادی محصول نمی‌باشد بلکه زمانی که هر دو یعنی آب باران و آبیاری تکمیلی بطور مشترک با هم استفاده می‌شوند باعث اصلاح تولید محصولات کشاورزی خواهند شد (اویس و همکاران، ۱۹۹۸ و اویس و همکاران، ۲۰۰۰).

درکشت دیم چون آبیاری صورت نمی گیرد، مقدار بارندگی اولین عامل موفقیت در این امر می باشد. با توجه به سطح وسیع دیمکاری در ایران و اینکه عملکرد این اراضی عمدتا کم می باشد لذا آبیاری تکمیلی به منظور افزایش عملکرد دیمزارها حائز اهمیت می باشد. منظور از آبیاری تکمیلی اختصاص دادن یک یا دو نوبت آبیاری در زراعت است. در حقیت آبیاری تکمیلی نوعی کم آبیاری با هدف استفاده از حداکثر راندمان مصرف آب است.

درخت پسته یکی از مهمترین محصولات استراتژیک کشور بوده و در سطح وسیعی در استان کرمان کشت می شود. از آنجا که این استان با محدودیت آب مواجه است لذا با پرداختن به آبیاری تکمیلی، می توان نقش بسزایی را در افزایش تولید این محصول ایفا نماید.

فاکتور آبیاری تکمیلی می‌تواند یکی از راههای موثر و کارآمد برای جلوگیری از نوسان عملکرد و دستیابی به تولید پایدار به همراه عملکرد بیشتر، باشد. منظور از آبیاری تکمیلی،تامین قسمتی از نیاز آبی گیاهان دیم از طریق یک یا چند آبیاری در مناطقی است که بارندگی تکافوی نیاز آبی گیاه را نمی‌کند و یا توزیع نامناسب دارد. در حقیقت آبیاری تکمیلی را می توان نوعی کم آبیاری با هدف استفاده حداکثر از واحد حجم آب (راندمان مصرف آب) و در جهت افزایش عملکرد تلقی نمود (امدادی و همکاران،۱۳۷۷).

۱-۱-۱- سوالات اساسی تحقیق

۱- آیا سیستم حوزه آبخیز کوچک به تنهایی نیاز آبی درختان پسته را تامین می‌نماید؟

۲- آیا ارتباطی بین آبیاری تکمیلی و افزایش تولید محصول پسته وجود دارد؟

۳- آیا آبیاری تکمیلی مقرون به صرفه است؟

۱-۱-۲- فرضیه‌های تحقیق

۱- سیستم حوزه آبخیز کوچک به تنهایی جوابگوی نیاز آبی درختان پسته است.

۲- بین آبیاری تکمیلی و افزایش تولید ارتباط وجود دارد.

۳- آبیاری تکمیلی مقرون به صرفه است.

۱-۱-۳- اهداف

۱- تعیین مناسب ترین میزان آبیاری تکمیلی فصلی در کشت دیم درخت پسته در سیستم حوزه های آبخیز کوچک

۱-۲- کلیات وتعاریف

۱-۲-۱- آبیاری تکمیلی

منظور از آبیاری تکمیلی، کاربرد مقدار محدودی آب در دوره توقف و یا نبود بارندگی است تا آب کافی برای تداوم رشد بوته‌ها و افزایش ثبات عملکرد محصول تامین شود (تدین و همکاران، ۱۳۸۶). بدیهی است به تنهایی برای تولید گیاه زراعی و باغی کافی نیست، بنابراین از ویژگیهای ضروری آبیاری تکمیلی، طبیعت تکمیلی باران و آبیاری است (اویس و همکاران، ۱۹۹۷). آبیاری تکمیلی در حقیقت تلفیقی از استفاده حداکثر از نزولات جوی و ذخایر آبی بسیار محدود منطقه در تامین رطوبت مناسب خاک می‌باشد. به عبارت دیگر آبیاری تکمیلی، استفاده مطلوب از نزولات جوی و بهره گیری حداکثر از حداقل آب موجود در منطقه می‌باشد(بیاتی، ۱۳۸۱).

همچنین در تعریفی دیگر آبیاری تکمیلی نوعی دخالت زمانی در چرخه کشاورزی متکی به بارندگی است که برای جبران کمبود آب مورد نیاز برای تعرق گیاه انجام می‌گیرد. وقتی بارندگی روزانه برای تامین نیازآبی گیاه کافی باشد نیاز به آبیاری وجود نخواهد داشت، اما با وجود کاهش‌های متوالی با دوره زمانی متفاوت که بر اثر آن گیاه یا به کلی می‌میرد و یا دچار تنش قابل توجه ناشی از کاهش رطوبت می‌شود، معولا آبیاری تکمیلی توجیه دارد. واضح است که در چنین مواقعی در صورت دسترسی به منابع آب معمول نظیر مخازن سطحی و یا آبهای زیر زمینی به سادگی اقدام به تامین کمبود آب مورد نیاز از یکی از منابع خواهد شد. اما بالعکس، در شرایط عدم دسترسی به این منابع، هر گاه مقدار آب مورد نیاز در مقایسه با سطح زمین زیر کشت کم باشد، آبیاری تکمیلی توجیه دارد، زیرا از باران (که در حالت معمولی از سطح زمین مستقیما تبخیر شده و یا به مصرف روییدنی‌های غیر مثمر می‌رسد) استفاده بهتری به عمل خواهد آمد. به این ترتیب با افزودن مقدار کمی آب به چرخه طبیعت محل، زمینه تولید اقتصادی محصولات کشاورزان فراهم شده و به تعبیر دیگر یک فعالیت حیاتی ولی شکننده را از سقوط می‌کند. به هر حال موفقیت و یا شکست سیستم‌های استحصال آب باران به درصد عملکرد آن سیستم به عنوان یک فناوری جدید بستگی دارد .

تعریف سومی که می‌توان برای آبیاری تکمیلی ارائه نمود عبارتست از: افزودن حداقل مقدار آب به چرخه آبیاری دیم در زمانهایی که بارندگی برای رشد گیاه کافی نباشد .

باید توجه کرد که تنها افزودن آب اضافی برای تولید محصول کافی نیست. محدودیت اصلی برای رشد محصول در مناطق خشک و نیمه خشک کمبود رطوبت کافی در خاک محدوده ریشه است. این پدیده مکرر اتفاق می‌افتد و کمبود آب با زمانهای حساسی از رشد گیاه تلاقی می‌کند و تاثیر منفی ناشی از آن تشدید می‌شود بنابراین آبی که بوسیله آبیاری تکمیلی به گیاه داده می‌شود به اندازه کافی و در زمان مناسب اضافه شود تا بتواند در مقایسه با عدم انجام اینکار تفاوت معنی‌داری از نظر تولید محصول داشته باشد.

۱-۲-۲- مشخصه‌های آبیاری تکمیلی در اراضی شامل موارد زیر است

۱- آبیاری تکمیلی برای زمینهای دیمی توصیه می‌شود که معمولا بدون آبیاری هم محصول مناسبی داشته باشند.

۲- آبیاری تکمیلی فقط زمانی انجام می‌شود که بارندگی کافی نیست زیرا منبع اصلی تامین آب محصولات دیم همان بارندگی طبیعی منطقه است.

۲-۱- آبیاری تکمیلی چه از نظر زمان (فصل کاشت) و چه از نظر مقدار مصرف با این هدف انجام نمی‌شود که شرایط کاملا بدون تنش را در دوره رشد فراهم کند، بلکه تنها برای تامین آب در حد نیاز برای نجات کشت و در مراحل حساس رشد جهت اطمینان از دستیابی به تولید بهینه در ازای واحد مصرف آب انجام می‌شود (اویس[۵]، ۱۹۹۷).

به تعبیر دیگر، هدف از آبیاری تکمیلی افزایش راندمان مصرف آب و محصول از طریق افزایش سطح زیر کشت با مقدار آب موجود است (کالمندرو، ۱۹۹۲)[۶].

این دو منظور اغلب با هم در متناقض هستند، به این ترتیب که افزایش سطح زیر کشت معمولا با هزینه تامین مقدار مناسب آب برای آبیاری در مواقع حساس انجام می‌شود ولی هدف توجیهی آبیاری تکمیلی، بهینه سازی تولید (و نه افزایش) در ازای واحد مصرف آب

1. Oweis
2. Calmndro
3. Palmer

است که به خودی خود موضوع تنش ناشی از کمبود آب در مراحل حساس رشد در نظر خواهد بود.

آب مورد نیاز برای آبیاری تکمیلی می‌تواند از منابع مختلف تامین و مورد استفاده قرار گیرد. این منابع ممکن است پساب کارخانجات نیز باشد، ولی چنانچه اینکار از طریق سیستم های سطوح آبگیر (استحصال آب) انجام شود ابعاد مخازن و نحوه آبیاری از مسائل کلیدی در طراحی و مدیریت سیستم می‌باشند (پالمر و همکاران[۷]، ۱۹۸۲). یک مدل شبیه سازی برای ترکیبی از پروسه تولید رواناب تا برداشت محصول با هدف محاسبه ابعاد مورد نیاز برای مخزن بطوریکه بتواند پاسخگوی نیاز یک آبیاری تکمیلی مطمئن و پایدار باشد را ارائه نموده است.

بنابراین، آبیاری یا به عبارت دیگر تامین و تکمیل مصنوعی رطوبت ضروری برای خاک زراعی، یکی از اساسی ترین فاکتورهای حاصلخیزی اراضی فلات ایران را تشکیل می دهد که می تواند از آبیاری تکمیلی تا آبیاری سالیانه را در سیستمهای مختلف بهره برداری در برگیرد (بیاتی، ۱۳۸۱).

همچنین با اعمال آبیاری تکمیلی برای اراضی زیر کشت ، می‌توان کمبود رطوبت خاک را که به دلیل عدم ریزش به موقع نزولات، یا بروز ناگهانی دوره خشک ایجاد شده، در حد نسبتا مناسب تامین نمود و همچنین میزان تولید را که احتمال از بین رفتن آن زیاد بوده، به مقدار قابل توجهی افزایش داد (بیاتی، ۱۳۸۱).

۱-۲-۳- استحصال آب برای آبیاری تکمیلی

نوع اصلی دیگر استحصال آب باران شامل یک سیستم جمع آوری آب همراه با مخزن ذخیره است که استحصال آب برای آبیاری تکمیلی نام دارد. این سیستم موکدا برای مناطقی توصیه شده که توزیع زمانی درون فصلی یا تغییرات بارندگی طوری است که نیاز آبی گیاه را نمی‌تواند برآورده سازد. در این حالت آب جمع آوری شده از یک زمان برای استفاده به عنوان آبیاری تکمیلی در زمان دیگر استفاده می‌شود (آبادی، ۱۹۹۴و فراسیر ۱۹۹۳). امکانات

ذخیره سازی می‌تواند یک استخر داخل مزرعه و یا تانکر آب و یا سد کوچکی در مسیر جریان آب باشد.

درحوزه های آبخیز کوچکی که برای جمع آوری آب به کار می‌روند ، از آن جمله:

۱- روشهای مکانیکی: تمیز کردن سطوح شیبدار از هر نوع روییدنی و خارج کردن سنگهای سست و هر مانعی که باعث کندی حرکت و در نتیجه جذب بیشتر آبها شود.

۲- تسطیح و کوبیدن سطح زمین به منظور کاهش نفوذپذیری، که اینکار معمولا همراه با درصد مناسبی رطوبت انجام می‌شود.

۳- کاهش نفوذپذیری با مواد شیمیایی به نحوی که خاک واگرا باشد. آرایش ذرات از حالت پنجره‌ای به حالت موازی هم در بیاید.

۴- بهسازی زمین به وسیله مواد چسپاننده (اتصال دهنده) برای اتصال ذرات خاک به همدیگر.

۵- اجرای پوششهای سخت برای پوشاندن سطح آبگیر با بتن، چوب و صفحات فلزی. این روشها بسیار گران تمام می‌شود ولی عمر مفید طولانی ۲۰ سال یا بیشتر دارد.

۱-۲-۴- افزایش تولید با استفاده از آبیاری تکمیلی

تحقیقات ایکاردا و دیگر موسسات در نواحی خشک و نیز اطلاعات رسیده از مزراع موید آن است که تولید محصولات زراعی با بکارگیری مقادیر نسبتا کم آبیاری تکمیلی افزایش قابل توجهی یافته است. این افزایش هم در موقعیت هایی با بارندگی کم و هم با بارندگی زیاد امکان پذیر است. در کل آبیاری تکمیلی مطلوب بین ۷۵ میلیمتر در نواحی با بارندگی سالانه ۵۰۰ میلی متر تا ۲۵۰ میلیمتر، می‌باشد.

در مناطق با بارندگی کم، آب بیشتری مورد نیاز است، اما نسبت افزایش تولید محصول بالاتر است. با وجود این، افزایش تولید حتی هنگامی که بارندگی به میزان بالای ۵۰۰