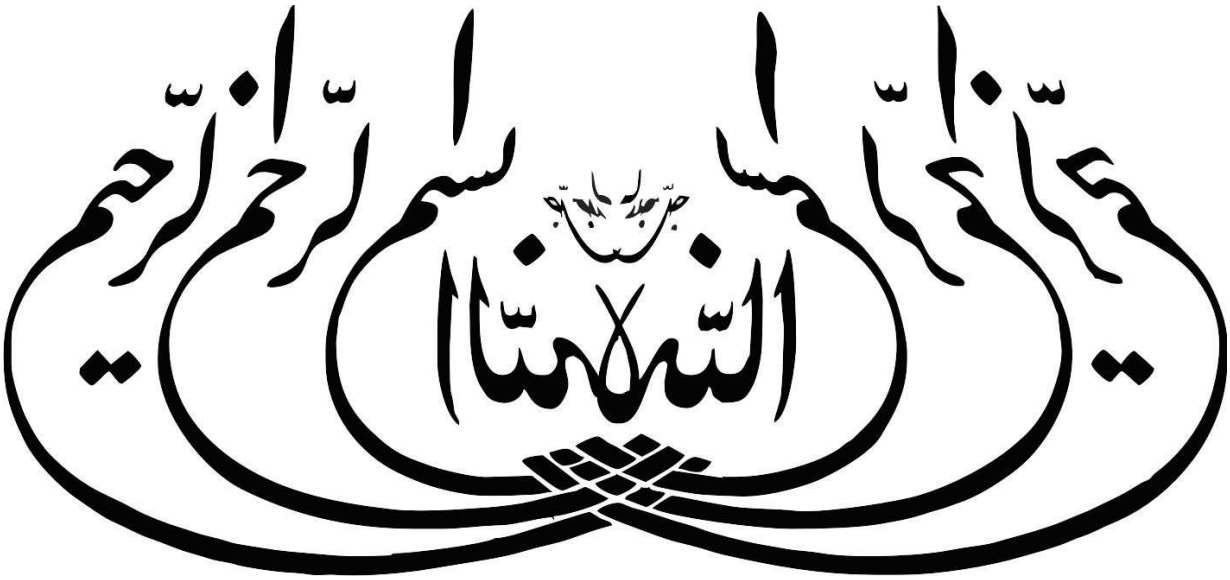
بسم الله الرحمن الرحيم

کلیه حقوق مترتب برنتایج مطالعات، ابتکارات و
نوآوریهای ناشی ازموضوع تحقیق این پایان نامه
متعلق به دانشگاه رازی است

دانشکده کشاورزی
گروه مهندسی آب

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی کشاورزی
گرایش آبیاری زهکشی

عنوان پایان نامه

بررسی اثر فاضلاب تصفیه شده کرمانشاه بر روی تجمع فلزات سنگین و ارزش غذایی ریحان و تربچه (در شرایط لایسی متری)

استاد راهنما:
دکتر هوشنگ قمرنیا

استادمشاور :
دکتر عیسی ارجی

نگارش:
مریم جلیلی

شهریور ۱۳۹۰

تقدیم به

مادرم

یگانه دریای عطوفت، مظهر الطاف خدا و جلوه گه عشق و صفا
آن اسوه صداقت و یگانه سرچشمه جوشان محبت
مونسی که دعای خیرش همواره بدرقه راه و توشه تلاشم بود

پدرم

کوشید تا بیاسایم، رنج کشید تا بیارامم
صبر و بردباریش تکیه گاهم، وجود و ایمانش افتخارم
و تداوم سایه اش آرزویم

برادرانم که همواره در کنارم هستن
و وجودشان مایه آرامشم در لحظات سخت زندگی است

و

مهربان ترین همسر دنیا و خالق خاطرات خوب زندگی ام

تشکر و قدر دانی

من لم یشکر المخلوق لم یشکر الخالق

حمد و سپاس فراوان پروردگار هستی بخش را، که هر آنچه هست، برای استمرار هستی خود محتاج هستی اوست و هستی او بی نیاز از آنچه که هست.

اکنون که با عنایت و الطاف بی شائبه ذات احدیت موفق به اتمام پایان‌نامه خود شده‌ام لیکن برخود واجب می‌دانم که صمیمانه‌ترین سپاس‌گذاری‌های خویش را تقدیم استادان ارجمند و کلیه دوستانی کنم که در تمام دوره‌های مختلف تحصیلی و همچنین مراحل اجرای این پژوهش از مساعدت و راهنمایی‌هایشان بهره-مند بوده‌ام. از جناب آقای دکتر هوشنگ قمرنیا که زحمات زیادی را به عنوان استاد راهنمای این تحقیق در فرآیند اجرای آزمایش‌ها و تدوین و تنظیم پایان‌نامه متحمل شدند، صمیمانه کمال تشکر و قدردانی را به عمل می‌آورم و موفقیت روزافزون برایشان آرزومندم. همچنین از آقای دکتر عیسی ارجی که زحمت مشاوره‌ی پایان‌نامه را تقبل کردند، به خاطر راهنمایی ارزنده‌شان کمال تشکر را دارم.

از اساتید محترم گروه مهندسی آب، جناب آقای دکتر رسول قبادیان، دکتر بهمن فرهادی و دکتر عبدالله طاهری که افتخار شاگردی این بزرگواران را در مقطع کارشناسی ارشد داشتم صمیمانه تشکر می‌کنم.

همواره قدردان راهنمایی ها، زحمات، کمک ها و دلسوزی‌های پدر خوب و مادر مهربانم و برادران عزیزم بوده و از اینکه همواره مشوق و پشتیبانم بوده‌اند کمال تشکر را دارم. لطف همسرم که بی‌وجود پر مهرش قادر به انجام این پایان‌نامه نبودم را برای همیشه در خاطر خواهم داشت. مراتب امتنان و سپاس خود را از خانم مهندس رزا فخری، خانم دکترلیلا زارعی، خانم مهندس شاه‌رضایی، خانم مهندس خان‌احمدی، آقای مهندس فیلی تبار، آقای مهندس نیک اندیش وآقای مهندس صیادی ابراز می‌کنم.

چکیده :

منابع آب شیرین برای آبیاری در ایران بصورت تدریجی رو به کاهش است در نتیجه استفاده از پساب فاضلاب و دیگر آب های نامتعارف برای آبیاری محصولات کشاورزی رو به افزایش است. از طرفی سبزیجات از اجزای مهم رژیم غذایی سالم هستند و آلودگی سبزیجات به فلزات سنگین از طریق آبیاری با پساب فاضلاب می‌تواند منجر به تجمع زیستی در بدن مصرف کنندگان گردد به همین منظور یک مطالعه موردی برای ارزیابی اثر آبیاری با پساب فاضلاب، بر روی میزان جذب عناصر مغذی و فلزات سنگین سبزیجات (ریحان و تربچه) در شرایط لایسیمتری انجام شد. در این تحقیق اثر تیمارهای مختلف آبیاری با پساب ثانویه تصفیه خانه شهرکرمانشاه با درصدهای مختلف آب و پساب (۱۰۰ ٪ آب چاه، ۵۰ ٪ آب چاه و ۵۰ ٪ پساب بصورت مخلوط، آب چاه و پساب بصورت یک در میان، ۱۰۰ ٪ پساب) بررسی شد. آزمایش در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گردید. نیاز آبی مورد نیاز نیز بر اساس برنامه Cropwat محاسبه و دور آبیاری ۲ تا ۴ روز انتخاب شد. نتایج بدست آمده نشان داد که بین تیمارهای مختلف از نظر جذب عناصر نیتروژن، پتاسیم و فسفر از لحاظ آماری در سطح ۱٪ تفاوت معنی‌دار بود و بیشترین مقدار جذب شده مربوط به تیمار ۱۰۰٪ پساب بود. همچنین اندازه‌گیری فلزات سنگین آهن، منگنز، روی، مس، کادمیوم و سرب در اندام های مختلف ریحان و تربچه نشان داد که بین تیمارها از نظر جذب فلز آهن و منگنز تفاوت معنی‌داری وجود نداشت اما در فلز مس با سطح احتمال ۵٪ و فلز روی با سطح احتمال ۱٪ تفاوت معنی‌دار شد. مقدار کادمیوم و سرب موجود در سبزیجات نیز در ماه‌های مورد مطالعه در حد صفر بدست آمد. تجزیه واریانس داده ها نشان داد که در خاک نیز از لحاظ جذب ازت، پتاسیم و فسفر در بین تیمارها با سطح احتمال ۱٪ تفاوت معنی‌دار بود. همچنین غلظت فلز آهن و منگنز تحت تأثیر درصد پساب در آب آبیاری قرار نگرفت، اما فلز روی و مس در تیمار پساب ۱۰۰٪ دارای بیشترین مقدار بوده و از لحاظ آماری نیز بین تیمارها با سطح ۱٪ تفاوت معنی‌دار شد. از نظر مقدار ظرفیت تبادل کاتیونی، درصد اشباع و pH خاک نیز در بین تیمارهای مختلف از لحاظ آماری تفاوتی وجود نداشت. همچنین نتایج این بررسی نشان داد که کاربرد پساب فاضلاب تصفیه شده شهری در تصفیه خانه کرمانشاه در محصولات مورد مطالعه، آلودگی غیر مجاز ناشی از تجمع عناصر سنگین و ازت نیتراته را بوجود نیاورده و هیچ گونه اثر زیان آوری بر روی سبزیجات این تحقیق نداشته است، در نتیجه کاربرد پساب به دلیل غنی بودن از نظر ازت، فسفر و دیگر عناصر پر مصرف و کم مصرف می‌تواند به عنوان یک منبع آب برای آبیاری در منطقه استفاده شود و کاربرد کودهای تجاری را کاهش دهد.

واژه‌های کلیدی : فاضلاب تصفیه شده، سبزیجات، ریحان، تربچه، فلزات سنگین

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول : مقدمه ۱
۱-۱-وضعیت منابع آب ایران و جهان ۲
۱-۲- بحران آب و اهمیت استفاده از آب های غیر متعارف ۵
۱-۳- هدف از تحقیق..... ۸
فصل دوم : کلیات و بررسی منابع..... ۱۰
۲-۱- خصوصیات فاضلاب ۱۱
۲-۱-۱- خصوصیات شیمیایی فاضلاب ۱۲
۲-۱-۲- خصوصیات فیزیکی ۱۳
۲-۱-۳- فلزات سنگین و آلودگی ناشی از ان ها ۱۴
۲-۱-۳-۱- روی و اثر آن بر گیاه ۱۶
۲-۱-۳-۲- کادمویم اثر ان بر گیاه ۱۶
۲-۱-۳-۳- مس و اثر آن بر گیاه ۱۷
۲-۱-۳-۴- منگنز و اثر آن بر گیاه ۱۷
۲-۲- تصفیه فاضلاب ۱۷
۲-۲-۱- تصفیه اولیه ۱۸
۲-۲-۲- تصفیه ثانویه ۱۹
۲-۲-۳- تصفیه پیشرفته ۲۰
۲-۲-۴- تصفیه نهایی (گندزدایی) ۲۱
۲-۳- تاریخچه استفاده از پساب در کشاورزی ۲۲
۲-۳-۱- تاریخچه استفاده از آب های بازیافتی در کشورهای خاورمیانه ۲۶
۲-۴- پیامدهای آبیاری با فاضلاب تصفیه شده ۳۰
۲-۴-۱- تاثیر آبیاری با پساب بر روی گیاه ۳۰
۲-۴-۲- تاثیر آبیاری با پساب بر روی خاک ۳۱
۲-۵- جنبه های بهداشتی و زیست محیطی کاربرد فاضلاب در آبیاری ۳۲
۲-۶- تربچه ۳۵
۲-۶-۱- تاریخچه ۳۵
۲-۶-۲-مشخصات گیاه شناسی..... ۳۵
۲-۶-۳- شرایط آب و هوایی ۳۵
۲-۶-۴- ارقام تربچه ۳۶
۲-۶-۵- اهمیت غذایی ۳۷
۲-۶-۶- کاشت، داشت، برداشت و بسته بندی ۳۷
۲-۶-۷- بذرگیری ۳۸

عنوان **صفحه**

۲-۷- ریحان ۳۸
۲-۷-۱- مشخصات گیاه شناسی..... ۳۸
۲-۷-۲-نیاز اکو لوژیکی..... ۳۹
۲-۷-۳-ارقام ریحان..... ۳۹
۲-۷-۴-کاشت، داشت و برداشت..... ۳۹
۲-۷-۵-بذرگیری..... ۴۰
فصل سوم : مواد و روش ها..... ۴۱
۳-۱- مشخصات طرح مورد بررسی ۴۲
۳-۱-۱- مشخصات محل اجرای طرح ۴۲
۳-۱-۲- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد مطالعه ۴۲
۳-۱-۳- مشخصات فیزیکی و شیمیایی آب چاه مزرعه مورد مطالعه ۴۳
۳-۲- مشخصات تصفیه خانه فاضلاب کرمانشاه ۴۴
۳-۲-۱- شرح مختصری از عملیات تصفیه ۴۴
۳-۲-۲- واحدهای مختلف فیزیکی در مدول ۱ ..... ۴۴
۳-۲-۳- آزمایش های مورد نیاز در تصفیه خانه ۴۹
۳-۳- عملیات آماده سازی لایسیمترها ۵۰
۳-۴-جمع‌آوری آمار و اطلاعات هواشناسی محدوده مورد مطالعه ۵۰
۳-۵- تعیین آب مورد نیاز آبیاری..... ۵۲
۳-۶- مواد آزمایشی ۵۶
۳-۶-۱- کاشت، داشت و برداشت گیاه تربچه ۵۶
۳-۶-۲- کاشت، داشت و برداشت گیاه ریحان ۵۹
۳-۷- محل اجرای آزمایش ۶۱
۳-۸- طرح آزمایشی ۶۲
۳-۹- عملیات آزمایشگاهی مربوط به گیاه (جهت تعیین عناصر ماکرو و میکرو) ۶۳
۳-۹-۱- هضم نمونه ها به روش اکسیداسیون مرطوب جهت اندازه گیری عناصر ماکرو ۶۳
۳-۹-۲- هضم نمونه ها به روش خاکستر کردن ۶۵
۳-۹-۳- هضم نمونه ها به روش تر ۶۷
۳-۱۰-عملیات آزمایشگاهی مربوط به خاک..... ۶۸
۳-۱۰-۱- تجزیه فیزیکی نمونه های خاک ۶۸
۳-۱۰-۲- تجزیه شیمیایی نمونه های خاک ۶۸
۳-۱۰-۲-۱- اندازه گیری ازت معدنی خاک (آمونیاکی + نیتراتی) ۶۸
۳-۱۰-۲-۲-اندازه گیری فسفر و پتاسیم قابل جذب (محلول) در خاک و تهیه عصاره گل اشباع ۶۸
۳-۱۰-۲-۳- تعیین میزان عناصر سنگین (روی، مس، آهن، منگنز) در خاک با روش DTPA ۶۹
۳-۱۰-۲-۴-اندازگیری شوری، کاتیون ها و آنیون های محلول خاک ۷۰

عنوان **صفحه**

۳ -۱۰-۲-۵- اندازه گیری مواد آلی خاک ۷۱
۳-۱۱- محاسبات آماری و تجزیه و تحلیل داده ها ۷۲
۳-۱۱-۱- آزمایش نرمال بودن توزیع داده ها ۷۲
۳-۱۱-۲- تجزیه واریانس و آزمون مقایسه میانگین ها ۷۲
فصل چهارم : نتایج و بحث ۷۳
۴-۱- نتایج تجزیه آب های آبیاری ۷۴
۴-۱-۱- ازت، فسفر، پتاسیم : ۷۴
۴-۱-۲- شوری و برخی کاتیون ها و آنیون های محلول ۷۴
۴-۱-۳- عناصر کمیاب و فلزات سنگین ۷۵
۴-۱-۴-pH ۷۶
۴-۱-۵- اکسیژن خواهی شیمیایی و بیو شیمیایی ومقدار مواد معلق فاضلاب ۷۶
۴-۱-۶- ارزیابی کیفیت میکروبی پساب فاضلاب ۷۷
۴-۲- نتایج حاصل از تعیین نیاز آبی با استفاده از نرم افزار Cropwat ۷۹
۴-۳- تأثیر تیمارها بر خصوصیات مختلف گیاه تربچه ۸۱
۴-۳-۱- تأثیر تیمارها بر درصد ازت، سدیم، پتاسیم و فسفر ماده خشک غده و اندام هوایی ۸۱
۴-۳-۲-تأثیر تیمارها بر غلظت فلزات سنگین اندازه گیری شده در غده و اندام هوایی تربچه ۸۳
۴-۴- نتایج تجزیه خاک های نمونه برداری شده از گیاه تربچه..... ۸۸
۴-۴-۱- تجزیه فیزیکی نمونه های خاک ۸۸
۴-۴-۲- تجزیه شیمیایی نمونه های خاک ۸۸
۴-۴-۲-۱- تأثیر تیمارها بر ازت خاک ۸۸
۴-۴-۲-۲- تأثیر تیمارها بر فسفر قابل جذب (محلول) ۸۸
۴-۴-۲-۳- تأثیر تیمارها بر پتاسیم قابل جذب (محلول) ۸۹
۴-۴-۲-۴- تأثیر تیمارها بر CEC، pH، SP و EC خاک ۹۰
۴-۴-۲-۵- تأثیر تیمارها بر تجمع فلزات سنگین در خاک ۹۱
۴-۴-۲-۶- تأثیر تیمارها بر تجمع آنیون ها و کاتیون های خاک ۹۲
۴-۵- تأثیر تیمارها بر خصوصیات مختلف گیاه ریحان ۱۰۲
۴-۵-۱- تأثیر تیمارها بردرصد نیتروژن ، پتاسیم و فسفر ماده خشک اندام های گیاه ۱۰۲
۴-۵-۲- تأثیر تیمارها بر غلظت فلزات سنگین اندازه گیری شده دراندام های گیاه ۱۰۴
۴-۶-نتایج تجزیه خاک های نمونه برداری شده از گیاه ریحان..... ۱۰۹
۴-۶-۱- تجزیه فیزیکی نمونه های خاک ۱۰۹
۴-۶-۲- تجزیه شیمیایی نمونه های خاک ۱۰۹
۴-۶-۲-۱-تأثیر تیمارها بر ازت خاک ۱۰۹
۴-۶-۲-۲- تأثیر تیمارها بر فسفر قابل جذب (محلول) ۱۰۹
۴-۶-۲-۳- تأثیر تیمارها بر پتاسیم قابل جذب (محلول) ۱۱۰

عنوان **صفحه**

۴-۶-۲-۴- تأثیر تیمارها بر CEC، pH، SP و EC خاک ۱۱۱
۴-۶-۲-۵- تأثیر تیمارها بر تجمع فلزات سنگین در خاک ۱۱۲
۴-۶-۲-۶- تأثیر تیمارها بر تجمع آنیون ها و کاتیون های خاک ۱۱۳
فصل پنجم : نتیجه گیری و پیشنهادات..... ۱۲۳
۵-۱- نتیجه گیری ۱۲۳
۵-۲- پیشنهادات ۱۲۴
پیوست ۱۲۶
منابع مورد استفاده ۱۴۳

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول شماره ۱-۱- منابع آب در دسترس و مصارف آب در ایران ۴
جدول شماره ۱-۲- معیارهای مهم مرتبط با کشاورزی در ایران ۴
جدول شماره ۱-۳- تحلیل منابع آب ایران با استفاده از شاخص های بحران آب ۵
جدول شماره ۲-۱- مقادیر مواد خارجی معمول در فاضلاب خانگی ۱۲
جدول شماره ۲-۲- میزان تعدادی از فلزات سنگین در خاک..... ۱۵
جدول شماره ۲-۳- مقادیر احتمالی باکتری ها در فاضلاب شهری ۳۴
جدول شماره ۲-۴- تاثیر تراکم بوته و شدت تابش بر روی نسبت وزن برگ و ریشه در تربچه ۳۶
جدول شماره ۳-۱- خصوصیات فیزیکی خاک مزرعه مورد مطالعه ۴۲
جدول شماره ۳-۲- خصوصیات شیمیایی خاکمزرعه مورد مطالعه ۴۲
جدول شماره ۳-۳- خصوصیات فیزیکی آب چاهمزرعه مورد مطالعه ۴۳
جدول شماره ۳-۴- خصوصیات شیمیایی آب چاهمزرعه مورد مطالعه ۴۳
جدول شماره ۳-۵- میانگین دراز مدت پارامترهای هواشناسی مورد استفاده در برنامه Cropwat ۵۱
جدول شماره ۳-۶- ضریب تشتک کلاس A برای برآورد تبخیر از سطح آزاد آب ۵۳
جدول شماره ۳-۷- میزان ضریب گیاهی ریحان در مراحل مختلف رشد ۵۳
جدول شماره ۳-۸- میزان ضریب گیاهی تربچه در مراحل مختلف رشد ۵۳
جدول شماره ۳-۹-طول مراحل چهارگانه رشد در گیاه ریحان..... ..... ۵۴
جدول شماره ۳-۱۰- زمان آبیاری و مقدار آبیاری برای گیاه ریحان..... ۵۴
جدول شماره ۳-۱۱- طول مراحل چهارگانه رشد در گیاه تربچه..... ۵۵
جدول شماره ۳-۱۲- زمان آبیاری و مقدار آبیاری برای گیاه تربچه..... ۵۵
جدول شماره ۳-۱۳- طول موج‌های مورد استفاده در اندازه‌گیری عناصر کم‌مصرف خاک ۷۰
جدول شماره ۴-۱- میانگین پارامترهای اندازه گیری شده در پساب فاضلاب و آب چاه و مقایسه آن ها با مقادیر استاندارد ۷۸
جدول شماره ۴-۲- محاسبه نیاز آبی تربچه و حجم آبیاری ۷۹
جدول شماره ۴-۳- محاسبه نیاز آبی ریحان و حجم آبیاری..... ۷۹
جدول شماره ۴-۴-کل حجم آب داده شده در طول رشد گیاه ریحان و تربچه ۸۰
جدول شماره ۴-۵- مقایسه میانگین های عناصر ماکرو در گیاه تربچه ۹۴
جدول شماره ۴-۶- مقایسه میانگین های عناصر میکرو در گیاه تربچه ۹۵
جدول شماره ۴-۷- مقایسه میانگین های عناصر میکرو و سایر پارامترهای خاک تربچه ۹۶
جدول شماره ۴-۸- مقایسه میانگین های کاتیون ها و آنیون های خاک تربچه ۹۷
جدول شماره ۴-۹- آنالیز واریانس عناصر ماکرو در گیاه تربچه ۹۸
جدول شماره ۴-۱۰- آنالیز واریانس عناصر میکرو در گیاه تربچه ۹۹
جدول شماره ۴-۱۱- آنالیز واریانس عناصر ماکرو و میکرو خاک در گیاه تربچه ۱۰۰
جدول شماره ۴-۱۲- آنالیز واریانس آنیون ها و کاتیون های خاک در گیاه تربچه ۱۰۱

عنوان **صفحه**

جدول شماره ۴-۱۳- مقایسه میانگین های عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در گیاه ریحان ۱۰۲
جدول شماره ۴-۱۴- مقایسه میانگین های فلزات سنگین در گیاه ریحان ۱۱۴
جدول شماره ۴-۱۵- مقایسه میانگین های فلزات سنگین و عناصر نیتروژن، فسفرو پتاسیم در خاکریحان ۱۱۵
جدول شماره ۴-۱۶- مقایسه میانگین های آنیون ها و کاتیون ها در خاک ریحان ۱۱۶
جدول شماره ۴-۱۷- آنالیز واریانس عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در گیاه ریحان ۱۱۷
جدول شماره ۴-۱۸- آنالیز واریانس فلزات سنگین درگیاه ریحان ۱۱۸
جدول شماره ۴-۱۹- آنالیز واریانس فلزات سنگین و درصد ازت، فسفر و پتاسیم درخاک ریحان ۱۱۹
جدول شماره ۴-۲۰- آنالیز واریانس آنیون ها و کاتیون ها در خاک ریحان ۱۲۰

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل شماره ۳-۱- نمایی از آشغالگیرهای تصفیه خانه شهر کرمانشاه ۴۵
شکل شماره ۳-۲- تصاویری از تصفیه خانه فاضلاب شهر کرمانشاه ۴۸
شکل شماره ۳-۳- مراحل کاشت، داشت و برداشت تربچه ۵۷
شکل شماره ۳-۴- مراحل کاشت، داشت و برداشت ریحان ۶۰
شکل شماره ۳-۵- نمای شماتیک از نقشه لایسیمترها و چیدن تیمارها ۶۲
شکل شماره ۳-۶- هضم نمونه ها به روش اکسیداسیون مرطوب ۶۴
شکل شماره ۳-۷- نمایی از دستگاه کجلدال و اسپکتروفوتومتر و نحوه تیتر کردن ۶۷
شکل شماره ۴-۱- مقادیر عناصر میکرو در پساب و آب چاه بر حسب میلی گرم بر لیتر..... ۷۶
شکل شماره ۴-۲- درصد نیتروژن در اندام های مختلف تربچه..... ۸۲
شکل شماره ۴-۳- درصد پتاسیم در اندام های مختلف تربچه..... ۸۲
شکل شماره ۴-۴- درصد فسفر در اندام های مختلف تربچه..... ۸۳
شکل شماره ۴-۵- مقدار آهن بر حسب میلی گرم بر کیلوگرم در اندام های مختلف تربچه..... ۸۴
شکل شماره ۴-۶- مقدار روی بر حسب میلی گرم بر کیلوگرم در اندام های مختلف تربچه..... ۸۴
شکل شماره ۴-۷- مقدار منگنز بر حسب میلی گرم بر کیلوگرم در اندام های مختلف تربچه..... ۸۵
شکل شماره ۴-۸- مقدار مس بر حسب میلی گرم بر کیلوگرم در اندام های مختلف تربچه..... ۸۶
شکل شماره ۴-۹- درصد ازت در خاک تربچه بعد از انجام آزمایش..... ۸۹
شکل شماره ۴-۱۰- مقدار فسفر در خاک تربچه بعد از انجام آزمایش..... ۹۰
شکل شماره ۴-۱۱- مقدار پتاسیم در خاک تربچه بعد از انجام آزمایش..... ۹۰
شکل شماره ۴-۱۲- مقدارفلزات سنگین برحسب میلی گرم بر کیلوگرم در خاک تربچه..... ۹۲
شکل شماره ۴-۱۳- مقدارفلزات سنگین برحسب میلی گرم بر کیلوگرم در خاک تربچه..... ۹۲
شکل شماره ۴-۱۴- درصد پتاسیم در اندام های مختلف گیاه ریحان..... ۱۰۳
شکل شماره ۴-۱۵- درصد فسفر در اندام های مختلف گیاه ریحان..... ۱۰۴
شکل شماره ۴-۱۶- درصد نیتروژن در اندام های مختلف گیاه ریحان..... ۱۰۴
شکل شماره ۴-۱۷- مقدار آهن بر حسب میلی گرم بر کیلوگرم در اندام های مختلف گیاه ریحان..... ۱۰۵
شکل شماره ۴-۱۸-مقدار روی بر حسب میلی گرم بر کیلوگرم در اندام های مختلف گیاه ریحان..... ۱۰۶
شکل شماره ۴-۱۹-مقدار منگنز بر حسب میلی گرم بر کیلوگرم در اندام های مختلف گیاه ریحان..... ۱۰۷
شکل شماره ۴-۲۰-مقدار مس بر حسب میلی گرم بر کیلوگرم در اندام های مختلف گیاه ریحان..... ۱۰۷
شکل شماره ۴-۲۱- درصد ازت، فسفر و پتاسیم قابل جذب در خاک ریحان..... ۱۱۰
شکل شماره ۴-۲۲- مقدار فسفر قابل جذب در خاک ریحان بعد از انجام آزمایش ۱۱۱

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل شماره ۴-۲۳- مقدار پتاسیم قابل جذب در خاک ریحان بعد از انجام آزمایش ۱۱۱
شکل شماره ۴-۲۴- مقدار فلزات سنگین بر حسب میلی گرم بر کیلوگرم در خاک گیاه ریحان..... ۱۱۳

فصل اول

(مقدمه و هدف)

۱-۱- وضعیت منابع آب ایران و جهان

با آن که ۸۰ درصداز سطح کره زمین را آب پوشانده است، تنها بخش کوچکی از این مجموعه را آب-های شیرین تشکیل می‌دهند که این مقدار نیز بطور یکنواخت در سطح کره زمین توزیع نشده است و تنها ۶۲ درصد از تمامی آب‌های دریاچه‌های شیرین، رودخانه‌ها و آب‌های زیرزمینی قابل دسترس برای مصرف جهت انسان‌می‌باشد (Rowe & Abdelmagid, 1995). نرخ رشد جمعیت جهانی اکنون ۸۰ میلیون نفر در سال است و پیش بینی می‌شود که طی چند دهه آینده تقریباً همین تعداد هر ساله بر جمعیت جهان افزوده شود، به‌طوری‌که در سال ۲۰۵۰، جمعیت کره زمین به ۹/۴ میلیارد نفر خواهد رسید. قاره آسیا که ۶۰ درصد جمعیت دنیا در آن ساکن است، تنها ۳۶ درصد از منابع آب تجدید شونده جهان را دریافت می‌کند و به دنبال آن ایران که حدود یک درصد از جمعیت دنیا در آن ساکن است، تنها ۰/۳۶ درصد از منابع آب تجدید شونده جهان را داراست (جهانی، ۱۳۷۹). بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که ایران با دارا بودن ۱/۱ درصد از خشکی‌های جهان فقط به ۰/۳۴ درصد از آب‌های موجود در سطح خشکی‌های زمین دسترسی دارد و حجم آب‌های شیرین قابل استفاده کشور از ۰/۰۰۰۲ درصد از آب‌های شیرین جهان تجاوز نمی‌کند. در بررسی پتانسیل آبی کشورهای جهان نیز کشور ما در سال ۱۹۹۰ در بین یکصد کشور جهان با سرانه سالیانه ۲۰۲۵ مترمکعب در ردیف شصت و هفتم قرار داشته و پیش بینی شده است که تا سال ۲۰۲۵ با سرانه ۸۱۶ متر مکعب به ردیف هفتاد و سوم نزول کند (مولایی، ۱۳۷۸). این کشور با وسعتی در حدود ۱۶۵ میلیون هکتار درناحیه‌ی نیمه خشک واقع شده است. ایران جزو کشورهای خاورمیانه است که بین ۲۰ تا ۲۵ درصد کاهش بارش سالانه نسبت به میانگین ریزش سالانه(سال‌های ۱۹۹۰-۱۹۶۱) در سال ۲۰۰۰ میلادی داشته است (اروندی و کامیاب، ۱۳۷۹). توزیع بارندگی در ایران بسیار پراکنده است و متوسط بارش در این کشور از یک سوم متوسط جهان کمتر می‌باشد. مطالعه آمار بارش نشان می‌دهد که متوسط بارش در ایران ۲۵۲میلیمتر، در جهان ۸۳۱ و در آسیا ۷۳۲ میلیمتر است. از مجموع ۴۱۳ میلیارد مترمکعب بارش در ایران، ۲۸۳ میلیارد مترمکعب از طریق تبخیروتعرق از دسترس خارج می‌شود. ۱/۵ میلیارد مترمکعب رواناب‌های سطحی را تشکیل داده و ۲۵ میلیارد مترمکعب آب‌های زیرزمینی را تشکیل می‌دهد. لازم به ذکر می‌باشد ایران جزو کشورهایی است که برداشت آب، از منابع آب زیرزمینی آن بیش از معیارهای استانداردهای بین المللی می‌باشد (اروندی و کامیاب، ۱۳۷۹). در حال حاضر حدود ۹۴/۲۵ درصد از کل مصارف آب سالیانه مربوط به بخش کشاورزی است، ۴/۷۵٪ مربوط به مصارف خانگی و ۱٪مربوط به مصارف صنعتی است.

بالاترین میزان مصرف آب در کشور مربوط به بخش کشاورزی است (جدول ۱-۱).
بررسی‌ها نشان می‌دهد که میزان برداشت محصول به ازای واحد آب مصرفی در ایران از سایر کشورها کمتر است. پیش بینی معیارهای مهم مرتبط با کشاورزی در جدول (۱-۲) ارائه شده است.

افزایش جمعیت، نیاز به افزایش تولید محصولات کشاورزی را ضروری می‌نماید. کشاورزی فاریاب در مقایسه با کشاورزی دیم عملکرد را به نحو قابل توجهی بالا می‌برد. کشت فاریاب تقریبا ۱۷ درصد از کل زمین‌های قابل کشت دنیا را در بر گرفته است، درحالی‌که تولید حاصل از این مزارع، ۳۴ درصد از کل تولیدات جهان را شامل می‌شود. در مناطق خشک و نیمه خشک، تولید مواد غذایی وابستگی بیشتری به کشاورزی فاریاب نشان می‌دهد. در این مناطق همواره میزان تقاضا برای غذا به مراتب فراتر از مقدار محصولات کشاورزی است که در داخل این کشورها تولید می‌گردد(عابدی و نجفی، ۱۳۸۰).تقاضا برای آب شیرین در نقاط مختلف جهان به شدت افزایش یافته است (Goosen & Shayya,1990).بطوری‌که در حال حاضرنزدیک به دو میلیارد نفر انسان از دسترسی به آب شیرین محروم هستند (مسیبی، ۱۳۷۸). پیش بینی ها نشان می‌دهند، تا سال ۲۰۵۰ تعداد ۶۶ کشور (نزدیک به دو سوم جمعیت دنیا) با کمبود آب روبرو خواهند شد (بی نام، ۱۳۷۸).

در حال حاضر با توجه به اینکه ۸۹/۵ میلیارد مترمکعب از ۱۳۰ میلیارد مترمکعب آب تجدید پذیر سالیانه کشور مورد استفاده قرار می‌گیرد و همچنین با درنظر گرفتن جمعیت فعلی کشور (حدود ۶۸ میلیون نفر در سال ۱۳۸۲)، سرانه آب تجدید پذیر ایران در این شرایط ۱۹۰۰ مترمکعب می‌باشد، بدین لحاظ بر اساس شاخص فالکن مارک، کشور ایران در آستانه قرار گرفتن در بحران آبی است (احسانی و خالدی، ۱۳۸۳). با توجه به اینکه در شرایط کنونی حدود ۶۹ درصد از کل آب تجدید پذیر سالانه کشور مورد استفاده قرار می‌گیرد، بر اساس شاخص‌های سازمان ملل، ایران هم اکنون در وضعیت بحران شدید آبی قرار دارد. بر اساس شاخص موسسه بین المللی مدیریت آب نیز، ایران در وضعیت بحران شدید آبی قرار دارد (جدول ۱-۳). بنا به گزارش این موسسه، کشور ایران برای حفظ وضع موجود خود تا سال ۲۰۲۵ باید بتواند ۱۱۲ درصد به منابع آب قابل استحصال خود بیفزاید، که این مقدار با توجه به امکانات و منابع آب موجود غیر ممکن به نظر می‌رسد. لذا وضعیت موجود آب کشور می‌بایست جزو نگرانی‌ها و دغدغه‌های کارشناسان، محققان و مدیران باشد و با اتخاذ راهکارهای اصولی بر پایه تحقیقات علمی، بتوان مانع گسترش این بحران شد (احسانی و خالدی، ۱۳۸۳).

با روند کنونی کاهش سرانه آب شیرین، صلح و امنیت جهانی با چالش‌های بزرگی که بخشی از آن اکنون شروع شده است روبرو خواهد شد و البته اصلی ترین قربانیان این چالش خطرناک نیز کشورهای در حال توسعه و جهان سوم، بویژه کشورهایی که در مناطق خشک و نیمه خشک جهان قرار دارند، خواهند بود (مسیبی، ۱۳۷۸). به طور کلی با رشد جمعیت نیاز به آب جهت مصارف شهری افزایش می‌یابد. بنابراین به تدریج بخشی از منابع آب اختصاص یافته جهت کشاورزی، باید به مصارف شرب، بهداشت و صنعت

تخصیص یابد. از طرفی با رشد جمعیت نیاز به محصولات کشاورزی افزایش یافته و لذا توجه به تامین آب کافی جهت این بخش ضروری است . پیش بینی می‌شود در سال ۱۴۰۰ بیش از ۱۰ میلیارد مترمکعب آب در سال به بخش شرب شهری و روستایی و صنعت اختصاص یابد. با فرض ضریب تبدیل آب به فاضلاب ۷۰ درصد، حدود ۷ میلیارد مترمکعب آب در سال قابل باز چرخانی بوده که می‌تواند به طور مستقیم ظرفیت تامین آب کشاورزی و صنعت را افزایش دهد(Alizadeh&Keshvarz, 2005).

جدول ۱-۱- منابع آب در دسترس و مصارف آب در ایران (Alizadeh&Keshvarz, 2005).

منبع و مصرف آب	حجم (میلیارد مترمکعب)	حجم (درصد)
ریزش‌های جوی	۴۱۳	۱۰۰
تبخیرو تعرق	۲۸۳	۷۰
آب تجدید پذیر	۱۳۰	۳۰
آب سطحی	۱۰۵	---
آب زیرزمینی	۲۵	---
کل مصرف آب	۸۷/۵	۱۰۰
مصرف کشاورزی	۸۲	۹۴/۲۵
مصرف خانگی	۴/۷	۴/۷۵
مصرف صنعتی	۰/۸	۱

جدول ۱-۲- معیارهای مهم مرتبط با کشاورزی در ایران در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۰۵ و پیش بینی شده برای سال ۲۰۲۰ (Keshvarz &Ashraft, 2005).

معیار	سال		
	۲۰۰۰	۲۰۰۵	۲۰۲۰
جمعیت (میلیون نفر)	۶۳	۷۰	۱۰۰
حجم آب مصرفی درکشاورزی (میلیارد مترمکعب)	۸۲/۵	۹۰	۱۰۰
میزان حاصلخیزی (کیلوگرم محصول به ازاء مترمکعبآب)	۰/۷	۱	۱/۹
افزایش مورد انتظار محصولات کشاورزی (درصد)	–	۲۵۰	۳۳۷
افزایش آب مورد نیاز (درصد)	–	۹/۷	۲۲

جدول۱-۳- تحلیل منابع آب ایران با استفاده از شاخص‌های بحران آب (احسانی و خالدی،۱۳۸۳)

جمعیت (میلیون نفر)	منابع آب تجدید پذیر (میلیارد مترمکعب)	سرانه آب تجدید پذیر (مترمکعب)	میزان آب مورد استفاده (میلیارد مترمکعب)	نتایج ارزیابی شاخص های بین المللی		
				فالکن مارک	سازمان ملل	موسسه بین المللی مدیریت آب
۶۸	۱۳۰	۱۹۰۰	۸۹/۵	آستانه بحران	بحران شدید	بحران شدید

۱-۲- بحران آب و اهمیت استفاده از آب‌های غیرمتعارف

سازمان ملل متحد در گزارش توسعه جهانی آب با عنوان « آب برای مردم، آب برای زندگی » که به مناسبت سال جهانی آب شیرین منتشر نموده است، ضمن معرفی و رده بندی کشورهای جهان بر اساس میزان منابع آب و کیفیت آب توزیع شده، کمبود آب را به عنوان بحران جدی جهان در سال‌های آینده دانسته است. در این بیانیه تصریح گردیده که تمام مناطق و اغلب کشورهای جهان در سال‌های آینده به نوعی با بحران آب مواجه خواهند شد. گزارش سازمان ملل متحد با اشاره به اینکه بحران آب بر زندگی، بهداشت و تغذیه مردم تاثیر مستقیم خواهد گذاشت، پیش بینی می‌نماید که در ۲۰ سال آینده بطور متوسط میزان دسترسی مردم به آب یک سوم کاهش خواهد یافت. این گزارش بحران آب را در ردیف بحران‌های اجتماعی و سیاسی که ریشه انسانی دارند قرار داده و تاکید می‌نماید که به رغم وجود بحران کنونی آب در برخی مناطق جهان، این معضل به بحران نظامی تبدیل نخواهد شد. این گزارش می‌افزاید که جامعه بین الملل در ۲۵ سال گذشته با توجه به پیش بینی بحران آب با سرمایه گذاری و برگزاری کنفرانس‌هایی در تلاش برای یافتن تدابیری برای حل این بحران بوده است. این سازمان افزایش جمعیت بی‌توجهی به آلودگی آب و عدم رعایت استانداردهای کمی مصرف آب را از جمله عوامل تشدید این بحران دانسته و می‌افزاید، امروزه همزمان با افزایش تقاضای آب، چشمه‌ها و منابع آبی به شدت در حال کاهش است. در این گزارش آمده است، در سال ۲۰۵۰ میلادی ۴۸ کشور جهان که نزدیک به دو میلیارد نفر جمعیت خواهند داشت، تنها سالیانه به یک هزار مترمکعب آب برای هر نفر برای نوشیدن، آب صنعتی و کشاورزی دسترسی خواهند داشت. هم اکنون نزدیک به دو سوم کشورهای جهان با مشکل کمبود آب مواجه هستند که در بین آنان کشور کویت با دارا بودن ۱۰ مترمکعب منابع آبی بطور سالانه برای هر فرد، یکی از فقیرترین کشورها از نظر منابع آبی به شمار می‌رود . نوار غزه (۵۲ مترمکعب)، امارات متحده عربی (۵۸ مترمکعب)، باهاماس (۶۶ مترمکعب)، قطر (۹۴ مترمکعب)، مولداوی (۱۰۳ متر مکعب)، لیبی (۱۱۳ مترمکعب) و عربستان صعودی با (۱۱۸ مترمکعب) از جمله کشورهای فقیر از نظر منابع آب در جهان محسوب می‌شوند. بر اساس استانداردهای بین المللی کشوری که سالانه کمتر از ۵۰۰ مترمکعب آب برای هر نفر از ساکنان خود داشته باشد از نظر منابع آبی فقیر