**بررسی شوری خاک در سیستم‌های مختلف آبیاری**

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_
**چکیده :**

در مقالة حاضر، طرحی ارائه شده است که شوری خاک را در مزارعِ تحت آبیاری تخمین زده و راهکارهای مدیریتی ارائه می‌دهد. این تحقیق بر اساس بررسی مدلهای آبیاری منطقة Manicoba (= منطقه ای واقع در شمال شرقی برزیل) انجام شده است. در این منطقه علت اصلی شوری خاک، بالا آمدن آبهای زیر سطحی می‌باشد. در این طرح آب و میزان املاح خاکهای سطحی محاسبه می‌شوند. آزمون بر روی کرت‌های بدون کشت و همچنین منطقة ریشة درختان انبه(9/0 متری زمین) انجام گرفت. بررسی اثر سیستمهای مدیریتی بر روی املاح خاک، در تغییر و اصلاح آبیاریهای پی در پی و تبدیل آنها به سیستمهای مؤثرتر مفید خواهد بود.
مقدمه :

در دشت نیمه خشک sao Francisco (منطقه‌ای واقع در شمال‌شرقی برزیل[شکل1])تبخیر و تعرق مرجع علوفه بیشتر از بارشهای سالیانه بوده[جدول1] و جهت آبیاری این منطقه از رودخانة sao Francisco استفاده می‌شود. [آلن و همکاران1998] میانگین هدایت الکتریکی آب این منطقه بین dS/m05/0-11/0 بوده و خطر شورشدن خاک کم می باشد. اعتقاد بر این است که آبیاریهای پی در پی در این زمین باعث شستشوی مقادیر مناسبی از املاح شده و آنها را از منطقة ریشه خارج می‌سازد. با اینکه میانگین راندمان آبیاری 60% می باشد ولی در این منطقه به 25% کاهش یافته است. درختان میوه‌های گرمسیری بخصوص انبه ازعمده محصولاتی هستند که در این منطقه آبیاری می‌شوند. با اینکه کیفیت آب خوب است، ولی در اکثر سیستم‌های آبیاری بعد از10-20 سال مشکل شوری خاک روی می‌دهد. بررسی این موضوع را موسسة EMBRAPA [موسسه تحقیقات کشاورزی برزیل] در سال‌های 2000-2001 به عهده گرفت تا: [1] با بررسی مشکل، [2] علت اصلی و دقیق آن را تشخیص داده و [3] با ارائة طرح و [4] ارائة راهکارهای مدیریتی، طرح آبیاری‌های پایدار را ارائه دهد. این تحقیق در منطقه‌ای به وسعت 4500 هکتار از اراضی Manicoba [در9درجه و 24دقیقة جنوبی -40درجه و 26دقیقة غربی- شکل1] اجرا شد که در این منطقه اکثر درختان توسط سیستم آبیاری شیاری(جوی-پشته‌ای) آبیاری می‌شدند. این منطقه در امتداد رودخانة sao Francisco و در 40 کیلومتری دو دهکدة مجاور petrolina , Juazeiro قرار دارد. در این سیستم کشاورزان بخاطر شورشدگی خاک، 10-13% از کل منطقة آبیاری را رها کرده بودند. مطالعات نشان داده‌اند که آبهای سطحی در عمق متوسط 3/1متری زمین و در بالای لایه‌های غیر قابل نفوذ3متری(که عمدتاً از گرانیت تشکیل شده اند) قرار گرفته اند. در دورة پلیستوسن زمین شناسی [Pleistocene] این لایه تکامل نیافته بود و سیستم زه‌کشی‌های ناقصی داشت که بواسطة آن حوضچه‌های متناوب متعددی در این لایه تشکیل شده‌اند. در روی این لایة غیرتراوا، یک پوشش شنی و لومی وجود دارد که در دوران Holocene بوجود آمده است. این لایه بخش ریشة گیاهان را نیز در بر می‌گیرد. در بیشتر بخشهای این سیستم آب به مناطق پائینتر نفوذ کرده و در حوضچه‌هایی متمرکز و تغلیظ شده است که نتیجتاً شوری آب را در آن مناطق سبب شده است(dS/m 3/10که از 1/5 الی 6/22 متغییر بوده و انحراف استاندارد آن 54/6 می‌باشد). در عوض، بواسطة آبیاریها و رسوبهای پی در پیِ آب سطحی، میانگین املاح آن به dS/m 60/0 کاهش یافته است (از 2/0 تا 3/2 متغییر بوده و انحراف استاندارد آن dS/m 58/0 می‌باشد). حرکت‌های روبه‌بالای آب و املاح محلول در آن باعث می‌شوند که خاک‌های سطحی را به شدت متأثر کرده و منطقة ریشه را شور کنند. مطالعة حاضر این نتیجه را ارائه کرده و گزارش شده است که عصارة اشباع آبهای زیر زمینی اختلاف زیادی با آب آبیاری دارد. این موضوع در نمودار شکل 3 نشان داده شده است. در این مطالعه شوری خاک بر اساس هدایت الکتریکی عصارة اشباع(EC) آن بیان شده است. EC به صورت زیر تعریف می‌شود: هدایت الکتریکی املاح محلول در آبِ خاک ، که بعد از افزودن مقدار معینی آب مقطر به آن و رسیدن به درجة اشباع معین می‌گردد. شوری خاک(EC) در بیشتر بخشهای سیستم و در حدود 75% از مزارع تحت آبیاری اندازه‌گیری شد. این آمار بین سالهای 1975-2001 گرفته شده و بین dS/m 4/0-1 بودند که میانگین آنها dS/m 46/0 گزارش شده است. حد مجاز یا آستانة تحمل گیاهان حساسdS/m 2-4 می‌باشد که مقادیر سنجیده شده کمتر از این مقدار بودند و تنها تعداد اندکی از مزارعِ تحت کشت، ECی بالای dS/m 2 داشتند. در برخی مناطق از مزرعه آبهای سطحی شور بالا آمده و شوری نسبتاً شدیدی در خاک ایجاد کرده بودند، بطوریکه کرتها را غیرقابل کشت شدند. هدایت الکتریکی عصارة اشباع خاکها در 13 کرت رها شده و در اعماق متفاوت مورد بررسی قرار گرفتند. میانگین شوری آنها در عمق 15/0متری، dS/m 1/22 بوده (که با انحراف استاندارد dS/m 7 از 13 تا dS/m 36 متغییر بوده) و در عمق 45/0متری، dS/m 7/10( با انحراف استانداردdS/m 2/3) و در عمق 8/0متری، dS/m 3/7( با انحراف استاندارد dS/m 6/2) گزارش شده است.
طبق رده‌بندی Abrol (و همکارانش)[1998] این مقادیر نشان می دهند که خاکهای عمق 8/0متری شور و خاکهای سطحی‌تر بسیار شور می‌باشند. بطوریکه تنها تعدادی محدودی از گیاهان مقاوم به نمک می‌توانند در این شرایط زنده بمانند. در این مطالعه هنگامیکه جریان آب رو به بالا مورد بررسی قرار می گرفت طرحی جهت تخمین شوری آب ارائه گردید. در این طرح میزان آب و املاح خاک سطحی رکوردگیری می‌شدند. رکوردگیری شامل سه مرحلة اصلی بود: 1-تخمین حرکت آب به سمت بالا 2-تخمین میزان آب خاک 3-تخمین میزان املاح خاک این طرح نشان داده شده است. میزان املاح در بخش ریشة گیاه(در کرت‌های کاشته شده) و یا در بخشهای سطحی خاک(در کرت‌های رها شده)، قبل و بعد از سیلاب مورد ارزیابی قرار گرفتند. داده‌های بدست آمده را مورد بررسی قرار داده و با فرموله کردن آنها اثر سیستم‌های مدیریت آب مزرعه را نشان دادند. از آنجائیکه این آزمون بر روی درختان انبه انجام گرفته بود نتایج را برای این گیاه به ثبت رساندند.
**مواد و روش‌ها:**

خصوصیات باغهای انبه: سیستم آبیاری این درختان به گونه ای بود که کرت‌ها به فاصلة 5-8 متری کاشته شده و درختان 85% سطح باغ را پوشانده بودند. میانگین تبخیر و تعرق گیاه در شرایط بهینه (ET) بر اساس 10 روز و ضریب خود گیاه(Kc) نیز برای باغ مورد نظر 8/0 برآورد شده بود. درختان انبه ریشه‌های عمودی داشته و سیستم پخش ریشه در آنها خوب است. در باغهایی که آبیاری می‌شوند، ریشه‌های جاذب آب تا عمق 2/1 متری قرار گرفته‌اند. بطوریکه 65% از ریشه‌های جاذب آب، در محدودة عمق 6/0 متری متمرکز شده اند. از اینرو بررسی جریانات سیلابها و شوری آب، در عمق موثر، یعنی محدودة 9/0متری مورد مطالعه قرار می‌گیرد. پخش ریشه‌ها طوری است که 50% از جذب آب در 15% فوقانی بخش ریشه‌ها انجام می‌شود. مرحلة اول: تخمین حرکت رو به بالای آب: UPFLOW نرم‌افزاری است که حرکت رو به بالای آب‌های سطحی را در مدت زمان مشخص و در شرایط مختلف سنجیده و برآورد می‌کند. داده‌های زیر به کمک نرم‌افزار مورد بررسی قرار گرفته و نتایج ارائه می‌شوند: داده‌های مربوط به قطر و ساختار پروفیل خاک، نیاز تبخیر و تعرقی گیاه در مدت زمان معین، میانگین رطوبت خاک، میانگین آب موجود در خاک‌های سطحی(تا عمق3/0 متری) یا منطقة ریشه(در صورت کاشت)و ... با در نظر گرفتن شرایط و به کمک نرم‌افزار مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند. به کمک این نرم‌افزار می‌توان میزان بالاروی آب و شورشدگی منطقة ریشه(در مناطق تحت کشت) یا سطح خاک(در مناطق بدون کشت یا رها شده) را پیش‌بینی کرده و منحنی آن را رسم نمود. مرحلة دوم: موازنة میزان رطوبت خاک: BUDGET نرم‌افزاری است که جهت بالانس رطوبت خاک بکار گرفته شده است. این برنامه حاصل اختلاط چندین طرح بوده و میزان حرکت رو به بالای آب و جذب ریشه‌ای را مورد بررسی قرار می‌دهد. در این برنامه موارد کلی سیستم از قبیل میزان رواناب، فیلتراسیون خاک، تراوایی خاک، میزان فلیتراسیون در اعماق و همچنین میزان تبخیر و تعرق گیاه مورد بررسی قرار می‌گیرند. این برنامه با زمان مشخصی کار کرده و میزان رطوبت خاک بر اساس شرایط روزانه بالانس می‌شود. به کمک BUDGET رطوبت خاک در سطح خاک (در کرت‌های کاشته نشده) و در منطقة ریشه(در مناطق کاشته شده) ارزیابی شده و موارد زیر مورد بررسی قرار می‌گیرند:
1- میانگین تبخیر و تعرق 10 روز مرجع و بارشهای روزانه برای سالهای خشک و پرباران.
2-مشخصات و صفات اختصاصی لایه‌های مختلف خاک (که در این آزمایش: در اعماق سطحی و 3/0متری شن لومی تا لوم شنی بوده و در خاک‌های زیرسطحی شنی رس-لوم بوده و لایه‌های غیرقابل نفوذ نیز در اعماق 3 متری قرار گرفته بودند). 3-صفات اختصاصی درختان انبه در باغ 4- عمق آبهای سطحی که در نتیجة حرکت رو به بالای روانابها ایجاد شده و توسط UPFLOW تخمین زده شده‌اند. در مورد الگوی آبیاری درختان انبه می توان گفت که طرح اصلی توسط فاصله و عمق آبیاری مشخص می‌شود که با توجه به فصول مختلف می‌تواند متفاوت باشد. به کمک برنامة UPFLOW میتوان میزان بالاروی آبهای سطحی را برآورد کرده(داده‌های ورودی برای برنامة BUDGET) و سپس با برنامة BUDGET اثر آن و کاهش میزان تبخیر و تعرق را تخمین زد. جریان آبهای سطحی رو به بالا تنها زمانی مطرح می‌شود که آب زمین از مقدار«ظرفیت مزرعه‌ای»[field capacity] کمتر بوده و یا پروفیل خاک زه‌کشی نشده باشد. تعداد روزهای آزمون وابسته به الگوی آبیاری و شرایط محیطی می‌باشد. در مورد زمینهای کشت نشده می‌توان گفت که نسبت به زمین‌های آبیاری شده، مدت زمان بیشتری طول می‌کشد تا آبهای سطحی به طرف بالا رواناب شوند. به همین ترتیب در سالهای پرباران نیز سرعت این سیلاب بیشتر بوده و در مدت زمان کمتری آب به طرف بالا جریان می‌یابد. UPFLOW و BUDGET بسته‌های نرم‌افزاری هستند که بطور رایگان قابل دسترسی‌اند. دیسک راه‌انداز و راهنمای این نرم‌افزار را می‌توان از سایت: http://www.iupware.be دانلود نمود. پس از انتخاب(دابل کلیک) و نصب برنامه‌ها، هر دو برنامه مجموعاً کمتر از Mb2 فضا اشغال خواهند کرد. مرحلة سوم: بالانس میزان املاح: میزان املاح خاک توسط بررسی کیفیت(dS/m) و کمیت(mm/year) آب تجمع یافته یا جذب شده توسط ریشه‌ها برآورد می‌شود. در محاسبات dS/m1 را برابر mg/lit640 نمک محلول احتساب می‌کنند. نفوذ نمک به ناحیة ریشه بواسطة مورد 1-آب آبیاری 2-روانآبهای رو به بالا 3-کوددهی صورت می‌گیرد. مقدار نمکی که توسط آب آبیاری وارد خاک می‌شود را می توان توسط بررسی مقدار بارندگی یا آبیاری سالانه و همچنین هدایت الکتریکی خاک برآورد کرد. مقدار نمکی را که توسط جریانهای روبه‌بالا به خاک تحمیل می‌شود را نیز می‌توان توسط بررسی هدایت الکتریکی آن و بررسی مقدار آب‌های وارد شده از اعماق به بالا سنجید. جهت جلوگیری از خسارات ناشی از کوددهی، بایستی متصدیان امر توسط تولید کنندگان سموم توجیه شده و تا 5 سال از عوارض سم یا کود اطلاع رسانی نمایند. با وجود همة این اقدامات بعضی از سموم و کودها بصورت نامحلول باقی مانده و در مواقع آب دهی زیاد و یا باران‌ها توسط آب تمرکز می‌یابند. بایستی املاح خاک بطور پیوسته سنجیده شده و از استفادة بی‌مورد کود و یا در زمان‌های شوری خاک امتناع نمود. گاهی می‌توان از روی کودهای نامحلول موجود در خاک میزان شوری آن را تخمین زد. تا رسیدن به موازنه و تعادل املاح خاک، بایستی اقدامات نمک‌زدایی را ادامه داد. نمک‌های محلولی که در ناحیة ریشه‌ای تجمع یافته‌اند را بایستی توسط زه‌کشی از این ناحیه خارج کرد. بررسی سالانة املاح خاک در ناحیة ریشه و همچنین بررسی املاح و هدایت الکتریکی آب‌های زه‌کشی شده ما را در تنظیم املاح یاری خواهد کرد. با بررسی آبهای زه‌کشی شده و محاسبة هدایت الکتریکی پروفیل خاک در حالت « ظرفیت مزرعه‌ای »(EC)نمک وشوری خاک در بخش ریشه محاسبه و تخمین زده می‌شود. هدایت الکتریکی عصارة اشباع خاک توسط ضرب EC در فاکتور نسبت آب مزرعه‌ای بدست می‌آید. (نسبت آب مزرعه در شرایط زه‌کشی شده برابر است با: θFC=0.2854 m3 m-3 و برای خاک اشباع (مقدار آب مورد نیاز برای به حرکت در آوردن عصارة اشباع خاک): θSAT=0.3845 m3 m-3 و برای پروفیل‌های خاک این فاکتور برابر7422/0 می باشد.(یعنی EC برابر 7422/0 است). نتایج: ورود جریانات آب از اعماق به سمت بالا و نفوذ به منطقة ریشه(در مناطق تحت کشت انبه) یا سطح خاک(در مناطق کشت نشده) توسط نرم‌افزار UPFLOW تخمین شده و نتایج به شکل شماتیک در شکل 4 آورده شده‌اند. برای مثال در عمق 3/1 متری نفوذ آب‌های سطحی به منطقة ریشة درختان انبه mm/day 9/0 بوده ولی در مناطق بدون کشت فقط mm/day 2/0 می‌باشد. میانگین جریانات آبی و سیلابهای سالانه که در ناحیة ریشة درختان انبه و سطح خاک(در مناطق کشت نشده) بوده‌اند نیز توسط برنامة BUDGET تخمین زده شده و نتایج به صورت نموداری در شکل 5 ارائه شده‌اند. داده‌های شکل 5 نتایج حقیقی آزمون بوده و موازنة آب را در الگوهای حقیقی آبیاری نشان می‌دهد. گرچه بیشتر آبهای وارد شده به سطح از ناحیة کم‌عمق می‌باشند، تحقیقات نشان داده‌اند که کشاورزان نبایستی تنها با توجه به شرایط این بخش الگوی آبیاری خود را تنظیم کنند. پس از این آزمون بعدها پیزومتر(فشار سنج آب) نیز به کمک کشاورزان آمده و به کمک آن الگوهای آبیاری خود را اصلاح نمودند. در تمام موارد سعی بر این است که با ارائة الگوی آبیاری مناسب از استرس بر روی گیاه کاسته شود. بر طبق محاسبات جریانهای روبه‌بالای آب در منطقة ریشة درختان انبه در طی 150-190 روز در سال انجام می‌گرفت. در حالیکه در مناطق کشت نشده این جریانات 245 روز در سالهای پرباران و 330 روز در سالهای خشک به طول می‌انجامید. در شکل 6 میانگین هدایت الکتریکی و بالانس املاح خاک در سیستم‌های آبیاری ارائه شده‌اند. میزان املاحی که سالانه به منطقة ریشه وارد می‌شوند و همچنین مقدار زه‌کشی این مناطق در تخمین EC مؤثرند که نشان داده شده‌اند. درجه بندی و ارزیابی طرح: بالانس املاح بدون در نظر گرفتن نقش سموم وکودها، برای آبهای سطحی 3/1 متری dS/m6/0 بوده و در الگوهای آبیاری حقیقی، بطور میانگین dS/m 41/0 می‌باشد. با توجه به اختلاف داده‌ها(dS/m 46/0) می‌توان نتیجه گرفت که mg32 کود، در هر لیتر محلولِ خاک بصورت محلول موجود است. از اینرو مقدار املاح محلول وابسته به مقدار آب موجود در منطقة ریشه‌ای در حالت ظرفیت مزرعه‌ای می‌باشد(60 تاmm 252، بسته به عمق خاک) که با بیشتر شدن آبیاری سالانه افزایش می‌یابد(mm340). بطور کلی می‌توان گفت که 20% از کل کود یا سم بطور محلول در آب خاک باقی می‌ماند. هنگامیکه تنها بخش فوقانی 3/0متری و یا کل بخش ریشه‌ای (9/0متری) بررسی شوند، داده‌ها متغییر بوده و از 17 تا 25% متفاوت خواهند بود. گرچه این مدل به عنوان شاخص بوده و میانگینی از کل را ارائه می‌دهد، ولی خطای این طرح در تعیین مقدار نمک وارد شده توسط آب بسیارکم می‌باشد. در واقع در محاسبة ECی عصارة اشباع خاک در شرایط بدون کود41/0 بوده و در شرایط کودهای محلول dS/m 53/0 می‌باشد. یعنی می‌توان نتیجه گرفت که ابقاء کودها بصورت محلول در خاک اثر قابل توجهی بر روی شوری خاک ندارد. بر اساس گزارش کشور بلژیک، اتلاف کودها بطور میانگین 10-20% می‌باشد. همانطور که قبلاً ذکر شد، ECی مناطق ریشه‌ای متاثر از آبهای سطحی می‌باشد(dS/m6/0=EC). در واقع با تقسیم عدد 46/0 به 7422/0 مقدار شوری آب زه‌کشی شده(dS/m62/0=EC)بدست می‌آید. کیفیت زه‌کشی اثر مهمی بر روی شوری داشته و می‌تواند خاک را پیوسته به طرف پایین شستشو دهد. (همانطور که در شکل 2 نشان داده شده است). در مورد مناطق کشت نشده نیز می‌توان گفت که علاوه بر عدم آبیاری، کود نیز استفاده نمی‌شود. همانطور که در شکل 4 نشان داده شده است، در عمق 3/1 متری جریان آب رو به بالا در خاکهای کشت نشده، mm/day 2/0 می‌باشد که ورود نمک به این بخش سالانه t/ha 8/3 می‌باشد(در شرایطی که بطورمیانگین سالانه 288 روز جریان آب روبه بالا داریم). جهت نمک‌زدایی از این خاک بایستی همین مقدار نمک را توسط زه‌کشی از این خاک خارج کنیم که تنها توسط 0.48(103)m3ha-1year-1 می تواند انجام گیرد[شکل6]. مقدار شوری سطح خاک نیز dS/m2/9 می‌باشد که بطور میانگین EC آن نزدیک به ECمیانگینِ dS/m 4/13 می باشد. پیش بینی(simulating): در شکل 7 میانگین املاح خاک در ناحیة ریشة درختان انبه بسته به الگوهای آبیاری و عمق آب، تخمین زده شده و ارائه شده‌اند. شوری خاک پیش‌بینی شده(EC) متغییر بوده و از dS/m 43/0 در عمق 5/1 متری آب تا dS/m50/0 در عمق 1 متری آب تغییر می‌یابد. گرچه با کاهش عمق آبهای سطحی(=نزدیک به سطح) احتمال جریان آب رو به بالا بیشتر می‌شود، ولی سطح نمک خاک بواسطة آبشویی نیز کاسته خواهد شد. از اینروست که کشاورزان الگوی آبیاری خود را تغییر نمی‌دهند که منجر به کاهش ارتفاع آب تا 1 متر و افت کود تا 17% می‌شود. در حالیکه در الگوهای مناسب آبیاری ارتفاع آب را می‌توان به عمق 5/1 متری رسانده و اتلاف کود را به 13% کاهش داد. امروزه سیستم‌های آبیاری تحت فشار مرسوم شدن‌اند و اعتقاد بر این است که تغییر سیستم آبیاری به قطره ای و تحت فشار، می‌تواند راندمان آبیاری را بهبود بخشد. در شکل 7 شوری خاک در سیستم‌های مختلف آبیاری نشان داده شده است. یکی از موثرترین موارد در شوری خاک، الگوی آبیاری است. برخی از این الگوها از ایجاد استرس بر روی گیاه کاسته و کمترین هدرروی و نیاز به زه‌کشی را دارند. تحت این شرایط زه‌کشی محدود به فصول بارانی شده و از mm25(در فصول خشک) تاmm 170(در فصول پرباران) متغییر می‌باشد. اتلاف کود نیز تا 5/8% کاهش می‌یابد. به عبارت دیگر، جریانات آب رو به بالا تا 300-340 روز در سال بطول می‌انجامد. در نتیجه شوری خاک افزایش یافته و گیاهان حساس به شوری متأثر شده(عمق آب در 5/1متری) و یا حتی کاشت آنها غیرممکن می‌شود(عمق آب در 1متری).در سیستم‌های آبیاری متوسط آمار حد واسط خوب و بد بوده و مقدار اتلاف کود تا 12% رسیده است. در این نوع سیستمها نیز با آبشویی منطقة ریشه، املاح این قسمت به زیر حد آستانه رسیده‌اند. شوری خاک در بخش ریشه(EC) متغییر بوده و از dS/m 11/1 در عمق 5/1 متری آب تا dS/m 18/1 در عمق 1 متری آب تغییر می‌کند. اطلاعات فوق در حالی بدست آمده‌اند که میانگین شوری آبهای زمینی برابر dS/m6/0 می‌باشد. البته با آبیاری‌های بیشتر و بسته به الگوی آبیاری و همچنین زه‌کشی زمین EC این آبها می‌تواند بالا برود. از اینرو مقدار شوری مورد انتظار می‌تواند از اعداد و ارقام شکل 7 نیز بیشتر شود. در صورت عدم وجود آبهای سطحی و در شرایط آبیاری پی درپی، شوری ناحیة ریشه‌ای به dS/m 32/0 خواهد رسید. در مورد آبیاری‌های متوسط(=نه پی درپی و نه کم) که راندمان آبیاری نیز بالا باشد این مقدار به dS/m 98/1 افزایش خواهد یافت. نتیجه: در این مطالعه بدین نتیجه رسیدیم که حرکت آب از سطحی زیر زمینی به سمت بالا، علت اصلی شور شدگی خاک‌ها می‌باشد. بواسطة این جریان، نمک‌های محلول در آب توسط جریان آب به منطقة ریشة گیاهان نفوذ می‌کنند. نصب زه‌کش‌های زیر سطحی یکی از مهمترین و مؤثرترین راه‌حل‌ها جهت کنترل این جریان می‌باشد. همچنین مطالعات نشان دادند که با اصلاح روشهای مدیریت کوددهی می‌توان میزان افت کود و سم را کاهش داد ولی این مقدار معنی‌دار نخواهد بود. از اینرو می‌توان دو راهکار مفید جهت کنترل شوری خاک پیشنهاد داد: 1-شستشوی مناسب بخش ریشة گیاه با آبیاری‌های کافی 2-کاهش خروج آب از ناحیة ریشه، که منجر به کاهش عمق آبهای زیرزمینی خواهد شد. کشاورزانی که مزارع را بصورت پی در پی آبیاری می‌کنند، منطقة ریشه‌ای را آبشویی می‌کنند. لازم به ذکر است که در حدود 10-20% از تمام سموم و حشره‌کشهایی که بکار می‌روند در آب محلول گشته و وارد بخش سطحی زیر زمینی می‌شوند. که این پدیده می‌تواند موجب آلوده شدن آبهای زیرسطحی و خسارت به زمین گردد. یک الگوی مناسب در آبیاری، برای مثال آبیاری بارانی، می‌تواند از اثر این پدیده کاسته و مانع از خسارت به مزرعه گردد. همنچنین این الگوی آبیاری می‌تواند با کاهش شوری خاک، میزان محصول را نیز افزایش دهد. البته تبدیل به این سیستم نیاز به تغییر الگوهای زمین و آبیاری داشته و مشکلات خاص خود را دارد. بطور کلی می‌توان گفت که الگوی آبیاری متعادل(=نه پی در پی و نه کاملا موثر) الگوی توصیه‌ای ماست. در این سیستم‌ها ممکن است که قدری نمک خاک بالا برود، ولی اعتقاد داریم که در فصول پرباران، بارشهای متوالی باعث کنترل شوری خاک و نگه داشتن آن در حد قابل قبول خواهند شد. در شرایطی نیز که خشکسالهای پی در پی وجود دارد می‌توان با اصلاح الگوی آبیاری و آبشویی خاک، به اصلاح آن پرداخت. هماهنگی الگوی آبیاری برای کشاورزان امری ساده و مقدور بوده و می‌توان با اصلاح آن به آبشویی و اصلاح خاک پرداخت.