چهارمین کارگاه فنی زهکشی
۱۸ آبان ماه ۱۳۸۵

تحلیل حساسیت سامانه‌های زهکشی زیستی به شوری با کمک مدل ریاضی Sahysmod

سینا اکرم[۱]

چکیده

روش‌های زهکشی موازی، قائم و حایل از جمله روش‌های مرسوم و متعارف کنترل سطح ایستابی و شوری بشمار می‌روند. از این میان، نقش زهکشی موازی در تثبیت شوری خاک بیشتر شناخته شده است. این سیستم‌ها با وجود مزایای زیادی که می‌توانند داشته باشند، دارای اشکالاتی نیز هستند که از همه مهمتر، مشکلات زیست محیطی را می‌توان نام برد. از گزینه‌های جایگزین برای سیستم‌های سنتی زهکشی می‌توان به زهکشی زیستی اشاره کرد.

این پژوهش در صدد بر آمده است تا اثرات پارامترهای مختلف آب و هوا، آب، خاک و گیاه را بر تعادل نمک خاک در سیستم‌های زهکشی زیستی به کمک مدل ریاضی Sahysmod بررسی کند. این مدل ریاضی، به طور همزمان اثرات آبیاری بر بالا رفتن سطح ایستابی و شوری را در یک محیط سه بعدی و در عین حال نسبت به زمان شبیه‌سازی می‌کند. به منظور بررسی نتایج، نوارهایی که بطور یک در میان به کشت گیاهان زراعی و درخت اختصاص یافته بود، در نظر گرفته شد. علاوه بر این، ۴ مقدار برای هدایت هیدرولیکی خاک، ۵ مقدار برای عمق لایه محدودکننده، ۵ مقدار برای شوری عصاره اشباع خاک، ۲ مقدار برای ارتفاع سطح ایستابی، ۳ مقدار برای ضریب زهکشی و ۳ مقدار برای تبخیر و تعرق درختان از نوارهای غیر زراعی انتخاب شد. برای ترکیب عرض نوارهای زراعی و نوارهای درختکاری شده ۱۹ حالت مختلف برگزیده شد. نسبت بین عرض نوار درختکاری شده به عرض نوار زراعی ۰/۲۵ تا ۴ متغیر بود، به طوریکه بتوان از میان آنها پاسخ مناسب را انتخاب کرد. به این ترتیب در مجموع بیش از ۲۷۰۰۰ حالت مختلف مورد مطالعه قرار گرفت:

۱- برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی از دانشکده مهندسی آب دانشگاه شهید چمران. کارشناس شرکت مهندسین مشاور آبساران ، تهران- خیابان سید جمال الدین اسد آبادی- شماره ۳۸۰، دورنگار ۸۸۶۰۵۶۳۹-۰۲۱ ، یست الکترونیکی sina_08@yahoo.com

نتایج حاصله موارد زیر را نشان داد:

۱- زهکشی زیستی در مناطق مرطوب عملکردی به مراتب بهتر از مناطق خشک دارد. در واقع در مناطق خشک که زمین ارزان و آب گرانبها داشته باشند، عموماً این سیستم زهکشی راندمان پایینی دارد.

۲- در بسیاری از موارد به نظر می‌رسد، سیستم‌های زهکشی زیستی در کنار سیستم‌های سنتی زهکشی، می‌توانند نتایج خوبی در پی داشته باشند.

۳- حساسیت عمده سیستم‌های زهکشی زیستی در کنترل تعادل نمک می‌باشد. به عبارت دیگر، کارآیی زهکشی زیستی در کنترل سطح ایستابی از کنترل شوری بیشتر است.

۴- حداکثر شوری آب خاک که به روش زهکشی زیستی قابل کنترل است dS/m ۵ است.در موارد بسیاری حتی شوری اولیه dS/m ۳ هم طی سالیان دراز قابل کنترل نیست. این نتیجه، نظریه کاپور[1] (۲۰۰۳) را تائید نمی‌کند که زهکشی زیستی را برای آب با شوری کمتر از 12ds/m مجاز می‌داند.

۵- کاربرد این سیستم‌ها در مناطقی پیشنهاد میشود که زمین ارزان و در دسترس و آب، گران و کمیاب باشد.

۶- با افزایش میزان هدایت هیدرولیکی، در اغلب موارد شوری بخش زراعی در زهکشی زیستی تغییر نمی‌کند.

۷- سیستم زهکشی زیستی حساسیت زیادی به ضریب زهکشی دارد و با افزایش ضریب زهکشی از عملکرد آن کاسته می‌شود.

۸- با در نظر گرفتن نسبت ثابت بین عرض نوارهای درختکاری شده و زراعی، هر چقدر بتوان عرض نوارها را کمتر در نظر گرفت (مثلاً به جای ۱۰۰ متر و ۵۰ متر، ۵۰ متر و ۲۵ متر یا ۲۵ متر و ۱۲/۵ متر) کار آیی سیستم افزایش می‌یابد.

۱- مقدمه

زهکشی به دو صورت طبیعی و یا مصنوعی صورت می‌گیرد. چنانچه زهکشی طبیعی خاک کافی نباشد، انجام زهکشی مصنوعی جهت افزایش ظرفیت زهکشی لازم است. در این شرایط، اغلب طرح‌های آبیاری به زهکشی زیرزمینی نیازمند می‌باشند تا سطح آب زیرزمینی کنترل شده و نیز از پدیده غرقاب شدن و شوری جلوگیری به عمل آید. سیستم‌های سنتی زهکشی زیرزمینی مشتمل بر دو نوع می‌باشند که عبارتند از: سیستم‌های عمودی (چاه) و سیستم‌های افقی (زهکشی موازی و حائل).

سیستم‌های زهکشی زیرزمینی اهداف زیررا دنبال می‌نماید [۱]:

۱- جذب آب که به معنی هدایت آب در خاک به سمت زهکش زیرزمینی (چاه با لوله جدار، لوله زهکشی و یا زهکش روباز) می‌باشد.

1- Kapoor

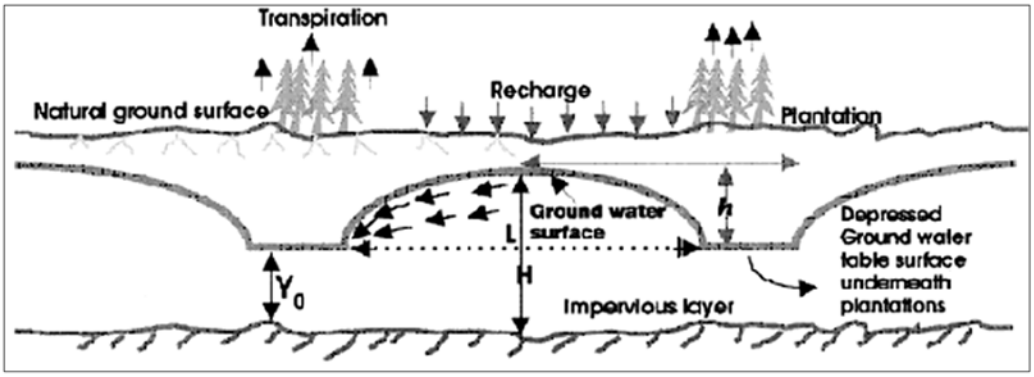
۲- انتقال آب زهکشی از طریق زهکش‌های جانبی به زهکش‌های جمع‌کننده و بعد از آن به زهکش‌های اصلی.
۳- دفع زهاب به رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و سایر پهنه‌های آبی یا پمپاژ آب زهکشی شده به ترازهای بالاتر و انتقال آب به نواحی مشخص شده برای دفع زهاب.
۴- کنترل شوری خاک، به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک.

چنین سیستم‌هایی در صورت طراحی، نصب و نگهداری مناسب می‌توانند نقش کارآمدی در پایین آوردن سطح آب زیرزمینی و نیز جلوگیری از شوری اراضی تحت آبیاری داشته باشند. با این وجود، سیستم‌های مذکور دارای اشکالاتی نیز هستند. این سیستم‌ها اصولاً نیاز به نگهداری و بهره‌برداری داشته و سرمایه اولیه برای احداث چنین زهکش‌هایی بسیار زیاد است. علاوه بر این، زهاب خروجی از این زهکش‌ها غالباً شور و گاهی نیز آلوده بوده و تخلیه آن به آب‌های سطحی (رودخانه، دریاچه، تالاب و مانند آن) مشکلات زیست محیطی را به دنبال دارد [۲]. بنابراین، روش‌های دیگر برای کنترل سطح ایستابی که ترجیحاً کم هزینه‌تر و از نظر محیط زیست قابل قبول‌تر باشند نسبت به روش‌های متداول ارجحیت دارند.
یکی از گزینه‌های جایگزین مناسب در این زمینه می‌تواند زهکشی زیستی باشد که کم هزینه‌تر بوده و نیز با محیط زیست و حفاظت از آن سازگارتر است. زهکشی زیستی یک سیستم طبیعی می‌باشد. به عبارتی دیگر، این سیستم به جای روش‌های سنتی زهکشی، از تبخیر و تعرق پوشش گیاهی جهت دفع آب اضافی بهره می‌برد. اساس و بنیان مفهوم زهکشی زیستی بر پایه مصرف آب گیاهان استوار است. این روش می‌تواند در مناطقی که آب تکافوی آبیاری تمامی اراضی را نکند، از نقطه نظر اقتصادی مطلوب باشد چرا که زهکشی زیستی تنها نیازمند یک سرمایه‌گذاری اولیه جهت کاشت گیاهان و تولید پوشش گیاهی مورد نظر است و در عوض، پس ازتثبیت گیاهان امکان برداشت علوفه، چوب و فیبر را فراهم آورده و بدین ترتیب از مزایای اقتصادی نیز بهره‌مند خواهد بود [۳].
نظر برآن است که فن‌آوری زهکشی زیستی در صورت اجرای صحیح قادر به پایین آوردن سطح آب زیرزمینی می‌باشد، همچنین می‌تواند مسائل مربوط به مناطق غرقاب و نیز نشت از کانال‌ها را مرتفع نماید. با این وجود، این مساله که آیا این روش زهکشی توانایی حفظ و تعادل نمک را دارا هست یا خیر، محل تردید می‌باشد [۳و۴].
این تحقیق، که اولین پژوهش در زمینه زهکشی زیستی در ایران است، در صدد است به کمک مدل ریاضی sahysmod امکان پایداری سیستم زهکشی زیستی را در شرایط متنوع آب و هوا، آب، خاک و گیاه بویژه از نظر شوری بررسی کند. این مدل زیر نظر تیم بزرگی از اساتید و دانشجویان دانشگاه واگنینگن هلند تهیه شده و توانایی پیش بینی همزمان وضعیت آب و نمک خاک را در سال‌های متمادی و در فصول زراعی مختلف داراست.

۲- مروری بر منابع

۲-۱- تعریفی اجمالی از زهکشی زیستی

زهکشی زیستی عبارتست از زهکشی اراضی به کمک گیاهان. در این روش، گیاهانی که به شدت به شوری مقاومند در نوارهایی در مجاورت نوارهای زراعی کشت می‌شوند. این گیاهان به سبب تعرق، پتانسیل کمتری را در نیمرخ خاک منطقه ریشه خود بوجود می‌آورند و از این رو، زهاب زیرزمینی که پتانسیل بیشتری دارد به سمت نوار مذکور حرکت می‌کند و سطح آب در منطقه زراعی پائین می‌افتد [۵]. شکل ۱ نحوه عملکرد زهکشی زیستی را نشان می‌دهد.



شکل ۱- زهکشی زیستی و نحوه پائین انداختن سطح ایستابی در ناحیه زراعی

۲-۲- عوامل مهم در زهکشی زیستی

در مطالعات زهکشی زیستی باید موضوعات زیر مورد بررسی قرار گیرند:

- تعادل آب؛
- تعادل نمک؛
- سطح زمین‌هایی که باید به درخت‌کاری اختصاص یابد؛
- آب مورد نیاز درخت‌کاری (فقط آب زهکشی یا همراه با آب آبیاری؟)؛
- کیفیت آب زیرزمینی؛ و
- دامنهٔ تأثیر درخت‌کاری بر بهبود وضعیت کیفیت اراضی زراعی [۵ و ۸].

۲-۳- گونه‌های گیاهی و زهکشی زیستی

همانطور که گفته شد، در زهکشی زیستی درختان مقاوم به شوری مورد استفاده قرار می‌گیرند. از میان این گیاهان می‌توان گونه‌های زیر را نام برد [۷]:

- گز Tamarix troupii
- آکاسیا Acasia tortilis و Acasia nilotica

- اکالیپتوس‌ها و به ویژه Eucalyptus camaldulensis

۲-۴- نظریه زهکشی زیستی

ارائه نظریه زهکشی زیستی، سابقه‌ای طولانی ندارد. سازمان خواربار و کشاورزی جهانی (فائو) نخستین نشریه خود در این زمینه را در سال ۲۰۰۳ منتشر کرد. مولف این نشریه، قبلاً کتاب دیگری تحت عنوان Biodrainage منتشر کرده بود. در این کتاب‌ها تجربه‌هایی از چند کشور جهان ارائه شده است، که خود به این معنی است که قبل از آن کارهایی در زمینه زهکشی زیستی صورت گرفته ولی بصورت منسجم تدوین نگردیده است.

در ایران، تا آنجا که نگارنده جسنجو کرده است، هیچ عملی در زمینه زهکشی زیستی بصورت دانسته انجام نگردیده است؛ گرچه که ممکن است این روش بصورت نادانسته توسط برخی از زارعین مورد استفاده قرار گرفته باشد.

جدول شماره ۱ تناسب زهکشی زیستی را با شرایط مختلف نشان می‌دهد (کاپور ۲۰۰۳). آنچه که بیش از همه شگفتی برانگیز است، این است که وی استفاده از این روش را تا هنگامی‌که هدایت الکتریکی آب آبیاری از 12ds/m تجاوز نکند، امکان پذیر می‌داند [۵ و۷]. اگر چنین فرضیه ای درست باشد، دامنه کاربرد زهکشی زیستی می‌تواند وسیع باشد.

هدف اصلی این پژوهش، بررسی تأثیر عوامل مختلف اقلیمی، خاک، گیاه و عرض نوارهای مجاور (کشت اصلی و درختکاری) بر انتقال شوری از نوار کشت اصلی به نوار درختکاری و بررسی پایداری سامانه زهکشی زیستی از دیدگاه محیط زیست است.

۳- روش تحقیق

۳-۱- انتخاب مدل مناسب

برای دستیابی به اهداف پژوهش، نیاز به مدلی ریاضی بود که بتواند با ورود کلیه پارامترهای مورد نظر، تعادل نمک را برای سال‌های متوالی پیش‌بینی کند. به عبارت دیگر، بتوان به کمک این مدل، اثرات پارامترهایی چون ضریب زهکشی، هدایت هیدرولیکی، عمق لایه محدودکننده، شوری آب آبیاری، شوری اولیه خاک، میزان بارندگی و ... را با استفاده از تعادل آب و نمک در سال‌های دور بررسی کرد.

پس از بررسی چندین مدل زهکشی این نتیجه حاصل شد که مدل ریاضی Sahysmod (Spatial Argo-Hydro-Salinity Model) می‌تواند این هدف را برآورده کند.

Sahysmod برنامه‌ای کامپیوتری است برای پیش‌بینی رطوبت خاک، کمیت و کیفیت آب زیرزمینی، کمیت و کیفیت آب زهکشی شده، عمق سطح ایستابی و دبی زهکشی در زمین‌های فاریاب با استفاده از شرایط مختلف ژئوهیدرولوژیکی و تغییر دادن گزینه‌های مدیریتی که می‌تواند شامل استفاده از آب زیرزمینی

برای آبیاری، برنامه‌ریزی‌های تناوب کشت و غیره باشد. به وسیله این مدل می‌توان تغییرات سه بعدی سطح آب و شوری را برای شبکه ای از چند ضلعی‌ها محاسبه نمود [۱۰].

جدول۱- امکانات و محدودیت‌های زهکشی زیستی و اولویت‌بندی روش‌های زهکشی در شرایط مختلف (Kapoor, 2003)

ویژگی‌های منطقه		امکانات و محدودیت‌های Biodrainage			اولویت روش زهکشی	
		امکان‌پذیری	امکانات	محدودیت‌ها		
مرطوب	آب زیرزمینی خوب	امکان‌پذیر	کمترین هزینه، سازگار با محیط زیست	نیازمند زمین برای درخت‌کاری	**مناطق با آب مازاد**	**مناطق بدون آب مازاد**
					۱-Biodrainage ۲- زهکشی افقی ۳- زهکش قائم	۱- زهکشی قائم دو منظوره ۲- Biodrainage ۳- زهکشی افقی
	آب زیرزمینی نامناسب	امکان‌پذیر به شرط نامناسب نبودن بیش از حد (>۱۲ds/m)	کمترین هزینه، سازگار با محیط زیست	نیازمند زمین برای درخت‌کاری	**در مناطق ساحلی**	**دور از ساحل**
					۱- زهکشی افقی ۲- Biodrainage ۳- زهکشی قائم	۱- Biodrainage ۲- زهکشی قائم ۳- زهکشی افقی
نیمه خشک	آب زیرزمینی خوب	امکان‌پذیر	کمترین هزینه، سازگار با محیط زیست	بدون محدودیت	۱- زهکشی قائم دو منظوره ۲- Biodrainage ۳- زهکشی افقی	
	آب زیرزمینی نامناسب	امکان‌پذیر به شرط نامناسب نبودن بیش از حد (>۱۲ds/m)	کمترین هزینه، سازگار با محیط زیست	از آب رودخانه برای آبیاری استفاده شود	**در مناطق ساحلی**	**دور از ساحل**
					۱- زهکشی افقی ۲- Biodrainage ۳- زهکشی قائم	۱- Biodrainage ۲- زهکشی قائم ۳- زهکشی افقی

۳-۲- شبکه پلی گونی

مدل اجازه داشتن حداکثر ۲۴۰ پلی گون داخلی و ۱۲۰ پلی گون خارجی را با حداقل ۳ ضلع و حداکثر ۶ ضلع می‌دهد . تقسیم‌بندی زمین به پلی گون‌ها بر اساس تشابه نوع کشت، آبیاری، زهکشی و مشخصات آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه تعیین می‌شود. در هر چند ضلعی، عمق آب، مقدار بارندگی یا آبیاری، غلظت نمک و نوع کشت ثابت فرض می‌شود.

۳-۳- شکل هندسی زمین فرضی

پس از انتخاب مدل Sahysmod به عنوان مدل مناسب و کارا برای پیش بینی تعادل آب و نمک، باید شکل هندسی مناسبی برای زمین‌های زراعی فرضی مورد مطالعه انتخاب می‌شد.

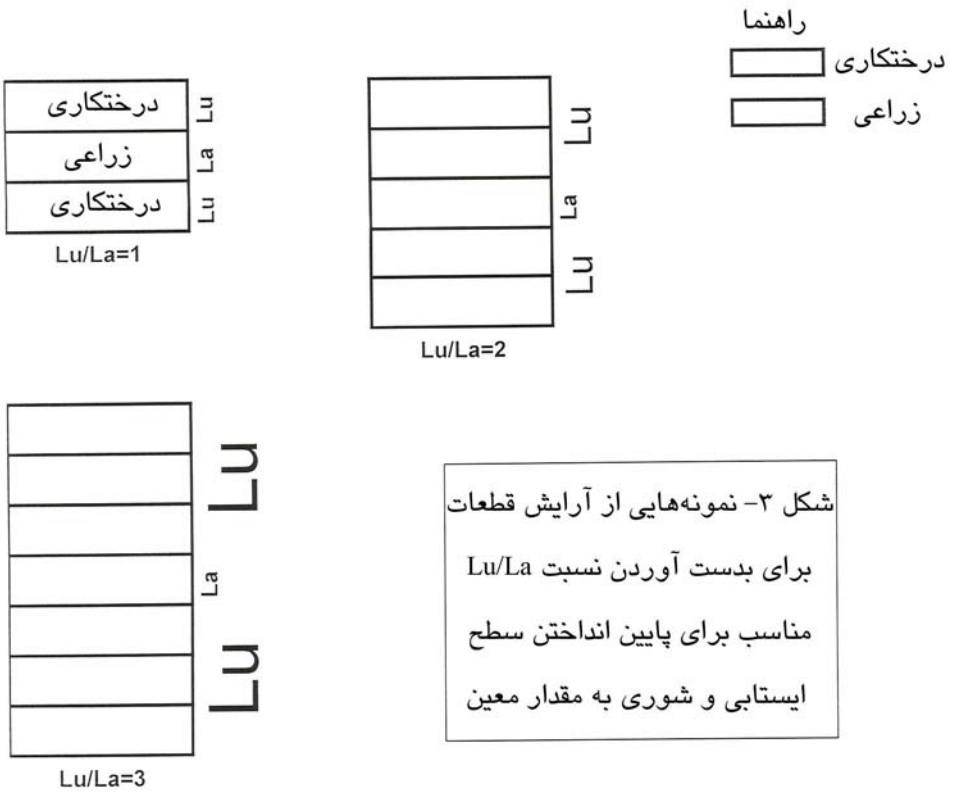
پس از بررسی چندین شکل و ترکیب هندسی و مطالعه آنها و در نهایت با مشورت با پروفسور R. J. Oosterbaan استاد گروه آبیاری دانشگاه واگنینگن هلند و سرپرست تیم طراحان مدل Sahysmod این نتیجه به دست آمد که ترکیب هندسی شکل ۲ می‌تواند برای دستیابی به این هدف کاملاً مناسب باشد.

همانطور که مشاهده می‌شود این ترکیب از ۴۰ گره داخلی و ۸۲ گره خارجی تشکیل شده است. هدف این مطالعات، بررسی نتایج در گره‌های داخلی مرکزی ۱۸ تا ۲۲ بوده که در واقع در مرکز شکل قرار دارند و در آنها، پارامترهای مورد بررسی تقریباً به تعادل می‌رسند، در حالیکه در نوارهای ابتدایی و انتهایی، هنوز شرایط مرزی تأثیرگذارند. نکته دیگر اینکه نسبت طول به عرض این نوارها بسیار زیاد انتخاب شده است. به این ترتیب، انتقال آب بین نوارهایی که طول مشترک دارند انجام می‌شود. علاوه بر این، به منظور از بین بردن اثر انتقال آب در جهت عرض نوارها، می‌توان هدایت هیدرولیکی در ناحیه عرض نوارها را صفر یا بسیار کوچک فرض کرد. در این پژوهش طول هر نوار هزار متر و عرض آنها ۲۵ و یا ۱۲/۵ متر انتخاب شده اند.

۳-۴- ترکیب هندسی کلی

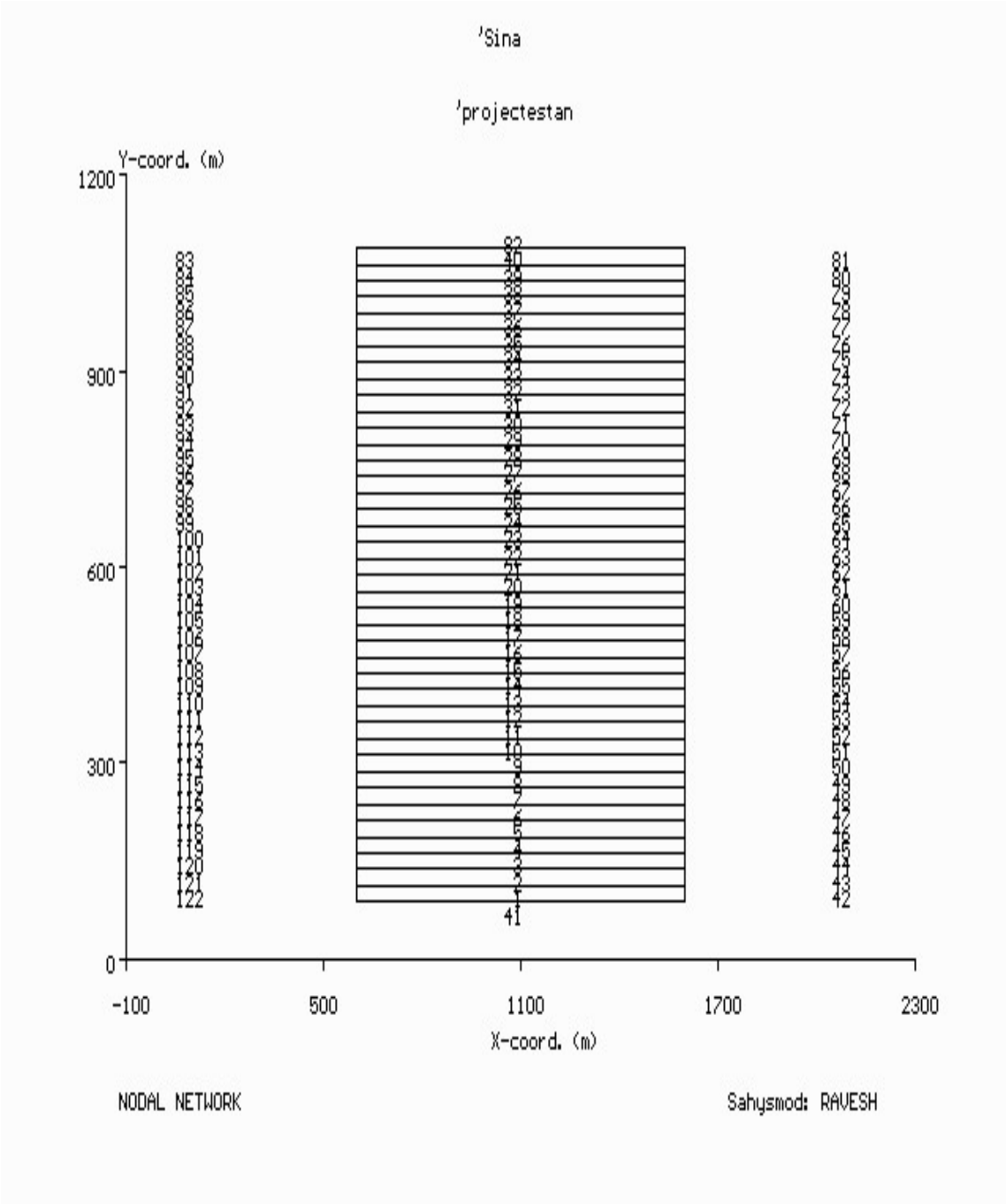
تصمیم بر این بود که تا حد ممکن حالت‌های مختلف هندسی در شرایط متفاوت بررسی شود. در واقع تفاوت این حالات تنها در مقدار عرض پلی گونها بود. جدول۲، ۱۹ حالت مطالعه شده را نشان می‌دهد.

به عنوان مثال در حالتی که عرض زراعی ۲۵ و عرض غیر زراعی ۷۵ متر است، این معنی را می‌رساند که به طور متناوب زمین‌هایی با عرض ۲۵ و ۷۵ متر وجود دارد که در اولی کشت زراعی همراه با آبیاری وجود دارد و در دومی درختکاری بدون آبیاری. شکل ۳ نمونه‌هایی از آرایش قطعات برای به دست آوردن نسبت Lu/La مناسب برای پایین انداختن سطح ایستابی و شوری را نشان می‌دهد.



جدول ۲- ترکیب نوارهای زراعی و درختکاری

عرض زراعی	عرض درختکاری	نسبت (عرض درختکاری به عرض
۲۵	۲۵	۱
۵۰	۵۰	۱
۷۵	۷۵	۱
۱۰۰	۱۰۰	۱
۲۵	۱۲/۵	۰/۵
۲۵	۵۰	۲
۵۰	۲۵	۰/۵
۵۰	۱۲/۵	۰/۲۵
۱۲/۵	۵۰	۴
۲۵	۷۵	۳
۵۰	۷۵	۱/۵
۷۵	۲۵	۰/۳۳
۷۵	۵۰	۰/۶۶
۲۵	۱۰۰	۴
۵۰	۱۰۰	۲
۷۵	۱۰۰	۱/۳۳
۱۰۰	۲۵	۰/۲۵
۱۰۰	۵۰	۰/۵
۱۰۰	۷۵	۰/۷۵



شکل ۲- نقشه زمین فرضی داده شده به مدل

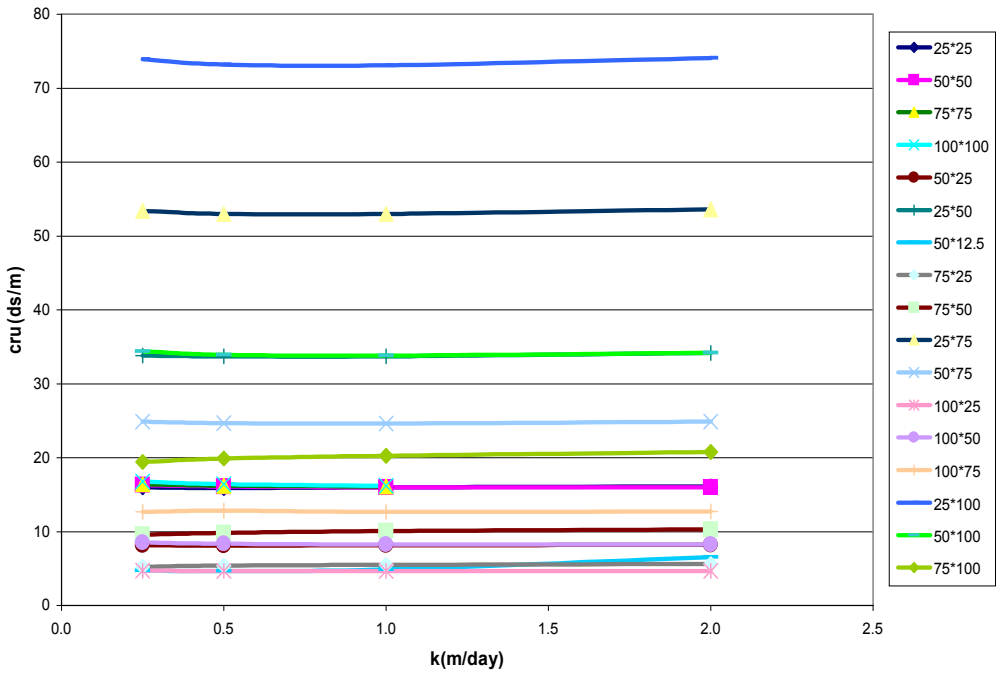
۴- نتایج و بحث

۴-۱- تأثیر هدایت هیدرولیک خاک بر شوری خاک در نوار درختکاری

به منظور بررسی این تأثیر، شکل ۴ برای تمامی ۱۹ حالتی که برای نوارهای گیاه اصلی (La) و نوارهای گیاه زهکشی‌کننده (Lu) در نظر گرفته شده ارائه شده است. از این نمودار می‌توان نتایج زیر را استنباط کرد:

الف- هدایت هیدرولیک خاک نقشی در افزایش شوری نوار گیاه زهکشی‌کننده (درختکاری) ندارد. نیروی محرک انتقال آب و در نتیجه انتقال نمک به نوار مجاور گیاه اصلی، q یا مقدار تبخیر- تعرق است و از این رو، دست کم تا مقدار q=۰/۰۰۳ متر در روز، هدایت هیدرولیک خاک نقشی در شوری نوار مجاور ندارد.

ب- در این نمودار، هرچه نسبت Lu/La کمتر باشد، تراکم یا غلظت نمک در نوار گیاه زهکشی‌کننده (درختکاری) افزایش می‌یابد. علت این امر کاملاً روشن است. زیرا در تعادل نمک، مقدار نمک وارد شده به این نوار ثابت است و با کاهش عرض نوار، غلظت آن افزایش می‌یابد.



شکل ۴- تأثیر هدایت هیدرولیک خاک بر شوری خاک در نوار گیاه زهکشی‌کننده (درختکاری)

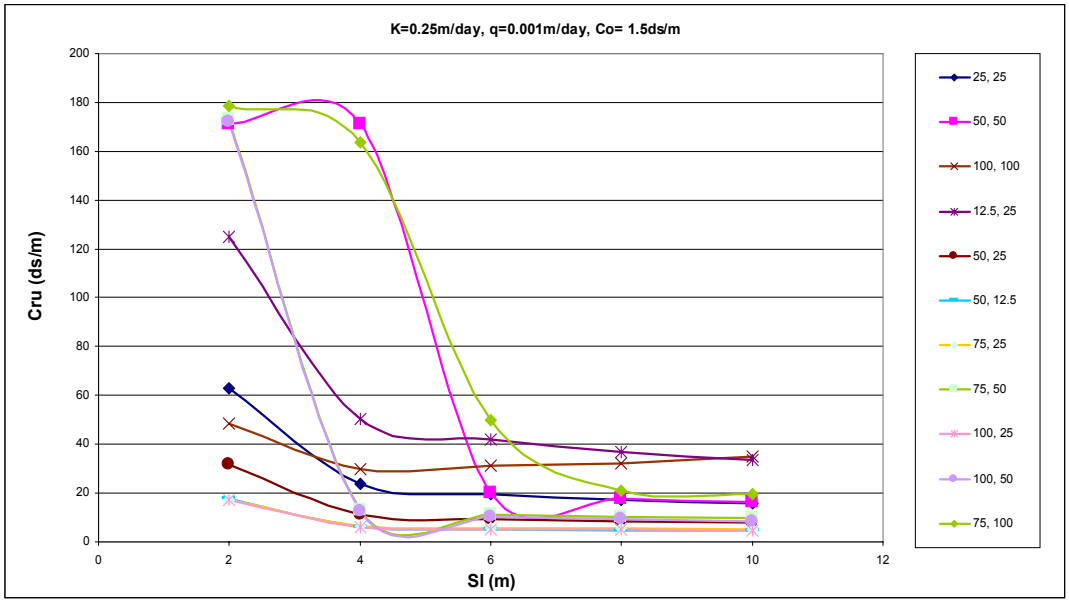
۴-۲- تأثیر عمق لایه محدودکننده بر شوری نوار گیاه زهکشی‌کننده (درختکاری)

شکل ۵ تغییرات شوری ناحیه مجاور نوار گیاهان اصلی را نشان می‌دهد. این نمودار به عنوان نمونه برای حالت Co=۱/۵ds/m، q=۰/۰۰۱m/day و K=۰/۲۵m/day ارائه شده است (Co شوری اولیه عصاره اشباع خاک است). از این نمودار می‌توان موارد زیر را استنباط کرد:

الف- با افزایش عمق لایه محدودکننده، شوری در نوارهای مجاور کشت اصلی (نوار درختکاری) کاهش پیدا می‌کند. علت این موضوع را باید در تعادل نمک جستجو کرد. با ثابت ماندن مقدار آب ورودی به این ناحیه، نمک ثابتی نیز به آن وارد می‌شود و چون با افزایش عمق لایه محدود کننده، حجم مخزن افزایش می‌یابد، از غلظت نمک کاسته می‌گردد.

از این مبحث چنین نتیجه می‌شود که در روش‌های زهکشی دوستدار محیط زیست، هر چه عمق لایه محدودکننده بیشتر باشد، تجمع نمک در ناحیه مجاور کشت اصلی یا در نوار درختکاری دیرتر به وقوع می‌پیوندد. به عبارت دیگر، عمر اینگونه طرح‌ها بیشتر است.

ب- هر چه نسبت Lu/La بیشتر شود، تجمع نمک کاهش می‌یابد. به عبارت دیگر، در این نمودار، بالاترین منحنی مربوط به Lu/La=۰/۲۵ و پائین‌ترین آن مربوط به Lu/La=۴ است. از این مبحث نیز چنین نتیجه گرفته می‌شود که هر چه سطح اراضی زهکشی کننده (نوار درختکاری) در زهکشی زیستی افزایش یابد، عملکرد زهکشی بهتر و تجمع نمک دیرتر اتفاق خواهد افتاد.



شکل ۵- تأثیر عمق لایه محدودکننده بر شوری نوار گیاه زهکشی‌کننده (درختکاری)

۴-۳- پایداری روش‌های زهکشی دوستدار محیط زیست

اصولاً طرح‌هایی را می‌توان پایدار به شمار آورد که در دراز مدت بتوانند محیط زیست فیزیکی، اکولوژیکی و اجتماعی و اقتصادی را حفظ کنند و آنرا به سوی تخریب نبرند. انتظار می‌رود که روش‌های زهکشی دوستدار محیط زیست، به معنای واقعی کلمه پایدار باشند و با گذشت زمان به محیط زیست آسیب نرسانند.

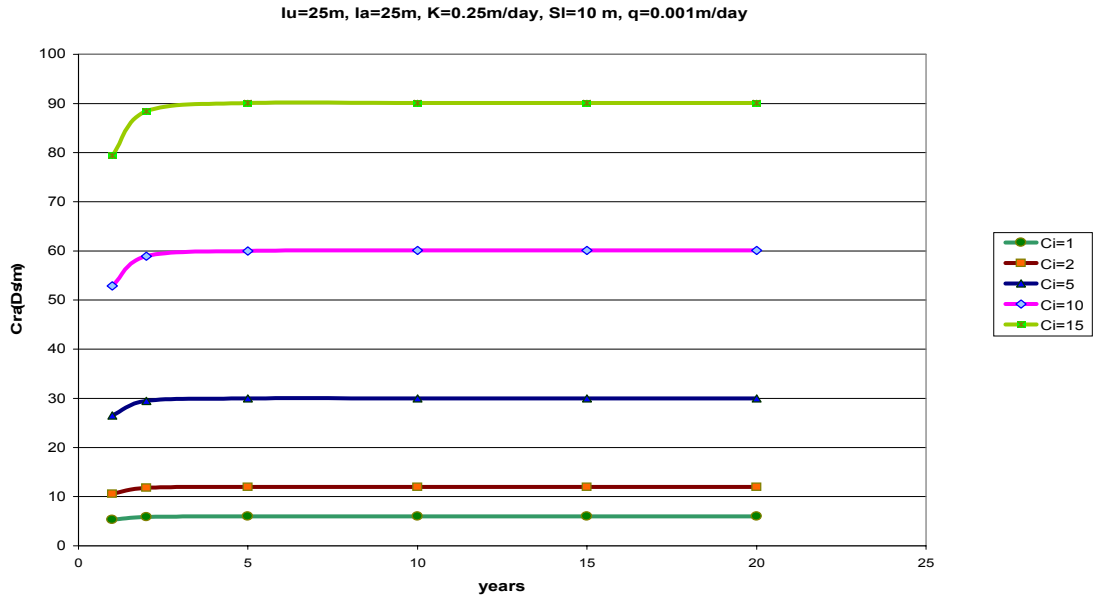
همانطور که در مروری بر منابع گفته شد، نظر عموم بر این است که این روش‌ها می‌توانند سطح ایستابی را به طور قابل قبولی پائین نگهدارند. ولی برخی از مولفین، پایداری سیستم را از نظر شوری با تردید می‌نگرند.

حقیقت این است که اصل تعادل نمک گویای این مسئله است که چنانچه آبشویی صورت نگیرد و یا نمک‌های وارده به وسیله شاخ و برگ خارج نگردد، تجمع نمک اجتناب‌ناپذیر خواهد بود.

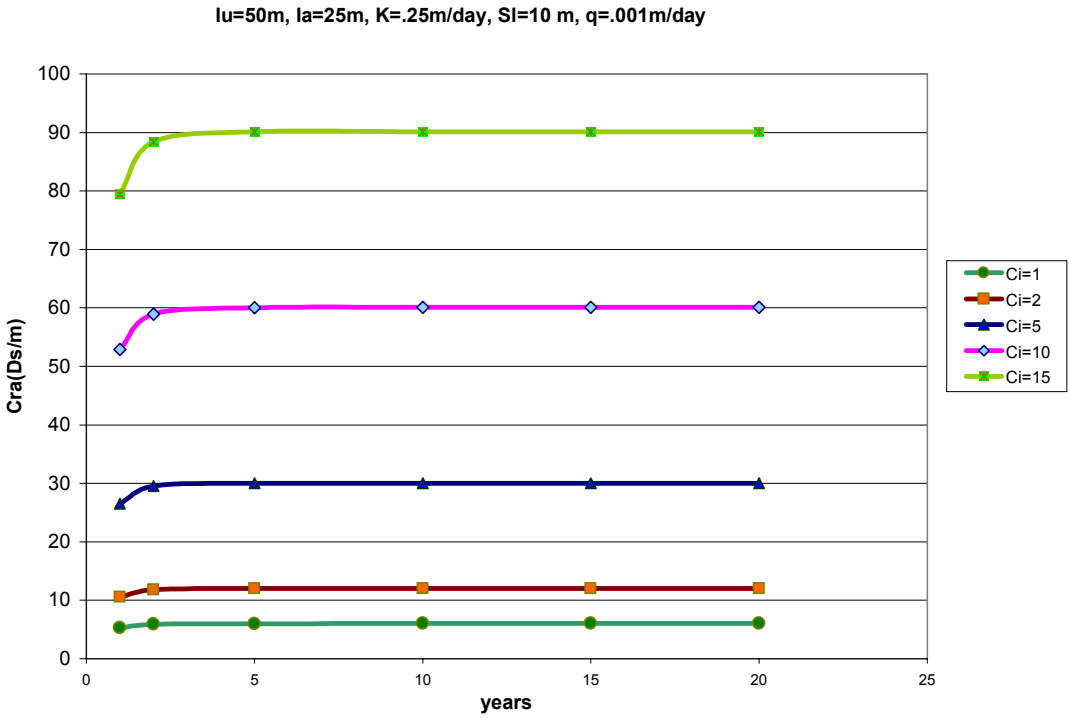
این مبحث از این نظر ارزش فوق‌العاده پیدا می‌کند که مشخص می‌نماید در شرایط کشت نواری، آیا پایداری زهکشی محقق خواهد شد یا خیر؟

۴-۴- ارتباط بین شوری آب آبیاری و شوری خاک منطقه زراعی

شکل‌های ۶ و ۷ شوری خاک منطقه زراعی را با گذشت زمان نشان می‌دهند. این منحنی‌ها گویای این موضوع هستند که شوری خاک متناسب با شوری آب آبیاری در دو سال اول افزایش می‌یابد و پس از آن تقریباً ثابت می‌ماند. پایداری محیط زیست منطقه تنها به شوری آب آبیاری بستگی دارد و نمک‌های وارد شده توسط آب آبیاری به نوار مجاور منتقل می‌شود و در حقیقت شوری منطقه مجاور را افزایش می‌دهد. این مساله در زهکشی زیستی، موجب افزایش بیش از حد شوری در نوار کشت گیاه غیر اصلی (درختکاری) می‌شود و زندگی آنرا به مخاطره می‌اندازد.



شکل ۶- ارتباط بین شوری آب آبیاری و شوری خاک منطقه گیاه اصلی(Lu=۲۵ و La=۲۵)



شکل ۷- ارتباط بین شوری آب آبیاری و شوری خاک منطقه گیاه اصلی (Lu=۵۰ و La=۲۵)

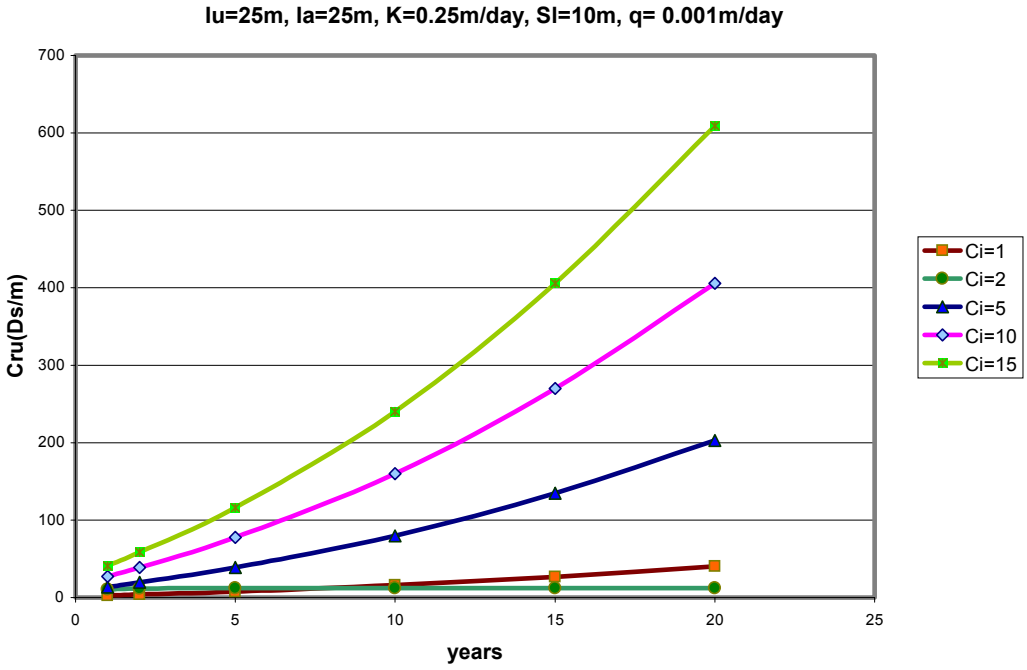
۴-۵- ارتباط بین شوری آب آبیاری و شوری خاک منطقه گیاه غیر اصلی (درختکاری)

شوری آب آبیاری نقش بسزایی در شوری نوار گیاه غیر اصلی (درختکاری) دارد.

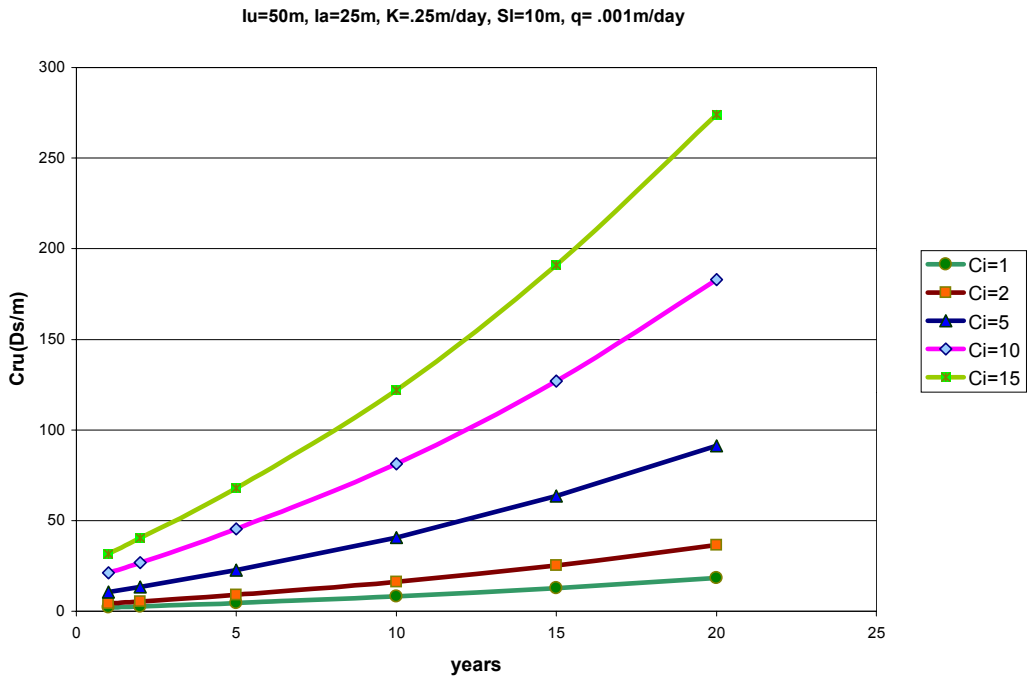
رابطه‌ای که ارتباط بین این دو عامل را تعریف می‌کند برای نوار درختکاری و نوار گیاه اصلی به ترتیب برابر ۵۰ و ۲۵ متر به صورت نمایی و با توان ۰/۱۴t و با ضریب همبستگی ۰/۹۶ است (t بر حسب سال).

همین عامل برای فواصل ۲۵ و ۲۵ متر به صورت نمایی و با توان ۰/۱۱ t و ضریب همبستگی ۰/۹۷ است.

این موضوع به خوبی نشان می‌دهد که آبیاری با آب با شوری زیاد، نه تنها در دراز مدت، بلکه از سال سوم به بعد، زندگی گیاه غیر اصلی (درختکاری) را در زهکشی زیستی به مخاطره می‌اندازد (اشکال ۸ و ۹).



شکل ۸- ارتباط بین شوری آب آبیاری و شوری خاک منطقه گیاه غیر اصلی (Lu=۲۵ و La=۲۵)



شکل ۹- ارتباط بین شوری آب آبیاری و شوری خاک منطقه گیاه غیر اصلی (Lu=۵۰ و La=۲۵)

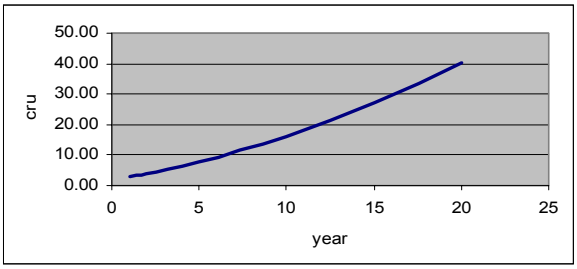
۴-۶- عمر مفید این سیستم‌ها

تجربیاتی که در زمینه زهکشی زیستی در نقاط مختلف دنیا وجود دارد، عمدتاً مربوط به سال‌های اخیر بوده و گزارشی مبنی بر عملکرد بلند مدت این سیستم‌ها مشاهده نشده است.

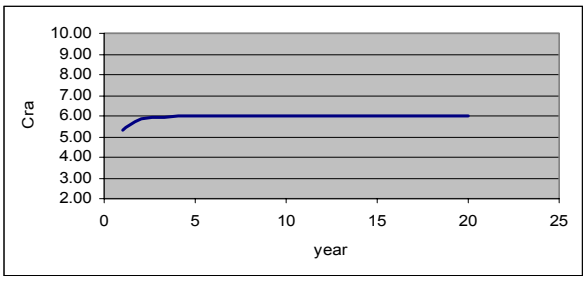
شکل‌های ۱۰ و ۱۱ و ۱۲ افزایش عمق سطح ایستابی و شوری را طی سالیان متمادی نشان می‌دهند.

به طوری که ملاحظه می‌شود، روش زهکشی زیستی، چنانچه به درستی طراحی شود می‌تواند سطح ایستابی را کنترل کند، ولی قادر به تثبیت شوری در ناحیه درختکاری نیست.

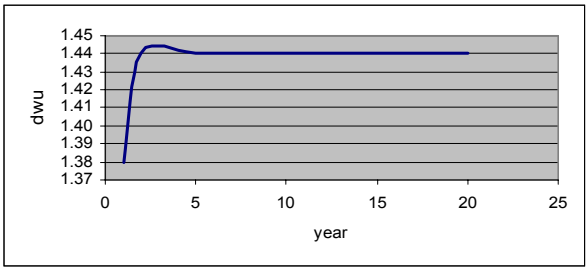
شوری آب آبیاری	شوری آب خاک	میزان آبیاری	ارتفاع سطح ایستابی	سطح زمین	هدایت هیدرولیکی	عرض زراعی	عرض غیر زراعی
cic	co	iaa	hw	sl	k	la	lu
1.00	1.50	1.21	9.60	10	1.00	25	25



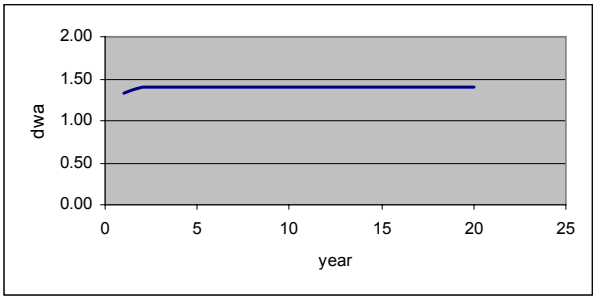
C_ru – هدایت الکتریکی خاک منطقه درختکاری (ds/m)



C_ra – هدایت الکتریکی خاک منطقه کشت گیاه اصلی (ds/m)



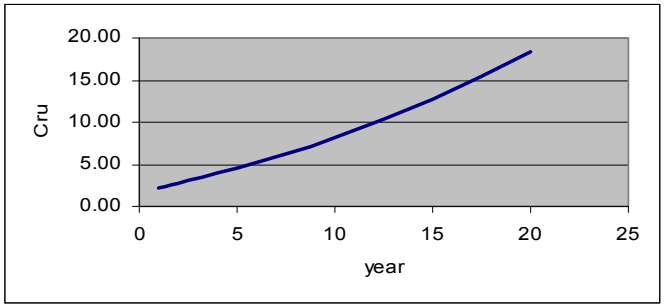
dwu– عمق سطح ایستابی در منطقه درختکاری (m)

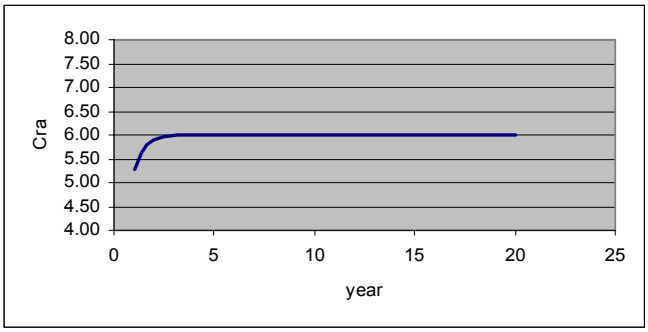


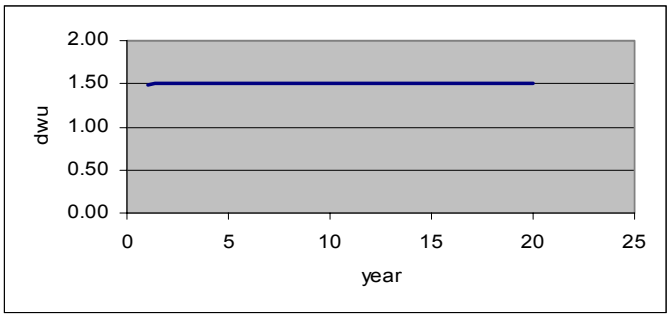
dwa– عمق سطح ایستابی در منطقه کشت گیاه اصلی

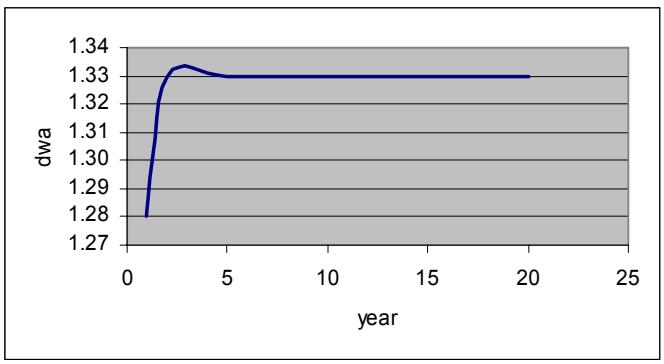
شکل ۱۰- روند تغییرات سطح ایستابی و شوری نسبت به زمان

عرض غیر زراعی	عرض زراعی	هدایت هیدرولیکی	سطح زمین	ارتفاع سطح ایستابی	میزان آبیاری	شوری آب خاک	شوری آب آبیاری
lu	la	k	sl	hw	iaa	co	cic
50	25	0.25	10	9.60	1.21	1.50	1.00



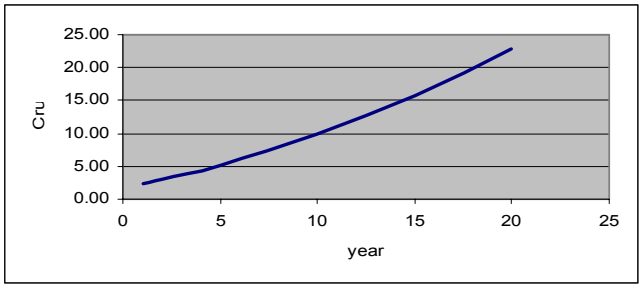


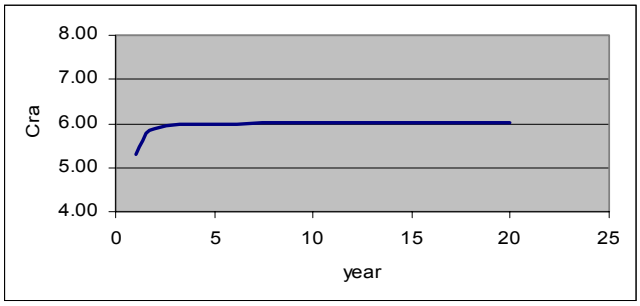


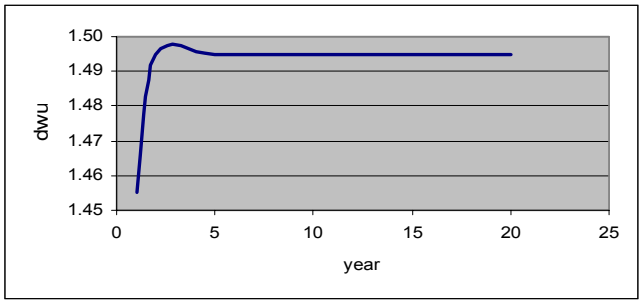


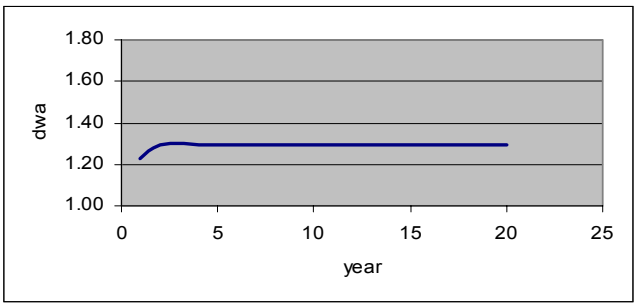
شکل ۱۱- روند تغییرات سطح ایستابی و شوری نسبت به زمان

عرض غیر زراعی	عرض زراعی	هدایت هیدرولیکی	سطح زمین	ارتفاع سطح ایستابی	میزان آبیاری	شوری آب خاک	شوری آب آبیاری
lu	la	k	sl	hw	iaa	co	cic
75	50	0.50	10	9.60	1.21	1.50	1.00









شکل ۱۲- روند تغییرات سطح ایستابی و شوری نسبت به زمان

در شرایط مختلف عرض نوارها، هدایت هیدرولیکی، میزان آبیاری و ... تغییرات شرایط آب و نمک در سالیان متمادی به یک نسبت نیست ولی با توجه به جواب‌های کلی دریافتی از مدل، عمر این پروژه‌ها ۱۰ و نهایتاً ۱۵ سال تخمین زده می‌شود. این نتیجه، نظریه Kapoor در مورد پایدار بودن روش زهکشی زیستی تا هدایت الکتریکی ۱۲ دسی زیمنس بر متر را تائید نمی‌کند.

عمده مشکلی که باعث نا کارآمدی این سیستم‌ها پس از گذشت ۱۰ سال میشود، مسأله شوری است. یعنی در بسیاری موارد اگر بتوان تمهیدی برای دفع شوری از خاک طی تناوبی مثلاً ۳، ۵ یا ۱۰ ساله اندیشید، می‌توان به کارکرد طولانی مدت سیستم زهکشی زیستی امیدوار بود. این مهم نیز می‌تواند موضوع مناسبی برای تحقیق و پژوهش باشد.

۴-۷- حساسیت زیاد زهکشی زیستی به شوری

حداکثر شوری اولیه آب خاک که زهکشی زیستی توان کنترل آن را دارد حدود ds/m ۵ است. در بسیاری شرایط، حتی شوری اولیه ds/m ۲ هم طی سالیان متوالی غیر قابل کنترل می‌شود. بدیهی است اگر سیستم زهکشی زیستی برای ۵ سال طراحی شود، نتایج قابل قبول بسیار بیشتر خواهد بود. به هر حال نباید فراموش کرد که عموماً سیستمی‌پایدار است که بتواند عمری به مراتب بیش از این داشته باشد. شکل‌های ۱۰ و ۱۱ و۱۲ نحوه افزایش شوری را طی سال‌های متوالی نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌شود، شیب منحنی عموماً پس از ۵ سال افزایش می‌یابد و افزایش شوری خاک سرعت بیشتری می‌گیرد.

در این پژوهش، حدود قابل قبولی که برای شوری قطعات زراعی و قطعات درختکاری فرض شد به ترتیب ds/m ۸ و ds/m ۳۲ بود. یعنی کلیه پاسخ‌هایی که شوری خاک قطعه زراعی آنها پس از ۱۰ سال کمتر از ds/m۸ و شوری خاک قسمت درختکاری شده آنها کمتر از ds/m ۳۲ بود، به عنوان پاسخ‌های قابل قبول از نظر شوری در نظر گرفته شدند. عدد ds/m ۸ میانگین شوری قابل تحمل برای عموم محصولات زراعی با کاهش محصول قابل پذیرش و عدد ds/m ۳۲ هم حد بالای شوری قابل تحمل توسط گونه‌های مقاوم اکالیپتوس هستند.

در واقع در مناطق مرطوب که مشکل شوری وجود ندارد، زهکشی زیستی می‌تواند بسیار بهتر از مناطق خشک و شور عمل کند. زهکشی زیستی در بسیاری از حالات توانایی بالایی در کاهش سطح ایستابی دارد.

۴-۸- مناطق مناسب برای زهکشی زیستی

همانطور که قبلاً گفته شد، زهکشی زیستی به سبب حساسیت زیادی که به شوری دارد و در واقع توانایی چندانی برای مقابله با شور شدن خاک ندارد، در مناطق مرطوب بهتر جواب می‌دهد. چنانچه بتوان راهکاری برای مقابله با شوری در کنار زهکشی زیستی در نظر گرفت می‌توان به کارکرد آن در اقلیم‌های گوناگون نیز امیدوار بود.

به طور کلی به سبب اختصاص درصد نسبتاً زیادی از زمین به درختکاری، طبیعتاً این سیستم در مناطقی که زمین زراعی، ارزان و در دسترس است، صرفه اقتصادی خواهد داشت. هر چند، محصولات درختی، خود نیز می‌توانند بخش زیادی از هزینه استفاده غیر زراعی از زمین را جبران کنند.

نکته دوم اینکه به سبب آبیاری نشدن بخش‌های درختکاری شده، این سیستم می‌تواند در مناطقی که آب آبیاری، گران و یا دسترسی به آن دشوار است، مناسب باشد.

به طور خلاصه می‌توان گفت این سیستم‌ها برای مناطقی که زمین زراعی ارزان و فراوان و آب آبیاری گران و کمیاب باشد مناسبتر است. منطقه هر چه مرطوب تر و نیاز آبی کمتر باشد، زهکشی زیستی می‌تواند از کارآیی بیشتری برخوردار باشد. با افزایش بارندگی، در حقیقت کیفیت آب آبیاری بهتر می‌شود و در نتیجه می‌توان به پایداری سیستم بیشتر امیدوار بود.

منابع:

۱- نگرشی بر مسائل و مشکلات مطالعات و اجرای زهکشی زیرزمینی در ایران، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ۱۳۸۱.

۲- اکرم، مجتبی، ۱۳۸۰. نگرش‌های جدید در طراحی زهکشی. ارائه شده در دومین کارگاه فنی زهکشی کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ۱۳۸۰.

۳- اکرم، مجتبی، ۱۳۸۳. روند تحولات زهکشی. ارائه شده در سومین کارگاه فنی زهکشی کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ۱۳۸۳.

۴- لیاقت، عبدالمجید، ۱۳۸۳.زهکشی به روش زیستی (Biodrainage). ارائه شده در سومین کارگاه فنی زهکشی کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ۱۳۸۳.

5- A. F. Heuperman, A. S. Kapoor and Harry W. Denecke, Biodrainage principles, experiences and applications

6- Afroz, A. & Singh, P.P. 1987. Environmental Impact Analysis of the Saryu Canal Irrigation Project and Guidelines for its Management. Journal of Environmental Management, 24:

7- A. S. Kapoor, Bio Drainage-Potential and Limitations, 2003

8- Chhabra, R., & N.P. Thakur. 1998. Biodrainage Using Tree to Control Water Logging and Secondary Salinization in Canal Irrigated Areas. Proceeding, National Conference on Salinity Management in Agriculture. Central Soil Salinity Research Institute, Karnal, India.

9- Kapoor, A.S. 1997. Biodrainage of Lands Under Irrigation in Dry Arid Regions

10- www.waterlog.info