پنجمین کارگاه فنی زهکشی و محیط زیست
۱۶ آبان ماه ۱۳۸۷

زهکشی زیرزمینی در اراضی شالیزاری[1]

ابراهیم پذیرا[2]

۱ـ مقدمه

با دیدگاه‌های جدید، زهکشی فرآیندی برای خارج نمودن آب سطحی اضافی و مدیریت سفره آب زیرزمینی کم عمق از طریق نگهداشت و دفع آب و مدیریت کیفیت آن برای رسیدن به منافع دلخواه اقتصادی و اجتماعی است در حالیکه محیط زیست نیز حفظ گردد. در شالیزارها، نقش عمده زهکشی زیرزمینی، مدیریت آب، خشک کردن زمین در هنگام پنجه‌زنی و قبل از برداشت است. زهکشی زیرزمینی در شالیزارها، امکان کشت دوم را نیز فراهم می‌کند که می‌تواند در بهبود اقتصاد خانواده، نقش مهمی را داشته باشد.

۲- اهداف اختصاصی احداث زهکشی زیرزمینی در اراضی شالیزاری

زهکشی زیرزمینی در اراضی شالیزاری به طور عمده در کشورهای آسیای جنوب شرقی مورد استفاده قرار گرفته است. کنترل سطح آب زیرزمینی در تمامی زراعت هاو نیز زراعت برنج بسیار با اهمیت می‌باشد. زهکشی شالیزاری، در حقیقت نوعی زهکشی کنترل شده است و امکان پایین انداختن سطح ایستابی از طریق زهکشی زیرزمینی وچاهک‌های کنترل کننده۳ که بوسیله آن می‌توان جریان زهکشی

۱- ارایه شده در پنجمین کارگاه زهکشی و محیط زیست، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران- تهران ۱۳۸۷.

۲- عضو گروه کار زهکشی و محیط زیست، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، عضو هیئت علمی و مدیر گروه واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی- تهران

3- Controlled structures.

زیرزمینی را تنظیم نمود امکان‌پذیر است. بطوریکه سطح آب زیرزمینی را در دوره آبیاری می‌توان با بستن چاهک مزبور بالا آورده و همین طور با باز نمودن چاهک امکان کاهش سریع سطح ایستابی (نسبت به سطح مزرعه) وجود خواهد داشت. مزایای زیر از طریق نصب سامانه زهکشی زیرزمینی در اراضی شالیزاری وجود دارد.

- **بهبود نفوذپذیری خاک**، افزایش نفوذپذیری قائم خاک می‌تواند موجب تسریع در کنترل سطح آب زیرزمینی گردیده و خشک نمودن سطح خاک مزرعه را در ایام مورد نظر امکان‌پذیر نماید.
- **بهبود شرایط فیزیکی خاک**، کاهش میزان آب خاک موجب بهبود تهویه خاک و جلوگیری از باقی ماندن مواد سمی در خاک می‌شود. علاوه بر این، موجب کاهش تثبیت کودهای معدنی می‌گردد.
- **بهبود بار پذیری خاک**[1] **و بهبودتردد**[2] **ماشین‌های کشاورزی**، چند روز پس از زهکشی وتخلیه آب روی سطح مزرعه، امکان استفاده از ماشین‌های برداشت و سپس اقدام به کشت دوم فراهم می‌گردد.
- **تنوع کاربری اراضی شالیزاری**، افزایش نفوذپذیری و کاهش سطح آب زیرزمینی، هم چنین فراهم آمدن شرایط اجرای عملیات شخم و پوک نمودن خاک،امکان تنوع بخشی کاربری اراضی شالیزاری را فراهم می‌آورد.

۳- مطالعات تکمیلی خاکشناسی اراضی شالیزاری

طبقه‌بندی اراضی عبارت از ارزیابی سیستماتیک زمین با در نظر گرفتن ویژگی‌های خاک، توپوگرافی، زهکشی، دسته‌بندی عوامل مورد بررسی و مشابه فیزیکی و اقتصادی آنها بطریقی است که بتوان اراضی را از دیدگاه‌های قابلیت و صرفه اقتصادی، توسعه پایدار کشاورزی، مدیریت آبیاری و در نهایت افزایش عملکرد محصولات کشاورزی تفکیک و طبقه‌بندی نمود.

اصول اساسی و اولیه تجزیه و تفکیک فیزیکی، شیمیایی و اقتصادی اراضی "خشکه‌زاری" از "شالیزاری" عبارتند از:

- توانمندی حفظ شرایط استغراق آب بروی سطح زمین؛
- قابلیت اعمال عملیات گلخرایی بروی اراضی؛ و
- امکان کنترل سطح ایستابی در زیر سطح خاک مزرعه.

بنابراین نخستین عامل مورد بررسی برای تجزیه و تفکیک کلاس‌های خاک اراضی شالیزاری مرطوب، وضعیت کنترل آب در ارتباط با ویژگی‌های خاک و شرایطی است که امکان برقراری رژیم رطوبتی مطلوب را برای تولید برنج فراهم می‌آورد.

1- Bearing Capacity.
2- Trafficability.

۳-۱- حداقل نیاز برای طبقه‌بندی

آنچه که بیش از هر چیز برای طبقه بندی اراضی شالیزاری ضرورت دارد، داشتن استانداردی است تا همه کارشناسان با نگرشی واحد نسبت به طبقه بندی اراضی اقدام کنند. در حال حاضر چنین روش نامه‌ای وجود ندارد.

۳-۲- ویژگی‌های طبقه‌بندی خاک و اراضی شالیزاری

حداقل مشخصات فیزیکی برای هر کلاس اراضی و اطلاعات مورد نیازبرای تفکیک و طبقه‌بندی خاک بطوری که امکان مقایسه خاک‌های محدوده را فراهم آورد، بسهولت قابل بیان نیست. بدین دلیل ضروریست برای شرایط هر منطقه، حداقل مشخصات لازم با توجه به ویژگی‌های منطقه و تجربیات موجود برنامه‌ریزی و تعیین گردد.

۴- بررسی‌های قابلیت زهکشی خاک و اراضی

مطالعات زهکشی خاک، که از طریق بررسی‌های میدانی انجام می‌شود، شامل تعیین عمق، شیب، چگونگی نوسانات سطح ایستابی (سفره اول)، وجود یا عدم وجود آبخوانهای تحت فشار (آرتزین) یا نیمه تحت فشار، ضخامت و چگونگی نفوذپذیری افق‌های موجود در نیمرخ خاک و بطور مشخصی لایه‌های زیرین (که ممکن است موجب عدم امکان نفوذ و تحرک آب در خاک را فراهم آورد) می‌گردد. این مطالعات بطور عمده مشتمل بر کلیه یا بخشی از مواردزیر است:

- تهیه طرح و احداث شبکه چاهک‌های مشاهده‌ای برای بررسی چگونگی نوسان سطح ایستابی اراضی.
- انجام حفاری‌های مورد نیاز در زمینه شناخت طبقات خاک (لایه‌بندی) و تعیین محل استقرار لایه محدودکننده در گستره منطقه مطالعاتی.
- ارایه برنامه و پیشنهادات لازم درخصوص تعداد و روش‌های اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی خاک‌ها.
- اندازه‌گیری نفوذپذیری و هدایت هیدرولیکی خاک‌ها.
- ارایه توصیه‌های لازم در مورد مطالعات اصلاح خاک و اراضی در صورت نیاز.

۵- خصوصیات پدولوژیکی[1] و هیدرودینامیکی[2] خاک‌ها

در مطالعات جاری خاکشناسی، به طور معمول شناسائی افق‌های نیمرخ خاک تا عمق ۱/۲۵ و حداکثر ۱/۵۰ متری بانجام می‌رسد. در بررسی‌های زهکشی، شناخت ویژگی لایه‌های عمیق‌تر نیمرخ خاک بخصوص از نظر لایه محدود کننده و هدایت هیدرولیکی افق‌های نیمرخ خاک با اهمیت تلقی می‌گردد.

1- Pedological.
2- Hydrodynamical.

به نظر می‌رسد عمق استقرار زهکش‌های زیرزمینی در شرایطی نظیر آنچه در اراضی شالیزاری در کشور حاکم است، باید در ۱/۰-۰/۹ متری انتخاب شود. در اکثر شرایط، عمق چاهک‌های لایه‌بندی ۱/۵ تا ۳/۰ متر انتخاب می‌گردد.

اطلاع از ویژگی‌های فیزیکی افق‌های زیرین و بالائی محل قرار گرفتن زهکش‌های زیرزمینی از اعتبار زیادی برخوردار است. بعلاوه تعیین روش اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی خاک‌ها منوط به برآورد لایه محدود کننده[1] در نیمرخ خاک است. هم چنین بافت خاک طبقات نیز در تعیین نوع و ضخامت مواد پوششی زهکش‌های زیرزمینی مؤثر می‌باشد.

۵-۱- نفوذپذیری خاک

در اراضی شالیزاری بدلیل ایجاد سخت لایه‌ای در جریان عملیات گلخرایی در افق‌های سطحی نیمرخ خاک (۰/۳-۰/۲۰ متر)، اندازه‌گیری سرعت نفوذ آب به خاک با استفاده از استوانه‌های مضاعف امکان‌پذیر نمی‌باشد. بدین دلیل راهکار خاصی بنام "روش سریع[2] " ابداع و در اکثر کشورهای جنوب شرقی آسیا که زراعت برنج در آنها کشت غالب محسوب می‌گردد، عمومیت یافته است. از نظر علمی این روش همانند اندازه‌گیری نفوذپذیری نمونه خاک به روش "بارافتان[3] " می‌باشد.

۵-۲- لایه محدود کننده

در بررسی ویژگی‌های خاک برآورد لایه محدود کننده از اهمیت بیشتری برخوردار است. از میان عوامل تشخیص لایه محدود کننده، تشخیص صحیح بافت خاک، وجود ذرات درشت و انتقال دهنده آب از جمله بلورهای گچ وذرات شن نقش موثرتری را دارا می‌باشند.

مقاومت هیدرولیکی[4] افق مشخصه‌ای از نیمرخ خاک را می‌توان بصورت رابطه زیر ارایه نمود:

$$C = \frac{D}{Kv} \qquad (۱)$$

که در آن :

C ، مقاومت هیدرولیکی لایه مورد نظر (روز)

D ، ضخامت افق مورد نظر (سانتیمتر)

Kv، هدایت هیدرولیکی عمودی لایه مورد نظر (سانتیمتر در روز)

مقادیر زیر برای بیان "مقاومت هیدرولیکی" خاک‌ها ارایه شده است.

- مقادیر C=۲۵۰ یا بیشتر موید وجود لایه غیرقابل نفوذ واقعی در نیمرخ خاک؛

1- Barrier.
2- Quick Method.
3- Falling Head Method.
4- Hydraulics Resistance.

- مقادیر C =۵۰ یا کمتر بیانگر عدم وجود لایه محدود کننده در نیمرخ خاک؛ و
- مقادیر C =۲۵۰-۵۰ معرف طبقاتی است که ممکن است دارای محدودیت‌های زهکشی معنی‌داری باشند. در این شرایط بایستی ویژگی‌های هیدرولیکی لایه‌های خاک هم جوار را نیز بررسی و سپس قضاوت نمود.

۵-۳- هدایت هیدرولیکی اشباع خاک‌ها

بطور کلی، جریان آب به سمت زهکش‌ها بطور عمده افقی می‌باشد و هدایت هیدرولیکی افقی و اشباع خاک از مهمترین ویژگی‌های هیدرودینامیکی خاک‌ها است که در محاسبه فواصل زهکش‌های زیرزمینی مورد نیاز می‌باشد.

روش‌های متعددی برای اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی خاک‌ها وجود دارد. این اندازه‌گیری‌ها را می‌توان در آزمایشگاه و یا در محل واقعی (مزرعه) بانجام رسانید. آزمایشهای مزرعه‌ای به دو گروه زیر سطح ایستابی و بالای سطح ایستابی تقسیم‌بندی می‌گردند. برای اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی در شرایط زیر سطح ایستابی دو روش معمول و متداول‌تر است که عبارتند از : روش چاهک[1] و روش حفره زیر لوله (روش پیزومتری[2]). روش چاهک عموماً برای اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی در لایه‌هایی که آزمایش در آن انجام می‌شود و روش دوم برای اندازه‌گیری در یک لایه خاص بانجام می‌رسد.

روش‌های متداول در اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی خاک در بالای سطح ایستابی عبارتند از: روش چاهک معکوس (پورشه)، روش تزریق به درون چاهک و روش نفوذسنج گلف.

در ایران "روش چاهک" بیش از سایر روشها متداول است و نتایج حاصل از آن ارقام و اعداد مطلوبتر و منطقی‌تری را حاصل می‌نماید.

۶- مبانی طراحی سیستم‌های زهکشی زیرزمینی

در طراحی زهکش‌های زیرزمینی شالیزارها،آنچه که از اهمیت بیشتری برخوردار است، مربوط به خشک شدن بموقع زمین برای کشت دوم است. بنا بر این اصولا طراحی زهکشی بر اساس کشت دوم صورت می‌گیرد.

برای طراحی سامانه زهکشی زیرزمینی در اراضی شالیزاری لزوم توجه خاص به موارد زیر ضروری است:

- مشخص نمودن محدوده‌هایی از اراضی که به زهکشی زیرزمینی نیاز دارند؛
- مواد و مصالح زهکشی؛
- زمان مناسب برای احداث سامانه زهکشی زیرزمینی؛

1- Auger Hole Method.
2- Piezometer Method.

- روش‌های اجرای زهکش‌های زیرزمینی؛
- ارتباط سامانه زهکشی با سایر تأسیسات زیربنایی؛
- هزینه‌های مورد نیاز احداث سامانه؛ و
- روش های بهره‌برداری و نگهداری از سامانه زهکشی.

۶-۱- ضریب زهکشی عمقی یا شدت تخلیه زهکش‌های زیرزمینی

در روابط تعیین فاصله زهکش‌های زیرزمینی که فرض ماندگاری جریان در آن اعمال گردیده است، ضریب زهکشی عمقی برای کشت دوم بکار گرفته می‌شود. در جداول زیر بعضی ویژگی‌های فیزیکی خاک‌ها و مقادیر نفوذ عمقی مورد انتظار ارایه شده است.

جدول (۱)- بعضی ویژگی‌های فیزیکی خاک‌ها

ردیف	نوع اجزاء غالب خاک	اندازه (قطر) ذرات خاک (میلیمتر)	نفوذپذیری خاک		میزان نفوذ عمقی	
			نام توصیفی	علامت اختصاری	سانتیمتر در ساعت	متر در روز
۱	رس	<۰/۰۰۲	خیلی آهسته	V.S	<۰/۱۳	<۰/۰۳۰
۲	سیلت (لای)	۰/۰۵۰-۰/۰۰۲	آهسته	S	۰/۵۱-۰/۱۳	۰/۱۲-۰/۰۳۰
۳	ماسه بسیار ریز	۰/۱۰۰-۰/۰۵۰	تقریباً آهسته	M.S	۲/۰۳-۰/۵۱	۰/۴۹-۰/۱۲
٤	ماسه ریز	۰/۲۵۰-۰/۱۰۰	متوسط	M	٦/۳۵-۲/۰۳	۱/۵۲-۰/٤۹
۵	ماسه متوسط	۰/۵۰۰-۰/۲۵۰	تقریباً سریع	M.R	۱۲/۷۰-٦/۳۵	۳/۰۵-۱/۵۲
٦	ماسه درشت	۱/۰۰-۰/۵۰۰	سریع	R	۲۵/٤۰-۱۲/۷۰	٦/۱-۳/۰۵
۷	ماسه خیلی درشت	۲/۰۰-۱/۰۰	خیلی سریع	V.R	> ۲۵/٤۰	> ٦/۱

جدول (۲)- مقادیر متوسط ضریب زهکشی برای اراضی مورد آبیاری

ردیف	ویژگی‌های خاک	عملیات مدیریتی آبیاری	ضریب زهکشی (میلیمتردرروز)
۱	خاک‌های با نفوذپذیری کم	شرایط زهکشی طبیعی محدود کننده	<۱/۵
۲	خاک‌های نفوذپذیر	شرایط زهکشی طبیعی و زراعت متراکم	۳/۰-۱/۵
۳	خاک‌های نفوذپذیر	عملیات مدیریتی آبیاری ضعیف و یا در شرایط آبشوئی برای کنترل نمکهای محلول خاک	٤/۵-۳/۰
٤	خاک‌های بسیار نفوذپذیر	آبیاری اراضی شالیزاری در خاک‌های سبک	>٤/۵

۶-۲- دبی طراحی سامانه زهکشی زیرزمینی

دبی طراحی با توجه به اندازه قطعات، چگونگی و کیفیت عملیات تسطیح، نفوذپذیری خاک و تنوع کاربری اراضی می‌تواند از حداقل ۱۰ تا حداکثر ۵۰ میلیمتر در روز تغییر داشته باشد. حجم دبی خروجی زهکش زیرزمینی برابر با تخلیه کل مقدار آب استغراقی برروی سطح مزرعه و میزان آب ثقلی موجود در نیمرخ خاک است.

دبی طراحی سامانه زهکشی زیرزمینی را می‌توان از طریق دوره زمانی لازم برای تخلیه کل حجم آب باقیمانده برروی سطح خاک مشخص نمود. دوره زمانی مجاز در اراضی شالیزاری برای تخلیه آب باقیمانده برروی سطح خاک در جدول (۳) نشان داده شده است و بطور کلی ۲-۱ روز می‌باشد. بدیهی است مقداری از این آب اضافی توسط زهکش‌های روباز دفع می‌شود.

جدول (۳)- دوره زمانی مجاز برای تخلیه آب باقیمانده بروی سطح اراضی شالیزاری

ردیف	در دوره آبیاری		در ایام بدون آبیاری	
	عملیات زراعی	دوره زمانی مجاز (روز)	عملیات زراعی	دوره زمانی مجاز (روز)
۱	وجین و مصرف کود	۲-۱	آیش و آماده‌سازی بستر کشت	۳-۱
۲	مستغرق نمودن و زهکشی پس از استقرار گیاهچه‌ها	۱	بذرکاری (کشت در خزانه یا بذرکاری مستقیم)	۲-۱
۳	زهکشی اواسط تابستان	۳-۲	سبز شدن بذور کاشته شده	۲-۱
٤	خاتمه عملیات آبیاری	۵-۳	برداشت محصول	۲-۱
۵	-	-	کشت دوم در مزرعه	۳-۲

جدول (٤)- رابطه بین محدوده زهکشی و ضریب زهکشی زیرزمینی

(ارقام متن جدول برحسب لیتر در ثانیه)

ردیف	محدوده مورد زهکشی زیرزمینی (مترمربع)	ضریب زهکشی زیرزمینی یا شدت تخلیه عمقی (میلیمتر در روز)									
		٥٠	٤٥	٤٠	٣٥	٣٠	٢٥	٢٠	١٥	١٠	٥
١	١٠٠	٠/٠٦	٠/٠٥	٠/٠٥	٠/٠٤	٠/٠٣	٠/٠٣	٠/٠٢	٠/٠٢	٠/٠١	٠/٠١
٢	٢٠٠	٠/١٢	٠/١٠	٠/٠٩	٠/٠٨	٠/٠٧	٠/٠٦	٠/٠٥	٠/٠٣	٠/٠٢	٠/٠١
٣	٣٠٠	٠/١٧	٠/١٦	٠/١٤	٠/١٢	٠/١٠	٠/٠٩	٠/٠٧	٠/٠٥	٠/٠٣	٠/٠٢
٤	٤٠٠	٠/٢٣	٠/٢١	٠/١٩	٠/١٦	٠/١٤	٠/١٢	٠/٠٩	٠/٠٧	٠/٠٥	٠/٠٢
٥	٥٠٠	٠/٢٩	٠/٢٦	٠/٢٣	٠/٢٠	٠/١٧	٠/١٤	٠/١٢	٠/٠٩	٠/٠٦	٠/٠٣
٦	١٠٠٠	٠/٥٨	٠/٥٢	٠/٤٦	٠/٤٠	٠/٣٥	٠/٢٩	٠/٢٣	٠/١٧	٠/١٢	٠/٠٦
٧	٢٠٠٠	١/١٦	١/٠٤	٠/٩٣	٠/٨١	٠/٦٩	٠/٥٨	٠/٤٦	٠/٣٥	٠/٢٣	٠/١٢
٨	٣٠٠٠	١/٧٤	١/٥٦	١/٣٩	١/٢١	١/٠٤	٠/٨٧	٠/٦٩	٠/٥٢	٠/٣٥	٠/١٧
٩	٤٠٠٠	٢/٣١	٢/٠٨	١/٨٥	١/٦٢	١/٣٩	١/١٦	٠/٩٣	٠/٦٩	٠/٤٦	٠/٢٣
١٠	٥٠٠٠	٢/٨٩	٢/٦١	٢/٣١	٢/٠٢	١/٧٤	١/٤٥	١/١٦	٠/٨٧	٠/٥٨	٠/٢٩
١١	١٠٠٠٠	٥/٧٩	٥/٢١	٤/٦٣	٤/٠٥	٣/٤٧	٢/٨٩	٢/٣١	١/٧٤	١/١٦	٠/٥٨

٦-٣- طراحی برای کنترل سطح آب زیرزمینی و سرعت افت سطح ایستابی

سطح مجاز آب زیرزمینی برای انواع گیاهان در جدول زیر ارایه شده است. سطح آب زیرزمینی نمایه‌ای بسیار مهم می‌باشد که از آثار آن می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- شرایط رطوبتی خاک بالای سطح آب زیرزمینی
- میزان عملکرد محصولات
- قابلیت تردّد ماشین‌های مزرعه‌ای

جدول (٥)- سطح مجاز آب زیرزمینی مورد نیاز برای انواع گیاهان (فصلی، یکساله، دائمی)

ردیف	طبقه‌بندی کاربری اراضی	سطح آب زیرزمینی ٣-٢ روز پس از بارندگی (سانتیمتر)	سطح آب زیرزمینی ٧ روز پس از بارندگی (سانتیمتر)
١	فقط زراعت برنج	٣٠-٤٠	٤٠-٥٠
٢	مرتع، شالیزار در تناوب زراعی باگیاهان غیر از برنج	٤٠-٦٠	٥٠-٦٠
٣	گیاهان دایمی	٥٠-٦٠	٦٠-١٠٠

۷- تعیین فاصله و عمق نصب زهکش‌های زیرزمینی

۷-۱- سیمای کلی شبکه

طراحی سیستم‌های زهکشی زیرزمینی مشتمل بر تهیه طرح کلی و چگونگی آرایش خطوط زهکشی، انتخاب خروجی مطلوب، محاسبه عمق و فواصل مناسب زهکش‌های مزرعه‌ای (فرعی)، تعیین قطر زهکش‌های زیرزمینی (فرعی و جمع کننده)، انتخاب مواد و مصالح مناسب و با کیفیت مرغوب و سازه‌های مربوطه از جمله ابنیه خروجی سامانه می‌باشد.

۷-۲- عمق مناسب نصب زهکش‌های زیرزمینی

عوامل مؤثر در تعیین عمق مناسب زهکش‌های زیرزمینی در مباحث قبل مورد بحث قرار گرفت، از دیدگاه نظری هرچه عمق نصب زهکش‌های زیرزمینی بیشتر باشد، فاصله بین دو خط زهکشی افزایش می‌یابد؛ لیکن در عمل محدودیت‌هایی برای نصب زهکش‌های زیرزمینی بشرح زیر وجود دارد:

- دقت در تعیین عمق مجاز سطح ایستابی بین دو خط زهکش
- تعین افق مناسب برای نصب زهکش‌های زیرزمینی، با توجه به لایه‌های با آبگذری بیشتر در نیمرخ خاک
- امکانات اجرایی، زیرا عمق طراحی برای نصب زهکش‌های زیرزمینی نه تنها تابع عوامل فیزیکی و هیدرولیکی خاک بلکه تابع امکانات اجرایی نیز می‌باشد.

موارد زیر در مورد عمق نصب زهکش‌های زیرزمینی برای اراضی شالیزاری توصیه گردیده است.

الف- برای قطعاتی که بطور دائمی زیر کشت برنج قرار می‌گیرند،عمق مناسب کنترل سطح ایستابی از سطح خاک مزرعه در حدود ۰/۵-۰/٤ متر برای رشد و نمو مطلوب رویشی و زایشی توصیه گردیده است.

ب - برای اراضی شالیزاری که پس از برداشت برنج، اقدام به کشت سایر گیاهان زراعی می‌شود، کنترل سطح ایستابی در محدوده‌های ۰/۵-۰/٤ متر برای رشد و نمو مناسب سایر گیاهان زراعی در تناوب با زراعت برنج مورد نیاز خواهد بود. عمق ریشه گیاهانی که کشت پاییزه و زمستانه آنها بدون نیاز به آب آبیاری در مناطق شالیزاری و مرطوب کشور می‌تواند مورد اقدام قرار گیرد درجدول زیر ارایه شده است:

جدول (٦)- عمق توسعه ریشه بعضی از انواع گیاهان زراعی فصلی

ردیف	نوع گیاهان	نام توصیفی و عمق توسعه ریشه گیاهان انتخابی (متر)		
		خیلی کم عمق ۰/۲۰>	کم عمق ۰/۳۰>	تقریباً کم عمق ۰/۵>
۱	برگی یا علوفه‌ای	شوید، جعفری، گشنیز، ترتیزک (شاهی)، تره	کاهو، اسفناج، کلم معمولی، گل کلم	علوفه مرتعی، شبدر برسیم
۲	ریشه‌ای یا غده‌ای	-	ترب سفید	پیاز، سیر، هویج فرنگی، شلغم
۳	میوه‌ای یا دانه‌ای	-	توت فرنگی	لوبیا سبز، باقلا، کدو، کلزا

با توجه به مندرجات جدول ملاحظه می‌گردد که از میان انواع گیاهانی که در شرایط گفته شده امکان کشت و کار آن در سطح قطعات می‌تواند مورد توجه قرار گیرد، شبدر برسیم با طول دوره رشد حدود شش ماه و عمق ریشه‌دوانی کمتر از ۰/۵ متر مقبولیت بیشتری می‌تواند داشته باشد. بنابراین اجرای تناوب زراعی برنج- شبدر (برسیم)یا برنج-کلزا را می‌توان بعنوان تناوب زراعی مطلوب مورد توجه قرار دارد.

نصب زهکش‌های زیرزمینی (مجهز به سازه های زهکشی کنترل شده) در اعماق ۱/۰-۰/۹ متر می‌تواند اهداف مورد نظر را برای اراضی شالیزاری در تناوب با شبدر برسیم یا کلزا مناسب و مطلوب باشد.

توجه : برای آن قبیل اراضی خشکه‌زاری مورد کشت و آبیاری در مناطق غیرمرطوب (اقلیم‌های خشک و نیمه خشک) که زراعت برنج در تناوب زراعی با سایر گیاهان در ترکیب کشت قرار دارد، تنها می‌توان از زهکشی کنترل شده بهره گیری کرد. در این حالت نیز طراحی زهکشی بر اساس کشت دوم صورت می‌گیرد.

۷-۳- محاسبه فاصله زهکش‌های زیرزمینی در اراضی شالیزاری

فاصله و عمق نصب زهکش‌های زیرزمینی بطور قابل ملاحظه‌ای با هدایت هیدرولیکی اشباع، مدیریت‌های زراعی، نوع گیاه و ویژگی‌های زهکشی سطحی اراضی محدوده مورد مطالعه بستگی دارد. در شرایط اعمال عملیات مناسب مدیریتی برروی گیاه و خاک‌های مورد بهره‌برداری اعماق و فواصل زهکش‌های زیرزمینی را در اراضی شالیزاری می‌توان به صورت زیر محاسبه نمود:

- **فاصله زهکش‌های زیرزمینی برای کشت اصلی (زراعت برنج)**

هرچند برنج قادر است در شرایط اعمال روشهای آبیاری غرقاب دایم و یا متناوب رشد و نمو نموده و عملکردهای نسبی مورد انتظار را تولید نماید، لزوم تخلیه مقادیر کمی "نفوذ عمقی روزانه" از بخش زیرین محدوده توسعه ریشه گیاه وجود خواهد داشت. در غیر اینصورت در شرایط اشباع خاک ترکیباتی از قبیل آهن، منگنز و گوگرد احیاء گردیده که در نتیجه آن انواع مواد سمی و مضر در خاک ایجاد می‌شود. تراکم غلظت این مواد، کمبود اکسیژن و افزایش میزان گاز کربنیک در خاک و یا اثر مشترک این عوامل می‌تواند موجب بروز اثرات نامطلوبی بر

تنفس، جذب آب و یون‌ها گردد. بنابراین مقادیر نفوذ عمقی اندک روزانه را بایستی جزیی از "نیاز آبیـاری زراعـت برنج" در اراضی شالیزاری محسوب نمود. این مقدار نفوذ عمقی را می‌توان با زهکشی کنترل شده به آسانی تأمین کرد.

در جدول زیر آب مورد نیاز زراعت برنج و نفوذ عمقی در اراضی شالیزاری مناطق مختلف کشور ارایه شده است.

جدول (۷)- آب مورد نیاز و نفوذ عمقی برنج در شمال کشور

ردیف	طول دوره زراعت (روز)	نام منطقه (استان)	نیاز خالص آبی گیاه (میلیمتر)	تراوشات عمقی در دوره زراعت (میلیمتر)	نیاز آبی گیاه برنج (میلیمتر)	بارندگی مؤثر در دوره زراعت (میلیمتر)	نیاز آبیاری در دوره زراعت (میلیمتر)	حداکثر میزان تراوشات عمقی (میلیمتردرروز)
۱	۱٤۱	مازندران (ساری)	٦٤۰	۲۳۳	۱۰۷۳	۱٤٥	۹۲۸	۲/۰
۲	۱٤۲	گیلان (رشت)	٥۳٦	۱۷٤	۹۱۰	۱۹۳	۷۱۷	۱/٥
۳	۱۳۲	گلستان (گرگان)	٦٥۲	۲٥۷	۱۱۰۹	۱۱٦	۹۹۳	۲/٥

* ۲۰۰ میلیمتر عمق آب برای آماده‌سازی زمین و عملیات گلخرایی منظور شده است.

** طول دوره زراعت با احتساب ایام تهیه و آماده سازی زمین برای کشت نشاء برنج می‌باشد.

با کاربرد حداکثر میزان نفوذعمقی مندرج در جدول فوق، برآوردهدایت هیدرولیکی اشباع خاک‌های با بافت‌های متفاوت، فرض کردن عمق لایه محدود کننده در ۱/۰، ۱/٥ و ۲/۰ متری از سطح خاک و منظور نمودن عمق نصب زهکش‌های زیرزمینی در ۰/۹، ۰/۹٥ و ۱/۰ متری از سطح مزرعه و با در نظر گرفتن حداکثر بار هیدرولیکی بین دو خط زهکش در حد ۰/٥ متر که شرایط لازم برای توسعه ریشه برنج و کشت دوم بصورت توامان فراهم خواهد بود، فواصل زهکش‌های زیرزمینی در اراضی شالیزاری بعنوان "راهنما" در جداول زیر ارایه گردیده است.

جدول (۸)- فواصل زهکش‌های زیرزمینی برای شرایط متفاوت فیزیکی و هیدرولیکی خاک‌های مختلف [برای کشت اصلی (زراعت برنج) در اراضی شالیزاری و مرطوب]

عمق لایه محدود کننده ۱/۰ متر، عمق نصب زهکش‌های زیرزمینی ۰/۹ متر، حداکثر بار هیدرولیکی بین دو خط زهکش ۰/۵ متر، عمق سطح ایستابی بین دو خط زهکش تا سطح زمین ۰/٤ متر و شعاع لوله زهکشی ۰/۰۵ متر

ردیف	بافت خاک *	هدایت هیدرولیکی خاک (متر در روز)		ضریب زهکشی یا شدت تخلیه (متر در روز)			میانگین فواصل زهکش‌های زیرزمینی (متر)
		نام توصیفی	حدود تغییرات	۰/۰۰۱۵	۰/۰۰۲۰	۰/۰۰۲۵	
۱	رسی سنگین، رسی	خیلی آهسته	< ۰/۰۳۰-۰/۰۷۵	٦/۸۵	۵/۹۵	۵/۳۰	٦
۲	سیلتی رسی، شنی رسی	آهسته	۰/۱۲۵-۰/۳۰۵	۱۳/۸۰	۱۱/۹۵	۱۰/۷۰	۱۲
۳	رسی لومی، سیلتی رسی لومی	تقریباً آهسته	۰/٤۸۵-۱/۰۰۰	۲٦/۰۰	۲۲/۵۰	۲۰/۱۰	۲۳
٤	شنی رسی لومی، لومی	متوسط	۱/۵۰۰-۲/۳۰۰	٤۱/۹۵	۳٦/۳۵	۳۲/۵۰	۳۷
۵	سیلتی لومی، شنی لومی	تقریباً سریع	۳/۰۵۰-٤/۵۵۰	۵۹/۳۵	۵۱/٤۰	٤۹/۹۵	۵۳
٦	شنی لومی ریز، لومی شنی ریز **	سریع	> ٦/۰۰۰	۷۵/٤۰	٦۹/۸۰	۵۸/٤۰	٦۸

* نام توصیفی ردیف‌های ۱ تا ۶ به ترتیب: خیلی سنگین (V.H)، سنگین (H)، تقریباً سنگین (M.H)، متوسط (M)، تقریباً سبک (M.L) و سبک (L) می‌باشد.

** بافت خاک‌های شنی لومی و شنی که از نظر توصیفی خیلی سبک (V.L) محسوب می‌گردند، نیز شامل اطلاعات مندرج در ردیف ۶ جدول هستند.

جدول (۹)- فواصل زهکش‌های زیرزمینی برای شرایط متفاوت فیزیکی و هیدرولیکی خاک‌های مختلف [برای کشت اصلی (زراعت برنج) در اراضی شالیزاری و مرطوب]

عمق استقرار لایه محدود کننده ۱/۵ متر، عمق نصب زهکش‌های زیرزمینی ۰/۹۵ متر، حداکثر بار هیدرولیکی بین دو خط زهکش ۰/۵ متر، عمق سطح ایستابی بین دو خط زهکش تا سطح زمین ۰/٤٥ متر و شعاع لوله زهکشی ۰/۰۵ متر در محاسبات منظور شده است.

ردیف	بافت خاک *	هدایت هیدرولیکی خاک (متر در روز)		ضریب زهکشی یا شدت تخلیه (متر در روز)			میانگین فواصل زهکش‌های زیرزمینی (متر)
		نام توصیفی	حدود تغییرات	۰/۰۰۱۵	۰/۰۰۲۰	۰/۰۰۲۵	
۱	رسی سنگین، رسی	خیلی آهسته	< ۰/۰۳۰-۰/۰۷۵	۹/۸۵	۸/٤٥	۷/۵۰	۹
۲	سیلتی رسی، شنی رسی	آهسته	۰/۱۲۵-۰/۳۰۵	۲۰/۲۵	۱۷/٤٥	۱۵/۵۵	۱۸
۳	رسی لومی، سیلتی رسی لومی	تقریباً آهسته	۰/٤۸۵-۱/۰۰۰	۳۸/٦٥	۳۳/٤۰	۲۹/۸۰	۳٤
٤	شنی رسی لومی، لومی	متوسط	۱/۵۰۰-۲/۳۰۰	٦۲/۸۰	۵٤/۳۵	٤۸/۵۵	۵۵
۵	سیلتی لومی، شنی لومی	تقریباً سریع	۳/۰۵۰-٤/۵۵۰	۸۹/۱۰	۷۷/۰۵	٦۸/۹۰	۷۸
٦	شنی لومی ریز، لومی شنی ریز **	سریع	> ٦/۰۰۰	۱۱۳/٤	۹۸/۲۰	۸۷/۷۰	۱۰۰

* نام توصیفی ردیف‌های ۱ تا ۶ به ترتیب: خیلی سنگین (V.H)، سنگین (H)، تقریباً سنگین (M.H)، متوسط (M)، تقریباً سبک (M.L) و سبک (L) می‌باشد.

** بافت خاک‌های شنی لومی و شنی که از نظر توصیفی خیلی سبک (V.L) محسوب می‌گردند، نیز شامل اطلاعات مندرج در ردیف ۶ جدول هستند.

جدول (۱۰)- فواصل زهکش‌های زیرزمینی برای شرایط متفاوت فیزیکی و هیدرولیکی خاک‌های مختلف [برای کشت اصلی (زراعت برنج) در اراضی شالیزاری و مرطوب]

عمق استقرار لایه محدود کننده ۲/۰ متر، عمق نصب زهکش‌های زیرزمینی ۱/۰ متر، حداکثر بار هیدرولیکی بین دو خط زهکش ۰/۵ متر، عمق سطح ایستابی بین دو خط زهکش تا سطح زمین ۰/۵ متر و شعاع لوله زهکشی ۰/۰۵ متر در محاسبات منظور شده است.

ردیف	بافت خاک *	هدایت هیدرولیکی خاک (متر در روز)		ضریب زهکشی یا شدت تخلیه (متر در روز)			میانگین فواصل زهکش‌های زیرزمینی (متر)
		نام توصیفی	حدود تغییرات	۰/۰۰۱۵	۰/۰۰۲۰	۰/۰۰۲۵	
۱	رسی سنگین، رسی	خیلی آهسته	< ۰/۰۳۰-۰/۰۷۵	۱۱/۳۵	۹/٦۵	۸/۵۰	۱۰
۲	سیلتی رسی، شنی رسی	آهسته	۰/۱۲۵-۰/۳۰۵	۲٤/۲۵	۲۰/۸۰	۱۸/٤۵	۲۱
۳	رسی لومی، سیلتی رسی لومی	تقریباً آهسته	۰/٤۸۵-۱/۰۰۰	٤۷/۲۰	٤۰/٦۵	۳٦/۲۰	٤۱
٤	شنی رسی لومی، لومی	متوسط	۱/۵۰۰-۲/۳۰۰	۷۷/٤۰	٦٦/۸۵	۵۹/٦۰	٦۸
۵	سیلتی لومی، شنی لومی	تقریباً سریع	۳/۰۵۰-٤/۵۵۰	۱۱۰/۲۵	۹۵/۲۵	۸۵/۰۰	۹۷
٦	شنی لومی ریز، لومی شنی ریز **	سریع	> ٦/۰۰۰	۱٤۰/۷	۱۲۱/٦۰	۱۰۸/٦۰	۱۲٤

* نام توصیفی ردیف‌های ۱ تا ۶ به ترتیب: خیلی سنگین (V.H)، سنگین (H)، تقریباً سنگین (M.H)، متوسط (M)، تقریباً سبک (M.L) و سبک (L) می‌باشد.

** بافت خاک‌های شنی لومی و شنی که از نظر توصیفی خیلی سبک (V.L) محسوب می‌گردند، نیز شامل اطلاعات مندرج در ردیف ۶ جدول هستند.

نتیجه‌گیری:

در اقدام تفصیلی و دقیق‌تر دیگری با انتخاب متغیرهای فیزیکی و هیدرولیکی زیر:

- عمق استقرار لایه محدود کننده در اعماق ۱/۰، ۱/۵ و ۲/۰ متری از سطح خاک
- عمق نصب زهکش‌های زیرزمینی در اعماق ۰/۹۰، ۰/۹۵ و ۱/۰ متری از سطح مزرعه
- حداکثر بار هیدرولیکی (آبی) در حد ۰/۵۰ متر بین دو خط زهکش
- مقادیر هدایت هیدرولیکی اشباع خاک در محدوده‌های ۰/۰۵، ۰/۱۰، ۰/۱۵، ۰/۲۰، ۰/۲۵، ۰/۵۰، ۰/۷۵، ۱/۰۰، ۱/۲۵، ۱/۵۰، ۱/۷۵ و ۲/۰۰ متر در روز
- ضریب زهکشی زیرزمینی یا شدت تخلیه در محدوده‌های ۰/۰۰۱۰، ۰/۰۰۱۵، ۰/۰۰۲۰، ۰/۰۰۲۵، ۰/۰۰۳۰، ۰/۰۰۳۵، ۰/۰۰۴۰، ۰/۰۰۴۵ و ۰/۰۰۵۰ متر در روز

اقدام بعمل آمد که خلاصه نتایج حاصله در جدول زیر ارایه شده است.

جدول (۱۱)- متوسط عمق و فاصله نصب زهکش‌های زیرزمینی برای شرایط متفاوت فیزیکی و هیدرولیکی خاک‌های مختلف
[برای کشت اصلی (زراعت برنج) در اراضی شالیزاری و مرطوب]

ردیف	عمق استقرار لایه محدود کننده از سطح خاک (متر)	عمق نصب زهکش‌های زیرزمینی (متر)	بار هیدرولیکی بین دو خط زهکش (متر)	حداقل فاصله سطح ایستابی از سطح خاک مزرعه (متر)	فواصل زهکش‌های زیرزمینی محاسبه شده (متر)		
					رابطه هوخهات	معادله کرکهام	میانگین دو روش محاسبه
۱	۱/۰	۰/۹۰	۰/۵۰	۰/٤۰	۱۸	۱۵	۱۷
۲		۰/۹۵		۰/٤۵	۱۷	۱٤	۱٦
۳		۱/۰		۰/۵۰	۱٦	۱۳	۱٤
میانگین		۰/۹-۱/۰		۰/٤-۰/۵	۱۷	۱٤	۱٦
٤	۱/۵	۰/۹۰	۰/۵۰	۰/٤۰	۲۹	۲٤	۲٦
۵		۰/۹۵		۰/٤۵	۲۸	۲۳	۲۵
٦		۱/۰		۰/۵۰	۲۷	۲۲	۲۵
میانگین		۰/۹-۱/۰		۰/٤-۰/۵	۲۸	۲۳	۲۵
۷	۲/۰	۰/۹	۰/۵	۰/٤۰	۳۵	۲۹	۳۲
۸		۰/۹۵		۰/٤۵	۳٤	۲۸	۳۱
۹		۱/۰		۰/۵۰	۳٤	۲۸	۳۱
میانگین		۰/۹-۱/۰		۰/٤-۰/۵	۳٤	۲۸	۳۱

* حدود تغییرات هدایت هیدرولیکی اشباع خاک‌ها ۲/۰۰-۰/۰۵ متر در روز

** حدود تغییرات ضریب زهکشی یا شدت تخلیه (نفوذعمقی) ۰/۰۰۵-۰/۰۰۱۰متر در روز

- **زهکشی بر مبنای کشت شبدر برسیم به عنوان کشت دوم**

در استان مازندران شبدر برسیم در نیمه‌های دوم شهریور یا اول مهر ماه کشت می‌شود. طول دوره کشت تا برگرداندن بقایای زراعت شبدر به خاک حدود ٥ ماه بطول می‌انجامد که طی این مدت آب مورد نیاز گیاه از طریق بارندگی تأمین میشود.

اقدام به زراعت شبدر برسیم مستلزم کنترل سطح ایستابی در عمق حداقل ٠/٤ متر می‌باشد.

جمع بندی نتایج محاسبه فواصل زهکش‌های زیرزمینی بعنوان "راهنما" در جدول زیر ارایه شده است.

جدول (١٢)- متوسط عمق و فاصله نصب زهکش‌های زیرزمینی برای شرایط متفاوت فیزیکی و هیدرولیکی خاک‌های مختلف

[برای کشت دوم در اراضی شالیزاری و مرطوب (شبدر برسیم)]

ردیف	عمق استقرار لایه محدودکننده ازسطح خاک (متر)	عمق نصب زهکش‌های زیرزمینی (متر)	حداکثر ارتفاع سطح ایستابی یا بارهیدرولیکی بین دوخط زهکش (متر)	حداقل فاصله سطح ایستابی از سطح خاک مزرعه (متر)	فواصل زهکش‌های زیرزمینی محاسبه شده (متر)		
					رابطه هوخهات	معادله کرکهام	میانگین دو روش
١	١/٠	٠/٩٠	٠/٥٠	٠/٤٠	١٥	١٤	١٤
٢		٠/٩٥		٠/٤٥	١٤	١١	١٣
٣		١/٠٠		٠/٥٠	١٣	١٠	١٢
ميانگين		٠/٩٠-١/٠٠		٠/٤٠-/٥٠	١٤	١١	١٣
٤	١/٥	٠/٩٠	٠/٥٠	٠/٤٠	٢٣	١٩	٢١
٥		٠/٩٥		٠/٤٥	٢٢	١٨	٢٠
٦		١/٠٠		٠/٥٠	٢٢	١٨	٢٠
ميانگين		٠/٩٠-١/٠٠		٠/٤٠-/٥٠	٢٢	١٨	٢٠
٧	٢/٠	٠/٩	٠/٥٠	٠/٤٠	٢٨	٢٣	٢٥
٨		٠/٩٥		٠/٤٥	٢٧	٢٢	٢٥
٩		١/٠٠		٠/٥٠	٢٧	٢٢	٢٤
ميانگين		٠/٩٠-١/٠٠		٠/٤٠-٠/٥٠	٢٧/	٢٢	٢٥

* حدود تغییرات هدایت هیدرولیکی اشباع خاک‌ها ٠/٠٥-٢/٠٠ متر در روز

** حدود تغییرات ضریب زهکشی یا شدت تخلیه (تراوشات عمقی) ٠/٠٠٣٠، ٠/٠٠٤٠٠ و ٠/٠٠٥٠ متر در روز

- **مقایسه نتایج فاصله زهکش‌های زیرزمینی برای کشت‌های اصلی (برنج) و دوم (شبدر برسیم) در اراضی شالیزاری**

زراعت برنج بدون عملیات آبیاری اصولی غیرممکن و بالعکس انجام زراعت شبدر برسیم با استفاده از شرایط مناسب اقلیمی بدون نیاز به آبیاری مقدور می‌باشد. ضریب زهکشی برای زراعت برنج در مناطق مورد بررسی با اعمال مدیریت‌های مطلوب زراعی و آبیاری بطور تقریبی نصف مقدار تراوشات عمقی طبیعی حاصل از بارندگی در دوره زراعت شبدر برسیم می‌باشد.هر چنداین اختلاف می‌تواند بر فواصل زهکش‌های زیرزمینی اثرگذار باشد، ولی چنانچه از زهکشی کنترل شده استفاده شود و همانند زهکشی

برنج، از خروج بیش از حد زهاب جلوگیری شود، در حقیقت، می‌توان ضریب زهکشی برنج و شبدر را به یکدیگر نزدیک کرد. در این صورت، فواصل محاسبه شده برای برنج می‌تواند تا حدود زیادی پاسخگوی نیاز شبدر نیز باشد.

٨- نتیجه‌گیری

محاسبه فاصله زهکش‌های زیرزمینی برای کشت برنج، به تنهایی یا در تناوب با شبدر قبلاً بیان گردید. بدلیل تعدّد عوامل موثر، ارایه راهکارهای مبتنی بر هریک از پارامترها بصورت منفرد و مجرد بسیار دشوار می‌نماید. بدین دلیل لازمست که بر پایه ویژگی‌های فیزیکی و هیدرولیکی خاک‌های مختلف تیپ‌هایی ارائه گردد.
جدول زیراحتیاجات زهکشی زیرزمینی خاک‌های مختلف برمبنای درجه‌بندی نسبی عمق لایه محدودکننده و هدایت هیدرولیکی آنها را نشان می‌دهد.

جدول (١٣)- فاصله مناسب زهکش‌ها برای هدایت هیدرولیک مختلف و لایه محدود کننده متفاوت

ردیف	هدایت هیدرولیکی خاک * (متر در روز)		عمق استقرار لایه محدود کننده در نیمرخ خاک (متر)			
	نام توصیفی	حدود تغییرات	خیلی کم عمق	کم عمق	متوسط	تقریباً عمیق
			≤ ٠/٥	≤١/٠	≤١/٥	≤٢/٠
١	خیلی آهسته	<٠/٠٣٠-٠/٠٧٥	تغییر کاربری اراضی یا عملیات زهکشی خاص	٥/٢٠ [٥/٠]	٧/٢٧ [٨/٠]	٨/٢٠ [١٠/٠]
٢	آهسته	٠/١٢٥-٠/٣٠٥	تغییر کاربری اراضی یا عملیات زهکشی خاص	١٠/٤٥ [١٠/٠]	١٥/١١ (١٥/٠)	١٧/٨٠ (١٥/٠)
٣	تقریباً آهسته	٠/٤٨٥-١/٠٠٠	تغییر کاربری اراضی یا عملیات زهکشی خاص	١٩/٦٦ (٢٠/٠)	٢٩/٠٠ (٣٠/٠)	٣٥/٠٦ (٣٥/٠)
٤	متوسط	١/٥٠٠-٢/٣٠٠	اعمال زیر خاک‌کنی یا عملیات زهکشی خاص	٣١/٧٨ (٣٠/٠)	٤٧/٣٩ (٤٥/٠)	٥٧/٨٥ (٦٠/٠)
٥	تقریباً سریع	٣/٠٥٠-٤/٥٥٠	اعمال زیر خاک کنی یا عملیات زهکشی خاص	٤٥/٩٣ (٤٥/٠)	٦٧/٧ (٦٠/٠)	٨٢/٦٤ (-)
٦	سریع	> ٦/٠٠٠	اعمال زیر خاک کنی یا عملیات زهکشی خاص	٥٧/١٣ (٦٠/٠)	٨٥/٦ (-)	١٠٥/٦٩ (-)

* نام توصیفی بافت خاک‌های ردیف‌های ١ تا ٦ به ترتیب خیلی سنگین (V.H)، سنگین (H)، تقریباً سنگین (M.H)، متوسط (M)، تقریباً سبک (M.L)، سبک (L) و خیلی سبک (V.L) می‌باشد.

** ارقام درون کروشه مانند [٥/٠] و [١٠/٠] فواصل پیشنهادی برای ایجاد مجاری زهکشی (حفره‌های زهکشی زیرزمینی) است.

*** ارقام درون پرانتز مانند (١٥/٠) تا (٦٠/٠) فواصل پیشنهادی برای احداث زهکش‌های زیرزمینی لوله‌ای (مزرعه‌ای) می‌باشد.

**** ارقام درون پرانتز مانند (-) بیانگر عدم نیاز به تعبیه سامانه‌های زهکشی زیرزمینی (مجاری زهکشی یا لوله‌ای) می‌باشد و پیش‌نیاز آن احداث زهکش‌های روباز با عمق کافی است. در شرایط تجهیز و نوسازی اراضی شالیزاری، زهکش‌های جمع‌کننده روباز و یا مدفون (لوله‌ای مشبک با کاربرد مواد پوششی و عمق کافی) می‌تواند، منظور را عملی نمایند.

بررسی مندرجات این جدول امکان ارایه راهکارهای پیشنهادی را بشرح زیر فراهم می‌نماید:

- برای خاک‌هایی که لایه محدود کننده در نیمرخ خاک این اراضی ۰/۵≤ متر از سطح خاک باشد، امکان ایجاد هر نوع سامانه زهکشی زیرزمینی متعارف عملی بنظر نمی‌رسد. اختصاص این قبیل اراضی برای پرورش آبزیان و یاکشت مرتع می‌تواند گزینه مطلوبی تلقی گردد.
- برای خاک‌های با هدایت هیدرولیکی متوسط، تقریباً سریع و سریع و عمق لایه محدود کننده ۰/۵≤ متر از سطح خاک نیز امکان ایجاد هر نوع سامانه زهکشی زیرزمینی متعارف عملی نمی‌باشد. لیکن بدلیل مطلوب بودن هدایت هیدرولیکی این قبیل اراضی در صورت اجرای عملیات زیر خاک کنی می‌توان از این نوع خاک‌ها برای یکبار کشت در سال استفاده نمود.
- در مورد خاک‌های خیلی سنگین و سنگین که عمق لایه محدود کننده آنها به ترتیب ۱/۰ ≤ ، ۱/۵ ≤ و ۲/۰ ≤ متر از سطح خاک مزرعه باشد، احداث مجاری زهکشی (حفره‌های زهکشی زیرزمینی بدون لوله) به فواصل ۱۰-۵ متر می‌تواند راهکاری مناسب و کم هزینه در جهت تعدیل مشکلات زهکشی داخلی محسوب گردد.
- برای خاک‌های سنگین، تقریباً سنگین، متوسط، تقریباً سبک و سبک بافت که عمق لایه محدود کننده آنهابه ترتیب ۱/۵ ≤ و ۲/۰ ≤ متر از سطح خاک مزرعه و جهت خاک‌های تقریباً سنگین، متوسط، تقریباً سبک و سبک برابر ۱/۰≤ ، ۱/۵≤ و ۲/۰≤ متر باشد، تعبیه سامانه زهکشی زیرزمینی به فواصل حداقل ۱۵ و حداکثر ۶۰ متر راهکاری متعارف و مطلوب بشمار می‌رود. لازم به تذکر است که در محل اتصال زهکش‌های زیرزمینی به زهکش‌های جمع کننده (روباز و یا زیرزمینی) حسب ضرورت بایستی نسبت به تعبیه یک عدد چاهک زهکشی کنترل شده اقدام گردد. بدلیل کوتاه بودن طول خطوط لوله‌های زهکشی زیرزمینی ضرورتی در تغییر قطر لوله‌های زهکشی (بصورت تلسکوپی) وجود نخواهد داشت.
- برای خاک‌های تقریباً سبک، سبک و خیلی سبک بافت که ضرایب هدایت هیدرولیکی آن در محدوده‌های تقریباً سریع و سریع و عمق قرار گرفتن لایه محدود کننده آنها به ترتیب ۲/۰ ≤ ، ۱/۵ ≤ و ۲/۰ ≤ متر می‌باشد، ضرورتی به تعبیه سامانه‌های زهکشی زیرزمینی وجود نخواهد داشت.

پیشنهاد و توصیه نهایی: تغییر وضعیت فیزیکی و هیدرولیکی اراضی شالیزاری "سنتی" در گرو اجرای برنامه‌های تجهیز و نوسازی اراضی شالیزاری است. بنابراین بهتر آنست که در حالت‌هایی که ضرورت تعبیه سامانه زهکشی زیرزمینی مسجل می‌گردد، برای هر قطعه زراعی حداقل یک خط زهکش زیرزمینی با ویژگی‌های بیان شده قبلی، برای اجرا در نظر گرفته شود. تنها در این شرایط است که امکان اعمال مدیریت آبیاری و زهکشی برای

هر قطعه زراعی بصورت مستقل فراهم خواهد شد. تجربیات موفق بعضی کشورهای آسیای جنوب شرقی (از جمله کشور ژاپن) مؤید این توصیه و پیشنهاد می‌باشد.

منابع مورد استفاده:

١- برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور، جلد اول (گیاهان زراعی)، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، وزارت کشاورزی (١٣٧٦)، نشر کشاورزی.

٢- پذیرا، ابراهیم و حمید سیادت (١٣٥٦): مدیریت آب در شالیزارها، مؤسسه خاکشناسی و حاصلخیزی خاک، شماره ٥٢٤، وزارت کشاورزی و عمران روستایی- تهران.

٣- پیش‌نویس، ضوابط و مبانی طراحی تجهیز و نوسازی اراضی شالیزاری، جلد سوم، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، وزارت جهاد کشاورزی (١٣٨٦)- تهران.

٤- ضوابط طراحی و تعیین فاصله و عمق زهکش‌های زیرزمینی، نشریه شماره ٣١٩، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، سازمان مدیریت منابع آب ایران، وزارت نیرو (١٣٨٤)- تهران.

٥- کولائیان، نجمه (١٣٨٦): بررسیهای زهکشی، اصلاح و بهسازی خاک و اراضی شالیزاری (مطالعه موردی استان مازندران)، پایان نامه کارشناسی ارشد رشته خاکشناسی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی- تهران.

٦- مبانی و ضوابط طراحی تجهیز و نوسازی اراضی خشکه‌زاری (آبیاری ثقلی)، جلد سوم زهکشی، نشریه شماره ٣-٣٤٦، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، وزارت جهاد کشاورزی (١٣٨٥)- تهران.

7- CIGR, Handbook of Agricultural Engineering (1999): Vol. 1, Land and Water Engineering, ASAE.

8- Drainage Manual (1978): A, Water Resources Technical Publication, U.S, Dept of Interior, Bureau of Reclamation.

9- Journal of Irrigation Engineering and Rural Planing (1989): Japanese Irrigation Technology of Today. No. 16, JSIDRE.

10-Nakagawa. S. et al (1983): Advanced Rice Cultivation, Irrigation and Drainage Technology in Japan. Fuji Marketing Research Co. Ltd.

11-National Engineering Handbook (NEH), (1971): Soil Conservation Service,

Section 16, Drainage of Agricultural Land. U.S. Dept of Agriculture, Washington. D.C.

12-Ogino, Y and Kazuo Murashima (1992): Planning and Design of Subsurface Drainage for Paddies in Japan, ICID CIID, IWASRI, Lahore. Pakistan.

13-Planning and Design Criteria for Land Improvement Projects (1979): Subsurface Drainage, Ministry of Agriculture, Forestry, and Fisheries. The Japanese Society of Irrigation, Drainage, and Reclamation Engineering.

14-Ritzema. H.P (Editor in chief) (1994): Drainage Principles and Application, ILRI Publication No. 16, 2 th Ed.

15-Schwab, G.O, Fangmeier, D.D et, al (1993): Soil and Water Conservation Engineering, 4th Ed, John Wiley & Sons, Inc.

16-Skaggs, R.W and J. van Schilfgaarde (Editors) (1999): Agricultural Drainage, ASA, Monograph, No. 38.

17-van der Molen, W. H, Martinez Beltran, j and W.j. Ochs (2007): Guidelines and Computer Programs for the Planning and Design of Land Drainage Systems, Irrigation and Drainage Paper, No. 62, FAO, Rome.

18-Water Management (Drainage), Chapter 14 (2001): Part 650 Engineering Field Handbook, NEH, NRCS, U.S. Dept of Agriculture, U.S.A.

19-Yamazaki, F. (Translated by M. Mizutani, et. al.), (1988): Paddy Field Engineering, Asian Institute of Technology, Thailand.

20-Yukawa, K.and Y, Inoue (1979): Irrigation Water Management, No.12, UIATC, JICA.