بررسی اثرات کدورت آب آبیاری بر برخی خصوصیات فیزیکی و هیدرولیکی خاک

نادر سلامتی[۱] و هادی معاضد[۲]

چکیده

کدورت آب اولین خصوصیت فیزیکی مهم آب است که علت آن ورود مواد معلق و کلوئیدی می‌باشد. هدف از این پژوهش بررسی اثرات کدورت، زمان آبیاری و بافت خاک بر سرعت نفوذپذیری خاک، بررسی اثرات کدورت و زمان آبیاری، بدون در نظر گرفتن قطعات و با درنظر گرفتن آن‌ها بر هدایت هیدرولیکی اشباع و تخلخل خاک و در نهایت بررسی اثرات کدورت، زمان و قطعات خاک‌های بریده شده بر هدایت هیدرولیکی اشباع و تخلخل خاک می‌باشد. در این پژوهش برای اندازه‌گیری ضریب هدایت هیدرولیکی اشباع از روش بارافتان استفاده گردید. جهت انجام این پژوهش ۳ نوع خاک با بافت سبک، متوسط و سنگین در قالب یک طرح آماری فاکتوریل با پایه کاملاً تصادفی و با چهار تکرار در دو دوره آبیاری آماده شد. آبیاری نمونه‌های خاک با دور آبیاری هفت روزه و با چهار نوع آب با کدورت‌های صفر، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ NTU انجام گردید. در تمامی تیمارها، نفوذپذیری، ضریب هدایت هیدرولیکی اشباع و تخلخل اندازه‌گیری شد. ذرات رس همراه با مواد معلق و کلوییدی کاهش سرعت نفوذپذیری و هدایت هیدرولیکی اشباع را به‌همراه داشت. در این پژوهش برخلاف حالت معمول در خاک‌های با بافت‌های متفاوت، هدایت هیدرولیکی اشباع قطعه پایین از قطعه وسط بیشتر بود. این موضوع به‌دلیل پر شدن منافذ قطعات بالایی و عدم نفوذ مواد معلق و کلوییدی به قطعه زیرین بود. هم-چنین افزایش سرعت خروج آب در قطعه پایین که به‌دلیل وجود زهکش طبیعی در زیر این قسمت رخ داد، می‌تواند دلیل دیگری برای این موضوع باشد.

واژه‌های کلیدی: کدورت آب، نفوذپذیری، تخلخل، زمان آبیاری، هدایت هیدرولیکی اشباع

۱ و ۲. به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استادیار گروه آبیاری، دانشکده مهندسی غلوم آب، دانشگاه شهید چمران، اهواز

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

یکی از ویژگی‌های اقلیمی مناطق خشک و نیمه خشک، علاوه بر کمی نزولات جوی، نزول بارش‌هایی با شدت نسبتاً زیاد در مدتی کوتاه می‌باشد که منجر به وقوع سیلاب‌هایی حجیم می‌گردد. از آن‌جا که این سیلاب‌ها عمدتاً در فصل غیر زراعی اتفاق می‌افتد، بدون استفاده از دسترس خارج شده و حتی گاهی موجب بروز خسارات جانی و مالی نیز می‌گردد. آب با سرعت از بسیاری منابع عبور کرده و در مسیر خود مواد معلق را نیز با خود حمل می‌کند. مواد معلق حمل شده با این سیلاب‌ها به دریاچه‌ها می‌ریزند. مواد معلق حمل شده معمولاً دارای ذرات گیاهی با قطر کمتر از ۰/۵ میلی‌متر می‌باشند. هم‌چنین این مواد معلق شامل ذرات ریزی هستند که حاصل فرسایش بوده و عمدتاً ذرات سیلت و رس می‌باشند. مواد معلق و کلوئیدی همراه این آب، عامل تولید کدورت آب هستند. در این پژوهش اثر کدورت آب آبیاری بر خصوصیات فیزیکی و هیدرولیکی خاک از جمله نفوذپذیری، هدایت هیدرولیکی اشباع و تخلخل خاک مورد بررسی قرار گرفت. پیش‌بینی شدت نفوذ آب درخاک یکی از عوامل مهم برای طراحی، مدیریت و اجرای آبیاری مزارع می‌باشد. سرعت نفوذ در ابتدا زیاد بوده و با گذشت زمان کاهش یافته و بالاخره به مقدار ثابتی که در یک خاک همگن مساوی ضریب آب گذری اشباع است، تنزل می‌یابد. ضریب هیدرولیکی در خاک تابع خصوصیات هیدرولیکی سیال و نفوذپذیری خاک می‌باشد. خصوصیات هیدرولیکی سیال (آب) شامل گرانروی و وزن حجمی آب است. با افزایش وزن حجمی آب و کاهش گرانروی ضریب هیدرولیکی آب در خاک افزایش می‌یابد. روش مورد استفاده در این پژوهش اندازه‌گیری ضریب هدایت هیدرولیکی با بارافتان است. تخلخل خاک بیان‌گر مقدار فضای منافذ خاک می‌باشد. به لحاظ کمی، تخلخل بر حسب نسبت حجم فضای منافذ خاک به حجم کل خاک توصیف می‌شود. مواد معلق و کلوییدی همراه روان‌آب‌ها با پر کردن مجاری و خلل و فرج لایه سطحی خاک، نفوذپذیری این لایه را کاهش داده و نیز با پرکردن مجاری و خلل و فرج موثر خاک هم‌چنین موجب کاهش تخلخل و ضریب هدایت هیدرولیکی اشباع خاک می‌گردند. موادی که سطح کدورت آب را بالا می‌برند شامل مواد معلق سیلتی یا ذرات خاک، فیتوپلانکتون‌ها و زئوپلانکتون‌ها و ذرات باقی‌مانده گیاهی می‌باشند. روان‌آب‌های طبیعی، امواج حاصل ازسیلاب‌ها، امواج برخورد کننده و تغییرات فصلی از جمله عوامل طبیعی تولیدکننده کدورت آب می‌باشند.

بصیرپور و همکاران (۱۳۷۷) تغییرات نفوذپذیری و ضریب هدایت هیدرولیکی خاک در اثر مواد معلق موجود درآب و اثرات آن درتغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی را مورد بررسی قرار دادند. جریان‌های سطحی که به‌منظور تغذیه مصنوعی سفره‌های آب زیرزمینی به‌کار برده می‌شوند، عموماً حاوی ذرات معلق زیادی است. این ذرات همراه با آب وارد تاسیسات تغذیه مصنوعی شده و در اثر ته‌نشینی آن یک لایه سخت و کم‌نفوذ در سطح خاک تشکیل می‌گردد. مشکل عمده‌ی تمام طرح‌های تغذیه‌ی مصنوعی، گرفتگی لایه‌های عمقی خاک بستر تغذیه بوده که با ورود ذرات ریز در عمق خاک عمل مسدود شدگی عمق رخ می‌دهد. ذرات رس وارد شده به اعماق خاک تشکیل لایه‌ی ضخیم و با نفوذ‌پذیری کم را در عمق خاک داده و بعد از چند آب‌گیری حوضچه‌ی تغذیه، ذرات ریز رس آماس یافته و عملا باعث نفوذناپذیری بستر تغذیه شده و در طولانی مدت باعث کاهش شدید عمر طرح تغذیه خواهند شد. لذا کاربرد مالچها باعث می‌گردد که ذرات در لایه‌های بالایی خاک بستر قرار گرفته و هم‌چنین مانع جلوگیری حرکت ذرات به اعماق خاک می‌شود.

ابوشرر و سالامه (۱۹۹۵) نشان دادند در موقع استفاده از آب آبیاری همراه با مواد معلق زیاد، مثل آب رودخانه بعد از بارندگی سرعت نفوذ آب در ستون ماسه‌ای دو برابر سرعت نفوذ آبی است که مخلوط با مواد معلق می‌باشد. آن‌ها هم‌چنین نشان دادند که در موقع آبیاری مزارع با آب دارای کدورت بالا همانند روان‌آب‌های کدر که حاصل مواد حمل شده همانند ذرات رس با آب باران می‌باشند، هدایت هیدرولیکی خاک و سرعت نفوذپذیری آب درخاک کاهش پیدا می‌کند. آزمایش‌های فونچ و همکاران (۱۹۹۷) مشخص کرد که مهم‌ترین عامل نفوذپذیری آب در خاک مقدار رس و در نتیجه کدورت موجود در آب است. آن‌ها هم‌چنین نشان دادند

Archive of SID

www.SID.ir

که بالا رفتن سطح خسارت ذرات معلق در آب‌های سطحی نتیجه بالا رفتن سطح کدورت آب آبیاری است. این مطالعه ارتباط بین نوع خاک و میزان کدورت آب را نشان می‌دهد. برای کنترل فرسایش خاک باید از خسارت وارده توسط ذرات معلق و کدورت آب و ارتباط بین آن‌ها استفاده کرد. با مدلیزه‌کردن این ارتباط می‌توان فرسایش خاک را کنترل کرد. کریستوف هینز و گراهام (۲۰۰۱) در پژوهش‌های خود به این نتیجه رسیدند که مواد معلق کوچک‌تر از ۰/۲ میلی‌متر و مواد کربنی قابل حل کوچک‌تر از ۰/۱ میلی‌متر در یک خاک ماسه‌ای، بالاترین سرعت نفوذ را در خاک در طول تجمع سیلاب دارند. سکی و همکاران (۲۰۰۳) در پایان آزمایش‌های خود تغییرات هدایت هیدرولیکی و کاهش نسبت (K/K_o) (نسبت هدایت هیدرولیکی اشباع به هدایت هیدرولیکی مرجع) با زمان را در اثر کدورت آب آبیاری ثبت کردند. آن‌ها هم‌چنین نشان دادند که کاهش نسبت (K/K_o) مربوط به میزان کاهش فضاهای متخلخل خاک می‌باشد که در طول آب‌شویی توسط ذرات رس این کار انجام شد. باتلر و کارونراتون (۱۹۹۵) نشان دادند که در لایه‌های سطحی که تحت تاثیر روان‌آب‌ها قرار می‌گیرند، با پر شدن مجاری و فضاهای خالی خاک، هدایت هیدرولیکی اشباع کاهش یافت. بررسی اثرات کدورت آب آبیاری، مدت زمان آبیاری و نوع بافت خاک بر سرعت نفوذپذیری نهایی خاک، هدایت هیدرولیکی اشباع و تخلخل خاک (بدون لحاظ قطعه و با درنظر گرفتن آن) می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال‌های ۱۳۸۴ و ۱۳۸۵ در آزمایشگاه‌های دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز اجرا گردید. تعداد ۴۸ عدد لوله پولیکا (PVC) با قطر ۱۰ و ارتفاع ۱۲۰ سانتی‌متر تهیه شد و ۳ نوع خاک با بافت‌های سبک، متوسط و سنگین مورد استفاده قرار گرفت. برای تعیین نوع بافت خاک از روش هیدرومتری بهره‌گیری شد (جدول ۱). پژوهش فوق به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و با تکرار در دو دوره آبیاری (جمعاً ۴ تکرار) اجرا گردید (شکل ۱). هر ۳ نوع خاک از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد، انتهای لوله‌های پولیکا توسط پارچه ململ (پارچه‌ای که به آب اجازه عبور می‌دهد ولی مانع از عبور ذرات خاک می‌گردد) مسدود گردید. برای رعایت تخلخل خاک قرارگرفته در لوله‌ها، ابتدا برای هر لوله تا ارتفاع ۳۰ سانتی‌متری، خاک ریخته و سپس خاک موجود در لوله برگردانده شده و خاک مزبور وزن گردید. برای هر ۳ نوع خاک این عمل انجام شد و وزن خاک‌های توزین شده به‌ترتیب زیر به‌دست آمد. وزن ۳۰ سانتی‌متر خاک موجود در لوله پولیکا با بافت‌های مختلف به‌ترتیب زیر است:

بافت سبک (ماسه بادی) = ۳۸۸۰/۹ گرم

بافت متوسط = ۳۲۰۶/۱ گرم

بافت سنگین(خاک رس) = ۳۱۲۸ گرم

وزن‌های فوق برای بافت‌های مختلف و قطعات مورد نظر در لوله‌های PVC مزبور رعایت شد. در آزمایشگاه کیفیت آب دانشکده مهندسی علوم آب، برای ایجاد سطوح مختلف کدورت در آب آبیاری خاک سنگین از الک ۲ میلی‌متری (شماره۱۰) عبور داده شد. سپس چندین نمونه با وزن‌های مختلف آماده گردید. هر یک از نمونه خاک‌های تهیه شده، در یک لیتر آب به مدت یک دقیقه به هم زده‌شد تا به‌صورت محلول درآمد، مدت ۳ دقیقه بعد از هم زدن، نمونه‌ها در حالت سکون قرار داده شد. در این مدت مواد سنگین از جمله شن موجود در خاک ته نشین گردید. سپس از محلول تهیه شده مزبور (بدون مواد ته نشین شونده)، نمونه گرفته و با دستگاه کدورت سنج کدورت محلول قرائت گردید. این کار برای نمونه‌های زیادی تکرار و در نهایت کدورت‌های مورد نیاز برای آبیاری نمونه ها به‌ترتیب زیر تهیه شد. مقدار خاک مورد نیاز برای تهیه هر لیتر تعلیق آب و خاک با کدورت‌های ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ NTU[1] به‌ترتیب ۸، ۱۳ و ۱۸ گرم به‌دست آمد.

1. NTU=Number Turbidity Unit

Archive of SID

www.SID.ir

جدول شماره ۱: درصدشن و سیلت و رس سه نوع خاک مورد آزمایش

بافت خاک	درصد شن	درصد سیلت	درصد رس	نوع بافت خاک
سبک	۶۹	۲۷	۴	S.L
متوسط	۵۹	۱۷	۲۴	S.C.L
سنگین	۴۵	۱۴	۴۱	S.C

برای اندازه‌گیری درصد رطوبت ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی نمونه‌ها از دستگاه غشاء فشاری (پرژر ممبران) استفاده شد (جدول ۲).

$$d_n = (M.\ A.\ D)(FC - PWP) \times \frac{Z}{1000} \quad (۱)$$

$$f = d_n / ET \quad (۲)$$

جدول شماره ۲: درصد رطوبت وزنی ظرفیت زراعی، نقطه پژمردگی خاک‌های موردآزمایش

نوع خاک	درصد رطوبت وزنی (F.C)	درصد رطوبت وزنی (P.WP)
بافت سبک (S.L)	۳/۹۶	۲/۶
بافت متوسط (S.C.L)	۱۰	۶/۴۳
بافت سنگین (S.C)	۲۶	۱۳/۰۳

حجم آب آبیاری مورد نیاز جهت آبیاری لوله‌ها از حاصل‌ضرب سطح مقطع لوله‌های پولیکا در عمق خالص آب آبیاری به‌دست آمد.

$$V = d_n \times \frac{A}{10000} \quad (۳)$$

$$V = f \times ET \times A \quad (۴)$$

دورآبیاری بر اساس جدول شماره (۳)، درماه‌های مختلف سال و در بافت‌های مختلف از ۱ روز تا ۳۴ روز تغییر می‌کند. لذا به‌طور قراردادی و براساس دور آبیاری محصول گندم در منطقه خوزستان دور آبیاری انتخابی ۷ روز در نظر گرفته شد.

$$V = f' \times ET \times A / 1000 \quad (۵)$$

d_n = عمق خالص آب آبیاری (mm)

f' = دورآبیاری انتخابی (day)

f = حداکثردورآبیاری (day)

V = حجم آب آبیاری موردنیاز(Lit)

ET = تبخیروتعرق روزانه (mm/day)

A = سطح مقطع لوله(cm^2)

عمق خالص آب آبیاری و حجم مورد نظر آب آبیاری، براساس اطلاعات قبلی و اطلاعات ایستگاه هواشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز تعیین گردید (جدول شماره ۳).

در قطعه بریده شده A در تمام لوله‌ها ابتدا اندازه‌گیری نفوذپذیری سپس ضریب هدایت هیدرولیکی اشباع و سرانجام اندازه‌گیری تخلخل صورت گرفت. درمقاطع بریده شده B و C درتمام لوله‌ها، ابتدا اندازه-گیری ضریب هدایت هیدرولیکی اشباع و سپس اندازه-گیری تخلخل انجام شد (شکل ۲).

اندازه‌گیری نفوذپذیری

نفوذپذیری خاک قطعه A در لوله‌ها با استفاده ازروش گرین‌آمپت اندازه‌گیری گردید. از دلایل استفاده از این معادله را می‌توان به پیش‌بینی شکل منحنی نفوذ و تغییرات آن اشاره کرد. هم‌چنین شدت نفوذ در این معادله متناسب با $t^{-.5}$ است

$$V = A \times h \quad (۶)$$

$V = ۷۸/۵۴ \times ۱۰ = ۷۸۵/۴\ cm^۳$

A = سطح مقطع لوله های پولیکا ($cm^۲$)

V = حجم آب مورد نیاز جهت انجام آزمایش نفوذپذیری ($cm^۳$)، h= ارتفاع آب مورد نیاز (cm)

در این پژوهش ارتفاع آب ۱۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد.

Archive of SID

www.SID.ir

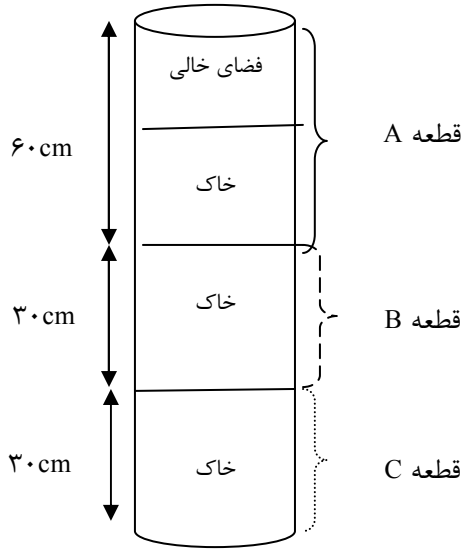
جدول ۳: عمق خالص آب آبیاری مورد نیاز

ماه	تبخیر (میلی‌متردرروز)	بافت سبک (S.L)				بافت متوسط (S.C.L)				بافت سنگین (S.C)			
	ET	d_n	f	f'	V	d_n	f	f'	V	d_n	f	f'	V
آبان	۴/۴	۷	۲	۷	۰/۲	۱۸	۴	۷	۰/۲	۶۴	۱۵	۷	۰/۲
آذر	۳/۱	۷	۲	۷	۰/۲	۱۸	۶	۷	۰/۲	۶۴	۲۰	۷	۰/۲
دی	۱/۹	۷	۴	۷	۰/۱	۱۸	۹	۷	۰/۱	۶۴	۳۴	۷	۰/۱
بهمن	۲/۹	۷	۲	۷	۰/۲	۱۸	۶	۷	۰/۲	۶۴	۲۲	۷	۰/۲
اسفند	۴/۸	۷	۱	۷	۰/۳	۱۸	۳	۷	۰/۳	۶۴	۱۳	۷	۰/۳
فروردین	۵/۹	۷	۱	۷	۰/۳	۱۸	۳	۷	۰/۳	۶۴	۱۱	۷	۰/۳
اردیبهشت	۹/۵	۷	۱	۷	۰/۵	۱۸	۲	۷	۰/۵	۶۴	۷	۷	۰/۵
خرداد	۱۱/۷	۷	۱	۷	۰/۶	۱۸	۱	۷	۰/۶	۶۴	۶	۷	۰/۶

f=حداکثر دور آبیاری (day)، V = حجم آب آبیاری مورد نیاز (Lit)، ET = تبخیر و تعرق روزانه (mm/day)، d_n =عمق خالص آب آبیاری (mm)
f' = دور آبیاری انتخاب (day)، A = سطح مقطع لوله (cm^2)

آبیاری با آب لوله کشی شهر (نمونه شاهد) NTU صفر = کدورت			آبیاری با آب با کدورت کم ۱۰۰۰NTU = کدورت			آبیاری با آب با کدورت متوسط ۲۰۰۰ NTU = کدورت			آبیاری با آب با کدورت زیاد ۳۰۰۰NTU = کدورت			
سبک	متوسط	سنگین	سبک	متوسط	سنگین	سبک	متوسط	سنگین	سبک	متوسط	سنگین	
۴	۸	۱۲	۱۶	۲۰	۲۴	۲۸	۳۲	۳۶	۴۰	۴۴	۴۸	
۳	۷	۱۱	۱۵	۱۹	۲۳	۲۷	۳۱	۳۵	۳۹	۴۳	۴۷	چهار تکرار
۲	۶	۱۰	۱۴	۱۸	۲۲	۲۶	۳۰	۳۴	۳۸	۴۲	۴۶	
۱	۵	۹	۱۳	۱۷	۲۱	۲۵	۲۹	۳۳	۳۷	۴۱	۴۵	

شکل ۱: آرایش و شماره گذاری لوله‌های محتوی سه نوع خاک مورد استفاده



شکل ۲: نمای شماتیک لوله‌های پولیکا (PVC) در آزمایشگاه دانشکده مهندسی علوم آب

سطح مقطع لوله‌های پولیکا درهمه لوله‌ها با هم برابر است. حجم مساوی از آب برای هر سه نوع خاک و تمامی لوله‌ها به‌صورت زیر تعیین گردید. اگر مقدار عمق آب نفوذ یافته در زمان t_o برابر i_o و زمان t برابر i_t باشد، متوسط سرعت نفوذ برابر است با:

$$\text{سرعت نفوذ} = \frac{\text{مقدار نفوذ}}{\text{فاصله زمانی}}$$

$$V = \frac{i_t - i_0}{t - t_0} \qquad (۷)$$

در عمل معادله گرین – آمپت به‌صورت ساده زیر ارائه و اجزای آن تخمین زده می‌شود.

$$f = \frac{A}{F} + B \qquad (۸)$$

در این فرمول: f = سرعت نفوذ (cm/hr)
F= مقدار نفوذ تجمعی (cm)

Archive of SID

www.SID.ir

A و B - ضرایبی هستند که از روی آزمایش نفوذ به‌دست می‌آیند.

اندازه‌گیری ضریب هدایت هیدرولیکی اشباع

در مورد اندازه‌گیری ضریب هدایت هیدرولیکی اشباع خاک به روش بار افتان عملاً امکان جابه‌جایی خاک از لوله پولیکا به سیلندر مورد نظر در این آزمایش غیرممکن بود. چون قطرلو له‌های پولیکا مساوی قطر سیلندرهای مورد نظر در آزمایش بار افتان بود (۱۰ سانتی‌متر). لذا می‌بایستی ارتفاع قطعات بریده شده لوله‌ها مساوی ارتفاع سیلندر مورد نظر آزمایش بار افتان ۳۰ سانتی‌متر C و B، A شود. چون ارتفاع همه قطعات بود. به‌همین دلیل از بالا و پایین هر قطعه یک برش ۵/۵ سانتی‌متری جدا گردید. به‌طوری‌که درنهایت ارتفاع قطعه آماده شده جهت انجام آزمایش بار افتان به ۱۹ سانتی‌متر رسید. این ارتفاع معادل ارتفاع سیلندر آزمایش بار افتان بود. پس از آب‌بندی لوله‌های مزبور با قطعات لاستیکی بریده شده، لوله‌ها آماده انجام آزمایش فوق شد. با توجه به تعداد ۴۸ عدد لوله پولیکا مورد استفاده در این پژوهش و تقسیم هر لوله به سه قطعه، در مجموع تعداد یکصد و چهل و چهار (۱۴۴ = ۳ × ۴۸) محاسبه شد. ازاین ۱۴۴عدد در تجزیه و Kمقدار برای تحلیل آماری نتایج ضریب هدایت هیدرولیکی اشباع استفاده گردید. در این SPSSتوسط نرم‌افزار آماری ۱۴ آزمایش از فرمول زیر جهت محاسبه ضریب هدایت هیدرولیکی اشباع درآزمایشگاه استفاده شد.

$$K = \frac{d_t^{\,2} \times L}{d_c^{\,2} \times T} \log \frac{h_o}{h} \qquad (۹)$$

L-ارتفاع ستون خاک اشباع در لوله مورد آزمایش (cm)

d_t-قطر لوله (تیوب)(cm)، d_c- قطر لوله (سیلندر)(cm)،

h_o - ارتفاع اولیه آب در لوله (cm)

h - ارتفاع آب در لوله پس از زمان t (cm)

T - اختلاف زمان افت سطح آب در لوله متصل به نمونه اشباع خاک (min)

برای زمان‌های مختلف Kهای مختلفی به‌دست آمد که با میانگین‌گیری از این Kها ضریب هدایت هیدرولیکی اشباع خاک در مقاطع A، B و C به‌دست آمد.

$$K = \frac{K1 + K2 + K3 + \cdots}{n} \qquad (۱۰)$$

K - متوسط ضریب هدایت هیدرولیکی برای هر قطعه

n - تعدادKهای اندزه‌گیری شده هر قطعه

با توجه به این‌که نمونه مورد استفاده برای اندازه‌گیری ضریب هدایت هیدرولیکی اشباع کاملا اشباع بود، بعد از انجام آزمایش ضریب هدایت هیدرولیکی از نمونه مزبور در ظرف‌های استوانه‌ای جهت اندازه‌گیری تخلخل خاک استفاده شد. هر ظرف خشک، قبل از این‌که از نمونه اشباع خاک پر شود، توسط ترازوی با دقت ۰/۰۱ گرم وزن گردید و از نمونه اشباع خاک پر شد. مجدداً وزن ظرف پر از خاک اشباع توسط ترازوی مزبور مشخص گردید. سپس ظرف پر از خاک اشباع در دستگاه آون به مدت ۲۴ ساعت و تحت حرارت ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد قرارداده شد. پس از۲۴ ساعت این نمونه کاملاً خشک گردیده و تمام رطوبت خود را از دست داد. با توجه به تعداد ۴۸ عدد لوله پولیکا مورد استفاده در این آزمایش و تقسیم هر لوله به سه قطعه، در مجموع (۱۴۴ = ۳ × ۴۸) تعداد یکصد و چهل و چهار مقدار برای تخلخل محاسبه شد. این ۱۴۴ مقدار تخلخل ثبت شده توسط نرم افزار آماری SPSS ۱۴ در تجزیه و تحلیل آماری نتایج تخلخل، استفاده شد. تخلخل نسبت حجم فضای منافذخاک (V_f) به حجم کل خاک (V_t) می‌باشد.

$$f = \frac{V_f}{V_t} \times ۱۰۰ = \frac{(V_a + V_w)}{(V_s + V_a + V_w)} \times ۱۰۰ \qquad (۱۱)$$

f - تخلخل خاک (٪)، V_s - حجم ذرات جامد (cm^3)

V_w - حجم آب (cm^3) ، V_a - حجم هوا (cm^3)

V_f - حجم منافذ خاک (cm^3)

V_t - حجم کل خاک (cm^3)

نتایج

اثر عوامل زمان و کدورت و خاک بر سرعت نفوذپذیری نهایی خاک

چنان‌چه در جدول شماره (۴) مشاهده می‌شود اثر عوامل زمان، کدورت و خاک و اثر متقابل (خاک ×زمان) و (خاک × کدورت) بر سرعت نفوذپذیری نهایی خاک در سطح ۱ درصد ($p<۰/۰۱$) معنی‌دار می‌باشند.

اثرات کدورت ، زمان و خاک بـر هـدایت هیـدرولیکی اشباع خاک

اثرات مذکور را از سه جنبه می‌توان مورد تجزیه و تحلیل قرار داد:

۱–اثرکدورت، زمان و خاک (بدون در نظرگرفتن قطعـه) بر هدایت هیدرولیکی اشباع خاک (جدول شماره ۵).

۲–اثر کدورت، زمان و خاک (با در نظر گرفتن قطعه) بـر هدایت هیدرولیکی اشباع خاک (جدول شماره ۶).

۳–اثر کدورت، زمان و سه قطعه (بدون درنظرگرفتن نوع بافت خاک) بر هدایت هیدرولیکی اشباع خـاک (جـدول شماره ۷).

جدول ۴: تجزیه واریانس سرعت نفوذپذیری نهایی آب در خاک‌های با بافت مختلف

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
زمان	۱	۲/۶۰۷**
کدورت	۳	۷۶/۶۷۴**
خاک	۲	۹۴۹/۳۱۰**
زمان × کدورت	۳	۰/۲۵۷^{ns}
زمان × خاک	۲	۱/۱۶۴**
کدورت × خاک	۶	۴۸/۷۴۹**
زمان × کدورت × خاک	۶	۰/۲۴۳^{ns}
خطا	۲۴	۰/۱۲۴
کل	۴۸	

**: معنی‌دار در سطح ۱ درصد، * معنی‌دار در سطح ۵ درصد
ns : غیر معنی‌دار

جدول ۵: تجزیه واریانس ضریب هدایت هیدرولیکی اشباع خاک (بدون در نظر گرفتن قطعه)

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
زمان	۱	۶/۳۵۴**
کدورت	۳	۳/۸۴۱**
خاک	۲	۱۵۱/۶۱۸**
زمان × کدورت	۳	۰/۶۴۰^{ns}
زمان × خاک	۲	۶/۲۰۳**
کدورت × خاک	۶	۲/۵۹۶**
زمان × کدورت × خاک	۶	۰/۶۷۲^{ns}
خطا	۱۲۰	۰/۷۰۵
کل	۱۴۴	

**: معنی‌دار در سطح ۱ درصد، * معنی‌دار در سطح ۵ درصد
ns : غیر معنی‌دار

جدول ۶: تجزیه واریانس ضریب هدایت هیدرولیکی اشباع خاک (با در نظر گرفتن قطعه)

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
زمان	۱	۶/۳۵۴**
کدورت	۳	۳/۸۴۱**
خاک	۸	۴۴/۳۲۵**
کدورت× زمان	۳	۰/۶۴۰^{ns}
خاک× زمان	۸	۱/۶۹۹**
خاک× کدورت	۲۴	۰/۸۰۳*
خاک × زمان × کدورت	۲۴	۰/۲۴۱^{ns}
خطا	۷۲	۰/۳۶۹
کل	۱۴۴	

**: معنی‌دار در سطح ۱ درصد، * معنی‌دار در سطح ۵ درصد
ns : غیر معنی‌دار

جدول ۷: تجزیه واریانس ضریب هدایت هیدرولیکی اشباع قطعه (بدون در نظر گرفتن بافت خاک)

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
زمان	۱	۶/۳۵۴^{ns}
کدورت	۳	۳/۸۴۱^{ns}
قطعه	۲	۹/۷۷۲^{ns}
کدورت × زمان	۳	۰/۶۴۰^{ns}
قطعه× زمان	۲	۰/۱۵۶^{ns}
قطعه× کدورت	۶	۰/۲۱۶^{ns}
قطعه × کدورت × خاک	۶	۰/۰۹۵^{ns}
خطا	۱۲۰	۳/۳۱۷
کل	۱۴۴	

**: معنی‌دار در سطح ۱ درصد، * معنی‌دار در سطح ۵ درصد
ns : غیر معنی‌دار

اثرات کدورت، زمان و خاک بر تخلخل خاک

اثرات مذکور را از سه جنبه می‌توان مورد تجزیه و تحلیل قرار داد:

۱–اثر کدورت، زمان و خاک (بدون در نظر گرفتن قطعه) بر تخلخل خاک (جدول شماره ۸).

۲–اثرکدورت، زمان و خاک (با در نظر گرفتن قطعـه) بـر تخلخل خاک (جدول شماره ۹).

۳–اثر کدورت، زمان و قطعات (بدون در نظر گرفتن نـوع بافت خاک) بر تخلخل خاک (جدول شماره ۱۰).

www.SID.ir

جدول ۸: تجزیه واریانس تخلخل خاک (بدون در نظر گرفتن قطعه)

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
زمان	۱	۵/۱۹۹*
کدورت	۳	۱۶۶/۱۹۸**
خاک	۲	۴۷۶۱/۱۴۲**
کدورت× زمان	۳	۰/۹۷۳ns
خاک× زمان	۲	۱/۵۶۰ ns
خاک× کدورت	۶	۴/۷۹۹*
خاک × زمان × کدورت	۶	۲/۰۸۶ ns
خطا	۱۲۰	۱/۶۱۸
کل	۱۴۴	

**: معنی‌دار در سطح ۱ درصد، * معنی‌دار در سطح ۵ درصد
ns : غیر معنی‌دار

جدول ۹: تجزیه واریانس تخلخل خاک (با در نظر گرفتن قطعه)

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
زمان	۱	۵/۱۹۹*
کدورت	۳	۱۶۶/۱۹۸**
خاک	۸	۱۲۰۲/۸۳۶**
کدورت× زمان	۳	۰/۹۷۳ns
خاک× زمان	۸	۰/۹۸۷*
خاک× کدورت	۲۴	۳/۲۴۴**
خاک × زمان × کدورت	۲۴	۰/۹۸۹*
خطا	۷۲	۰/۳۹۹
کل	۱۴۴	

**: معنی‌دار در سطح ۱ درصد، * معنی‌دار در سطح ۵ درصد
ns : غیر معنی‌دار

جدول ۱۰: تجزیه واریانس تخلخل قطعه (بدون در نظر گرفتن بافت خاک)

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
زمان	۱	۵/۱۹۹ ns
کدورت	۳	۱۶۶/۱۹۸ ns
قطعه	۲	۴۶/۱۸۷ ns
کدورت × زمان	۳	۰/۹۷۳ns
قطعه× زمان	۲	۲/۲۶۸ ns
قطعه× کدورت	۶	۳/۹۳۴ ns
قطعه × کدورت × خاک	۶	۱/۶۳۵ns
خطا	۱۲۰	۸۰/۲۵۵
کل	۱۴۴	

**: معنی‌دار در سطح ۱ درصد، * معنی‌دار در سطح ۵ درصد
ns : غیر معنی‌دار

بحث و نتیجه‌گیری

با افزایش کدورت آب آبیاری سرعت نفوذپذیری کاهش بیشتری پیدا کرد. این امر ناشی از ذرات معلق و کلوییدی حمل شده با آب آبیاری و جایگزین شدن آن‌ها در خلل و فرج ریز خاک بود. به‌طوری‌که کدورت ۳۰۰۰ آب آبیاری میزان نفوذپذیری را بیش ازهمه کاهش داد. بیشترین سرعت نفوذپذیری در کدورت صفر مشاهده شد.

سرعت نفوذپذیری آب، درخاک با بافت سبک بیشتر از دو نوع دیگر خاک بود. این امر به‌علت تخلخل موثر که همان تعداد خلل و منافذ درشت خاک می‌باشد، رخ داد. با افزایش مدت زمان آبیاری سرعت نفوذپذی آب در خاک کاهش پیدا کرد. این امر ناشی از پرشدن مجاری و خلل و فرج خاک با مواد معلق و کلوئیدی همراه آب آبیاری بود.

هر چه بافت خاک سنگین‌تر شده، هدایت هیدرولیکی اشباع خاک کاهش بیشتری داشت. این موضوع به‌دلیل کاهش تعداد خلل و فرج و منافذ موثر خاک بود. بیشترین هدایت هیدرولیکی درخاک سبک و کمترین میزان هدایت هیدرولیکی اشباع در خاک سنگین مشاهده گردید.

با افزایش مدت زمان آبیاری، هدایت هیدرولیکی اشباع خاک کاهش بیشتری پیدا نمود. این امر ناشی از پر شدن مجاری و منافذ خاک، از مواد معلق و کلوییدی همراه آب آبیاری می‌باشد. دلیل این موضوع پر شدن مجاری و منافذ خاک از مواد معلق و کلوییدی همراه آب آبیاری بود. با افزایش کدورت آب آبیاری تخلخل خاک کاهش یافت. این امر ناشی از پر شدن مجاری موثر خاک بود. بیشترین میزان کاهش تخلخل، در کدورت ۳۰۰۰ و کم‌ترین درکدورت صفر مشاهده گردید.

معمولا درخاک‌های با بافت‌های مختلف، مقاطع پایین خاک هدایت هیدرولیکی کم‌تری دارند که به‌دلیل کاهش منافذ موثر خاک است. ولی در این آزمایش هدایت هیدرولیکی قطعه پایین از هدایت هدرولیکی قطعه وسط بیشتر و از قطعه بالایی کم‌تر بود. این امر به‌دلیل پر شدن منافذ قطعات بالاتر از مواد معلق و کلوییدی و هم‌چنین افزایش سرعت خروج آب در

Archive of SID

www.SID.ir

قطعات پایین بود. در پایین‌ترین نقطه، زهکش طبیعی وجود داشت. مطابق با نتایج پژوهش‌های ابوشرر و سالامه (۱۹۹۵) افزایش کدورت آب آبیاری موجب کاهش سرعت نفوذپذیری و هدایت هیدرولیکی اشباع خاک گردید. دلیل این امر را می‌توان در پر شدن منافذ خاک از مواد معلق جستجو نمود. مطابق با نتایج پژوهش‌های سکی و همکاران (۲۰۰۳) با افزایش مدت زمان آبیاری هدایت هیدرولیکی اشباع کاهش یافت. پر شدن خلل و فرج خاک از مواد معلق و کلوییدی موجب این امر گردید. مشابه با نتایج پژوهش‌های بصیرپور و همکاران ذرات رس همراه با مواد معلق یک لایه سخت و کم نفوذ را در سطح خاک تشکیل داد که موجب کاهش شدید عمر طرح‌های تغذیه مصنوعی شد.

سپاسگزاری

از استاد ارجمند جناب آقای دکتر هادی معاضد که در این پژوهش با رهنمودهای حکیمانه در کلیه مراحل تدوین و اجرای این پروژه یاری‌ام نمودند، کمال تشکر و سپاس را دارم.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

بای‌بوردی، م. ۱۳۸۲ . فیزیک خاک. انتشارات دانشگاه تهران. چاپ هفتم. ۶۷۱ صفحه.

برزگر، ع .۱۳۸۳. فیزیک خاک پیشرفته. انتشارات دانشگاه شهیدچمران، اهواز. ۳۰۹ صفحه.

حنیفه‌لو، ا، و معاضد، ه. ۱۳۸۴. بررسی تاثیرپساب فاضلاب شهر اهواز برروی خصوصیات فیزیکی، هیدرولیکی و شیمیایی خاک دریک دوره کوتاه مدت، پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه شهیدچمران اهواز، دانشکده مهندسی علوم آب.

بصیرپور، ع. موسوی، ف. و مصطفی‌زاده، ب. ۱۳۷۷. تغییرات نفوذپذیری و ضریب هدایت هیدرولیکی خاک در اثر مواد معلق موجود درآب و اثرات آن درتغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده کشاورزی.

رحیمی، ا. و کشکولی، ح. ۱۳۷۷. تعیین ضرایب معادله نفوذ کوستیاکف – لوییس و ارزیابی نفوذپذیری آب درخاک درروش آبیاری جویچه‌ای. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه شهید چمران اهواز، دانشکده کشاورزی.

علیزاده، ا. ۱۳۸۳ . فیزیک خاک. انتشارات دانشگاه امام رضا (ع)– مشهد، ۴۴۰ صفحه

گزین، ع. و برومندنسب، س. ۱۳۷۷. ارزیابی نفوذپذیری خاک در روش آبیاری نواری و روش استوانه دوگانه و اصلاح ضرایب معادله نفوذ. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه شهید چمران اهواز، دانشکده کشاورزی.

گلچین،ا. سمایی، ح. و احمدی، ش. ۱۳۸۵. کاهش میزان رس قابل انتشار و حفظ کیفیت آب‌های سطحی با استفاده از پلیمرهای محلول در آب. مجموعه مقالات همایش خاک، محیط زیست و توسعه پایدار، ۱۳۸۵ کرج- پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران.

Abu-Sharara, T. M. and Salameha, A. S.1995. Reductions in hydraulic conductivity and infiltration rate in relation to aggregate stability and irrigation water turbidity.

Butler, D. and Karunaratne, N. 1995 S. H. P. G. The suspended solids trap efficiency of the roadside gully pot. Water Research 29:2, 719-729.

Christoph Hinz and Graham. 2001. Dispersion and re-deposition of colloidal particles and their effects on hydraulic conductivity in sandy soils Oagile Dikinya, Aylmore School of Earth and Geographical Sciences, The University of Western Australia, 35 Stirling Highway, Nedlands WA 6009, Australia. Pp. 32-35 in Soil Erosion Research for the 21st Century, Proc. Int. Symp. (3-5 January 2001, Honolulu, HI, USA). Eds. J. C. Ascough II and D. C. Flanagan. St. Joseph, MI: ASAE. 701P0007

Fuchs, S., Haritopoulou, T., Schaefer, M. and Wilhelmi, M. 1997. Heavy metals in freshwater ecosystems introduced by urban rainwater runoff - monitoring of suspended solids, river sediments and biofilms. Water Science & Technology 36:8-9, 277-282.

Seki,K. Miyazaki, T. and Nakano, M. 2003. Effects of microorganisms on hydraulic conductivity decrease in infiltration Department of Biological and Environmental Engineering, The University of Tokyo, Yayoi 1-1-1, Bunkyo-ku, Tokyo 113, Japan Correspondence: K. Seki,

Archive of SID

www.SID.ir

Study of the Effects of Irrigation Water Turbidity on Physical and Hydraulic Properties of Soils

Salamati[1], N. and Moazed[2], H.

Abstract

Turbidity is the most important physical characteristic of water. It is due to the presence of suspended and colloidal particles in water . turbidity of irrigation water affects the hydraulic and physical properties of soils, including infiltration rate, hydraulic conductivity and porosity. Such parameters are important designing irrigation and drainage systems, hydrological studies and water resources management. The main objective of the present study was to asses the effects of water turbidity on the physical and hydraulic properties of soil such as infiltration rate, saturated hydraulic conductivity and porosity. To perform the study, 48 pvc tubes each with a diameter of 10 cm and a height of 120 cm were prepared the tubes were filled with soils of light, medium and heavy textures to the height of 90 cm. The tubes were irrigated with irrigation water having turbidities of 0, 1000, 2000 and 3000 NTU. After 2 months of irrigation, halh of the tubes and after 4 months of irrigation, the second half of the tubes were cut in 3 equal sections namely, A, B and C. Then the physical and hydraulic parameters of the A, B and C sections were measured according to the standard methods. The results of the statistical analysis showed that the effects of time, water turbidity and soil type on the final infiltration rate and the saturated hydraulic conductivity of the soils were significant at $P\leq .01$. The results also indicated that custom opposite in the different soil texture hydraulic conductivity on down fragment more than middle fragment. The case of matters with fill pore up fragment by suspended and colloidal particles in water and nonexistence arrived suspended and colloidal particles in the down fragment also increase water exit velocity in down fragment The case of existence natural dranaige under down fragment performance.

Keywords: water turbidity, infiltration rate, hydraulic conductivity, porosity

Archive of SID

1 and 2. Former graduated student and Associate Professor, Deparment of Irrigation, Faculty of Water Science Engineering, Shahid Chamran University, Ahvaz

www.SID.ir