نشریه آب و خاک
جلد ۲۴، شماره ۳، مرداد - شهریور ۱۳۸۹، ص. ۴۳۸-۴۲۷

Journal of Water and Soil
Vol. 24, No. 3, July-Aug 2010, p. 427-438

بررسی شرایط رسوب گذاری کربنات کلسیم در پوشش ژئوتکستایل زهکشهای کشاورزی در شرایط آزمایشگاهی

مهدی قبادی نیا[۱*] – حسن رحیمی [۲]- الینا فلاویا[۳] - تیمور سهرابی[٤] - احمدعلی پوربابایی[٥]- آلریچ واسکونسلوس[٦]

تاریخ دریافت: ۸۸/۶/۱۱
تاریخ پذیرش: ۸۸/۱۱/۱

چکیده

مطالعات انجام شده روی زهکشهای نخیلات آبادان نشان داد که کربنات کلسیم ترکیب شیمیایی غالب رسوب یافته در بافت پوشش‌های مصنوعی زهکشی بود. به منظور بررسی چگونگی رسوب کربنات کلسیم در شرایط مختلف اعم از شیمیایی، بیوشیمیایی، هوازی و بی‌هوازی، مطالعه‌ای آزمایشگاهی با استفاده از ارلن مایر روی سه نمونه مختلف ژئوتکستایل شامل دو نمونه بافته و یک نبافته انجام شد. نتایج نشان داد که فعالیت میکروارگانیسم‌ها در حالت هوازی موجب افزایش بی‌کربنات و در نتیجه قلیائیت محیط می‌گردد. با افزایش میزان بی‌کربنات و pH محیط، رسوب‌گذاری کربنات کلسیم تشدید می‌شود. نتایج همچنین نشان داد که در اثر فعالیت میکروارگانیسم‌ها در محیط‌های هوازی، بیش از ۹۰ درصد کلسیم موجود در محیط رسوب می‌کند. در حالی که در شرایط هوازی شیمیایی(بدون حضور میکروارگانیسم‌ها) در حدود ۳۰ درصد کلسیم موجود در محیط رسوب نموده است. بنابراین در شرایط بیوشیمیایی و در حضور میکروارگانیسمها، رسوب‌گذاری کربنات کلسیم تشدید می‌گردد. همچنین فعالیت باکتری‌ها در محیط، باعث تشکیل بیوفیلم شده و محیط مناسبی برای رسوب‌گذاری بوجود می‌آورد. تشدید رسوب‌گذاری کربنات کلسیم، موجب تشدید انسداد روزنه‌ها و گرفتگی ژئوتکستایل‌ها می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: کربنات کلسیم، ژئوتکستایل، هوازی، بی‌هوازی، شیمیایی، بیوشیمیایی، رسوب‌گذاری

مقدمه

رسوبات شیمیایی و بیوشیمیایی می‌توانند مانند رسوبات معدنی، آبگذری پوشش‌های زهکشی را کاهش داده و موجب انسداد آنها شود. از رسوباتی که به طور گسترده مورد مطالعه قرار گرفته است رسوب گل اخری می‌باشد. در حالی که رسوب ترکیبات با قابلیت انحلال کم از جمله کربنات کلسیم و سولفات کلسیم (گچ) در درون لوله‌های زهکشی و پوشش‌ها به طور اصولی و به عنوان مشکل، مورد تحقیق قرار نگرفته است(۱۲). قبادی‌نیا و همکاران پتانسیل رسوب‌گذاری کربنات کلسیم در زه‌آبهای زهکش‌های مختلف کشاورزی در استان خوزستان را با استفاده از سه شاخص لانژلیر[۷]، شاخص ریزنار[۸] و شاخص استیف–دیویس[۹]، دریافتند که پتانسیل رسوب‌گذاری کربنات کلسیم در تمام این زهکشها وجود دارد و می‌تواند در صورت عدم توجه، مشکلی جدی برای زهکشها بوجود آورد(۲). این محققین همچنین با نمونه‌برداری از پوشش‌های مصنوعی زهکش‌های نخیلات شهرستان آبادان، نشان دادند که کربنات کلسیم اصلی‌ترین رسوب موجود در این پوشش‌ها می‌باشد (۱). کربنات کلسیم ($CaCO_3$)، نمکی با حلالیت بسیار اندک (۰/۰۱۳۱ گرم در لیتر) است که در خاک سریع رسوب کرده و لایه سختی را بوجود می‌آورد(۳). رسوب کربنات کلسیم در خاکها تحت تأثیر عواملی نظیر تغییرات سرعت حرکت آب در خاک، تولید دی اکسید کربن توسط ریشه گیاه و میکروبها، تغییرات فشار جزئی دی اکسید کربن(CO_2) در آتمسفر و غلظت کاتیون کلسیم(Ca^{2+}) در محلول خاک صورت می‌پذیرد (۵ و ۱۳). کربنات کلسیم نمکی معکوس است به این معنی که قابلیت انحلال این ماده

۱- استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه شهرکرد
(*- نویسنده مسئول: Email: mahdi.ghobadi@gmail.com)
۲و ۴- استادان گروه آبیاری و آبادانی، دانشگاه تهران
۳ و ۶- استادیار و دانشجوی دکتری گروه بیوشیمی دانشگاه ایالتی ریودژانیرو- برزیل
۵- استادیار گروه خاکشناسی، دانشگاه تهران

7- Langelier Saturation Index
8- Ryznar Index
9- Stiff&Davis Saturation Index

با افزایش دما کاهش می‌یابد. همچنین با افزایش pH حلالیت آن کاهش می‌یابد (۷ و ۱۱). در یک محیط آبی روابط تعادلی برای واکنش کربنات کلسیم به صورت زیر می‌باشد(۱۱):

$$(CO_2)_g \Leftrightarrow (CO_2)_{aq} \quad (۱)$$

$$(CO_2)_{aq} + H_2O \Leftrightarrow (H_2CO_3)_{aq} \quad (۲)$$

$$(H_2CO_3)_{aq} \Leftrightarrow (H^+)_{aq} + (HCO_3^-)_{aq} \quad (۳)$$

$$(HCO_3^-)_{aq} \Leftrightarrow (H^+)_{aq} + (CO_3^{2-})_{aq} \quad (۴)$$

$$(CO_3^{2-})_{aq} + (Ca^{2+})_{aq} \Leftrightarrow (CaCO_3)_s \downarrow \quad (۵)$$

با استفاده از روابط ۴ و ۵، رابطه تعادلی تشکیل کربنات کلسیم در یک محیط آبی را نیز می‌توان به صورت زیر ارائه نمود:

$$(Ca^{2+})_{aq} + (HCO_3^-)_{aq} \Leftrightarrow (H^+)_{aq} + (CaCO_3)_s \downarrow \quad (۶)$$

در روابط فوق اندیس‌های g، aq و s به ترتیب بیانگر محیط گازی(هوا)، محیط آبی و جامد بودن ترکیب است. اگر در آبی مقدار بی‌کربنات بیش از ۲ میلی‌اکی‌والان بر لیتر، کلسیم بیش از ۲ تا ۳ میلی‌اکی‌والان بر لیتر و pH >۷/۵ باشد، رسوب‌گذاری کربنات کلسیم رخ می‌دهد (۱۰) و این رسوب‌ها به سادگی از خاک خارج نمی‌شوند.

میکروارگانیسم‌ها نقش عمده‌ای را در فعالیت‌های شیمیایی و بیوشیمیایی خاک ایفا می‌کنند. باکتری‌ها مقاومت زیادی در برابر شرایط نامساعد محیطی دارند. در شرایط بی‌هوازی اکثر فعالیت‌های بیوشیمیایی و بیولوژیک خاک در اختیار باکتری‌ها می‌باشد. دامنه مناسب pH برای فعالیت باکتری‌های خاک بین ۴ تا ۱۰ می‌باشد. قارچها عموماً هوازی هستند. اغلب قارچها محیط‌های تقریباً اسیدی را ترجیح می‌دهند (اسیدیته ۴ تا ۶). در شرایط اسیدی بیشتر تغییر و تبدیل‌های بیوشیمیایی در کنترل قارچ‌هاست. میکروارگانیسم‌ها در مراحل رشد و متابولیسم خود در اندرکنش با چرخه‌های بیوژئوشیمی شامل کربن، سولفور، نیتروژن، فسفر، آهن و منگنز هستند. در چرخه کربن در شرایط هوازی، میکروارگانیسم‌ها در فرآیند فعالیت‌های خود کربن را تثبیت می‌کنند و در فرآیند تنفس خود دی‌اکسید کربن تولید می‌کنند. واکنش‌های زیر در فرآیند تثبیت کربن اتفاق می‌افتد (۶ و ۹):

$$CO_2 + H_2O \rightarrow CH_2O + O_2 \uparrow \quad (۷)$$

$$HCO_3^- + H^+ \rightarrow CH_2O + O_2 \uparrow \quad (۸)$$

$$CO_2^{2-} + 2H^+ \rightarrow CH_2O + O_2 \uparrow \quad (۹)$$

همان‌گونه که از واکنش‌های فوق مشخص است در اثر تثبیت کربن، از میزان H^+ محیط کاسته شده که نتیجه آن، افزایش pH محیط است. در مقابل در شرایط بی‌هوازی، باکترهایی از قبیل باکتری‌های احیا کننده سولفات و متانزا فعال می‌شوند که تولید H_2S و متان می‌کنند که نتیجه آن افزایش میزان H^+ و کاهش اسیدیته محیط است (۶ و ۹).

همانگونه که در مرور منابع بیان شد، در بررسی‌های انجام شده در منطقه خوزستان، پتانسیل رسوب‌گذاری کربنات کلسیم در تمام زهکشهای منطقه وجود داشت و کربنات کلسیم رسوب حاک شیمیایی درون پوشش‌های مصنوعی بود. با توجه به این بررسی‌ها، تحقیق حاضر به بررسی تأثیر شرایط مختلف شامل هوازی و بی‌هوازی، حضور و عدم حضور میکروارگانیسم‌ها بر رسوب‌گذاری کربنات کلسیم و تشکیل بیوفیلم روی فیلترهای ژئوتکستایل در آزمایشگاه(محیط کنترل شده) می‌پردازد.

مواد و روش‌ها

برای بررسی رسوب‌گذاری کربنات کلسیم در شرایط مختلف هوازی و بی‌هوازی، آزمایش‌هایی روی سه نمونه مختلف ژئوتکستایل شامل دو نوع ژئوتکستایل بافته و یک نوع نبافته انجام شد. برای انجام آزمایشها از فلاکس‌های ارلن مایر برای بررسی رسوب‌گذاری استفاده گردید. سه تیمار مختلف، شامل دو تیمار بیوشیمیایی و یک تیمار شیمیایی مورد بررسی قرار گرفتند. آزمایشها در دو محله انجام شد. در مرحله اول تمام تیمارها شامل ۳ تکرار بودند و در مرحله دوم با توجه به نتایج مرحله اول، تیمارهای بی‌هوازی از آزمایش حذف و تیمارهای هوازی در ۵ تکرار مورد آزمایش قرار گرفتند و مقایسه نتایج برای تیمارهای هوازی در ۵ تکرار و در تیمارهای بی‌هوازی در سه تکرار می‌باشد. برای تهیه محیط شیمیایی، مشخصات بدست آمده از زه‌آب زهکشهای کشاورزی نخیلات آبادان مورد استفاده قرار گرفت. مشخصات مورد استفاده برای تهیه محلول آزمایشی در جدول (۱) آمده است (۱).

با توجه به این اطلاعات معیارهایی که برای ساخت محیط شیمیایی در نظر گرفته شد عبارت بودند از:

شوری بیش از ۱۵دسی‌زیمنس بر متر

پتانسیل رسوب‌گذاری بالا، pH بیش از ۷/۵

جدول ۱- مشخصات زه آب خروجی از زهکشهای نخیلات آبادان

نمونه	pH	EC (dS/m)	Ca^{2+} (mEq/l)	HCO_3^- (mEq/l)	Cl^- (mEq/l)	SO_4^{2-} (mEq/l)	Na^+ (mEq/l)
نمونه زه‌آب	۷/۹۶	۲۵/۲	۲۰	۹/۶	۲۳۰	۲۰	۱۷۶

استفاده از نمکهای کلرید کلسیم، کلرید سدیم، بی‌کربنات سدیم و سولفات سدیم برای آماده نمودن محیط شیمیایی، که با توجه به غلظت‌های اشاره شده در جدول (۱)، مقادیر مورد استفاده برای هر لیتر آب در جدول (۲) آمده است.

جدول ۲- مقادیر نمک مورد نیاز برای ساخت هر لیتر آب

نوع نمک	$NaCl$	Na_2SO_4	$CaCl_2$	$NaHCO_3$
مقدار(گرم در لیتر)	۰/۸۱	۱/۱	۱/۴۲	۸/۵

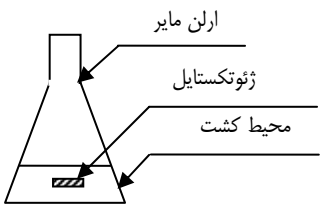
در محیط‌های بیوشمیایی علاوه بر نمکهای فوق، لاکتیت سدیم و استات سدیم برای رشد باکتری نیز اضافه شد. مشخصات تیمارهای مورد استفاده در جدول (۳) آمده است.

همانگونه که از جدول (۳) مشخص است، در تیمارهای بیوشیمایی به منظور بررسی تأثیر مقدار بی‌کربنات اولیه محیط بر میزان رسوب‌گذاری کربنات کلسیم، نمک بی‌کربنات سدیم به محیط اضافه نشد. بنابراین ترکیب محیط شیمیایی شامل نمکهای ذکر شده و ترکیب محیط بیوشیمیایی علاوه بر نمکها، شامل استات سدیم و لاکتیت سدیم به عنوان مواد مغذی برای رشد میکروارگانیسم‌ها، باکتری و قارچ می‌باشد.

پس از آماده نمودن محیط شیمیایی، درون هر ارلن مایر، از هر نوع ژئوتکستایل یک قطعه به ابعاد ۲×۲ سانتی‌متر قرار داده شد(شکل ۱). مشخصات ژئوتکستایل‌ها در جدول (۴) آمده است. در تیمارهای بی‌هوازی، هوای درون ظرف‌های آزمایش با استفاده از گازنیتروژن تخلیه شده و درب آنها کاملا بسته می‌شد. سپس تیمارها در درون یک انکوباتور شیکردار با تنظیم دمای ۲±۲۸ که دمای مناسبی برای رشد میکروارگانیسم‌ها می‌باشد، قرار گرفت. در آزمایشهای هوازی، هر هفته یکی از تکرارها خارج شده و میزان کلسیم، بی‌کربنات، کربنات، اسیدیته و تعداد باکتری‌ها با استفاده از روش شمارش کلونی درون پتری دیش در نمونه‌ها شمارش می‌گردید (۴). همچنین قطعات ژئوتکستایل با استفاده از میکروسکوپ الکترونی مورد قرار گرفتند. اسیدیته محیط بصورت روزانه کنترل می‌گردید تا همواره بیش از ۷/۵ باقی بماند. اگر مقدار آن به کمتر از ۷/۵ می رسید با استفاده از سود (NaOH) به میزان مورد اشاره رسانده می‌شد. در نمونه‌های شیمیایی برای جلوگیری از رشد قارچ و باکتری از آنتی‌باکتری استفاده گردید. با توجه به نتایج بدست آمده تا هفته دوم، در هفته سوم (روز هفدهم) از شروع آزمایش به دو تکرار از تیمارهای بیوشیمایی ۱ و ۲ کلرید کلسیم و مواد مغذی اضافه و نتایج با یکدیگر مقایسه گردید.

جدول ۳- مشخصات شیمیایی و بیوشیمیایی تیمارهای مورد استفاده در آزمایش

شماره تیمار	نوع تیمار	کلرید کلسیم+ کلرید سدیم+ سولفات سدیم	بی‌کربنات سدیم	لاکتیت سدیم+ استات سدیم + قارچ + باکتری	هوازی
۱	شیمیایی	×	×	–	×
۲	بیوشیمیایی ۱	×	×	×	×
۳	بیوشیمیایی ۲	×	–	×	×
۴	شیمیایی	×	×	–	–
۵	بیوشیمیایی ۱	×	×	×	–
۶	بیوشیمیایی ۲	×	–	×	–

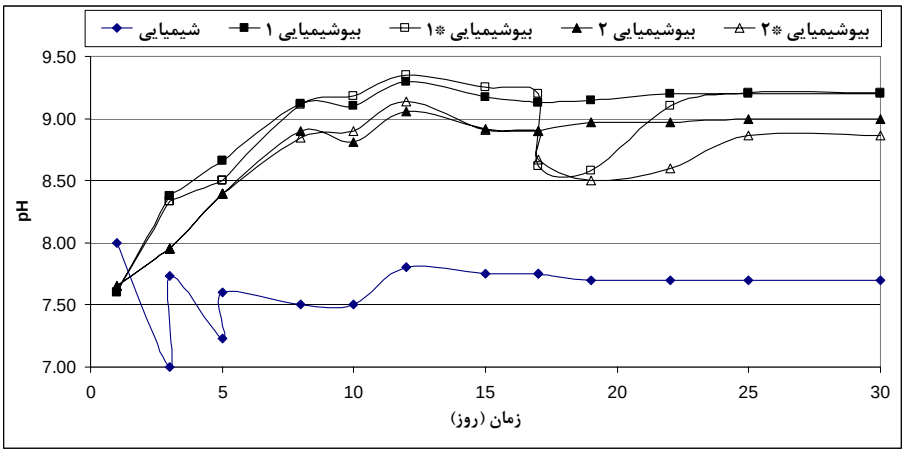


شکل ۱- ارلن مایر مورد استفاده در آزمایش

جدول ٤- مشخصات ژئوتکستایلهای مورد استفاده در تحقیق

ژئوتکستایل	پلیمر	نوع بافت	ضخامت (mm)[a]	اندازه ظاهری روزنه(mm)[b]	وزن در واحد سطح(gr/m^2)[c]	نفوذپذیری (S^{-1})[d]
A	پلی‌استر	نبافته	۳/۵	۰/۲۵	۴۴۰	۲/۴
B	پلی‌استر	نبافته	۱/۳	۰/۱۶.	۱۳۰	۱/۲
C	پلی‌پروپیلن	بافته	۰/۴	۰/۸۰۰	۱۴۱	۰/۹

a : بر اساس استاندارد ASTM D 5199 ، b : بر اساس استاندارد ASTM D 4751، c : بر اساس استاندارد ASTM D 5261، d : بر اساس استاندارد ASTM D 4491



شکل ۲ - روند تغییرات pH در طی آزمایش در تیمارهای هوازی

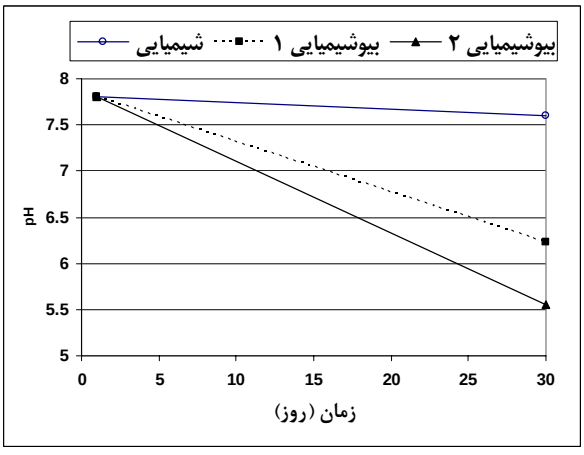
نتایج و بحث

بررسی اسیدیته محیط

روند تغییرات pH هر تیمار را در طول دوره آزمایش در تیمارهای هوازی نشان می‌دهد. در این شکل تیمار حاوی نمک بی‌کربنات، بیوشیمیایی ۱ و تیمار فاقد نمک بی‌کربنات، بیوشیمیایی ۲ می‌باشد. علامت * نیز نشان دهنده تیمارهایی است که در روز هفدهم از شروع آزمایش به آنها کلرید کلسیم و مواد مغذی اضافه گردید. نتایج بیانگر این است که در تیمارهای بیوشیمیایی pH در طی زمان در اثر فعالیت میکروارگانیسم‌ها افزایش می‌یابد و در نهایت به مقدار ثابتی می‌رسد، لیکن در تیمارهای شیمیایی کاهش‌های متوالی pH در اوایل آزمایش اتفاق افتاد به گونه‌ای که نیاز به تعدیل pH و افزایش آن به بیش از ۷/۵ با استفاده از سود بود. این تغییرات ناشی از ترکیب بی‌کربنات و کلسیم و رسوب آن به شکل کربنات کلسیم می‌باشد. پس از مدتی محیط به تعادل رسیده و اسیدیته محیط نیز در طی زمان تقریباً ثابت مانده است.

اضافه نمودن کلرید کلسیم در تیمارهای بیوشیمیایی در روز هفدهم از شروع آزمایش، موجب افزایش پتانسیل رسوب‌گذاری کربنات کلسیم می‌شود. با رسوب‌گذاری کربنات کلسیم، pH محلول کاهش می‌یابد و مجدداً با فعالیت باکتری‌ها pH افزایش می‌یابد. میکلسن و همکاران[1] (۸) و کریک (۶) بیان می‌کنند که در خاکهای غرقابی و در لایه‌های بالایی در اثر فعالیت میکروارگانیسم‌ها، pH خاک می‌تواند افزایش قابل توجهی داشته باشد. که این امر ناشی از تثبیت کربن و مصرف دی‌اکسید کربن می‌باشد.

در تیمارهای بی‌هوازی مقدار pH در ابتدا و انتهای آزمایش اندازه‌گیری شد (شکل ۳). نتایج نشان داد که تغییرات pH در تیمار شیمیایی بسیار کم بوده و این تغییرات در اثر رسوب‌گذاری کم کربنات کلسیم و کاهش میزان بی‌کربنات محیط می‌باشد.



شکل۳- تغییرات pH در تیمارهای بی‌هوازی

لیکن در تیمارهای بی‌هوازی بیوشیمیایی تغییرات pH تا حدود ۲

1- Mikkelsen et al

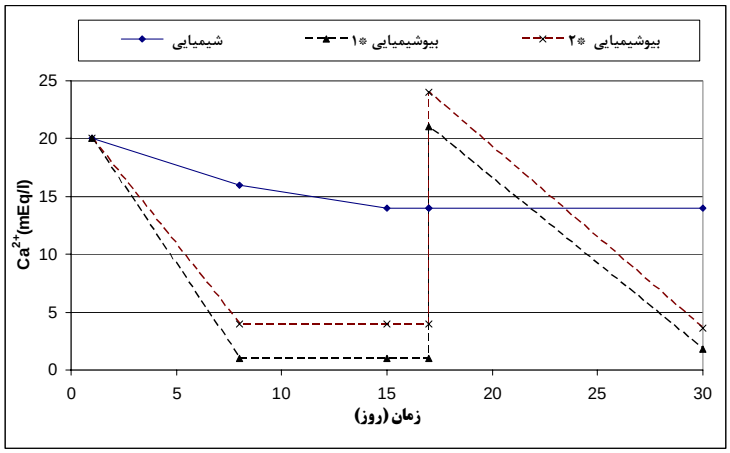
واحد کاهش یافته است. در حالت بی‌هوازی، باکتری‌های احیاکننده سولفات فعال شده و گاز سولفید هیدروژن تولید می‌کنند که باعث کاهش pH محیط می‌گردند. نتایج فوق همچنین بیانگر اینست در صورت وجود بی‌کربنات، در حالت هوازی مقدار pH نسبت به تیمار فاقد بی‌کربنات اولیه، افزایش بیشتری می‌یابد و در حالت بی‌هوازی کاهش pH کمتر است.

تغییرات کاتیون کلسیم موجود در محیط

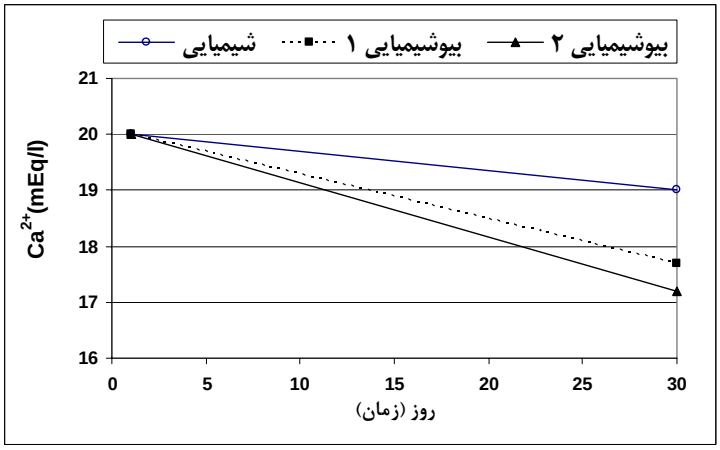
شکل ۴ تغییرات میزان یون کلسیم در تیمارهای هوازی را نشان می‌دهد. همانگونه که از شکل مشخص است در تیمارهای شیمیایی میزان کاهش یون کلسیم نسبت به تیمارهای بیوشیمیایی کمتر است و عمدتاً کاهش کلسیم در همان ابتدای آزمایش رخ داده است و پس از آن با رسیدن به حالت تعادل تقریباً میزان یون کلسیم در محلول ثابت می‌ماند. در تغییرات pH نیز مشاهده گردید که کاهش pH در اوایل آزمایش اتفاق می‌افتد و پس از مدتی ثابت می‌شود. این روند کاهشی برای کلسیم و pH تطابق زمانی دارند. در تیمارهای بیوشیمیایی بر اثر فعالیت باکتری و افزایش اسیدیته، کاهش مقدار یون کلسیم بسیار بیشتر از تیمارهای شیمیایی است. مقدار کاهش یون کلسیم در تیمار بیوشیمیایی حاوی بی‌کربنات اولیه، بیشتر از تیمار بیوشیمیایی فاقد بی‌کربنات اولیه است.

همان‌گونه که بیان شد در روز هفدهم به دو تکرار از تکرارهای باقی‌مانده، نمکهای کلرید کلسیم، لاکتیت سدیم و استات سدیم اضافه گردید. نتایج نشان می‌دهد که کلسیم اضافه شده، در طول مدت باقیمانده از زمان آزمایش رسوب می‌نماید و مقدار کلسیم باقیمانده در محلول این تکرارها، در انتهای آزمایش مشابه سایر تکرارها می‌باشد.

شکل (۵) تغییرات میزان یون کلسیم در تیمارهای بی‌هوازی را نشان می‌دهد. با وجود تغییرات یون کلسیم، این تغییرات نسبت به تیمارهای هوازی بسیار کمتر است. همچنین مصرف کلسیم در تیمارهای بی‌هوازی بیوشیمیایی بیش از تیمارهای بی‌هوازی شیمیایی است.



شکل ٤- روند تغییرات یون کلسیم در طی آزمایش برای تیمارهای هوازی



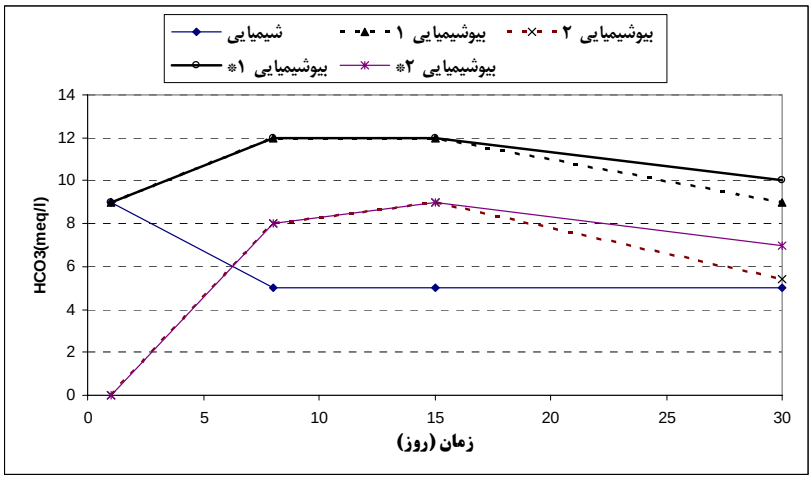
شکل ۵ - روند تغییرات یون کلسیم در طی آزمایش برای تیمارهای بی هوازی

تغییرات میزان آنیون‌های بی‌کربنات و کربنات

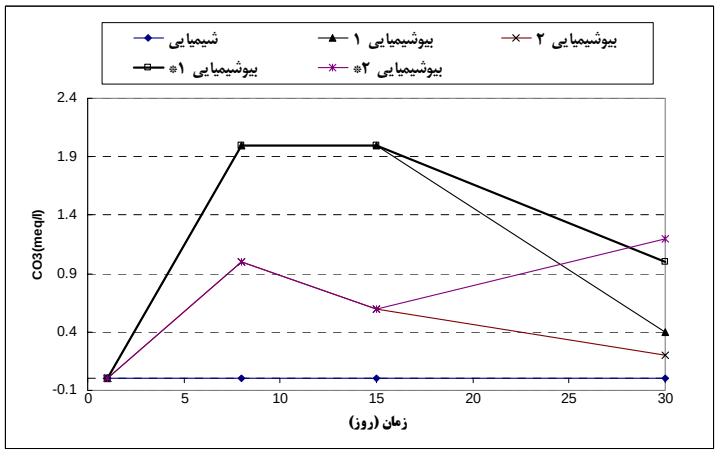
شکل‌های (۶) و (۷) به ترتیب روند تغییرات بی‌کربنات و کربنات را برای تیمارهای مختلف هوازی در طول زمان آزمایش نشان می‌دهد. تیمارهایی که در روز هفدهم به آنها نمک‌های ذکر شده، اضافه گردید با ستاره مشخص شده‌اند. همانگونه که از این شکل‌ها مشخص است در تیمارهای بیوشیمیایی مقدار بی‌کربنات و کربنات در پانزده روز اول روند افزایشی دارد و سپس روند کاهشی می‌یابد. در تیمار شیمیایی، کاهش بی‌کربنات همانند کلسیم و pH در ابتدای آزمایش اتفاق می‌افتد و سپس تا انتهای آزمایش مقدار بی‌کربنات موجود در تیمارها ثابت می‌ماند. در تیمار شیمیایی در تمام طول آزمایش کربناتی وجود نداشت.

تغییرات پتانسیل رسوب‌گذاری کربنات کلسیم

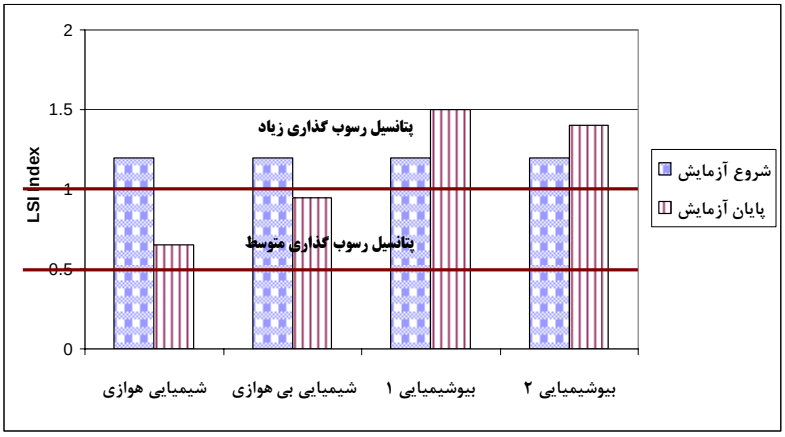
همانگونه که در مقدمه اشاره شد قبادی‌نیا و همکاران (۲)، پتانسیل رسوب‌گذاری کربنات کلسیم را در زهکشهای کشاورزی استان خوزستان با استفاده از سه شاخص لانژلیر، استیف–دیویس و ریزنار مورد بررسی قرار دادند. تغییرات پتانسیل رسوب‌گذاری کربنات کلسیم با توجه به این سه شاخص در شکل‌های (۸) تا (۱۰) نشان داده شده است.



شکل ٦ – روند تغییرات بی‌کربنات در آزمایشهای هوازی



شکل ۷ – روند تغییرات کربنات در آزمایشهای بی هوازی



شکل ۸- مقادیر شاخص لانژلیر در ابتدا و انتهای آزمایش

شکل ۹ - مقادیر شاخص استیف-دیویس در ابتدا و انتهای آزمایش

شکل ۱۰ - مقادیر شاخص ریزنار در ابتدا و انتهای آزمایش

همان‌گونه که از شکل‌ها مشخص است، در شاخص ریزنار، پتانسیل رسوب‌گذاری در تمام تیمارها در انتهای آزمایش کاهش یافته است در حالی که در شاخص‌های لانژلیر و استیف-دیویس، برای تیمارهای بیوشیمیایی پتانسیل رسوب‌گذاری افزایش یافته است. با توجه به نتایج و داده‌های آزمایشگاهی، شاخص ریزنار برآورد مناسب‌تری نسبت به دو شاخص دیگر برای پتانسیل رسوب‌گذاری

دارد که با نتایج قبادی و همکاران (۲) مطابقت دارد.

مقایسه گرفتگی ژئوتکستایل‌ها در شرایط مختلف

رسوب کربنات کلسیم می‌تواند درون مجاری پوشش تشکیل و به الیاف چسبیده و آن‌ها را مسدود نماید. بنابراین زمانی که خلل و فرج ژئوتکستایل از رسوبات پر کردند، پدیده گرفتگی در ژئوتکستایل رخ داده است. به منظور مقایسه شرایط شیمیایی و بیوشیمیایی، با توجه به نتایج آزمایشگاهی، حجم آبی که می‌تواند موجب پر شدن تخلخل ژئوتکستای‌های نبافته شود، محاسبه گردید که نتایج در جدول (۵) نشان داده شده است.

همان‌گونه که از جدول (۵) مشخص است، با توجه به نتایج آزمایشگاهی، حجم آب مورد نیاز برای پر کردن منافذ ژئوتکستایل در تیمار بیوشیمیایی تقریباً یک سوم تیمار شیمیایی است. بدین معنی که زمان گرفتگی پوشش‌های ژئوتکستایل با توجه به تغییرات کلسیم در شرایط بیوشیمیایی یک سوم شرایط شیمیایی است. باید توجه داشت که شرایط فوق با طبیعت متفاوت خواهد بود و فقط می‌تواند بیانگر این باشد که عواملی که موجب افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌ها می‌شود، موجب تشدید گرفتگی خواهند شد.

تغییرات تعداد باکتری و قارچ

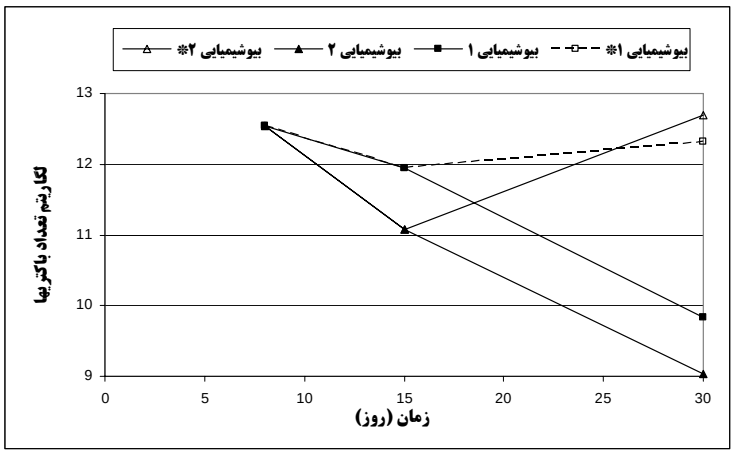
برای بررسی اثر باکتری‌ها و قارچ‌ها روی واکنش‌ها، تعداد آنها، هر هفته شمارش گردید. نتایج نشان داد که تعداد قارچ‌ها در محیط بسیار کمتر از باکتری‌ها است و واکنشها بیشتر تحت تأثیر باکتری‌ها قرار داشت. همان‌گونه که در مرور منابع بیان شد محدوده pH مناسب برای قارچها بین ۴ تا ۶ می‌باشد. بنابراین با افزایش pH به بیش از ۸، فعالیت قارچها با محدودیت زیادی مواجه می‌گردد. بررسی تعداد باکتری‌ها در نمونه‌ها در طول زمان(شکل ۱۱) نشان داد که در اثر مصرف شدن مواد مغذی موجود در محیط تعداد آنها کاهش می‌یابد. با اضافه نمودن مواد مغذی به محیط کشت، باکتری‌ها شروع به تکثیر نموده و تعداد آنها افزایش پیدا می‌کند.

بررسی نمونه‌ها زیر میکروسکوپ الکترونی

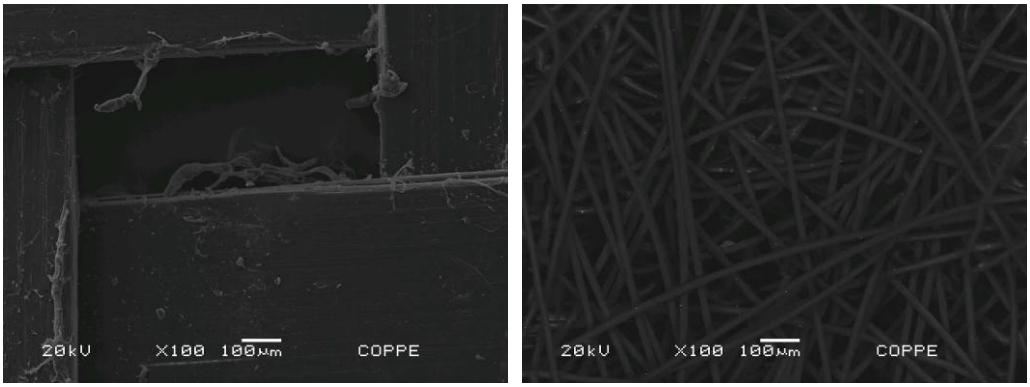
در انتهای آزمایش قطعه‌های ژئوتکستایل توسط میکروسکوپ الکترونی(JSM-6460LV) مورد بررسی قرار گرفتند. شکل ۱۲ نمونه‌های ژئوتکستایل را در شروع آزمایش نشان می‌دهد. در تیمارهای شیمیایی بلورهای کربنات کلسیم با شکل هندسی در کنار هم قرار گرفته‌اند و اطراف الیاف را احاطه کرده‌اند (شکل ۱۳). در تیمارهای بیوشیمیایی درون الیاف ژئوتکستایل، به‌دلیل مناسب بودن شرایط، بیوفیلم تشکیل شده است. در شکل (۱۴) بیوفیلم تشکیل شده و رسوب کربنات کلسیم درون الیاف ژئوتکستایل، تقریباً تمام تخلخل نمونه را پر کرده است. آنالیز ترکیبات موجود روی پوششها که با روش EDX(میکروسکوپ الکترونی) انجام شد، نیز بیانگر حاکم بودن رسوبات کلسیمی است (شکل ۰۱۵).

جدول ۵- حجم آب لازم عبوری از واحد سطح ژئوتکستایل برای پر کردن منافذ تخلخل(متر مکعب)

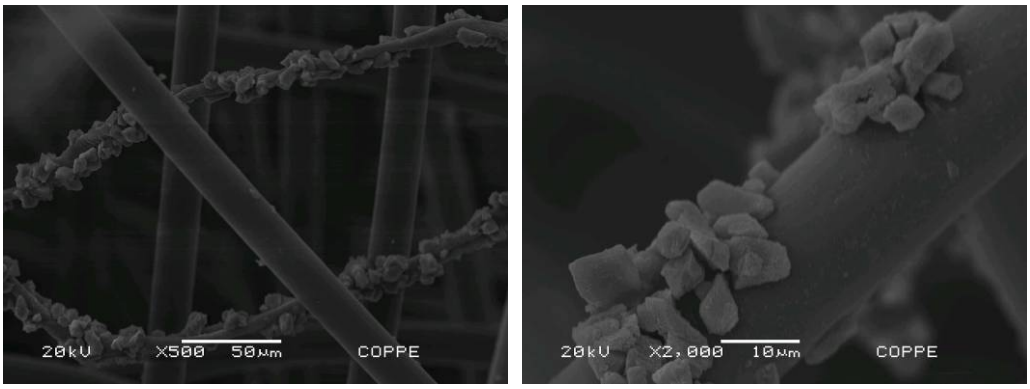
	شیمیایی هوازی	شیمیایی بی‌هوازی	بیوشیمیایی ۱	بیوشیمیایی ۲
ژئوتکستایل نوع A	۲۷	۴۰	۹	۱۰
ژئوتکستایل نوع B	۱۰	۱۵	۳	۴

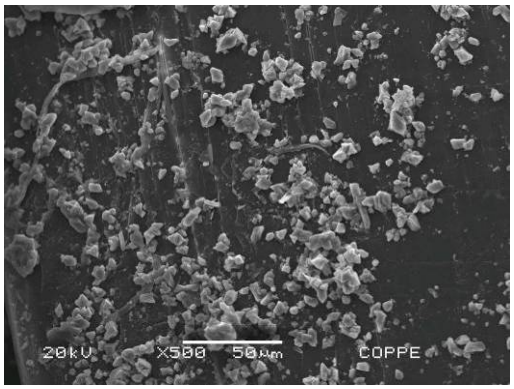


شکل ۱۱- روند تغییرات تعداد باکتری در تیمارهای هوازی



شکل ۱۲- نمونه‌های ژئوتکستایل قبل از آزمایش





شکل ۱۳- رسوبات تشکیل شده روی نمونه‌های ژئوتکستایل در آزمایش شیمیایی

نتیجه‌گیری

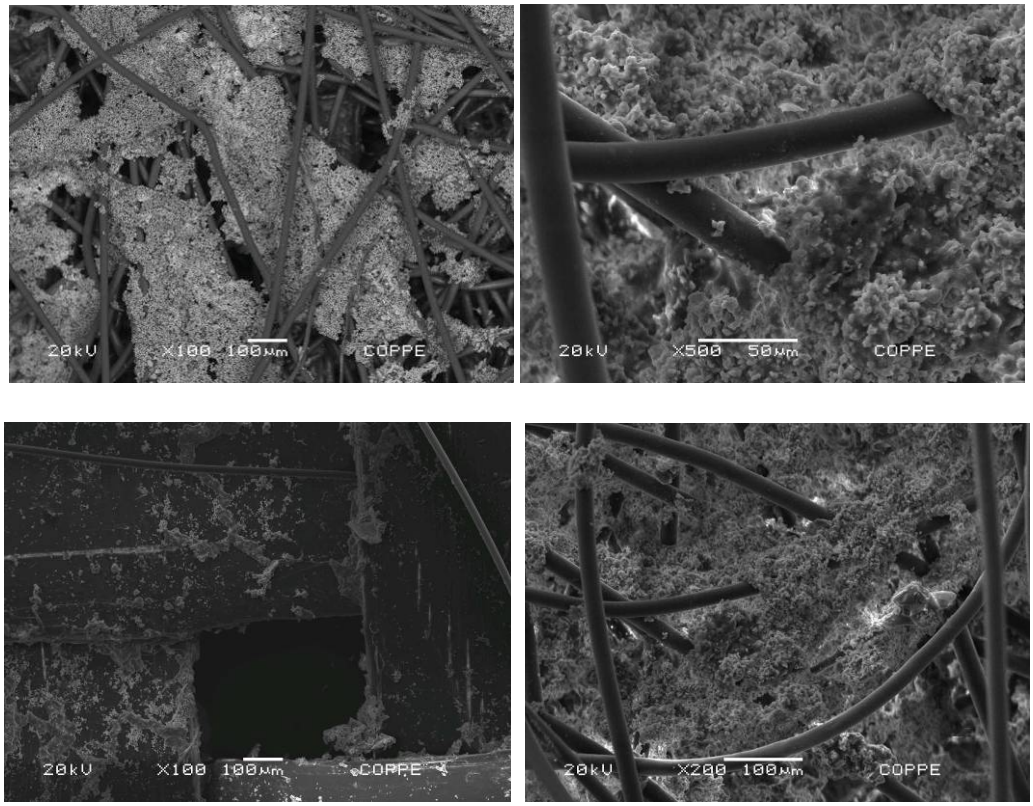
نتایج نشان داد که فعالیت میکروارگانیسم‌ها موجب افزایش قلیائیت و pH محلول می‌شود. در نتیجه شدت رسوب‌گذاری کربنات کلسیم در شرایط بیوشیمیایی بیشتر از شیمیایی می‌باشد.

میزان رسوب‌گذاری در شرایط بیوشیمیایی حدوداً سه برابر شرایط شیمیایی بود. که بیانگر تشدید رسوب‌گذاری در حضور میکروارگانیسم‌ها در شرایط طبیعی است.

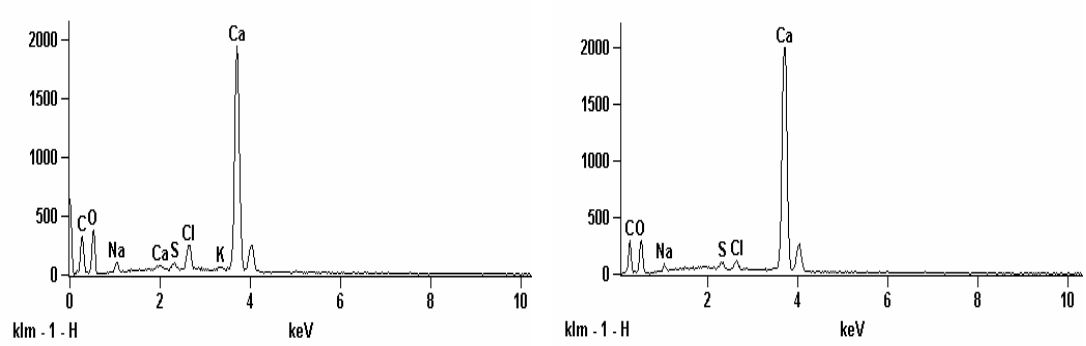
با توجه به شرایط آزمایش، شاخص ریزنار برآورد مناسب‌تری را از پتانسیل رسوب‌گذاری کربنات کلسیم ارائه می‌دهد.

زمان گرفتگی برای ژئوتکستایل‌ها در شرایط بیوشیمیایی می‌تواند تا یک سوم نسبت به زمان گرفتگی برای شرایط شیمیایی کاهش یابد.

در شرایط شیمیایی تغییرات محیطی مانند تغییرات دما، افزایش کربنات، بی‌کربنات و کلسیم باعث رسوب‌گذاری کربنات کلسیم می‌شود، در حالی‌که در شرایط بیوشیمیایی هوازی، فعالیت باکتری‌های هتروتروف هوازی منجر به رسوب کربنات کلسیم شده است.



شکل ١٤- رسوبات و بیوفیلم تشکیل شده روی فیلتر ژئوتکستایل در آزمایشهای بیوشیمیایی



شکل ۱۵ – نتایج آنالیز EDX روی ترکیبات موجود روی پوشش

در شرایط بیوشیمیایی در اثر فعالیت باکتری‌های احیا کننده سولفات، گاز H_2S تولید می‌گردد که باعث کاهش اسیدیته محیط شده و از رسوب کربنات کلسیم جلوگیری می‌کند، در حالی که در شرایط شیمیایی بی‌هوازی با وجود ثابت بودن اسیدیته، در صورتی که تغییرات محیطی دیگری رخ دهد احتمال رسوب‌گذاری کربنات کلسیم وجود دارد.

تشکر و قدردانی

در تحقیق حاضر اساتید محترم دانشگاه ایالتی ریودژانیرو آقای دکتر Ehrlich و خانم دکتر Christe Cammarota با نگارندگان همکاری و همفکری نمودند. بدین وسیله از آنان صمیمانه تقدیر و تشکر می‌گردد.

منابع

۱- قبادی نیا م.، رحیمی ح.، سهرابی ت.، ناصری ع.، توفیقی ح. و اجاقلو ح. ۱۳۸۷. بررسی مکانیزم رسوب‌گذاری در پوشش‌های ژئوتکستایل

(مطالعه موردی نخیلات آبادان).دومین کنفرانس مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی. اهواز.

۲- قبادی نیا م. رحیمی ح. و سهرابی ت. ۱۳۸۸. بررسی پتانسیل رسوب‌گذاری کربنات کلسیم در زهکشهای کشاورزی. مجله آبیاری و زهکشی. ۳(۱). ۱-۱۲.

3- FAO/Unesco. 1973. Irrigation, Drainage and Salinity: Hutchinson & CO, 510 pp.

4- Genhardt P., Murray R.G.E., Wood W.A., and Kieg N.R. 1994. Methods forgeneral and molecular bacteriology. American Society for Microbiology.Washington DC, 791pp.

5- Giroud J.P. 1996. Granular filters and geotextile filters. Presented at Geofilter 96. Montreal, Quebec: 565-580.

6- Kirk G.J.D. 2004. The biogeochemistry of submerged soils. Chichester, England: John Wiley & Sons Ltd, 282 pp.

7- Lindsay W.L. 1979. Chemical Equilibria in Soils. Wiley Interscience, New York, 448 pp.

8- Mikkelsen D.S., De Datta S.K., and Obcemea W.N. 1978. Ammonia volatilization losses from flooded rice soils. Soil Science Society of America Journal 42: 725–730.

9- Prescott L.M., Klein D.A., and Harley J.P. 2002. Microbiology: McGraw-Hill, 1147 pp.

10- Rogers D.H., Lamm F.R., Alam M. 2003. Subsurface drip irrigation systems (SDI) water quality assessment guidelines. MF2575 Kansas State University, Kansas.

11- Sheikholeslami R. (2005). Scaling potential index (SPI) for $CaCO_3$ based on gibbs free energies. AIChE Journal, 51(6): 1782-1789

12- Stuyt L.C.P.M., Dierickx W., and Beltrán J.M. 2005. Materials for subsurface land drainage systems. Rome: FAO publication. 200 pp.

13- Vlotman W.F., Willardson L.S., and Dierickx W. 2001. Envelope design for subsurface drains. Wageningen: ILRI. 364 pp.

Journal of Water and Soil
Vol. 24, No. 3, July-Aug 2010, p. 427-438

نشریه آب و خاک
جلد ۲۴، شماره ۳، مرداد - شهریور ۱۳۸۹، ص. ۴۳۸-۴۲۷

Precipitation of Calcium Carbonate in Geotextile Envelops of Agricultural Drains in Laboratory Conditions

M. Ghobadi Nia[1]* - H. Rahimi[2] - E. Flavia[3] - T. Sohrabi[4] - A.A. Pour Babaie[5] – U. Vasconcelos[6]

Abstract

A previous study on agricultural drains in Khuzestan province of Iran has indicated that carbonate calcium is the main component of the deposited salts in drainage envelops. To investigate the process of precipitation of carbonate calcium under different conditions including chemical, bio-chemical, aerobic and an-aerobic, a through laboratory investigation on geotextile drain envelop was conducted. The results of the studies showed that activity of the micro-organisms in aerobic conditions causes an increase in the bicarbonate content and consequently, increase in the pH of the medium. Any increase in pH would intensify the precipitation of carbonate calcium. The results also indicated that due to the activity of micro-organisms, more than 90% of existing calcium would be precipitated. While in a chemical environment, only 30% of existing calcium would precipitate. Thus, in a biochemical environment, micro-organisms would cause more calcium to be deposited. The results also indicated that the activity of the bacteria would cause formation of bio-films which in turn would provide a more suitable environment for precipitation of salts. By intensifying deposition of salts, there is higher potential for clogging of the drainage envelops including geotextile filters.

Keywords: Agricultural Drain, Calcium Carbonate, Drainage Envelope, Geotextile, Aerobic and An-aerobic, biofilm

1- Assistant professor of Irrigation Eng. of Shahrekord University
(*- Corresponding author Email: mahdi.ghobadi@gmail.com)
2,4- Professors of irrigation and reclamation Dept. University of Tehran, Karraj , Iran
3,6- Assistant professor and Ph.D Candidate of Chemical Dept of Federal University of Rio de Janeiro, Brazil
5- Assistant professor of Soil Science Dept. University of Tehran, Karaj, Iran