

بررسی پتانسیل رسوب گذاری کربنات کلسیم در زهکشهای کشاورزی (مطالعه موردی، استان خوزستان)

مهدی قبادی نیا^{۱*}، حسن رحیمی^۲ و تیمور سهرابی^۲

چکیده

گرفتگی اعم از فیزیکی و شیمیایی می‌تواند منجر به مسدود شدن پوشش و از کار افتادن زهکشهای زیرزمینی شود. گرفتگی شیمیایی توسط رسوب مواد مختلف رخ می‌دهد. شناخت ماده رسوب کننده به عنوان اولین گام در شناخت پدیده گرفتگی است. کربنات کلسیم ماده‌ای با حلالیت کم است که در صورت فراهم بودن شرایط، سریع رسوب کرده و لایه‌ای سخت را تشکیل می‌دهد و موجب مسدود شدن زهکش می‌شود. مطالعه حاضر به بررسی پتانسیل رسوب گذاری کربنات کلسیم در زهآبهای کشاورزی در استان خوزستان می‌پردازد. در این تحقیق از سه شاخص لانتزیر، ریزنار و استیف-دیویس برای بررسی پتانسیل رسوب گذاری کربنات کلسیم در زهکشهای کشاورزی استفاده شده است. نتایج این تحقیق نشان داد که تمام زهکشهای مورد بررسی در این مطالعه پتانسیل تشکیل کربنات کلسیم را دارند، لیکن شدت رسوب گذاری در مناطق مختلف با توجه به شرایط هر منطقه متفاوت است. ضمناً بررسی‌ها نشان دادند که شاخصهای استیف-دیویس و ریزنار برآورد منطقی‌تر و مناسب‌تری برای تعیین پتانسیل رسوب کربنات کلسیم نسبت به شاخص لانتزیر داشتند.

واژه‌های کلیدی: گرفتگی، زهکشی، کربنات کلسیم - شاخص رسوب گذاری - خوزستان

مقدمه

سامانه‌های زهکشی به منظور خارج ساختن آب و املاح اضافی از نیمرخ خاک، با هدف فراهم نمودن محیط مناسب برای رشد گیاه، کاهش فشار آب منفذی و همچنین جلوگیری از افزایش سطح ایستابی در پروژه‌های مختلف آبیاری و زهکشی مورد استفاده قرار می‌گیرند. با توجه به اینکه زهکش‌ها در خاکهای با بافت مختلف اجرا می‌گردند، بنابراین در اطراف لوله‌های زهکشی، پوشش با هدایت هیدرولیکی بیشتر از خاک اطراف قرار می‌گیرد تا سبب سهولت جریان آب و کاهش میزان رسوبات وارده به لوله زهکش زیرزمینی گردد. پوشش‌های زهکشی از عوامل موثر در عملکرد زهکشهای زیرزمینی می‌باشند. انتخاب پوششی نامناسب، کارایی زهکش را کاهش داده و حتی در مواردی نیز موجب ناکارآمدی آن می‌شود. پوششهای زهکشی را می‌توان در چند دسته کلی پوشش‌های معدنی، آلی و مصنوعی طبقه‌بندی نمود. یکی از اصلی‌ترین مشکلات پوشش‌های زهکشی، گرفتگی آنها اعم از فیزیکی و شیمیایی می‌باشد (Giroud, 2001, Vlotman et al, 1996). گرفتگی فیزیکی، کاهش نفوذپذیری

در اثر قرار گرفتن ذرات جامد بر روی روزنه یا منافذ و یا در درون پوشش (فیلتر) یا رخ می‌دهد، در حالیکه در گرفتگی شیمیایی، کاهش نفوذپذیری در اثر رسوب ترکیبات شیمیایی و تجمع آنها بر روی یا درون فیلتر و یا پوشش رخ می‌دهد. گرفتگی شیمیایی در اثر رسوب نمکهایی مانند کربنات کلسیم، سولفات کلسیم، کربنات منیزیم، کربنات منیزیم-کلسیم و فلزاتی مانند آهن رخ می‌دهد (Vlotman et al, 2001). نوع مواد دارای پتانسیل گرفتگی در مناطق مختلف با توجه به شرایط آب و هوایی و خاک منطقه متفاوت می‌باشد. در مناطق خشک و نیمه خشک، گرفتگی عمدتاً ناشی از انواع نمکها است در حالیکه در مناطق مرطوب، رسوبات فلزی مانند آهن موجب گرفتگی می‌شوند. در مناطق خشک و نیمه خشک به طور کلی خاک دارای اسیدیته (pH) بیش از ۷ بوده و رسوب نمکها در اسیدیته (pH) بیش از ۷ و در اثر تغییرات اسیدیته (pH)، تغییرات فشار جزئی دی اکسید کربن، حرارت و تبخیر و تعرق رخ می‌دهد. نمکهایی موجود در این مناطق با توجه به آنیونهای آنها به ۵ گروه کربناتها، سولفاتها، کلریدها، نیترا تها و براتها تقسیم می‌شوند (FAO, 1973). در شرایطی که نمکهایی مختلف در خاک موجود باشند، نمکهایی که دارای حلالیت بالایی هستند در آب حل شده و از محیط خارج می‌شوند، لیکن نمکهایی که دارای حلالیت کم باشند در خاک رسوب کرده و می‌توانند موجب تشکیل لایه‌های سخت در خاک و یا گرفتگی

۱- دانشجوی دکتری گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشگاه تهران

(Email: mahdi.ghebadi@gmail.com)

* - نویسنده مسئول:

۲- استادان گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشگاه تهران

در نظر گرفته شود، زیرا عدم توجه به این پتانسیل، می‌تواند موجب بروز مشکلاتی در هنگام اجرا یا بهره برداری شود. هدف از این تحقیق بررسی پتانسیل رسوب‌گذاری کربنات کلسیم در زهکشهای کشاورزی در منطقه خوزستان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

مبانی نظری

با توجه به اهمیت موضوع رسوب کربنات کلسیم شاخصها یا نمایه‌هایی مانند شاخص اشباع لانژلیئر^۱، شاخص ریزنار^۲ و شاخص اشباع استیف-دیویس^۳ برای تعیین پتانسیل رسوب‌گذاری ارائه شده است. از این نمایه‌ها می‌توان در زهکشی نیز برای تعیین پتانسیل رسوب‌گذاری کربنات کلسیم استفاده نمود. در ادامه این نمایه‌ها تشریح شده و نمودارها و روابط آنها با توجه به پارامترهای متداول اندازه‌گیری در مسائل زهکشی تهیه و ارائه می‌گردد.

شاخص اشباع لانژلیئر: یکی از روشهایی که برای پیش‌بینی رسوب کربنات کلسیم به کار می‌رود شاخص اشباع لانژلیئر (LSI) است که توسط Langelier در سال ۱۹۴۶ ارائه شد. این شاخص از مفاهیم نظری اشباع با در نظر گرفتن ساده‌سازی‌هایی استخراج شده است. این روش در ابتدا برای پیش‌بینی رسوب کربنات کلسیم در دیگهای بخار به کار گرفته شد و نخستین بار ویلکوکس و بائر این روش را در مسائل مربوط به رسوب کربنات کلسیم در خاک برای پیش‌بینی اینکه آیا کربنات کلسیم هنگام عبور از خاک آهکی رسوب می‌کند یا در آن حل می‌شود مورد استفاده قرار دادند (Bresler et al. 1982). همچنین برای پیش‌بینی رسوب کربنات کلسیم در سیستمهای آبیاری قطره‌ای نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد (Alizadeh 1997). رابطه مذکور به صورت زیر است (Metcalf and Eddy 2004, Sheikholeslami 2005):

$$LSI = pH - pH_s \quad (1)$$

که در آن :

pH اسیدیته واقعی آب و pH_s اسیدیته اشباع است که از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$pH_s = -\log \left(\frac{K_a \gamma_{Ca^{++}} [Ca^{++}] \gamma_{HCO_3^-} [HCO_3^-]}{K_{sp}} \right) \quad (2)$$

و در نتیجه :

$$pH_s = p[Ca^{++}] + p[HCO_3^-] + C \quad (3)$$

که در روابط فوق، K_a ثابت تعادلی برای حلالیت بی‌کربنات،

پوشش‌ها و زهکش‌ها شوند. از میان نمکهای موجود در خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک، سه ترکیب کربنات کلسیم با حلالیت ۰/۱۳۱ گرم بر لیتر، سولفات کلسیم با حلالیت ۱/۹ گرم بر لیتر و کربنات منیزیم با حلالیت ۲/۵ گرم بر لیتر نمکهایی هستند که معمولاً در این مناطق به وفور یافت شده و دارای حلالیت پایینی هستند. از بین موارد فوق تجمع کربنات منیزیم در خاکها بسیار کم است، در حالیکه دو نمک کربنات کلسیم و سولفات کلسیم به مقدار زیادتری یافت شده و می‌توانند بر اثر رسوب متوالی موجب گرفتگی شوند. کربنات کلسیم (CaCO₃)، نمکی با حلالیت بسیار اندک است که مقدار آن در خاکهای مناطق خشک ممکن است حتی تا ۸۰ درصد وزنی خاک برسد. با توجه به حلالیت اندک، این نمک در خاک سریع رسوب کرده و لایه سختی را بوجود می‌آورد (FAO 1973). رسوب کربنات کلسیم در خاکها تحت تأثیر عواملی نظیر تغییرات سرعت حرکت آب در خاک، تولید گاز دی‌اکسید کربن (CO₂) توسط ریشه گیاه و میکروبیها، تغییرات فشار جزئی (CO₂) در اتمسفر و غلظت کاتیون کلسیم (Ca²⁺) در محلول خاک صورت می‌پذیرد (Bresler et al. 1982). کربنات کلسیم نمکی معکوس است به این معنی که قابلیت حل این ماده با افزایش دما کاهش می‌یابد. همچنین با افزایش اسیدیته (pH) نیز حلالیت آن کاهش می‌یابد (Sheikholeslami 2005, Lindsay 1979). اگر در آبی مقدار بی‌کربنات بیش از ۲ میلی‌اکی‌والان بر لیتر، کلسیم بیش از ۲ تا ۳ میلی‌اکی‌والان بر لیتر و pH > 7/5 باشد، رسوب‌گذاری کربنات کلسیم رخ می‌دهد (Alizadeh 1997, Rogers et al. 2003). میزان رسوب کربنات کلسیم به مقادیر یونهای بی‌کربنات و کلسیم بستگی دارد. ورود گاز دی‌اکسید کربن از آبهای زیرزمینی به اتمسفر و تبخیر آب موجب رسوب کربنات کلسیم در خاک می‌شود. به نظر می‌رسد این مکانیسم در خاکهای نواحی مرطوب نیز مربوط به تجمع کربنات کلسیم می‌باشد (Bohn et al. 1985). وجود یونهای کلسیم، بی‌کربنات و سولفات در خاکها به مقدار زیاد، موجب تشکیل کربنات کلسیم و سولفات کلسیم و رسوب آنها در خاک می‌شود و این رسوبها به سادگی با آبشویی از خاک خارج نمی‌شوند.

در رابطه با پتانسیل تشکیل رسوب کربنات کلسیم در تأسیسات آبرسانی شهری، صنعت، دفع هرز آبها، سیستمهای اسمز معکوس و آبیاری قطره‌ای مطالعات زیادی صورت گرفته است. رسوب این ماده در تأسیسات آبرسانی شهری و صنعت بسیار مورد توجه است، زیرا با رسوب کربنات کلسیم از خوردگی لوله‌ها و وسایل فلزی که با آبهای خورنده در تماس می‌باشند، جلوگیری می‌شود (Metcalf and Eddy 2004). بالعکس در آبیاری قطره‌ای و فیلترهای اسمز معکوس رسوب این ماده موجب گرفتگی و از کار افتادگی سیستم می‌شود (Alizadeh 1997).

برای اجرای پروژه‌های زهکشی نیز پتانسیل رسوب این ماده باید

1 - Langelier Saturation Index

2 - Ryznar Index

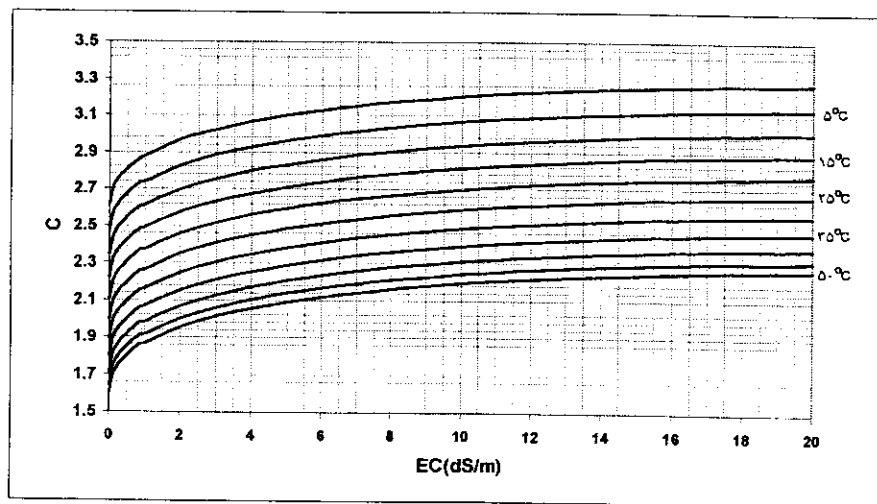
3 - Stiff&Davis Saturation Index

اندازه گیری های زهکشی متداول است، بازنویسی و با توجه به رابطه بدست آمده، شکل ۱ برای تعیین مقادیر C به ازای درجه حرارت و مقدار هدایت الکتریکی ترسیم گردید. مقدار مثبت این شاخص نشان دهنده تمایل آب به رسوب کربنات کلسیم است (Metcalf and Eddy 2004). بزرگی این شاخص نیز نشانگر شدت پتانسیل رسوب گذاری می باشد که معیار آن در جدول ۱ درج شده است.

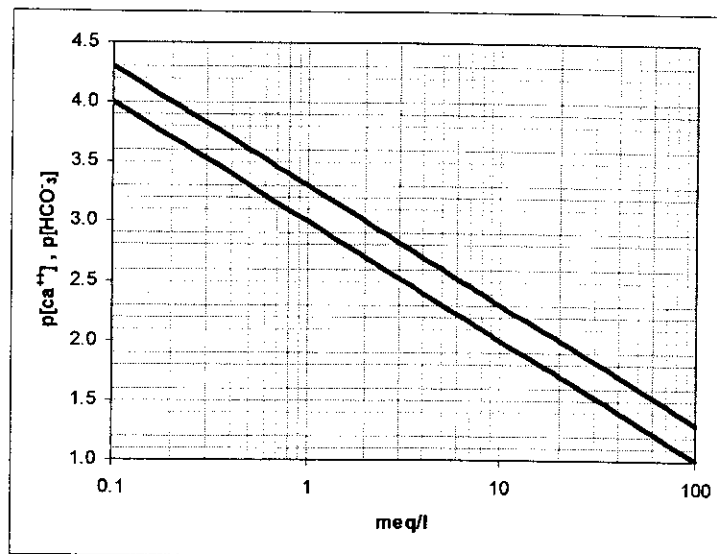
K_{sp} ثابت حاصل ضرب انحلالی برای کربنات کلسیم، $\gamma_{Ca^{++}}$ و $\gamma_{HCO_3^-}$ به ترتیب ضریب فعالیت یون های کلسیم و بی کربنات و $[Ca^{++}]$ و $[HCO_3^-]$ به ترتیب غلظت یونهای کلسیم و بی کربنات بر حسب مول بر لیتر می باشند مقادیر آنها از شکل ۲ محاسبه می گردد. ثابت C به کل نمکهای محلول در آب (TDS) و دمای آب بستگی دارد. این رابطه برحسب هدایت الکتریکی (EC) که در

جدول (۱) - پتانسیل رسوب گذاری کربنات کلسیم به ازای مقادیر مختلف شاخص لانژلیبر (Carrier 1965)

LSI مقدار شاخص	کمتر از صفر	۰-۰/۵	۰/۵-۱	۱-۲	>۲
شدت رسوب گذاری	عدم رسوب گذاری	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد



شکل (۱) - مقادیر C در مقابل هدایت الکتریکی (EC) و درجه حرارت



شکل (۲) - نمودار تبدیل غلظت کلسیم و کربنات به $p[Ca^{++}]$ و $p[HCO_3^-]$

(جدول ۲) - پتانسیل رسوب گذاری کربنات کلسیم به ازای مقادیر مختلف شاخص ریزنار (Carrier 1965)

LSI مقدار شاخص	>۷	۶-۷	۵-۶	۴-۵	<۴
شدت رسوب گذاری	عدم رسوب گذاری	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد

حرارت است. این محققین با استفاده از داده‌های آزمایشگاهی نموداری بین قدرت یونی محلول و درجه حرارت ارائه نمودند. این نمودار با استفاده از رابطه بین قدرت یونی و هدایت الکتریکی تصحیح گردید که مقدار K با توجه به هدایت الکتریکی (EC) و درجه حرارت از شکل ۲ بدست می‌آید. شدت پتانسیل برای این رابطه نیز از جدول ۱ بدست می‌آید.

تجزیه و تحلیل نمونه زه‌آبهای زهکشهای منطقه خوزستان به منظور بررسی پتانسیل رسوب گذاری کربنات کلسیم و شدت آن در زهکشهای کشاورزی، تعداد ۱۸ زهکش که در نقاط مختلف خوزستان قرار داشتند، انتخاب گردید. شکل ۳ موقعیت این زهکشها را نشان می‌دهد. پارامترهای مورد نظر برای محاسبه هر یک از شاخصها، شامل مقدار آنیونها، کاتیونها، هدایت الکتریکی (EC)، اسیدیته (pH) و دمای زه‌آب استخراج گردید (Hosseini et al. 2006). جدول ۳ مقادیر اندازه‌گیری شده پارامترهای مورد نظر را نشان می‌دهد. با استخراج پارامترهای مورد نیاز، مقادیر شاخص‌های لانژلیر، ریزنار و استیف-دیویس برای هر زهکش محاسبه و نتایج با یکدیگر مقایسه شد.

شاخص ریزنار: این شاخص توسط Ryznar در سال ۱۹۴۴ برای تعیین پتانسیل رسوب گذاری کربنات کلسیم ارائه شد. این شاخص نیز مانند شاخص لانژلیر بر پایه مفاهیم تراز اشباع تهیه شده و به صورت زیر است:

$$RSI = 2pH_S - pH \quad (4)$$

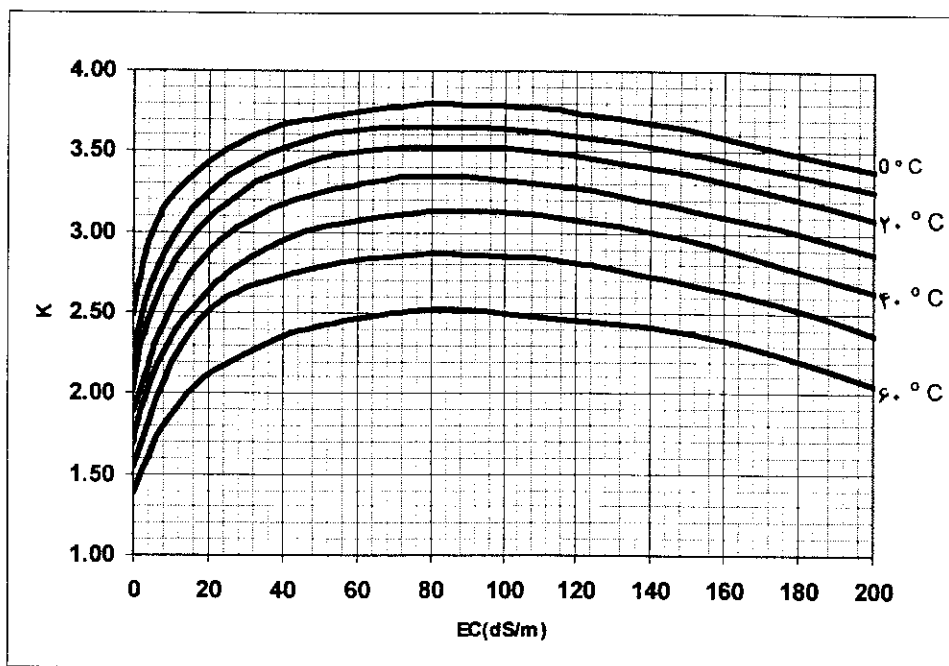
این شاخص شدت پتانسیل رسوب گذاری را کمتر از شاخص لانژلیر برآورد می‌کند. مقادیر مختلف این شاخص در جدول ۲ برای کمی کردن پتانسیل رسوب گذاری ارائه شده است.

شاخص اشباع استیف-دیویس: با توجه به اینکه شاخص لانژلیر برای آبهای با مجموع نمکهای محلول پایین جواب بهتری می‌دهد (TDS < 10000 mg/l)، لذا این شاخص با در نظر گرفتن این نارسایی برای آبهای با غلظت بالای مجموع نمکهای محلول (TDS) پیشنهاد گردیده است (Stiff & Davis 1952 و Sheikholeslami 2005). در این شاخص، میزان حلالیت به کار رفته برای پیش‌بینی pH اشباع (pHs) به صورت تجربی طبق روابط زیر اصلاح شده است:

$$S \& DSI = pH - pH_S \quad (5)$$

$$pH_S = p[Ca^{++}] + p[HCO_3^-] + K \quad (6)$$

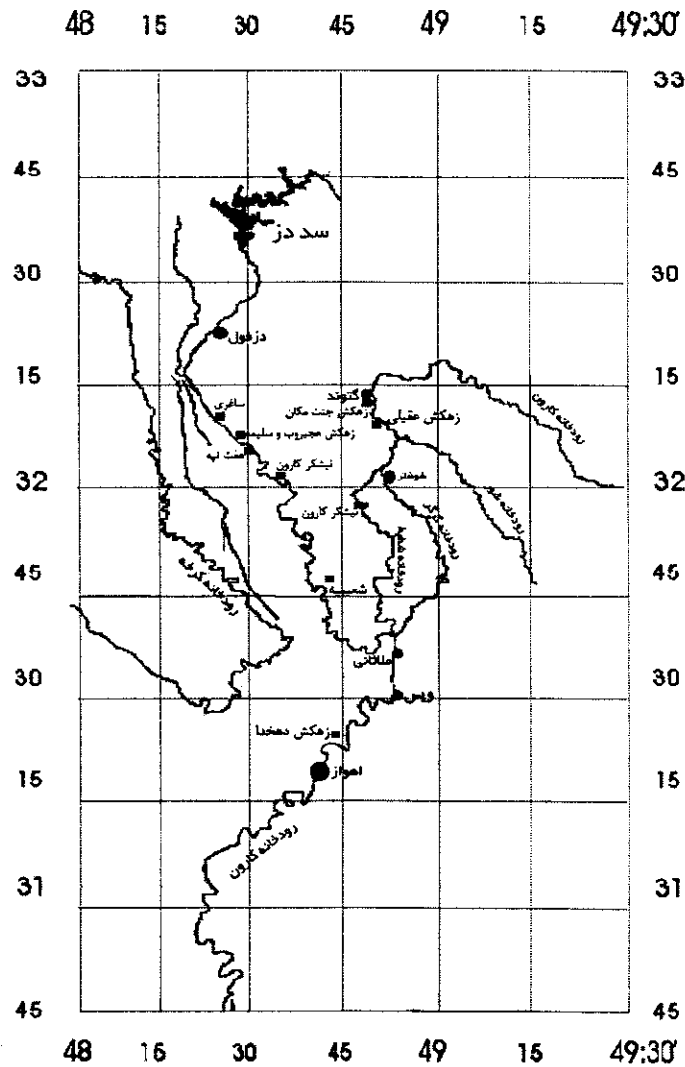
که در روابط فوق مقدار K تابعی از قدرت یونی محلول و درجه



(شکل ۳) - مقادیر K به ازای هدایت الکتریکی (EC) و درجه حرارت

(جدول ۳) - مقادیر پارامترهای اندازه‌گیری شده و شاخص‌های مختلف محاسبه شده برای زهاب زهکشهای مورد مطالعه

ردیف	محل	EC (dS/m)	نسبت جذب سدیمی (SAR)	pH	دما (°C)	Ca ⁺⁺ (meq/lit)	HCO ₃ ⁻ (meq/lit)	p[Ca]	p[HCO ₃]	C	K	LSI	RSI	S&SDI
۱	زهکش دمخا	۱۹/۲۱	۲۵/۲۲	۸/۱	۲۱/۴	۱۷/۱۸	۲/۵۹	۲/۰۷	۲/۵۹	۲/۵۲	۲/۸۲	-۰/۸۲	۶/۲۵	-۰/۶۲
۲	زهکش شمشیه	۷/۰۲	۱۲/۲۶	۷/۷	۲۲/۸	۱۸/۰۶	۲/۷۲	۲/۰۴	۲/۴۲	۲/۵۸	۲/۵	-۰/۶۴	۶/۴۱	-۰/۷۳
۳	زهکش مجتمع نیشکر هفت تپه	۱/۷۵	۰/۸۴	۷/۴	۲۵/۹	۱۲/۶۴	۷/۲	۲/۲۰	۲/۱۴	۲/۳۱	۲/۱۵	-۰/۷۵	۵/۹۱	-۰/۹۱
۴	زهکش کهنک زورآباد	۱/۶۵	۲/۱۴۱	۷/۸	۲۶/۲	۶/۵۶	۴/۱۳	۲/۶۸	۲/۳۸	۲/۳۰	۲/۰۹	-۰/۶۴	۶/۵۲	-۰/۸۴
۵	زهکش L کشت و صنعت کارون	۲/۸۸	۲/۸۴	۷/۷	۲۵/۴	۱۲/۴۱	۵/۲۶	۲/۴۱	۲/۲۷	۲/۳۶	۲/۱۷	-۰/۸۶	۵/۹۷	۱/۰۵
۶	زهکش K کشت و صنعت کارون	۲/۸۵	۲/۸۲	۷/۸	۲۲/۵	۱۵/۲	۴/۲۶	۲/۱۲	۲/۳۶	۲/۴۱	۲/۲۲	-۰/۹۱	۵/۹۸	۱/۰۱
۷	زهکش M	۲/۴۱	۲/۱۹	۷/۷	۲۵/۴	۱۲/۲۸	۴/۷۶	۲/۱۸	۲/۲۲	۲/۳۷	۲/۱۹	-۰/۸۳	۶/۰۳	۱/۰۱
۸	زهکش جنت مکان GE	۲/۰۲	۶/۸۸	۸/۲	۲۷/۴	۱۰/۶۳	۴/۴۸	۲/۲۷	۲/۲۵	۲/۳۶	۲/۲۱	۱/۲۲	۵/۷۶	۱/۳۷
۹	زهکش GD بین جنت مکان و گنبد	۱/۷۱	۲/۴۲	۷/۷	۲۴/۵	۷/۸۲	۴/۳۲	۲/۴۱	۲/۳۷	۲/۳۴	۲/۱۵	-۰/۵۸	۶/۵۴	-۰/۷۷
۱۰	زهکش عقلمی بنه مرتضی	۱/۲۵	۷/۸۰	۷/۶	۲۵/۲	۵/۱۲	۶/۴۷	۲/۵۹	۲/۳۵	۲/۲۸	۲/۰۸	-۰/۳۸	۶/۸۵	-۰/۵۸
۱۱	زهکش لوره	۱/۲۲	۲/۸۸	۷/۹	۲۴/۵	۶/۰۵	۴/۷	۲/۵۲	۲/۳۲	۲/۳۰	۲/۰۸	-۰/۷۶	۶/۳۹	-۰/۹۷
۱۲	زهکش عبیروپ و سلیمه	۰/۶۴	۱/۲۸	۷/۹	۲۲/۷	۲/۸۱	۴/۲	۲/۸۵	۲/۲۸	۲/۳۵	۲/۰۴	-۰/۴۲	۷/۰۶	-۰/۶۳
۱۳	زهکش ساغری	۰/۵۷	۰/۹۹	۸/۵	۲۲/۲	۲/۹۵	۲/۱	۲/۷۰	۲/۵۱	۲/۲۷	۲/۰۳	-۰/۳۲	۶/۹۲	-۰/۵۷
۱۴	هفت تپه دروازه حر ریاحی	۰/۶۷	-۰/۸۵	۷/۶	۲۳	۴/۰۴	۵/۰۱	۲/۶۹	۲/۳۰	۲/۲۷	۲/۰۴	-۰/۳۲	۶/۹۲	-۰/۵۷
۱۵	بین دروازه بلازو و کعبه بی بی	۱/۰۴	۱/۰۹	۷/۷	۲۲/۶	۶/۳۸	۵/۵۸	۲/۵۰	۲/۲۵	۲/۳۰	۲/۰۶	-۰/۶۵	۶/۳۹	-۰/۸۹
۱۶	باینس مزرعه ۵۱۶	۰/۷۳	۱/۰۸	۸/۱	۲۵	۲/۲۲	۵/۵۲	۲/۲۷	۲/۲۶	۲/۲۳	۲/۰۴	-۰/۸۴	۶/۴۱	۱/۰۳
۱۷	شور دشت بزرگ	۴/۱	۷/۰۳۸	۷/۹	۲۱/۲	۲۲/۰۹	۱/۵۸	۱/۸۸	۲/۸۰	۲/۵۲	۲/۰۵	-۰/۷۹	۶/۳۲	-۰/۲۷
۱۸	زهکش کشت و صنعت کارون به شطیط	۲/۴۹	۶/۴۶	۷/۹	۲۵	۱۳/۵۹	۴/۵۴	۲/۱۷	۲/۳۴	۲/۳۸	۲/۱۹	۱/۰۱	۵/۸۸	۱/۲۰



(شکل ۴) - موقعیت زهکشهای کشاورزی مورد مطالعه در استان خوزستان

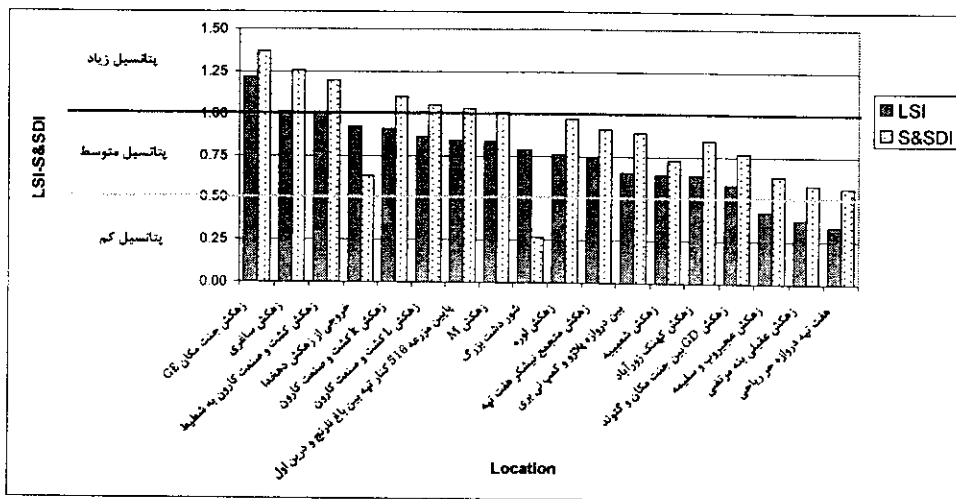
نتایج و بحث

الکتریکی‌های کمتر از ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر شاخص لانتزیر مناسب‌تر است در حالیکه برای سطوح هدایت الکتریکی‌های بیش از ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر شاخص استیف-دیویس مناسب‌تر می‌باشد. با توجه باین امر، نمودار این دو شاخص ترکیب شده و تبدیل به یک نمودار گردید و محاسبات با توجه به سطح هدایت الکتریکی انجام شد (شکل‌های ۷ و ۱۰). در میان زهکش‌های مورد مطالعه، زهکش جنت مکان با توجه به شکل‌های ۵ و ۶ در هر سه شاخص دارای حداکثر پتانسیل رسوب‌گذاری است، که این امر به دلیل بالا بودن اسیدیته و مقدار بی‌کربنات و کلسیم در زه‌آب این زهکش است. همانگونه که در بخش پیشین ذکر گردید پتانسیل رسوب‌گذاری تابعی از اسیدیته و میزان بی‌کربنات و کلسیم است و با آنها رابطه مستقیم و با هدایت الکتریکی رابطه معکوس دارد بدین معنی که هر چه مقدار هدایت الکتریکی افزایش یابد پتانسیل رسوب‌گذاری کاهش می‌یابد.

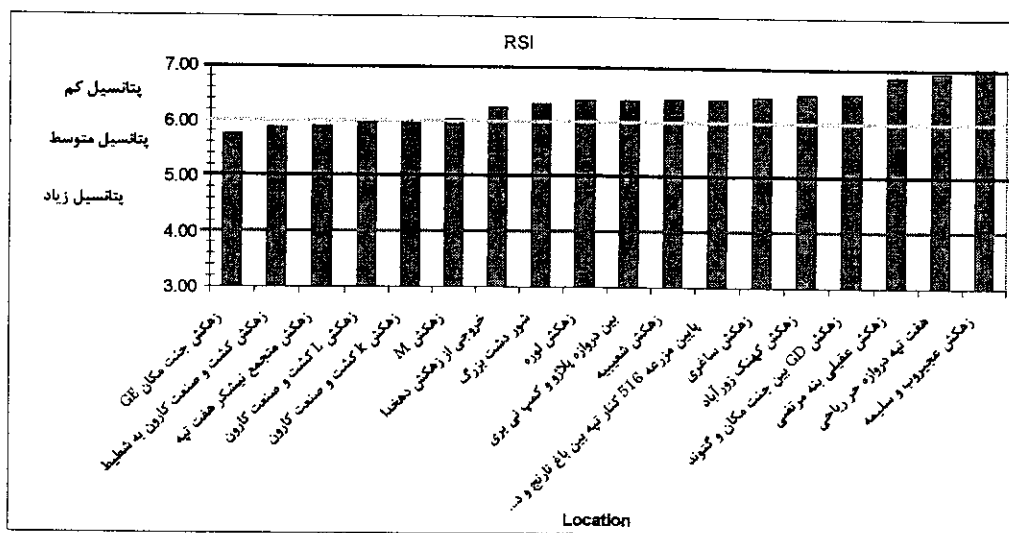
شکل‌های ۵ و ۶ به ترتیب مقادیر محاسبه شده شاخص‌های لانتزیر، ریزنار و استیف-دیویس را نشان می‌دهند. همانگونه که از این شکل‌ها مشاهده می‌شود با توجه به معیارهای رسوب‌گذاری بیان شده برای هر شاخص، برای همه زهکش‌ها، پتانسیل رسوب‌گذاری کربنات کلسیم وجود دارد اما شدت پتانسیل رسوب‌گذاری در هر زهکش متفاوت است. همانگونه که در بخش مبانی نظری نیز به آن اشاره شد، شاخص لانتزیر برای سطوح پایین مجموع نمک‌های محلول مناسب است. با مقایسه مقادیر شاخص‌های لانتزیر و استیف-دیویس مشخص می‌شود که برای هدایت الکتریکی‌های کمتر از ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر برآورد شاخص استیف-دیویس بیشتر از شاخص لانتزیر است، در حالیکه برای هدایت الکتریکی‌های بیش از ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر برآورد شاخص لانتزیر بیشتر است. بنابراین برای سطوح هدایت

میلی‌اکی‌والان بر لیتر) بنابراین پتانسیل رسوب گذاری بسیار کم می‌باشد و لذا شاخص استیف-دیویس برآورد بهتری نسبت به ریزنار ارائه می‌دهد. با مقایسه دو شاخص لانتزلیبر و ریزنار مشخص می‌شود که برای شاخص ریزنار اگر زهکشی دارای پتانسیل بالای رسوب گذاری است مقادیر اسیدیته آب، میزان بی‌کربنات و کلسیم بالا می‌باشد در حالیکه شاخص لانتزلیبر بیشتر تابع اسیدیته آب است و اگر اسیدیته آب بالا باشد با وجود مقادیر کم بی‌کربنات و کلسیم، این شاخص برآورد بیشتری را بدست خواهد داد. این امر بدین معنی است که شاخص ریزنار برآورد منطقی تری را نسبت به شاخص لانتزلیبر ارائه می‌دهد. بنابراین با توجه به تجزیه و تحلیل نتایج در برآورد شدت پتانسیل رسوب گذاری کربنات کلسیم، برای هدایت الکتریکی‌های کمتر از ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر شاخص ریزنار و برای هدایت الکتریکی‌های بیشتر از ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر برآورد شاخص استیف-دیویس مناسب‌تر می‌باشند.

همچنین از این شکلها مشخص می‌شود که شدت پتانسیل‌های رسوب گذاری برای شاخص‌های مختلف متفاوت است. تفاوت میان شاخص لانتزلیبر و استیف-دیویس را همانگونه که بیان شد، می‌توان به عدم برآورد مناسب شاخص لانتزلیبر در شوریهایی بیش از ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر نسبت داد. بررسی نتایج نشان می‌دهد که برای شورهای کمتر از ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر شاخص ریزنار شدت پتانسیل رسوب گذاری را کمتر از دو شاخص دیگر برآورد می‌کند در حالیکه برای شوریهایی بیش از این حد، برآورد شاخص ریزنار با شاخص استیف-دیویس تقریباً یکسان شده و در شوریهایی بیش از ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر شاخص استیف-دیویس برآورد کمتری را نشان می‌دهد. به عنوان مثال برای شاخص استیف-دیویس، زهکش شور دشت بزرگ دارای کمترین پتانسیل رسوب گذاری است در حالیکه در شاخص ریزنار این زهکش دارای موقعیت میانی است. با توجه به اینکه میزان بی‌کربنات در این مورد بسیار پایین است (کمتر از ۲



(شکل ۵) - مقادیر محاسبه شده شاخص لانتزلیبر و استیف-دیویس برای زهکشهای مورد مطالعه

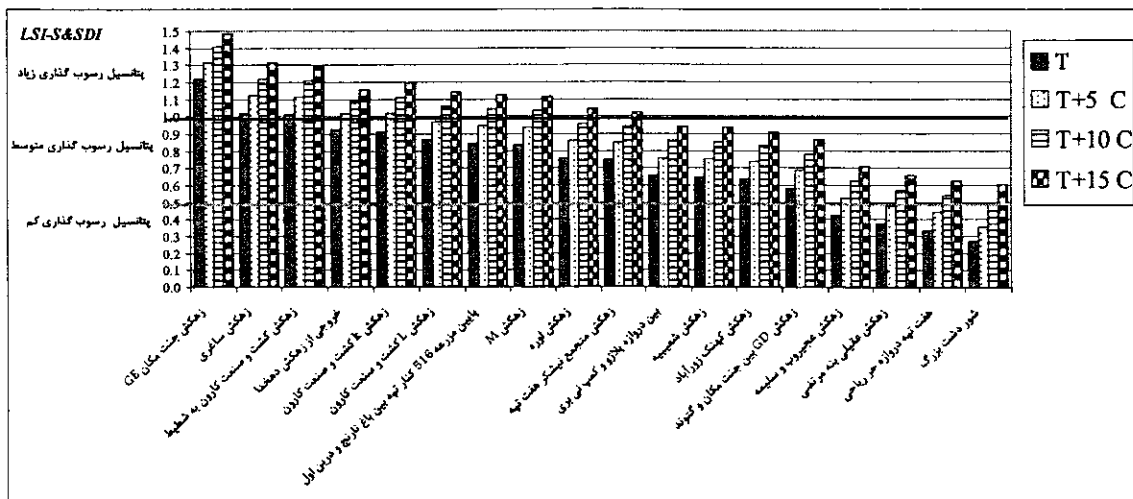


(شکل ۶) - مقادیر محاسبه شده شاخص ریزنار برای زهکشهای مورد مطالعه

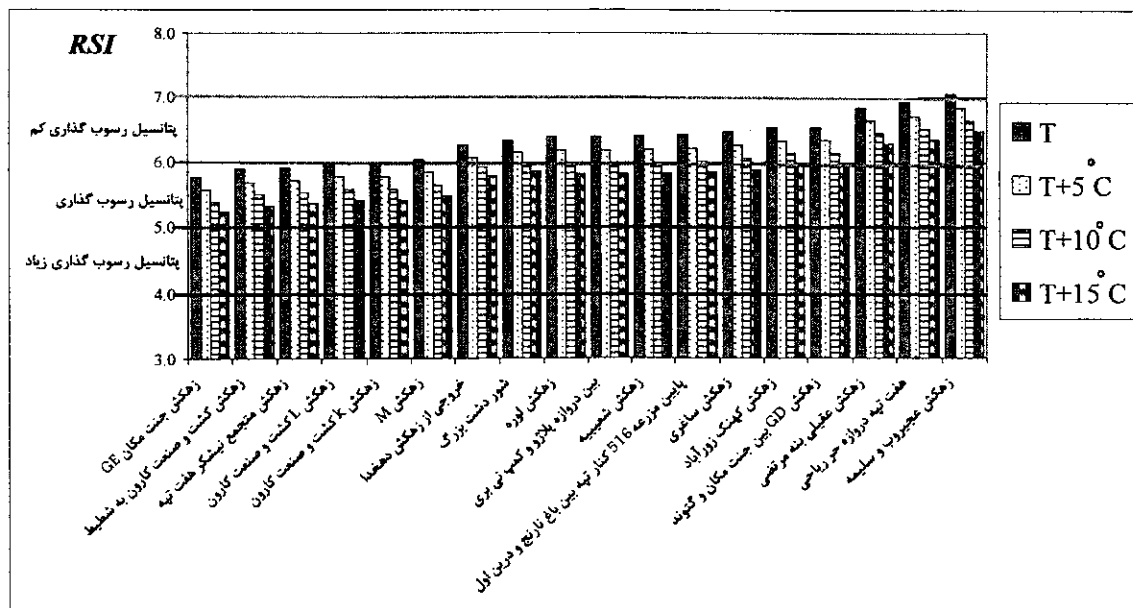
اثر دما بر شدت پتانسیل رسوب گذاری

شکل های ۷ و ۸ مقادیر شاخصهای لائزیر، استیف-دیویس و ریزنار را به ازای افزایش ۵، ۱۰ و ۱۵ درجه سانتیگراد نشان می دهند. همانگونه که ملاحظه می شود با افزایش درجه حرارت، پتانسیل رسوب گذاری افزایش می یابد، به گونه ای که با افزایش ۱۵ درجه سانتیگراد برای شاخص لائزیر و استیف-دیویس، تعداد زهکشهای مورد مطالعه در محدوده رسوب گذاری زیاد از ۲۰ درصد به ۶۰ درصد افزایش می یابد. همانگونه که از شکل ۹ مشخص است با افزایش درجه حرارت، شیب منحنی تغییرات پتانسیل رسوب گذاری کاهش می یابد. به عنوان مثال هنگامی که حرارت آب از ۵ به ۱۰ درجه

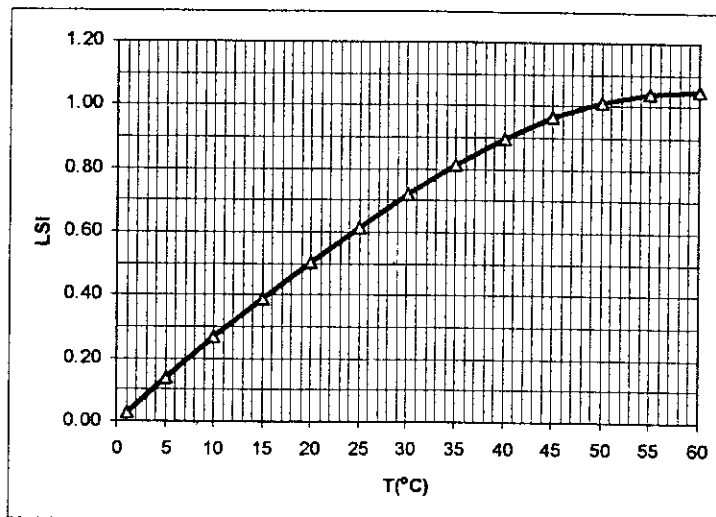
سانتیگراد افزایش می یابد، تغییرات شاخص لائزیر به اندازه ۰/۱۴ واحد است در حالیکه افزایش حرارت از ۵۵ درجه به ۶۰ درجه سانتیگراد تنها موجب افزایش ۰/۰۱ واحد در شاخص لائزیر می شود. با توجه به این موضوع، در اجرای زهکشها لازم است تغییرات درجه حرارت و پتانسیل رسوب گذاری لحاظ گردیده و برای مناطق با پتانسیل رسوب گذاری زیاد بهتر است زمانی انتخاب شود که تغییرات درجه حرارت زیاد نباشد. در ضمن به این نکته نیز باید توجه داشت که با افزایش درجه حرارت، حلالیت کربنات کلسیم کاهش می یابد. در این تحلیل شاخص ریزنار نیز روندی مشابه فوق دارد.



(شکل ۷) - مقدار شاخص لائزیر و استیف-دیویس برای افزایش حرارت به میزان ۵، ۱۰ و ۱۵ درجه سانتیگراد



(شکل ۸) - مقدار شاخص ریزنار برای افزایش حرارت به میزان ۵، ۱۰ و ۱۵ درجه سانتیگراد



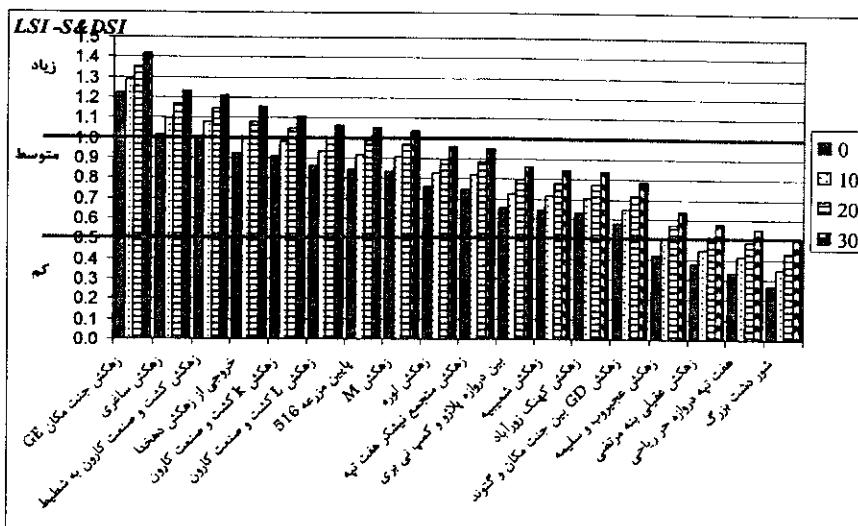
(شکل ۹) - تغییرات شاخص لانتزلیر با توجه به تغییرات درجه حرارت زه‌آب

میزان این تغییرات به ترتیب برای شاخص‌های لانتزلیر، استیف-دیویس و ریزنار به طور متوسط برابر ۰/۰۷، ۰/۰۸ و ۰/۱۴ به ازای هر ۱۰٪ افزایش نمکها است.

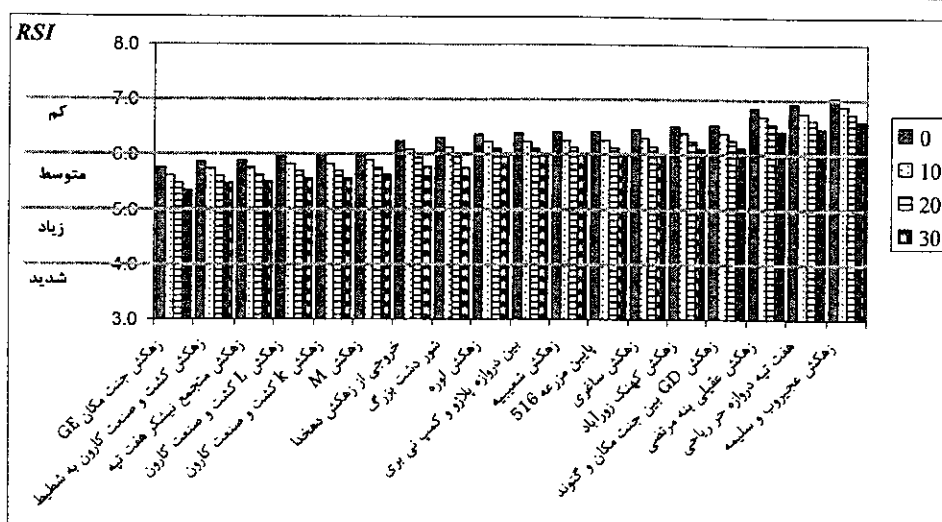
نتیجه گیری

مطالعه حاضر بر روی پتانسیل رسوب‌گذاری زه‌آبهای زهکش‌های کشاورزی استان خوزستان با استفاده از سه شاخص ریزنار، لانتزلیر و استیف-دیویس صورت پذیرفت. بر اساس مطالعات پیشین، آبی که دارای شرایط زیر باشد رسوب‌گذاری کربنات کلسیم در آن اتفاق می‌افتد:

اثر افزایش میزان املاح بر شدت پتانسیل رسوب‌گذاری
 شکل‌های ۱۰ و ۱۱ مقادیر شاخصهای لانتزلیر و استیف-دیویس و ریزنار را به ازای افزایش ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد میزان کل نمکها نشان می‌دهند. در این بررسی با فرض ثابت بودن درجه حرارت و اسیدیته فرض شده که هر یک از کاتیونها و آنیونهای موجود در آب به میزان ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد نسبت به مقدار اولیه افزایش یافته است. افزایش میزان نمکها از طرفی موجب افزایش هدایت الکتریکی می‌گردد که این امر خود باعث کاهش شدت پتانسیل رسوب‌گذاری شده و از طرف دیگر، افزایش میزان بی‌کربنات و کلسیم موجب افزایش پتانسیل رسوب‌گذاری می‌گردد. همانگونه که از شکل‌های مذکور مشاهده می‌شود افزایش میزان نمکها موجب افزایش شدت پتانسیل رسوب‌گذاری شده، ولی مقدار افزایش برای هر شاخص ثابت می‌باشد.



(شکل ۱۰) - تغییرات شاخص‌های لانتزلیر و استیف-دیویس به ازای تغییرات میزان نمکهای موجود در زهکشهای مورد مطالعه



شکل ۱۱- تغییرات شاخص ریزنار به ازای تغییرات میزان نمکهای موجود در زهکشهای مورد مطالعه

می باشد، اما در این حرارت ها آب تبخیر شده و بنابراین میزان نمکهای باقیمانده در آب افزایش می یابد که این امر خود منجر به افزایش پتانسیل رسوب گذاری می شود.

مراجع

Alizadeh A. (1997). Principle and practices of trickle irrigation. Emam Reza University publisher. In Persian.

Bohn H., McNeal B. and O'Connor G. (1985), Soil chemistry, Wiley Interscience, New York, 329pp

Bresler, E., McNeal, B.L., and Carter, D.L. (1982). Saline and sodic soil (principles-dynamics-modeling), Springer-Verlag, Berlin, Germany.

Carrier Air Conditioning Company., (1965). Handbook of Air Conditioning System Design. McGraw-Hill Books. New York.

FAO. (1973). Irrigation, drainage and salinity. Pub 113. 510pp.

Giroud J.P. (1996). Granular filters and Geotextile filters. Proceedings of Geofilter Montral, Quebec 97, 565-680.

Hosseini Zare, N., Saadati, N., and Comaie, h. (2006), Investigation of quantitative and qualitative condition of agricultural drainage water and their effects on water resource quality of Khozestan province. National seminar of management of irrigation and drainage networks. 1455-1464. In Persian

Langelier WF. (1946). The analytical control of anti-corrosion water treatment. J of American Water Work Ass. 28(10).p1500

Lindsay W.L. (1979). Chemical equilibria in soils. Wiley Interscience, New York, 448pp

Metcalf and Eddy Inc., Tchobanoglous, G, Burton F. L., Stensel H. D (Authors). (2004). Wastewater

میزان آنیون بی کربنات آن بیش از ۲ میلی اکی والان بر لیتر، میزان کاتیون کلسیم آن بیش از ۲/۵ میلی اکی والان بر لیتر و اسیدیته آن بیش از ۷/۵ باشد.

شاخص های مربوطه نشان دهنده تمایل به رسوب کربنات کلسیم باشند ($LSI > 0$, $RSI < 7$ و $S\&SDI > 0$).

نتایج این تحقیق با استفاده از معیارهای بیان شده فوق منجر به نتایج زیر گردیده است:

- با توجه به کیفیت نمونه های زه آب تهیه شده، تمام زهکشهای منطقه مورد مطالعه دارای پتانسیل رسوب گذاری کربنات کلسیم می باشند.

- شدت پتانسیل رسوب گذاری بسته به میزان آنیون بی کربنات، کاتیون کلسیم، دما و اسیدیته آب متفاوت خواهد بود.

- شاخص ریزنار برای هدایت الکتریکی کمتر از ۲۰ دسی زیمنس بر متر برآورد مناسب تری از شدت پتانسیل رسوب گذاری ارائه می دهد، در حالیکه برای هدایت الکتریکی بیش از ۲۰ دسی زیمنس بر متر شاخص استیف-دیویس برآورد مناسب تری را بدست می دهد.

- برای طراحی زهکشها باید شدت پتانسیل رسوب گذاری کربنات کلسیم در نظر گرفته شود در غیر این صورت عدم توجه به این مسأله می تواند موجب رسوب شدید کربنات کلسیم و عدم کارایی سامانه های زهکشی گردد.

- اجرای زهکشها برای مناطقی که پتانسیل رسوب گذاری بالایی دارند باید زمانی صورت پذیرد که تغییرات درجه حرارت زیاد نباشد. در شرایطی که این تغییرات زیاد باشد می تواند منجر به افزایش قابل توجه شدت پتانسیل رسوب گذاری شود.

- تغییرات شدت پتانسیل رسوب گذاری در حرارت های بالا کم

- carbonate. Pet Trans AIME. 195.
- Vlotman W.F., Willardson L.S. and Dierickx. W. (2001). Envelope design for subsurface drains. ILRI Publication. Pub No 56
- Rogers, Danny H. , Lamm, F. R., Alam, M.(2003). Subsurface Drip Irrigation Systems (SDI) Water Quality Assessment Guidelines. Kansas Research and Extension. pp 8.
- Engineering Treatment and Reuse. 4th ed., McGraw-Hill Pub., pp 1821.
- Ryznar JW. (1944). A New index for determining amount of calcium carbonate scale formed by a water. J of American Water Work Ass.,36(4).p472
- Sheikholeslami., R. (2005). Scaling potential index (SPI) for CaCO₃ based on Gibbs free energy. AIChE Journal. 51(6). 1782-1789.
- Stiff JHA, Davis LE. (1952). A Method For predicting the tendency of oil field water to deposit calcium

تاریخ دریافت: ۸۷/۲/۲۵

تاریخ پذیرش: ۸۸/۲/۱۶

Evaluation of Potential Calcium Carbonate Precipitation in Agricultural Tile Drains

M. Ghobadi Nia^{1*}, H. Rahimi², T. Sohrabi²

Abstract

Physical or chemical clogging can obstruct a drain envelope and disable agricultural drainage systems. Chemical clogging can be formed by various substances. First step in recognizing clogging phenomena is to find out about precipitation materials. Calcium carbonate is a substance with low solubility that can be precipitated rapidly and makes the hard pan layer and obstruct the drain envelope. This study investigates the potential of calcium carbonate precipitation existing in agricultural drainage water in Khuzestan province. In this study three indicators such as Langelier, Ryznar and Stiff&Davis index were used to find out the potential of calcium carbonate precipitation in agricultural drainage water. Results showed that all of agricultural drainage systems in this study area have potential of calcium carbonate precipitation but the severity of precipitation potential is varied. In the meantime results also showed that the Stiff&Davis and Ryznar indexes in comparison with Langelier index have better estimation for determination of potential calcium carbonate precipitation.

Keywords: Clogging, Drainage, Calcium carbonate, precipitation indexes

1 - PhD Candidate of Irrigation and Reclamation Dept of University of Tehran (Corresponding author Email: mahdi.ghobadi@gmail.com)

2 - Professors, Irrigation and Reclamation Dept. Univ of Tehran