

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

وَمَا يَسْتَوِي الْبَحْرَانِ هَذَا عَذْبٌ فُرَاتٌ سَائِغٌ شَرَابُهُ وَهَذَا
مِلْحٌ أُجَاجٌ وَمِنْ كُلٍّ تَأْكُلُونَ لَحْمًا طَرِيًّا وَتَسْتَخْرِجُونَ حَبِيَّةً
تَلْبَسُونَهَا وَتَرَى الْفَلَكَ فِيهِ مَوَاحِرَ لَتَبْتَغُوا مِنْ فَضْلِهِ وَلَعَلَّكُمْ
تَشْكُرُونَ

و هرگز آن دو دریا که آب این یک شیرین و گوارا و آن دگر شور و تلخ است یکسان نیستند، با
وجود این شما از هر دو، گوشت تازه تناول می کنید و زیورها از آن استخراج کرده که در پوشیده و
زیب و زیور تن می سازید، و در آن کشتیها روان بینی تا از فضل خدا (کسب و تجارت کرده و
روزی) طلبید و باشد که شکر گزار (نعمتش) گردید»

(سوره مبارکه فاطر آیه دوازدهم)



نیم قرن تحقیق بر روی شوری خاک در گروه مهندسی علوم خاک دانشگاه تهران

Soil Science Department گروه مهندسی علوم خاک

محمد حسین محمدی

دانشیار دانشگاه تهران

در پنجاه سال گذشته بیش از صد پژوهش بر روی شوری خاک انجام شده است.

جمع بندی در هفت محور

۱- اندازه گیری و بر آورد ویژگی های خاک های شور و سدیمی

۲- تاثیر شور و سدیمی بودن بر ویژگی های خاک

۳- رابطه گیاه و شوری و سدیمی خاک

۴- تاثیر پوشش گیاهی و پوسته های زیستی بر شوری خاک

۵- آبخویی و جابجایی املاح و مدلسازی آنها

۶- تشکیل و گسترش خاک های شور و هشدارهای مربوطه

۷- روابط بیولوژیک در شرایط شور



تعریف خاک شور

$EC_e > 4 \text{ dS/m}$ (Richards 1954)

$EC_e > 2 \text{ dS/m}$ (SSSA)

$C > 0.1\%$ (Shreeja 2010)

$C_{NaCl} > 50 \text{ mmol/l}$ (Munns 2010)

$C_{Cl^-} > 10 \text{ mmol/l}$ (Bernstein (1965)

Crop dependent.

۵۰ درصد از اراضی فاریاب مناطق خشک و نیمه خشک جهان (۳۰ درصد از کل اراضی قابل کشت جهان) تحت تاثیر درجات مختلفی از شوری قرار گرفته اند. هر دقیقه در جهان حدود ۳ هکتار از اراضی قابل کشت به دلیل شور شدن خاک از بین میروند (بورینگ ۱۹۷۹).

وسعت خاکهای متاثر از شوری در ایران گزارش شده توسط محققین مختلف

محقق	سطح خاک شور (میلیون هکتار)	سطح نسبی خاک شور (%)
دیوان و فاموری (1964)	15/5	9/4
مسعود (1977)	27	16/3
موسسه تحقیقات خاک و آب (1987)	18/0	10/9
دنت و همکاران (1992)	21/1	12/8
سیادت و همکاران (1997)	23	13/9
پذیرا و صادق زاده (1998)	24	14/6
فانو (2000)	34	20/6
بنایی (2000)	45/2	27/4
4/9 کمی شور، 18/9 شور متوسط ، 21/4 به شدت شور)		
موسسه تحقیقات خاک و آب (1389)	5 میلیون هکتار	
سیاری و محمودی (2002)	25	15/2
چراغی (2004)		



LEGEND

- Mountain Ranges, None Saline ($EC_e < 4$ dS/m)
- Slightly Salt-affected ($EC_e = 4-8$ dS/m)
- Moderately Salt-affected ($EC_e = 8-16$ dS/m)
- Severely Salt-affected ($EC_e > 16$ dS/m)
- Miscellaneous (Salt Marsh, Salt Pan, Salt Dune)

50% از اراضی فاریاب

۱-اندازه‌گیری و برآورد ویژگی‌های خاک‌های شور و سدیمی

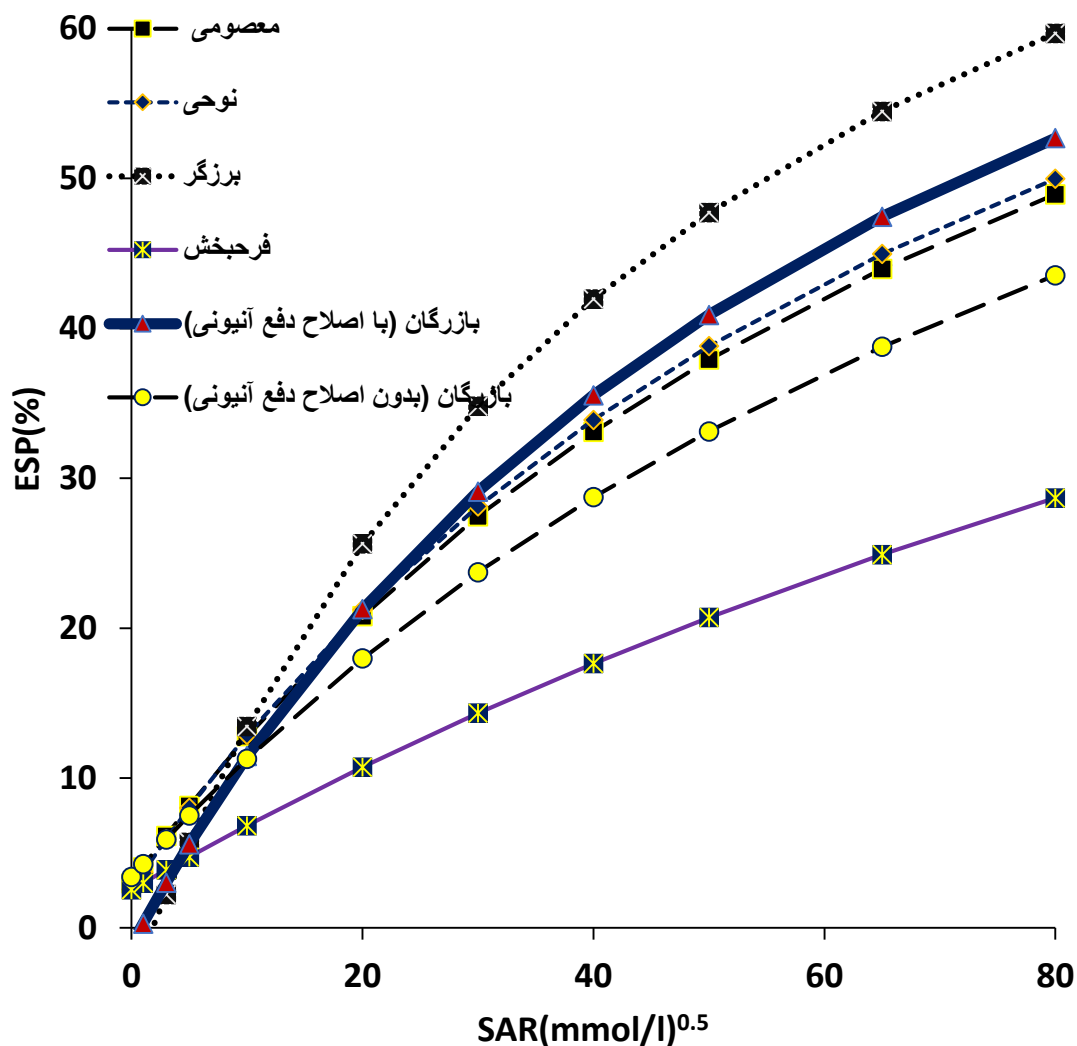
$$TSS(mmole/l) = 10 EC (dS/m) \quad \text{رابطه رایج:}$$

$$TSS(mmole/l) = 10.911EC^{1.0222} \quad (dS/m) \quad 3 < EC(dS/m) < 250 \quad (\text{فرحبخش ۱۳۷۵})$$

برآورد رابطه به دست آمده در ایران در EC‌های برابر با ۵ و ۵۰ به ترتیب ۱۳٪ و ۱۸٪ از رابطه (آزمایشگاه شوری آمریکا) بیشتر است.

روش استفاده از استات آمونیوم و کلرور باریم برای **اندازه‌گیری CEC** در خاک‌های شور مناسب نیست. مقدار pH زیاد در خاک‌های شور سدیمی و سدیمی عامل خطای اصلی روش باور در تعیین CEC این خاک‌ها است (کلباسی ۱۳۵۲).

۱-اندازه‌گیری و برآورد ویژگی‌های خاک‌های شور و سدیمی



شماره	منبع	رابطه ESP(%)-SAR(mmol/l) ^{0.5}	تعداد نمونه	محل و پراکندگی نمونه‌ها
1	Masoumi, (1973)	$ESP = \frac{100(0.0116SAR + 0.0306)}{1 + (0.0116SAR + 0.0306)}$	3	اراضی شور دشت قزوین
2	Nouhi (1979)	$ESP = \frac{100(0.01216SAR + 0.02635)}{1 + (0.01216SAR + 0.02635)}$	3	برخی خاک‌های زراعی کرج
3	(1980) Barzgar	$ESP = \frac{100(0.1893SAR - 0.0341)}{1 + (0.1893SAR - 0.0341)}$	75	منطقه اهواز امیدیه و کوت عبدالله
4	Farahbakh sh and Toufighi (1997)	$ESP = \frac{100(0.0047SAR + 0.02619)}{1 + (0.0047SAR + 0.02619)}$	50	غالباً از استان خوزستان (R ² =50%)
5	Bazargan (1997)	$ESP = \frac{100(0.0092SAR - 0.03522)}{1 + (0.0092SAR - 0.03522)}$	80	بدون اصلاح اثر دفع آنیونی (R ² =51%)
6	Bazargan (1997)	$ESP = \frac{100(0.01406SAR - 0.0111)}{1 + (0.01406SAR - 0.0111)}$	80	کل کشور بعد از اصلاح اثر دفع آنیونی (R ² =81%)

۱- اندازه‌گیری و برآورد ویژگی‌های خاک‌های شور و سدیمی

➤ افزایش شوری منجر به بیش‌برآوردی رطوبت و کم‌برآوردی **EC** به ویژه در خاکهای رسی با روش **TDR** می‌گردد. (Namdar-Khojasteh and Shorafa 2010)

➤ تکنیک القای الکترومغناطیسی (**EM**) برای اندازه‌گیری شوری و یا مقاومت الکتریکی ظاهری خاک در خاکهای سطحی شور خطای قابل ملاحظه ای دارد. (Taghizadeh-Mehrjerdi et al., 2013).

➤ روش اکسیداسیون تر، مقدار کربن آلی خاک‌های شور را حدود ۱۱٪ بیش از مقدار واقعی آن برآورد می‌کند (Bahadori and Toufighi 2017).

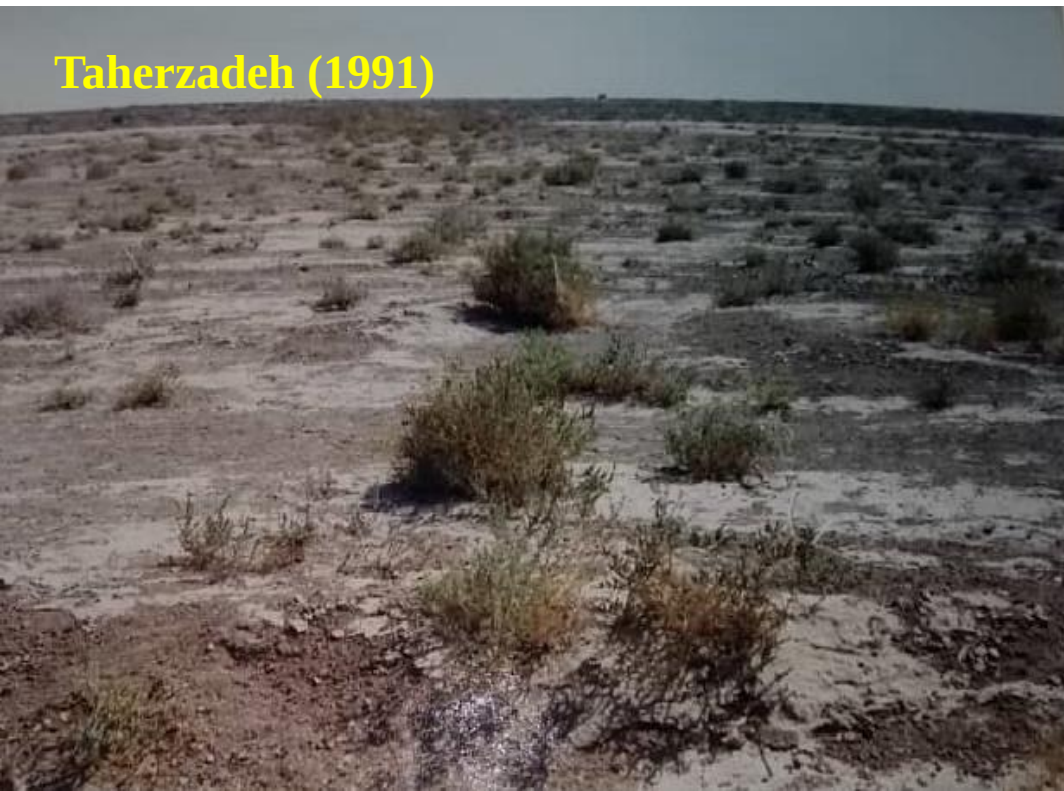
➤ در تعیین بافت خاکهای شور و شور سدیمی، لازم است کل مواد سیمانی شامل مواد آلی، اکسیدهای آهن و آلومینیم و املاح محلول در آنها حذف شود. (Yavari 2019).

۱- اندازه‌گیری و برآورد ویژگی‌های خاک‌های شور و سدیمی

➤ به دلیل حضور املاح فراوان، طیف تابش و بازتابش خاک‌های شور با خاک‌های غیر شور متفاوت است.

➤ تصاویر ماهواره‌ای TM را برای تفکیک و تشخیص اراضی شور و مناطق دارای پوشش پراکنده سالسولا مناسب بوده و اولویت بعدی را به تصاویر TSS اختصاص دارد. (Taherzadeh 1991)

Taherzadeh (1991)



➤ برای تفکیک خاک‌های شور به تمام باندهای سنجنده ماهواره IRS نیاز است تلفیق مدل رقومی ارتفاع (DEM) می‌تواند موجب افزایش دقت در تفکیک خاک‌های شور و غیر شور شوند. (Khodadadi 2010)

➤ سنجنده ASTER نسبت به دو سنجنده ETM و LISS قدرت بیشتری در تفکیک کلاس‌های شوری خاک دشت قزوین دارد (Khodadadi 2007).

۲-تاثیر شور و سدیمی بودن بر ویژگی‌های خاک

➤ درجه شوری و سدیمی آب نقش اساسی در نفوذپذیری و هدایت هیدرولیکی خاک دارد. (Fallahi 1971)

➤ مدل‌های **PTF** توسعه یافته برای خاک‌های غیرشور دقت کافی در برآورد منحنی رطوبتی خاک‌های شور ندارند. (Khoshnood-Yazdi 1981)

➤ عامل شوری باید به عنوان یک متغیر مستقل در توسعه **PTF** ها وارد شود (Khaleghpanah et al., 2013)

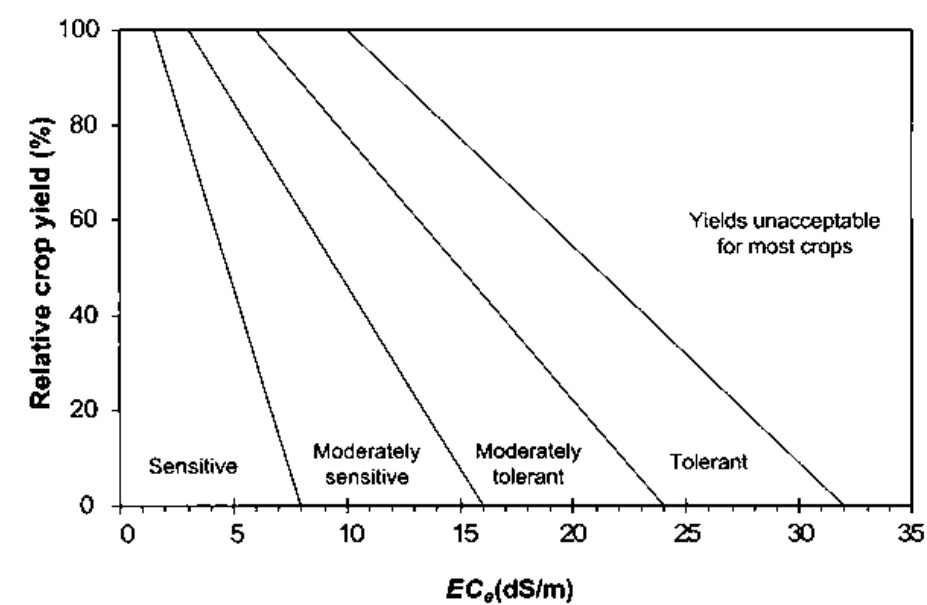
➤ بخشهای خشک منحنی رطوبتی تحت تاثیر شوری خاک است. (Mohammadi and Meskini-Vishkaei 2012).

➤ شوری آب آبیاری تاثیر زیادی بر میزان رطوبت در **ضریب ظرفیت زراعی** (مفهوم جدید) دارد. (Ghezelbash 2016)

۲-تاثیر شور و سدیمی بودن بر ویژگی‌های خاک

- در خاک‌های شور سدیمی ۲۰ الی ۳۰ کیلوگرم در هکتار پلی‌آکریل‌آمید بیشترین تاثیر را در کاهش فرسایش دارد.
- مصرف حداقل ۲۵ کیلوگرم پلی‌آکریل‌آمید و یا ۵ تن در هکتار کمپوست آزولا برای کاهش معنی‌دار درصد سدیم تبادلی و رواناب توصیه می‌کند
- استفاده بیش از ۳۰ تن در هکتار کمپوست قارچ می‌تواند باعث شور شدن خاک شود (Heydari et al., 2016).
- در کاهش درجه سدیمی خاک و بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک مخلوط گچ و کود سبز توصیه شده است. (Siavashi 2016)
- در اصلاح خاک‌های شور و سدیمی، تاثیر ورمی کمپوست بیش از کود آزولا و کود گاوی است (Sharifi, 2017).

۳- رابطه شوری و سدیمی خاک با گیاه



حد آسنانه کاهش عملکرد (dS/m)	نام محقق	سال	حد گزارش شده توسط FAO ۱۹۹۲
۳	بختیاری	۱۹۷۶	نیمه حساس
۶	فرشی	۱۹۷۹	۰.۹
۴	اسدی	۲۰۰۹	۲

حدود تحمل به شوری گیاه در خاک‌هایی با خصوصیات مختلف، متفاوت است و با کاهش جرم مخصوص ظاهری، تحمل به شوری گیاه بیشتر می‌شود. بنابراین بر خلاف آنچه در جدول‌های توصیه شده فائو وجود دارد، نمیتوان یک مقدار ثابت را به عنوان حد تحمل به شوری گیاه فرض کرد (Asadi 2020).

۳- رابطه شوری و سدیمی خاک با گیاه

عوامل کاهنده اثر تنش شوری

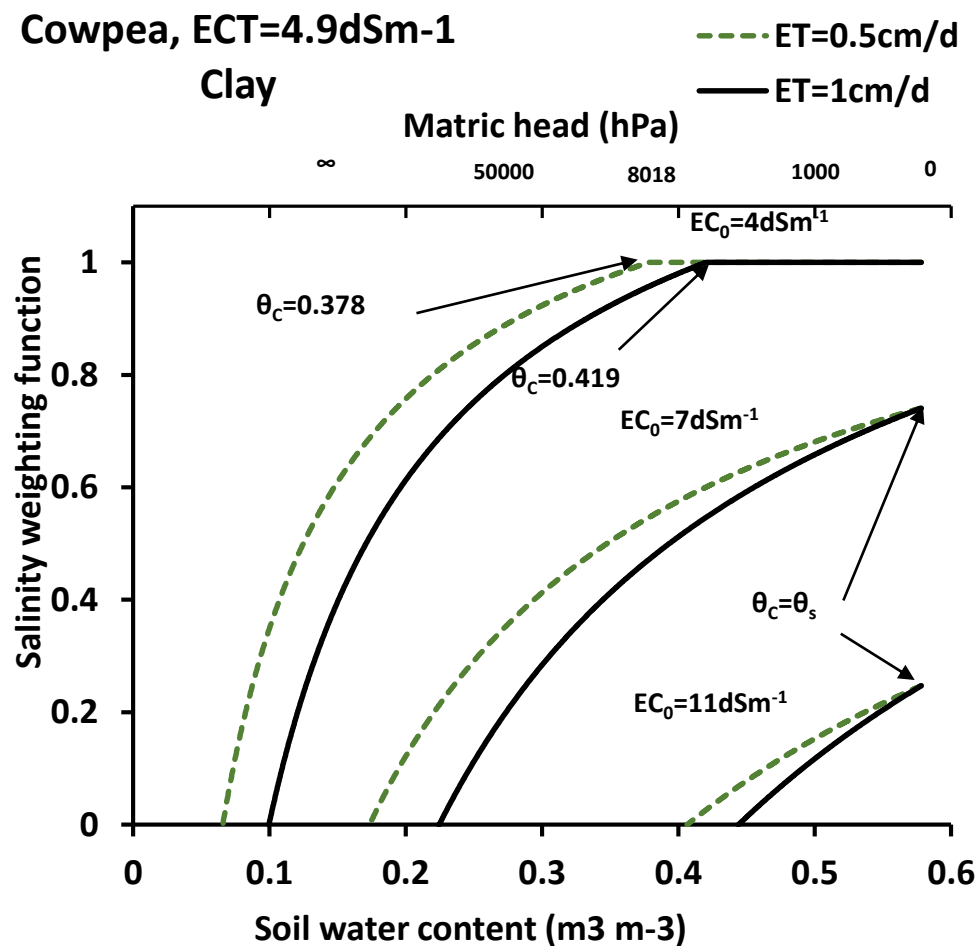
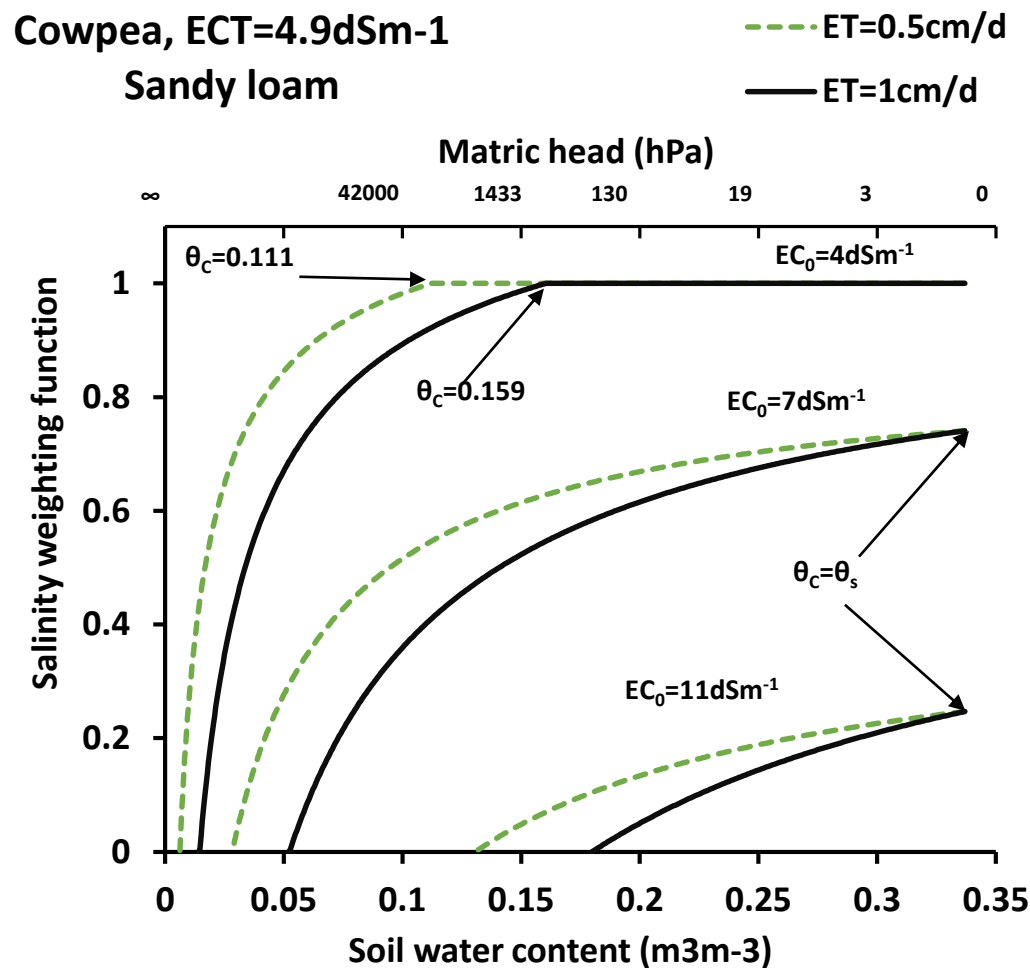
- پتاسیم { گیاهان بیابانی } (Samadi-Shrehabak, 1976).
- مانند اسید آسکوربیک { گل رز } (Mirtaheri et al., 2021).
- فسفر و آهن { ذرت پسته } (Sarcheshmehpour et al., 2015).
- نیترات { پسته، کشمش ژاپنی } (Sanaei-Ardekani 2019).
- سولفات آمونیوم و سولفات پتاسیم { گندم } (Mohajeri-Aval 2011)
- محلول پاشی اسید سیلیسیک { گندم } (Saberian-Ranjbar 2018)

عوامل تشدید کننده اثر تنش شوری

- خلوص **NaCl** { ذرت } (Bazrafshan 2019).
- تراکم خاک { ذرت } (Mohammadi and Asadi 2020)
- شرایط تهویه نامناسب { گندم } (Mohammadi and Khattar 2017)

تأثیر شوری‌های بیشتر از حد آستانه در روند کاهش تعرق نسبی نیز به نوع خاک، گیاه و شدت تعرق بستگی داشته و قابل برآورد است.

رطوبت حد پایین قابل جذب در خاک شور بستگی به نوع خاک می‌تواند در مکش‌ها و رطوبت‌های مختلف رخ دهد. علاوه بر آن با کاهش شدت تعرق، θ_c در رطوبت‌های کمتر و یا مکش‌های بالاتر رخ می‌دهد (Mohammadi 2017).



۳- رابطه شوری و سدیمی خاک با گیاه

پتانسیل اسمزی
(شوری)

پتانسیل ماتریک
(خشکی خاک)

$$\psi_{soil}^h = \psi_s + \psi_m$$

□ پتانسیل اسمزی و ماتریک اثر یکدیگر را تشدید می نمایند. (Farshi (1979)

□ مشاهدات تجربی نشان می دهد کاهش جذب آب ناشی از یک واحد کاهش پتانسیل ماتریک بیشتر از یک واحد کاهش در پتانسیل اسمزی است، هر چند پتانسیل اسمزی اثر بیشتری بر کاهش جرم ریشه دارد (Mohammadi and Bazrafshan et al., 2020).

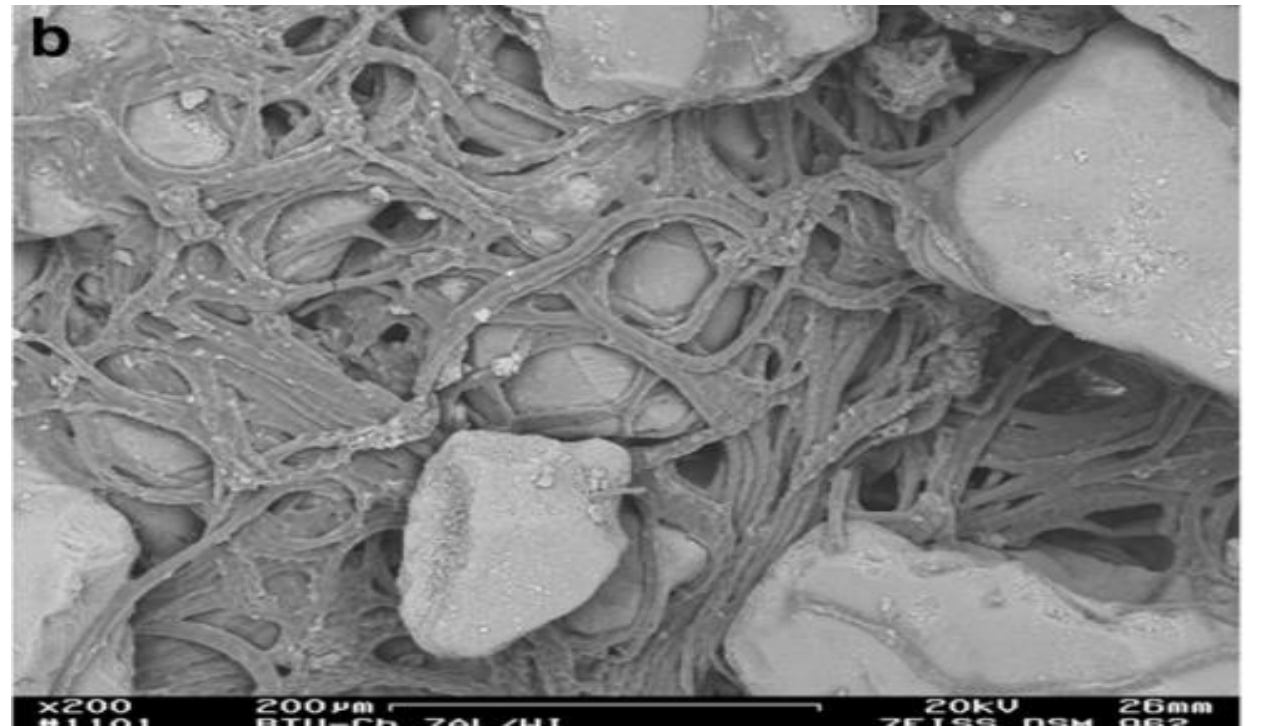
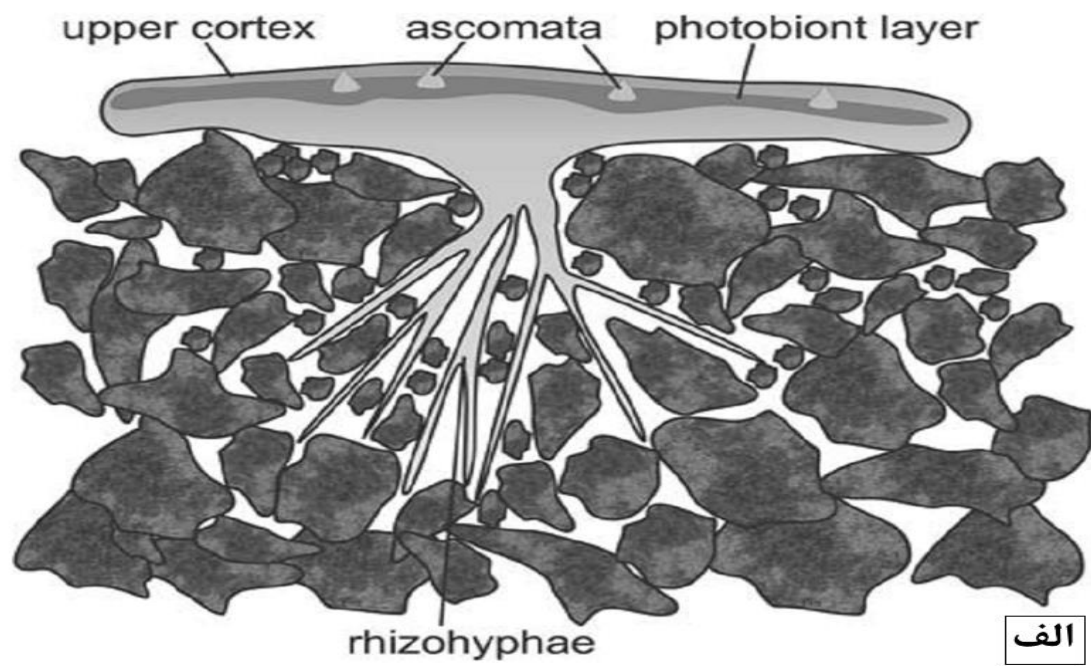
□ فرضیه جمع پذیر یا ضرب پذیر بودن پتانسیل های ماتریک و اسمزی صحیح نمی باشد و نحوه برهمکنش آنها پیچیده تر از مفاهیم ضرب و یا جمع است. (Mohammadi et al., 2017).

۴- تاثیر پوشش گیاهی و پوسته‌های زیستی بر شوری خاک

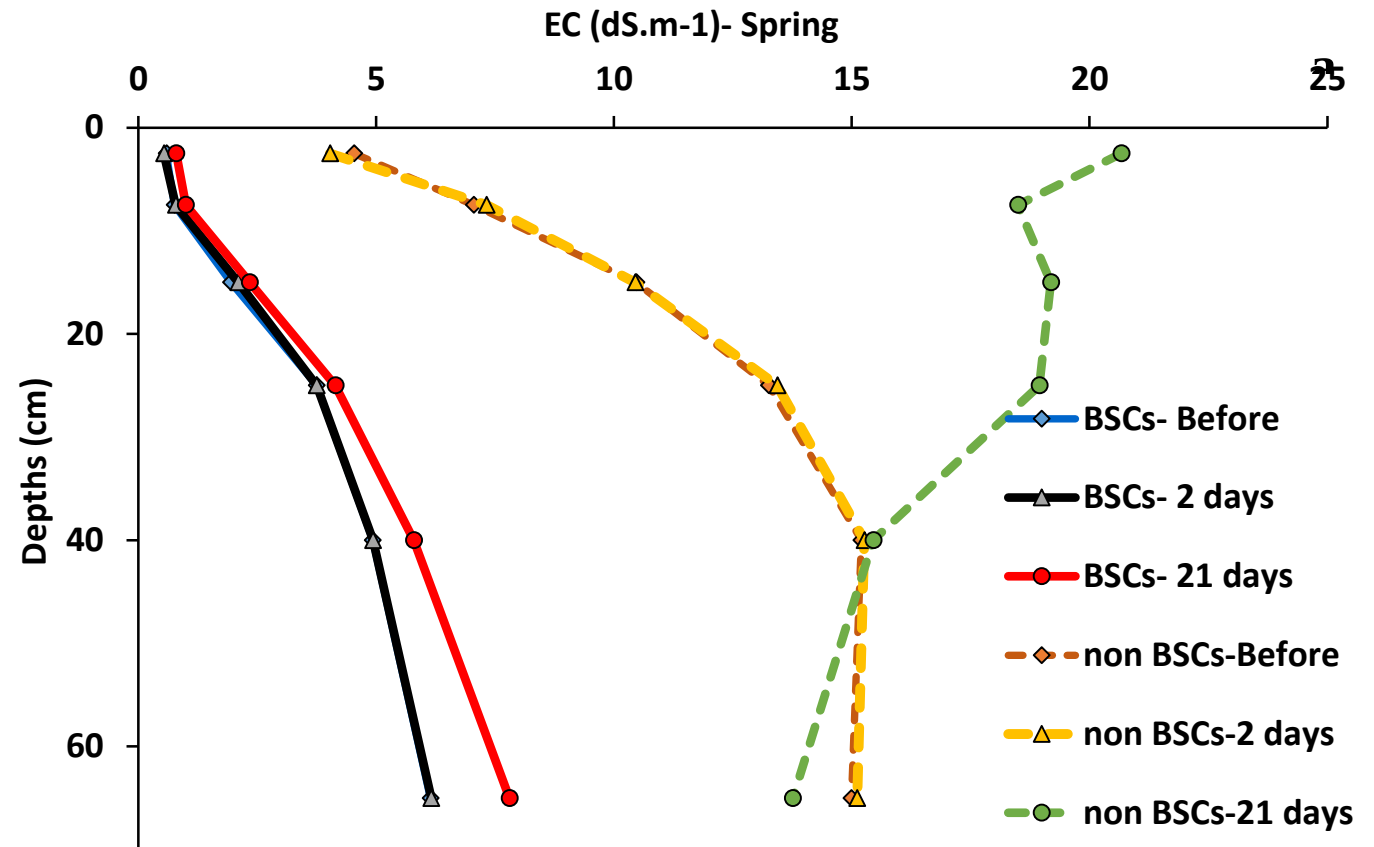
اجتماع بین ذرات خاک و موجودات زنده‌ای از قبیل سیانوباکتر، جلبک، قارچ، گل‌سنگ‌ها و بریوفیت‌ها در داخل چند میلی‌متر فوقانی خاک



نمایی از پوشش سطح خاک توسط پوسته‌های زیستی (مراعات قره‌قیر استان گلستان). (Kakeh 2020)



۴- تاثیر پوشش گیاهی و پوسته‌های زیستی بر شوری خاک



با گذشت زمان نمک در سطح خاک بدون پوسته به شدت افزایش می‌یابد در حالی که در خاک دارای پوسته مقدار شوری خاک هم در سطح و هم در اعماق کمتر است.. (Kakeh 2020)

۵- آبخویی و جابجایی املاح و مدلسازی آنها

□ مقادیر اولیه آب مصرف شده برای آبخویی راندمان بیشتری دارند (Khadjehpour 1979)

□ روش رایج محاسبه نیاز آبخویی نمیتواند اطلاعات دقیقی از پویایی نمک در خاک ارائه دهد (Mohammadi 2015).

□ با افزایش شدت جریان، رژیم جریان از نوع **CDE** به نوع **SC** تبدیل می شود. (Mohammadi and Vanclooster 2011).

□ ریشه برخی گیاهان باعث افزایش ضریب پخشیدگی هیدرودینامیکی املاح و ریشه برخی دیگر موجب کاهش آن می شوند (Morsalpour, 2008).

□ یک مدل تئوریکی را برای پیش بینی منحنی جابجایی املاح توسعه داده شده است. مدل میانگین سرعت حرکت املاح را به خوبی برآورد می نماید اما در برآورد ضریب پخشیدگی هیدرودینامیکی املاح به ویژه در اعماق پایین خاک دقت کافی را ندارد. (Mohammadi and Vanclooster 2012)

۶- تشکیل و گسترش خاک‌های شور و هسدارهای مربوطه

خطر استفاده ناصحیح از منابع آب و شور شدن خاک‌ها یادآوری شده و گزارش شده است که در برخی بخش‌های دشت قزوین، خاک‌ها وارد مرحله سدیمی شدن گشته و در حال تخریب می‌باشند (Kalbasi-Ashtari 1352)



۶- تشکیل و گسترش خاک‌های شور و هسدارهای مربوطه

- مدیریت حاکم بر حوزه رودخانه آجی چای آذربایجان و اقدامات انجام شده در آن، منجر به افزایش شدید شوری خاک در آن منطقه و ایجاد فاجعه زیست محیطی در آینده خواهد شد. Gorji-Anari. (1366).

- در سمینار سال ۱۳۷۰ درباره تهدیدهای زیست محیطی دریاچه ارومیه تقریباً تمام فجایعی که قرار است در آینده گریبانگیر منطقه شود، مورد بررسی قرار گرفته و اتفاقاً راهکارهایی درخور توجه و تأمل نیز در کنار آن ارائه شده است



۶- تشکیل و گسترش خاک‌های شور و هشدارهای مربوطه

هشدار تشدید شوری و سدیمی شدن در خاک‌های استان گلستان توسط سرمدیان (۱۳۷۶) و در استان خوزستان توسط کرمل‌آچعب (۱۳۹۵) داده شده است.

امروزه به نظر می‌رسد متاسفانه دست کم بخشی از این پیش‌بینی‌ها به وقوع پیوسته است.

۷- روابط بیولوژیک در شرایط شور

➤ سویه Phormidium autumnale 61et قادر به تحمل محلول با شوری 120 dS/m است. Etemadi-Khah

➤ مقاومت به شوری برخی از سویه‌های *Rhizobium leguminosarum b.v. viciae (lenti)* (Rlv) جداسازی شده از ریزوسفر عدس دیم به شوری‌های بیش از 50 dS/m گزارش شده است (Alikhani 2011).

➤ سویه Q-SH1 باکتری *Halobacillus dabanensis* که از خاک شور و سدیمی آلوده به مشتقات نفتی جدا شده است به دلیل سازگاری با شرایط سخت می‌تواند دامنه وسیعی از غلظت فناترن را تجزیه نماید (Shahriari 2013).

➤ همزیستی میکروارگانسیم و ریشه می‌تواند مقاومت و یا تحمل گیاه به تنش شوری را افزایش دهد (Shirmardi 2009).

➤ تلقیح مشترک قارچ گلوموس اینترارادیسز و باکتری سودوموناس فلورسنس مقاومت گیاه گندم به شوری (10 EC در خاک اشتهارد کرج) را افزایش دهد (Asgharzadeh 2001).

جمع بندی نتیجه گیری

۱- خاکهای شور در سطح بسیار وسیعی گسترش یافته‌اند و خاکهای سدیمی در درجه بعدی اهمیت قرار دارند.

۲- ضروری است روشهای ویژه‌ای برای تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاکهای شور توسعه داده شده و یا روشهای مرسوم اصلاح گردند.

۳- EC- عصاره اشباع به تنهایی شاخص مناسبی برای ارزیابی وضعیت شوری خاک و.. نیست.

۴- ممکن است اثر تنش شوری به عنوان یک تنش غیر زنده و بسیار پیچیده در حضور هرگونه تنش زیستی و غیر زیستی دیگری تشدید شود. (مدیریت هوشمند و آموزش کشاورزان)

۵- بهبود شرایط تغذیه‌ای و یا وجود و تلقیح خاک با برخی ریزجانداران خاکزی نیز با بهبود شرایط ریزوسفر و یا حتی خود ریشه می‌توانند مقاومت به شوری را تا حد زیادی افزایش دهند.

کلام آخر:

