



سیرانه‌گذاری برای تولید

وزارت جهاد کشاورزی  
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی



موسسه آموزش و ترویج کشاورزی

معاونت علمی و فناوری

شبکه دانش کشاورزی

سلسله برنامه‌های ویدیو کنفرانس انتقال دانش به روز در گستره ملی بخش کشاورزی

عنوان:

مدیریت آبیاری و اصلاح خاک در شرایط شور

سخنران:

دکتر یوسف هاشمی نژاد

عضو هیات علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی

۹ دی ۱۴۰۴ - ساعت: ۱۱:۳۰

## فهرست مطالب ارائه شده:

تبخیر تعرق و ضریب گیاهی

شوری آب و خاک

تجمع نمک در خاک

آبشویی

نیاز آبشویی

کسر آبشویی

اندازه گیری و محاسبه

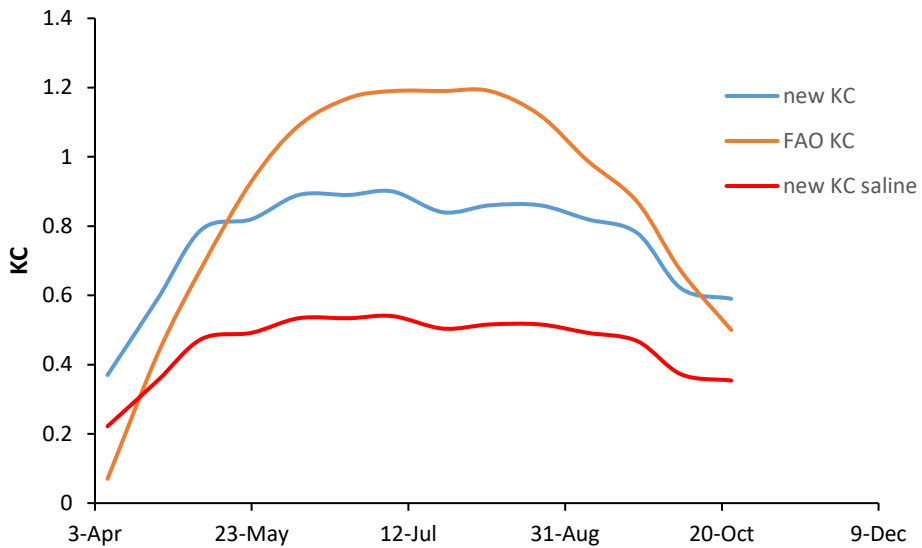
مدیریت شوری

خطر کاهش سرعت نفوذ آب در خاک

نیاز گچی

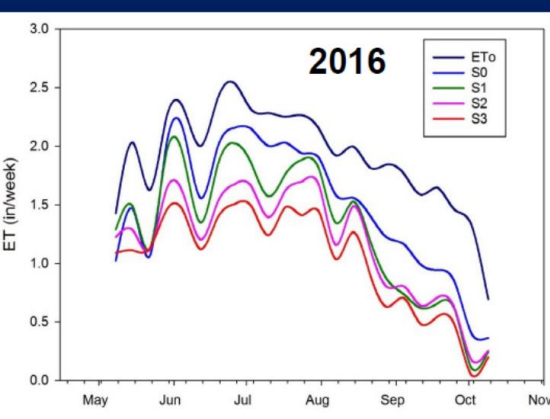
محاسبه

مدیریت اصلاح خاک

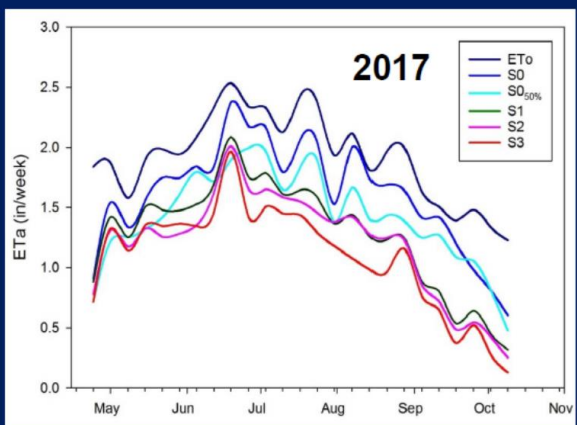


**ACTUAL ET ALONG THE CROP SEASON**

Similar trends observed between the crop season 2016 and 2017

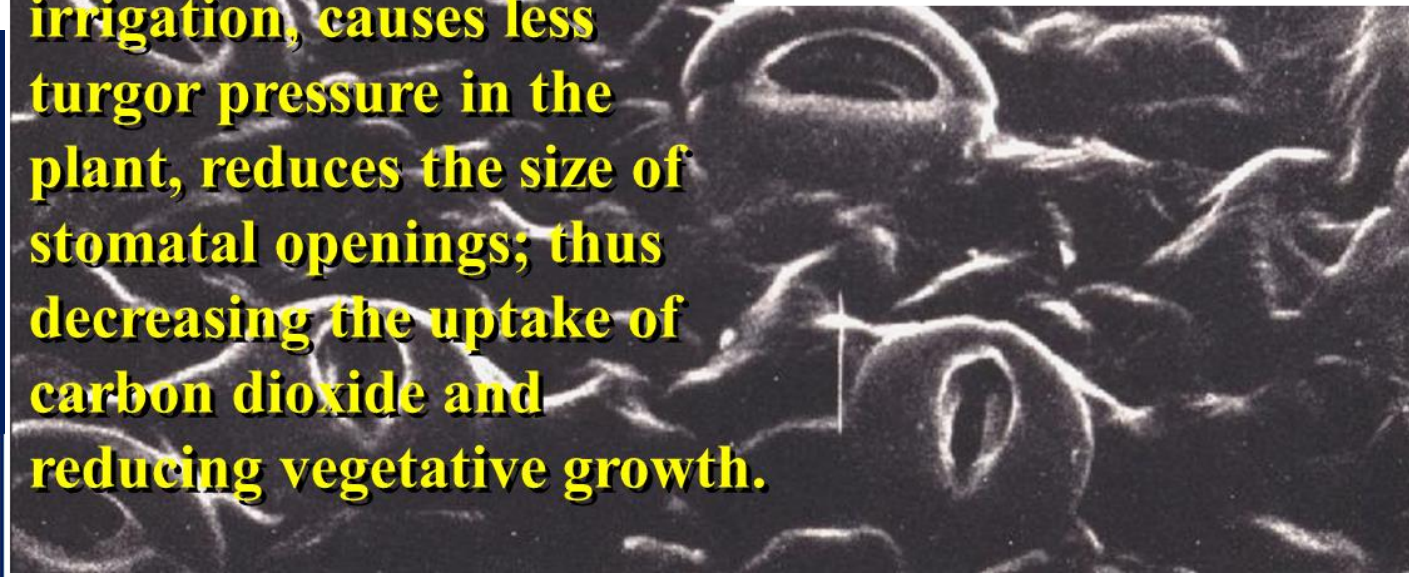
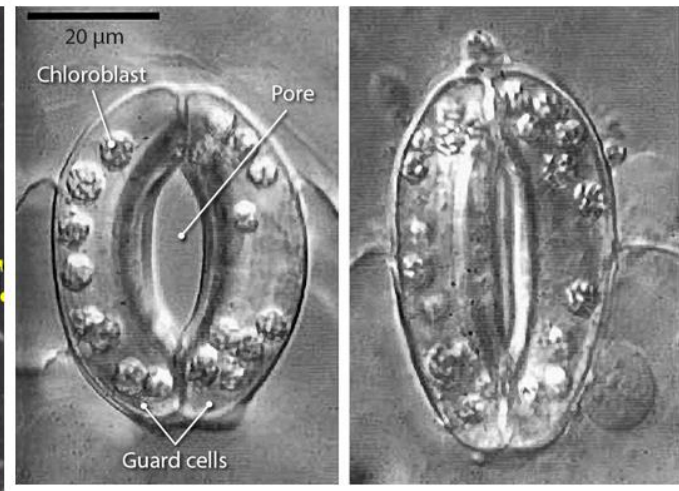


Salt-affected orchards have **consistently lower ET** (30-50%) than non salt-affected orchards, depending on the level of salinity



**ELECTRON MICROGRAPH OF STOMATA ON THE UNDERSIDE OF A LEAF**

Reduced water, deficit irrigation, causes less turgor pressure in the plant, reduces the size of stomatal openings; thus decreasing the uptake of carbon dioxide and reducing vegetative growth.



# بررسی کیفیت آب

EC	pH	Na	Ca	Mg	K	Cl	SO4	HCO3	CO3	SAR
dS/m		meq/L								
10	7.5	50	30	18	2	60	45	5	0	10.22

Cations
Anions

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}}$$

$EC \times 10 \cong \text{Sum of Cations} \cong \text{Sum of Anions}$

$$TDS_{\left(\frac{mg}{l}\right)} = EC_{\left(\frac{dS}{m}\right)} \times 640$$

## تجمع نمک در خاک به همراه آبیاری

محاسبه مقدار نمک افزوده شده به یک هکتار باغ پسته در اثر مصرف آبی با شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر:

$$EC(dS /m)*700= TDS (mg/L)$$

$$10*700= 7000 \text{ mg/L}$$

$$=7 \text{ g/L}$$

$$= 7000 \text{ g/m}^3$$

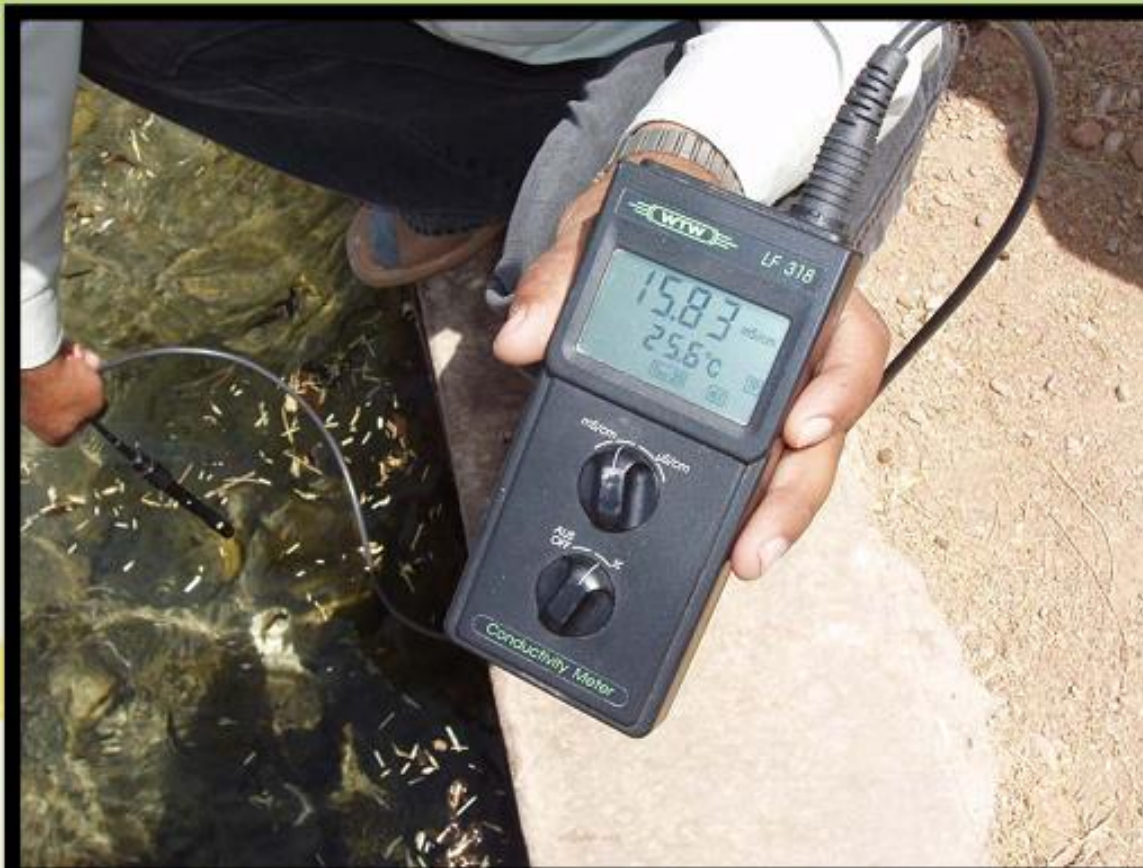
$$= 7 \text{ Kg/m}^3$$

در صورتی که مصرف آب در یک هکتار حداقل ۱۰۰۰۰ متر مکعب باشد:

$$=70000 \text{ Kg salt/ha}$$

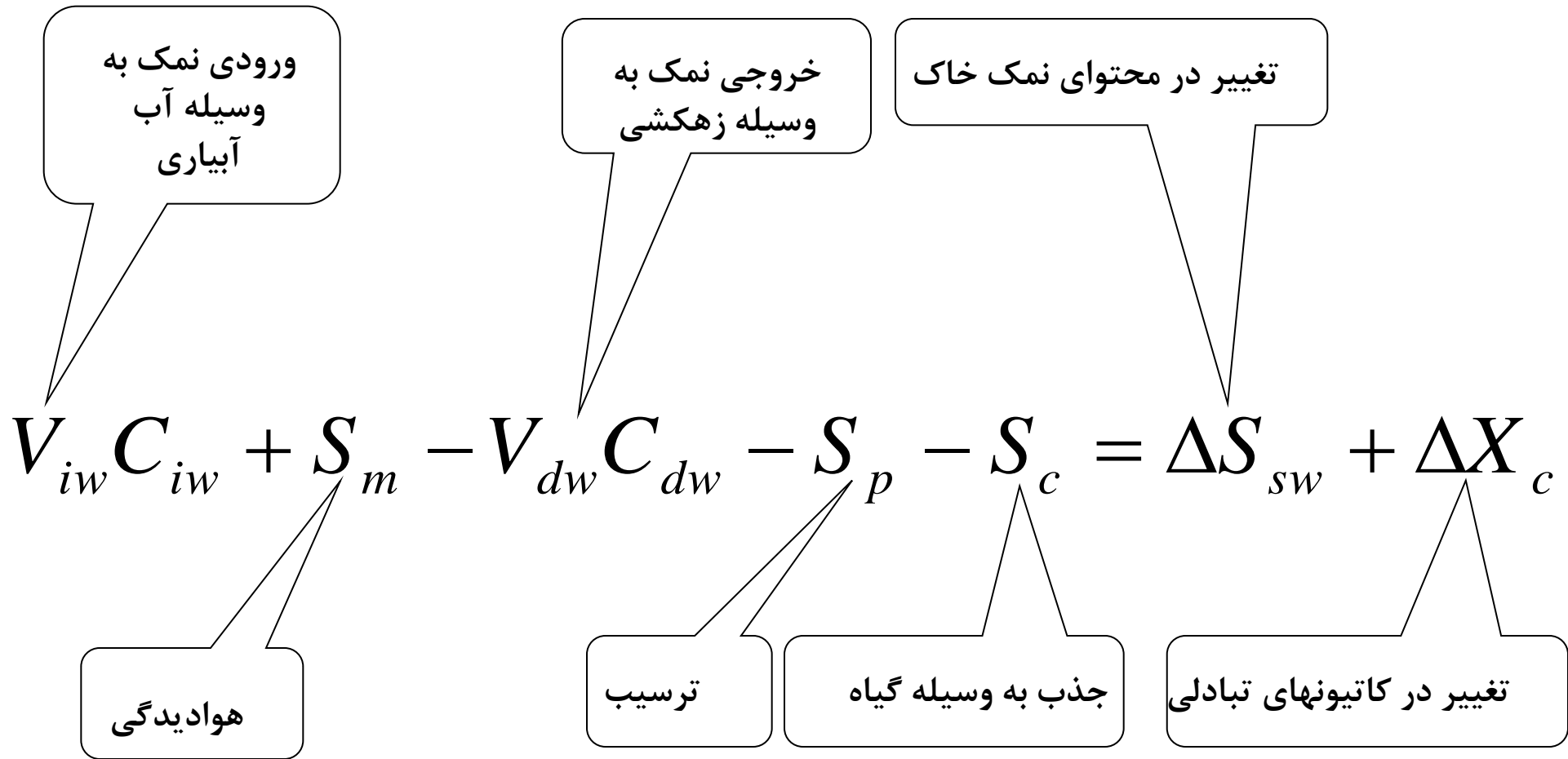
$$= 70 \text{ ton/ha}$$

# تجمع نمک در خاک به همراه آبیاری



## نکات کلیدی که در آزمایش آب یا خاک باید به آن توجه شود

آزمایش	تفسیر
pH	بیش از ۸ نیازمند اصلاح است
EC (dS/m)	وابسته به گیاه است، بیش از ۴ در آب، بیش از ۶ در خاک منجر به کاهش بنیه و تولید گیاه می شود
Na <sup>+</sup> Cl <sup>-</sup> (meq/L)	وابسته به گیاه است. بیش از ۲۰ می تواند منجر به سمیت ویژه یونی شود
B (mg/L)	بیش از ۲ در آب و خاک
SAR در آب	اگر بیش از ۵ برابر شوری آب باشد می تواند باعث مشکلات نفوذپذیری خاک شود
درصد سدیم تبادلی خاک	بیش از ۴ درصد احتمال مشکلات نفوذپذیری خاک وجود دارد
بیکربنات آب (meq/L)	بیش از ۲/۵ استفاده از اصلاح کننده های اسیدزا توصیه می شود
آهک	بیش از ۱ درصد، استفاده از اصلاح کننده های اسیدزا



# معادله کلی بیلان املاح

$$V_{iw} C_{iw} + S_m - V_{dw} C_{dw} - S_p - S_c = \Delta S_{sw} + \Delta X_c$$

$$V_{iw} C_{iw} + 0 - V_{dw} C_{dw} - 0 - 0 = 0 + 0$$

کل نمک ورودی

کل نمک خروجی

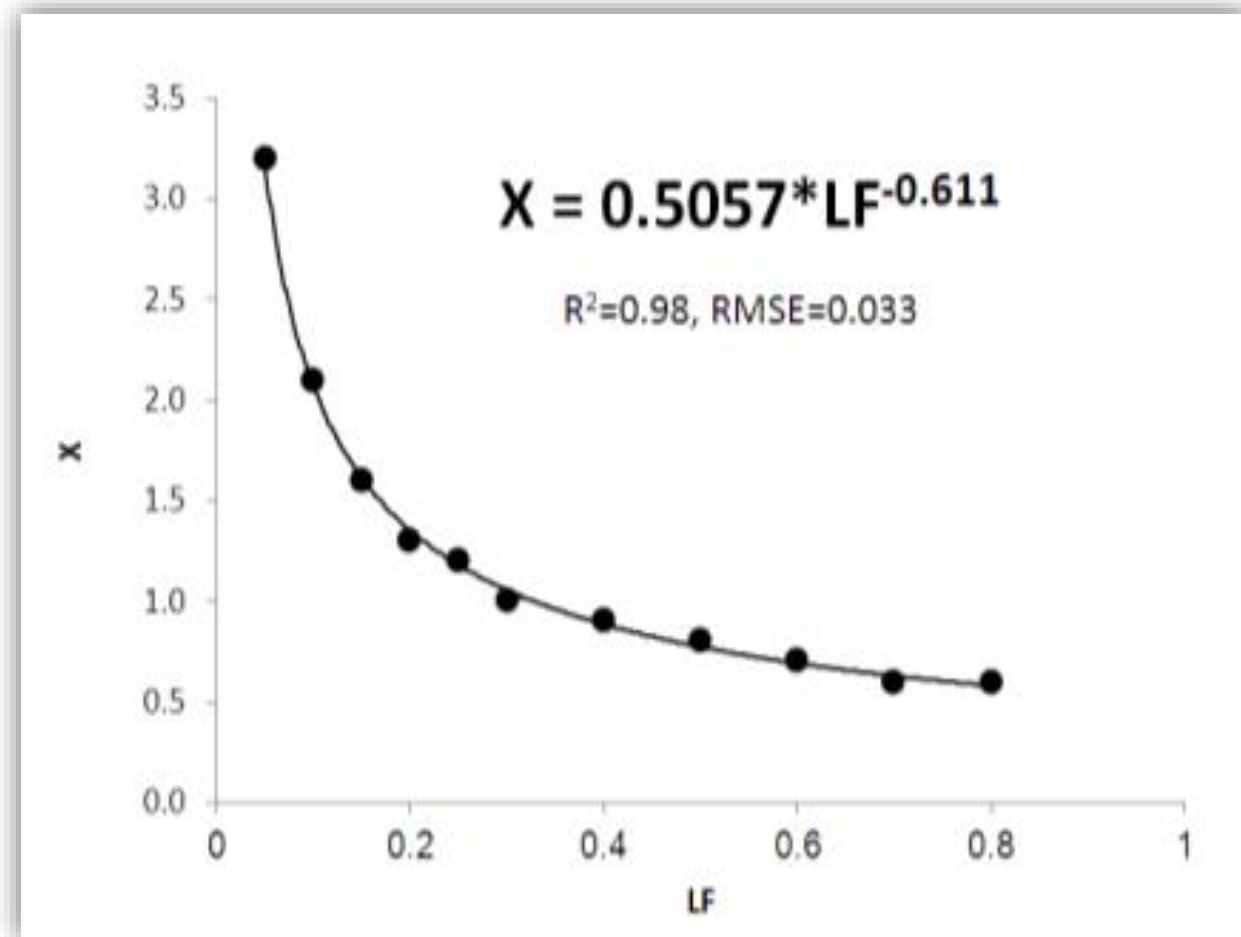
$$V_{iw} C_{iw} = V_{dw} C_{dw}$$

در شرایط ماندگار

$$\frac{C_{iw}}{C_{dw}} = \frac{V_{dw}}{V_{iw}} = LF$$

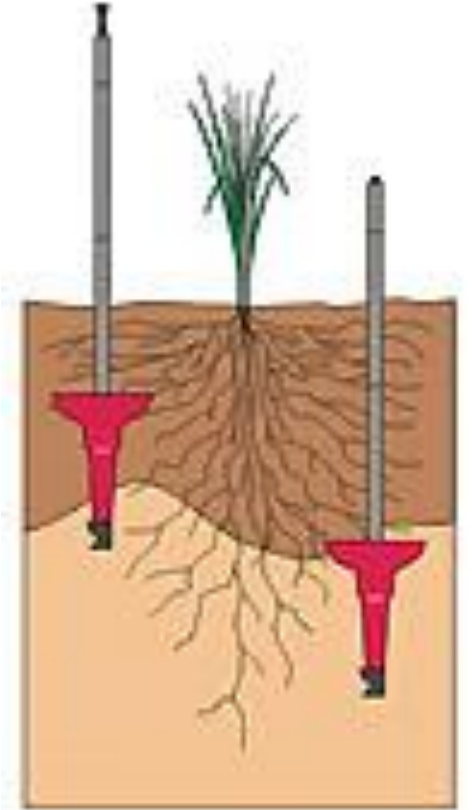
# تخمین شوری خاک از روی شوری آب آبیاری

کسر آبشویی (LF)	درصد از تبخیر و تعرق	ضریب غلظت (X)
0.05	105.3	3.2
0.10	111.1	2.1
0.15	117.6	1.6
0.20	125.0	1.3
0.25	133.3	1.2
0.30	142.9	1.0
0.40	166.7	0.9
0.50	200.0	0.8
0.60	250.0	0.7
0.70	333.3	0.6
0.80	500.0	0.6



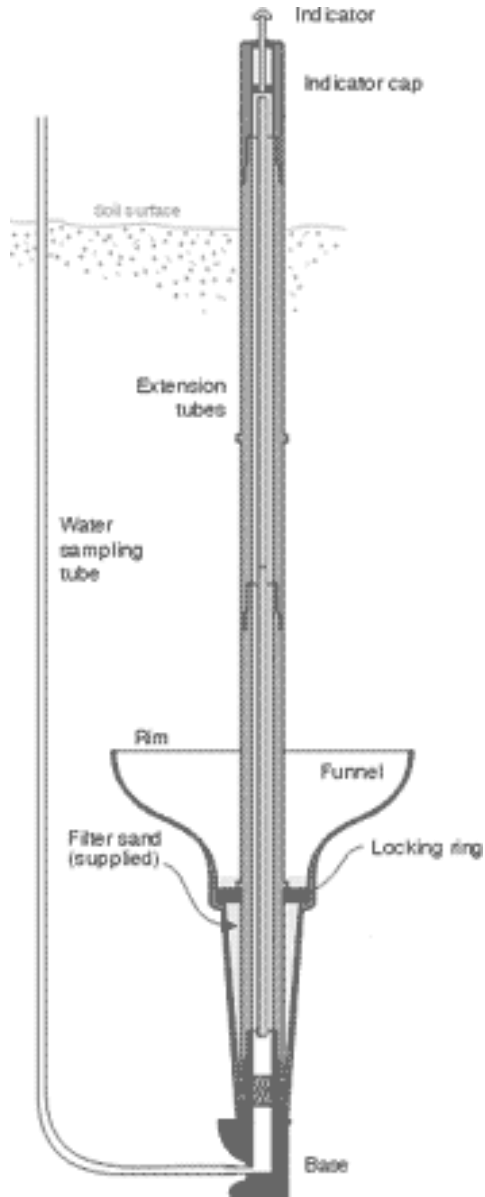
## اندازه گیری کسر آبشویی

در معادله کسر آبشویی لازم است که حجم یا شوری رهاب را اندازه گیری کنیم. در حالی که در شرایطی که زهکش زیرزمینی نصب نشده باشد، به این مقادیر دسترسی نداریم. دستگاه تعیینگر جبهه رطوبتی می تواند بخشی از آبی را که از منافذ درشت خاک خارج می شود، بدون اعمال مکش جمع آوری نماید، اگر این آب از انتهای منطقه ریشه باشد، می توان با اندازه گیری شوری آن، شوری زهاب را تعیین کرد.

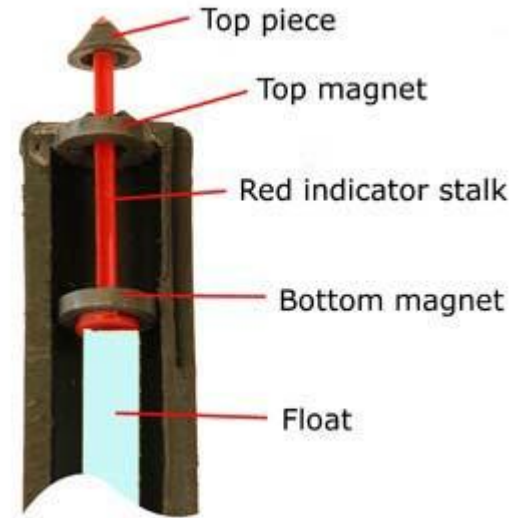


$$\frac{EC_{iw}}{EC_{dw}} = LF$$

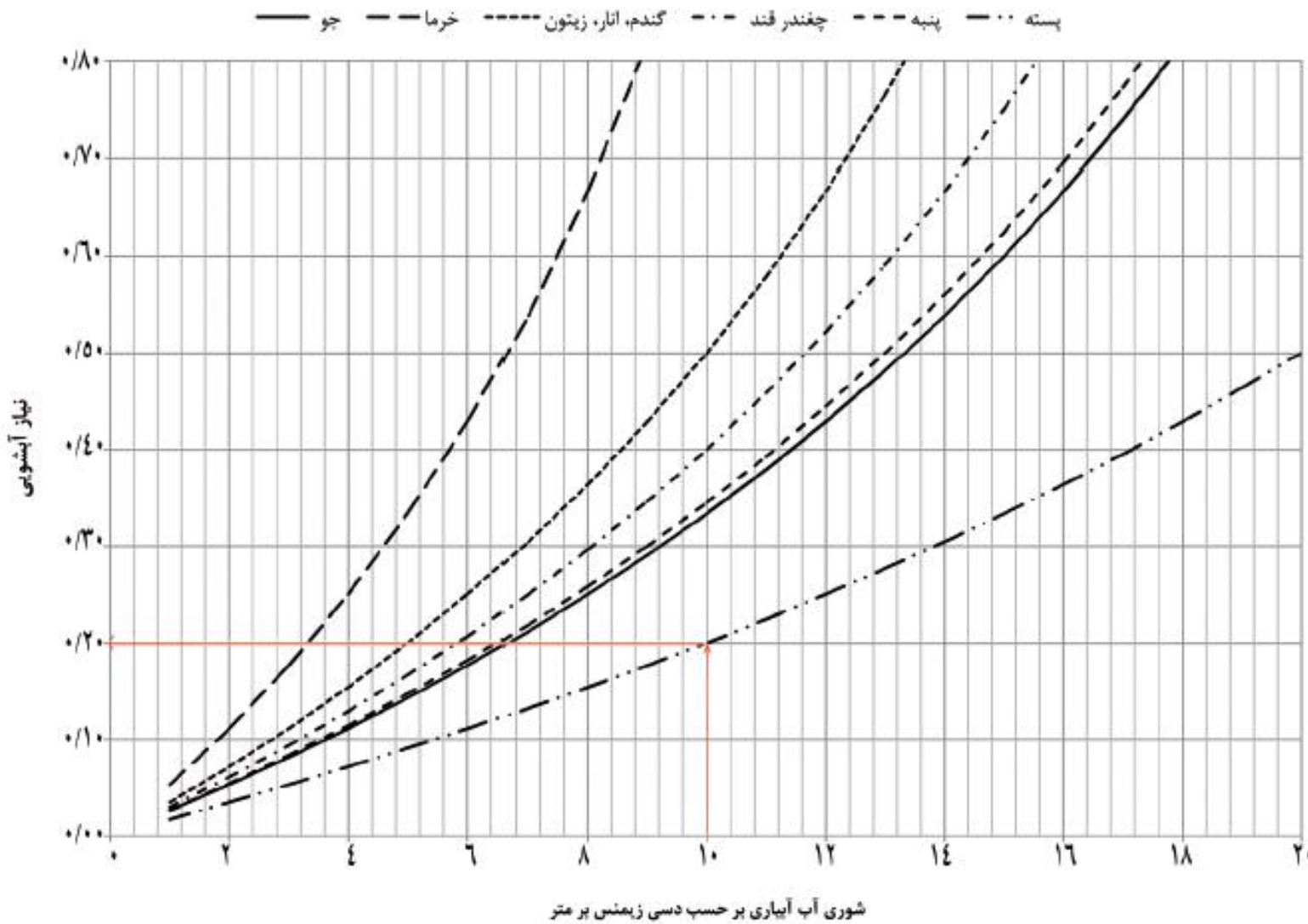
# اندازه گیری کسر آبشویی



FullStop



# محاسبه نیاز آبخویی



• اگر نیاز آبخویی بیشتر از کسر آبخویی:

**تجمع شوری در خاک**

• اگر نیاز آبخویی کمتر از کسر آبخویی:

**تلفات آب**

• اگر نیاز آبخویی تقریباً مساوی کسر آبخویی:

**کنترل شوری منطقه ریشه**

• اگر نیاز آبخویی بیش از ۴۰ درصد باشد:

**تغییر کشت**

شکل ۵- محاسبه نیاز آبخویی برای برخی محصولات زراعی و باغی

### Water Quality Inputs

EC of irrigation water (dS/m):

pH:

Sodium (Na, meq/L):

Calcium (Ca, meq/L):

Magnesium (Mg, meq/L):

Potassium (K, meq/L):

Chloride (Cl, meq/L):

Sulfate (SO<sub>4</sub>, meq/L):

Carbonate (CO<sub>3</sub>, meq/L):

Bicarbonate (HCO<sub>3</sub>, meq/L):

### Soil and Management Inputs

Soil bulk density (g/cm<sup>3</sup>):

Area (ha):

Depth (m):

Soil CEC (cmol/kg):

Gypsum purity (%):

Desired SAR:

Leaching Fraction (LF):

### Comprehensive Water Quality Summary

-----  
WATER QUALITY & SALINITY ANALYSIS SUMMARY  
-----  
ECiw = 10.00 dS/m, pH = 7.00, SAR = 16.78  
Current ESP = 19.02%, Gypsum Requirement = 1.75 tons/ha

--- Charge Balance ---  
Cations = 95.20 meq/L, Anions = 91.00 meq/L  
Charge balance error = 4.62% → Acceptable

--- Salt Balance ---  
Salt load added with 10,000 m<sup>3</sup>/ha = 6.40 tons

--- Salinity & Leaching ---  
LF = 0.15, X = 1.612, ECe = 16.12 dS/m  
EC Threshold = 12.00 dS/m → High: Root zone salinity exceeds crop tolerance. Increase LF.

--- Sodidity & Gypsum ---  
Ca×5 = 100.00, Na = 65.00 → Not recommended

--- Structural Stability ---  
Mg:Ca ratio = 0.50 → Mg:Ca ratio acceptable.

-----

### Visual Analysis

Na vs Ca×5    Root Zone Salinity vs LF    Root Zone Salinity vs ECiw

Gypsum Feasibility Check (Na vs Ca×5)

Component	Concentration (meq/L)
Ca×5	100
Na	65

### Water Quality Inputs

EC of irrigation water (dS/m):

pH:

Sodium (Na, meq/L):

Calcium (Ca, meq/L):

Magnesium (Mg, meq/L):

Potassium (K, meq/L):

Chloride (Cl, meq/L):

Sulfate (SO<sub>4</sub>, meq/L):

Carbonate (CO<sub>3</sub>, meq/L):

Bicarbonate (HCO<sub>3</sub>, meq/L):

### Soil and Management Inputs

Soil bulk density (g/cm<sup>3</sup>):

Area (ha):

Depth (m):

Soil CEC (cmol/kg):

Gypsum purity (%):

Desired SAR:

Leaching Fraction (LF):

### Comprehensive Water Quality Summary

-----  
WATER QUALITY & SALINITY ANALYSIS SUMMARY  
-----  
ECiw = 10.00 dS/m, pH = 7.00, SAR = 16.78  
Current ESP = 19.02%, Gypsum Requirement = 1.75 tons/ha

--- Charge Balance ---  
Cations = 95.20 meq/L, Anions = 91.00 meq/L  
Charge balance error = 4.62% → Acceptable

--- Salt Balance ---  
Salt load added with 10,000 m<sup>3</sup>/ha = 6.40 tons

--- Salinity & Leaching ---  
LF = 0.25, X = 1.180, ECe = 11.80 dS/m  
EC Threshold = 12.00 dS/m → Low: LF is higher than needed, consider reducing irrigation.

--- Sodidity & Gypsum ---  
Ca×5 = 100.00, Na = 65.00 → Not recommended

--- Structural Stability ---  
Mg:Ca ratio = 0.50 → Mg:Ca ratio acceptable.

-----

### Visual Analysis

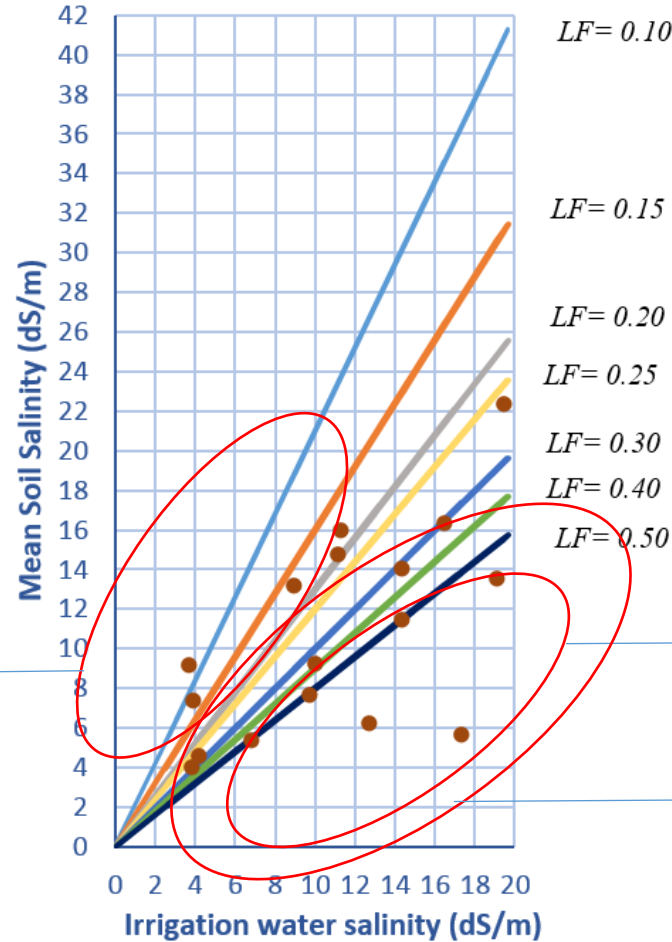
Na vs Ca×5    Root Zone Salinity vs LF    Root Zone Salinity vs ECiw

Gypsum Feasibility Check (Na vs Ca×5)

Component	Concentration (meq/L)
Ca×5	100
Na	65

# کسر آبشویی در باغات

مسیر اول: پراکنش عمقی



۱۵ درصد باغات آبشویی ۱۵ درصد و یا کمتر دارند

۳۰ درصد باغات آبشویی ۵۰ درصد و یا بیشتر دارند

۶۷ درصد باغات آبشویی بیش از ۳۰ درصد دارند

۱۰ درصد باغات آبشویی کمتر از نیاز = تجمع شوری در خاک

۳۲ درصد باغات آبشویی بیش از نیاز = تلفات آبیاری

در هر دو حالت کاهش بهره وری آب

## جلوگیری از برگشت نمک به سطح خاک

استفاده از شن در سطح خاک  
آبیاری زیر سطحی (با رعایت ضوابط)  
کاهش سطح خیس شده

## اپلیکیشن های کاربردی کشاورزی

<https://argbso-yousef-hashemi.shinyapps.io/irrigation/>

وب اپلیکیشن محاسبه نیاز آبی، نیاز آبشویی در شرایط شور و نیازهای اقلیمی پسته

<https://argbso-yousef-hashemi.shinyapps.io/fertilizer/>

وب اپلیکیشن محاسبه نیاز کود پایه پسته

<https://hasheminejhad.shinyapps.io/WaterQualityApp/>

وب اپلیکیشن تفسیر کیفیت آب برای آبیاری پسته و محاسبه نیاز گچی

اپلیکیشن نیاز آبی و اقلیمی پسته، ابزاری نوآورانه و کاربردی در حوزه کشاورزی هوشمند است که به کشاورزان پسته کار کمک می‌کند تا با استفاده از داده‌های اقلیمی و ابزارهای تحلیلی، مدیریت بهینه منابع و افزایش بهره‌وری در تولید را تجربه کنند. این نرم‌افزار با بهره‌گیری از روش‌های علمی مانند محاسبه تبخیرتعرق و نیاز آبی درختان پسته را در بازه‌های زمانی ده‌روزه تخمین می‌زند. همچنین اطلاعات مرتبط با جمع درجه روز رشد و روزهای سرد مورد نیاز برای درختان پسته را ارائه می‌دهد. این اطلاعات به کشاورزان کمک می‌کند تا زمان مناسب برای عملیات کشاورزی مانند آبیاری، کوددهی و استفاده از روغن ولک را تعیین کرده و از تنش‌های محیطی جلوگیری کنند. این ابزار با محاسبه دقیق نیاز آبی و تعیین مقدار لازم آبیاری بر اساس کیفیت آب، به کاهش مصرف آب و مدیریت بهتر منابع آبی کمک شایانی می‌کند. علاوه بر این، اپلیکیشن با تحلیل داده‌های اقلیمی منطقه‌ای، امکان برنامه‌ریزی دقیق‌تر و کاهش هزینه‌های اضافی را برای کشاورزان فراهم می‌سازد. قابلیت‌هایی همچون محاسبه نیاز آبتوی از دیگر امکانات این نرم‌افزار است. این اپلیکیشن گامی مؤثر در جهت کشاورزی پایدار و هوشمند است، زیرا با کاهش مصرف منابع طبیعی، افزایش سودآوری و کاهش اثرات زیست‌محیطی، به حفظ تعادل زیستی و بهبود عملکرد مزارع پسته کمک می‌کند.

به‌طور کلی، این ابزار نه تنها بهره‌وری تولید را افزایش می‌دهد، بلکه از طریق کاربرد فناوری‌های مدرن، کشاورزی را به سوی پایداری و هوشمندی سوق می‌دهد.



## Pistachio Climate Analysis

**Longitude:**  
57.66

**Latitude:**  
36.19

**Elevation (m):**  
1200

**Start Date:**  
2023-11-01

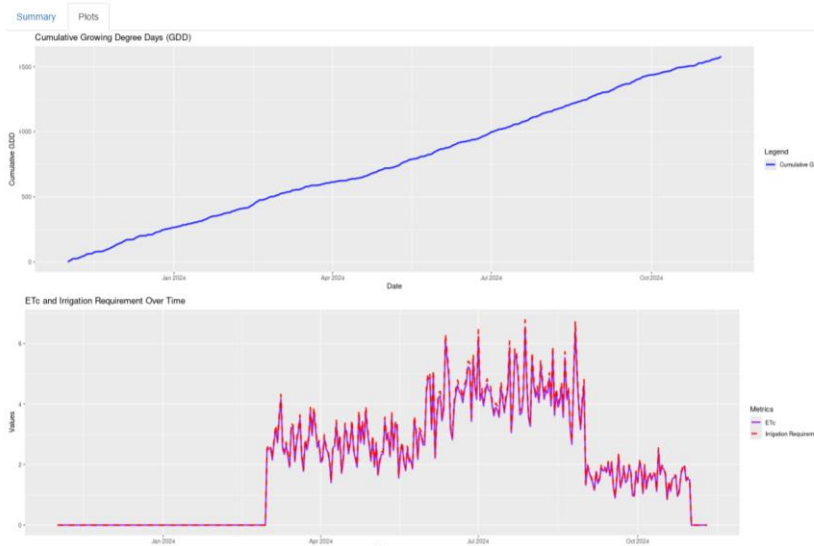
**End Date:**  
2024-11-10

**Irrigation Water Salinity (ECiw, dS/m):**  
2

Summary [Plots](#)

Yousef Hasheminejad  
Salinity Research Academic Staff  
(PhD) Soil Physics and Conservation  
Head, Sabzevar Agricultural and Natural Resources Research and Education Station  
Email: Hasheminejad@gmail.com

Decade	Start_Date	End_Date	Total_GDD	Total_Chilling_Days	Total_ETo	Total_ETc	Irrigation_Req
1.00	2024-01-01	2024-01-10	28.49	5.00	46.42	0.00	0.00
2.00	2024-01-11	2024-01-20	38.72	5.00	50.29	0.00	0.00
3.00	2024-01-21	2024-01-30	42.61	2.00	56.54	0.00	0.00
4.00	2024-01-31	2024-02-09	35.42	4.00	51.00	0.00	0.00
5.00	2024-02-10	2024-02-19	66.12	3.00	55.31	0.00	0.00
6.00	2024-02-20	2024-02-29	37.47	3.00	56.04	0.00	0.00
7.00	2024-03-01	2024-03-10	38.87	0.00	57.08	28.54	29.56
8.00	2024-03-11	2024-03-20	36.02	0.00	54.01	27.00	27.97
9.00	2024-03-21	2024-03-30	19.92	0.00	56.58	28.29	29.30
10.00	2024-03-31	2024-04-09	17.37	0.00	46.87	23.43	24.27
11.00	2024-04-10	2024-04-19	31.34	0.00	54.35	27.18	28.15
12.00	2024-04-20	2024-04-29	51.75	0.00	56.83	28.41	29.43
13.00	2024-04-30	2024-05-09	32.45	0.00	48.39	24.19	25.06
14.00	2024-05-10	2024-05-19	54.08	0.00	52.99	26.50	27.44
15.00	2024-05-20	2024-05-29	46.06	0.00	50.40	25.20	26.10
16.00	2024-05-30	2024-06-08	45.97	0.00	50.81	37.47	38.81
17.00	2024-06-09	2024-06-18	44.89	0.00	52.71	42.17	43.68
18.00	2024-06-19	2024-06-28	42.49	0.00	57.25	45.80	47.44
19.00	2024-06-29	2024-07-08	52.06	0.00	56.54	45.23	46.85





## آموزش و آزمون الگوریتم جنگل تصادفی برای پایش تغییرات شوری خاک باغات پسته

یوسف هاشمی نژاد<sup>۱</sup> | فرهاد دهقانی<sup>۲</sup> | حسین بیرامی<sup>۳</sup> | مراد مرتاض<sup>۴</sup> | مهدی شیران تفتی<sup>۵</sup>

۱. نویسنده مسئول، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران. رایانامه: [hasheminejad@gmail.com](mailto:hasheminejad@gmail.com)

۲. مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران. رایانامه: [dehghany47@gmail.com](mailto:dehghany47@gmail.com)

۳. مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران. رایانامه: [beyrami\\_h@hotmail.com](mailto:beyrami_h@hotmail.com)

۴. گروه باغبانی، دانشگاه ایالتی کالیفرنیا-دیویس، یزد، ایران. رایانامه: [moradmortaz@gmail.com](mailto:moradmortaz@gmail.com)

۵. مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران. رایانامه: [shiran52@gmail.com](mailto:shiran52@gmail.com)

رفرنس	رابطه	شاخص شوری (Salinity Index- SI)
(Allbed et al., 2014)	$\frac{\sqrt{B2 \times B4}}{\sqrt{B3^2 + B4^2 + B8A^2}}$	(Salinity Index- SI2) ۲
	$\frac{\sqrt{B3^2 + B4^2}}{B2/B4}$	(Salinity Index- SI3) ۳
	$\frac{(B2 - B4)/(B2 + B4)}{(B3 \times B4)/B2}$	(Salinity Index- S1)
	$\frac{(B2 \times B4)/B3}{(B4 \times B8A)/B3}$	(Salinity Index- S2)
	$\frac{(B4/B8A)/100}{(B4/B8A)/100}$	(Salinity Index- S3)
	$\frac{(B4/B8A)/100}{(B4/B8A)/100}$	(Salinity Index- S5)
(Scudiero et al., 2014)	$\frac{(B4 - B8A)/(B4 + B8A)}{\sqrt{B4^2 + B8A^2}}$	(Salinity Index- S6)
	$\frac{\sqrt{B4^2 + B8A^2}}{\sqrt{\frac{B8A \times B4 - B3 \times B2}{B8A \times B4 + B3 \times B2}}}$	(Salinity Index T- SI-T) T
	$\frac{(B3 + B4)/2}{(B3 + B4 + B8A)/2}$	Normalized
(Fourati et al., 2015)	$\frac{(B3 + B4)/2}{(B3 + B4 + B8A)/2}$	(Difference Salinity Index- NDSI)
	$\frac{(B3 + B4)/2}{(B3 + B4 + B8A)/2}$	(Brightness Index- BI)
(Cho et al., 2018)	$\frac{(B8A - B4)/(B8A + B4)}{(B8A - B4)/(B8A + B4)}$	Canopy
	$\frac{2.5 \times (B8A - B4)}{B8A + 6 \times B4 - 7.5 \times B2 + 1}$	(Response Salinity Index- CRSI)
(Qiu et al., 2019)	$\frac{(B8A - B5)/(B8A + B5)}{(B8A - B5)/(B8A + B5)}$	شاخص شدت ۱ (Intensity Index 1- Int1)
	$\frac{(B8A - B5)/(B8A + B5)}{(B8A - B5)/(B8A + B5)}$	شاخص شدت ۲ (Intensity Index 2- Int2)
(Chen et al., 2020)	$\frac{(B6 - B5)/(B6 + B5)}{(B6 - B5)/(B6 + B5)}$	Normalized
	$\frac{(B7 - B5)/(B7 + B5)}{(B7 - B5)/(B7 + B5)}$	(Difference Vegetation Index- NDVI)
(Yue et al., 2019)	$\frac{1.2 \times (B5 - B3) - 1.5 \times (B4 - B3) \times \sqrt{B5/B4}}{2 \times B4 + 1 - \sqrt{(2 \times B8A + 1)^2 - 8 \times (B8A - B4)}}$	شاخص پوشش گیاهی ارتقا یافته (Enhanced)
	$\frac{(NDVI - NDWI)/(NDVI + NDWI)}{(NDVI - NDWI)/(NDVI + NDWI)}$	(Vegetation Index- EVI)
Hazaymeh & Hassan, (2017)	$\frac{(B8A - B5)/(B8A + B5)}{(B8A - B5)/(B8A + B5)}$	شاخص تفاوت پوشش گیاهی نرمال شده حاشیه سرخ
	$\frac{(B8A - B5)/(B8A + B5)}{(B8A - B5)/(B8A + B5)}$	Normalized Difference Vegetation Index ۱)
Hazaymeh & Hassan, (2017)	$\frac{(B8A - B5)/(B8A + B5)}{(B8A - B5)/(B8A + B5)}$	(red edge 1- NDVIre1)
	$\frac{(B8A - B5)/(B8A + B5)}{(B8A - B5)/(B8A + B5)}$	شاخص تفاوت پوشش گیاهی نرمال شده حاشیه سرخ
Hazaymeh & Hassan, (2017)	$\frac{(B8A - B5)/(B8A + B5)}{(B8A - B5)/(B8A + B5)}$	Normalized Difference Vegetation Index ۲)
	$\frac{(B8A - B5)/(B8A + B5)}{(B8A - B5)/(B8A + B5)}$	(red edge 2- NDVIre2)
Hazaymeh & Hassan, (2017)	$\frac{(B6 - B5)/(B6 + B5)}{(B6 - B5)/(B6 + B5)}$	Normalized ۱)
	$\frac{(B7 - B5)/(B7 + B5)}{(B7 - B5)/(B7 + B5)}$	(Difference red edge 1- NDre1)
Hazaymeh & Hassan, (2017)	$\frac{(B7 - B5)/(B7 + B5)}{(B7 - B5)/(B7 + B5)}$	Normalized ۲)
	$\frac{(B7 - B5)/(B7 + B5)}{(B7 - B5)/(B7 + B5)}$	(Difference red edge 2- NDre2)
Hazaymeh & Hassan, (2017)	$\frac{1.2 \times (B5 - B3) - 1.5 \times (B4 - B3) \times \sqrt{B5/B4}}{2 \times B4 + 1 - \sqrt{(2 \times B8A + 1)^2 - 8 \times (B8A - B4)}}$	Triangular ۱)
	$\frac{1.2 \times (B5 - B3) - 1.5 \times (B4 - B3) \times \sqrt{B5/B4}}{2 \times B4 + 1 - \sqrt{(2 \times B8A + 1)^2 - 8 \times (B8A - B4)}}$	(Chlorophyll Index Red Edge 1- TCire1)
Hazaymeh & Hassan, (2017)	$\frac{1.2 \times (B5 - B3) - 1.5 \times (B4 - B3) \times \sqrt{B5/B4}}{2 \times B4 + 1 - \sqrt{(2 \times B8A + 1)^2 - 8 \times (B8A - B4)}}$	Modified Soil
	$\frac{1.2 \times (B5 - B3) - 1.5 \times (B4 - B3) \times \sqrt{B5/B4}}{2 \times B4 + 1 - \sqrt{(2 \times B8A + 1)^2 - 8 \times (B8A - B4)}}$	(Adjusted Vegetation Index- MSAVI)
Hazaymeh & Hassan, (2017)	$\frac{(NDVI - NDWI)/(NDVI + NDWI)}{(NDVI - NDWI)/(NDVI + NDWI)}$	Normalized
	$\frac{(NDVI - NDWI)/(NDVI + NDWI)}{(NDVI - NDWI)/(NDVI + NDWI)}$	(Difference Drought Index- NDDI)
Hazaymeh & Hassan, (2017)	$\frac{\sqrt{B8A^2 + B11^2}/\sqrt{2}}{\sqrt{B8A^2 + B11^2}/\sqrt{2}}$	Soil Moisture
	$\frac{\sqrt{B8A^2 + B11^2}/\sqrt{2}}{\sqrt{B8A^2 + B11^2}/\sqrt{2}}$	(Monitoring Index- SMMI)
Hazaymeh & Hassan, (2017)	$\frac{(B11 - B12)/(B11 + B12)}{(B11 - B12)/(B11 + B12)}$	Normalized Shortwave- infrared Difference SM index 3 (NDSI3)
	$\frac{(B11 - B12)/(B11 + B12)}{(B11 - B12)/(B11 + B12)}$	شاخص خشکی نرمال شده چند بانده
Hazaymeh & Hassan, (2017)	$\frac{(B8A - (B11 - B12))/(B8A + (B11 + B12))}{(B8A - (B11 - B12))/(B8A + (B11 + B12))}$	Normalized
	$\frac{(B8A - (B11 - B12))/(B8A + (B11 + B12))}{(B8A - (B11 - B12))/(B8A + (B11 + B12))}$	(Multiband Drought Index-NMDI)
Hazaymeh & Hassan, (2017)	$\frac{(B8A - B11)/(B8A + B11)}{(B8A - B11)/(B8A + B11)}$	شاخص تفاوت نرمال شده آب
	$\frac{(B8A - B11)/(B8A + B11)}{(B8A - B11)/(B8A + B11)}$	(Difference Water Index- NDWI)
Hazaymeh & Hassan, (2017)	$\frac{1 - (B12 + B4 - 2 \times B2)}{1 - (B12 + B4 - 2 \times B2)}$	Visible and
	$\frac{1 - (B12 + B4 - 2 \times B2)}{1 - (B12 + B4 - 2 \times B2)}$	(Shortwave Drought Index- VSDI)

## اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تعداد: ۷۲۰ نمونه خاک که از ۲۴۰ موقعیت نمونه‌برداری در داخل باغات پسته از دو استان یزد و خراسان رضوی جمع

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۲۷

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۳/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۴/۹

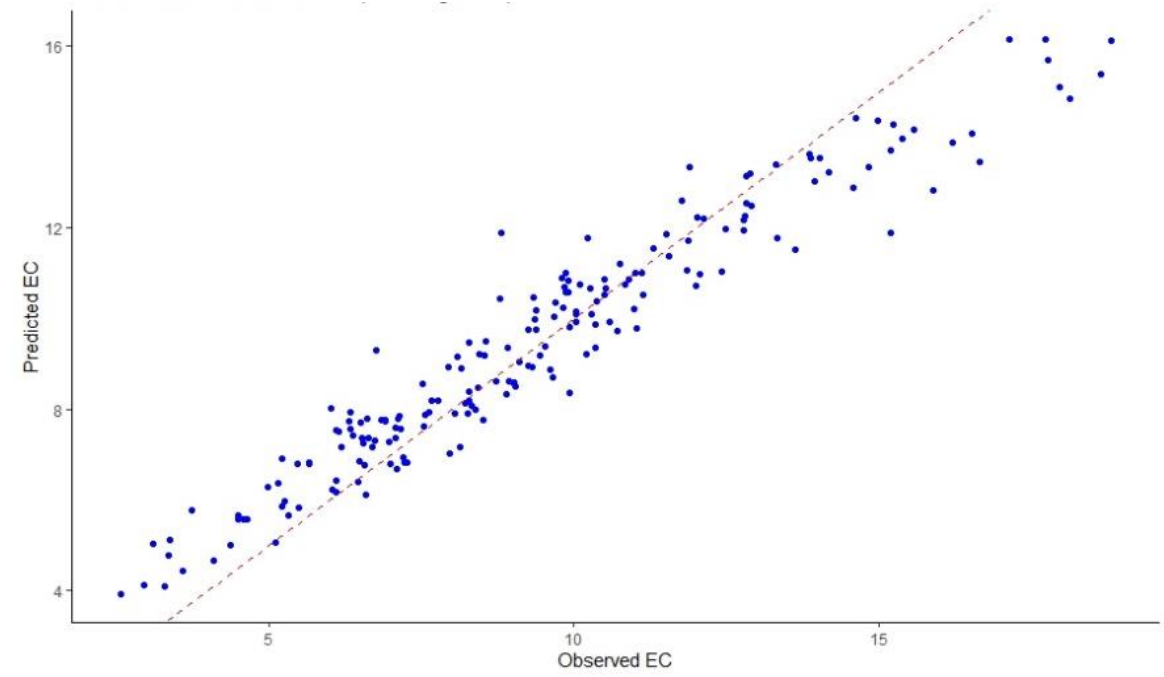
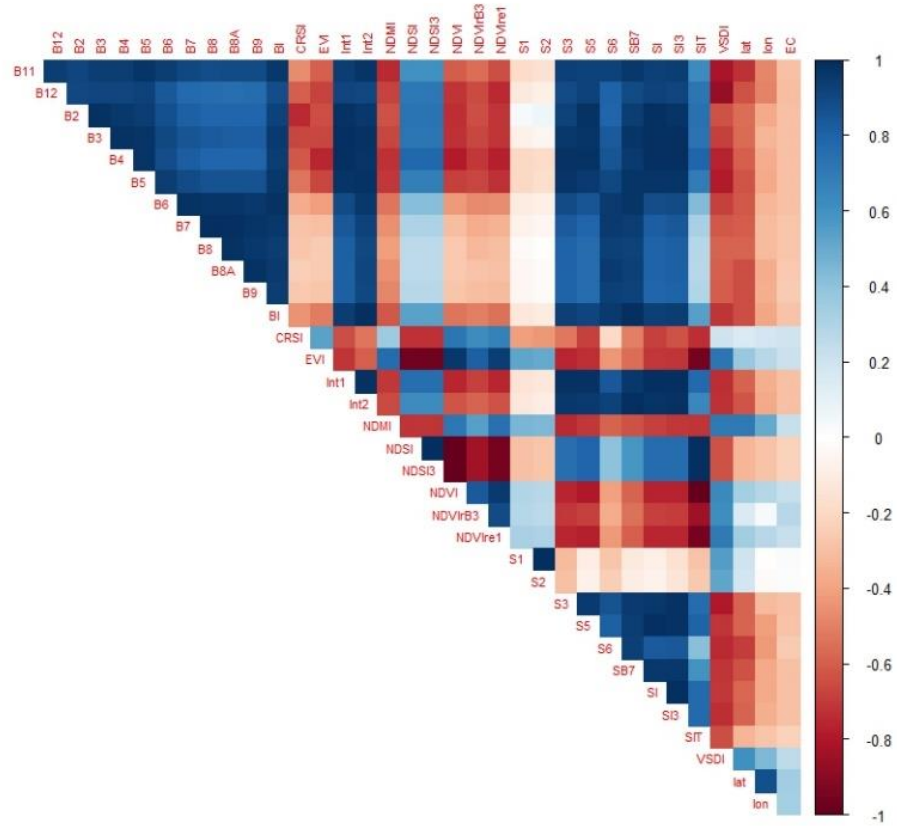
تاریخ انتشار: مهر ۱۴۰۴

واژه‌های کلیدی: سنتینل ۲، شاخص‌های طیفی، گوگل ارث انجین، مدل‌سازی، یادگیری ماشین

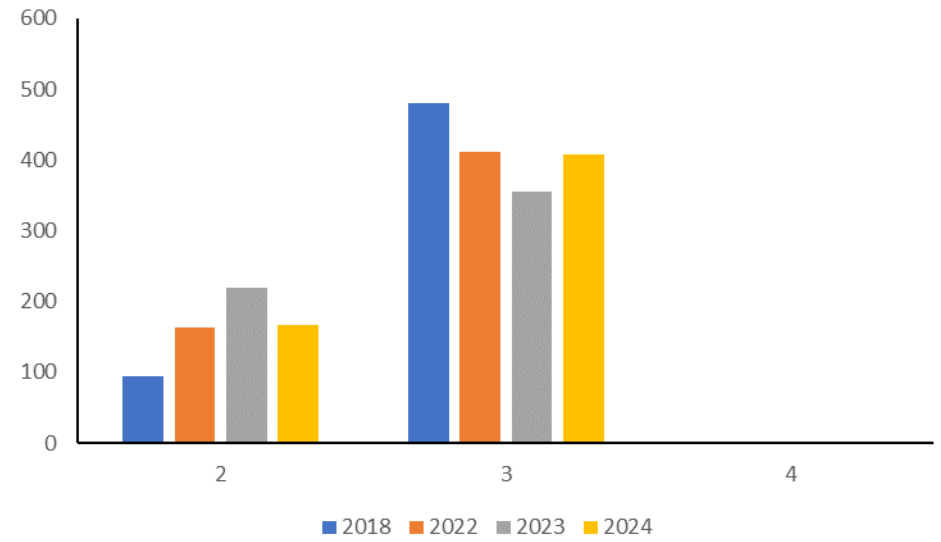
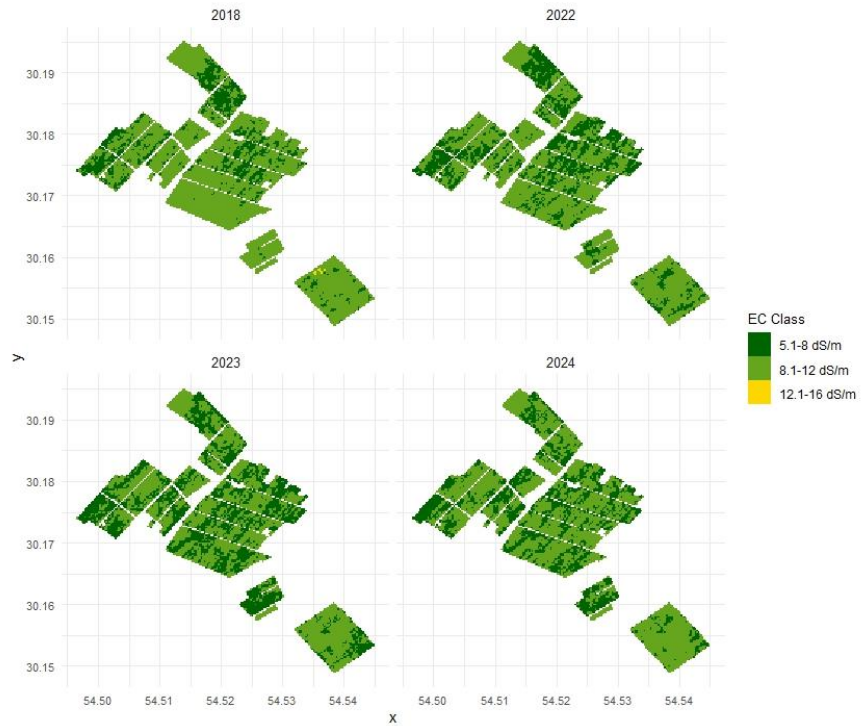
تعداد ۱۹۱ نقطه برای آموزش و آزمون مجدد الگوریتم جنگل تصادفی باقی ماند. مقدار RMSE در دسته آموزش ۱/۱ و در دسته آزمون ۲/۶ دسی‌زیمنس بر متر بود. مقدار R2 در هر دو دسته ۹۳ درصد بود. این الگوریتم برای پیش‌بینی تغییرات شوری خاک در مناطق و سال‌های مورد مطالعه استفاده شد. بر اساس این نتایج در پروژه زهکشی تنور لاهور، مساحت اراضی کلاس ۳ در حال کاهش و اراضی کلاس ۲ در حال افزایش است. در مزرعه مرتاضیه شوری کلاس ۳ کاهش یافته ولی در عوض به کلاس ۴ افزوده شده است. در مزرعه رضایی نیز به شدت اراضی کلاس ۴ در حال افزایش است. همچنین در مزرعه دادیار در استان خراسان رضوی نیز بطور نسبی اراضی کلاس ۴ شوری افزایش یافته است. نتایج این تحقیق نشان داد که الگوریتم جنگل تصادفی بطور موفقیت‌آمیزی قادر به پیش‌بینی تغییرات شوری خاک در محدوده‌های مورد مطالعه و مناطق مشابه می‌باشد.

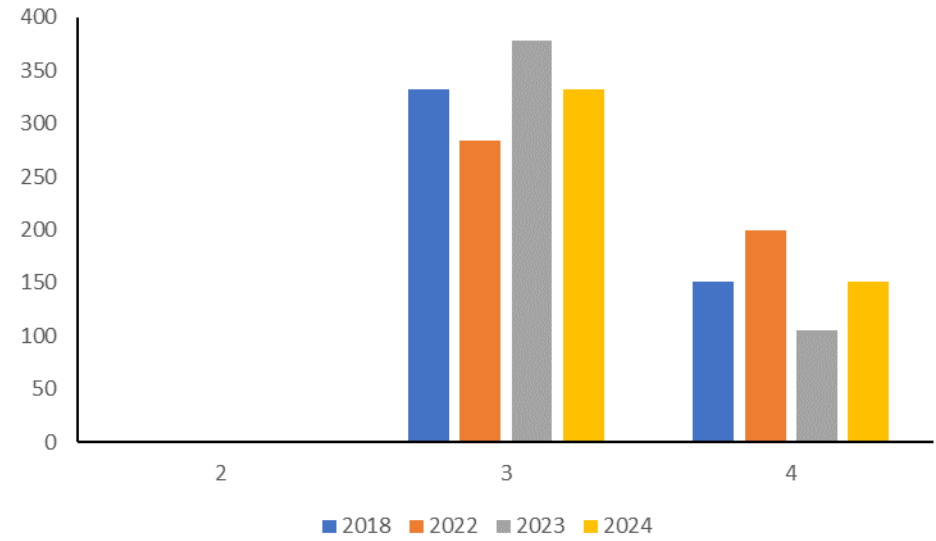
استاد: هاشمی نژاد، یوسف؛ نام دهقانی، فرهاد؛ بیرامی، حسین؛ مرتاض؛ مراد و شیران تفتی، مهدی (۱۴۰۴). آموزش و آزمون الگوریتم جنگل تصادفی برای پایش تغییرات شوری خاک باغات پسته. *مجله تحقیقات آب و خاک ایران*. ۵۶ (۷): ۱۹۳۱-۱۹۴۷. <https://doi.org/10.22059/ijswr.2025.391946.669907>

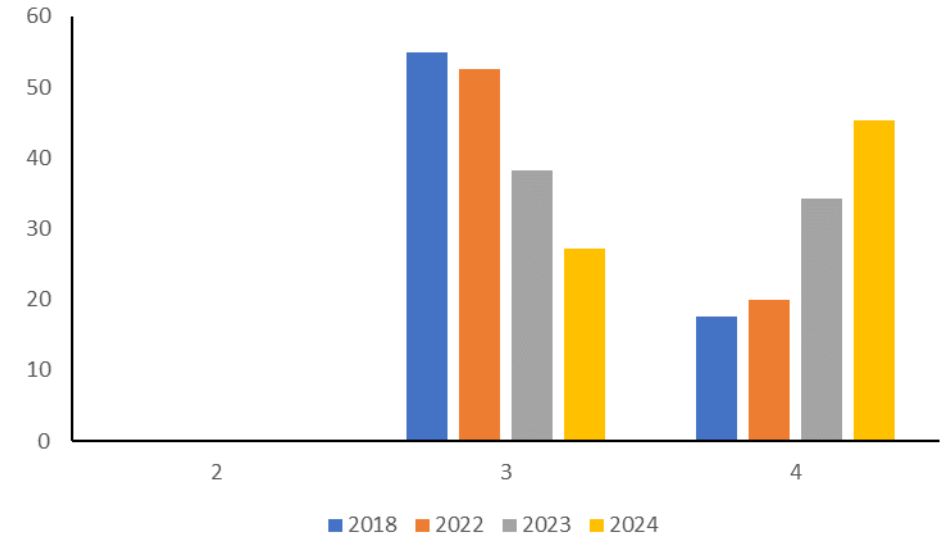
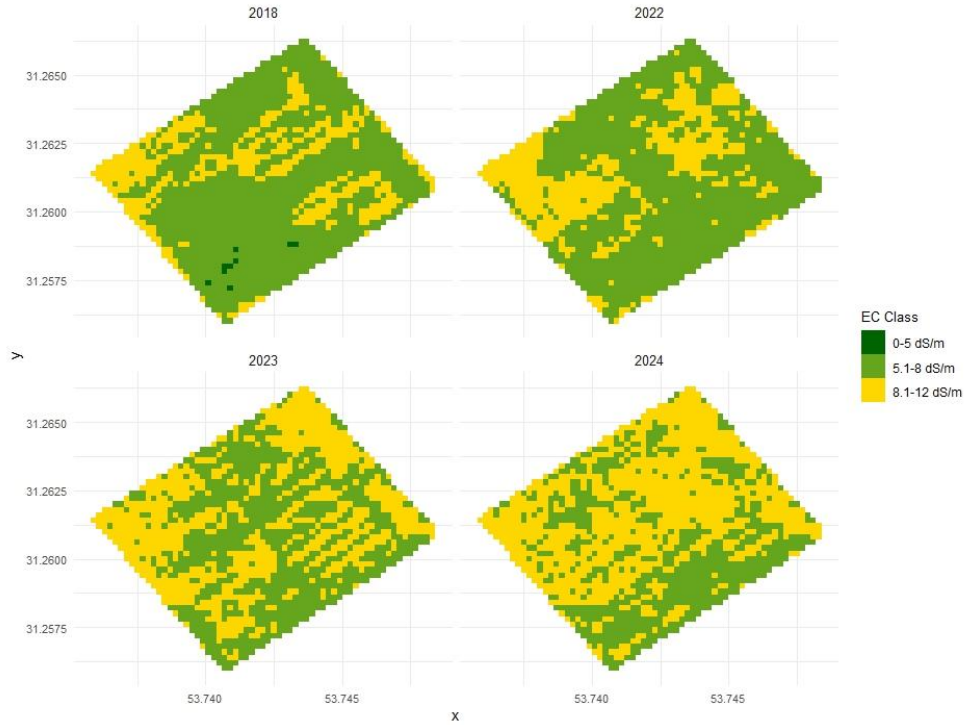
## مسیر دوم: پراکنش زمانی - مکانی

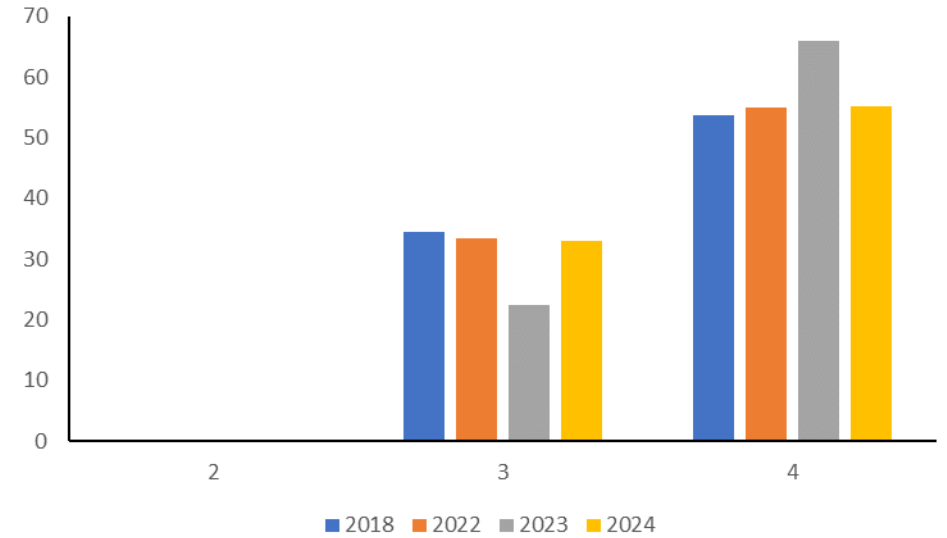
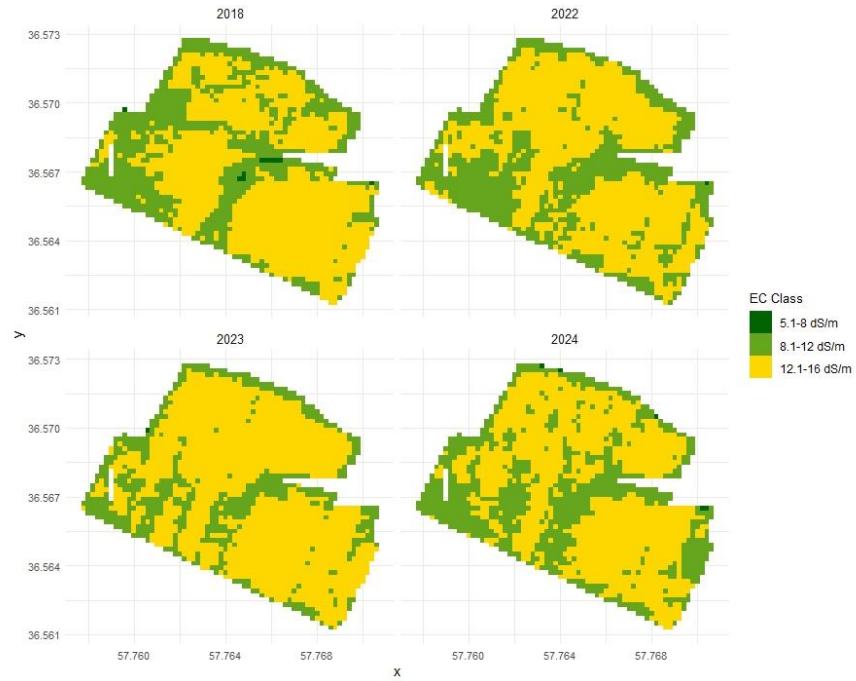


همبستگی بین مقادیر اندازه‌گیری و پیش‌بینی شده توسط جنگل تصادفی در دسته آموزش

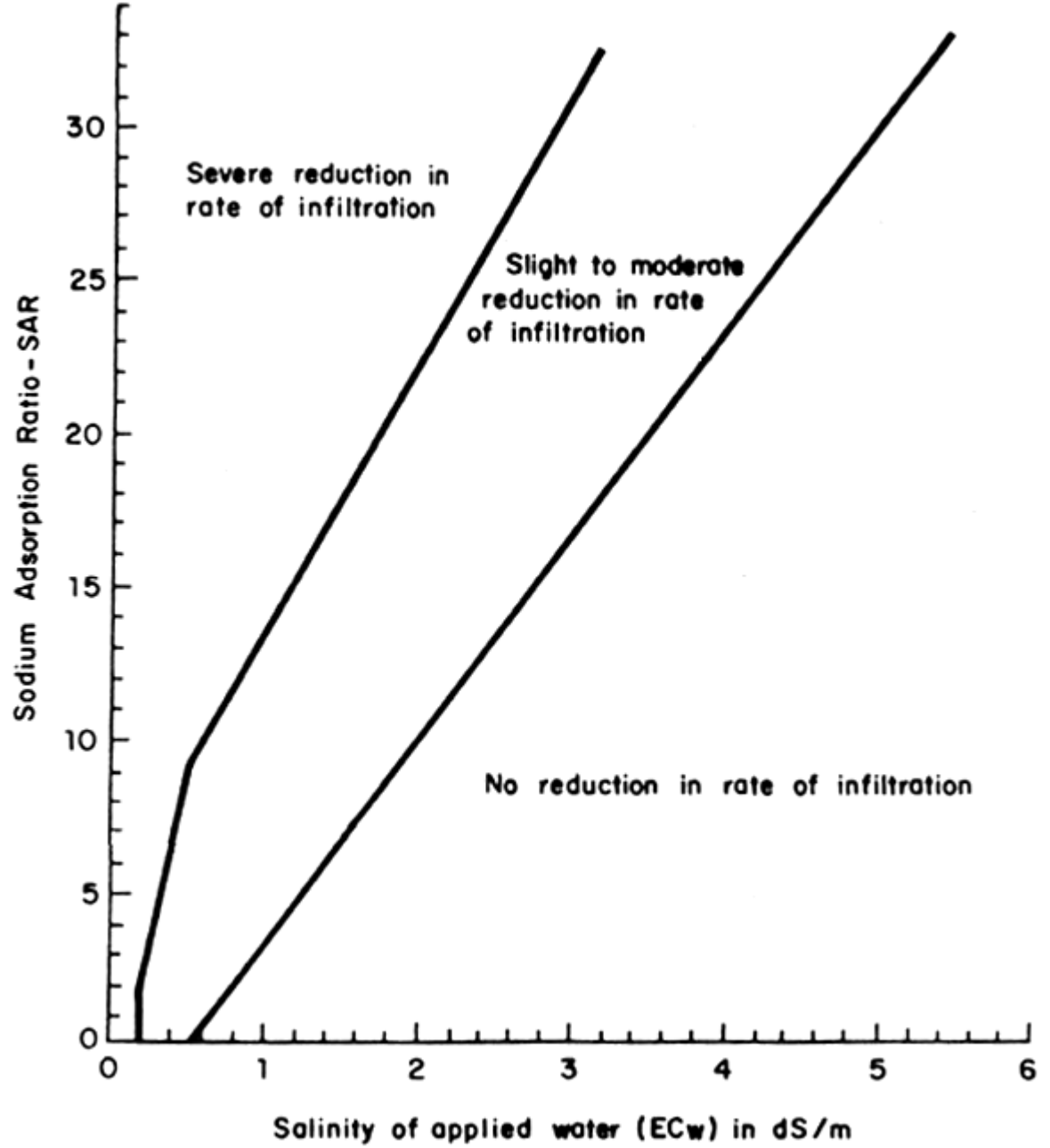


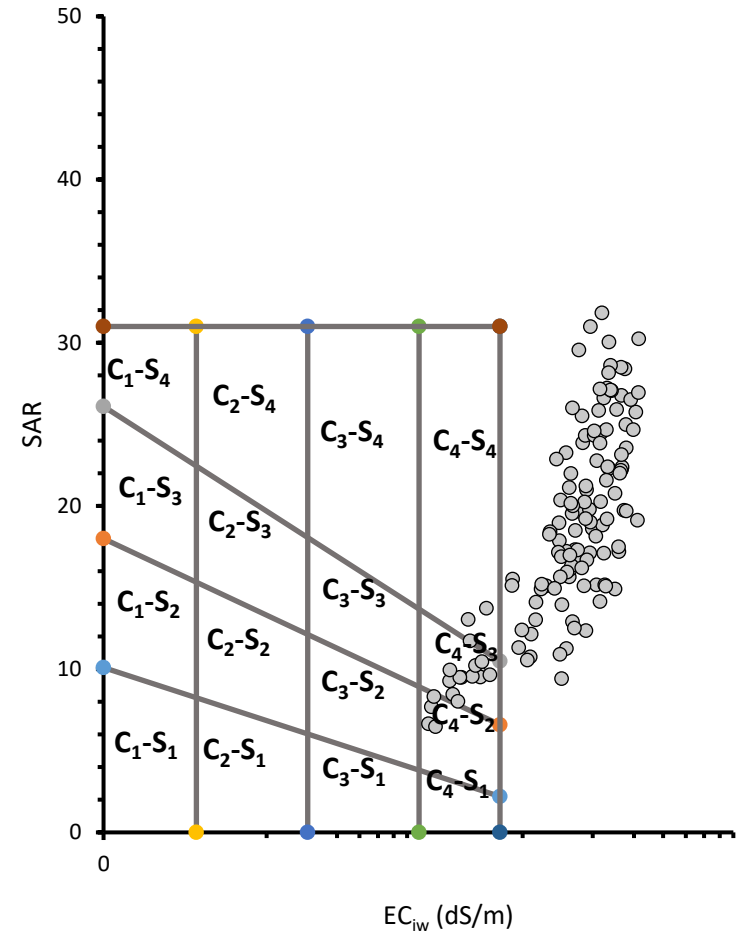
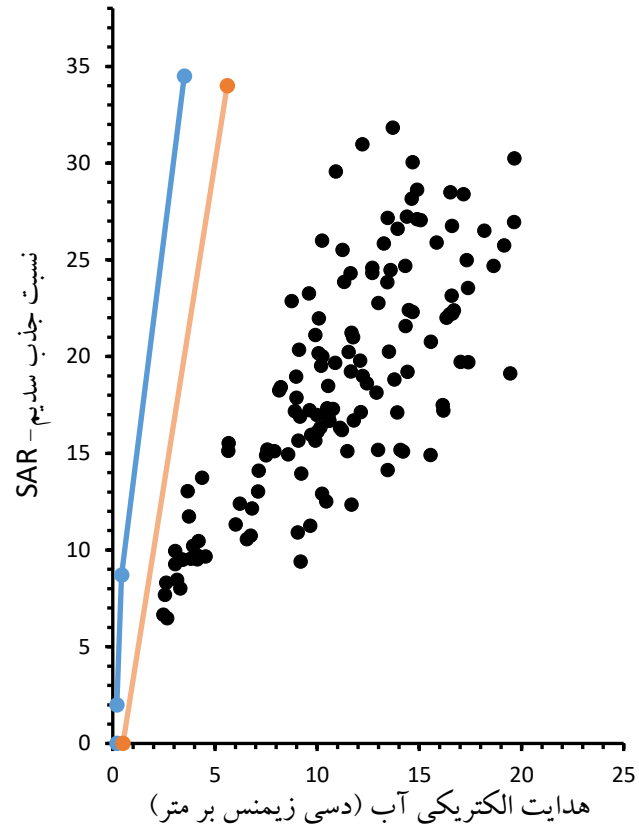
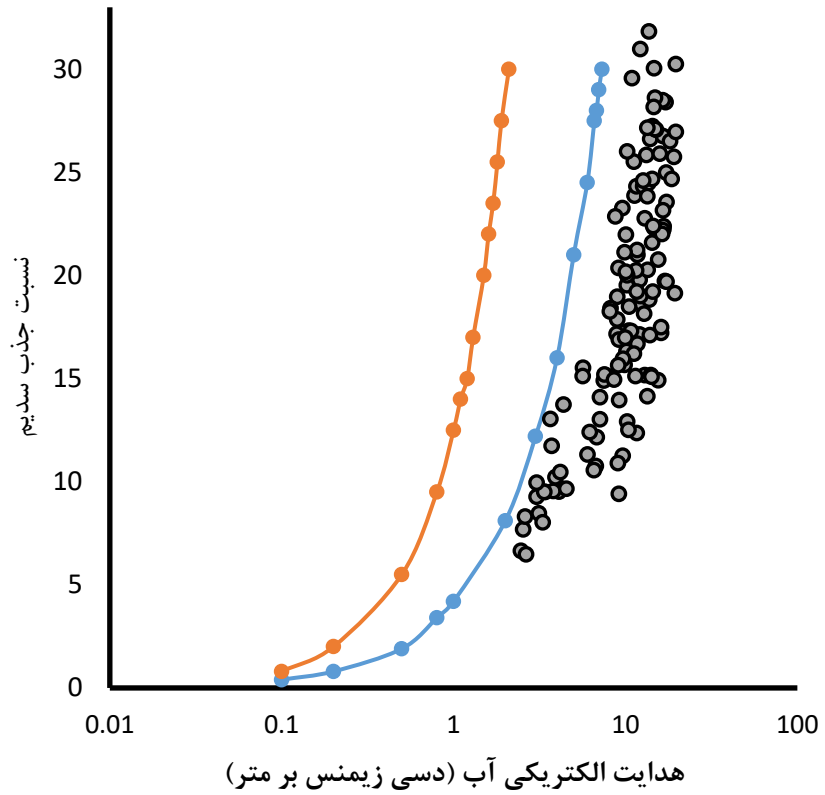


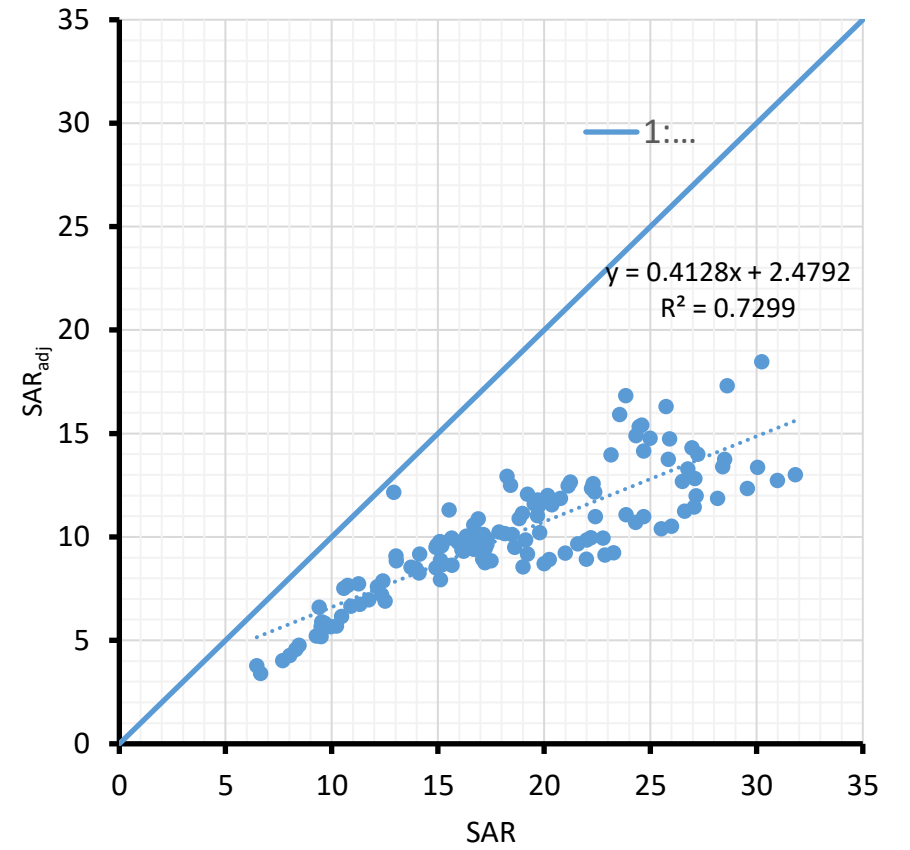
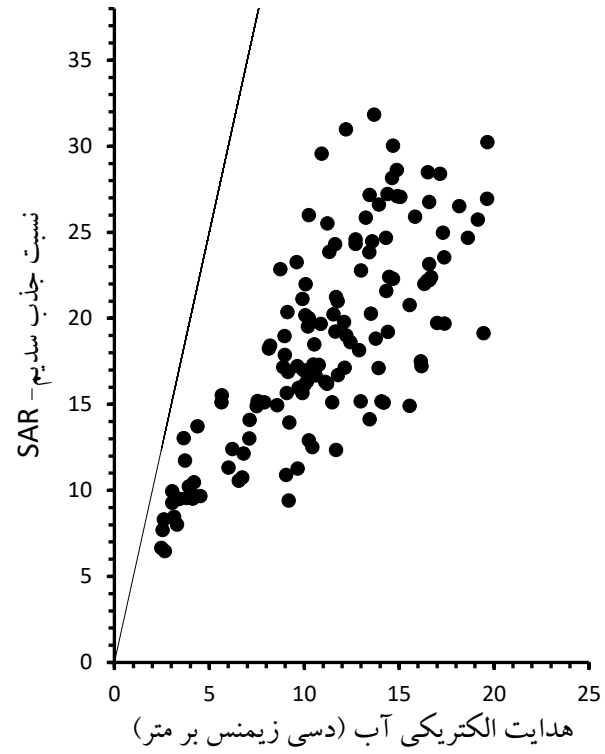
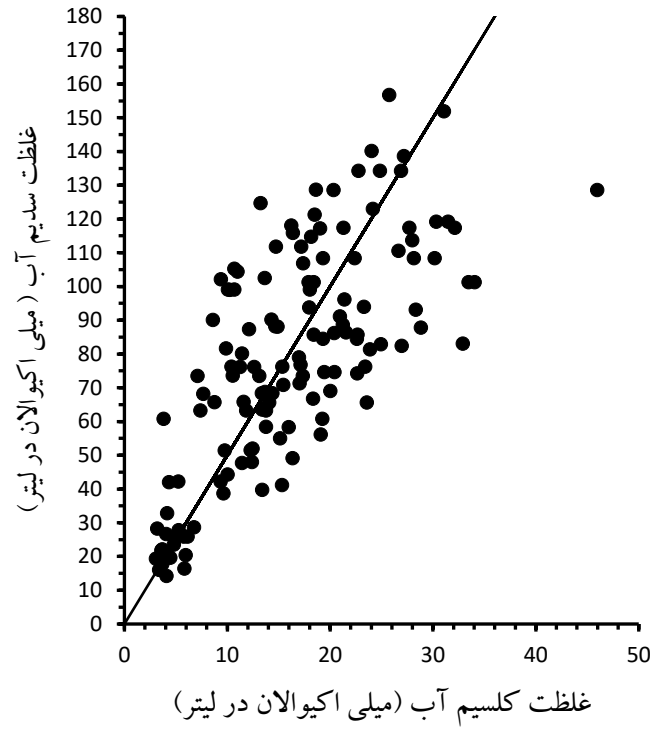


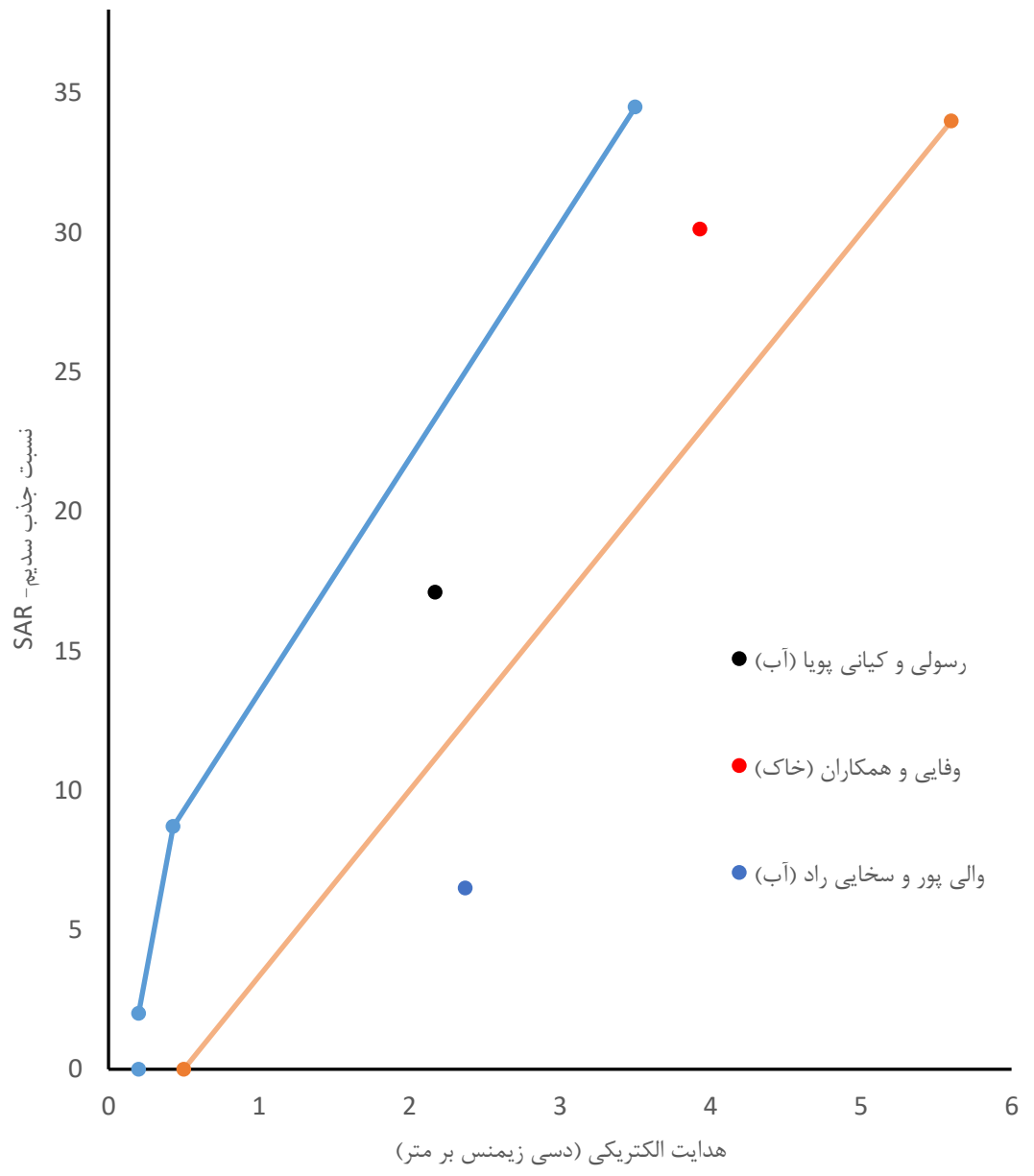


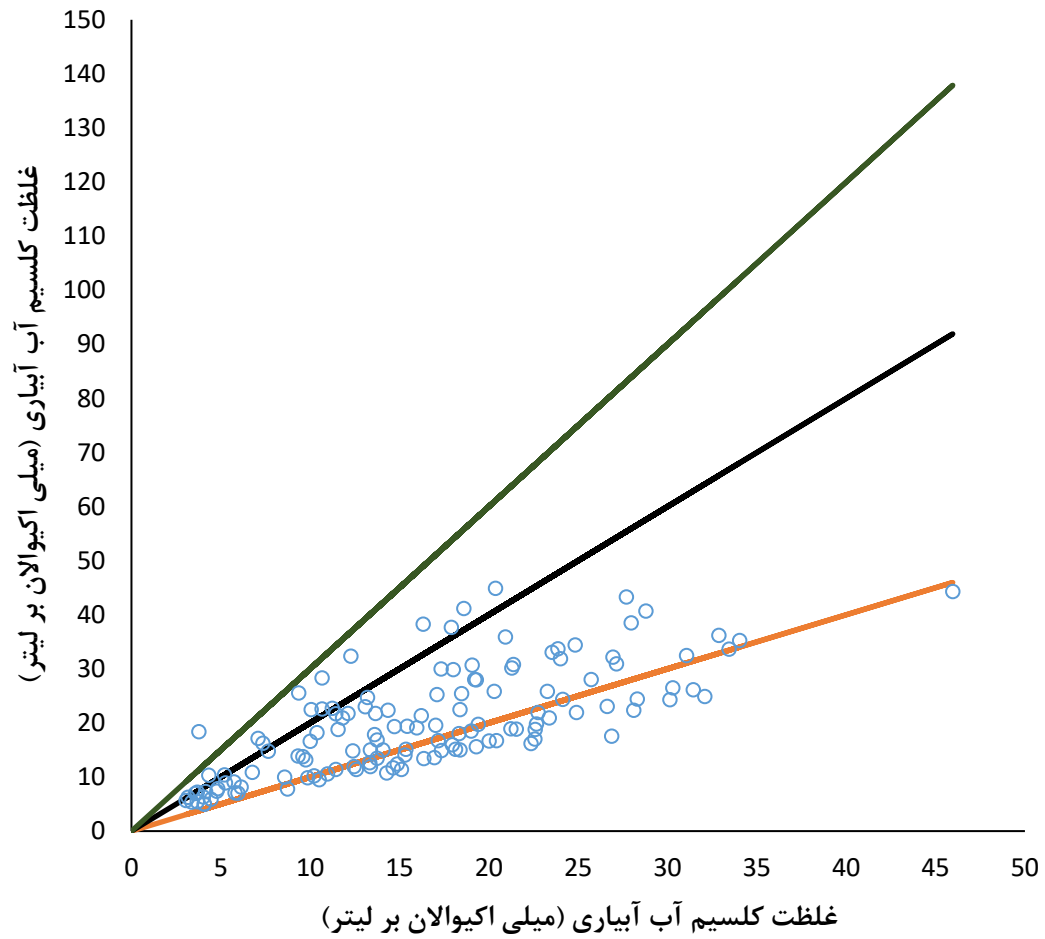
# ارزیابی خطر سدیم



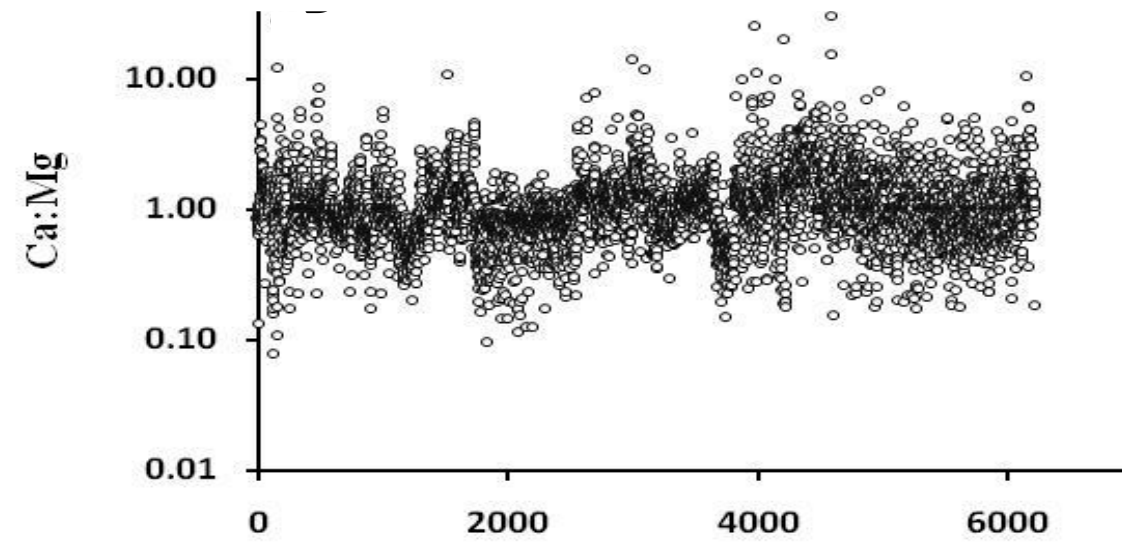








- نمونه های آب
- نسبت منیزیم به کلسیم = ۱
- نسبت منیزیم به کلسیم = ۲
- نسبت منیزیم به کلسیم = ۳



**Water Quality Inputs**

EC of irrigation water (dS/m):

pH:

Sodium (Na, meq/L):

Calcium (Ca, meq/L):

Magnesium (Mg, meq/L):

Potassium (K, meq/L):

Chloride (Cl, meq/L):

Sulfate (SO<sub>4</sub>, meq/L):

Carbonate (CO<sub>3</sub>, meq/L):

Bicarbonate (HCO<sub>3</sub>, meq/L):

**Soil and Management Inputs**

Soil bulk density (g/cm<sup>3</sup>):

Area (ha):

Depth (m):

Soil CEC (cmol/kg):

Gypsum purity (%):

Desired SAR:

Leaching Fraction (LF):

### Comprehensive Water Quality Summary

-----  
**WATER QUALITY & SALINITY ANALYSIS SUMMARY**  
 -----  
 ECiw = 10.00 dS/m, pH = 7.00, SAR = 23.72  
 Current ESP = 25.22%, Gypsum Requirement = 4.57 tons/ha

--- Charge Balance ---  
 Cations = 95.20 meq/L, Anions = 91.00 meq/L  
 Charge balance error = 4.62% → Acceptable

--- Salt Balance ---  
 Salt load added with 10,000 m<sup>3</sup>/ha = 6.40 tons

--- Salinity & Leaching ---  
 LF = 0.15, X = 1.612, Ece = 16.12 dS/m  
 EC Threshold = 12.00 dS/m → High: Root zone salinity exceeds crop tolerance. Increase LF.

--- Sodidity & Gypsum ---  
 Ca×5 = 50.00, Na = 75.00 → Gypsum feasible


--- Structural Stability ---  
 Mg:Ca ratio = 1.00 → Mg:Ca ratio acceptable.

### Visual Analysis

Na vs Ca×5    Root Zone Salinity vs LF    Root Zone Salinity vs ECiw

Gypsum Feasibility Check (Na vs Ca×5)

Component	Concentration (meq/L)
Ca×5	50
Na	75



### Water Quality and Salinity Management Tool

**Water Quality Inputs**

EC of irrigation water (dS/m):

pH:

Sodium (Na, meq/L):

Calcium (Ca, meq/L):

Magnesium (Mg, meq/L):

Potassium (K, meq/L):

Chloride (Cl, meq/L):

Sulfate (SO<sub>4</sub>, meq/L):

Carbonate (CO<sub>3</sub>, meq/L):

Bicarbonate (HCO<sub>3</sub>, meq/L):

**Soil and Management Inputs**

Soil bulk density (g/cm<sup>3</sup>):

Area (ha):

Depth (m):

Soil CEC (cmol/kg):

Gypsum purity (%):

### Comprehensive Water Quality Summary

-----  
**WATER QUALITY & SALINITY ANALYSIS SUMMARY**  
 -----  
 ECiw = 10.00 dS/m, pH = 7.00, SAR = 11.00  
 Current ESP = 13.68%, Gypsum Requirement = -0.69 tons/ha

--- Charge Balance ---  
 Cations = 100.20 meq/L, Anions = 91.00 meq/L  
 Charge balance error = 10.11% → Check analysis accuracy

--- Salt Balance ---  
 Salt load added with 10,000 m<sup>3</sup>/ha = 6.40 tons

--- Salinity & Leaching ---  
 LF = 0.15, X = 1.612, Ece = 16.12 dS/m  
 EC Threshold = 12.00 dS/m → High: Root zone salinity exceeds crop tolerance. Increase LF.

--- Sodidity & Gypsum ---  
 Ca×5 = 75.00, Na = 55.00 → Not recommended

--- Structural Stability ---  
 Mg:Ca ratio = 2.00 → High Mg:Ca ratio may lead to soil structure deterioration.

### Visual Analysis

Na vs Ca×5    Root Zone Salinity vs LF    Root Zone Salinity vs ECiw

Gypsum Feasibility Check (Na vs Ca×5)

Component	Concentration (meq/L)
Ca×5	75
Na	55

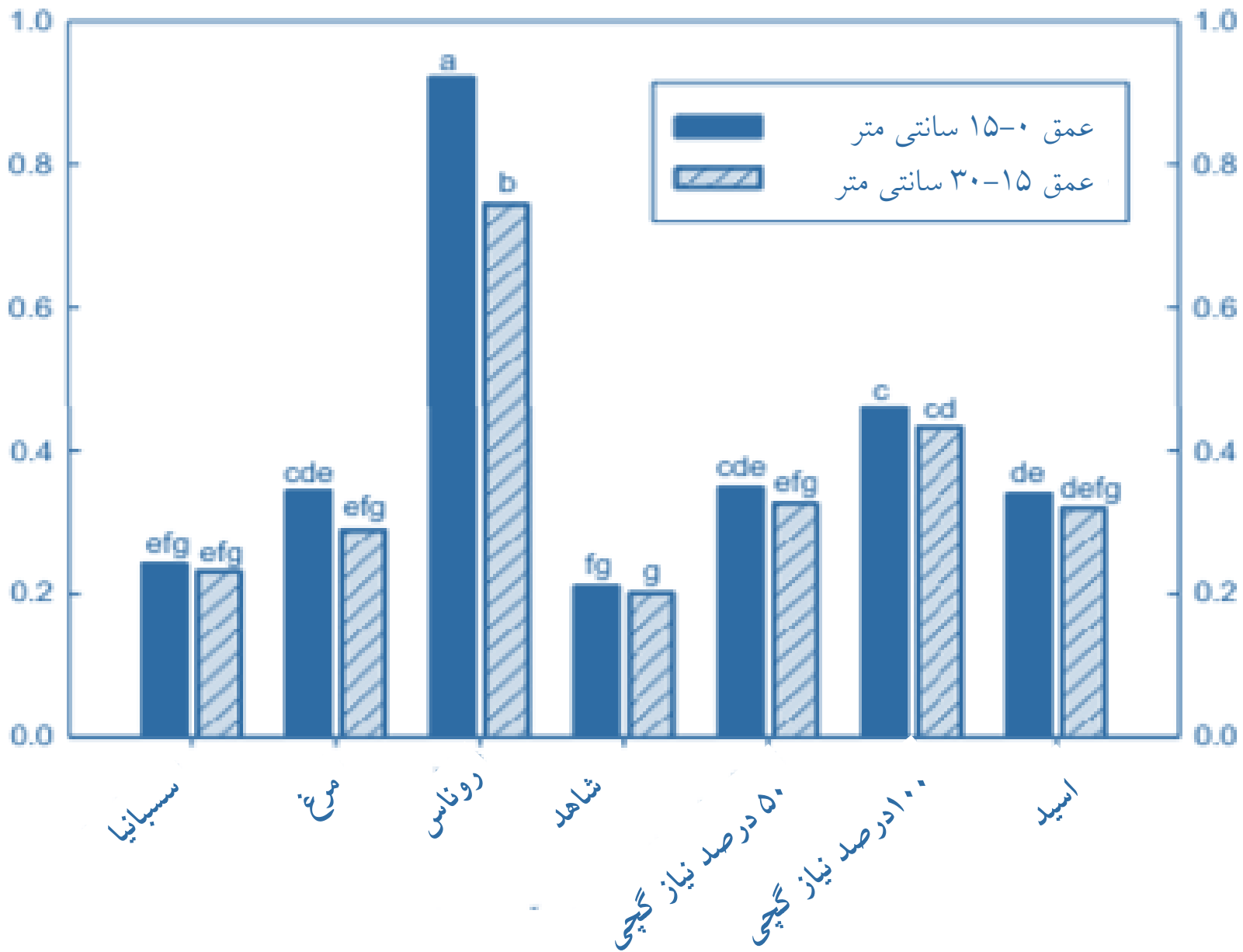
# اصلاح خطر سدیم

اصلاح زیستی

گیج

اسید

# میانگین وزنی قطر خاکدانه ها

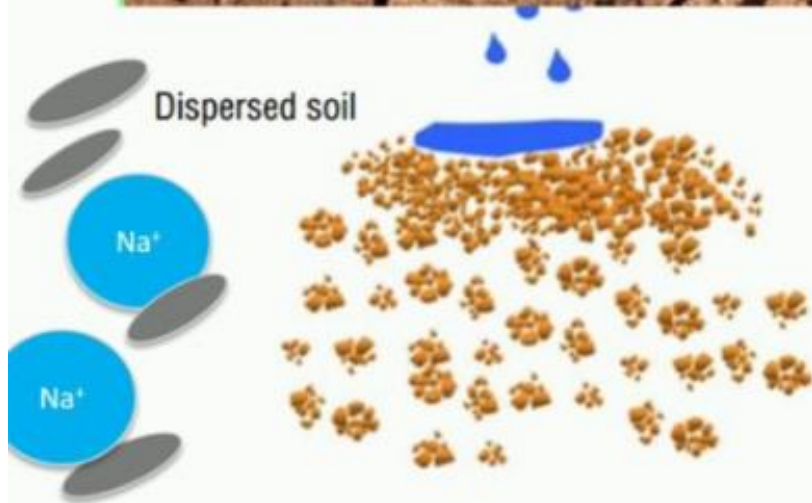


## انتخاب نوع اصلاح کننده بستگی دارد به:

- شرایط ویژه مکانی خاک
  - خاک شور، شور سدیمی، سدیمی
  - مقدار سدیم قابل تبادل
  - عمق اصلاح مورد نیاز
  - محتوای سدیم آب
- مقدار آهک آزاد در خاک و یا کربناتها در آب
  - ترکیبات گوگردی (اسیدزا) در شرایط آهک یا پی اچ بالا
  - ترکیبات کلسیمی در حضور مقادیر کم آهک و کربناتها
- سرعت عمل و پایداری اثر اصلاح کننده ها

خاک شور – سدیمی یا سدیمی که SAR آب بیش از ۵ برابر شوری آب است منجر به مشکلات سله و نفوذپذیری می شود

خاک معمولی یا شور که SAR آب کمتر از ۵ برابر شوری آب است مشکلات نفوذپذیری ندارد یا مشکل آن کم است





**آبیاری با آب با SAR بالا و شوری کم**

## نوع مواد اصلاح گر

اسیدزا	تامین کننده کلسیم
<ul style="list-style-type: none"><li>• آهک بیش از ۱ درصد، پی اچ بیش از ۷/۸ و بیکربنات بیش از ۲/۵ در آب</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• سطوح پایین آهک (کمتر از ۱ درصد)، پی اچ کمتر از ۸/۷ و بیکربنات کمتر از ۲/۵ در آب</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>- گوگرد</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- نترات کلسیم</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>- نیتروسولفور</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- کلرید کلسیم</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>- تیوسولفات</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- ژپس (آبدار)</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>- ان-فوریک</li></ul>	
<ul style="list-style-type: none"><li>- اسید سولفوریک</li></ul>	
<ul style="list-style-type: none"><li>- گوگردسوز</li></ul>	

## اصلاح‌رهای تامین کننده کلسیم

• خاکهای با سدیم بالا ولی آهک کم و پی اچ زیر ۷/۸

- نیترات و کلرید کلسیم

- بسیار محلول، تاثیر سریع

- منبع نمک اضافه و گران

- نیترات کلسیم را در مقادیر متوسط و بر حسب نیاز نیتروژنی مصرف کنید

- کلرید کلسیم برای خاکهای سدیمی توصیه نمی شود

- کلسیم اضافه از سایر منابع را هم در نظر بگیرید


## اصلاحگرهای تامین کننده کلسیم

- گچ برای افزودن کلسیم و یا برای افزایش شوری آب در مورد آبهای بسیار خالص به کار می رود
  - ژپس (آبدار): حلالیت خوبی دارد، بسته به اندازه ذرات
  - آنهیدریت: حلالیت کمی دارد، برای مواردی که حلالیت بلندمدت تدریجی قابل قبول است می تواند استفاده شود
  - گچ محلول، بصورت شیرآبه تزریق می شود، مرسوم ترین اصلاحگر آب است
  - اگر بیکربنات آب زیاد باشد، افزودن گچ محلول ممکن است منجر به رسوب آهک در لوله ها شود
  - همه منابع مانند هم نیستند
  - منابع با خلوص کمتر را باید در مقادیر بیشتر مصرف شوند ولی مقرون به صرفه اند
  - اگر مقادیر مورد نیاز خیلی بالا رفت بصورت تقسیطی مصرف کنید
  - درصد خلوص را بر حسب سولفات حساب کنید و نه کلسیم
  - مطمئن شوید که کلسیم بیان شده، کلسیم محلول باشد





**پخش و یا تزریق گچ به آب تنها  
زمانی لازم است که سدیم بیش از  
۵ برابر کلسیم باشد**



**گچ هم به محیط خاک نمک اضافه می  
کند و پتانسیل اسمزی را منفی تر می  
کند و در نتیجه جذب آب به ریشه  
محدود می شود**

# اصلاح‌رهای اسیدزا

- گوگرد عنصری، نیتروسولفور و تیوسولفات
- باید اکسیداسیون بیوشیمیایی گوگرد توسط باکتری های جنس تیوباسیلوس اتفاق بیفتد تا تبدیل به اسید سولفوریک شود
- اسید سولفوریک با آهک واکنش می دهد تا گچ تشکیل شود
- دمای محیط و فراهمی رطوبت بر این تبدیل میکروبی تاثیرگذار است
- دمای خاک برای ۲ تا ۴ هفته بین ۱۳ تا ۲۵ درجه سانتیگراد باشد
- شرایط رطوبتی ظرفیت زراعی بسیار موثر است

# اسیدهای مایع مبتنی بر نیتروژن سولفات

- انفوریک اسید: گوگرد به شکل سولفات و نیتروژن به شکل اوره
  - بلافاصله بر اسیدی کردن آب موثر است
  - خورندگی کمتری نسبت به اسید سولفوریک دارد
  - معدنی شدن اوره به آمونیم و نیتریفیکاسیون برای تبدیل به نترات، ۲ تا ۴ روز طول می کشد که اسیدزایی طولانی تری را فراهم می کند

## اصلاح‌رهای اسیدزا

- گوگرد: گوگردهای گرانوله درشت تا ۱۰ سال زمان نیاز دارد تا فرآیند اکسیداسیون کامل شود. گوگرد پودری که زیر خاک مدفون شده باشد به همراه کود دامی فرآیند را تسریع می کند.





## اصلاحگرهای اسیدزا

- اسید سولفوریک: برای انحلال کربناتها در خاکهای بسیار سدیمی و آب آبیاری کاربرد دارد
- توصیه نمی شود که پی اچ آب زیر ۵ و پی اچ خاک زیر ۷ کاهش یابد
- مقادیر توصیه رایج نیم تا ۲ تن در هکتار
- بر حسب منحنی تیتراسیون

## اصلاحگرهای اسیدزا

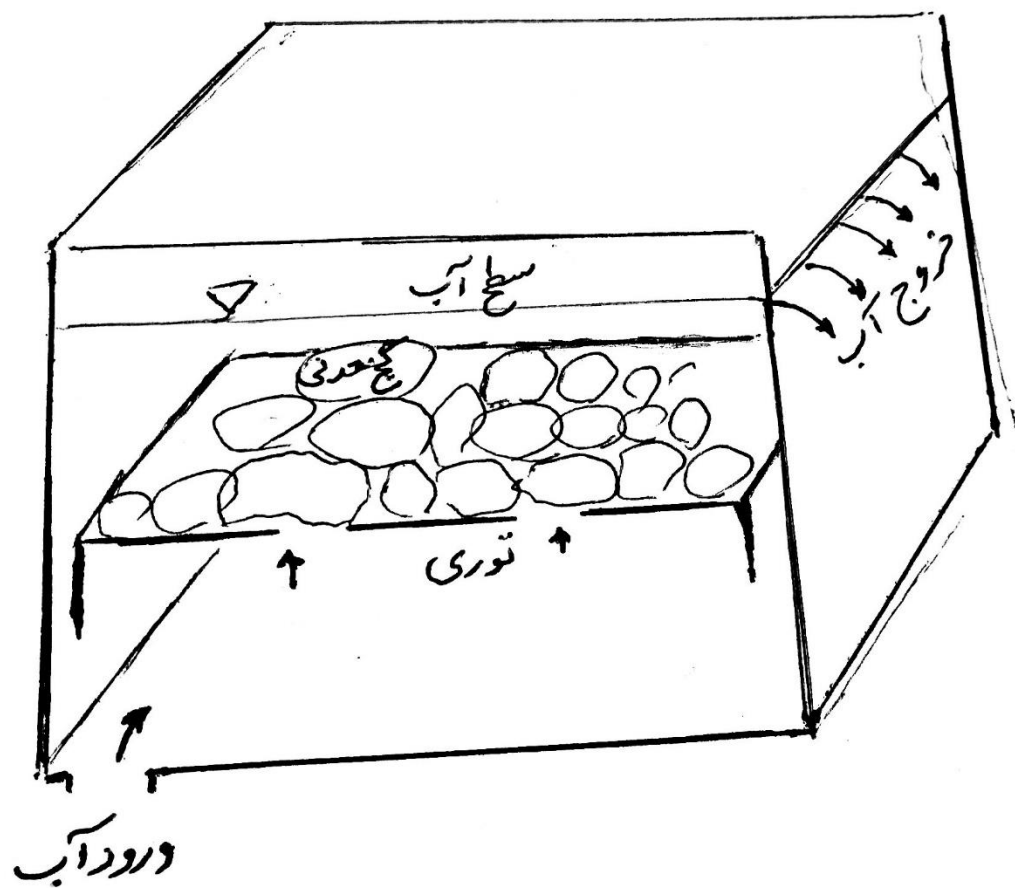
- گوگردسوز: گوگرد عنصری سوزانده می شود و در آب تزریق می شود.

- نسبت به اسید سولفوریک ایمن تر است

- بتدریج باعث آزادسازی یونهای اسیدی کننده می شود



## مصرف گچ در استخر آبیاری



- ناخالصی در استخر باقی می ماند و وارد شبکه آبیاری نمی شود
- بعد از انحلال کامل گچ، مجدداً به آن اضافه می شود
- توزیع یکنواخت و هزینه کاربرد گچ کم می شود
- امکان استفاده از سنگ گچ خورد نشده فراهم می شود



سیرانه‌گذاری برای تولید

وزارت جهاد کشاورزی  
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی



موسسه آموزش و ترویج کشاورزی

معاونت علمی و فناوری

شبکه دانش کشاورزی

سلسله برنامه‌های ویدیو کنفرانس انتقال دانش به روز در گستره ملی بخش کشاورزی

عنوان:

مدیریت آبیاری و اصلاح خاک در شرایط شور

سخنران:

دکتر یوسف هاشمی نژاد

عضو هیات علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی

۹ دی ۱۴۰۴ - ساعت: ۱۱:۳۰