Date:
Subject:

نقش آب در لوله

۱) نقش ساختمانی
۲) نقش آب به عنوان یک حلال
۳) نقش شیمیایی
۴) نقش در ایجاد تماس در سلول‌ها

گرمای ویژه آب

اگر برای آن که دمای m گرم آب از t_1 درجه سانتی‌گراد به t_2 درجه برسد، H کالری گرما لازم باشد آنگاه:

$$S = \frac{H}{[m(t_2 - t_1)]}$$

S: گرمای ویژه آب

گرمای ویژه آب برابر افزایش دمای یک گرم ماده بر اندازه یک درجه سانتی‌گراد است.

گرمای تبخیر

مقدار گرمایی که لازم است به یک گرم آب داده شود تا بدون تغییر درجه حرارت، آن را تبخیر کند:

$$H = 597/4 - 0/64t$$

Helix

WATERENG.IR

Date:
Subject:

گرمای ذوب: (گرمای نهان ذوب)

مقدار گرمایی که لازم است یک جسم جامد مانند یخ دریافت کند که بدون تغییر درجه حرارت به مایع تبدیل شود.

کشش سطحی (surface tension)

انرژی در واحد سطح است که البته معادل با نیرو در واحد طول هم می‌توان در نظر گرفت زیرا:

$$\sigma = \frac{\text{انرژی}}{\text{سطح}} = \frac{\text{کار}}{\text{سطح}} = \frac{\text{طول} \times \text{نیرو}}{\text{طول} \times \text{طول}} = \frac{\text{نیرو}}{\text{طول}}$$

البته کشش سطحی با ضریب کشش سطحی نیز شناخته می‌شود.

خاصیت موئینگی:

وقتی یک لوله موئین را در سیالی قرار دهیم، به اساس نیروهای چسبندگی (adhision، دگرچسبی) و پیوستگی (همچسبی، cohision) آن سیال

Helix

Date:
Subject:

یا در لوله موئین بالا رفته یا پایین می‌رود (به اساس به آیند دو نیروی ذکر شده)

آب در لوله موئین صعود می‌کند. میزان صعود از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$h = \frac{4\sigma\cos\theta}{\gamma d} = \frac{2\sigma\cos\theta}{r\gamma}$$

ρg

زاویه‌ای که سطح آب با لوله موئین می‌سازد ($\cos\theta \approx 1$)

کیفیت آب:

Total Disolved Solids

مجموع مواد جامد حل شده (TDS):

اگر آب را از صافی عبور دهیم و سپس آن را حرارت دهیم تا کاملاً تبخیر شود آن چه در ته ظرف می‌ماند مجموع مواد جامدی است که در آب حل شده بودند.

mg/L

Helix

WATERENG.IR

هدایت الکتریکی (EC):

در واقع عکس مقاومت الکتریکی در عبور جریان برق از یک سانتی متر مکعب آب است.

دسی زیمنس $\rightarrow 1\ \frac{ds}{m} = 1\ \frac{mmhos}{cm}$ ← میلی موس

← سانتی متر

- این پارامتر به دمای آب بستگی دارد.
- این پارامتر با TDS دارای رابطه است.

$$EC \approx A(TDS)$$

$A \approx 0.64$ ضریب ثابت

فشار بخار:

هنگامی که آب در مجاورت هوا قرار می‌گیرد، بخشی از مولکول‌های آن به اندازه کافی انرژی جنبشی پیدا کرده و از سطح آب به هوا پرتاب می‌شوند. اگر این مولکول‌ها در هوای مجاور سطح آب تجمع پیدا کنند،

Helix

فشاری که بر سطح آب وارد می‌شود به آن، فشار بخار گفته می‌شود. به طوری که این فشار به نوبه خود مانع از وارد شدن مولکول‌های آب به هوا می‌شود و هنگامی که هوای مجاور از بخار آب اشباع شده، عملاً تبخیر متوقف شده که در این حالت، فشار بخار ایجاد شده را فشار بخار اشباع گویند.

فشار بخار اشباع ← e_s

دما ←

$$e_s = 611 \exp\left(\frac{17.3\,T}{237.3+T}\right)$$

← اما فشار بخار در آب خالص و آب ناخالص متفاوت است. این مقدار تفاوت بستگی به غلظت ماده حل شده دارد.

$$e = e_0\left(\frac{n_w}{n_w+n_s}\right)$$

← قانون رائولت (Raoult)

e فشار بخار محلول

e_0 " " آب خالص

n_w تعداد مول‌های آب

n_s مول‌های جسم حل شونده

Helix

WATEREN.IR

پتانسیل شیمیایی آب

در حقیقت مقداری از ظرفیت کار مفید آب برای انجام کار است. (از نظر مقدار برابر جزء مفید انرژی آزاد گیبز (Gibbs) می‌باشد).

هر عاملی که باعث کاهش فشار بخار (یا رطوبت نسبی) شود متعاقباً پتانسیل آب را کاهش می‌دهد.

در کل پتانسیل آب از اجزاء زیر تشکیل شده است:

$$\psi_w = \psi_s + \psi_m + \psi_p + \psi_z$$

ψ_s: پتانسیل اسمزی
ψ_m: پتانسیل ماتریک
ψ_p: پتانسیل فشاری
ψ_z: پتانسیل ثقلی

Helix

فشار اسمزی و پتانسیل اسمزی

اگر آب خالص و محلول را توسط غشاء نیمه تراوا که نسبت به مولکول‌های آب نفوذ پذیر و نسبت به مولکول‌های جسم حل شدنی غیر قابل نفوذ باشد از هم جدا کنیم، آب خالص وارد محلول می‌شود تا آن را از نظر غلظت مشابه خود سازد.

اگر بخواهیم آب به داخل محلول نفوذ نکند، باید فشاری را روی سطح محلول اعمال کنیم. این فشار را اصطلاحاً فشار اسمزی (OP) گویند.

وقتی که ما برای جلوگیری از حرکت آب به سطح محلول فشاری معادل OP وارد می‌کنیم، مثل آن است که بگوییم مولکول‌های آب دارای پتانسیلی می‌شوند که از نظر مقدار برابر OP، اما از نظر علامت عکس آن می‌باشد.

$$OP = -\psi_s$$

Helix

WATERENG.IR

Date:
Subject:

وانت هوف (Van't Hoff) رابطه بین فشار اسمزی یک محلول و غلظت آن محلول از نظر ماده حل شدنی به صورت زیر توصیف کرده است:

$$(\Omega P)(V) = n_s \cdot R \cdot T$$

- ΩP: فشار اسمزی (MPa)
- V: حجم حلال یا آب (m^3)
- n_s: تعداد مول‌های جسم حل شده
- R: ثابت گازها
- T: دما ($^\circ K$)

برای محلول‌های رقیق پتانسیل اسمزی ضریب یونیزاسیون جسم حل شدنی نیز در نظر گرفته می‌شود:

$$\psi_s = -m \cdot i \cdot R \cdot T$$

- ψ_s: پتانسیل اسمزی (bar)
- m: غلظت محلول
- i: ضریب یونیزاسیون

Helix

Date:
Subject:

تعیین فشار یا پتانسیل اسمزی از روی مقدار کاهش نقطه انجماد محلول:

$$\psi_s = -\frac{\Delta T}{1.86} \times 2.27 = -1.22\,\Delta T$$

پتانسیل های خیسیدگی آب

- پتانسیل ماتریک (ψ_m)

منافذ بسیاری از مواد مانند رس، دیواره سلول‌های زنده و ... تمایل زیادی به جذب آب دارند. هنگامی که آب توسط این منافذ جذب می‌شود، برای جدا کردن مولکول‌های آب از آن‌ها مقداری انرژی لازم است که به آن پتانسیل ماتریک (ψ_m) می‌گوییم.

در حقیقت این پتانسیل، تمایل سیستم به جذب آب را نشان می‌دهد که اگر اشباع باشد یعنی تمایلی وجود ندارد لذا $\psi_m = 0$.

Helix

WATERING.IR

Date:
Subject:

پتانسیل فشاری:

در سلولهای گیاهی به دلیل وجود مواد محلول، پتانسیل اسمزی شیره سلول باعث می‌شود که مقداری آب وارد واکوئل شده و باعث افزایش فشار گردد. دیواره سلولهای گیاهی در مقابل این فشار مقاومت می‌کنند.

در این حالت سلول دارای پتانسیل فشاری مثبت ($\psi_p > 0$) می‌شود.

این پتانسیل فشاری مثبت را آماس سلولی گویند.

پتانسیل ثقلی:

اگر یک سطح را به عنوان مرجع (صفر) در نظر بگیریم برای انتقال آب به بالاتر از ارتفاع مرجع باید مقداری انرژی مصرف شود. بنابراین آبی که در ارتفاع بالاتر از مرجع باشد، دارای انرژی بیشتری برای انجام کار است ($\psi_z > 0$).

اگر زیر سطح مرجع باشد، پتانسیل ثقلی آن منفی خواهد بود.

Helix

Date:
Subject:

اما اگر اشباع نباشد، تمایل وجود داشته و چون باعث کاهش پتانسیل آب می‌شود، مقدار آن کوچکتر از صفر است.

مقدار پتانسیل ماتریک معادل صعود موئینه‌ای است.

$$\psi_m = -\frac{2S}{\rho g r}$$

که اگر در این فرمول خصوصیات آب را قرار دهیم:

$S = 72.75$
$\rho = 1$
$g = 980$

$$\psi_m = -\frac{0.3}{d}$$

MPa

$\rightarrow \mu$

Helix

WATERENG.IR

$\psi_z = \rho_w g h$

- مقدار پتانسیل ثقلی نسبت به سایر پتانسیل‌ها ناچیز است. (البته بستگی به نوع درخت و گیاه و ارتفاع آن دارد)

Helix

خاک و برخی خصوصیات آن:

طبقه‌بندی خاک براساس استاندارد USDA

شن: درشت	۲ - ۰/۲ mm
" ریز	۰/۲ - ۰/۰۲ mm
سیلت	۰/۰۲ - ۰/۰۰۲ mm
رس	< ۰/۰۰۲ mm

خصوصیات خاک:
- ثابت: بافت خاک، دانه‌بندی خاک، سطح ویژه ذرات خاک
- متغیر: رطوبت خاک، ساختمان خاک، تخلخل

بافت خاک: ترکیب نسبی اجزاء تشکیل دهنده را بافت خاک (Soil texture) گویند.

جهت تشخیص براساس اجزاء تشکیل دهنده (میزان شن، سیلت و رس) از مثلث بافت خاک استفاده می‌کنیم

Helix

WATERENG.IR

در روش USDA نمی‌توان به لحاظ کلی مشخص کرد که متوسط اندازه ذرات خاک چقدر است. لذا برای این منظور از روش شیرازی و بورسما (Boersma) استفاده می‌کنیم.

برای این منظور، اگه درصد رس (f_y)، درصد سیلت (f_t) و درصد شن (f_d) را داشته باشیم آنگاه:

$$a = 0.01\left[f_y \ln(M_y) + f_t \ln(M_t) + f_d \ln(M_d)\right]$$

که در معادله فوق M ها، اشاره به متوسط اندازه ذرات آن نوع دارد. (مثلا متوسط اندازه ذرات رس = 0.002 است ← $\frac{0+0.002}{2}$)

میانگین هندسی ذرات خاک هم:

$$d_g = \exp(a) = e^a$$

Helix

سطح ویژه خاک

نمایه‌ای به مراتب معنی‌دار از بافت خاک است. سطح ویژه به صورت‌های مختلف تعریف می‌شود:

① سطح ویژه برحسب جرم ذرات خاک:

$$SS_m = \frac{A_s}{M_s}$$

A_s: سطح کل ذرات تشکیل دهنده خاک

M_s: واحد جرم ذرات خاک

② سطح ویژه برحسب حجم ذرات خاک:

$$SS_V = \frac{A_s}{V_s}$$

V_s: واحد حجم ذرات خاک

③ سطح ویژه برحسب حجم ظاهری خاک:

$$SS_b = \frac{A_s}{V_t}$$

V_t: حجم ظاهری خاک

Helix

WATERENG.IR

Date :
Subject :

ساختمان خاک (Soil structure):

- طرز قرار گرفتن و آرایش ذرات اصلی و خاکدانه‌های خاک نسبت به همدیگر گویند.
- تاثیرگذار بر حرکت آب در خاک و تبادل گازها
- در تشکیل ساختمان خاک دو فرآیند هماوری ذرات (flocculation) و سیمانی شدن (cementation) نقش دارد.
- ساختمان خاک بیش از هر عامل دیگری به مقدار و نوع رس موجود و نحوه فعالیت آن دارد.

چگالی ظاهری خاک:

$$\text{وزن خاک خشک} \div \text{حجم خاک خشک} = \text{دانسیته ظاهری خاک}$$

Helix

Date :
Subject :

- سطح ویژه علاوه بر اندازه ذرات به شکل ذرات نیز بستگی دارد.
- خصوصیاتی از خاک تحت تأثیر سطح ویژه هستند: ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC)، جذب و آزاد شدن مواد شیمیایی در خاک، تورم و ترک خوردگی، ظرفیت نگهداری آب در خاک، چسبندگی ذرات، مقاومت خاک و پلاستیسیته.
- ذرات مسطح و میله‌ای سطح بیشتری نسبت به ذرات مکعبی و کروی دارند.

بنابراین ذرات رس به دلیل ورقه‌ای بودن سطح ویژه بسیار بالایی دارند.

رس >>> شن

با این تفاسیر این رس خاک است که تعیین کننده خصوصیت سطح ویژه است.

Helix

WATERENG.IR

تخلخل خاک:

تخلخل خاک (n) عبارت است از نسبت حجم منافذ و درز و شکافهای موجود در خاک به حجم کل خاک.

$$n = \left(1 - \frac{bd}{S_g}\right) \times 100$$

چگالی ظاهری

چگالی واقعی

تخلخل مفید (کاپیلاری):

چنانچه یک خاک اشباع را رها کنیم، آب موجود در برخی از منافذ آن تحت تأثیر نیروی ثقل تخلیه می‌شود.

تخلخلی که این آب را از دست می‌دهند تخلخل کاپیلاری (n_c) گویند.

ما این تخلخل را به عنوان ظرفیت زراعی (FC) می‌شناسیم.

Helix

Date:

Subject:

• بخشی از منافذ نیز در مقابل نیروی ثقل مقاومت کرده و آب خود را از دست نمی‌دهند. این منافذ غیرکاپیلاری و غیرمفید هستند. (n_{nc})

تخلخل کل

مفید

$$n = n_c + n_{nc}$$

غیرمفید

تهویه خاک و انتقال گازها:

تهویه خاک و انتقال گازها به داخل خاک به دو روش صورت می‌گیرد:

① جریان توده‌ای (Conuection)

② پخشیدگی (deffussion)

• جریان توده‌ای: اختلاف فشار بین هوای خاک و اتمسفر باعث خروج و یا ورود هوا از خاک از طریق جریان توده‌ای می‌شود.

Helix

WATERENG.IR

- چگالی ذرات جامد (دانسیته واقعی خاک) (particle density):

$$\rho_s = \frac{M_s}{V_s}$$

M_s: جرم ذرات جامد
V_s: حجم همان ذرات

- چگالی ظاهری خاک خشک (دانسیته ظاهری خشک) (dry bulk density):

$$\rho_b = \frac{M_s}{V_t}$$

V_t: حجم کل $(V_s + V_w + V_a)$
V_w: حجم آب
V_a: حجم هوا

- چگالی ظاهری خاک مرطوب (wet total bulk density):

$$\rho_t = \frac{M_t}{V_t} = \frac{M_s + M_w}{V_s + V_a + V_w}$$

- حجم ویژه خاک خشک:

$$V_b = \frac{V_t}{M_s} = \frac{1}{\rho_b}$$

Helix

q_v: شار حجمی جریان هوا (بصورت قدر مطلق)
k: ضریب نفوذ پذیری
η: لزوجت هوا
∇p: گرادیان فشار هوا

$$q_v = -\left(\frac{k}{\eta}\right)\nabla p$$

- در فرآیند خشک شدن گازها به داخل خاک عامل اصلی گرادیان یا اختلاف غلظت می باشد.

$$q_d = -D\left(\frac{dc}{dx}\right)$$

q_d: شار حجمی جریان گاز به داخل خاک
D: ضریب پخشیدگی در خاک
x: فاصله بین دو نقطه از خاک
c: غلظت گاز

D_s: ضریب پخشیدگی در خاک
D_0: ضریب پخشیدگی گاز در هوا
f_a: ضریب انحراف (بخشی از تخلخل که از هوا پر شده)

$$\frac{D_s}{D_0} = 0/66\, f_a$$

Helix

WATERENG.IR

Date:
Subject:

رطوبت حجمی (θ_v):

$$\theta_v = \frac{\text{حجم آب}}{\text{حجم کل خاک}} = \frac{V_w}{V_t}$$

① $\rho_b = \frac{M_s}{V_t} \rightsquigarrow M_s = \rho_b V_t$

② $\frac{\theta_m}{\theta_v} = \frac{\frac{M_w}{M_s}}{\frac{V_w}{V_t}} = \frac{M_w \cdot V_t}{M_s \cdot V_w}$

$$\xrightarrow[M_s = \rho_b V_t]{①,②} \frac{M_w \cdot \cancel{V_t}}{\rho_b \cdot \cancel{V_t} \cdot V_w} \xrightarrow[\text{لحاظ عددی } M_w = V_w]{\text{چون به}} \frac{1}{\rho_b}$$

$$\Rightarrow \theta_v = \rho_b \cdot \theta_m$$

Helix

Date:
Subject:

تخلخل:

$$f = \frac{V_f}{V_t} = \frac{(V_a + V_w)}{V_s + V_a + V_w}$$

← هرچه بافت خاک ریزتر باشد، میزان تخلخل بیشتر.

تخلخل خاکهای رسی > خاکهای شنی

نسبت پوکی:

$$e = \frac{V_a + V_w}{V_s} = \frac{V_f}{V_t - V_f}$$

رطوبت جرمی (θ_m):

$$\theta_m = \frac{\text{جرم آب}}{\text{جرم ذرات جامد خاک}} = \frac{M_w}{M_s}$$

Helix

WATERENG.IR

Date :
Subject :

نسبت حجمی آب : در خاک‌های رسی به دلیل تغییرات شدید رطوبتی توصیه می‌شود که رطوبت خاک بصورت زیر توصیف شود.

$$V_w = \frac{V_w}{V_s}$$

حجم کل آب

حجم ذرات جامد

درجه اشباع : (Saturation degree)

بیانگر حجم آب موجود در خاک نسبت به حجم منافذ آن

$$S = \frac{V_w}{V_f} = \frac{V_w}{V_a + V_w}$$

روش‌های اندازه‌گیری رطوبت

① مستقیم : مقدیر جرمی یا حجمی به طور مشخص اندازه‌گیری می‌شود.

② غیر مستقیم : در این روش‌ها به عامل دیگر که رطوبت بر روی آن تاثیر گذار است اندازه‌گیری شده و سپس براساس آن مقدار رطوبت به دست می‌آید.

Helix

Date :
Subject :

نکته : اگر مکعبی از خاک با سطح مقطع A و ارتفاع D وجود داشته باشد :

$$\theta_v = \frac{\text{حجم آب}}{\text{حجم خاک}} = \frac{(A)(d)}{(A)(D)} = \frac{d}{D}$$

ارتفاع آب

ارتفاع خاک

• بدیهی است چنانچه ارتفاع خاک (D) برابر ۱ متر باشد آنگاه $d = \theta_v$ می‌شود.

• در یک ضخامت D متر در خاک خواهیم داشت :

$$d = (\rho_b)(\theta_m)(D) = (\theta_v)(D)$$

• با این فرمول می‌توان مقدار آب موجود در عمق توسعه ریشه نیز می‌سبه کرد ($Z_{10} = D$)

تبدیل سانتی متر به میلی متر

$$d = 10Z(\rho_b)(\theta_m)$$

Helix

WATERENG.IR

از روشهای اندازه گیری رطوبت چهار روش حائز اهمیت است که در ادامه به آن‌ها می‌پردازیم:

الف) اندازه گیری رطوبت به روش وزنی:

نمونه‌ای از خاک را برداشته و وزن می‌کنیم سپس به مدت ۲۴ ساعت در آون در دمای ۱۰۵°C قرار داده تا خشک شده سپس بر اساس فرمول رطوبت جرمی می‌توان مقدار درصد رطوبت را بدست آورد.

$$\theta_m = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100$$

W_1: جرم اولیه خاک
W_2: جرم ثانویه خاک
جرم آب

* در صورتی که حجم مشخص باشد (مثلا خاک بافته نمونه گیری دست خورده برداشته شده باشد) می‌توان رطوبت حجمی را نیز بدست آورد:

$$\theta_v = \frac{W_1 - W_2}{V}$$

Helix

ب: اندازه گیری رطوبت با دستگاه نوترون متر:

در این روش نوترون‌ها از طریق میله‌ای وارد خاک می‌شوند. این نوترون‌ها با برخورد با هسته سایر اتم‌های موجود در خاک سرعت خود را از دست می‌دهند. بیشترین کاهش انرژی در اثر برخورد ذره‌ها هنگامی رخ می‌دهد که جرم ذره‌ها مساوی باشد.

از هسته‌های موجود هیدروژن بیشترین تشابه جرمی را با نوترون داشته و لذا از روی تعداد نوترون‌های کند شده که توسط گیرنده دستگاه شمارش می‌شوند، میزان رطوبت بدست خواهد آمد.

در خاک‌های مرطوب منطقه موثر کوچکتر خواهد بود زیرا نوترون‌ها سریعتر کند شده (در همان نزدیکی میله).

دقت این دستگاه در خاک‌های مرطوب بیشتر از خاک‌های خشک است.

Helix

WATERENG.IR

رطوبت ↑ ← ثابت دی الکتریک ↑ ← سرعت انتشار ↓

Date:
Subject:

د- اندازه‌گیری رطوبت با روش انعکاس سنجی حوزه زمان: (TDR)

در این روش از خاصیت دی الکتریک آب برای تخمین مقدار حجمی رطوبت استفاده می‌شود.

$$K_a = \left(\frac{2t}{2L}\right)^2$$

زمان سپری شده برای آن که یک پالس طول یک میله موج بر (L) را می‌کند

$$\theta_v = -0.053 + 0.0292 K_a - 5.5\times10^{-4} K_a^2 + 4.3\times10^{-6} K_a^3$$

• می‌توان شوری خاک را نیز با TDR به طور غیر دقیق بدست آورد (از روی شدت سیگنال‌ها)

هـ- اندازه‌گیری رطوبت با قالب (بلوک) گچی:

• مقاومت در بلوک‌های گچی در شرایط

Helix

Date:
Subject:

مزایا: ① سرعت بالای اندازه‌گیری ② مستقیماً در صحرا و شرایط طبیعی انجام می‌شود.

معایب: ① گران بودن ② خطرات ناشی از تابش نوترون و عدم امکان اندازه‌گیری رطوبت در لایه سطحی

ج- تابش گاما:

رطوبت خاک از گسیل تابش گاما بدست می‌آید (میزان کاهش شدت تابش گاما در طرف دیگر خاک)

مزایای آن نسبت به روش نوترون متر این است که رطوبت را در هر مقطعی می‌توان تعیین کرد. (بیشتر مناسب کارهای آزمایشگاهی است تا مزرعه‌ای)

Helix

WATERENG.IR

مد نظر به شرح زیر می باشد (اعداد برحسب اُهم)

حد ظرفیت زراعی ← $500 < FC < 400$

حد پژمردگی ← $50000 < PWP < 75000$

مزایا: ① ارزان ② دقت بالا در رطوبت های کم
③ سرعت اندازه گیری بالا

معایب: ① حساس به دمای خاک
② حساس به شوری

• یک روش غیر مستقیم است زیرا در واقع ابتدا توسط بلوک ها مکش آب اندازه گیری و سپس به رطوبت خاک ارتباط داده می شود.

Helix

و- حساسه های رطوبتی:

دستگاه هیدروسنس (hydrosense) از این سری دستگاه ها می باشد که از یک حساسه و دو الکترود میله ای تشکیل شده است. به آن شبه TDR نیز گفته می شود.

مزایا: ① ارزانی ② سادگی حمل و نقل ③ توانایی اندازه گیری رطوبت و شوری

ز- اندازه گیری رطوبت با استفاده از تانسیومتر

Helix

WATERENG.IR

پتانسیل آب

تنها دانستن مقدار رطوبت، بیان کننده تمام حالت آب در خاک نیست.

به عبارت دیگر نگهداشت رطوبت در خاک و یا حرکت آن از یک نقطه به نقطه دیگر، تابع مقدار رطوبت نبوده بلکه پتانسیل رطوبت یا شدت رطوبت است که آن را کنترل می‌کند.

تعریف کلی:

پتانسیل آب در خاک، مقدار انرژی یا کاری است که باید انجام شود تا یک گرم آب (1gr) از موقعیت خود در خاک جدا شده و در موقعیتی که مورد نظر ماست قرار گیرد.

آب در خاک با نیروهای مختلفی نگهداری می‌شود. لذا بر همین اساس پتانسیل‌های مختلف وجود خواهد داشت.

Helix

پتانسیل ثقلی (ψ_g): از نیروی جاذبه زمین نشات می‌گیرد.

پتانسیل ثقلی نسبت به سطح مبنا براساس رابطه زیر بدست می‌آید:

$$\psi_g = \pm m.h$$

- h: ارتفاع نسبت به سطح مبنا
- m: جرم جسم (آب)

- علامت ⊕ برای حالتی است که این نقطه بالای سطح مبنا باشد. و علامت ⊖ برای زیر سطح مبنا استفاده می‌شود.
- با تابع روی سطح مقایسه میزان پتانسیل ثقلی صفر است.

پتانسیل ماتریک و فشاری:

در خاک‌های غیر اشباع مولکول‌های آب با نیروی جاذبه به جسم یا ماتریکس خاک می‌چسبند که برای جدا کردن آن‌ها از خاک مستلزم کاری است که باید در جهت عکس به آن وارد شود. این نیرو

Helix

WATERENG.IR

پتانسیل ماتریک گویند. بنابراین در خاک‌های اشباع که آب می‌تواند آزادانه حرکت کند، پتانسیل ماتریک صفر است. اما هرچه خاک خشک‌تر شود مقدار پتانسیل ماتریک کمتر می‌گردد. (بیشتر منفی می‌شود).

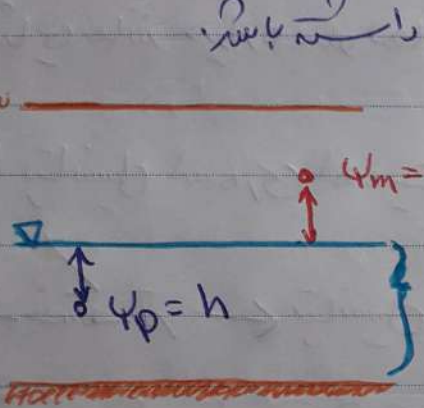
با این تفاسیر پتانسیل ماتریک همیشه منفی یا حداکثر صفر است.

حال چنانچه خاک اشباع باشد، مولکول‌های آب نه‌تنها به ذرات خاک نچسبیده بلکه ممکن است تحت فشار مثبت قرار گیرند (مانند خاک‌های آهکی دار یا

Helix

برخی لایه‌های زیرزمینی). در این صورت بجای پتانسیل ماتریک، پتانسیل فشاری (ψ_p) خواهیم داشت.

در خاک که آب نمی‌تواند هم پتانسیل ماتریک و هم فشاری داشته باشد.



- پتانسیل اسمزی (ψ_s)

آب در خاک محلول بوده و به علت تماس آن با آب خالص، پتانسیل اسمزی بوجود می‌آید.

Helix

WATERENG.IR

Date:
Subject:

در خاکها به دلیل آنکه مقدار پتانسیل اسمزی در نقاط مختلف یکسان است از آن صرف نظر می‌شود. اما اگر آب بخواهد از خاک وارد گیاه شود با غشایی مانند دیواره سلولها مواجه می‌شود که در آنجا پتانسیل اسمزی اهمیت پیدا می‌کند.

هرچه خاک خشک‌تر ← پتانسیل اسمزی بیشتر

$$\psi_s = -0.36\,(EC_{sat})$$

هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک.

Helix

Date:
Subject:

آب آبیاری

$$EC_{FC} = 3\,EC_w$$

(خارج از گود)

روابط تجربی

$$EC_{sat} = 1.5\,EC_w$$

در نهایت پتانسیل کلی خاک برابر خواهد شد با:

در خاک غیر اشباع

در خاک اشباع

$$\psi = \psi_g + \psi_s + (\psi_m \text{ یا } \psi_p)$$

منفی — منفی — مثبت

- همانطور که گفته شد در مطالعات آب و خاک می‌توان از پتانسیل اسمزی (ψ_s) صرف نظر کرد. (این پتانسیل معروف به پتانسیل هیدرولیکی است)

- شیب یا گرادیان هیدرولیکی برابر خواهد شد با اختلاف هیدرولیکی بین دو نقطه تقسیم بر فاصله آنها از یکدیگر

Helix

WATERENG.IR

- مجموع پتانسیل ماتریک و اسمزی، پتانسیل تنشی نام دارد. (ψ_{stress})

اندازه‌گیری پتانسیل آب خاک

- پتانسیل ثقلی: بصورت ساده از روی فاصله عمودی تا سطح مبنا قابل اندازه‌گیری است.

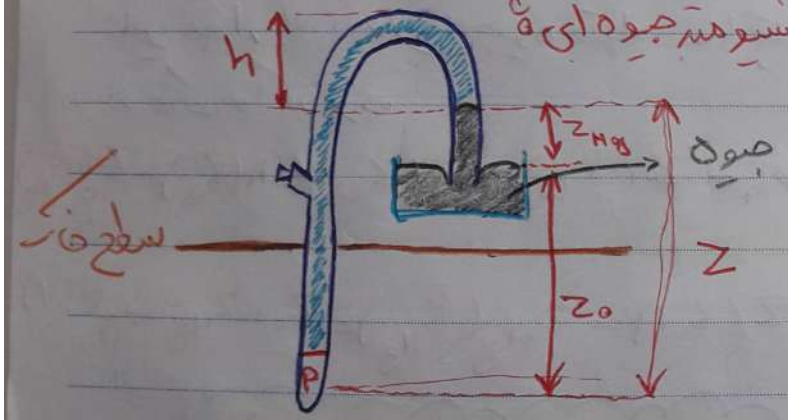
پتانسیل فشاری: از لوله‌های پیزومتر برای اندازه‌گیری پتانسیل فشاری استفاده می‌شود. (ارتفاع آب در این لوله‌ها، پتانسیل فشاری را نشان خواهد داد. البته در صورتی که خاک اشباع باشد، یعنی در پیزومتر آبی وجود داشته باشد)

Helix

در صورتی که فقط مورد نظر ما پتانسیل فشاری بوده، پتانسیل ماتریک وجود خواهد داشت.

- پتانسیل ماتریک: برای اندازه‌گیری پتانسیل ماتریک از تانسیومتر استفاده خواهد شد.

تانسیومتر جیوه‌ای:



لوله تانسیومتر جیوه‌ای از یک طرف درون خاک و از طرف دیگر درون ظرفی محتوی جیوه قرار دارد.

Helix

WATERENG.IR

Date :
Subject :

مشت درون خاک یک کلاهک سرامیکی وجود دارد که برای تبادل رطوبت بین خاک و تانسیومتر تعبیه شده است.

لذا اگر خاک خشک باشد، آب از داخل تانسیومتر به طرف خود خواهد کشید، و در این وضعیت خلاء ایجاد شده در داخل تانسیومتر موجب می‌شود که در طرف دیگر لوله، جیوه صعود نماید.

این مقدار بالا آمدن جیوه متناسب با پتانسیل آب در خاک خواهد بود.

$$P = \psi_m = Z(\gamma_w) + h(\gamma_w) - h(\gamma_w) - Z_{Hg}(\gamma_{Hg}) \quad (13.4)$$

$Z_0 + Z_{Hg}$

$$\psi_m = Z(\gamma_w) - Z_{Hg}(\gamma_{Hg}) = Z_0 + Z_{Hg} - Z_{Hg} \quad (13.4)$$

$$\psi_m = Z_0 - 13.4(Z_{Hg})$$

Helix

Date :
Subject :

- تانسیومتر فلزی:

مشابه تانسیومتر جیوه‌ای است اما بجای خلاء سنج جیوه‌ای از خلاء سنج فلزی استفاده شده است. اگر فاصله عمودی خلاء سنج تا محل کلاهک تانسیومتر Z_0 باشد، آنگاه در فشارسنج قرائت می‌شود برابر خواهد بود با:

$$\psi_m - Z_0 = P_g$$

(معمولاً درجه بندی خلاء سنج بین ۰ - ۱۰۰ است که هر کدام از درجات معادل 10cm فشار منفی است)

- با تانسیومتر هم می‌توان فشار منفی (کمبود آب) و هم فشار مثبت (شرایط اشباع) را اندازه‌گیری کرد فقط کافی است بجای خلاء سنج، فشارسنج نصب شود تا فشار مثبت اندازه‌گیری شود.

- در صورتی که کلاهک تانسیومتر از مواد نیمه تراوا ساخته شود، پتانسیل اسمزی هم در محدد

Helix

WATERENG.IR

Date:
Subject:

لحاظ خواهد شد. اما چون در حالت عادی دیواره سرامیکی تانسیومتر هم نسبت به آب و هم نسبت به نمک های محلول نفوذ پذیر است لذا غلظت پس از مدتی یکسان خواهد شد.

- تانسیومترها در پتانسیل های بیش از 1bar (یک بار) کارائی ندارند.

چون خلاء سنج یا فشارسنج جیوه ای اندازه نسبی خلاء را در مقابل فشار اتمسفر (≈1bar) است اندازه گیری می کند.

کارائی تانسیومتر $\xrightarrow[\text{تا}]{\text{نهایتاً}}$ 0/85 Patm (850 cm H_2O)

- چون در خاکهای شنی حدود ۸۰ درصد آب قابل استفاده در مکش ۰/۸۵- اتمسفر قرار دارند، لذا تانسیومترها در خاکهای شنی بیشتر قابل استفاده است.

Helix

Date:
Subject:

نقاط پتانسیلی مهم خاک:

- ظرفیت زراعی: (F)

پس از اشباع شدن خاک آب آزادانه حرکت می کند. پس از قطع آبیاری، بخشی از آب توسط نیروی ثقل قرار گرفته و از خاک خارج می شود.

این خارج شدن تا زمانی ادامه خواهد یافت که بر نیروی چسبندگی ذرات آب با خاک فائق آید.

در نهایت تمام آب آزاد تعادل خارج شده و مقدار آب باقی مانده را در ظرفیت زراعی گویند.

↳ Field Capacity.

- در این ظرفیت زراعی پتانسیل ماتریک به طور متوسط ۳۰۰- سانتی متر خواهد بود.

- ظرفیت زراعی بالاترین حد رطوبت قابل نگهداری در خاک برای استفاده گیاه می باشد.

Helix

WATERENG.IR

Date:
Subject:

عوامل مؤثر بر ظرفیت زراعی:

- وضعیت قبلی رطوبت خاک
  - خاکی در ابتدا اشباع بوده و سپس خشک شده، ظرفیت زراعی بالاتری نسبت به خاکی خشک بوده و سپس مرطوب شده، دارد.

- بافت و ساختمان خاک:
  - هر چه خاک ریزدانه تر، ظرفیت زراعی آن بالاتر

- مواد آلی:
  - ماده آلی بیشتر ← ظرفیت زراعی بالاتر

- دما:
  - افزایش دما، مقدار رطوبت در ظرفیت زراعی کاهش می یابد.

Helix

Date:
Subject:

- سطح ایستابی:
  - در خاکهایی که سطح ایستابی نزدیک سطح زمین باشد، ظرفیت زراعی مفهوم پیدا نمی کند.

- وجود لایه های سخت در نیم رخ
  - در خاکهایی که کفه های سخت در پروفیل آنها مشاهده می شود، ظرفیت زراعی مفهوم پیدا نمی کند.

- تبخیر و تعرق:
  - الگوی جذب آب توسط گیاه، گرادیان پتانسیل آب را تغییر می دهد.

- نقطه پژمردگی:

محدوده دیگر بازه رطوبتی خاک که گیاه در آن قادر به جذب رطوبت از خاک نمی باشد، نقطه پژمردگی دائم (Permanent Wilting Point) می باشد.

Helix

WATERENG.IR

(علامت اختصاری PWP)

در حد پژمردگی دائم تمام آب موجود به جز مقدار آبی که با نیروی بیش از 15 atm به خاک چسبیده اند از آن خارج شده اند.

در این حالت گیاه قادر به جذب آب نبوده و از بین می رود.

قبل از اینکه خاک به این وضعیت درآید یک نقطه پتانسیلی دیگر به نام پژمردگی موقت وجود دارد.

بنابراین مقدار آبی که گیاه می تواند استفاده کند بین دو نقطه FC و PWP است.

$$AW = FC - CEW$$

حد آب قابل جذب به لحاظ نظری همان PWP است.

CEW = Crop Extractable Water.

آب سهل الوصول (Readily Available Water)

از مجموع آب قابل دسترس (AW)، بخشی از آن که به سهولت جذب گیاه می شود و گیاه نباید انرژی زیادی برای جذب صرف کند، آب سهل الوصول گویند. (صرف این انرژی موجب کاهش محصول می شود).

به همین دلیل زارعین آبیاری را بین FC و CEW انجام می دهند. این نقطه پتانسیلی، حداکثر تخلیه مجاز (MAD) (Maximum Allowable Depletion) نام دارد.

مقدار MAD یک پارامتر مدیریتی است.

WATERENG.IR

در نهایت آب سهل الوصول به صورت زیر

بدست خواهد آمد:

$$RAW = (AW)(MAD)$$

FC - CEW

(PWP)

حد پایین پلاستیک (lower plastic limit)

در حقیقت زمانی است که آب آنقدری از

خاک خارج شده است که امکان تردد ماشین های

کشاورزی وجود داشته باشد و خاک فشرده

نشود. (مرحله خاک ورزی)

Helix

• اندازه گیری نقاط پتانسیل خاک معمولاً در آزمایشگاه

با استفاده از صفحات سرامیکی یا سانتریفوژ

با دور سریع صورت می گیرد.

مشخصات خصوصیات رطوبتی خاک (مشخص کننده رطوبت)

رابطه ای است بین پتانسیل آب خاک و درصد

رطوبت آن.

Helix

WATERENG.IR

پدیده پسماند (hysteresis):

رطوبت خاک در هنگام آبگیری با بالا آمدن سطح ایستابی کمتر از هنگام آب‌زدایی با پایین آمدن سطح ایستابی است.

علت این امر تفاوت بین منافذ خاک است.

همچنین بر نفوذ شخص قطر آن در نقاط مختلف متفاوت است.

حرکت و جابجایی آب در خاک:

به لحاظ زمانی، حرکت آب در خاک باید از دو نظر مورد بررسی قرار گیرد:

① نفوذ (infiltration) ← ورود آب داخل خاک

② جابجایی آب در خاک
- الف) نفوذ عمقی (deep percolation)
- ب) توزیع مجدد در جهت مختلف (redistribution)

- در حالت اشباع، قسمت عمده جریان از منافذ درشت عبور می‌کند.
- در حالت غیر اشباع، جریان از منافذ ریزتر خاک عبور کرده و در نتیجه با اصطکاک بیشتری با ذرات خاک روبرو است.

شکل های مختلف حرکت آب در خاک:

الف) حرکت آب در حالت اشباع:

WATERENG.IR

Date:
Subject:

خرض کنید استوانه ای از خاک به طول L از دو طرف به دو منبع آب متصل شده است. این استوانه به صورت افقی قرار گرفته است که سطح مقطع آن A می باشد. مخزن سمت چپ در ارتفاع h_1 و مخزن سمت راست در ارتفاع h_2 قرار دارد. دبی و سرعت جریان آب به عوامل زیر بستگی خواهد داشت:

$$\frac{V}{\frac{AT}{Q}} \sim (h_1 - h_2) \rightsquigarrow \frac{Q}{A} \sim (h_1 - h_2)$$

$$\frac{Q}{A} \sim \frac{1}{L} \rightarrow$$ دبی با طول استوانه خاک رابطه عکس دارد.

$$\frac{Q}{A} \sim (K) \rightarrow$$ ضریب هدایت هیدرولیکی

(مقدار دبی با نوع خاک در ارتباط است)

$$Q = KA\frac{(h_1 - h_2)}{L}$$

$V = \frac{Q}{A}$

Helix

Date:
Subject:

$$V = K\frac{(h_1 - h_2)}{L}$$ → سرعت ظاهری

- معادلات فوق به معادلات دارسی (Darcy) معروفند.

حال اگر نمونه خاک به صورت عمودی درآید نیروی ثقل نیز در اندازه دبی تأثیرگذار خواهد بود. اگر $(z_1 - z_2)$ اختلاف پتانسیل ثقلی بین دو سر نمونه باشد خواهیم داشت:

$$Q \sim [(h_1 - h_2) + (z_1 - z_2)]$$

$$Q = KA\frac{[(h_1 + z_1) - (h_2 + z_2)]}{L}$$

$h + z = \Phi$ → پتانسیل هیدرولیکی

$$Q = KA\frac{\Phi_1 - \Phi_2}{L}$$

$$\Rightarrow Q = -KA\frac{\Delta\Phi}{L} = -kA(i)$$

برای تشخیص جهت جریان

Helix

WATERENG.IR

شیب هیدرولیکی

$$V = \frac{Q}{A} = -k(i)$$

اگر شیب هیدرولیکی برابر یک باشد، ضریب هدایت هیدرولیکی خاک (K) برابر با سرعت جریان آب (V) می‌شود.

- ضریب هدایت هیدرولیکی (K) به دو عامل نفوذپذیری ذاتی خاک (k) و سیالیت آب (f) بستگی دارد:

$$K = kf$$

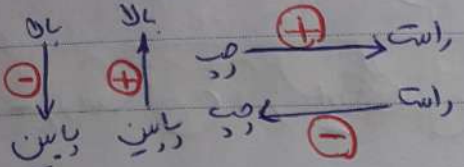
- سیالیت آب نیز با چگالی آب نسبت مستقیم و با لزوجیت نسبت عکس دارد:

$$f = \frac{\rho}{\mu}$$

- ضریب نفوذپذیری ذاتی خاک به شکل ذرات (C) و اندازه قطر ذرات تشکیل دهنده خاک (d) بستگی دارد:

$$k = Cd^2$$

۱) قرارداد: برای تعیین جهت حرکت آب در فرمول دبی که در دو صفحه قبل قرار گرفته یک علامت منفی اضافه کردیم، حال براساس این که جریان بالا به پایین و یا راست به چپ و یا عکس آن است به اساس علامت نهایی دبی قادر خواهیم بود جهت جریان را حدس بزنیم:



یعنی اگر یک خاک عمودی داشتیم و عدد با علامت منفی برای دبی بدست آمد، جریان از بالا به پایین خواهد بود.

($\Delta\Phi = \Phi_{\text{پایین}} - \Phi_{\text{بالا}}$ و $\Delta\Phi = \Phi_{\text{چپ}} - \Phi_{\text{راست}}$)

از فرمول دارسی سرعت ظاهری محاسبه می‌شود که از یک سطح مقطع (A) خاک عبور می‌کند، حال آن که جریان فقط از بخشی از مقطع که همان مناقذ خاک باشد عبور می‌کند که به آن سرعت منفذی

Helix
WATERENG.IR

$K_{\text{شنی}} > K_{\text{رسی}}$

Date:
Subject:

۲- بار افتان (falling head):

این روش بیشتر برای خاک‌های سنگین بکار می‌رود (هدایت هیدرولیکی کم).

جریان ورودی آب به داخل نمونه از یک لوله باریک پر از آب تامین شده. اگر سطح مقطع لوله a و در مدت زمان t ارتفاع آب (h_0) به h تغییر پیدا کند (در داخل لوله) آنگاه:

$$K = 2.3 \frac{aL}{At} \log \frac{h_0}{h}$$

سطح مقطع نمونه

خاک همروند (isotrope):

اگر هدایت هیدرولیکی در همه جهات (افقی و عمودی) یکسان باشد، خاک همروند خواهد بود.

خاک غیرهمروند (anisotrope):

اگر هدایت هیدرولیکی یکسان نباشد.

Helix

Date:
Subject:

$$V_s = \frac{V}{n}$$

سرعت ظاهری (دارسی)

تخلخل خاک

سرعت منفذی (واقعی)

گویند.

اندازه‌گیری ضریب هدایت هیدرولیکی (K)

- روشهای آزمایشگاهی:

۱- بار ثابت (Constant head):

نمونه‌ای به طول L و سطح مقطع A وجود دارد. آب از یک طرف وارد و از طرف دیگر خارج (بهتر آن است که آب از قسمت پایین وارد شود) اگر اختلاف سطح آب در دو قسمت ورودی و خروجی (h) همواره ثابت باشد، چنانچه در مدت t حجمی از آب به اندازه V خارج شود، خواهیم داشت:

$$K = \frac{VL}{hAt}$$

ضریب هدایت هیدرولیکی (از معادله دارسی)

Helix

WATERENG.IR

Date :
Subject :

- بر این اساس اگر خاکی از چند لایه متمایز به ضخامت های $d_1, d_2, \dots, d_n$ تشکیل شده باشد و ضریب هدایت هیدرولیکی هر لایه به ترتیب $k_1, k_2, \dots, k_n$ باشد، مقدار متوسط هدایت هیدرولیکی در صورتی که حرکت آب افقی باشد به شکل زیر است:

$$\overline{K_h} = \frac{k_1 d_1 + k_2 d_2 + \dots + k_n d_n}{d}$$

(d: ضخامت کل)

- اگر حرکت آب عمودی باشد آنگاه هدایت هیدرولیکی عمودی خاک (K_v) برابر خواهد شد با:

$$\overline{K_v} = \frac{d}{\frac{d_1}{k_1} + \frac{d_2}{k_2} + \dots + \frac{d_n}{k_n}}$$

Helix

Date :
Subject :

ب) حرکت آب در داخل خاک غیر اشباع:

برخلاف حالت اشباع، در حالت غیر اشباع مقدار آب خروجی از نمونه ($\frac{Q}{A}$) ثابت نبوده و بستگی به پتانسیل ماتریک در طول نمونه نیز دارد.

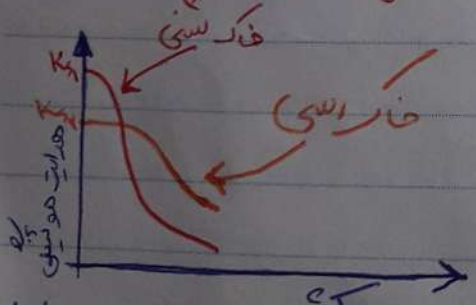
یعنی علاوه بر اختلاف ارتفاع، پتانسیل ماتریک هم تأثیر گذار است.

(Φ مجموع پتانسیل ثقلی + ماتریک)

در حالت غیر اشباع، فرمول دارسی صادق است با این تفاوت که ضریب K ثابت نبوده و تابعی از متوسط پتانسیل ماتریک است.

(هرچه خاک خشک‌تر ← ضریب K کمتر)

در این حالت به ضریب هدایت، ضریب هدایت مویینگی گویند (capillary conductivity).



شیب منحنی تغییرات ← ضریب هدایت مویینگی.

Helix

WATERENG.IR

Date :
Subject :

ج) نفوذ آب در خاک (infiltration)
وارد شدن آب به داخل خاک را نفوذ گویند

نفوذ تجمعی: مقدار آبی که در یک دوره زمانی مشخص در خاک نفوذ می‌کند.

متوسط سرعت نفوذ (average infiltration rate)
میانگین سرعت وارد شدن آب به خاک در طی یک دوره زمانی.

- سرعت لحظه‌ای نفوذ (instantaneous infilt...
سرعت نفوذ آب به داخل خاک در یک لحظه معین

مکانیسم نفوذ:
ورود آب به داخل خاک نتیجه تأثیر توأم نیروی ثقل و مویینگی است. در ابتدا که خاک خشک است هر دو تأثیر گذارند اما بعد از پر شدن منافذ تنها نیروی ثقل تأثیر گذار است.

Helix

عیب کاهش سرعت نفوذ در طی زمان

Date :
Subject :

براساس نمودار صفحه قبل:

در خاک غیر اشباع، سرعت حرکت آب در خاک شنی به مراتب کندتر از خاک رسی است.

Helix

WATERENG.IR

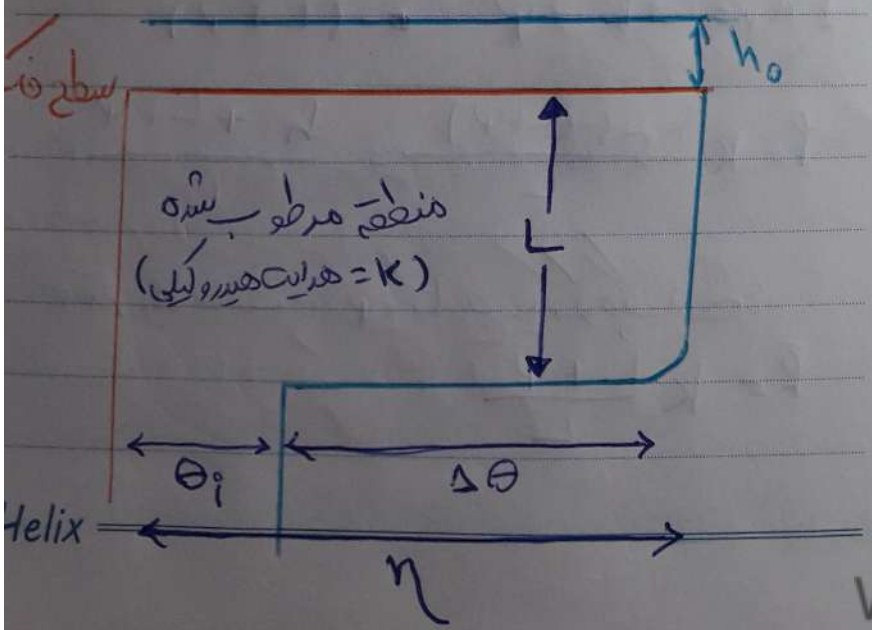
Date:
Subject:

- مدل های نفوذ:

برای تشخیص مقدار آب نفوذ یافته و یا سرعت نفوذ در هر لحظه معادلات و مدل هایی ارائه شده است.

معادله گرین - آمپت:

این معادله حرکت جبهه رطوبتی را پیستونی در نظر می گیرد.
اگر رطوبت اولیه θ_i و و ارتفاع در سطح خاک در طی نفوذ ثابت و به اندازه h_0 باشد، در هر زمان از شروع نفوذ (t) جبهه رطوبت به صورت پیستونی حرکت کرده و به اندازه L از سطح خاک (سطح مبنا) فاصله می گیرد:



Helix

Date:
Subject:

نفوذ تجمعی از لحظه صفر تا زمان t

متوسط سرعت نفوذ:

$$\frac{\text{مقدار نفوذ}}{\text{فاصله زمانی}} = \frac{i_t - i_0}{t - t_0}$$

سرعت نفوذ لحظه ای:

$$\frac{di}{dt}$$

سرعت نفوذ نهایی یا پایه (basic infil ... rate)

نفوذ آب با گذشت زمان کاهش پیدا کرده و پس از مدتی تقریباً به میزان ثابتی می رسد که این سرعت را سرعت نفوذ نهایی گویند.

فرصت نفوذ:

مدت زمانی که آب در هر نقطه از زمین روی سطح زمین بوده و فرصت نفوذ در خاک را دارد اطلاق می شود.

Helix

WATERENG.IR

Date:
Subject:

مقدار نفوذ تجمعی:

$$F = L(\underbrace{\eta - \theta_i}_{\Delta\theta})$$

تخلخل خاک

سرعت نفوذ (f):

از معادله دارسی استفاده می‌کنیم

$$f = k\hat{i} = k\frac{\text{اختلاف پتانسیل بین سطح خاک و جبهه}}{\text{فاصله سطح خاک تا جبهه}} = k\frac{h_0 - h_2}{L}$$

h_2 در معادله فوق شامل پتانسیل ماتریک و ثقلی می‌شود که هر دو زیر سطح مبنا هستند:

$$h_2 = -L - \psi = -(L+\psi)$$

$$f = k\frac{h_0 - (-(L+\psi))}{L} = \frac{h_0 + L + \psi}{L}$$

مقدار h_0 نسبت به ψ و L بسیار کوچک است:

$$f = k\frac{L+\psi}{L}$$

Helix

Date:
Subject:

حال براساس معادله نفوذ تجمعی خواهیم داشت:

$$F = L\Delta\theta \rightarrow L = \frac{F}{\Delta\theta}$$

با جایگذاری مقدار L در معادله سرعت نفوذ در نهایت به معادله زیر می‌رسیم:

$$f = k + \frac{k \cdot \psi \cdot \Delta\theta}{F}$$

فرم کلی

$$f = \frac{A}{F} + B$$

پارامترهای ثابت که از طریق آزمایش محاسبه می‌شوند

سرعت نفوذ

مقدار تجمعی نفوذ

• معادله گرین آمپت براساس خصوصیات فیزیکی خاک است و می‌توان این خصوصیات را به مقدار و سرعت نفوذ ارتباط داد.

Helix

WATERENG.IR

- معادله هورتون:

$$i = i_c + (i_0 - i_c)e^{-kt}$$

i = سرعت نفوذ در هر لحظه

i_0: سرعت نفوذ در ابتدای شروع نفوذ

i_c: سرعت نفوذ نهایی

k: عدد ثابت که بستگی به نوع خاک دارد.

t: زمان از شروع نفوذ

معادله کوستیاکوف:

$$I = c(t)^n$$

I: عمق تجمعی آب نفوذ یافته (cm)

t: زمان نفوذ

c و n: ضرایب تجربی که نوع خاک، چگونگی آزمایش و رطوبت اولیه خاک بستگی دارند.

این معادله تا زمانی صحیح است که سرعت نفوذ از ضریب آبگذری اشباع خاک بیشتر باشد.

چون اگر از معادله فوق مشتق گرفته شود توان t منفی شده (مشتق رابطه فوق = سرعت نفوذ) و لذا اگر زمان به بی نهایت میل کند، سرعت نفوذ نهائی صفر خواهد شد که خلاف واقع است.

- در نهایت خواهیم داشت:

- سرعت نفوذ لحظه ای:

$$i_{ins} = \frac{dI}{dt} = nct^{n-1}$$

- متوسط سرعت نفوذ:

$$i_{avg} = \frac{I}{t} = \frac{ct^n}{t} = ct^{n-1}$$

معمولاً بجای $n-1$ از m استفاده می شود

معادله کوستیاکوف برای دوره های زمانی کوتاه نتایج رضایت بخش ارائه می دهد.

(۲ الی ۶ ساعت)

WATERENG.IR

- معادله فیلیپ و همکاران

$$I = S(t)^{0.5} + K(t)$$

I : عمق آب نفوذ یافته

t : زمان نفوذ (از شروع)

S : ضریب ثابت مربوط به قابلیت جذب توسط خاک (تابع مکش خاک) $\left(\frac{cm}{min^{0.5}}\right)$

K : ضریب ثابت مربوط به هدایت هیدرولیکی

دو عبارت سمت راست نشانگر بار مکش و بار ثقلی است لذا در هر وضعیت افقی:

$$I = S(t)^{0.5}$$

معادله فیلیپ برای دوره‌های طولانی‌تر نتایج بهتری ارائه می‌دهد.

Helix

- معادله SCS

$$I = at^{b} + c$$

I : مقدار تجمعی نفوذ

t : زمان از شروع نفوذ

a و b : ضرایب مربوط به نوع خاک

c : برای واحد I کاربرد دارد. اگر I برحسب cm باشد آنگاه c برابر 0.1915 خواهد بود.

با مشتق‌گیری از رابطه فوق نسبت به زمان، سرعت نفوذ لحظه‌ای و تقسیم رابطه فوق بر (t) سرعت متوسط نفوذ بدست خواهد آمد.

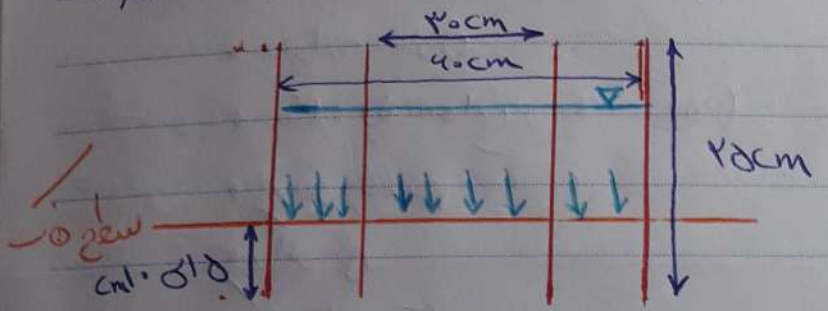
Helix

WATERENG.IR

Date :
Subject :

اندازه گیری نفوذ :

برای اندازه گیری نفوذ تجمعی یا سرعت نفوذ می توان از نفوذسنج (حلقه های نفوذ (مضاعف)) استفاده کرد.



با اندازه گیری افت سطح آب در حلقه کوچک (مرکزی) نسبت به زمان (t) می توان نفوذ تجمعی (i) را بدست آورد.

- حلقه بزرگ و آب داخل آن در واقع) برای کنترل حرکت عمودی آب در داخل استوانه داخلی است. (از حرکت جانبی آب و ایجاد خطا جلوگیری کند.
- با این تفاسیر نتایج حلقه های نفوذ برای آبیاری های گرتی و نواری که نفوذ عمودی است صادق است ولی برای روش جوی - پشته ای صادق نیست (حرکت و نفوذ آب افقی و عمودی است)

Helix

Date :
Subject :

- معادله هولتان :

در این معادله وضعیت سطح خاک از نظر گیاه و پوشش گیاهی و تاثیر آنها بر نفوذ در نظر گرفته می شود.

$$i = 0.49\, a\, S^{1.4} + i_c$$

- i: سرعت نفوذ
- a: ضریب مربوط به نوع گیاه و پوشش خاک
- S: تخلخل خاک
- i_c: سرعت نهایی نفوذ

Helix

WATERENG.IR

Date :
Subject :

رابطه آب و سلول‌های گیاهی؟

اجزاء هم یک سلول گیاهی؟

- دیواره سلول
- غشاء پلاسمایی (پلاسمالما)
- سیتوپلاسم
- واکوئل
- کلروپلاست
- میتوکندری
- هسته

① غشاء پلاسمایی؟

لایه‌ای که محتویات سلول را در بر می‌گیرد، جنس آن از پروتئین و چربی است. نسبت به آب نفوذ پذیر و نسبت به یون‌ها، مواد معدنی و عناصر غذایی از نظر نفوذ پذیری انتخابی عمل می‌کند. در این غشا سلول‌های ناقل به صورت فعال عمل انتقال

Helix

Date :
Subject :

بعضی عناصر از بیرون به داخل سلول را برعهده دارند.

سیتوپلاسم سلول‌ها از طریق منافذ ریزی (پلاسمودزما) که روی این غشا قرار دارند با یکدیگر ارتباط برقرار می‌کنند.

سیتوپلاسم؟

ماده اصلی سلول‌های گیاهی که در داخل غشاء پلاسمایی محصور و از یک محلول ژل مانند به نام سیتوزول تشکیل شده است.

واکوئل؟

انبار ذخیره مواد غذایی، یونها و املاح و آب است. غشا واکوئل‌ها تونوپلاست نام دارد که به دلیل خاصیت انتخابی نفوذپذیری، ورود خروج عناصر را کنترل می‌کند.

فشار آماس (پتانسیل فشاری)؟

پژواک شدن واکوئل بر اثر جذب آب، فشاری بر سیتوپلاسم و محتویات سلول وارد می‌کند.

Helix

WATERENG.IR

Date :
Subject :

این [redacted] فشار به نوبه خود به عناصر پلاسمایی و دیواره سلول وارد می‌شود. ولی قابلیت ارتجاعی غشاء و دیوار محدود بوده و در مقابل این فشار مقاومت می‌کند. در نهایت پتانسیل پلاسم از دو جهت (یکی از سمت واکوئل و دیگری از سمت غشاء تحت فشار قرار گرفته) که به این فشار، فشار آماس گویند.

بافت‌های [redacted] گیاهی:

ترکیب و تجمع سلول‌های مختلف شده با یکدیگر، بافت‌های گیاهی را تشکیل می‌دهند.

① بافت مریستم: منشا تمام بافت و ساختارهای گیاهی که از انواع می‌توان به بافت مریستم نوک ریشه، نوک ساقه و نوک برگ و مریستم‌های جانبی اشاره کرد.

② بافت پارانشیم: بافتی که در همه اندام‌های

Helix

Date :
Subject :

گیاهی مشاهده می‌شود و فواصل بین بافت‌های دیگر را پر می‌کند.

③ بافت اسکلرانشیم: بافت مقاومی که اطراف دانه‌ها، پوست ساقه و ریشه و اطراف آوندهای هدایت کننده آب را می‌پوشانند.

④ بافت چوبی: هدایت کننده آب و مواد محلول است.

⑤ بافت آبکش: سیستم هدایت کننده آب و املاح است. با بافت چوبی ارتباط نزدیکی دارد.

⑥ بافت محافظ: برای محافظت از اندام‌های گیاهی بوجود می‌آید که خود دو دسته است:

- اپیدرم (رویوست): برای محافظت از قسمت‌های بیرونی
- پریدرم: برای محافظت از قسمت‌های داخلی

Helix

WATERENG.IR

Date :
Subject :

اپیدرم در ریشه با تغییر شکل خود تارهای کشنده را در جذب آب مهم است را بوجود می‌آورد.

۷- بافت ترشحی: خارج ساختن مواد مترشحه را برعهده دارند.

ورود آب به سلول‌های گیاهی:

① ورود غیرفعال (Passive)

در صورتی که انتقال و جذب یون‌ها به داخل سلول صرفاً فیزیکی بوده و هیچ گونه انرژی متابولیکی سلول های زنده در آن دخالت نداشته باشد.

مکانیزم‌های ۳ گانه برای ورود غیرفعال:

① فرآیند انتشار
② تبادل کاتیونی مربوط به سلول‌های گیاهی
③ تعادل دونان
④ تحرق

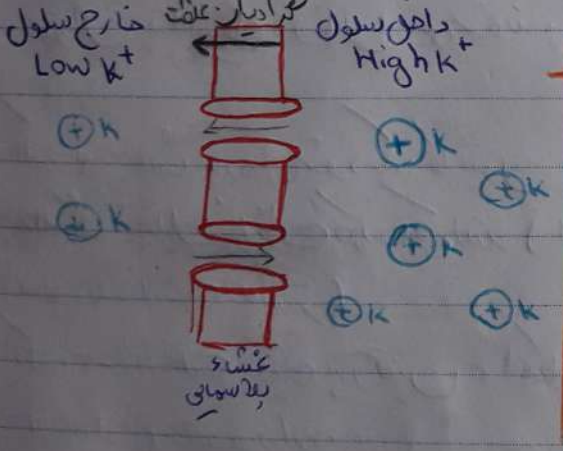
Helix

Date :
Subject :

۱-۱- تبادل کاتیونی: سطح ریشه دارای بار الکتریکی منفی بوده و قادر خواهد بود کاتیون‌ها را به خود جذب کند.
پستوپلاسم و غشا پلاسمایی هم دارای بار منفی است و می‌تواند آن‌ها را از ریشه دریافت کند.
لذا بدون صرف انرژی متابولیکی و فقط بر اثر تبادل کاتیونی، آب منتقل خواهد شد.

۱-۲ تعادل دونان:

باز که مثال زیر پدیده را شرح می‌دهیم:



آب سلول گیاهی را در داخل محلولی قرار دهیم

Helix

WATERENG.IR

که دارای کاتیون K^+ است به دلیل آنکه درون این سلول پروتئین بزرگی با بار منفی قرار دارد این کاتیونها جذب این پروتئین خواهند شد تا در نهایت مقدار خروج و ورود آنها (کاتیونها) برابر گردد (تعادل دونان).

نکته ۵ خود سلول در ابتدا ممکن است دارای کاتیون K^+ باشد که به سطح پروتئین جذب شده باشند اما کل بار منفی را خنثی نکرده باشند، این مقدار بار منفی باقی مانده باعث ایجاد یک پتانسیل الکتریکی تحت عنوان پتانسیل دونان می‌شوند.

نکته ۶ مشاهده می‌شود که کاتیون‌ها در خلاف گرادیان غلظت حرکت می‌کنند (از قسمت کم به سمت غلظت بیشتر)

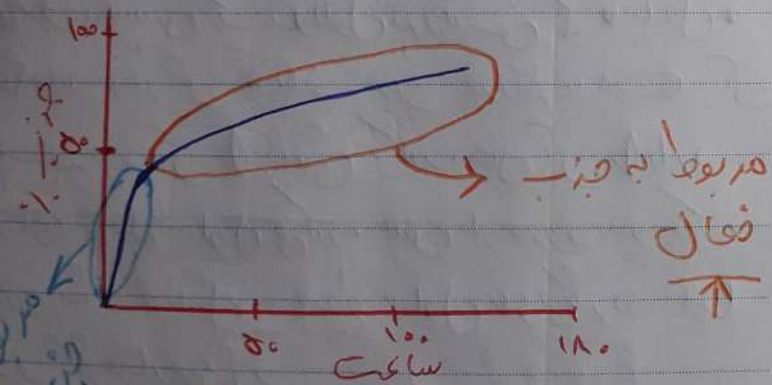
نکته ۳- به علت بزرگی پروتئین، امکان خروج آن از سلول وجود ندارد.

۱-۳- تفاوت δ هر چه غلظت یون‌ها در محیط بیشتر باشد، شدت جذب یونها بیشتر تحت تاثیر شدت تفاوت قرار می‌گیرد.

(هر چه شدت تفاوت بیشتر، شیب غلظت یون بین محلول خاک و سلولهای ریشه بیشتر)

② ورود فعال δ (active)

انرژی متابولیسمی حاصل از تنفس نیاز، در جذب برخی یونها و حتی آب مورد استفاده قرار می‌گیرد.



WATERENG.IR

Date :
Subject :

در صورتی ریشه های گیاه با مواد بازدارنده تنفس آغشته کنیم ملاحظه خواهد شد که قسمت سمت راس منحنی وجود نخواهد داشت.

به طور واضح در این بخش جذب کند است.

برای توصیف جذب فعال نظریه ناقل مطرح است؟

ابتدا یک یون به صورت غیرفعال به داخلی ترین ورود فضای خارجی سلول وارد می شود. پشت وی در آنجا متوقف می شود. سپس یک مولکول پروتئینی که «ناقل» نام دارد و بار آن مخالف یون مدنظر ما است به آن چسبیده و آن را خنثی می کند. حال آن را وارد فضای داخلی سلول می کند. پس از ورود این ترکیب تجزیه شده و ناقل به سطح سلول باز می گردد، اما یون کمتر فعال می شود.

جذب فعال مستلزم انرژی تنفسی است.

Helix

Date :
Subject :

- پخشیدگی (وانتشار) و جریان توده ای؟

وارد شدن آب به داخل سلول های گیاهی عمدتاً به صورت غیر فعال انجام می شود (نمودار صفحه قبل).

- ورود غیرفعال آب و سایر یون ها ممکن است با فرایند پخشیدگی و یا به صورت جریان توده ای صورت گیرد.
(bulk flow or mass flow) (diffusion)

- جریان توده ای مستلزم وجود فشار یا نیروی خارجی است. (مانند جریان آب در لوله ها، هنازل و یا آبشار).

- حرکت آب در داخل آوند به طریق جریان توده ای می باشد.

- پخشیدگی می تواند هدایت شده یا تصادفی باشد.

- پخشیدگی مانند حل شدن جوهر در آب یا پخش

Helix

WATERENG.IR

شدن بوی عطر بدون نیاز به نیروی خارجی.

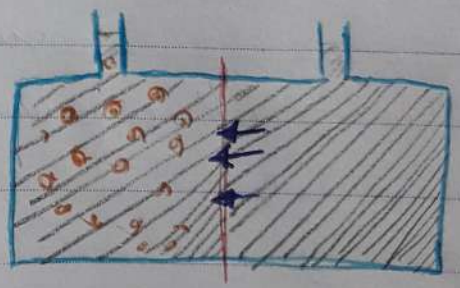
- پخشیدگی مهم‌ترین عامل برای جذب CO_2 برای فتوسنتز، جذب آب توسط ریشه‌ها، تبخیر از سطح برگ‌ها به صورت تعرق می‌باشد.

در فرآیند پخشیدگی فرمول زیر حاکم است:

$$q = -D \cdot A \frac{\Delta C}{L}$$

- q: مقدار ماده عبور کرده در واحد زمان
- D: ضریب پخشیدگی ماده حل شده
- A: سطح مقطع مرتبط بین دو سیال
- ΔC: اختلاف غلظت
- L: طول مسیری که ماده پخش شده طی می‌کند

اسمز:



- فرض کنید دو ظرف به شکل صفحه قبل وجود دارد، در صورتی یکی از آنها آب خالص (سمت راست) و یکی از آنها محلول باشد (ناخالص و دارای ماده حل شدنی). در صورتی که بین این دو ظرف غشایی باشد که صرفاً از آن مولکول‌های آب عبور کند (انتخابی) آنگاه آب از ظرف سمت راست (خالص) به سمت آب ناخالص حرکت خواهد کرد.

- این عمل آب بصورت پخشیدگی از روزنه‌های غشایی عبور می‌کند اسمز (Osmosis) نام دارد.

علت چیست؟:

با حل شدن ماده در آب، پتانسیل شیمیایی آن را تحت تأثیر قرار داده و انرژی آزاد آن را کاهش می‌دهد به همین دلیل از سمت انرژی بیشتر به سمت انرژی کمتر حرکت می‌کند.

- سلول‌های گیاهی از همین مکانیزم با تغییر غلظت سیتوپلاسم ورود و خروج آب را به داخل سلول

WATERENG.IR

کنترل می کنند.

- فرآیند وارد شدن آب خالص به آب ناخالص تا زمانی ارتفاع می افتد که فشار ارتفاع آب وارد شده با فشار اسمزی برابر گردد.

- بنابراین عامل اسمز به غلظت مواد حل شده در حلال و اختلاف فشار بستگی دارد.

- اختلاف پتانسیل شیمیایی آب خالص با یک محلول تابعی از جزء اسمزی (π) و جزء فشاری آن (P) است:

$$\mu_w - \mu_w^* = V_w (P - \pi)$$

پتانسیل شیمیایی محلول

پتانسیل شیمیایی آب خالص

حجم جزء مولی (حجمی که بوسیله یک مول اشغال می شود)

برأساس قانون گازهای کامل داریم:

$$PV = nRT \Rightarrow \pi V = nRT \Rightarrow$$

$$\pi = nRTV^{-1} \xrightarrow{n = \frac{m}{M}}$$

$$\pi = mM^{-1}RTV^{-1}$$

حجم

فشار اسمزی

جرم محلول

جرم مولکولی جسم حل شده

ثابت گازها

دمای مطلق محلول

پتانسیل آب در سلولهای گیاهی:

اگر در فرمول صفحه قبل پتانسیل آب متناسب باشد با $\mu_w - \mu_w^*$ آنگاه:

$$(\mu_w - \mu_w^*) V_w^{-1} = \psi$$

$$\psi = P - \pi \xrightarrow[\pi = -\psi_s]{P = \psi_p} \psi = \psi_p + \psi_s$$

$-(-\pi)$

می توان در این فرمول پتانسیل ماتریک (ψ_m) و ثقلی (ψ_g) را در نظر گرفت اما چون ناچیز هستند، از آنها صرف نظر می شود.

WATERENG.IR

پتانسیل در پروتوپلاست: $\psi_{w(p)} = \psi_{s(p)} + \psi_{p(p)}$ (فشاری)

Date:
Subject:

$$\psi = \psi_p + \psi_s + \psi_m + \psi_g$$

- پتانسیل آب معمولاً منفی و یا در حالت صفر (در حالت آماس) می‌باشد.

تعیین درصد آب در گیاه

برای تعیین درصد آب در گیاه به عنوان نمایه‌ای از وضعیت پتانسیلی آب در گیاه روش‌های زیر ارائه شده است:

- درصد نسبت به وزن تر (تازه)

$$\text{مقدار آب (درصد)} = \frac{\text{وزن تازه برگ} - \text{وزن خشک شده}}{\text{وزن تازه برگ}} \times 100$$

- درصد آب نسبت به وزن خشک:

$$\frac{\text{درصد آب نسبت به وزن خشک}}{\text{وزن خشک شده برگ}} = \frac{\text{وزن تازه برگ} - \text{وزن خشک شده برگ}}{\text{وزن خشک شده برگ}} \times 100$$

Helix

پتانسیل در پروتوپلاست: $\psi_{w(a)} = \psi_{s(a)} + \psi_{m(a)}$ (ماتریک)

Date:
Subject:

- مقدار نسبی آب (آماس نسبی) (Relative water Content)

پس از وزن کردن برگ‌های تازه، آن‌ها را آماس کرده و وزن آماس را اندازه‌گیری می‌کنیم، سپس خشک کرده و از فرمول زیر مقدار RWC را بدست می‌آوریم:

$$RWC = \frac{\text{وزن برگ خشک شده} - \text{وزن تازه برگ}}{\text{وزن برگ خشک شده} - \text{وزن برگ آماس}} \times 100$$

محتی دارترین روش اندازه‌گیری مقدار آب در بافت‌های گیاهی.

- به طور مشخص اگر $RWC < 100$، نشان دهنده کمبود آب در گیاه است.

- کمبود آب نسبت به اشباع (تقصان اشباع) (Water Saturate Deficit) (WSD)

$$WSD = \frac{\text{وزن برگ آماس} - \text{وزن برگ تازه}}{\text{وزن برگ آماس} - \text{وزن برگ خشک شده}} \times 100$$

Helix

WATER-ENG.IR

مشخص است که: $WSD + RWC = 100$

تعیین پتانسیل آب:

① روش سایکومتری:

اندام گیاهی داخل یک اطاقک قرار گرفته تا شروع به تبخیر نماید. از روی فشار بخار آب در داخل اطاقک می‌توان پی به وضعیت آب در گیاه برد. به علت تغییرات کم فشار بخار، تغییرات فشار بخار، از روی ایجاد اختلاف دما و اندازه‌گیری آن دما جفت (ترموکوپل) صورت می‌گیرد.

② روش غوطه‌وری در بخار

← کلرور سدیم استفاده می‌شود ← جلوگیری از رشد باکتری‌ها

③ روش غوطه‌وری در مایع

برگ‌ها مستقیماً درون مایع قرار می‌گیرند و تغییرات نسبی وزن آنها بررسی می‌شود.

برای تهیه محلول‌ها معمولاً ساکارز استفاده می‌شود چون اکثر سلول‌های گیاهی ساکارز را به سهولت جذب نمی‌کنند.

مزیت نسبت به غوطه‌وری در بخار:

مدت کم مورد نیاز برای انجام

عیب نسبت به غوطه‌وری در بخار:

نفوذ محلول به داخل فضای بین سلولی در نمونه بافت‌ها (این مشکل در روش غوطه‌وری در بخار وجود ندارد.)

- روش ماده رنگی:

نمونه بافت‌ها در داخل یکسری محلول‌های ساکارز با پتانسیل آبی معلوم قرار داده می‌شوند. به این محلول‌ها به مقدار کمی رنگ اضافه می‌شود. پس از مدتی اگر رنگ شدیدتر شد یعنی یعنی محلول به داخل برگ نفوذ کرده و اگر شدت رنگ کاهش یافت یعنی آب از برگ خارج شده و وارد محلول شده است. پس با محلول‌های شاهد (بی‌رنگ اما با پتانسیل یکسان مقایسه می‌شوند)

WATERENG.IR

مزایا: ① بدون نیاز به وسایل پیچیده و آزمایشگاهی
② قابلیت انجام در وضعیت آزمایشگاهی و مزرعه
③ در زمان اندک انجام می‌شود (۱ الی ۲ ساعت)

عیب: تنها مقادیر تقریبی پتانسیل آبی بدست می‌آید.

- روش اطاقک فشار (بمب فشار):
یک بخش زنده از گیاه را طوری داخل این دستگاه قرار می‌دهیم که انتهای آن بیرون باشد (ساقه شاخه یا برگ) سپس بقیه اندام را با یک گاز بی‌اثر (مثل ازت) تحت فشار قرار می‌دهیم، هنگامی که شیره خام در سطح مقطع ساقه پدیدار شد، فشار داده شده (با علامت منفی) برابر با پتانسیل گیاه خواهد بود.

خارج نمود:

طرز تهیه محلول‌های پتانسیل:
برای روشهای مختلف وزنی در بخار و یا مایع از حل کردن مواد مختلف می‌توان محلولهایی با پتانسیل‌های متفاوت بدست آورد که بستگی به مولارته محلول و نوع ماده حل شونده دارد. این مواد معمولاً ساکارز، پلی اتیلن گلایکول (PEG) و کلرور سدیم هستند.
برای تهیه می‌توان از فرمول زیر استفاده کرد:

$$\psi_s = -(0.0019\ m^2 + 0.0998\ m)K$$

m = غلظت مولالی محلول:

$$m = -8.047 + \sqrt{31.4355 - 11.2346\ \psi_s K^{-1}}$$

و K برابر $\frac{8RT}{1000}$ است.

WATERENG.IR

Date :
Subject :

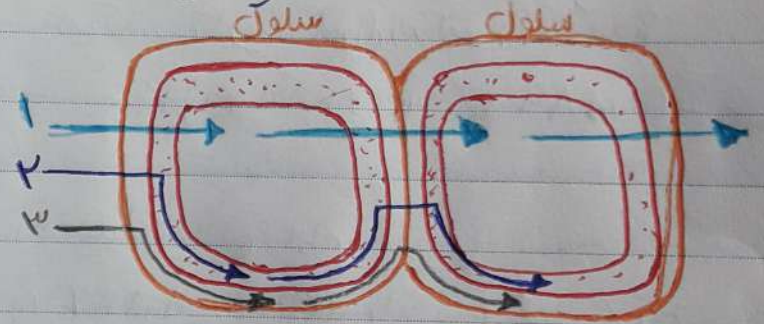
حرکت آب در گیاه

(mass flow)

- حرکت آب در خاک بصورت توده‌ای است.

- جذب آب توسط ریشه:

آب برای آنکه از سطح ریشه به آندودرم (لایه دور استوانه مرکزی) برسد کلاً سه مسیر زیر را طی می‌کند:



① مسیر ۱ & مسیر درون سلولی که آب از داخل سلولها و با عبور از غشاهای پلاسمایی و سایر اجزاء درون سلول عبور کرده و سلول به سلول مسیر را طی می‌کند.

Helix

② مسیر ۲ & مسیر سیمپلاستی که آب از منافذ موجود در دیواره سلولها عبور می‌کند.

③ مسیر ۳ آب وارد سلول نشده و از طریق منافذ بین سلولی جلو می‌رود (مسیر آپوپلاستی)

• آب عمدتاً از طریق مسیرهای ۲ و ۳ حرکت می‌کند.

حرکت آب در آوندها

۹۹ درصد مسیر انتقال آب در داخل از طریق آوندهای چوبی صورت می‌گیرد که به علت ساختار سلولی آنها مقاومت در برابر حرکت بسیار کم است.

هرچه تعرق بیشتر ← آب را سریعتر عبور می‌کند.

هرچه آوندها عریض‌تر ← " " " "

Helix

WATERENG.IR

قانون پوازیه:

(laminar)

با در جریان آرام در نظر گرفتن آب در آوندها و خطی بودن سرعت آب (سرعت روی جدار صفر و در مرکز حداکثر) سرعت متوسط آب در آوندها بصورت زیر بدست می‌آید:

$$J_v = -(r^2/8\eta)(dp/dx)$$

m/s

شعاع لوله

ضریب لزوجت

گرادیان فشار هیدواستاتیک.

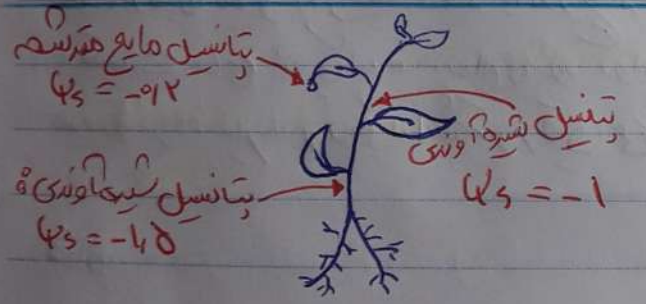
رابطه جذب آب و تعرق:

سیستم هدایت آب در گیاهان با تعرق کند با گیاهان سریع التعرق متفاوت است.

• در گیاهان با تعرق کند، آوندها دارای فشار مثبتی تحت عنوان فشار ریشه هستند.

- جذب آب در گیاهان کند تعرق توسط سلولهای زنده ریشه صورت گرفته به همین دلیل به آن جذب فعال گویند.

- در گیاهان سریع التعرق جذب آب می‌تواند توسط ریشه‌های بی‌رمق و مرده نیز صورت گیرد (شبیه سطح جذب کننده غیرفعال) که در این حالت جذب غیرفعال خواهد بود. (حرکت آب به صورت توده‌ای) (در نتیجه نیروی حاصل از تبخیر از سطح شاخ و برگ) (در حقیقت علت تعرق است)



	ریشه		خاک
	شیره آوندی	سلولهای پوست	
ψ_s	-۲	-۵	—
ψ_p	۰٫۵	۴	—
ψ_w	-۱٫۵	-۱	-۰٫۳

WATERENG.IR

Date:
Subject:

- همانطور که مشاهده می‌کنید جذب آب در امتداد کاهش شیب پتانسیل آب از خاک تا آوندها صورت می‌گیرد.

- کاهش پتانسیل فشاری را شاهد هستیم. (از ۴ به ۰/۵ می‌رسد)

- پتانسیل اسمزی در سلولهای پوست ریشه بسیار زیاد است (۵-) و هرچه از شیره آوندی بالا می‌رود پتانسیل اسمزی به دلیل رقیق شدن کاسته می‌شود. علت رقیق شدن آن است که به تدریج که شیره آوندی به قسمت های بالایی گیاه منتقل می‌شود مواد حل شده خود را در اختیار سلولها گذاشته و رقیق می‌شود.

Helix

Date:
Subject:

عوامل موثر بر جذب آب توسط گیاه

$$\text{میزان جذب آب} = \frac{\Phi_{\text{ریشه}} - \Phi_{\text{خاک}}}{r_{\text{خاک}}}$$

$r_{\text{خاک}}$ ← مقاومت خاک

$\Phi_{\text{ریشه}}$ ← پتانسیل آب در خاک و سطح ریشه

$$\text{سرعت جذب آب} = \frac{\Phi_{\text{آوندها}} - \Phi_{\text{ریشه}}}{r_{\text{ریشه}}}$$

- اصولاً اثرات تنش آب بر فرآیندهای مختلف گیاهی متفاوت است. مثلاً تولید ماده خشک در اثر تنش آبی کاهش می‌یابد ولی اثر آن بر تولید بذر و برخی محصولات دیگر ناچیز است.

- گرچه در خاک های درشت بافت، هدایت هیدروکلیکی (موئینگی) زیاد است اما به دلیل بزرگ بودن منافذ، تماس

Helix

WATERENG.IR

Date:
Subject:

ریشه ها با این فک ها کمتر از خاک های اطراف آب
و این خود از جذب آب می کاهد.

به لحاظ جذب آب توسط گیاه، بهترین خاک
آن است که ذرات با منافذ در آن متوسط باشد.

- چرا با کاهش درجه حرارت خاک جذب آب کاهش می یابد؟

① کاهش رشد ریشه
② افزایش لزوجت آب
③ افزایش مقاومت ریشه ها در مقابل عبور آب
④ کاهش فعالیت های متابولیکی سلول های ریشه

چگونه صعود آب در گیاهان؟

نظریه هم چسبی (cohesion) قابل قبول
ترین نظریه برای این منظور می باشد.

←

Helix

Date:
Subject:

براساس نظریه هم چسبی، می دانیم که تبخیر آب در هوایی
که رطوبت نسبی آن کمتر از ۱۰۰ درصد است ممکن است
به منهای صفر ۱۰۰ بار هم برسد. این امر سبب کشیده شدن
آب از آوندهایی که در تماس با سلول های برگ هستند،
هوای اتمسفر می شود و در نتیجه در داخل لوله های آوندی
کلش بسیار قوی ایجاد می شود. (کشش تعرقی)

- همچنین نیروی دگر چسبی (adhesion) به این
فرآیند کمک می کند. (لوله های آوند هم مانند لوله های
موئین عمل می کنند).

ریشه

وظایف ریشه

① جذب آب و مواد غذایی
② ثابت نگه داشتن گیاه و ایجاد لنگر
③ ذخیره مواد غذایی
④ ساختن ترکیبات آلی گوناگون

Helix

WATERENG.IR

Date:
Subject:

- ریشه های جوان از چهار بخش ① کلاهک ریشه ② منطقه مریستمی ③ منطقه تقسیم سلولی و طویل شدن سلولها ④ منطقه تفکیک و تمایز تشکیل شده اند.

- محدوده ریشه در شب بیش از روز است.

- ریشه پس از عبور موانع، دوباره در همان مسیر اولیه به حرکت خود ادامه می دهد که به این حالت اکسوتروپی (exotropy) گویند.

- تارهای کشنده از تغییر شکل سلولهای اپیدرمی (پوست) بوجود می آیند.

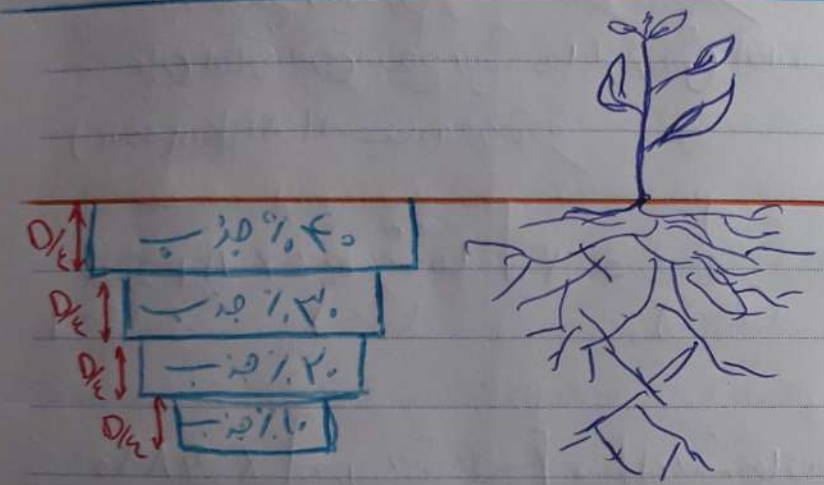
- در منطقه کلاهک و مریستمی به دلیل وجود پروتوپلاسم غلیظ و فقدان سیستم های دی، جذب آب کند است.

- حداکثر جذب در منطقه آوند چوبی صورت می گیرد.

Helix

Date:
Subject:

کلاهک ریشه: نوعی قارچ که با حمله به ریشه گیاهان و درختان، گیاه را به یک رابطه همزیستی بین خود و گیاه وجود می آورد. این قارچ به دریافت آب، ویتامین و... به گیاه کمک می کند.



← چگونگی جذب رطوبت خاک توسط ریشه های گیاه در عمق توسعه ریشه (D)

- رشد ریشه ها توسط عوامل محیطی و ژنتیکی کنترل می شوند

Helix

WATERENG.IR

- عوامل محیطی محدود کننده رشد ریشه:
- رطوبت و هوای خاک
- دما - مواد معدنی - رقابت بین ریشه‌ها

محاسبه سطح ریشه‌ها:

برای اندازه‌گیری سطح ریشه‌ها از روش اتکینسون (At kinson) استفاده می‌شود:

$$\text{سطح ریشه‌ها } (cm^2) = 2\sqrt{\text{حجم ریشه‌ها } (cc) \times \pi + \text{طول ریشه } (cm)}$$

$$\text{طول ریشه‌ها } (cm) = [\text{وزن ریشه‌ها } (mg)] \times 0.890$$

حجم ریشه: می‌توان به طور مستقیم از روی جابجا شدن آب در ظروف مدرج پس از وارد کردن ریشه‌های شسته شده بدست آورد.

(روش غیر مستقیم نیز هست)

(قطر ریشه × طول ریشه)
$(\times \pi \times)$

طول ریشه:

روش‌های مختلفی برای بدست آوردن طول ریشه ارائه شده است.

روش نیومن (Newman) (cm/gr)

$$R = \frac{\pi N A}{2Hg}$$

طول ریشه

N: تعداد محل تلاقی ریشه‌ها با خطوط شبکه کاغذ گراف

A: مساحت ظرف

H: مجموعه طول اضلاع تشکیل دهنده شبکه کاغذ گراف

g: وزن نمونه خاک

می‌توان از فرمول تنانت استفاده کرد:

$$l = K N$$

طول ریشه

ضریبی براساس ابعاد شبکه

تعداد برخوردها

WATERENG.IR

Date:
Subject:

جذب املاح و مواد غذایی توسط ریشه:

مهم ترین مراحل جذب نمک و املاح توسط گیاه:

① حرکت یون از سمت خاک به سمت ریشه ← ② تجمع یون ها در سلولهای ریشه

③ حرکت شعاعی یونها از سطح ریشه به داخل آوندها ← ④ انتقال یون ها از ریشه به وشاخه ها و برگ ها

پیچیده ترین مسئله

فرآیندهای جذب مواد:

جذب غیرفعال ← ① پخشیدگی ساده (Simple Diffusion)

② پخشیدگی کمک شده (Facilitated ,,)

③ جذب فعال

Helix

Date:
Subject:

- پخشیدگی کمک شده بیشتر برای یونها و محلول های باردار است که ورود آنها به داخل سلول با پخشیدگی ساده به سختی انجام می شود.

- در پخشیدگی کمک شده مانند پخشیدگی ساده برای محلولهای غیر باردار براساس شیب غلظت آنها و برای محلولهای باردار براساس شیب الکترو شیمیایی صورت می گیرد.

- هم پخشیدگی ساده و هم کمک شده دارای مسیر دوطرفه هستند یعنی همزمان یونها و محلول می توانند از داخل سلول خارج شوند.

- انرژی انتقال فعال با هیدرولیز کردن آدنوزین تری فسفات (ATP) به آدنوزین دی فسفات (ADP) بدست می آید.

انواع پروتئین های حمل کننده در انتقال فعال:

① ناقل: در مرز خارجی غشا به یون چسبیده و آن را به داخل سلول می آورند.

② کانال: هر یون بر روی غشا یک کانال اختصاصی دارد که از طریق آن وارد سلول می شود.

Helix

WATERENG.IR

Date:
Subject:

در تجمع نمک دو فرآیند زیر نقش دارند که تفاوت‌های آنها به صورت زیر است:

جذب غیر متابولیکی	انتقال متابولیکی
① رسیدن به حالت تعادل سریع	① رسیدن به حالت تعادل کُند
② به متابولیسم بستگی ندارد	② به متابولیسم بستگی دارد
③ کمتر تحت تأثیر دما، تهویه و مواد بازدارنده تنفس است	③ بیشتر تحت تأثیر دما، تهویه و مواد بازدارنده تنفس است
④ قابل برگشت	④ غیر قابل برگشت
⑤ غیر انتخابی بوده و بیشتر کاتیون‌ها را شامل می‌شود.	⑤ انتخابی بوده و آنیون‌ها و کاتیون‌ها را نیز شامل می‌شود.

• انتقال یونها به درون آوندها، توسط جذب فعال اتفاق می‌افتد، کما اینکه در گیاهان سریع التعرق قسمت قابل ملاحظه‌ای از حرکت بصورت جریان توده‌ای است.

Helix

Date:
Subject:

تعرق:

بیش از ۹۵ درصد آب جذبی گیاه با تعرق تلف می‌شود.

میزان تعرق از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$T = \frac{C_{leaf} - C_{air}}{r_{leaf} + r_{air}} = \frac{0.662\rho_{air}}{P}\left(\frac{e_{leaf} - e_{air}}{r_{leaf} + r_{air}}\right)$$

فشار هوا (mm Hg)

T: تعرق ($\frac{gr}{cm^2/sec}$)

C_{leaf}: غلظت بخار آب در سطح برگ

C_{air}: غلظت بخار آب در هوا

ρ_{air}: دانسیته هوا

r_{leaf}: مقاومت اضافی داخل برگ

r_{air}: مقاومت لایه مرزی هوا در مقابل جریان بخار آب

e_{leaf}: فشار بخار آب در سطح برگ

e_{air}: فشار بخار آب در هوا برحسب mm Hg

Helix

WATERENG.IR

Date:
Subject:

طبق این معادله سرعت تعرق با اختلاف فشار بخار آب بین سطح برگ و هوای خارج نسبت مستقیم و با مجموع مقاومت روزنه ها و لایه مرزی هوای مجاور نسبت عکس دارد.

خارج از گود:

تعریف چند اصطلاح پرکاربرد در این مبحث:

انتقال عمودی حرارت (کنوکتیو) (Convection):

(یا فرارفت) به انتقال حرارت یا انرژی توسط توده هوا اطلاق می شود که از جهت بالا یا پائین (قائم) به نقطه مورد نظر می رسد.

انتقال افقی حرارت (همرفت) (advection):

(یا پهن رفت) به انتقال افقی حرارت گفته می شود

← یک مثال بارز ← اثر واحه ای (Oasis effect)

Helix

Date:
Subject:

در اثر واحه ای انتقال افقی انرژی از اطراف به طرف یک توده کوچک و مجزا شده گیاهی باعث می شود که تعرق بیش از مقداری باشد که می توان از روی انرژی خورشیدی محاسبه کرد.

تبادل گرمای نهان: به کسب یا از دست انرژی در اثر تغییر حالت گویند (مانند از دست دادن انرژی هنگام تبخیر)

• بار انرژی برگ ها به سه صورت تابش، انتقال عمودی گرمای محسوس، انتقال گرمای نهان بوسیله تعرق آزاد می شود.

تلفات تعرق < تلفات انتقال عمودی گرمای محسوس < تلفات تابش

نسبت بوون (Bowen)

Bowen Ratio: $\frac{\text{مقدار حرارتی که بصورت گرمای محسوس منتقل می شود}}{\text{مقدار حرارتی که به شکل گرمای نهان تعرق می یابد}}$

Helix

WATERENG.IR

مقاومت کل برگ (r_{leaf})

تبخیر آب از دو محل اصلی ① حیاط سلول‌های مزوفیل در تزدیک منافذ بین سلولی و ② سطح خارجی سلول‌های بشره (که سطح آن با کوتیکول فرآورده است) انجام می‌شود.

در طی این این مسیر مقاومت‌های وجود دارد که چون به صورت متوالی هستند r_{leaf} برابر خواهد شد با:

$$\frac{1}{r_{leaf}} = \frac{1}{r_c} + \frac{1}{r_s}$$

r_{leaf} : مقاومت کل برگ

r_c : مقاومت کوتیکول

r_s : مقاومت مسیر روزنه که خود از چند مقاومت به طور سری تشکیل شده است:

$$r_s = r_m + r_i + r_p$$

- r_m : مقاومت جدار سلول‌های مزوفیل
- r_i : مقاومت منافذ بین سلولی
- r_p : مقاومت خود منفذ روزنه‌ها

Helix

اثر عوامل مختلف بر تعرق

- تابش خورشید: اثر عمده آن بر تعرق نتیجه اثر نور بر باز و بسته شدن روزنه‌هاست. نور مهم‌ترین عامل مؤثر بر تعرق است.
- رطوبت: میزان رطوبت با تأثیر بر فشار بخار، اهمیت بر تعرق مؤثر است.

خشکی به مقدار کم باعث افزایش تعرق و به مقدار زیاد باعث کاهش آن می‌گردد.

- درجه حرارت: تقریباً مشابه رطوبت است. (بر فشار بخار تأثیر می‌گذارد.)
- باد و جریان هوا: اثر باد در هر زمان بستگی به شیب آن روی تنش شیب فشار بخار و درجه حرارت دارد.
- درد دسترس بودن آب: هر آب به راحتی در اختیار گیاه قرار گیرد، راحت‌تر تعرق صورت می‌گیرد (افزایش می‌یابد)

Helix

WATERENG.IR

در برگ‌ها

Date:
Subject:

دسته‌بندی گیاهان براساس محل قرار گرفتن روزنه‌ها:

- برگ‌های آمفی استومات: روزنه‌ها در هر دو طرف برگ
- برگ‌های هیپو استومات: روزنه‌ها در پشت برگ
- برگ‌های اپی استومات: روزنه‌ها فقط در سطح برگ
- برگ‌های هترو استومات: تعداد روزنه‌های سطح و پشت برگ متفاوت هستند.
- برگ‌های ایزو استومات: تعداد روزنه‌های پشت و سطح یکسان هستند.

پرومتر: دستگاهی برای اندازه‌گیری اندازه منافذ روزنه‌ها بر اساس اندازه‌گیری جریان هوا از داخل برگ‌ها است.

Helix

Date:
Subject:

• صرف نظر از عواملی مانند نور، دما، غلظت CO_2، کمبود فشار بخار آب، پتانسیل آب در خاک که همگی بر کنترل روزنه‌ها مؤثرند آنچه مکانیسم باز شدن روزنه‌ها در روز و بسته شدن در تاریکی را بر عهده دارد جذب پتاسیم بوسیله سلولهای محافظ روزنه می‌باشد.

جذب پتاسیم ← باز شدن روزنه
دفع پتاسیم ← بسته شدن روزنه‌ها

• علت افزایش تعرق در اثر بالا رفتن درجه حرارت؟
به علت افزایش شیب فشار آب بین برگ و هوا می‌باشد نه به علت کاهش رطوبت نسبی

روش‌های تخمین مقدار باز بودن روزنه‌ها:
1. مشاهده روزنه‌ها در زیر میکروسکوپ
2. استفاده از کاغذ کلرور کبالت
3. استفاده از اتاقک‌های تعرق
4. استفاده از روش پرومتری جریان توده‌ای
5. روش پرومتری با انتشار بخار آب

Helix

WATERENG.IR

Date :
Subject :

روش های اندازه گیری تعرق:

① روش فیتومتر (Phytometer):
اندازه گیری براساس وزن است (مانند لایسی متر)

② روش پوتومتر (Potometer):
آب مورد نیاز گیاه از طریق یک لوله مدرج تامین شده و براساس تغییرات در لوله مدرج، میزان تعرق بدست می آید

③ روش شاخه های قطع شده:
یک شاخه یا برگ را قطع کرده و در عرض چند دقیقه وزن می شود.

④ روش تلفات بخار آب:
یک قسمت یکپارچه گیاه در محفظه ای قرار گرفته و تغییرات محتوای آب در هوای داخل محفظه اندازه گیری می شود.

⑤ روش پدومتر:
این دستگاه نسبتاً ساده ای است که دارای یک کاهک کوچک است که روی قسمتی از برگ ها می چسباند و سرعت خروج بخار آب را بدست می آورد.

Date :
Subject :

⑥ سرعت جریان شیره:

معمولاً با تغییر حرارت صورت می گیرد. در یک نقطه از ساقه بالایی گرمایی ایجاد و سپس براساس زمان و میزان تغییرات دما در نقطه ای بالاتر با استفاده از فرمولی میزان و سرعت تعرق بدست می آید.

⑦ روش کاغذ کبالت:

برای تعیین سرعت نسبی تعرق براساس تغییرات رنگ کاغذ کبالت قرار گرفته روی یک برگ استفاده می شود.

نسبت تعرق: مقدار آبی که در ساختن هر واحد وزن ماده خشک مصرف می شود.

کارایی گیاهان در متعادل کردن تلفات آبی که ضمن جذب مقدار کافی CO_2 برای فتوسنتز مصرف می کنند، می توان از نسبت تعرق نیز مورد ارزیابی قرار داد.

$$\text{نسبت تعرق} = \frac{\text{تعداد مول } H_2O \text{ تعرق یافته}}{\text{در } \dots \text{ مول } CO_2 \text{ تثبیت شده}}$$

WATERENG.IR

Date :
Subject :

گیاهان سه کربنه (C_3)

اولین محصول فتوسنتزی آنها در فرآیند تثبیت کربن یک ماده آلی سه کربنه بوده و به این گیاهان C3 معروف‌اند. در این گیاهان به ازای هر مولکول CO_2 تثبیت شده در فتوسنتز، حدود ۵۰۰ مولکول H_2O مصرف می‌شود.

لذا:

$TR = 500$ ← نسبت تعرق

زیاد بودن نسبت تعرق به دو عامل بستگی دارد:

① اختلاف غلظت H_2O ② سرعت انتشار آهسته‌تر CO_2 نسبت به H_2O (ضریب انتشار CO_2 کمتر از H_2O)

گیاهان چهار کربنه (C_4):

در این گیاهان برای تثبیت هر مولکول CO_2، کمتری مصرف می‌شود:

$TR = 250$

Date :
Subject :

گیاهان CAM

متابولیسم فتوسنتزی آنها از نوع متابولیسم اسید کراسولاسیون است و مسیر کربن CO_2 و آب در برگ‌ها ساده‌تر بوده و برای تثبیت CO_2 آب کمتری مصرف می‌شود.

$TR = 50$ ← به ازای تثبیت یک مولکول CO_2 تنها ۵۰ مولکول آب مصرف می‌شود.

گاهی اوقات از عکس نسبت تعرق به عنوان کارایی مصرف آب (Water use efficiency) (WUE) استفاده می‌شود.

مثلاً در گیاهان CAM: $WUE = \frac{1}{50} = \frac{1}{TR}$

کاهش تعرق:

متخصصان گاهی با استفاده از پوشش‌ها مواد خاصی که بر روی برگ قرار می‌دهند باعث کاهش تعرق، به مقدار کمتری فتوسنتز کاهش می‌یابد. احتمالاً جزئی روزنه‌ها مناسب‌تر خواهد بود از جمله این مواد می‌توان به استات فنیل مرکوریک اشاره کرد.

WATERENG.IR

Date:
Subject:

کمبود آب و رشد گیاه:

تنش آب: به شرایطی اطلاق می‌شود که در آن سلول‌ها و بافت‌ها آماس کامل نیستند.

علت پیدایش تنش آب، افزایش تعرق یا کافی نبودن جذب آب و یا ترکیبی از این دو است.

- کمبود آب در اواسط روز به دلیل تأخیر بین تعرق و جذب است که علت تأخیر جذب مقاومت گیاه در برابر حرکت آب است.

عواملی که میزان تعرق را کنترل می‌کنند:
1. ساختمان و سطح برگ
2. اندازه منفذ روزنه‌ها
3. عواملی که برگرادیان فشار بخار بین گیاه و هوا موثرند.

عوامل کنترل کننده جذب آب:
1. سرعت تعرق
2. انتشار و کارایی ریشه
3. پتانسیل آب و هدایت هیدرولیکی خاک

Helix

Date:
Subject:

- بافت‌های پارانشیمی به صورت سیستم بافر عمل می‌کنند و نقش مخازن دارند.

اگر تعرق > جذب ← این بافت‌ها آب خود را از دست داده و بالعکس.

← اولین علامت تعرق ← کاهش مقدار آب و از بین رفتن آماس سلولی ← پژمردگی.

- میزان تعرق عامل اصلی کنترل کننده تغییرات روزانه تنش آب است. اما کاهش‌های طویل مدت پتانسیل آب گیاه بیشتر بوسیله پتانسیل آب خاک و هدایت آبی خاک کنترل می‌گردد.

- کدام شاخص‌ها در مقابل تنش آبی زیاد می‌شوند؟

مقدار کوتین، کرک‌ها، تعداد رگبرگ‌ها، روزنه‌ها و ضخامت لایه‌های پارانشیمی.

- اثر تنش آب بر تقسیم سلولی کمتر از اثر آن بر نمونه سلول است.

Helix

WATERENG.IR

در سطح سلولی گیاه دو مرحله را در مقابل تنش آبی طی می‌کنند:

مرحله ۱: برخورد گیاه با تنش آب ← در این مرحله چه اتفاقی رخ می‌دهد

← کاهش تورجسانس پروتوپلاسم،

← افزایش نفوذپذیری نسبت به آب، اوره و گلیسیرین

← تجزیه پروتئین‌ها و افزایش تنفس

مرحله ۲: جبران یا ~~[illegible]~~ سخت شدن ←

در صورتی که طول مدت تنش از چندین روز تجاوز کند ← رخ می‌دهد

← افزایش تورجسانس بیش از مقدار اولیه

← کاهش نفوذپذیری نسبت به آب و اوره

← کاهش فرآیندهای فیزیولوژیکی از قبیل تنفس

- بسته شدن روزنه‌ها، تعرق را بیش از جذب آب کاهش می‌دهد.

- برگشت فتوسنتز به حالت اولیه کندتر از برگشت تعرق است.

- میزان فتوسنتز در واحد سطح برگ برای گیاهانی که در معرض پژمردگی یا تنش آب قرار گرفته‌اند بیش از آنهایی است که در معرض تنش قرار نداشته‌اند.

← این افزایش مربوط به مرحله جبران، دیرگشت به حالت اولیه و عکس‌العمل گیاه در مقابل تنش است.

اجتناب یا به تعویق انداختن خشکی:

گیاهان (علی‌الخصوص موفق‌ها) با استفاده از مکا[illegible]ایی، خشک شدن خود را به تعویق یا اجتناب می‌کنند:

۱) تطبیق فصل رویش

۲) پراکندگی زیاد سیستم‌های ریشه

۳) کنترل تعرق

صدمات وارده در اثر تنش ناگهانی آب
بیش از تنش تدریجی
در طی یک دوره طولانی است

WATERENG.IR

- مفهوم تنش - درجه - روز (SDD)

اختلاف بین دمای سطح پوشش گیاهی (T_c) و هوای اطراف آن (T_a) می‌تواند وضعیت آب در داخل گیاه را مشخص کند.

تنش در گیاه ← بسته شدن روزنه‌ها ← کاهش تعرق

← کم شدن بته‌های در معرض آفتاب ← افزایش

دمای هوای مجاور پوشش گیاهی نسبت به هوای بالاتر

$$SDD = \sum_{n=i}^{N} (T_c - T_a)_n$$

موسسه فائو این گونه پیشنهاد داده است هر روز در ساعت ۱ تا ۱:۵ بعد از ظهر از روز i تا N بعد از کسب دمای سطح پوشش گیاهی (T_c) و دمای هوا در ارتفاع ۱.۵ متری از سطح زمین اندازه گیری شود.

Helix

Date :

Subject :

← هرچه تنش بیشتر ← SDD افزایش می‌یابد.

← اگر گیاه آبخواهی در اختیار داشته باشد $T_c - T_a$ در آن صفر یا منفی خواهد بود.

← از SDD می‌توان برای تعیین زمان آبیاری استفاده گردد.

$$SDD_{pos} = \sum_{n=1}^{n} (T_c - T_a)$$

که تفاوت SDD با SDD_{pos} در آن است که در SDD_{pos} مقادیر منفی یا صفر $T_c - T_a$ برابر صفر قرار می‌گیرند.

رابطه تبخیر و تعرق با تفاوت دمای پوشش گیاهی و هوا

$$ET = R_n - G - f(u)[C(T_c - T_a)]$$

Helix

WATERENG.IR

Date:
Subject:

ET : تبخیر و تعرق

R_n : تابش خالص ورودی به پوشش گیاهی

G : شار گرمای خاک

f(u) : تابع تأثیر باد بر تبخیر و تعرق

C : گرمای ویژه هوا

T_c : دمای سطح پوشش گیاهی

T_a : دمای هوا در ارتفاع ۱٫۵ از سطح زمین.

اگر از مقدار G صرف نظر کرده و به جای f(u)[c] یک ثابت ترکیبی به نام B بذاریم:

$$ET = R_n - B(T_c - T_a)$$

Helix

Date:
Subject:

نمایه تنش خشکی گیاه:

در مفهوم تنش - درجه - روز تنها تفاوت درجه حرارت برگ و هوا مد نظر قرار می گیرد حال آنکه عوامل دیگری همچون خالص تابش، فشار بخار آب در هوا و سرعت باد نیز تأثیر گذارند. برای این منظور از نمایه خشکی (CWSI) استفاده می کنیم.

اگر گیاه از نظر آب هیچ گونه محدودیتی نداشته باشد رابطه بین کمبود فشار بخار در هوا (VPD) با تفاوت دمای پوشش گیاهی (T_F) و هوای بالای آن (T_A) یعنی $T_F - T_A$ یک رابطه خطی است.

در یک دمای مشخص اگر تعرق گیاه به طور کامل قطع شود اختلاف دمای T_F و T_A مقدار مثبتی خواهد بود که مستقل کمبود فشار بخار به صورت یک خط افقی خواهد بود.

اگر VPD منفی باشد (هوا فوق اشباع) برای مدتی باز هم تعرق وجود خواهد داشت (VPG)

Helix

WATERENG.IR

Date: / /
Subject:

تبخیر و تعرق:

تبخیر و تعرق پتانسیل (ETP یا PET):

به مقدار آبی گفته می‌شود که از یک سطح بسیار وسیع گیاهی کوتاه که بر تمامی سطح زمین سایه انداخته باشد و با محدودیت آب نبوده و در برابر جریان آب از خود مقاومت نشان دهد به صورت تبخیر خارج می‌شود.

- در واقعیت شرایط ETP غیرممکن است و ما با تبخیر و تعرق واقعی (ET_a) مواجه هستیم.

رابطه بین تبخیر و تعرق پتانسیل و تعرق پنجره:

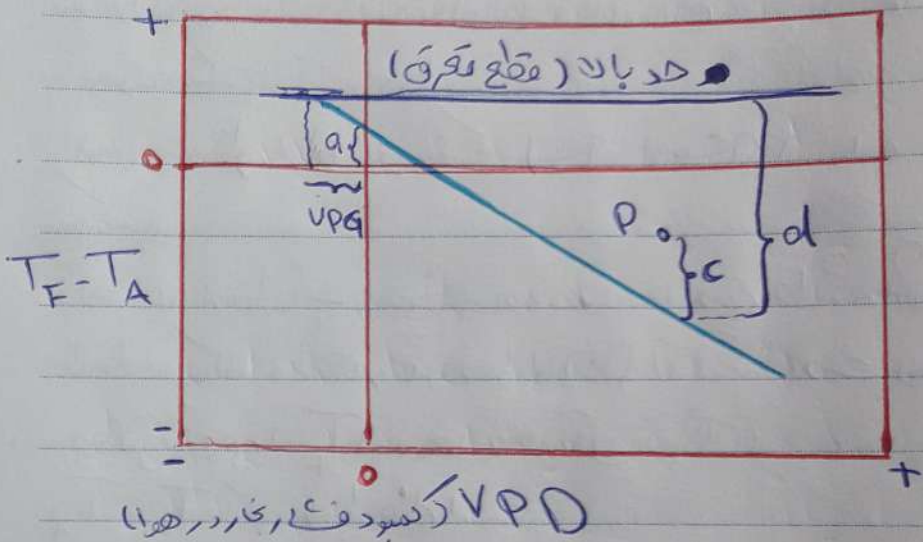
$$T = ETP\left[-0.21 + 0.1V(LAI)^{0.5}\right]$$

LAI: شاخص سطح برگ

Helix

Date: / /
Subject:

بدین ترتیب دو خط مستقیم بدست می‌آید که یکی در پایین (حداکثر تعرق) و دیگری در بالا (قطع تعرق) است.



حال می‌توان برای هر وضعیت گیاه (از نظر دما) و هر وضعیت هوا (از نظر کمبود فشار بخار) نمایه خشکی را به شکل زیر فرضا برای نقطه P بدست آورد:

$$CWSI = \frac{c}{d}$$

$0 < CWSI < 1$

← بدون تنش

← حداکثر تنش

Helix

WATERENG.IR

Date:
Subject:

- در مناطق تبخیر-تعرق پتانسیل به دلیل همرفت (advection) می‌تواند به مراتب بیشتر از وضعیتی باشد که در آن ادوکسیون در نظر گرفته نشده یا وجود ندارد.

ادوکسیون ← افزایش ۳۰+ درصدی تبخیر-تعرق

- فرآیندهای عمده ادوکسیون:

• اثر حاشیه‌های (clothes line)

← هنگامی که جریان هوا مقداری انرژی گرمائی را از حاشیه یک زمین کوچک به صورت افقی از اطراف وارد زمین کند.

• اثر واحه‌ای (oasis):

اثرات واحه‌ای در داخل اراضی بسیار بزرگ صورت می‌گیرد و آن انتقال انرژی است که به صورت عمودی از هوای بالای گیاه به آن منتقل شده و باعث افزایش تبخیر می‌گردد.

Helix

Date:
Subject:

تعریف تبخیر و تعرق (ET): مقدار آبی که باید به یک پوشش گیاهی (زراعی) داده شود تا در طول دوره رشد صرف تبخیر (انتقال آب از سطح خاک به هوا) و تعرق (خارج شدن آب از گیاه) نموده و بدون آن که با تنش آبی مواجه شود، رشد خود را تکمیل نموده و حداکثر مقدار محصول را تولید کند.

روش‌های تعیین تبخیر و تعرق:
1. مستقیم ← استفاده از بیلان جرمی در یک حجم کنترل شده ← مانند لایسی‌متر
2. غیر مستقیم (محاسبه‌ای).

روش‌های تعیین غیر مستقیم تبخیر و تعرق پتانسیل:

همه این روش‌ها که به آن‌ها روش‌های محاسباتی گفته می‌شود بر اساس فرمول زیر استوارند:

$$ET_c = k_c \, ET_o$$

ET_c: تبخیر و تعرق گیاه مورد نظر

k_c: ضریب گیاهی

ET_o: تبخیر و تعرق پتانسیل (تبخیر-تعرق گیاه مرجع)

Helix

WATERENG.IR

- ET_0 ممکن است تبخیر- تعرق پتانسیل و یا تبخیر- تعرق گیاه مرجع باشد.

ET پتانسیل: حداکثر مقدار آبی است که اگر بدون محدودیت وجود داشته باشد، می‌تواند توسط سطوح خاک و گیاه از خاک خارج شود.

ET گیاه مرجع: همان تبخیر- تعرق پتانسیل برای یک پوشش گیاهی مخصوص (مثل چمن یا یونجه) است.

- علت کاربری گیاه مرجع برای ET پتانسیل چیست؟

تبخیر- تعرق پتانسیل به دلیل متفاوت بودن گیاهان مختلف از نظر زبری، سطح پوشش و ضریب بازتاب انرژی و یا متغیر بودن مکانیسم‌های مختلف (از نظر انرژی دریافتی از خورشید و نه‌های نهان و محسوس) متفاوت است.
در صورتی که برای گیاه مرجع شرایط محیطی آن ثابت در نظر گرفته می‌شود.

Helix

روش‌های محاسبه ET_0:
1. آیرودینامیک
2. توازن انرژی
3. ترکیبی (ترکیب دو روش فوق)
4. تجربی

① روش آیرودینامیک:

در این روش جریان بخار آب از برگ به هوا، بستگی به سرعت باد و اختلاف فشار بخار بین لایه‌های چسبیده به برگ و هوای اطراف دارد. برای این منظور می‌توان از فرمول دالتون استفاده کرد.

$$ET_0 = (e_s - e)(f(u))$$

- e_s: فشار بخار در لایه‌های چسبیده به برگ
- e: فشار بخار در هوای بالای برگ
- $f(u)$: تابع باد

ساده‌ترین فرمول این روش هم به صورت زیر است:

Helix

WATERENG.IR

Date:
Subject:

چگالی بخار آب در ارتفاع Z_1 و Z_2 — سرعت متوسط باد در ارتفاع Z_1 و Z_2 — ضریب فون کارمن — ضریب اصلاحی

$$ET_0 = C\,\frac{K^2(\bar{U}_2-\bar{U}_1)(\rho v_1-\rho v_2)}{\ln\left(\frac{Z_1}{Z_2}\right)^2}$$

- معادلات آیرودینامیک بیشتر برای کارهای تحقیقاتی قابل استفاده است.

- روش‌های توازن انرژی:

در صورتی که از یک سطح مرطوب گیاه و خاک تا هوا شیب بخار اشباع وجود داشته باشد، آنگاه مقدار ET_0 توسط انرژی موجود کنترل می‌شود:

$$ET_0 = R_n + AD - G - H - C - P$$

R_n: تابش خالص ورودی — AD: گرمای Advection — G: مقدار گرمای ورودی به اعماق خاک — H: مقدار گرمای وارد شده به هوا — C: مقدار گرمای ذخیره شده در گیاه — P: انرژی فتوسنتز

C و P و G کم است ← محاسبه AD سخت است

$$ET_0 = R_n - H$$

$$R_n = ET_0 + H$$

مقدار انرژی که به یک سطح پوشیده از گیاه وارد می‌شود صرف دو قسمت تبخیر و تعرق و گرم کردن هوا می‌شود.

Helix

Date:
Subject:

برای حل معادله دو مجهولی فوق باید از نسبت بوون نیز استفاده شود:

$$\beta = \frac{H}{ET_0} = \gamma\,\frac{K_n}{K_w}\left(\frac{T_s - T_a}{e_s - e_a}\right)$$

γ: ثابت سایکومتری — K_n: ضریب پخشیدگی برای گرما — K_w: ضریب پخشیدگی تلاطمی بخار آب — e_s: دما و فشار بخار در سطح مرطوب گیاه — e_a: دما و فشار بخار هوا

این روش نیز بیشتر جنبه تحقیقاتی دارد.

روشهای ترکیبی:

روشهای ترکیبی متعددی ارائه شده است. به عنوان مثال پنمن (۱۹۴۸) روش ترکیبی ارائه نمود. در این روش اندازه‌گیری دما و فشار بخار آب در لایه چسبیده به برگ حذف شد. پس چون در این رابطه نقش خود گیاه در نظر گرفته نشد، فرمول تکمیلی فائو - پنمن - مانتیث ارائه شد:

$$ET_0 = \frac{0.408(\Delta(R_n - G) - \gamma[890/(T+273)]U_2(e_a - e_d)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2)}$$

Helix

WATERENG.IR

Date:
Subject:

به عبارتی کل سطح پوشش گیاهی به مثابه یک برگ بزرگ با روزنه‌های موجود در آن است (روش برگ بزرگ / big leaf)

ET_0: تبخیر و تعرق گیاه مرجع

R_n: تابش خالص در سطح پوشش گیاهی ($MJ\ m^{-2} d^{-1}$)

T: متوسط دمای هوا در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین

U_2: سرعت باد ← " " " " "

$e_a - e_d$: کمبود فشار بخار " " " " " (kPa)

Δ: شیب منحنی فشار بخار ($kPa\ C^{-1}$)

γ: ضریب رطوبتی ($kPa\ C^{-1}$)

G: شار گرمای به داخل خاک ($Mj\ m^{-2} d^{-1}$)

معادلات کلی:

این روش‌ها ساده ولی برای دوره‌های کوتاه‌تر از ماهانه توصیه نمی‌شوند

Helix

Date:
Subject:

روش بلانی - کریدل

$$ET_0 = a + b[P(0.46T + 8.13)]$$

P: ضریب مربوط به طول روز ($\frac{\text{متوسط ساعات روشنایی روز ماه مورد نظر}}{\text{کل ساعات روشنایی در سال}} \times 100$)

T: متوسط ماهانه درجه حرارت C

a و b: ضرایب تجربی اقلیمی که به حداقل رطوبت نسبی هوا (RH_{min})، نسبت ساعات واقعی آفتاب (n) به حداکثر ساعات آفتابی ممکن ($\frac{n}{N}$) و سرعت باد (U_d) بستگی دارد.

روش جنسن - هیز

مناسب برای دوره‌های ۵ روزه تا یک ماهه

$$ET_0 = C_T(T - T_x)R_x$$

$$C_T = \frac{1}{45 - (\frac{n}{13.7}) + (\frac{38.6}{e_{s,max} - e_{s,min}})}$$

$$T_x = -2.5 - 0.14(e_{s,max} - e_{s,min}) - \frac{n}{700}$$

Helix

WATERENG.IR

Date: / /
Subject:

T : میانگین روزانه دما (°C)

T_{max} : میانگین ماکزیمم دمای روزانه هوا در گرمترین ماه سال در دوره مورد نظر

T_{min} : " " می نیمم " " " " " " " "

$e_{s,max}$: فشار بخار اشباع به ازای ماکزیمم روزانه دمای هوا

$e_{s,min}$: " " " " می نیمم " " "

h : ارتفاع از سطح دریا

R_s : جمع تابش خورشیدی روزانه در دوره مورد نظر

if $\frac{cal}{cm^2} \xrightarrow[\text{تبدیل}]{\div 58.48}$ mm H_2O

روش جنسن - هیز اصلاح شده:

$$ET_0 = C_T (T - T_x) K_T \cdot R_a \cdot TD^{0.5}$$

$$K_T = 0.075 \left(\frac{S}{TD}\right)^{0.5}$$

S : درصد ساعات تابش آفتاب. ($\frac{n}{N}$) تعداد ساعات آفتابی واقعی / حداکثر ساعات آفتابی

TD : تفاوت متوسط دمای ماکزیمم و می نیمم روزانه

R_a : تابش برون مرزی (mm H_2O)

Helix

Date: / /
Subject:

روش هارگریوز - سامانی:

مشابه روش جنسون - هیز اصلاح شده است:

$$ET_0 = 0.0023\, R_a (T + 17.8) \sqrt{TD}$$

روش تشت تبخیر:

$$ET_0 = K_{pan} (E_p)$$

K_{pan} : ضریب تشت (0.35 ⟷ 0.85)

E_p : مقدار تبخیر از تشت در یک دوره زمانی

K_{pan} بستگی به وضعیت استقرار تشت و محیط اطراف آن (سرعت باد، رطوبت هوا و ارتفاع محل از سطح دریا دارد.)

Helix

WATERENG.IR

Date:
Subject:

ضریب گیاهی (K_c):

برای تعمیم تبخیر تعرق گیاه مرجع (ET_0) یا (ET_p) به سطوح پوشش گیاهی مورد نظر از K_c استفاده می‌شود. این ضریب بستگی به نوع گیاه، مرحله رشد و شرایط آب و هوایی محل دارد.

برای بررسی های مقدماتی و طرح های اولیه می‌توان یک ضریب کلی در نظر گرفت.

اما این ضریب در دوره های رشد گیاه متغیر است و باید بر هر دوره مجزا بدست آید. دوره های رشد گیاه به ۴ بخش تقسیم می‌شود:

الف) مرحله ابتدایی رشد ← از زمان کاشت تا پوشش ۱۰٪ زمین

ب) مرحله رشد و توسعه گیاه ← از ابتدای مرحله اول تا حداکثر رشد گیاه

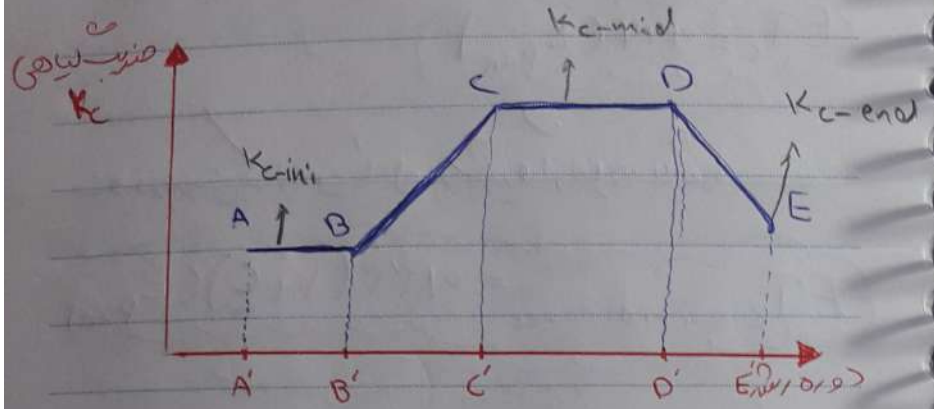
ج) مرحله میانی ← از انتهای مرحله توسعه تا زمانی که گیاه در حال کامل بودن می‌باشد.

د) از انتهای مرحله میانی تا برداشت محصول

Helix

Date:
Subject:

منحنی ضریب گیاهی برای این ۴ مرحله رسم می‌شود.



نیاز آبیاری (irrigation requirment):

$$IR = ET_c + LR + (DP + R_o) - P_e$$

نیاز آبشویی — نفوذ عمقی — رواب — باران موثر

که چون اندازه گیری DP و R_o سخت است به جای آنها از راندمان آبیاری استفاده می‌شود:

$$IR = \frac{ET_c + LR - P_e}{E_i}$$

Helix

WATERENG.IR

Date: / /
Subject:

مقدار ET_c براساس تشت تبخیر ($K_c \approx 0.66$)

$$ET_c = 0.66\,(E_{pan})$$

و در صورتی که زمین کامل پوشیده از گیاه نباشد:

$$ET_{c\ partial\ cover} = 0.33\,(1+C)\,(E_{pan})$$

درصد پوشش زمین.

تعیین زمان آبیاری براساس نمایه های مختلف:

1. استفاده از نمایه های گیاهی
   - a) ظاهر گیاه
   - b) بررسی دماگیه
   - c) پتانسیل آب برگ (ψ_{leaf})
   - d) مقاومت روزنه ها
2. استفاده از نمایه های خاک
   - تعیین رطوبت خاک و مقایسه با حداقل رطوبت
3. استفاده از روشهای بیلان آبی

Helix

Date: / /
Subject:

- استفاده از نمایه های خاک:

مانند روشهای جرمی و حجمی، قالب گچی، تانسیومتر، نوترون متر

← که مطمئن ترین روش از روی مکش خاک و استفاده از تانسیومتر است.

بازخوانی:

هر عدد بر روی تانسیومتر چه می گوید؟

0 ← اشباع

10 تا 30 ← ظرفیت زراعی

40 – 60 ← آبیاری باید صورت گیرد. (تا آب سهل الوصول)

70+ ← تنش آبی

• در نظر داشته باشید که هر کدام از این اعداد برابر 10 سانتی متر فشار منفی است.

- استفاده از روش بیلان:

$$\theta_i = \theta_{i-1} - 100\left(\frac{ET_c - P_e}{D_{rz}}\right)_i$$

θ_i: درصد حجمی رطوبت

θ_{i-1}: روز ماقبل

ET_c: مقدار نیاز آبی

P_e: باران موثر

D_{rz}: عمق توسعه ریشه

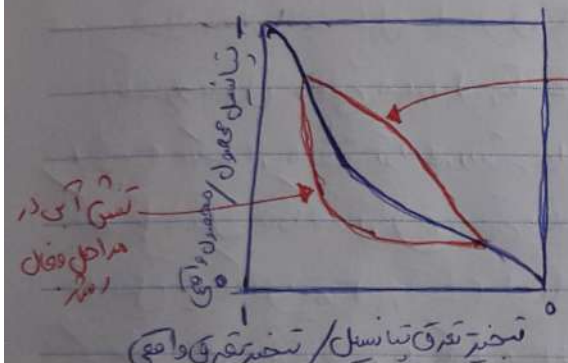
Helix

WATERENG.IR

Date :
Subject :

مراحل از رشد گیاه وجود دارد که اثر تبخیر-تعرق یا تعرق به میزان محصول به شدت تحت تأثیر تنش آبی قرار می‌گیرد.

مثلاً:



Helix

Date :
Subject :

درصد رطوبت حجمی قبل از آبیاری

درصد حجمی رطوبت در حد ظرفیت زراعی

$$IRRI = \frac{D_{rz}(f_c - \theta)}{E_i}$$

مقدار آبی که در هر آبیاری باید به زمین داده شود

راندمان آبیاری

- رابطه تبخیر و تعرق و محصول:

روابط زیادی برای این منظور وجود دارد. مثلاً رابطه دی-ویت:

$$\frac{Y}{T} = \frac{m}{E_{pan}}$$

Y: مقدار کل ماده خشک تولیدی در هکتار

T: مقدار آب تعرق یافته در هر هکتار از شروع رشد تا برداشت محصول

m: ضریب ثابت

E_{pan}: متوسط تبخیر روزانه از تشت

- رابطه بین محصول و تعرق خطی باشد. اما بین تبخیر-تعرق و محصول غیر خطی ممکن است باشد.

Helix

WATERENG.IR

تبخیر و تعرق واقعی گیاهان

- حداکثر عمق آب قابل تخلیه (MAD) (P): تبخیر و تعرق واقعی گیاه (ET_a) تا زمانی که تخلیه رطوبت خاک از منطقه توسعه ریشه‌ها از حد مشخصی تجاوز نکند با همان حداکثر توان یعنی معادل تبخیر و تعرق تانسیل یا ماکزیمم (ET_m) انجام می‌شود ($ET_a = ET_m$) که به این حد مشخص حداکثر مجاز آب قابل تخلیه (Max Allowable Depletion) گوییم.

- MAD به نوع گیاه و ET_m بستگی دارد.

ظرفیت نگهداری آب در خاک

رطوبت باقی‌مانده خاک پس از t روز از آبیاری

$$S_t \cdot D \geq (1-MAD) S_a \cdot D$$

تا وقتی این برقرار باشد $ET_a = ET_m$ و گیاه بطور تنش آب دریافت می‌کند.

محاسبه تبخیر و تعرق واقعی

- ابتدا تعداد روزهایی که گیاه بدون تنش آب دریافت می‌کند براساس MAD بدست می‌آوریم (P=MAD):

$$t' = \frac{P \cdot S_a \cdot D}{ET_m}$$

برای محاسبه تبخیر و تعرق واقعی در یک زمان خاص (t) به شکل زیر عمل می‌کنیم:

اگر $t < t'$ آنگاه $ET_a = ET_m$:

$$ET_a = ET_a = -\frac{d(S_t \cdot D)}{dt}$$

اگر $t > t'$ آنگاه $ET_a < ET_m$ و:

$$ET_a = \frac{S_t \cdot D}{(1-P) S_a \cdot D} \quad ET_m = -\frac{d(S_t \cdot D)}{dt}$$

انتگرال گیری

$$ET_a = \frac{S_a \cdot D}{t}\left[1-(1-P)e^{-\frac{ET_m \cdot t}{(1-P)S_a D}+P}\right]$$

Helix
WATERENG.IR
Helix

Date :
Subject :

← تبخیر و تعرق واقعی ماهانه :

$$ET_{a\text{-}mean} = \left[t' \cdot ET_m + (30 - t') ET_{a(30-t')} \right] / 30$$

واکنش گیاهان به تنش‌های خشکی و شوری

- تابع تولید محصول نسبت به آب :

$$\frac{Y_a}{Y_m} = 1 - K_y \left(1 - \frac{ET_a}{ET_m}\right)$$

Y_m : مقدار محصول در شرایط بدون تنش آبی

Y_a : مقدار محصول در شرایط تنش آبی (که همان ET_a)

ET_m : تبخیر و تعرق پتانسیل

ET_a : مقدار واقعی تبخیر - تعرق

K_y : شیب منحنی تغییرات $\frac{Y_a}{Y_m}$ نسبت به $\frac{ET_a}{ET_m}$

← برای هر گیاه به صورت تجربی بدست می‌آید.

Helix

Date :
Subject :

با توجه به اینکه در مراحل مختلف رشد حساسیت به تنش آبی متفاوت است، برخی معادلات مثل معادله جنسن براساس این موضوع طراحی شده‌اند :

$$\frac{Y_a}{Y_m} = \left(\frac{ET_1}{ET_{m1}}\right)^{\lambda_1} \cdot \left(\frac{ET_2}{ET_{m2}}\right)^{\lambda_2} \cdots$$

$$\Rightarrow \frac{Y_a}{Y_m} = \prod_{i=1}^{n} \left(\frac{ET_i}{ET_{mi}}\right)^{\lambda_i}$$

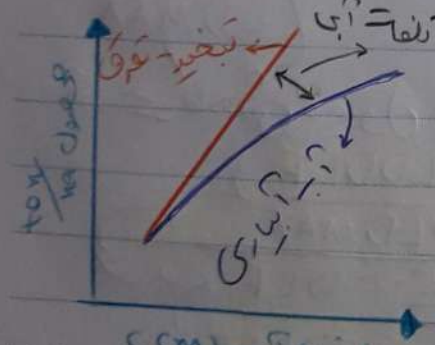
که در آن :

ET_1 ، ET_2 ، ... : تبخیر و تعرق واقعی در مراحل مختلف رشد

ET_{m1} ، ET_{m2} ، ... ، ET_{mi} : " " " بپتانسیل " " "

λ_1 ، λ_2 ، ... : ضریب حساسیت گیاه به کم آبی در مراحل مختلف

معمولاً رابطه محصول با تبخیر - تعرق خطی است اما با مقدار آب آبیاری غیرخطی و درجه دو است.



Helix

WATERENG.IR

Date :
Subject :

- نسبت کاهش محصول (Yield reduction ratio) (YRR)

- معادله کمبود تبخیر و تعرق:

$$ETDEF = ETMAX - ETACT$$

ETDEF ← تبخیر و تعرق حداکثر
ETACT ← تبخیر و تعرق واقعی

- معادله کمبود محصول:

$$YLDDEF = YLDMAX - YLDACT$$

YLDMAX ← محصول تولیدی حداکثر
YLDACT ← محصول واقعی

- مقدار کاهش محصول نسبت به محصول حداکثر:

$$YLDDEF = \frac{YLDMAX - YLDACT}{YLDMAX} \times 100$$

نسبت کاهش محصول:

$$YRR = \frac{\frac{YLDDEF}{YLDMAX}}{\frac{ETDEF}{ETMAX}}$$

Helix

Date :
Subject :

دانه سورگوم →

زراعت	YRR
سورگوم	۰/۹۸
لوبیا قرمز	۱/۵
لوبیا چیتی	۲/۳۴

لوبیا قرمز →
لوبیا چیتی →

کمبود محصول: ۰ تا ۱
کمبود تبخیر-تعرق: ۰ تا ۱

کاهش جزئی در تبخیر و تعرق، مقدار محصول در لوبیا چیتی به مراتب بیشتر از بقیه کاهش می‌یابد (شیب خط ۲/۳۴)

مقاومت به خشکی:

عبارت است از توانایی گیاه از نظر رشد و تولید در شرایط کم آبی.

مقاومت به خشکی از طرف گیاه به سه روش اعمال می‌شود:

① فرار از خشکی ② تحمل خشکی با ذخیره آب در بافت‌ها
③ تحمل خشکی بدون ذخیره آب در بافت‌ها

زود رس بودن ←

Helix

WATERENG.IR

Date:
Subject:

تکامل گیاهان و کارایی مصرف آب:

انواع گیاهان:

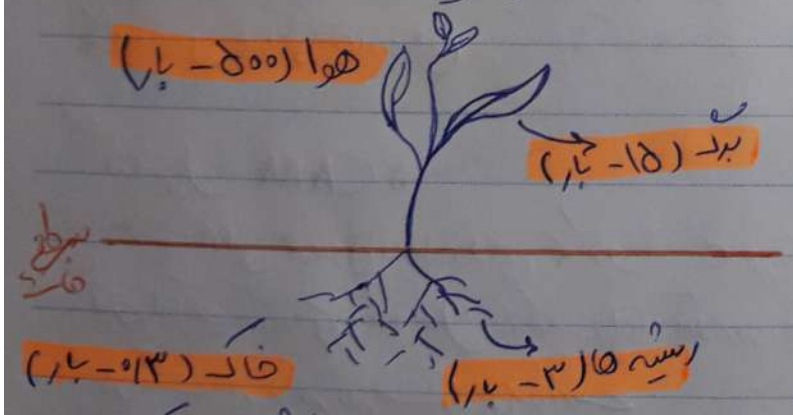
① هیدروفیت‌ها: رویش در مناطق کاملاً اشباع

② فراتوفیت‌ها: در شرایطی که سطح آب زیرزمینی بالا باشد می‌رویند.

③ زیرفیت‌ها: در مناطق خشک

④ مزوفیت‌ها: در مناطق معتدل (مانند گیاهان زراعی)

- حرکت آب براثر اختلاف پتانسیل آب از خاک تا هوا است:



تغییرات پتانسیل آب در مسیر گیاه از خاک تا اتمسفر

Helix

Date:
Subject:

② تحمل خشکی با حفظ ذخیره آب:

← با بستن روزنه‌ها، کاهش سطح تبخیرکننده، کاهش جذب تابش

- گیاهان گوشتی بیشترین کنترل را بر مسدودسازی روزنه خود دارند.

- افزایش کرک و موم در سطح شاخ و برگ ← کاهش جذب تابش ← افزایش ضریب بازتاب (albedo) تابش ← مرطوب شدن سریع هوا بین کرک‌ها

- ریزش برگ‌ها و کم کردن سطح آن‌ها

Helix

WATERENG.IR

Date :
Subject :

گیاهان ۳ کربنه (C۳):

- اولین محصول ثبیت گاز کربنیک در فتوسنتز یک ماده آلی سه کربنه به نام اسید تری گلیسریک (PGA) است.

- قسمت اعظم گیاهان مناطق معتدله و بخصوص گیاهان زراعی از این نوع هستند.

گیاهان ۴ کربنه (C۴):

- اولین محصول ثبیت گاز CO_2 ← یک اسید آلی دی کربوکسیلیک به نام اسید اکسالواستیک

- گیاهان مناطق حاره‌ای ← خیلی کم هستند، ذرت، سورگوم

گیاهان CAM:

گرچه اولین محصول آنها دارای ۴ کربن است و رفتار فیزیولوژیک متفاوتی با گیاهان ۴ کربنه دارند. مثلاً روزنه‌ها در شب باز و در روز بسته می‌شوند ←

- مثل گیاهان بیابانی مانند کاکتوس، آناناس

- اولین محصول ← اسید کراسولاسه آن

Helix

Date :
Subject :

- فرآیند تنفس و فتوسنتز عکس یکدیگرند:

فتوسنتز: $H_2O + CO_2$ ← نتیجه کربوهیدرات و اکسیژن و آب

تنفس: آب و اکسیژن و کربوهیدرات ← نتیجه آب و کربن دی اکسید

چون این دو فرآیند همزمان صورت می‌گیرند:

اگر میزان فتوسنتز > تنفس ← وزن خشک گیاه افزایش می‌یابد.

فشار تکامل:

فشار تکاملی

$$P_{ev} = 1 - \frac{R_{average}}{R_{potential}}$$

$R_{average}$ ← مقدار محصول در شرایطی که محدودیت‌های محیطی وجود دارد

$R_{potential}$ ← مقدار محصول تولیدی در شرایطی که هیچ گونه محدودیتی وجود ندارد.

- اگر $R_{average}$ بقدری زیاد شود که با $R_{potential}$ برابر شود، نهایه فشار تکامی صفر می‌شود ($P_{ev}=1-1=0$) و نشان دهنده آن است که از نظر تکامی، فشاری بر گیاه وارد نشده

Helix

WATERENG.IR

Date:
Subject:

تنش شوری:

- به طور کلی گیاهان در مرحله جوانه زدن و زمانی که هنوز بوته ها بسیار کوچکند به شوری مقاومت می کنند.

- دما، رطوبت و آلودگی هوا از جمله عواملی هستند که بر مقاومت گیاه نسبت به شوری تاثیر می گذارند.

تقسیم بندی گیاهان از نظر مقاومت به شوری:

1. حساس (Sensitive, S)
2. نسبتاً حساس (Moderately Sensitive)
3. نسبتاً مقاوم (MT)
4. مقاوم (Tolerant, T)

- معیار سنجش شوری ← هدایت الکتریکی عصاره اشباع (EC_e) است که می توان از رابطه زیر بدست آورد:

$$EC_e = 1.5\, EC_w$$

EC_w ← هدایت الکتریکی آب آبیاری

- آستانه شوری: غالباً تمام گیاهان تا حدی از شوری عصاره اشباع بدون کاهش عملکرد تحمل می کنند (a)

Helix

Date:
Subject:

و بقاء تداوم خواهد داشت. حال اگر P_{ev} به یک میل کند دال بر این است که $R_{average}$ صفر شده و در نسل بعد گیاه از بین خواهد رفت.

کارایی مصرف آب:

$$WUE = \frac{D}{W}$$

D ← جرم ماده خشک تولید شده

W ← جرم آب مصرف شده توسط گیاه

کارایی مصرف آب در: $WUE_{CAM} > WUE_{C4} > WUE_{C3}$

WUE_{CAM}: $\frac{20\,g}{1\,kg}$ ، WUE_{C4}: $\frac{5\text{ تا }3\,g}{1\,kg}$ ، WUE_{C3}: $\frac{2\text{ تا }3\text{ گرم}}{1\,kg}$

Helix

WATERENG.IR

Date :
Subject :

مقدار محصول نسبی در مقایسه با خاک غیر شورهٔ

$$Y_r = 100 - b(EC_e - a)$$

a: حد آستانه
b: شیب خط

در واقع مقدار کاهش نسبی محصول به ازای افزایش هر واحد شوری بعد از حد آستانه.

- در حالتی که خاک اشباع می‌باشد، شوری محلول خاک در وضعیتی که گیاه آن را جذب می‌کند برابر خواهد شد با:

$$EC = 3\,EC_w$$

شوری آب آبیاری

Helix

ارزیابی کیفیت آب

کیفیت آب:
1. فیزیکی: دما، مواد معلق، هدایت الکتریکی
2. شیمیایی: pH و ترکیبات شیمیایی شوری، سدیمی بودن، ترکیبات آلی و غلظت عناصر ویژه
3. بیولوژیکی

غلظت کل نمک:

- تمام یون‌ها به یک صورت باعث افزایش فشار اسمزی می‌شوند به این معنی که فشار اسمزی بیشتر به مجموع غلظت نمک‌ها بستگی دارد تا به یک نوع خاص از یک یون.

TDS (مقدار باقی مانده خشک) (Total Dissolved Solids)

آب یک نمونه آب از صافی کاغذی گذرانده و حرارت دهیم آنچه که در ته ظرف باقی می‌ماند نمک‌هایی هستند که در آب حل بوده‌اند و آن را TDS می‌نامیم.

Helix

WATERENG.IR

Date:
Subject:

- درصورتی که آب حاوی یون کربنات باشد، مقدار TDS با مقدار واقعی آن متفاوت خواهد بود، چرا که یون کربنات ها در اثر حرارت (تبخیر) از آب خارج از بین می روند.

هدایت الکتریکی (EC) (Electrical Conductivity)

- هرچه غلظت نمک زیادتر باشد، هدایت جریان الکتریکی زیادتر خواهد بود.

- عکس مقاومت (ohm) ← (mho)

- اندازه گیری بوسیله مقاومت سنج ویل وبریج استوک

- با تغییرات تبدیل شده است به هدایت سنج.

- واحد EC ← موبرساتی متر ($\frac{mho}{s}$) یا دسی سیمنز بر سانتی متر ($\frac{ds}{cm}$)

$$1 \frac{mho}{cm} = 100 \frac{S}{cm}$$

or

$$1 \frac{mmho}{cm} = 1 \frac{dS}{cm}$$

Helix

$TDS(\frac{meq}{lit}) = TDS \frac{(\frac{mg}{lit})}{equivalent\ wt}$

رابطه بین TDS و EC

$TDS(\frac{mg}{lit}) = 640\ EC$

$TDS(\frac{meq}{lit}) = 10\ EC$

(کی والانت: $\frac{\text{وزن اتمی (مولکول)}}{\text{بار یونی (والانس)}}$)

رابطه بین هدایت الکتریکی و فشار اسمزی

$OP = 0.36 \times EC$ ($\frac{mmhos}{cm}$)

- درصد سدیم قابل تبادل: (ESP)
(Exchangeable Sodium Percentage)

- بررسی درصد سدیم قابل تبادل یک خاک در اثر جذب سدیم از آب آبیاری چقدر افزایش خواهد یافت.

- بستگی به نسبت سدیم موجود در محلول به کاتیون های دوظرفیتی موجود در محلول دارد.

Helix

WATERENG.IR

Date:
Subject:

← هرچه این نسبت بیشتر ← خطر سدیمی شدن بیشتر.
← هرچه مقدار بی‌کربنات در آب زیادتر ← خطر سدیمی شدن زیادتر

- نسبت سدیم قابل تبادل:

$$ESR = \frac{Na}{Ca+Mg} = \frac{Na}{CEC-Na}$$

← ظرفیت تبادل کاتیونی

- نسبت جذبی سدیم (SAR):

Sodium adsorption Ratio

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{(Ca+Mg)/2}}$$

غلظت سدیم

غلظت کاتیون‌های Ca و Mg (دوظرفیتی)

- رابطه بین SAR و ESR:

$$ESR = a + k(SAR)$$

ضرایب ثابت برای هر آب

Helix

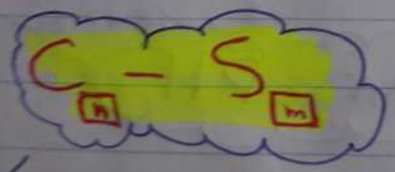
Date:
Subject:

← خاک‌هایی که مقدار SAR و ESP بالا دارند.

- در ارزیابی کیفی آب ← ابتدا از روی SAR آب ← ESP که در محلول خاک در اثر تعادل با این آب بوجود خواهد آمد تخمین زده می‌شود و سپس از روی ESP درجه مقاومت نباتات و یا تخریب شدن ساختمان خاک تخمین زده می‌شود.

نمودار ویلکاکس (Wilcox):

یک نمودار برای طبقه‌بندی آب آبیاری بر حسب شوری و نسبت جذبی سدیم است. در این نمودار آب‌ها از نظر شوری (EC) در ۴ گروه و از نظر زیان حاصله از سدیم با کمک SAR در چهار گروه طبقه‌بندی شده‌اند.



که C_1، C_2، C_3 و C_4 ← چهار گروه

Helix

WATERENG.IR

مربوط به شوری (EC) هستند و هرچه [illegible] اندیس آنها بزرگتر باشد یعنی آب به لحاظ شوری بالا است. (EC بالاتر می‌شود)

$1 < n < 4$

1 → کم ، 4 → خیلی زیاد

خیلی زیاد ⇐ (1 ، 2 ، 3 ، 4)

1 → کم ، 2 → متوسط ، 3 → زیاد ، 4 → خیلی زیاد

برای S که مربوط به سدیم می‌باشد هم به همین صورت.

$1 < m < 4$

1 → کم ، 4 → خیلی زیاد

نمایه اشباع لانژیلر (SI)

برای تخمین میزان رسوب کربنات‌ها در آب آبیاری استفاده می‌شود.

$$SI = 8.4 - pH_c$$

لگاریتم منفی غلظت‌ها

pHc اسیدیته اصلاح شده:

$$pH_c = (pK_2 - pK_{sp}) + p(Ca + Mg) + p(CO_3 + HCO_3)$$

← اگر $SI > 0$ ← $CaCO_3$ در آب رسوب خواهد کرد.

← به عبارتی هرچه pH_c افزایش یابد، مقدار رسوب کربنات کاهش می‌یابد.

← اگر $pH_c < 8.4$ آنگاه مقداری از کربنات‌ها رسوب می‌کنند که در این صورت SAR نهایی خاک (ESP) مساوی SAR آب آبیاری نشده و باید اصلاح شود.

$$ESP = \frac{1}{\sqrt{LF}} \left\{ SAR_{iw} \left[1 + (8.4 - pH_c) \right] \right\}$$

LF: جزء آبشویی است و علت تأثیر آن است که رسوب کربنات‌ها علاوه بر pH_c به جزء آبشویی نیز بستگی دارند.

هرچه LF افزایش یابد ← رسوب کربنات کاهش می‌یابد.

WATERENG.IR

Date :
Subject :

جزء آبشویی (LF):

عبارت است از حاصل بخش مقدار آب زهکشی شده از منطقه ریشه ها (D_d) به مقدار آب آبیاری (D_i):

$$LF = \frac{D_d}{D_i} = \frac{EC_i}{EC_d}$$

برای تخمین "آبشویی مورد نیاز" (LR) باید مقدار آب اضافی که لازم است به خاک داده شود تا خاطر نمک را در حدی پایین تر از میزان تحمل گیاه نگه دارد، می شود.

$$LR = \frac{EC_i}{EC_d} = \frac{D_d}{D_i}$$

همانطور که مشاهده می شود LR مشابه LF است با این تفاوت که EC_d نشان دهنده حداکثر شوری مجاز و D_d حداقل آبی است که باید زهکشی شود.

Helix

Date :
Subject :

LF ← جزئی از آب آبیاری که عملاً از لایه زیرین ریشه ها خارج می شود

LR ← تخمینی از شستشوی مورد نیاز

$$D_d + D_{et} = D_i$$

آب مورد نیاز برای تبخیر و تعرق و لذا:

$$D_i = \frac{D_{et}}{1 - LR}$$

- در رابطه با شستشوی نمک نوع خاک نیز دارای اهمیت است.

اصلاح خاک های سدیمی:

اصلاح خاک های سدیمی هستند که آن است که سدیم قابل تبادل به وسیله کلسیم جایگزین شود

$$Ca\left(\frac{mol}{kg\ soil}\right) = \frac{(CEC) \times \Delta ESP}{100}$$

Helix

WATERENG.IR

Date :
Subject :

روش های استفاده از آبهای شور:

- در حفظ استفاده از آبهای شور روش های خاصی بکار گرفته شود تا کاهش و کنترل شوری و همچنین بهبود وضع فیزیکی خاک و به خصوص افزایش نفوذ آب در خاک تأمین گردد.

① کوتاه کردن فواصل آبیاری
② انتخاب پنبه مناسب
③ کشت روی خاک
④ آبیاری قبل از کشت
⑤ انتخاب محل بذرکاری
⑥ تغییر روش آبیاری
⑦ تغییر نوع آب
⑧ شخم عمیق
⑨ زهکشی
⑩ بهبود وضع نفوذ آب

Helix

Date :
Subject :

بهره وری سیستم آب و گیاه

- اگر مقادیر ورودی و خروجی از یک جنس باشند یعنی فقط انتقال (transport) صورت گرفته باشد آنگاه باید واژه راندمان به کار برده شود.

مانند انتقال آب در یک کانال که مقادیر دبی در ابتدا و انتها برابر نیست ولذا:

$$\text{راندمان} = \frac{\text{خروجی}}{\text{ورودی}}$$

- اگر پارامترهای ورودی و خروجی از یک جنس نباشند در این مورد انتقال صورت نگرفته بلکه تبدیل (transforming) صورت گرفته.

- در یک سیستم مانند مزرعه هم استفاده آب برای محصول (تبدیل) مقداری است هم انتقال آب

Helix

WATERENG.IR

Date :
Subject :

- در مزرعه به طور کلی سه سیستم مختلف حاکم است:

① سیستم هیدرولیکی ← انتقال و جابجایی آب

② سیستم خاک و گیاه ← در آن گیاه از آب استفاده می‌کند

③ سیستم فیزیولوژیک گیاه ← که در آن تعرق، تنفس و تولید گیاه مطرح است.

- در سیستم هیدرولیکی ۳ سنخ راندمان داریم:

$$iee = \text{راندمان انتقال آب} = \frac{\text{آب دریافت شده در مزرعه}}{\text{آب دریافت شده از منبع اصلی}}$$

$$ief = \text{راندمان توزیع آب در مزرعه} = \frac{\text{آب وارد شده به قطعه آبیاری}}{\text{آب دریافت شده در مزرعه}}$$

$$iea = \text{راندمان کاربرد در آبیاری} = \frac{\text{آب ذخیره شده در منطقه ریشه‌ها}}{\text{آب وارد شده به قطعه آبیاری}}$$

$$\text{راندمان کل سیستم} = (iee)(ief)(iea)$$

Helix

- برای دومین سیستم یعنی آب و گیاه:

در این سیستم بخشی از آب ذخیره شده در منطقه توسعه ریشه‌ها صرف تبخیر و بخش دیگر آن که مفید است صرف تعرق می‌شود.

لذا برای آن کارایی مصرف آب توسط گیاه (Crop water use efficiency) یا CWE تعریف می‌شود:

$$CWE = \left(\frac{\text{تعرق}}{\text{تبخیر - تعرق}}\right)\left(\frac{\text{تبخیر - تعرق}}{\text{آب ذخیره شده در منطقه ریشه}}\right)$$

- سیستم فیزیولوژیک گیاه:

در این سیستم بهره وری آب توسط گیاه (Crop water productivity) مطرح است که به سه عامل بهره وری فتوسنتزی، راندمان تنفس و پتانسیل برداشت بستگی دارد.

$$CWP = \frac{\text{محصول}}{\text{تعرق}} \rightarrow \frac{kg}{m^2}$$

Helix

WATERENG.IR

Date :
Subject :

- اگر کارایی مصرف آب حفظ باشد باید سیستم اول و دوم در نظر گرفته شود.

$$WUE = \frac{\text{تعرق}}{\text{مقدار آب دریافتی از منبع اولیه}} = (cwe)(ie)$$

- چنانچه بهره وری آب (Water productivity) در نظر باشد باید هر سه سیستم در نظر گرفته شود:

$$WP = \frac{\text{مقدار محصول}}{\text{مقدار آب دریافتی از منبع اولیه}} = (WUE)(CWP)$$

Date :
Subject :

مدلسازی

مدلسازی جذب آب توسط گیاه

① تنش های انفرادی
- تنش آبی
- تنش شوری

② تنش های توأمان دوگانه
- شوری و مواد غذایی
- آبی و شوری
- آبی و مواد غذایی

③ تنش های توأمان سه گانه
- آبی، شوری، مواد غذایی

انواع مدل های جذب آب

① میکروسکوپیک (فرد)
مبنا مدل گاردنر / حرکت آب به سمت تک ریشه با هدف بررسی فرایندها

② مدل های ماکروسکوپیک (کلان)
توابع تجربی / جذب آب توسط گیاه
بر مبنای پاسخ گیاه به پتانسیل خاک

WATERENG.IR