

الماء وجهد الماء في منظومة التربة –

Water and Water Potential in Soil – Plant – Atmosphere Continuum

1.

ان التربة والجو هما من الخزانات الرئيسية للماء في نظام التربة – الجو . ويعمل النبات ايضا كخزان للماء ، الا انه ينظر اليه بصورة اكثر على ان الجزء الحي من هذا النظام . ويعتمد نجاح نمو النباتات على وجود نظام وعائي فيها قادر على نقل الماء بالكميات الى الاجزاء الخضرية لتعويض الكميات المفقودة بواسطة النتج.

هناك نوعين من الممرات الرئيسية التي يتحرك خلالها الماء الى الاعلى خلال هذا النظام ، حيث يتحرك الماء اما خلال التربة الى الجو مباشرة او من التربة خلال الاوعية الخشبية للجذور والسيقان ثم مغادرة الاوراق الى الجو خلال الثغور. وقد وجد بان القوة الدافعة لحرارة خلال هذين الممرين هي انحدار الجهد. واغرض فهم الممر بصورة اوضح وابسط فقد تم تجزئته الى نوعين من الممرات ، الاول الممر المحوري (العمودي) والثاني الشعاعي. حيث يضم الاول الاوعية الخشبية في الجذور والسيقان بينما يضم الثاني الممر الشعاعي الذي يسيطر على امتصاص الماء من التربة بواسطة النظم.

Soil – Plant – Atmosphere Continuum

2.

عند مناقشة اهمية الماء للتربة والنبات والجو لابد من التركيز على ان الاوساط الثلاثة ترتبط ببعضها بدرجة كبيرة وبمنظومة من الطاقة هذه المنظومة بصورة مشابهة لثلاثة اشخاص ممسكين بحبل من ثلاثة مواقع مختلفة ، ان اي شد ينجزه احد الاشخاص الثلاثة سوف يشعر به الشخص الاخر او الشخصين الاخرين معا. ان منظومة التربة – الجو تعمل بنفس المنظومة اعلاه. وقد تم تشخيص العلاقات الديناميكية المتداخلة التي تعتمد الواحدة على الاخرى ولهذا النظام وبصوره واضحه بين عامي 1960 1965 SPAC لهذه المنظومة 1966.

1971 امكانية تطبيق جهد الماء على العناصر الثلاثة لهذه المنظومة.

3.

– النبات – الجو تعتبر من الدراسات الصعبة جدا . يتبخر الماء من اوراق النبات كاستجابة للحرارة المكتسبة بواسطة الاشعاع . ان ازالة جزء من ماء الاوراق يقلل من جهد الماء في الاوراق وعليه يتحرك الماء باتجاه انخفاض الجهد خلال الماء المنتصف بالاستمرارية والذي يمتد من التربة خلال النبات الى الاوراق ويمكن وصف هذا الممر بما يلي :

1. يتحرك الماء خلال التربة التي تشكل وسطا مساميا غير مشبعا الى سطح الجذور.
2. يتحرك بعد ذلك بصورة شعاعية خلال خلايا وجدران الانسجة الخارجية للجذر الى الاوعية الخشبية قرب مركز الجذر. ويشمل ه الممر غشاء واحد شبه نافذ على الاقل.
3. يتحرك الماء بعد ذلك بصورة طولية (او محورية) خلال الاوعية الخشبية المملوءة بالماء التي تستمر الى الاعلى خلال الجذور والسيقان حتى تصل الاوراق.
4. يتحرك الماء خلال الخلايا وجدرانها في الاوراق حتى يتبخر من المواقع التي تقع تد .
5. يتحرك بخار الماء بواسطة الانتشار الجزيئي خلال الثغور الى الجو.

وبصورة عامة يمكن وصف حركة الماء خلال هذه المنظومة بسلسلة من العمليات المتبادلة التي تعتمد الواحدة على الاخرى وذلك عن طريق تشابه هذه الحركة مع حركة الكهرباء التي وصفت بقانون اوم الذي يشير الى ان :

التيار (جريان الكهربائية) = فرق الجهد /

اي ان جريان الكهربائية عبر السلك (ممر معين) يتناسب طرديا مع فرق الجهد عبر نهايتي السلك (الممر). وان ثابت التناسب وهو الايصالي معكوس المقاومة التي يلاقيها التيار عبر هذا الممر . وعليه فان جريان الماء عبر ممر معين بالتشابه مع قانون اوم يتناسب طرديا مع فرق الجهد عبر هذا الممر ومع معكوس مقاومة هذا الممر. ويعتبر هذا التشابه مناسبا لوصف حركة الماء خلال منظومة التربة – الجو حيث ان العوامل التي تؤثر على حركته بالامكان دراستها ومعرفة تأثيراتها على القوة المحركة او على المقاومة.

ويمكن كتابة الشكل المشابه لقانون اوم الذي يصف حركة الماء خلال ممرات التربة – الاوعية الخشبية – – الهواء كما يلي علما بان هذه الحركة تكون تحت ظروف الحالة الثابتة او المستقرة:

جهد الماء في التربة – جهد الماء على سطح الجذر

(R_s)

الجريان =

جهد الماء على سطح الجذر – جهد الماء في الاوعية الخشبية

=

(R_r)

جهد الماء في الاوعية الخشبية – جهد الماء في الورقة

مقاومة الاوعية الخشبية (R_a) + (R_i)

=

جهد الماء في الورقة – جهد الماء في الهواء المحيط بالورقة

(R_i) + مقاومة الهواء المحيط بالورقة (R_a)

=

وتعتبر هذه المعادلة مبسطة جدا تفترض ما يلي :

1. ان حركة او جريان الماء يكون تحت ظروف الحالة الثابتة او المستقرة علما بانه من النادر حصول هذه الحالة في النبات.
 2. ان المقاومة تكون ثابتة في الممرات المائية كالجذور علما بان بعضا منها يتغير بتغير معدل الجريان في وحدة الزمن.
 3. ان الماء يتحرك كالموائد خلال هذه المنظومة ، الا انه يلاحظ بان الماء يتحول الى بخار على سطوح الاوراق وبذلك يكون الجريان من الفرق في جهد الماء.
- ان هذه النظرة لحركة الماء تجهزنا بنموذج مفيد لحركة الماء بحيث يصبح بالامكان التعرف على العوامل البيئية وعوامل النبات المختلفة على هذه الحركة ودراستها وتتبعها تحت اي مرحلة
- (1 2) بعض المخططات المقترحة لدراسة حركة الماء اعتمادا على هذه النظرة . حيث يلاحظ بان الاول يهتم بحركة الماء خلال الخضري من المنظومة اكثر من اهتمامه بالتربة والجذور. اما الثاني فيعطي اهتماما اكثر بمقاومات التربة والجذر.

4. Flow Pathways in the Soil – Plant – –

Atmosphere Continuum

1. Water Movement from Soil to Root Surface

Gardner (1960) نموذج رياضي لحساب حركة الماء من التربة الى سطح الجذر الواحد مقترضا بان هذه الحركة تحصل باتجاه انخفاض جهد الماء بين التربة وسطح الجذر. اي ان الماء يتحرك من التربة الى سطح الجذر حيث ان جهد الماء على سطح الجذر يكون اقل من جهد الماء على سطح التربة. دسمي هذا النموذج الرياضي بموديل الجذر الواحد Single Root Model ولجل تهيئة هذا الموديل وضع عدد من الفرضيات يستطيع بواسطتها وضع الحل المناسب له وهذه الفرضيات هي :

:

1. ذو شكل اسطواني غير محدود الطول

2.

3.

4. يمثل الاسطوانة الداخلية.

ثانيا : التربة

1. ذات شكل اسطواني كبير

2. نصف قطرها يساوي نصف المسافة بين جذرين متقاربين

3. تمثل الاسطوانة الخارجية

:

1. يتحرك بصورة شعاعية

2. اهمال تأثير الجاذبية

ايجاد حل لحركة الماء من التربة الى الجذر حسب هذا الموديل نبدأ بكتابة معادلة حركة الماء في تربة غير مشبعة وبصورة شعاعية باتجاه الجذر كما يلي:

$$q = 2\pi K \frac{\partial \psi}{\partial r} \quad (1)$$

حيث تمثل r المسافة الشعاعية بين جذرين متقاربين (سم) و K الايصالصة للتربة (سم² / كيلو باسكال/ يوم) و جهد الماء في التربة (كليو .)

:

$$\psi(r_1) = \psi_{rs} \quad (2)$$

$$\psi(r_2) = \psi_s \quad (3)$$

حيث ان r_1 () r_2 () . ()

$\frac{\partial \theta}{\partial t}$ = صفر يؤدي الى :

$$q = \frac{2\pi}{\ln r_2/r_1} \int_{\psi_{rs}}^{\psi_s} K d\psi \quad (4)$$

: K

$$q = \frac{2\pi}{\ln r_2/r_1} (\psi_s - \psi_{rs}) \quad (5)$$

وتمثل هنا q ($\text{يوم} / \text{م}^2$) وتحسب r_2 التي تمثل نصف المسافة بين جذرين متقاربين كما يلي:

$$r_2 = 1 / \sqrt{\pi L_v} \dots \dots \dots (6)$$

حيث تمثل L_v ($\text{م}^3 / \text{كجم}$) جهد الماء في التربة (كيلوباسكال) و r_s جهد الماء على

وعليه من الممكن اذن وصف حركة الماء من التربة المحيطة بالجذر وحسب الفرضيات اعلاه بهذه المعادلة . ويمكن ان نستنتج بان حركة الماء تعتمد بصورة كبيرة على الايصالية المائية K التربة وتتناسب معها تناسباً طردياً. وعند القيام بحساب المقاومة التي يلاقيها الماء اثناء حركته التربة المحيطة بالجذر الى سطح الجذر. يمكن ان نستنتج بان هذه المقاومة تحسب تحت ظروف الحالة الثابتة كما يلي :

$$R_s = \left(\ln r_2 / r_1 \right) / 2\pi K_s \dots \dots \dots (7)$$

وبلاحظ بان قيمة مقاومة التربة (R_s) تعتمد بصورة كبيرة على قيمة ايصالية التربة للماء (K_s) (R_s) عادة كمتغير تابع لقيمة K_s .

2. حركة الماء من سطح الجذر الى الاوعية Xylem

بعد ان تم معرفة الممرات التي يسلكها الماء نعود الان لحساب حركة الماء خلال هذه الممرات. وبما انه ليس من الممكن لحد الان قياس جهد الماء على سطح الجذر او على سطح تلامس التربة مع الجذر . فقد وجد انه من الصعب اختيار موديل الجذر الواحد في هذه الحالة وعليه فقد اقترح عام 1975 موديل اخر يسمى بموديل التلامس مع سطح الجذر Root Contact Model وتشير فكرة هذا الموديل الى انه عند امتصاص الماء بواسطة الجذر من التربة فانها سوف تجف مع الزمن تاركة منطقة في الجذر غير مبللة او مرطبة وتفقد هذه المنطقة تلامسها مع ماء التربة كما :

لاجل وضع حل مناسب لحركة الماء فقد افترض بان توصيل او نفاذية الجذر تتناسب مع الجذب الملامس للماء مع الجذر فقط والذي يحصل خلاله الجريان وبناء على ذلك افترض معامل لتصحيح مقدار الجريان على هذا الاساس وذلك وذلك بضرب معدل الجريان بالمعامل (θ / θ_{sat}) بين الرطوبة الحجمية للتربة والرطوبة الحجمية لها عند الاشباع . وافترض بان هذا المعامل هو الجزء الفعال لحركة الماء خلال الجذر ، وعليه تكون معادلة حركة الماء خلال الجذر كما يلي :

$$q = \left(\frac{\theta}{\theta_{sat}} \right) \left(\frac{2\pi K_{rs} (\psi_s - \psi_{root\ xylem})}{\ln (r_2 / r_1)} \right) \dots \dots \dots (8)$$

ويمثل K_{rs} الايصالية المائية لسطح الجذر –

ويمكن كتابة معادلة المقاومة التي يلاقيها الماء اثناء حركته خلال هذا الممر تحت ظروف الحالة الثابتة وكما يلي:

$$R_{rs} = \left(\frac{\theta_{sat}}{\theta} \right) \left(\frac{\ln(r_2/r_1)}{2\pi K_{rs}} \right) \dots \dots \dots (9)$$

حيث تمثل R_{rs} —

3. حركة الماء خلال الاوعية الخشبية Water Movement through Xylem

يتحرك الماء خلال الاوعية الخشبية من جذر الى جذر ومن ثم من الجذر الرئيسي الى الساق والى الاوعية الخشبية في الاوراق. وقد افترض الماء يجري في الاوعية الخشبية بطريقة مشابهة لحركة الماء في الانابيب الشعرية المقترحة من قبل بويسل Poiseuille's law الذي ينص على :

$$q = \frac{\pi r^4 \Delta P}{8\eta \Delta L} \dots \dots \dots (10)$$

حيث تمثل q معدل جريان الماء في وحدة الزمن (سم³/ثانية) و r () P فرق الضغط عبر الانبوب (داين/ 2) اللزوجة (بويس) و L طول الانبوب (سم). الا ان حركة الماء خلال الاوعية الخشبية لا تحدث في ظروف مماثلة لفرضيات هذا القانون حيث:

1. ان جدران الاوعية الخشبية ليست ملساء كما يفترض وانما تحتوي على حفر صغيرة موجودة على مسافات مختلفة عبر الاوعية الخشبية.
 2. ان قطر الوعاء الخشبي غير متجانس لمسافة كبيرة ولو انه غالبا ما يكون ثابتا ومتجانسا لمسافة قصيرة تصل الى 3 .
 3. تحت الجهد العالي فان قطر الوعاء الخشبي يكون مستقلا عن الجهد الا انه قد يتغير مع انخفاض الجهد.
 4. ان شكل الوعاء الخشبي غير دائري وغالبا ما يكون بيضوي.
- وعليه وتحت ظروف الحالة الثابتة يمكن حساب المقاومة التي يبديها الخشب لحركة الماء خلاله من المعادلة التالية:

$$R_x = \frac{8\eta L}{\pi r^4} \dots \dots \dots (11)$$

وعية الخشبية غير صلبة وغير ملساء وغير متجانسة المقطع فقد وجد بان هذه المقاومة المقاسة فعلا تعادل تقريبا ضعف المقاومة المحسوبة بمعادلة بويسل وبذلك يمكن كتابة المعادلة كما يلي :

$$R_x = \frac{16\eta L}{\pi r^4} \dots \dots \dots (12)$$

4. حركة الماء الى النظام الجذري المتكامل وخلاله Movement Of Water to and Through a Whole Root System

يتحرك الماء خلال فترات الري (فترات ترطيب وجفاف التربة) الى كل اجزاء نظام نظام التربة – النبات. ويعتمد الماء المتحرك في مثل هذا النظام على ما يلي:

1. عوامل التربة وتشمل المحتوى الرطوبي وجهد الماء والايصلالية المائية للتربة.
2. ل الجذور وتشمل عمق وكثافة واقطار ونفاذية الجذور اضافة الى اقطار واعداد الاوعية الخشبية الناقلة في الجذور.
3. عوامل الجزء الخضري وتشمل مساحة الاوراق وجهد الماء فيها.
4. الظروف المناخية وتشمل درجة الحرارة الجو والرطوبة النسبية والاشعاع الساقط.

لقد اقترح مثل هذا الموديل عام 1977 ولا زالت الدراسات والاختبارات جارية عليه الى يومنا هذا. حيث يمكن بواسطته اخذ معدل امتصاص الماء (qr) كما يلي:

$$q_r = \frac{\psi_{soil} - \psi_{plant}}{R_{soil} + R_{root}} \quad (13)$$

اي ان النسبة بين الفرق في جهد الماء في التربة وجهد الماء في النبات الى مجموع المقاومات المائية لهذه .
بوساطة الجذور من جميع طبقات التربة (i) يساوي معدل النتح (T) هو مجموع معدلات الجريان التي تساهم بها كل طبقة من طبقات المنطقة الجذرية. اي ان :

$$q_r = T \sum_{i=1}^n \frac{(\psi_{soil})_i - \psi_{plant}}{(R_{soil})_i + (R_{root})_i} \quad (14)$$

حيث تمثل n عدد طبقات التربة في المنكفة الجذرية. ويمكن ملاحظة المخطط المقترح لهذا الموديل التفصيلي كما في الشكل .

5. العلاقة بين جهد الماء في الاوراق وجهد الماء في التربة Relationship Between Leaf and Soil Water Potentials

ان دراسة العلاقة بين جهد الماء في اوراق النبات وجهد الماء في تربة المنطقة الجذرية والحصول على ارتباط جيد بينهما يعطي صورة واضحة عن حالة الاتزان بين التربة ومائها وخاصة ان جهد الماء في الاوراق يعد مؤشرا لكل من حالة الماء في التربة والظروف الجوية المحيطة. ان جهد الماء في الورقة يتغير خلال اليوم الواحد. اما جهد الماء في التربة فانه يتأثر بعمليتي التبخر والنتح وهو ايضا دالة للتوصيل المائي لها. لذا فان التغيرات اليومية في جهد ماء الورقة والتوصيل المائي للتربة وتوزيع الجذور ستؤثر في شكل العلاقة بين جهد الماء في الورقة وجهد الـ

واشارت معظم النتائج لهذه الدراسات الى ان هناك علاقة خطية نوعا ما بينهما وهي ان انخفاض جهد الماء في تربة المنطقة الجذرية يؤدي الى انخفاض جهد الماء في اوراق النبات. وبينت هذه الدراسات بان عدم الحصول على علاقة خطية متزايدة جيدة يعود الى بعض او جميع العوامل التالية :

1. الرطوبة النسبية للجو المحيط بالنبات.
2. موضع القياس على الورقة (معرضة للشمس او الهواء).
3. .
4. موقع الورقة المقاسة على النبات (اعلى النبات او اسفله).
5. وقت القياس (عند الصباح او عند الغروب).

التشخيص الاولى لمشاكل اجهادات النبات بسبب التربة والماء

Preliminary Diagnosis of Soil – Plant – Water – Related Problems

1.

تتعرض الاجزاء الخضرية للنباتات والجذور باستمرار الى تغيرات في الظروف المحيطة بها. ففي بعض الاحيان تحدد بيئة الجزء الخضرى من و الكلى بينما تقلل الاجهادات المتعلقة بالجذور من النمو على نفس النبات في احيان اخرى. ان شدة الاضاءة المنخفضة ودرجات الحرارة العالية جدا والمنخفضة جدا والظروف الجافة والحشرات اكلة الاوراق والملوثات الهوائية والرياح المؤذية جميعا امثلة على اجهادات الج.

2. الاجهاد Stress

يعرف الاجهاد على انه القوة المسلطة على وحدة المساحة وان النتيجة التوتر Strain هذا الاجهاد في علم الفيزياء. اما الاجهاد في علم الاحياء يوصف على انه اي عامل من العوامل التي تؤدي الى ارباك الفعاليات الطبيعية للكائن الحي. وعلى سبيل المثال فان الجفاف هو عبارة عن اجهاد يبني يؤدي الى حصول عجز في ماء النبات اة الى اجهاد الماء في النبات يكفي لحدوث ارتباك في العمليات الفسيولوجية الداخلية.

3. اجهادات النبات بسبب التربة والماء Plant Stress Caused by Soil and Water

1. الاجهاد الرطوبي Moisture Stress

اوضح اعراض نقص الرطوبة هو ذبول او التقاف الاوراق وفي بعض الاحيان اسمرار الاوراق او سقوطها. ان هذه الاعراض تظهر عندما يكون النبات غير قادر على الحصول على كميات كافية من الماء من التربة لغرض القيام بعملية النتج تحت المعدل الممكن. ان الحاصل يختزل عندما ينخفض تح بسبب الاجهاد المائي . وباستعمال موديلات التوازن المائي المناسبة يمكن حساب مقدار ودرجة نقص الماء. ان الاجزاء الخضرية للنباتات تستجيب للنقص الكلى في مقدار الماء المجهز من قبل الجذور.

ان جذور نباتات فول الصويا الواقعة في طبقات التربة التي يصل جهد الماء فيها 0.1 – 0.2 ميكا باسكال (-1 -2) يصبح لونها اسمر مائل الى السواد او بني. اما جذور القطن الصغيرة فقد تموت او تختفي عندما يصل الماء في التربة -0.1 -0.2 ميكا باسكال. وعندما يعاد ترطيب طبقة معينة من طبقات التربة فان الجذور البيضاء المنتفخة غالبا ماتظهر خلال 48 ساعة على الجذور البنية القديمة للنباتات الزراعية.

2. اجهاد الرص والمعاقة الميكانيكية Compaction and Mechanical Impedance Stress

هناك خمسة طرائق يؤثر بها كل من الرص والمعاقة الميكانيكية على نمو المحصول على ناتجه وهذه الطرق هي :

. قد يكون لقشرة التربة قوة كبيرة بحيث تؤدي الى اختزال بزوغ البادرات او حنى منعها من البزوغ. تحصل هذه بالمحاصيل ذوات القلقتين. ان المفاتيح الاعتيادية للتشخيص هي ان السويقة تحت الفلقية تكون بقطر ضعف القطر الاعتيادي ولكنها لا تحتوي على البقع

. بشكل صلب جدا لا تستطيع جذور النباتات اختراقها. بحيث تستدير جذوره بصورة مفاجئة عند تلك الطبقة. وفي بعض الاحيان يستطيع جزء من الجذر اختراق التربة والآخر يحصل له استداره.

. قد توجد طبقة من تربة بحيث تسمح بتغلغل الجذور وامتدادها بصورة شعاعية عندما تكون رطبة ولا تسمح بذلك عندما تكون جافة. ان هذه

. قد تنو بعض جذور النباتات على طول حجم معين من الاعماق السطحية للتربة ولكن لا تتغلغل فيها. الا ان هذه الاعماق تكون غير كافية لاستخلاص الماء والعناصر الغذائية المخزونة فيها.

. هناك بعض نباتات المحاصيل تزهى فوق سطح الارض ولكنها تنشئ بذورها تحت سطح الارض. ومن امثلتها نباتات فستق الحقل والبرسيم، ويمكن تجسين حاصل هذه النباتات فيما اذا تم دفن الاجسام الثمرية لها في التربة.

3. اجهاد التهوية Aeration Stress

يحصل اجهاد الاوكسجين في بعض الاحيان مع حصول اجهاد المعاوقة الميكانيكية في الترب المرصوفة ولكنه دائما تقريبا في الترب غير المرصوفة عند المحتوى العالي من الماء. ان اعراض اجهاد الاوكسجين تعتبر بسيطة التشخيص نسبيا عندما تحصل بسبب وجود الماء الارضي. اما الاعراض الناتجة عن المياه الارضية المتقطعة فتعتبر اكثر صعوبة في التشخيص.

4. الاجهاد الحراري Temperature Stress

ان درجات الحرارة المنخفضة تسبب بطء في نمو نباتات المحاصيل. وكذلك ان درجات الحرارة المنخفضة غالبا ما تقلل من امتصاص الماء والعناصر المعدنية وبالتالي من نمو النبات. اما درجات الحرارة العالية عند سطح التربة فتسبب موت البادرات الصغيرة بصورة خاصة تلك البادرات ذات الاقطار الصغيرة جدا.

5. اجهاد الملوحة Salinity Stress

ملوحة التربة تقلل من جاهزية ماء التربة كما تغير من التوازن الايوني داخل النبات . وعليه فان نمو النبات البطيء والمتسبب عن الملوحة يصعب فصله عن النمو البطيء الناتج عن الاجهادات الاخرى.

ان الاس الهيدروجيني للتربة الذي يزيد عن 7.8 والمظهر الابيض لسطح التربة والتوصيل الكهربائي العالي لمحلول التربة كلها تعتبر اختبارات تشير الى امكانية حصول اجهاد الملوحة.

6. اجهاد وتأثيرات الترب الجبسية Effect and Stress of Gypsiferous Soils

تشتمل الاراضي الجبسية مساحات شاسعة في العالم حيث تنتشر في المناطق الجافة وشبه الجافة وبضمنها الوطن العربي الذي تتأثر مساحات كبيرة منه بدرجات مختلفة من الجبس. ان اغلب مشاكل هذه الترب تتعلق بذوبان الجبس الذي تنتج عنه عوامل محددة الانتاج الزراعي ، وهذه العوامل منها ما يتعلق بالنباتات واخرى تتعلق بماء الري.

فيما يخص النبات فان ذوبان الجبس يسبب اخلال في التوازن الغذائي لمحلول التربة نتيجة لزيادة تراكيز ايني الكالسيوم والكبريتات على حساب تراكيز العناصر الغذائية الاخرى.

وفيما يخص التربة فان معظم خواصها الفيزيائية والكيميائية تتأثران بذوبان الجبس عند الري ونزوله الى الاسفل تاركا تجاويف في سطح التربة تدعى (الخسفات) وعند الاستمرار في الري تتسع هذه الخسفات مؤدية الى انهيار التربة وتكوين ما يسمى بالبالوعات.

اما ما يخص ماء الري فان ذوبان الجبس بسبب خسارة كبيرة في كميات مياه الري نتيجة تسرب المياه الى الاعماق السفلية عند حدوث الخسفات. وقد تحدث انهيارات في المنشآت مثل قنوات الري والابنية الملحقة وتعد هذه الظواهر من الحالات الشائعة في الترب الجبسية.

7. الاجهاد الغذائي Nutrient Stress

ص في بعض العناصر تظهر على اوراق النبات. لقد تطور التشخيص الناتج عن اختبارات التربة والانسجة النباتية بحيث اصبح بالامكان الحصول على وصف متكامل للاجهاد الغذائي .

8. الاجهاد المرضي Pathogen Stress

تعتبر بعض التأثيرات المرضية سهلة التشخيص اما البعض الاخر فهناك صعوبة بالغة في تشخيصه. فمن السهولة نسبيا ملاحظة الضرر الناتج عن الحشرات التي تتغذى على الجذر او التضخمات المتسببة عن انواع معينة من الديدان الثعبانية (النيماطودا). ولكن هناك صعوبة بالغة في معرفة التأثيرات الحاصلة على وظيفة الجذر عندما يهاجم من قبل الجراثيم او الكائنات المرضية (الباثوجينات).

تحويل المنطقة الجذرية للتخفيف من اجهادات النبات

Modification of Root Zone for Alleviating Plant Stresses

1. الحاجة الى التحويل Assess Need for Modification

هناك طرق عديدة تقربنا من معرفة تأثيرات تحويل التربة والحاجة اليها . فيرى قسم من الباحثين بان ظروف التربة يغيرون هذه الظروف ويقدرون الحاصل فقط. ويرى القسم الاخر بان التربة تحدد من الحاصل ويقوم بحساب المدى المطلوب تحويله من ظروف التربة فالاسلوب يعتبر ابسط واقل كلفة ويتطلب خبرة تقنية اقل. الا ان النتائج التي يتم الحصول عليها يصعب تطبيقها بينات اخرى او لسنين اخرى ان لم يكن ذلك مستحيلا. اما الاسلوب الثاني فهو اكثر كلفة ويحتاج الى جهد اكثر ويتطلب خبرات تقنية اكثر نتائجه يمكن تطبيقها بصورة اكثر سهولة ويسمى هذا بالطريق المركز.

2. Methods of Studying Roots

من الملاحظ بان الدراسات الخاصة بجذور النبات قد ازدادت مع بدأ زيادة التسميد المعدني في سبعينات القرن الماضي. وتجري عادة بعض الدراسات في الحقل واخرى في البيت الزجاجي واخرى في غرف النمو. وقد تجري دراسات اخرى في مختبرات كبيرة ومعقدة متخصصة لمراقبة . قد تم حديثا بناء غرفة لمراقبة الجذور في الحقل في مدينة تيمبل في ولاية تكساس الامريكية. حيث تنمو النباتات في هذه الغرفة في بيئة هوائية مشابهة بدرجة كبيرة الى بيئة التي تتعرض لها في الحقل. وعند المقارنة مع الرايزوترونات التي تستخدم لحساب التبخر – الفرق في محتوى ماء التربة يمكن الحصول على مقدار التبخر –

وقد استخدمت انابيب زجاجية كبيرة رايزوترونات مصغرة لوصف كثافة جذور نباتات الذرة البيضاء والقطن بمعاملات حرائة مختلفة . ان بالامكان اخذ صور فوتوغرافية او صورة بشرائط الفيديو لنمو الجذور في الرايزوترونات المصغرة باستخدام البصريات الليفية الموجود في المكشاف الشبيه بالمعني الاثني عشري (الديود ينوسكوب) او باستخدام المواشير والمرايا في البورو سكوب او المكشاف المطوق.

3. العلاقات بين الجزء الخضرى والجذور Shoot – Root Relationship

ان معظم الدراسات الخاصة بجذور النباتات وتفاعلاتها مع بيئات التربة ينبغي ان تتضمن قياسات للنموات العليا للنبات والحاصل. ان هذه القياسات تعتبر ضرورية. وعند ازالة جزء من الجزء الخضرى فان نمو الجزء الخضرى يتعجل نسبة الى نمو الجذور الى ان يحصل التوا بينهما من جديد من ناحية تجهيز نواتج التركيب الضوئي وا لهرمونات اللازمة للنمو والماء والمعادن.

4. Shoot – Root Ratio

ينمو الجذير الجنيني خلال الايام الاولى بعد انبات بذور نباتات الحنطة بصورة اسرع من الساق الجنينية. هذه (S:R) الوزنية اقل من واحد. وعند صول النبات الى مرحلة النضج فان وزن الجزء الخضرى قد يصبح اكبر من وزن الجذور بمقدار

15

5. التأثيرات البيئية على نسبة الجزء الخضرى والجذور Environmental Effects on S : R Ratio

تؤثر العوامل الحيوية والكيميائية والفيزيائية على نسب الجزء الخضرى الى الجذور. فان تقليم الجزء الخضرى يزيد من النسبة للنسيج الذ المتكون بعد عملية التقليم مباشرة. وان زيادة مستويات رطوبة التربة من 7.5% 21% زادت من هذه النسبة من 2.5 3.4 . طول فترة الاضاءة خفضت من هذه النسب لنباتات الفجل بسبب تشجيع الجذر الوتدي النامي على النمو بصورة اكثر من نمو الجزء الخضرى. وينتج عن انخفاض اجهاد الجذر عادة زيادة في نسبة الجزء الخضرى الى الجذور.

6. بدائل تحويل التربة للتغلب على اجهادات النبات Alternatives to Soil Modification for Overcoming Plant Stress

هناك طريقتين اضافيتين للتخفيف من تأثيرات المشاكل المتعلقة بالتربة والماء على انتاج المحاصيل.

الاولى : ان بمقدور المزارع تغيير المحصول والتحول من زراعة محصول حساس الى محصول مقاوم لاجهاد معين.

نيا: ان بإمكان المختصين في تربية النبات انتخاب نوع له مقاومة لاحد اجهادات التربة او الماء.

وغالبا ما يصبح طريق تبني تربية النبات اقتصاديا على المدى البعيد وبدرجة اكبر من طريق تحويل التربة. وكذلك فان طريق تحويل التربة يكون مرغوبا بدرجة اكبر من تربية النبات على المدى القصير.

7. الانظمة المستخدمة والتقييدات Systems Consideration and Constraints

ان تقدير تأثير تحويلات المنطقة الجذرية يعتبر من الامور الصعبة للأسباب التالية:

1. ان مراقبة نمو اجزاء المحاصيل تحت الارض يكون مكلفا ويحتاج الى وقت طويل ويعتبر من الطرائق الم .
 2. ان العوامل البيئية والادارية الاخرى غالبا ما تحجب استجابة نباتات المحاصيل.
- (Modeling) تعرف على انها عبارة عن طريق مصوغ في صورة نظام او مجموعة متماسكة من الافكار والمبادئ لغرض تقدير استجابة المحاصيل الكمية للتغيرات الحاصلة في بيئته.

تخفيف اجهاد الماء في النبات

Alleviating Plant Water Stress

1. العلاقة بين التربة والنباتات Soil and Plant relationship

عندما يكون التساقط بدرجة وفيرة ومتوزع بصورة متوازنة على فصل النمو حيث يزدهر النبات وعلى سبيل المثال الغابات الممكرة في ية وفي الغابات الموجودة في جنوب جبال الابالاش. وكلما قلت كمية التساقط وقل تكرارها كما في المناطق شبه الجافة ، تتحول هذه الغابات الى اراضي حشائش مع شجيرات متناثرة هنا وهناك ومن ثم تتحول الى صحاري في المناطق الجافة. وكلما انخفضت كمية التساقط وانخفض تكرارها تزداد اهمية الحاجة الى خزن كمية مناسبة من الماء في التربة لكي تستخدمها النباتات بين فترات عدم توفر التساقط. ويصبح اجهاد لماء اكثر حدة في المناطق شبه الجافة بسبب فترات الجفاف الطويلة وبسبب انخفاض كمية الماء المخزون بالتربة.

ان التأثير المقابل لاجهاد الماء في النبات الناتج عن نقص التساقط يمكن تخفيفه عن طريق الري. وللتوصل الى الاستخدام الامثل الكفوء للماء في انتاج المحاصيل سواء كان مصدره الري او التساقط يجب خزن الماء بصورة فعالة في التربة. ان العوامل التي تؤثر على كمية الماء المخزون ربة ومحتوى المادة العضوية وعمق طبقة التربة غير النفاذة او البطيئة النفاذية وتركيب التربة.

ان الهدف من تحويل المنطقة الجذرية للتربة لتخفيف اجهاد الماء فيها هو الحصول على ظروف تربة تساعد في الحفاظ على كمية اكبر فيها وللحصول على ظروف تساعد على اعادة ملئ الماء بسرعة للتعويض عن الماء المفقود ومنها وللحصول على نمو سريع وسهل للانظمة الجذرية للنباتات في التربة لاستخلاص الماء.

2. اجهاد الماء في النبات Plant Water Stress

1. Water Loss From Plants

تفقد النباتات الماء بصورة رئيسية بعملية النتح عن طريق الثغور. يحصل نقص في مقدار الماء الموجود في النبات والذي بدوره يؤدي الى حصول اجهاد الماء في النبات. وعندما يفوق مقدار الماء الممتص مقدار الماء المفقود مرة ثانية ، وكما يحدث ذلك خلال ساعات الليل ، ينخفض الاجهاد.

يك وان الاشعاع الساقط هو الذي يجهز هذه العملية بالطاقة اللازمة.

وعندما يكون جهد الماء في التربة اعلى من الحد المطلوب فان متطلبات التبخر هي التي تتحكم بعملية النتح وعندما يكون جهد الماء في الحد المطلوب فان عملية النتح هي التي تتحكم بامتصاص الم .

2. تطور اجهاد الماء في النبات Plant Water Stress Development

ان بعض النباتات تقلل من مقدار الماء المفقود باتباع بعض الميكانيكيات او الطرائق التي تقلل من مقدار طاقة الاشعاع الساقط عليها. وتشمل هذه :

- . تجعد والتفاف الاوراق لتقليل المساح
- . حركة الاوراق بحيث تصبح متوازية مع اشعة الشمس.
- . تظليل الاوراق الجديدة بالاوراق القديمة.

3. طرائق تخفيف الاجهاد Alleviating Methods

يمكن تخفيف اجهاد الماء في النبات عن طريق :

- . تقليل متطلبات التبخر.
- . زيادة رطوبة التربة عن طريق التساقط او الري.
- . زيادة مقدار الماء المخزون في التربة وبالتالي زيادة جاهزيته للنبات.

4. تأثيرات التحويرات Effects of Modifications

1. ازالة او تفكيك المناطق المحددة Removing or Disrupting Restricting Zones

ان تحوير مقد التربة بدون خلط مواد ذات صفات مختلفة من ناحية احتفاظ الماء مع التربة يكون عادة ذو تأثير قليل جدا على مقدار احتفاظ هذه التربة. لقد تمت دراسة موضوع تحوير مقد التربة كوسيلة لزيادة تغلغل الماء والجذور في معظم الترب التي تعاني من صعوبة تغلغل الجذور فيها. ان هذه الترب تشمل على:

الترب الحاوية على الافق B الناعمة البطيء النفاذية

تشكل هذه الترب حوالي خمسة ملايين هكتار. حيث يحد التربة السطحية المتوسطة النفاذية افق مرصوص بطيء النفاذية يتكون من طين المنتموريلليونيت (B22t) يمتد من العمق 20 سم وقد يصل الى 60 سم. ومن مشاكل هذه الترب انخفاض معدلات الغي.

التربة الحاوية على الصحن الطيني Clay pan Soils

لم تلاقي الجهود المبذولة لغرض تحسين التربة الحاوية على الصحن الطيني عن طريق الحراثة العميقة وتسميد التربة السطحية نجاحا كبيرا. ان استخدام طريقة الحراثة العميقة لم يحسن من ظروف التربة لان مكائن الحراثة لم يكن متغلغل خلال الافق الطيني اللدن. فقد تكسرت التربة التحتية بصورة جيدة عندما كانت جافة فقط (محتوى الماء فيها 16% او اقل). لذا فان تكسير التربة له تأثير قليل مالم تعامل التربة بالكلس وبمعدل 7 11 هـ. وكذلك وجد بان الزيادات الحاصلة نتيجة تكسير التربة التحتية تكون صغيرة مالم يتبع اسلوب جيد من عمليات الادارة والتسميد على طبقة الحراثة السطحية.

التربة الطينية البطيئة النفاذية Slowly Permeable Clay

لقد ادى تحوير مقد تربة بلاك لاند في ولاية تكساس والتربة الطينية في اسفل وادي ريو كراندي في نفس الولاية الى زيادة مغاض التربة وزيادة استخلاص واستهلاك الماء مما يزيد الحاصل. عند خلط تربة بلاك الى عمق 60 سم باستخدام المحراث الدوار والى اعماق تتراوح بين 60 - 120 سم من اعماق اكبر فيها وبصورة مبكرة من فصل النمو. كذلك لوحظ بان الكثافة الظاهرية للترب المفككة بعد مرور اربع سنوات على حراستها بالمحراث الدوار وثلاث سنوات بماكنة فتح السواقي بقيت اقل من الكثافة الظاهرية من الترب المحروثة بالمحراث التقليدي. اما عند مزج الترب 120 سم فقد ادى الى الحصول على زيادة اضافية في حاصل القطن ولم يؤثر في حاصل الذرة البيضاء.

د. الترب الحاوية على الصحن المتصلد Fragipan Soils

لا بد وان يمتد تحوير مقد التربة الحاوي على الصحن المتصلد الى طبقة الصحن المتصلد لغرض تحسين ظروف هذا المقد. هذه الترب تحتوي على طبقة سطحية بنية حامضية مزيج غرينية وعلى افق B2 بني شديد الحموضة نسجته مزيج طينية يقع تحته صحن متصلد من الرمل الكثيف بسمك 50 - 70 سم ويتراوح سمك الصحن المتصلد 30 سم ويصل حتى 80 سم. اجريت دراسة لخلط التربة بخنادق عرضها 50 سم. ووضحت النتائج بان الماء المستخلص من قبل نباتات الذرة البيضاء كان اكبر من ما يمكن من الخنادق واقل من التربة الواقعة بين الخنادق في الألواح الحاوية على الخنادق. ولوحظ اقل ما يمكن من الماء المستخلص من الألواح التي لم تحتوي على الخنادق.

هـ. الترب الحاوية على صحن الحراثة Plow pan Soils

ان استخدام مكائن الحراثة والمركبات القليلة ادى الى تكوين مايسمى بصحن الحراثة فتكون بطيئة النفاذية وكذلك تؤدي الى اعاقه حركة الماء داخل جسم التربة وكذلك اعاقه تغلغل الجذور. وبينو بان قوة التربة وليس الكثافة الظاهرية او اي مظهر اخر من المظاهر الفيزيائية للتربة هي التي تتحكم بتغلغل الجذور خلال صحن الترب الرملية. وقد وجد بان الحراثة باستخدام المحراث القلاب الى عمق 30 سم ادت الى زيادة الحاصل في ثلاث ترب مزيج غرينية من مجموع اربع ترب.

دئنة البزل Poorly Drained Soils

تشير الدراسات بان تحويرات مقد التربة باستخدام المحاريث الحفارة والقلابة والمحاريث المنزلقة الى تحسين ظروف البزل والغسل والى تقليل من قوة التربة وبالتالي الى زيادة نمو النبات. وعند دراسة تأثيرات استخدام المحراث المنزلق على صفات البزل لتربة طينية غير طبقية وجد بان 120 سم ادت الى فتح مقد التربة بصورة كافية تسمح باستمرار عملية الغسل في جميع الاتجاهات وعلى نفس العمق وبمعدلات متساوية تقريبا. اما الحراثة على عمق 56 سم فلم تحقق الهدف اعلاه. وان استخدام المحراث المنزلق ادى الى زيادة معدلات مغاض الماء بصورة

Salt – affected Soils .

ان التحويلات المستخدمة ادت الى تحسين قابلية التربة على خزن الماء في التربة وكذلك على استخلاصه من التربة وادت الى زيادة الحاصل .
فقد كانت التحويلات ذات تاثير فعال في ترب .

2. زيادة عمق المنطقة الجذرية Increasing Root Zone Depth

تعتبر زيادة عمق المنطقة الجذرية مهمة من ناحية زيادة حاصل النباتات المزروعة ،حيث وجد بان مقدار استطالة الجذور ينخفض بزيادة قوة
ية كامنة لاستطالة الجذور بصورة سريعة فيما اذا كانت ظروف النمو مثالية.وان مقدار الزيادة الحاصلة عن اختلاف
الحراثة بدورها تسبب اختلافات في شدة وعمق الطبقة المحددة لنمو الجذور تحت ظروف البيئة المتعلقة بالمناخ.

3. زيادة قابلية حفظ الماء في الترب الرملية Increasing Water Holding Capacity Of Sandy Soils

يمكن زيادة قابلية الترب بالاحتفاظ بالماء من خلال ما يلي:

Adding fine – textured Materials .

Adding Organic Materials . اضافة المواد العضوية