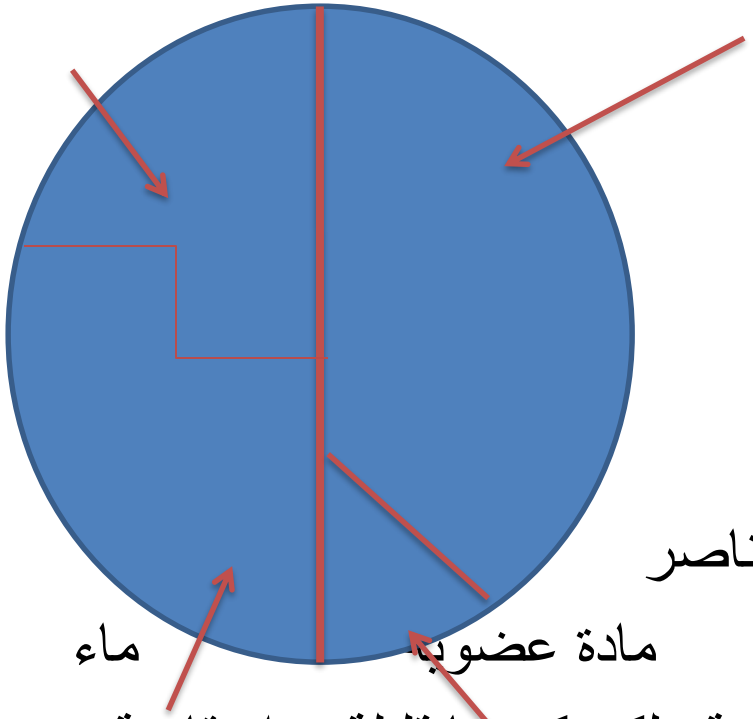
الطور الصلب لمكونات التربة

هواء

الجزء الصلب

(معادن)



- الجزء الصلب مصدر للعناصر عدا (N,S)

الكمية الكلية اكثر من احتياجات النبات ولكن

الكمية الجاهزة قليلة جدا

-الجزء العضوي مخزن ومصدر لبعض العناصر

(N , P , S). يجب ان تتحلل قبل ان تصبح هذة العناصر

جاهزه

ماء

مادة عضوية

- العناصر الغذائية الجاهزة تكون ذائبة في محلول التربة ولكن كميتها قليلة جدا مقارنة باحتياج النبات

مكونات الجزء الصلب

- الجزء المعدني : ويشمل دقائق التربة مختلفة الحجوم قسم منها يرى بالعين المجردة مثل دقائق الرمل (sand) وتلك التي لايمكن تميزها الا تحت المجهر المتطور مثل دقائق الطين (clay) واخرى ذات حجوم متوسطة بينهما وتشمل الغرين (slit)

particles are shown in *Figure 2.2*.

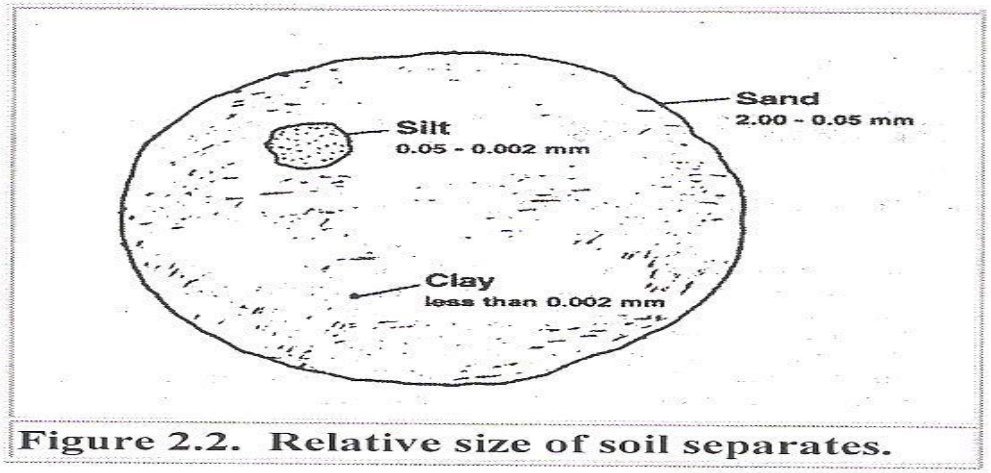
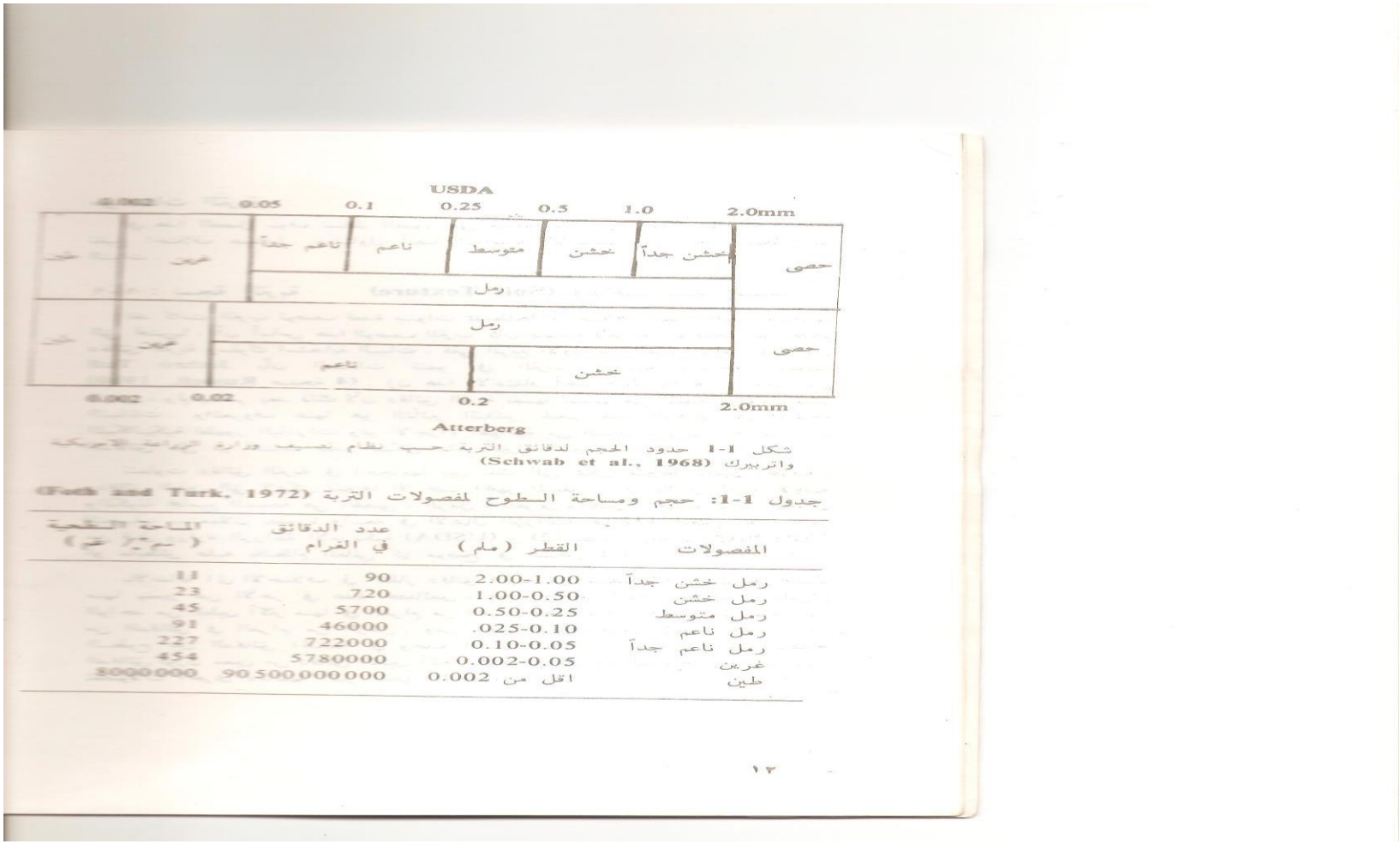


Figure 2.2. Relative size of soil separates.

- يوجد نظامان لتصنيف للمفصولات التربة للاستعمالات الزراعية هما
  - النظام الذي طور من قبل وزارة الزراعه الاميركية (USDA)
  - نظام اتربيرك (Atterberg)



USDA

0.002 0.05 0.1 0.25 0.5 1.0 2.0mm

ناعم جداً | ناعم | متوسط | خشن | خشن جداً | حصى | غرين | طين

رمل

رمل

ناعم | خشن | حصى | غرين | طين

0.002 0.02 0.2 2.0mm

Atterberg

شكل 1-1 حدود الحجم لدقائق التربة حسب نظام تصنيف وزارة الزراعة الأميركية واتربيرك (Schwab et al., 1968)

جدول 1-1: حجم ومساحة السطوح لمفصولات التربة (Foth and Turk, 1972)

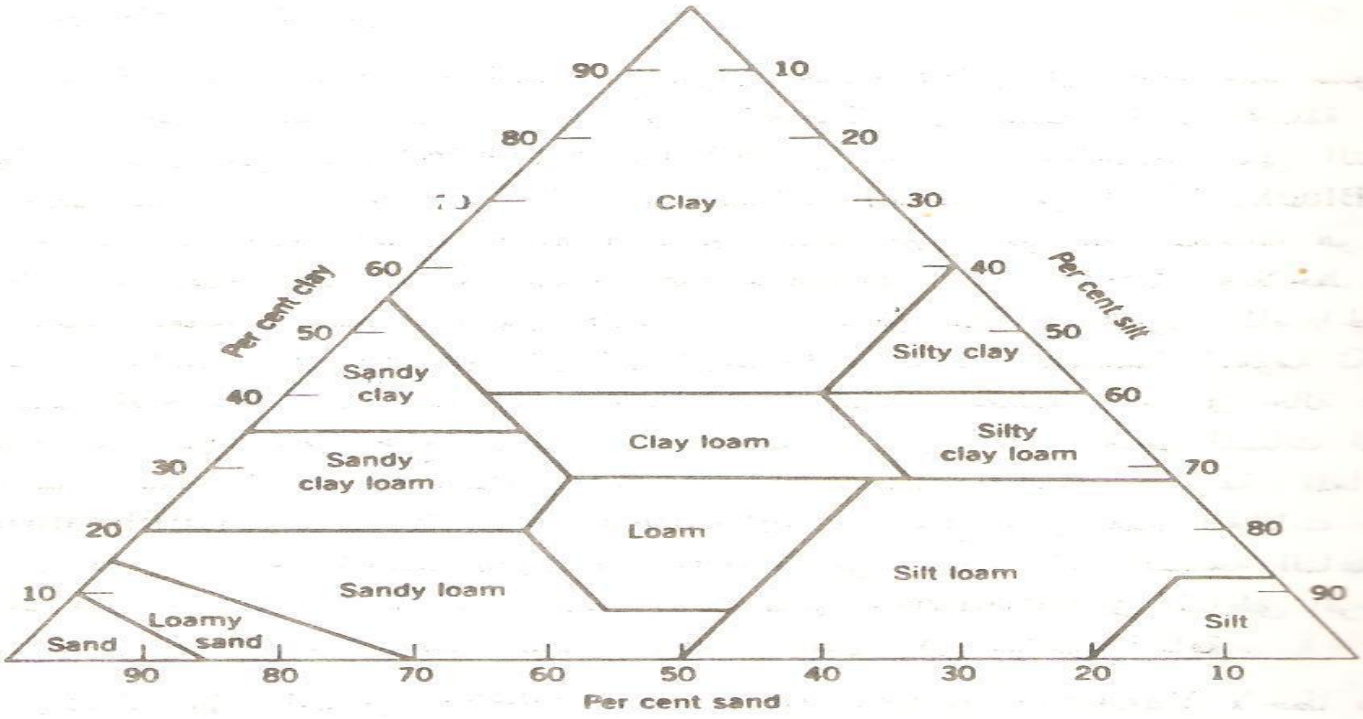
المفصولات	القطر (ملم)	عدد الدقائق في الغرام	المساحة السطحية (سم²/غم)
رمل خشن جداً	2.00-1.00	90	11
رمل خشن	1.00-0.50	720	23
رمل متوسط	0.50-0.25	5700	45
رمل ناعم	.025-0.10	46000	91
رمل ناعم جداً	0.10-0.05	722000	227
غرين	0.002-0.05	5780000	454
طين	اقل من 0.002	90500000000	3000000

١٣

نسجة التربة Soil Texture

النسبة المئوية لمكونات مفصولات التربة والتي ممكن تحديدها عن التحليل الميكانيكي للتربة (mechanical analysis) . استنادا على النسب المئوية لهذة المفصولات وباستعمال مثلث النسجة يمكن تحديد نسجة التربة . يوجد 12 نوع من نسجات التربة

triangle represents all possible combinations of soil s



شكل 1-2: مثلث تعيين نسجة التربة المقترح من قبل وزارة الزراعة الامريكية

مثال :-

should match the texture listed.

Table 2.1. Soil separates and textural class

Percent clay	Percent silt	Percent sand	Textural class
24	37	39	Loam
8	10	82	Loamy sand
35	52	13	Silty clay loam

By using samples of known texture, and with a lot of practice, it is possible to determine soil texture by hand texturing. With this procedure, moistened soil is worked between the thumb and fingers to form a

- تصنف التربة بصورة عامة على اساس محتوياتها من المفصولات المختلفة الى

Fine- textured soils have a dominance of clay

coarse- textured solis have adominance of sand

Medium- textured soils have adominance of slit

باستعمال هذا المبدء ال 12 صنف من التربة الذكر سابقا يوضع في ثلاثة مجاميع فقط

- المساحة السطحية لدقائق الطين اكبر ب1000 مرة من المساحة السطحية لنفس الكمية من دقائق الرمل .

ما هي الاهمية التطبيقة لهذة الميزة للطين في قابلية التربة على تجهيز العناصر الغذائية للنبات خلال موسم النمو ؟

اهمية نسجة التربة - التربة الطينية

- قابلية الطين على مسك الماء اعلى من الرمل والغرين وحركة الماء تكون ابطء منهما
- يكون لزج (sticky) عند الرطوبة
- تكون كتل عند الجفاف
- عادة مايطلق عليها heavy soil والرملية يطلق عليها light soil
- قابلية عالية على مسك العناصر الغذائية بسب السعة التبادلية العالية
- القدرة التنظيمية للتربة (soil buffering capacity) عالية
- لنوع معدن الطين السائدة دور مهما في تحديد دور الطين

kaolinite vs Illite vs Montmorillonite

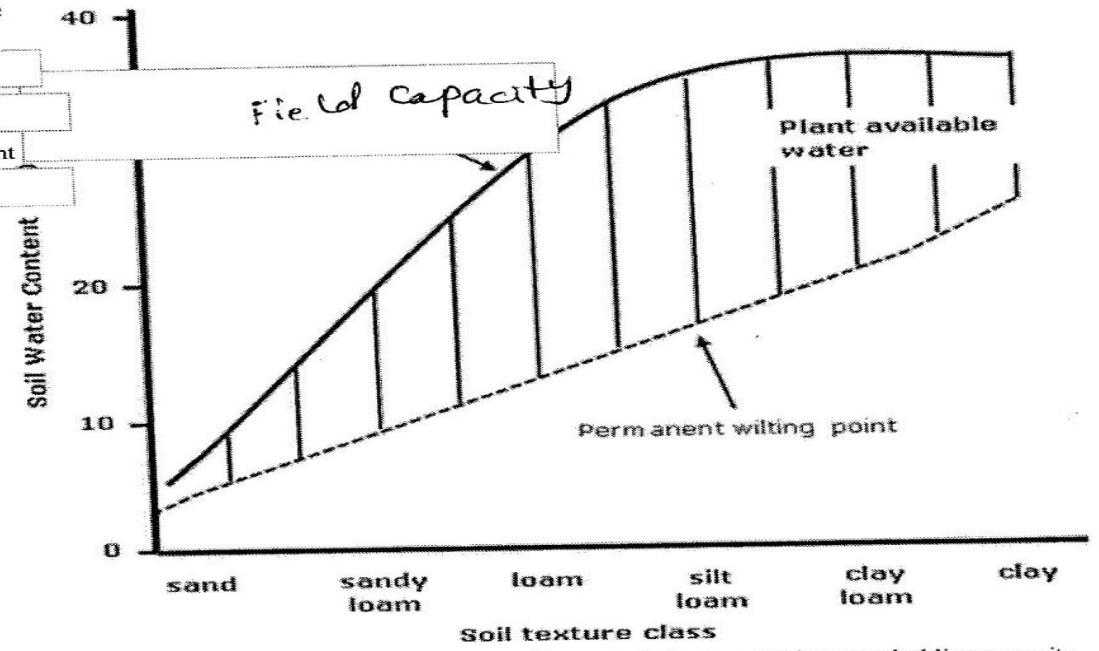
(High plasitcity)

تأثير النسجة على نمو النبات

- كمية الماء الجاهز

Close

Generalized relationship between soil texture classes and plant available water holding capacity.



Generalized relationship between soil texture classes and plant available water holding capacity.

Teaser

© 2012 Nature Education All rights reserved.

و

- جاهزية العناصر الغذائية

تاثيرها على العلاقات المائية في النبات – صورة العنصر السائده

تاثيرها على السعة التبادلية الايونية (C E C)

permanent charge vs PH depend charge

↓ ↓

Clay particles hydrous oxides and O.M

المصدر الرئيسي لتعويض محلول التربة بالعناصر الغذائية الممتصة من النباتات أو المفقودة من التربة لذا

↑ clay → ↑ CEC → ↑ supplying power

Concept :

Textural class(sand, slit, clay) has a lot to do with planning a cropping system.

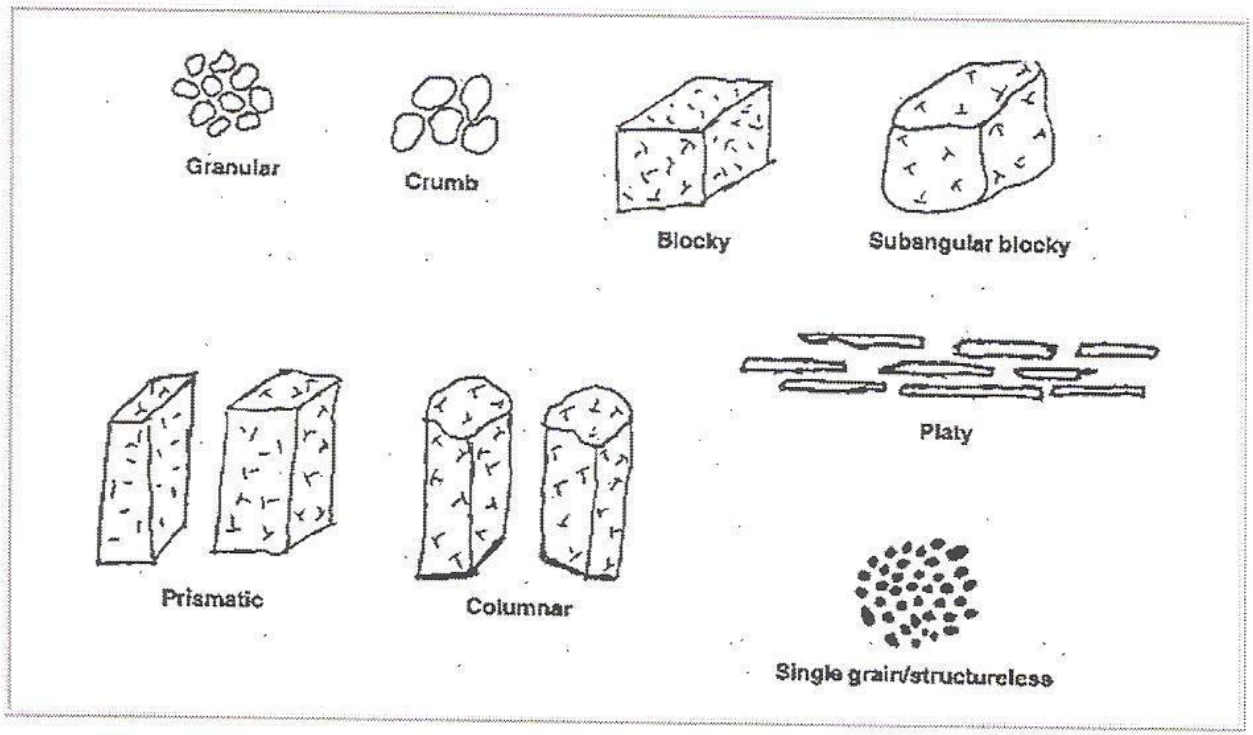
تركيب التربة soil structure

الترب تحت الظروف الطبيعية تكون دقائقها المفردة مرتبطة مع بعضها مكونة مايسمى بوحدات التركيب (structural units) . وحدات التركيب هذة قد تحتوي على دقائق عدة مفردة ولكنها ملتصقة مع بعضها وتعمل كمجموعة. ويتكون التركيب الكلي للتربة نتيجة لنتظيم وربط دقائق التربة المنفردة في وحدات البناء يعقبها ترتيب وربط هذة الوحدات . يحدث تجمع الدقائق في وحدات التركيب في جميع الترب الا ان قوة الربط وحجم وشكل الوحدات ونسب الدقائق المشتركة في هذة الوحدات يتختلف بشكل واضح بين الترب

تنتظم دقائق التربة مع بعضها لتكوين مجاميع باشكال ادناه

two or more particles.

Aggregates are described by their shape, size and stability. Aggregate types are used most frequently when discussing structure (*Table 2.3*, *Figure 2.5*).



شكل 1-10 تركيب تربة كتلي ناعم (حجم طبيعي) (Russell, 1980)

- التركيب الصفائحي (laminar or platy) والذي يكون تكسرة الطبيعي بشكل عام افقيا ويوجد عادة في الافق A_2 في الترب المغسولة او في الترب الغنية بطين الكاؤولينات
- التركيب المنشوري (Prismatic) وهو الذي يكون تكسرة عموديا اكثر مما هو افقي والاوجة تكون ناعمة ومسطحة . ويكثر هذا التركيب في الافقB للترب الطينية والمزيجية الطينية
- التركيب الكتلي (Blocky) وهو الذي يكون تكسرة افقيا وعموديا بشكل متساوي
- التركيب الكروي (Spheroidal) وهو الذي يختلف عن التركيب الكتلي بواسطة الاسطح المتكونة والتي تكون مدورة ولا تطابق السطح المجاورة وفي حالة الترطيب تتكون فراغات كثيرة بينها
- تقسم الانواع اعلاة الى اقسام ثانوية فمثلا التركيب المنشوري ممكن ان يقسم الى 0 عمودي (columer) والذي تكون نهاية المنشور العليا مدورة والمنشور الذي لاتكون نهايتة كذلك
- التركيب الكتلي يقسم الى كتلي ذي زوايا تكون فية الاسطح نسبيا حادة الزوايا والخر ذو نهايات مدورة
- التركيب الكروي يقسم الى الى حبيبي(granular) وفتاتي (crumb)

Concept : Soil structure influnce water and air movement in soils.

✓ تجمعات التربة وثباتيتها تؤثر على

- التهوية Aeration
- حركة الماء Water flow
- الاحتفاظ بالماء Water retention
- حرارة التربة Temperature
- عرقلة توغل الجذور بالتربة Impedance to roots

- تهوية التربة Soil Aeration

* تجهز التربة بمكونات الهواء بنسب ملائمة لنمو الاحياء في التربة ونمو الجذور
* في الترب ذات التهوية السيئة تكون نسبة ثاني اوكسيد الكاربون عالية ونسبة الاوكسجين قليلة
* حركة الهواء في التربة تعتمد بصورة مباشرة على حجم السمامات المملؤة بالهواء

- دخول وحركة الماء في التربة Infiltration rate

* معدل نفاذ مياة الامطار او مياة الري الى التربة
* تعتمد على الطبقة السطحية Surface soil و الطبقة التحت سطحية subsurface horizones
* معدلات حركة الماء الى التربة تكون اعلاة مباشرة بعد سقوط المطار او الري بعدها تبداء بالانخفاض
* حالة الطبقة السطحية لها تاثير كبير على معدل غيظ الماء في التربة
* للمادة العضوية ونسجة التربة دور مهما على معدل غيظ الماء في التربة

Concept

If water runs off and not into soil, water is not available for plants and contribute to erosion.

- حرارة التربة Soil temperture

* تاثر على الفعاليات الحيوية في التربة
  - 0 فعاليات الاحياء micro biological activity –محبة للبرودة و ألمتوسطه والمرتفعة
  - 0 انبات البذور seed germination -درجة مثلى للإنبات
  - 0 نمو الجذور root growth
* تختلف بدرجات كبيرة مع عمق مقد التربة
* تتذبذ درجات حرارة سطح التربة بدرجات كبيرة
* الترب ذات اللون الغامق تمتص الاشعاعات الساقطة اعلى من ذات اللون الفاتح
* التذذب في درجة حرارة الترب تتاثر بالسعة الحرارية والايصالية الحرارية للتربة
  - 0 الايصالية الحرارية للماء اعلى من تلك التي للتربة والهواء
  - 0 زيادة رطوبة التربة تؤدي الى زيادة معدلات انتقال الحرارة في التربة

* التذذب في درجات حرارة التربة الغير مزروعة تكون اعلى من التربة المزروعة
  - 0 درجات حرارة التربة الغير مزروعة تكون في النهار اعلى من درجة الهواء
  - 0 درجة حرارة التربة في الليل قد اقل من حرارة الهواء
* تغطية التربة يؤدي الى عدم ارتفاع درجات التربة الى درجات عالية
* يتاثر انبات البذور بدرجات الحرارة اكثر من تاثرها ببقية العوامل عدا الرطوبة
  - 0 في المناطق الرطبة تكون درجات الحرارة اقل من تلك الظرورية لانبات البذور
  - 0 في المناطق الاستوائية تكون درجات الحرارة عالية جدا للانبات

✓ العوامل التي تؤثر في تركيب التربة X

- اواصر الربط الداخلية بين دقائق التربة والتي تشير الى ثبوتها (stability)
- فصل وحدات التركيب الواحدة عن الاخرى والتي تشير الى حجم وشكل وحدات التركيب المنفردة
- تحلل المادة العضوية في التربة يقوي الروابط الناتجة بين الدقائق الكبيرة مقارنة باستعمال الطين وحدة

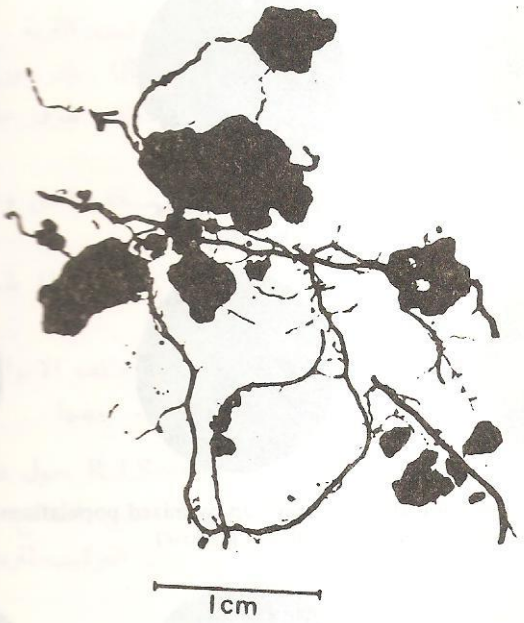
متوسط اقطار المجاميع للمجاميع الثابتة بالماء بعد اضافة مخلفات عضوية

المعاملة	الكميةالمضافة (طن \ هكتار)	بعد 15 يوم	بعد 30 يوم	بعد 73 يوم
المقارنة	0	1.83	1.88	1.63
بقايا تمر	8	2.77	2.15	2.32
بقايا بنجر	8	1.91	1.98	1.82

- للاحياء المجهرية دورا فعالا في ثبات تركيب التربة من خلال
  - 0 خيوط الانسجة للاحياء المجهرية تكون شبكة داخل وحول الدقائق المعدنية
  - 0 بعض الاحياء المجهرية تتنج السكريات المركبة التي لها طبيعة لزجة يكون لها دور في ربط دقائق التربة مع بعضها
  - 0 تتنج الاحياء المجهرية مركبات عضوية من مختلف الانواع التي يكون لها دور في المساعدة على ربط الدقائق المعدنية مع بعضها

الفطريات هي الاكثر فاعلية في ثبات التركيب للتربة الطينية

- ان جذور النباتات النامية في التربة ربما يكون لها دور في ثبات تركيب التربة من خلال
  - 0 افراز مواد صمغية او لزجة ولمسافة من القمة النامية للجذر
  - 0 تحمل مجاميع للاحياء المجهرية على سطحها وفي الترب الملاصقة لاسطح الجذور التي تتنج المواد الصمغية
  - 0 نمو خيوط الفطريات في المنطقة الجذرية التي تساعد على ثباتية التربة

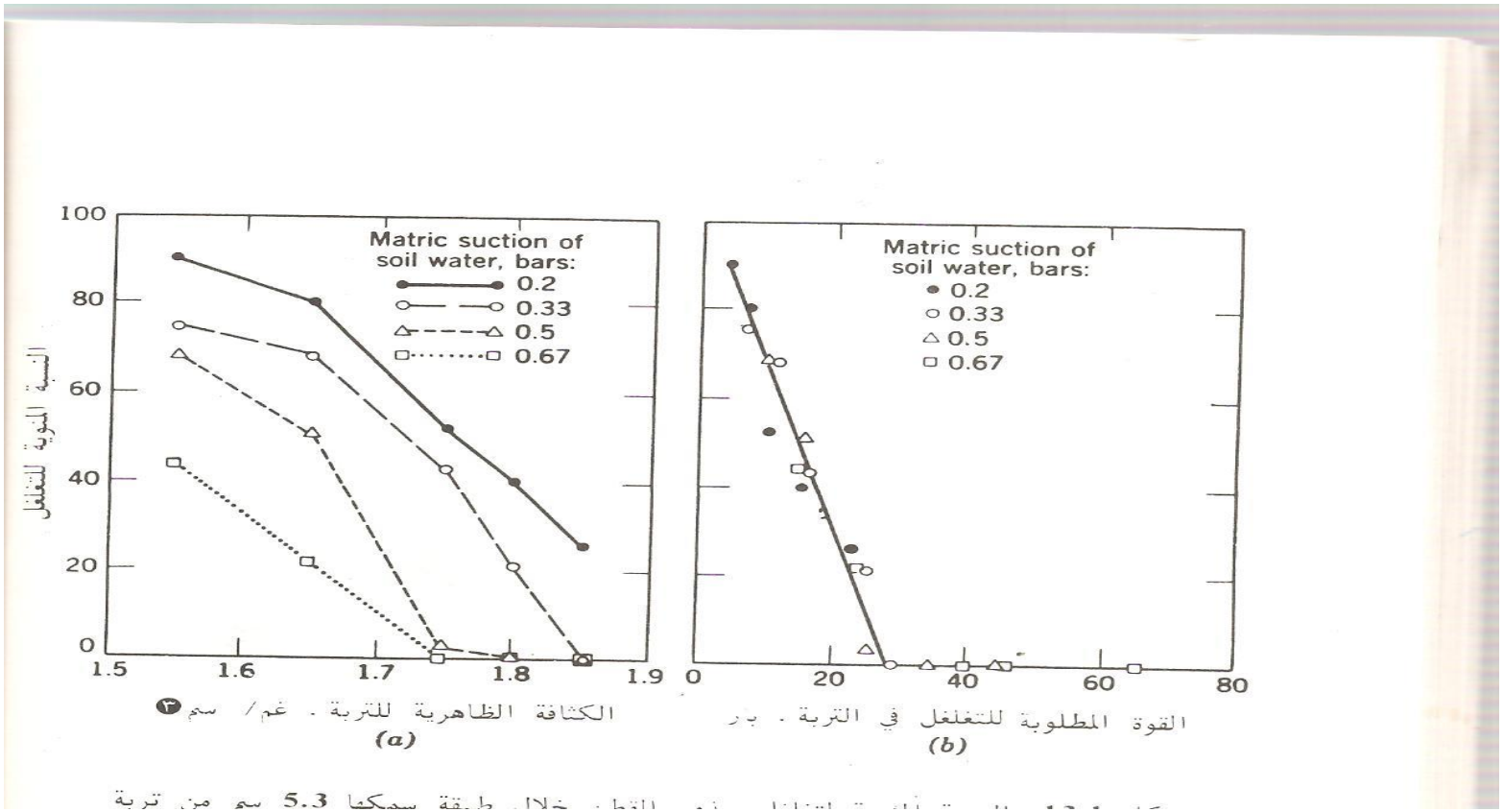


شكل 1-7 : تجمع حبيبات التربة بواسطة جذور الحشائش (Russell, 1980)

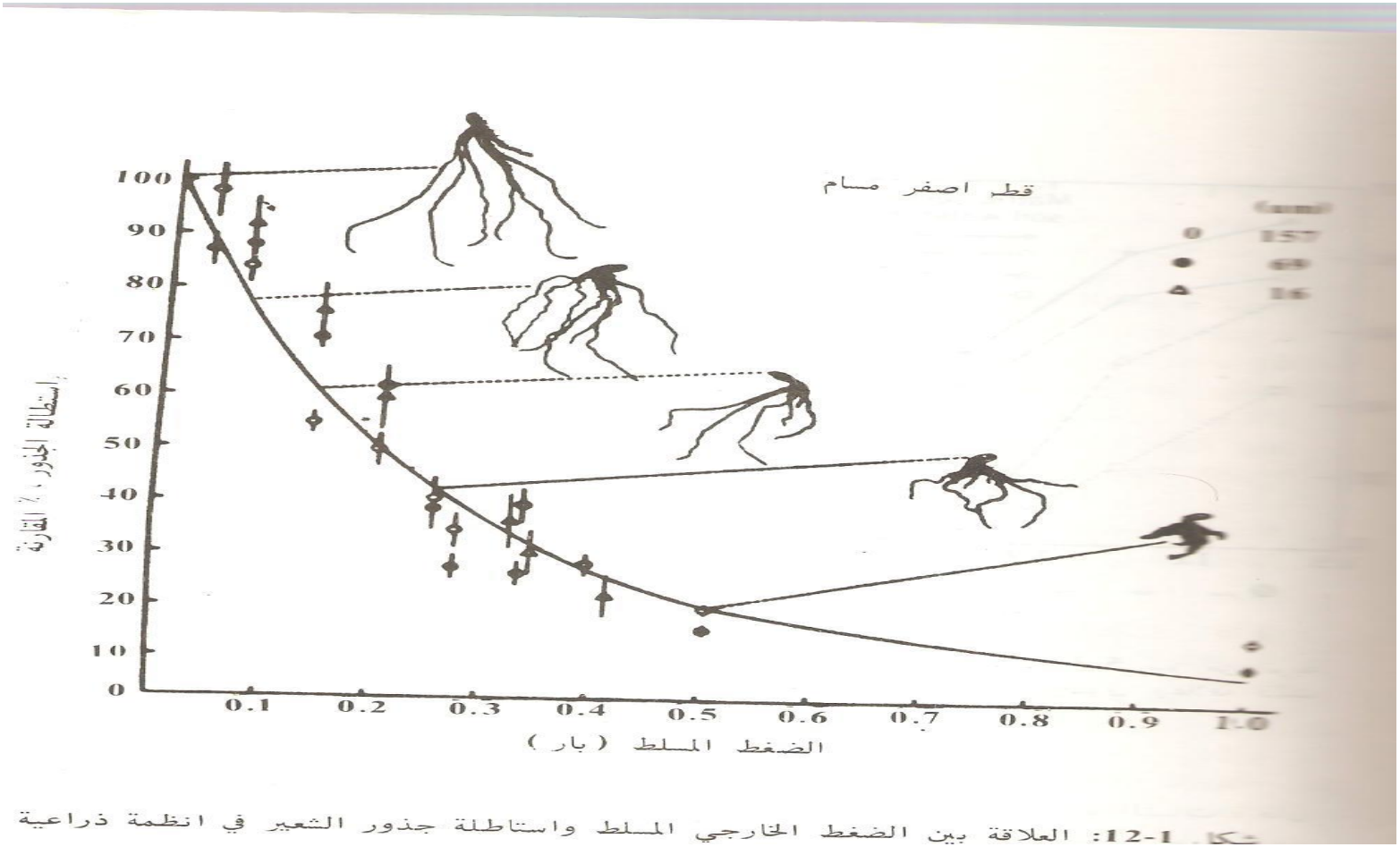
تركيب التربة وعلاقتة بنمو النبات

التاثيرات المباشرة

* تحديد نمو الجذور في الترب ذات السطح الصلب
* فشل الجذور في اختراق طبقات التربةالمضغوطة . حجم مسام التربة اهمية كبيرة في التاثير على توغل الجذور في التربة

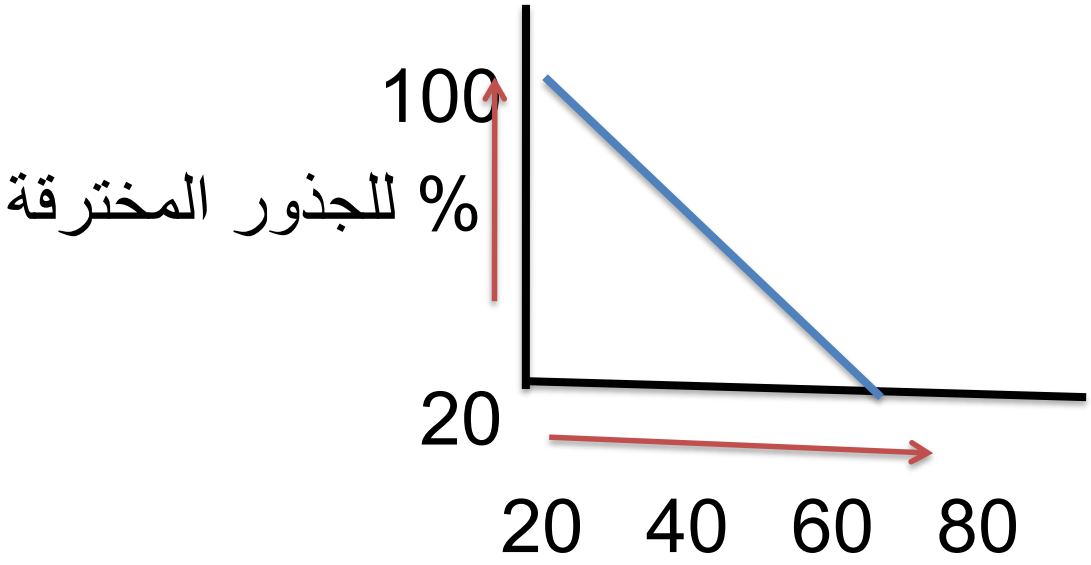


* اعاقة ميكانيكية لانبات البادرات واستطالة جذور النبات



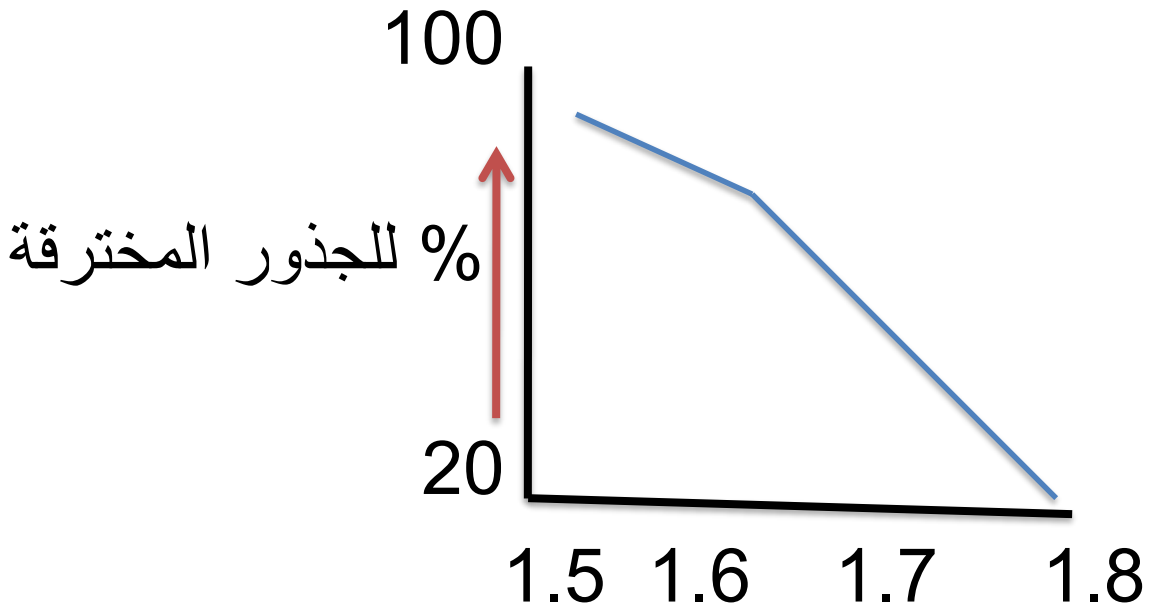
شكل 12-1: العلاقة بين الضغط الخارجي المسلط واستاطلة جذور الشعير في انظمة ذراعية

* التاثير على المقاومة الميكانيكية للتربة لبزوغ البادرات ولنمو الجذور



كلما زادت مقاومة التربة للاختراق كلما قلت نسبة الجذور المخرقة للتربة

الكثافة الظاهرية للتربة ونمو الجذور

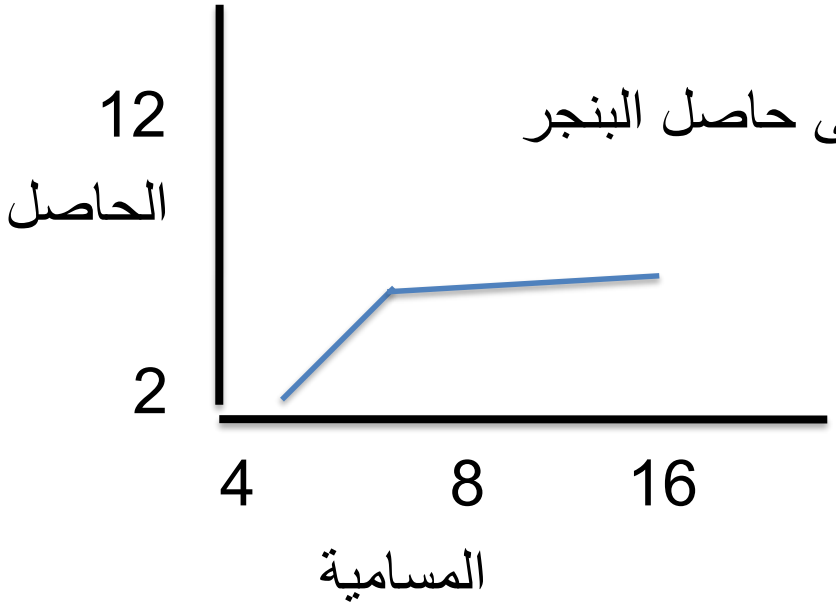


زيادة الكثافة الظاهرية للتربة تؤدي إلى قلت نسبة الجذور المخترقة للتربة

تأثير غير مباشر

تغير في تركيب التربة قد يؤدي إلى تغير بالنسب الحجمية لمسامات التربة الكبيرة (macro) والمسامات الصغيرة (micro) إضافة تغير المسامية الكلية للتربة وهذا يؤثر على علاقات الماء والهواء بالتربة والذي بدوره يؤثر على كمية الماء وجاهزيتة للنبات وعلى تهوية التربة وانعكاس ذلك على جاهزية العناصر الغذائية للنبات وبالتالي نمو النبات

تأثير المسامية على حاصل البنجر



الجزء المسامي (pore space)

- كمية الماء والهواء بالتربة تحدد نوع الفعاليات الحيوية التي تجري داخل التربة مثل

- denitrification vs nitrification

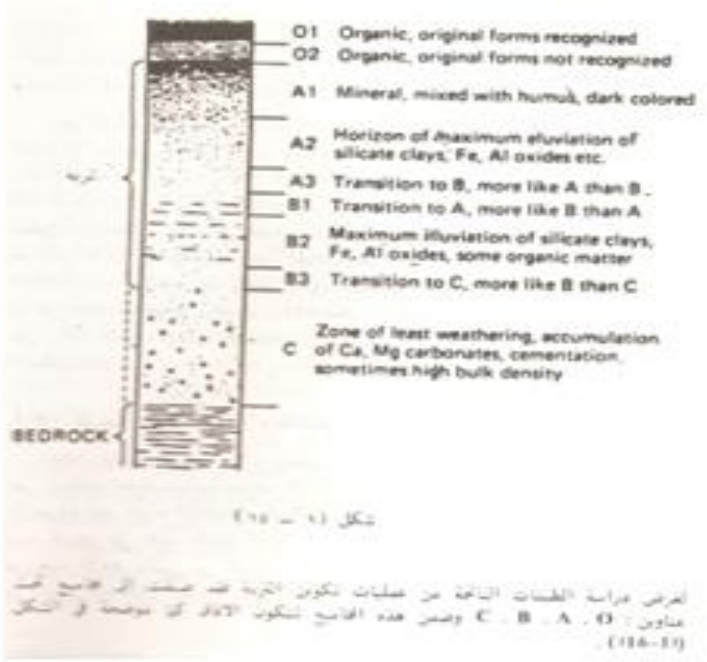
- تحدد نوع احياء التربة السائدة

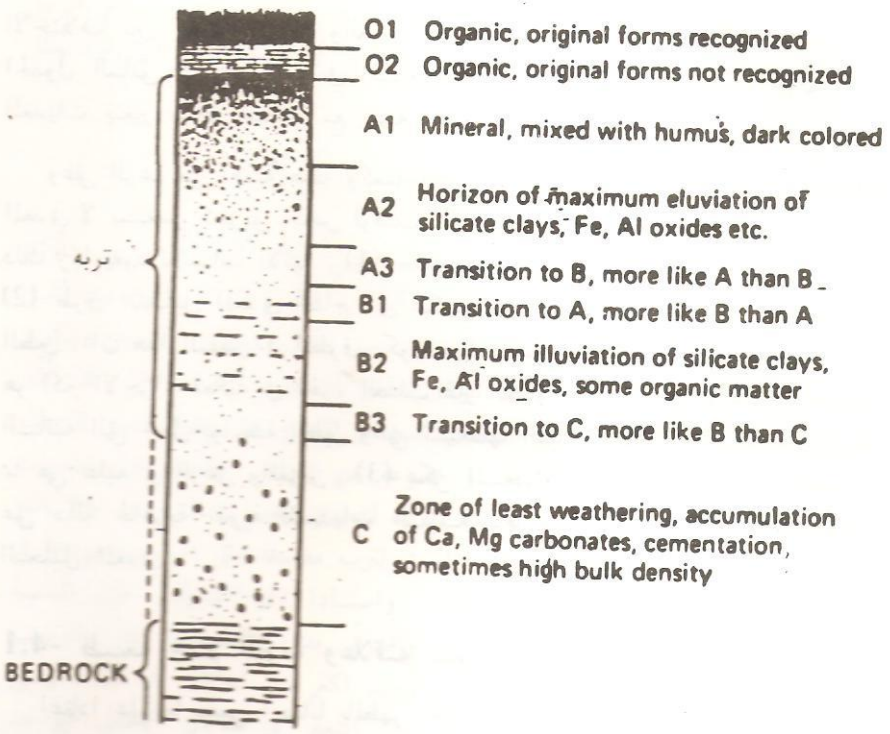
aerobic vs anerobic

End products of anaerobic decomposition of organic compounds in soil are toxic to plant growth

✓ طبيعة نسجة التربة ونمو النبات

اعتمادا على المظهر الخارجي (morphology) فالتربة تحتوي على طبقات افقية متبانية تسمى بالافاق(Horizone) وهذة الافاق مجتمعة تكون ما يعرف بمقد التربة (soil profile)



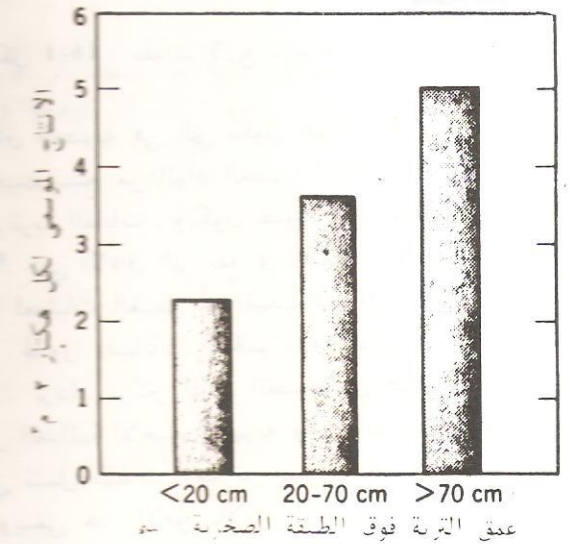


شكل (١ ـ ١٥)

لغرض دراسة الطبقات الناتجة من عمليات تكوين التربة فقد صنفت الى مجاميع تحت عناوين : O . A . B . C وضمن هذه المجاميع تتكون الافاق كما موضحة في الشكل ((16-1)).

* تاثير سمك التربة فوق الطبقة الصخريةعلى الانتاج

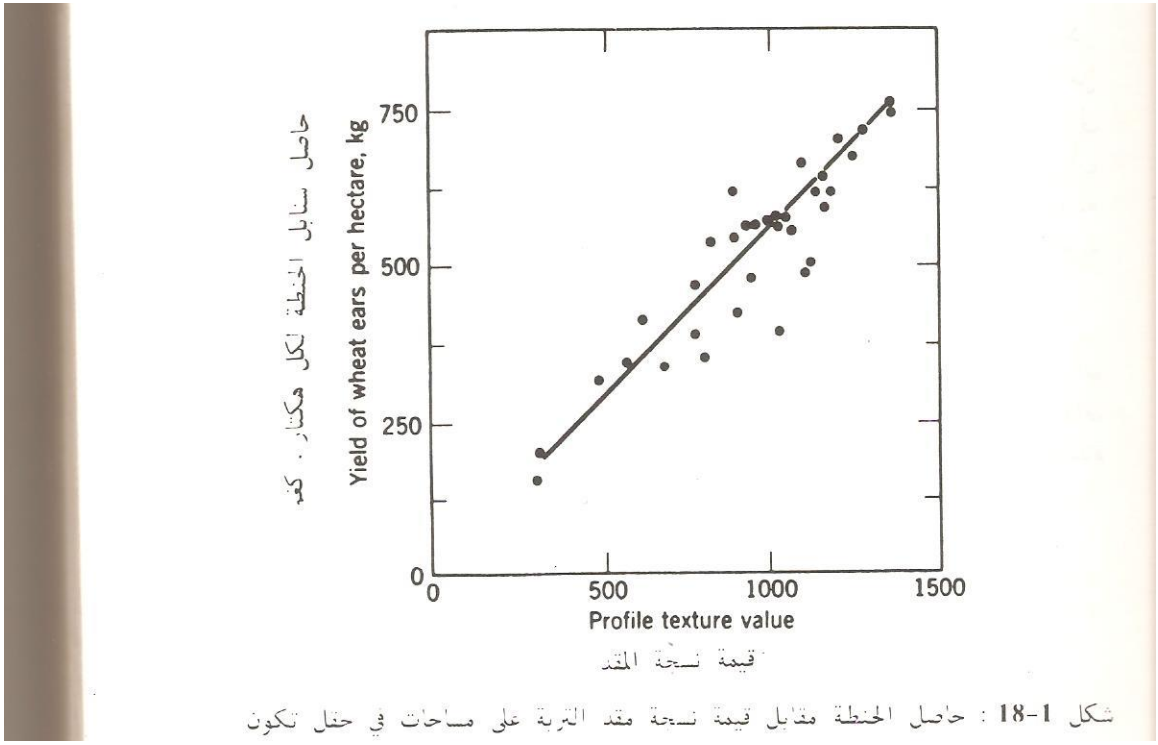
يجهز دليلاً على الانتاج السنوي للغابات .



شكل 1-17 : الانتاج السنوي للغابات في ترب مصنفة على أساس العمق فوق الطبقة الصخرية تحت التربة . (Black, 1968)

* تاثير قيمة نسجة المقد على حاصل الحنطة

نسجة المقد = مجموع (سمك كل افق (سم) x قيمة النسجة للافق)



شكل 1-18 : حاصل الحنطة مقابل قيمة نسجة مقد التربة على مساحات في حقل تكون

ماء التربة Soil Water

- احد اهم العوامل المؤثرة على انتاج المحاصيل
- يجب ان يتوفر بكميات كافية لتعويض الفقد الحاصل عن طريق التبخر – النتح evapotranspiration
- الماء ينقل العناصر الغذائية الذائبة في محلول التربة الى جذور النبات
- يؤثر بدرجة كبيرة على تهوية التربة ودرجة حرارتها
- قلما يكون المحتوى المائي للتربة عند الدرجة المثالية لاقصى انتاج

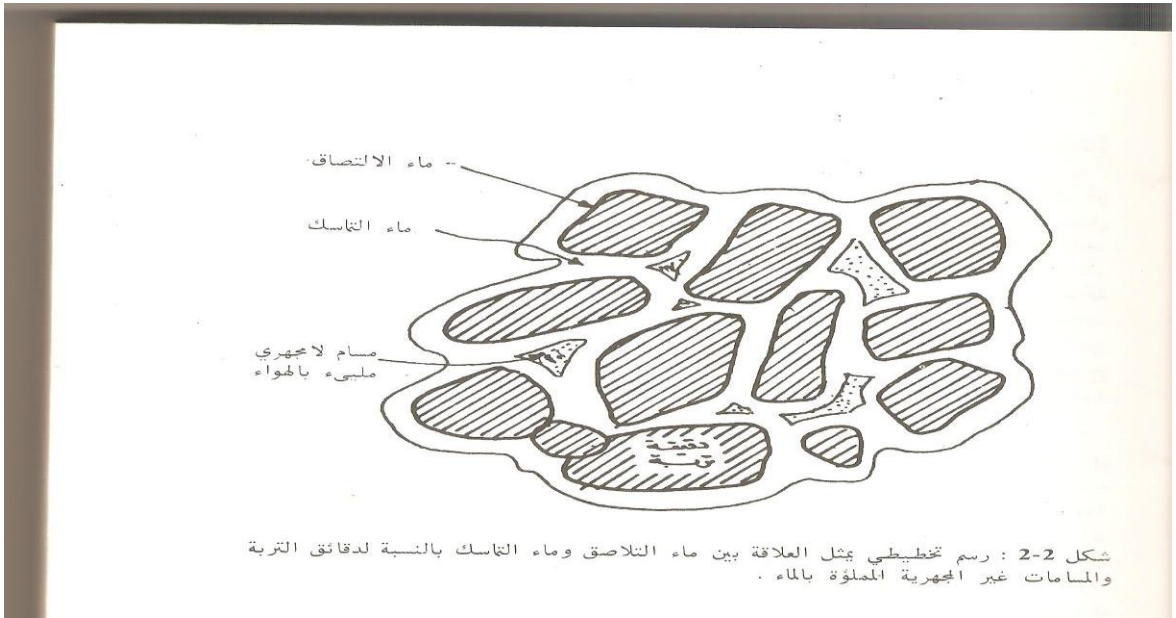
Concept

Managing soil moisture is the critical management component of irrigated agriculture.

يتعرض الماء بالتربة الى

- قوى تماسك cohsein force : ارتباط جزيئات الماء مع بعضها بواسطة الاواصر الهدروجينية
- قوى التلاصق adhesion force : جذب دقائق التربة لجزيئات الماء
- الجذب الشديد لجزيئات الماء من دقائق التربة يسبب انتشار الماء فوق سطح دقائق التربة بشكل غشاء حينما يلامس الماء السائل دقائق التربة الجافة
- يؤدي امتصاص الماء على اسطح دقائق التربة الى
  - 0 انخفاض في حركة جزئيات الماء
  - 0 انخفاض في كمية طاقة الماء
  - 0 اطلاق حرارة بسبب تحول الماء الى مستوى اوطئ من الطاقة

- تمدص عدة طبقات من جزئيات الماء بقوة على دقائق التربة بسبب قوى الالتصاق ويسمى بماء الالتصاق (adhesion water) وماء الالتصاق قليل الحركة ان لم يكن معدوم
- عند الابتعاد عن مجال جذب دقائق التربة لجزئيات الماء فان جزيئات الماء في الغشاء المائي بواسطة قوى التماسك ويسمى بماء التماسك (cohesion water) وقابليتها على الحركة تكون اكثر من ماء التلاصق ولها مستوى طاقة اعلى وتتحرك بسهول اكبر
- سمك الغشاء المائي (الشامل لماء التماسك وماء التلاصق) في التربة يصل الى 25 -20 جزيئة من الماء



شكل 2-2 : رسم تخطيطي يمثل العلاقة بين ماء التلاصق وماء التماسك بالنسبة لدقائق التربة والمسامات غير المجهرية المملوءة بالماء .

X Energy concept of soil moisture طاقة ماء التربة

مسك الماء بواسطة التربة وقدرة الماء للحركة من مكان الى اخر في التربة وانتقالة من التربة للنبات وانتقالة من النبات الى الجو له علاقة بالطاقة . وباستعمال مفهوم الطاقة يكون من السهولة مقارنة جاهزية الماء في ترب مختلفة النسجة وتحت الظروف المختلفة وعادة تقاس طاقة ماء التربة بوحدة البار.

مكونات طاقة ماء التربة

يتعرض الماء بالتربة لعدة انواع من القوى التي تسبب الاختلاف في الطاقة الحرة لة مقارنة بالماء الحر النقي المرجع . جهود ماء التربة

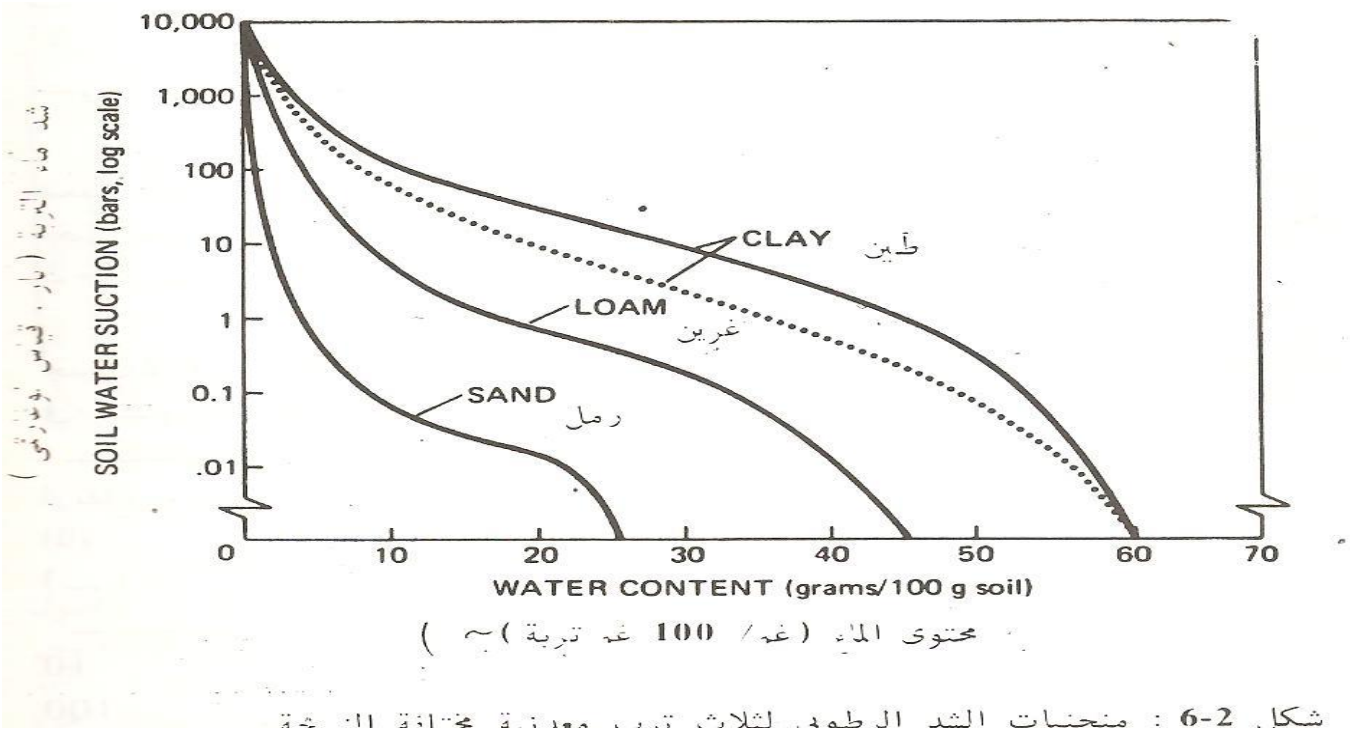
$$P_w = P_g + P_m + p_s$$

الجهد الكلي جهدالجاذبية جذب الدقائق الجهد الازموزي

(+) (-) (-)

محتوى رطوبة التربة والشد

- العلاقة بين شد ماء التربة والمحتوى الرطوبي لثلاثة ترب مختلفة النسجة

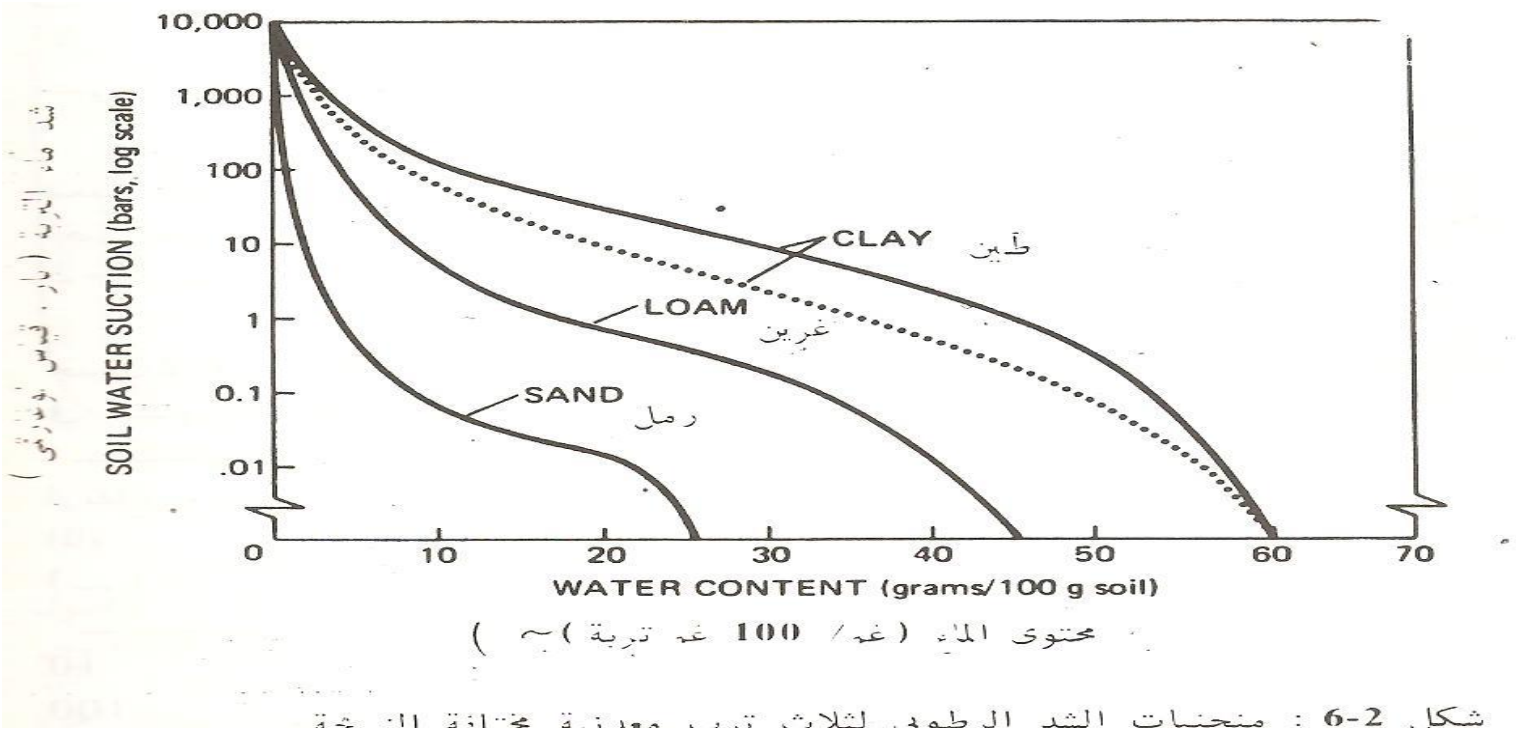


شكل 2-6 : منحنيات الشد الرطوبي لثلاث ترب مختلفة النسجة

- الانخفاض في الشد يكون تدريجيا مع زيادة ماء التربة وبالعكس
- التربة الطينية تمسك ماء اكثر تحت مستوى شد معين من الترب الرملية او المزيجية
- الماء الممسوك تحت مستوى رطوبي معين في التربة الطينية اكثر من الترب الاخرى

ظاهرة الاظطراب (Hystersis)

تحدث ظاهرة مهمة عندما يتعاقب ترطيب وتجفيف التربة



شكل 2-6 : منحنيات الشد الرطوبي لثلاث ترب معدنية مختلفة النسجة

المنحنى الاعلى (الغير منقط) يمثل منحنى فقد الماء والذي يحصل بواسطة التجفيف البطيء للتربة المشبعة . اما المنحى الاسفل (الخط المنقط) يمثل منحنى الامتزاز الناتج عن ترطيب التربة الجافة . ان الفرق بين المنحنين هو نتيجة لظاهرة الاظطراب

اسبابها

- وجود الهواء في التربة عند اعادة ترطيبها .والهواء يسد بعض المسامات ويمنع الاتصال الفعال بينهما
- يحصل انكماش للتربة عند جفافها وعند اعادة الترطيب فليس بالضرورة ان تعطي نوع المسام نفسه

✓ طرائق قياس رطوبة التربة

يستعمل نوعان من القياسات

* المحتوى الرطوبي : استعمال النسبة المئوية للوزن الرطب او مقدار الماء (غم) المرتبطة في 100 غم تربة جافة

- قياس الوزن النوعي (gravimeteric) وتستخدم لقياس النسبة المئوية للوزن . حيث يؤخذ وزن معلوم من نموذج التربة وتجفف فرن على 110-100 درجة مئوية وتوزن مرة ثانية . فالماء المفقود يعبر عن رطوبةالنموذج

- قياس الرطوبة على اساس المقاومة Resistance measurment

0 جبسم بلوك gypsum block

تدفن في التربة وتكون مرتبطة بالكترودات . فعند وضعها بالتربة الرطبة سوف تمتص الماء حتى الوصول الى حالة التعادل . تقدر المقاومة الكهربائية في هذة الصفائح ومنها تقدر رطوبة التربة عن المعايرة مع جداول قياسية . تعطي هذة الطريقة دقة مقبولة لقراءات الرطوبة بين 15-1 بار

0 تفريق النيوترونات Neutron probe

ايون الهيدروجين يقلل سرعة النيوترونات المنطلقة بسرعة وتفريقها تعطي قراءات دقيقة في الترب المعدنية . استعمالها محدود جدا في الترب العضوية عندما يكون مصدرالهيدروجين مكونات اخرى غير الماء . اضافةالى ذلك تعتبر مكلفة

* الطرائق المبنية على اساس الشد

0 Tensiometer

اكثر فعالية في الترب الرملية ومجال عمله بين 0.8 -0 بار

0 صفيحة الشد (Tension plate)

يستعمل في المختبر ومجال عملة بين 1 - 0 بار

0 الاغشية المسامية (pressure membrane)

يستعمل في المختبر لقياس العلاقة بين المحتوى الرطوبي وقوة مسك جزئيات التربة الصلبة للماء تحت قيم شد تصل الى 100 بار

تقارن القراءات التي يتم الحصول عليها من هذة الطرق مع جداول قياسية لمعرفة رطوبة التربة

* بعض الترب يتغر لونها عندما يتغير محتواها الرطوبي من الرطب الى الجاف
* ممكن استعمال مظاهر العطش على النبات مثل التفاف الاوراق في نبات الذرة

✓ حركة الماء في التربة

infiltration : دخول الماء الى التربة

percolation , permeability or: حركة الماء داخل التربة

hydraulic coductivity

- المسامات البينية pore space تلعب الدور الرئيسي في دخول وحركة الماء في في التربة كماانها تكون مخزن الماء في التربة
- infiltration rate ممكن ان يكون معدوم في الترب الطينية الثقيلة والترب المضغوطة او قد يصل الى اكثر من 10 انجات خلال ساعة واحدة في الترب الرملية والترب ذات التجمعات المنتظمة(well aggregate)
- قلة معدلات ال infiltration يؤدي الى تجمع المياة على سطوح الترب المستوية او الى الجريان (run off) في الترب ذات الانحدار
- المادة العضوية وخاصة المخلفات النباتية والجذور المتفسخة تحسن من تركيب الترب من خلال تكوين تجمعات التربة مما يؤدي الى زيادة مسامات التربة وبالتالي تزيد من سرعة معدلات دخول الماء الى التربة وكذلك حركة الماء

- حركة الماء داخل التربة (permbility) تختلف باختلاف النسجة وبناء التربة كما في الجدول ادناة

Permeability class	Rate (inch\ hour)
Very rapid	Greater than 10
Rapid	5 – 10
Moderately rapid	2.5 -5
Moderate	0.8 - 2.5
Moderately slow	o.2 – o.8
Slow	o.o5 – o.2
Very slow	Less than o.o5

بهذة الطريقة ينتقل الماء الى الطبقة التحت سطحية(subsurface) والمنطقة الجذرية للنبات وقد يصل الماء الى المياة الجوفية وقد يسبب تلوثها ان كان الماء يحتوي على النترات اوالمبيدات بكميات كبيرة

- يوجد ثلاثة انواع من حركة الماء في التربة

* حركة الماء في التربة المشبعة ← تحدث عندما تكون جميع المسام مملؤة بالماء
* حركة الماء في التربة الغير مشبعة ← تحدث عندما مملؤة نسبيا بالماء
* حركة بخار الماء

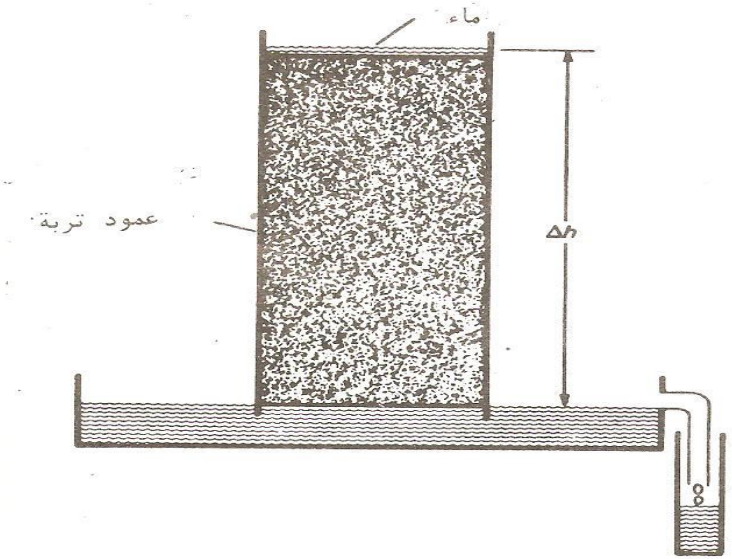
تحدث حركة الماء في التربة من المنطقة ذات الجهد العالي الى المنطقة ذات الجهد الواطئ

* حركة الماء في الترب المشبعة :

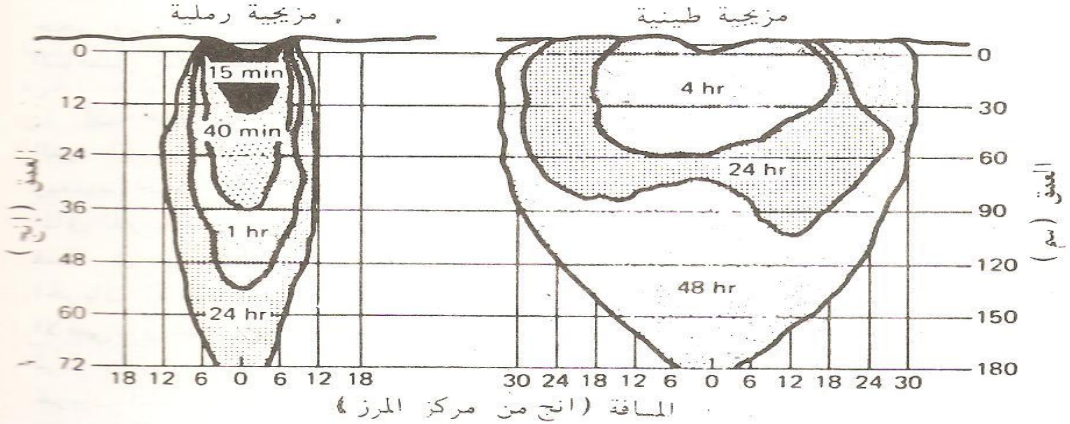
0 القوة المسببة للجريان هي نتيجة لاختلاف ارتفاع الماء فوق وتحت عمود التربة ويعتمد حجم الماء المتحرك الى الاسفل على هذة القوة وكذلك على التوصيل المائي للتربة

0 الحركة تكون عموديا وافقيا وتكون سرعة الجريان العمودي اعلى من الافقي

0 تختلف سرعة جريان بالماء باختلاف نسجة التربة



شكل 2-12 : حركة الماء في عمود تربة مشبع . القوة التي تسبب حركة الماء خلال التربة هي Δh . والتي تمثل الاختلاف في ارتفاع الماء فوق وتحت طبقة التربة .



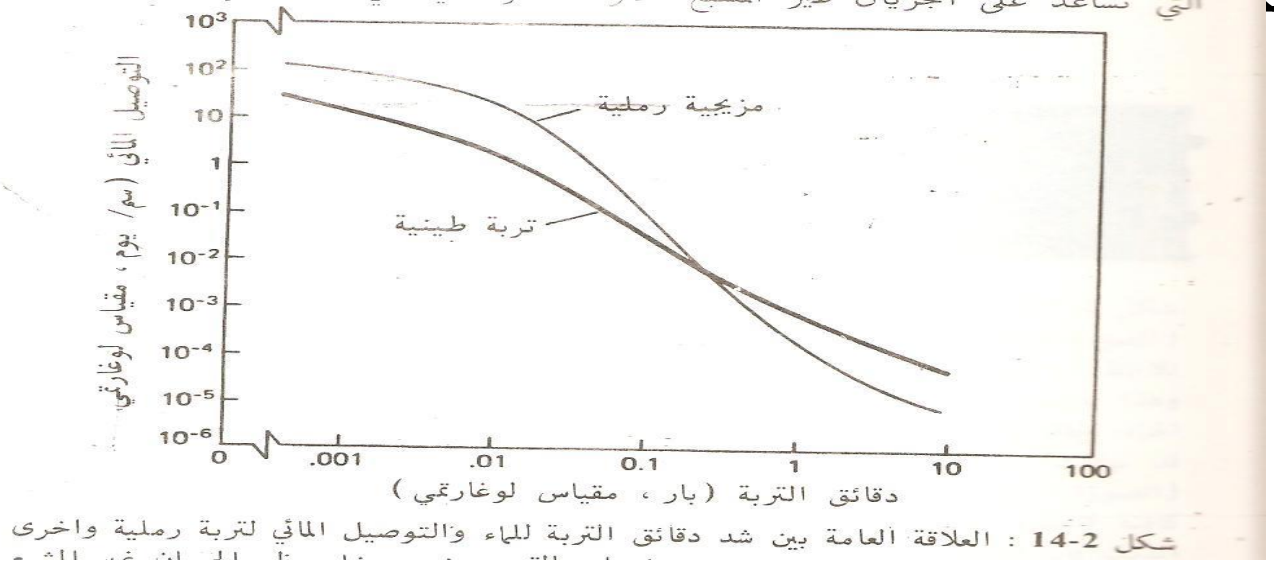
شكل 2-13 : مقارنة لسرعة حركة ماء الري في تربة رملية (على اليسار) وتربة مزيجية طينية (على اليمين) (Brady, 1974)

*حركة الماء في التربة الغير مشبعة : X

0 تحت الظروف الحقلية تحدث حركة معظم ماء التربة عندما تكون معظم مسمات التربة غير مشبعة بالماء. مسامات التربة الكبيرة مملوءة بالهواء والمسامات الصغرية (الشعرية) تكون مملوءة بلماء وبعض الهواء اضافة الى ذلك عدم التجانس في حجم المسام في التربة يؤدي الى عدم الاستمرارية بين جيوب الماء الغير متصلة بعضها في البعض

0 تكون حركة الماء في التربة بطيئة جدا مقارنة بالحركة في الترب المشبعة

0 تختلف في الحركة باختلاف بنية التربة



شكل 2-14 : العلاقة العامة بين شد دقائق التربة للماء والتوصيل المائي لتربة رملية واخرى

✓ مسك رطوبة التربة في الحقل X

المحتوى الرطوبي في التربة ممكن ان يعبر عنه

الطريقة الوزنية (غم ماء \ غم تربة) او الطريقة الحجمية (مل ماء\مل تربة)

(اكثر شيوعا بالاستعمال)

1 gm of water = 1 milliliter of water

* الاشباع (saturation)

جميع المسامات الكبيرة والصغيرة تكون مملؤة بالماء والشد الناتج من مسك حبيبات التربة الصلبة للماء تكون صفر .

حجم الماء في التربة = حجم مسام التربة الكلي

* السعة الحقلية (field capacity)

0 المسامات الكبيرة مملؤة بالهواء والصغيرة مملؤة بالماء

0 يتم الوصول لها بعد بزل التربة المشبعة بالماء لمدة بين 48 -24 ساعة

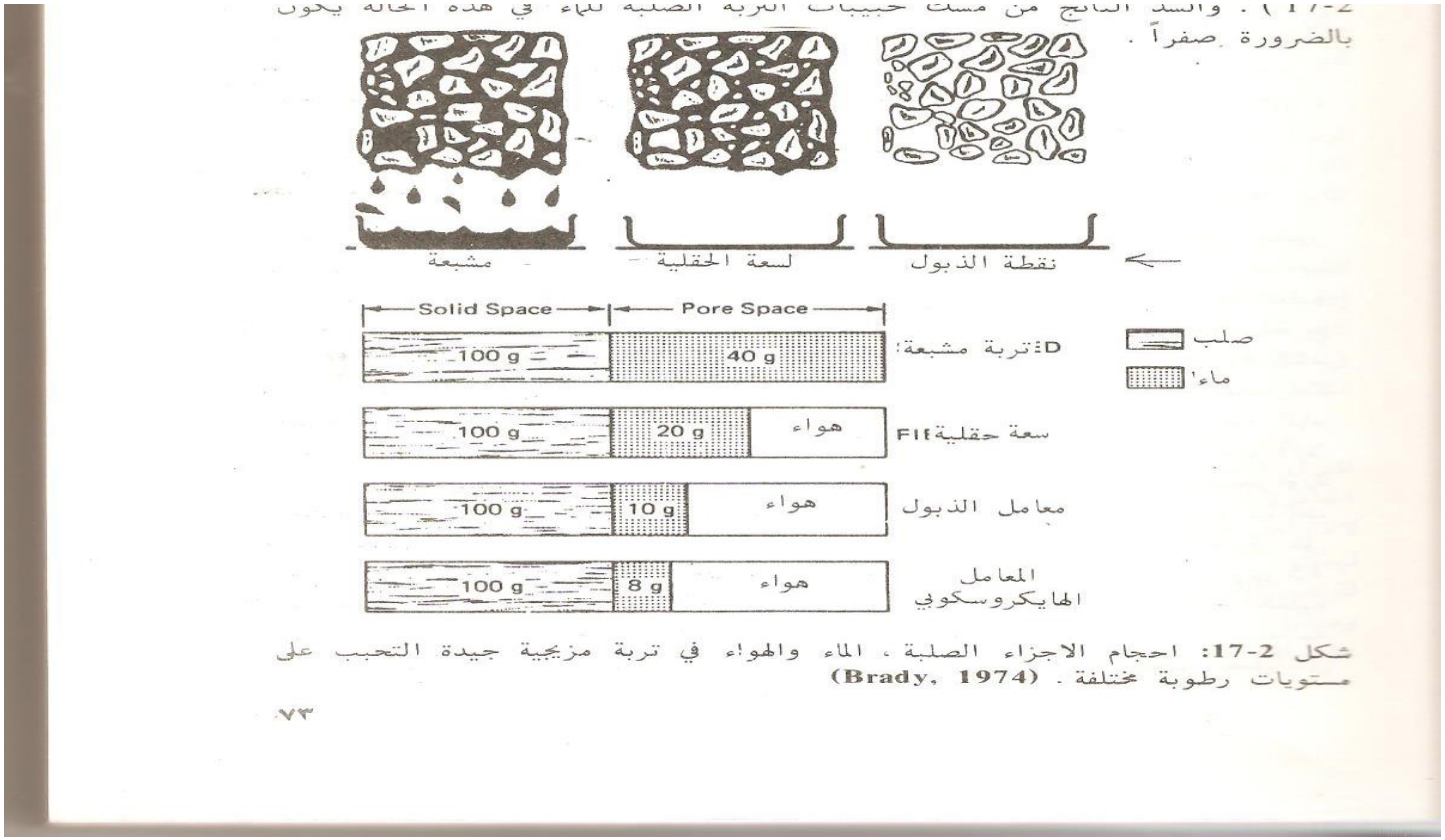
0 الماء الموجود بالتربة ممسوك بقوى اكبر من قوى الجذب الارضي

0 الشد الرطوبي يساوي 1\3 بار

* نقطة الذبول الدائم (permanent wiliting point)

0 كمية الماء المتبقية قي التربة بعد استعمال النبات لجميع كمية الماء القابلة للاستعمال من قبل النبات ويكون ممسوك على دقائق التربة بقوة لايمكن النبات الاستفادة من الماء . في هذة الحالة يكون الماء ممسوك على دقائق التربة بهيئة أغشية رقيقة

0 الشد الرطوبي للتربة اكثر من 15بار



شكل 2-17: احجام الاجزاء الصلبة ، الماء والهواء في تربة مزيجية جيدة التحبب على مستويات رطوبة مختلفة . (Brady, 1974)

٧٣

✓ التصنيف البايلوجي لماء التربة

* ماء الجذب الارضي (gravitational water)

كمية الماء الممسوكة في التربة بين الاشباع والسعة الحقلية

(صفر - -1\3 بار)

* قابلية التربة لمسك الماء (water holding capacity)

كمية الماء بين السعة الحقلية ونقطة الذبول

1\3 - 31 بار

* الماء الجاهز (available water)

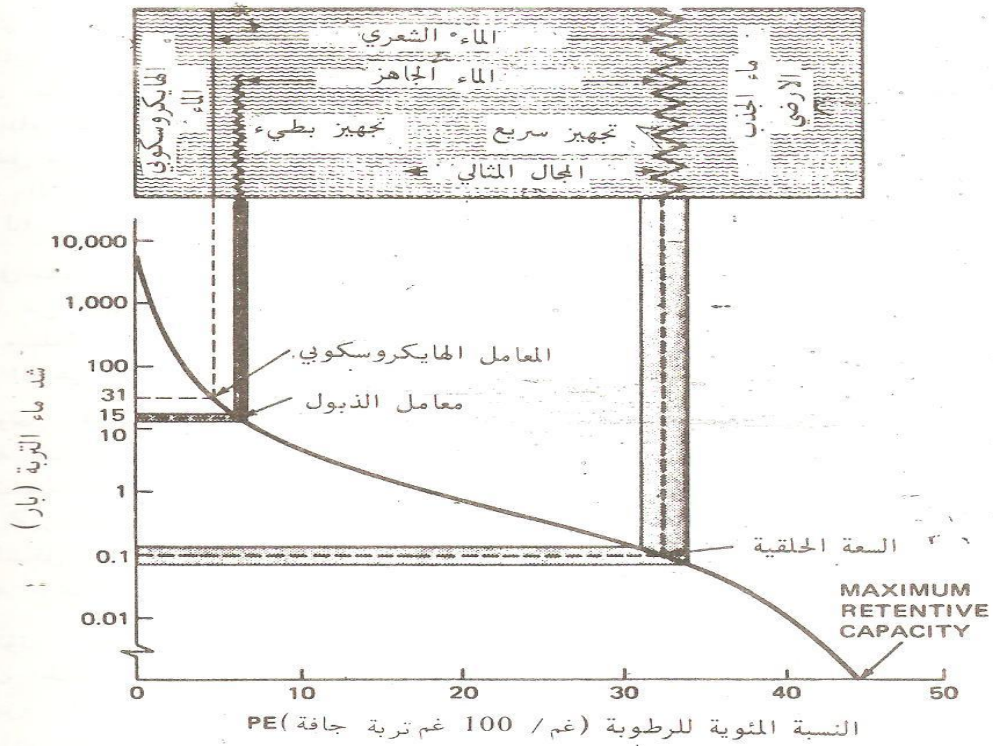
كمية الماء التي تمثل تقريبا 50% من الwater holding capacity

1\3 - 15 بار

* الماء الهايكروسكوبي (hygroscopic water)

الماء المغلف لدقائق التربة ولايمكن للنبات الاستفادة منة

اكثر من 31 بار



شكل 2-18: المنحنى الرطوبي لتربة مزيجية موضحاً المصطلحات المستعملة لوصف ماء التربة . (Brady, 1974)

* يختلف المحتوى الرطوبي وكذلك قابلية التربة على مسك الماء (water holding ca.)
باختلاف نسجة التربة

Table 2.5. Estimated soil water for three soil textures

	~Inches of water/foot of soil~		
	Sand	Loam	Silty clay loam
Saturation	5.2	5.8	6.1
Field Capacity	2.1	3.8	4.4
Permanent wilting point	1.1	1.8	2.6
Oven dry	0	0	0
Gravitational	3.1	2	1.7
Water holding capacity	1	2	1.8
Plant available	0.5	1	0.9
Unavailable	1.1	1.8	2.6

Table 2.6. Range of water holding capacity for different soil textures

Textural class	Water holding capacity, inches/foot of soil
Coarse sand	0.25 - 0.75
Fine sand	0.75 - 1.00
Loamy sand	1.10 - 1.20
Sandy loam	1.25 - 1.40
Fine sandy loam	1.50 - 2.00
Silt loam	2.00 - 2.50
Silty clay loam	1.80 - 2.00
Silty clay	1.50- 1.70
Clay	1.20 - 1.50

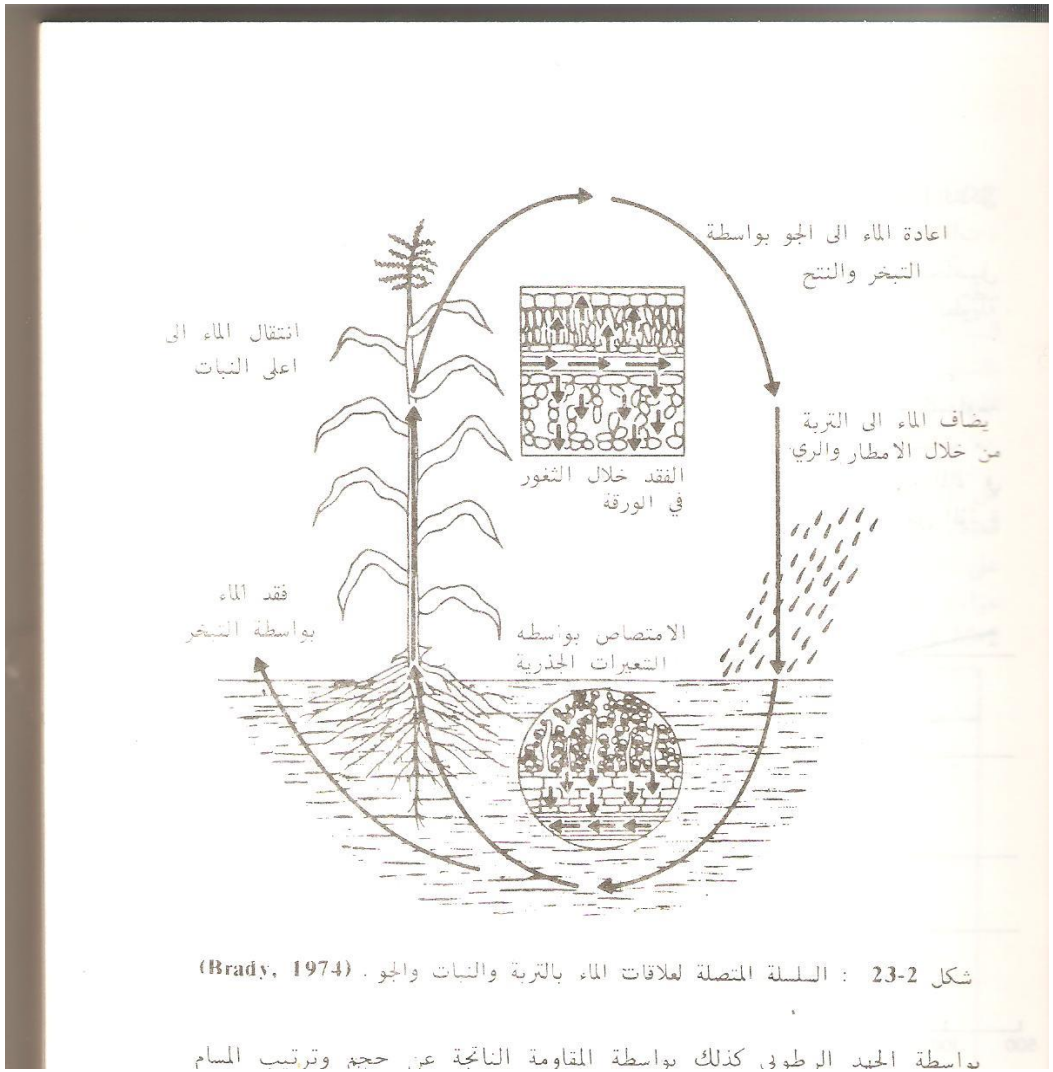
Table 2.7. Calculation of water holding capacity for a soil profile

Depth from soil surface	*Depth of layer*	*Soil texture*	*Water holding capacity*	*Available water*	*Available water*
Inches	*Feet*		*In/ft*	*In/layer*	*In/5 ft*
Soil A					
0-6.0	0.5	Loamy fine sand	1.2	0.6	
6.0-24	1.5	Loamy fine sand	1	1.5	
24-60	3	Fine sand	0.7	2.1	
Total					4.2
Soil B					
0-12.0	1	Silty clay	1.5	1.5	
12.0-30	1.5	Silty clay loam	2	3	
30-60	2.5	Loamy sand	1.1	2.7	
Total					7.2

Water relations are greatly affected by cultural practices, but the effect is largely indirect. For instance

✓ المتطلبات المائية للنبات

ان المتطلبات المائية للنبات تتحدد بنظام يشمل علاقات التربة والنبات والجو



شكل 2-23 : السلسلة المتصلة لعلاقات الماء بالتربة والنبات والجو . (Brady, 1974)

بواسطة الجهد الرطوبي كذلك بواسطة المقاومة الناتجة عن حجم وترتيب المسام

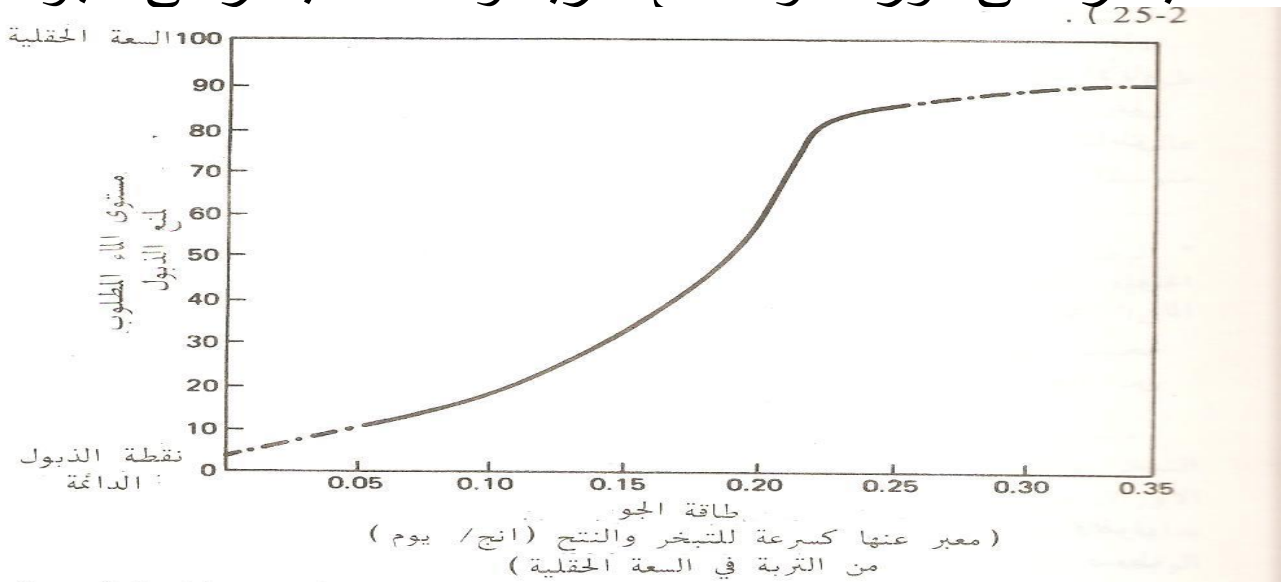
- يتحرك الماء من التربة الى النبات ثم يعود الى التربة ثانية
- حركة الماء في الدورة تقاس الجهد الرطوبي وكذلك بواسطة بواسطة المقاومة الناتجة عن حجم وترتيب المسام والغشية النافذة
- تتحدد سرعة حركة الماء في الدورة بمقدار الاختلاف في الجهد المائي بين مكونات الدورة
- يكون الجهد الرطوبي

للتربة > الجذر > الساق > الاوراق > الجو

تربة ← جذر ← ساق ← اورق ← جو

✓ التبخر والنتح Evapo- transpiration

- يفقد الماء من التربة عن طريق النتح من سطوح الاوراق والتبخر من سطح التربة ويطلق على هذة العمليتين بالتبخر والنتح ويكون مسؤل عن معظم الماء المفقود من التربة تحت ظروف الحقل الاعتيادية
- ان معدل فقد الماء من التربة والنبات يعتمد على الفرق في جهد الرطوبي والذي يعرف بفارق ضغط البخار (vapor- pressure gradient) وهو الاختلاف بين ضغط البخار على الورقة او سطح التربة وضغط البخار فى الجو

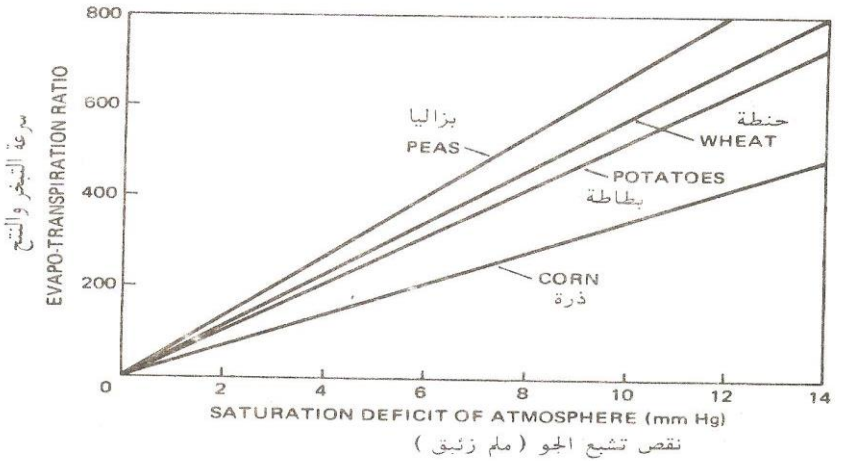


شكل 2-25: مستوى الرطوبة الذي تحتاجه لمنع الذبول للذرة الصفراء النامية في تربة مزيجة طينية غرينية تحت ظروف مختلفة في طاقة الجو. مستوى الرطوبة هو يبين نقطة الذبول الدائم (0) والسعة الحقلية (100). طاقة الجو والتي تشمل الحرارة وسرعة الرياح وغيرها معبر عنها بعملية التبخر والنتح. (Denmead and Shaw, 1962)

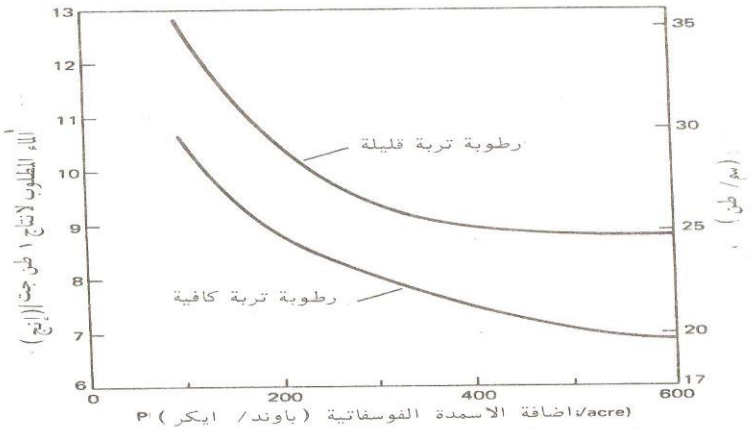
✓ كفاءة استعمال الماء من قبل النبات X

يعبر عن كفاءة استعمال الماء

- عدد وحدات الماء اللازمة (النتح) لانتاج وزن معين من المادة الجافة ويطلق عليها نسبة النتح (transpiration ratio) وتتراوح بين اقل من200 الى اكثر من 1000 اعتمادا على نوع المحصول
- كمية المادة الجافة الناتجة من استعمال عدد معين من وحدات الماء ويطلق عليها بكفاءة استمال الماء (water use effeciency)
- تتاثر كفاءة استعمال الماء بظروف النمو وحالة الترب



شكل 2-26 : نسب التبخر والنتح لنباتات محاصيل مختلفة نامية في مواقع مختلفة في نقص تشبع الجو . في المواقع الجافة المناخ (اعلى نقص تشبع) فان الذرة تستعمل ماء اقل لكل حدة مادة جافة ناتجة في حين البزاليا تستخدم اكثر . (Brady, 1974)



شكل 2-27 : تأثير اضافات الفوسفات ومستوى رطوبة التربة على كمية الماء التي يتطلبها انتاج طن واحد من الجت . تم الحصول على اكثر كفاءة لاستخدام الرطوبة عندما كان مستوى السماد عالياً وتجهيز الرطوبة كافياً . (Kelly, 1954)

2-6: تجهيز الماء وسلوك النبات :

✓ تجهيز الماء وسلوك النبات

- النمو :

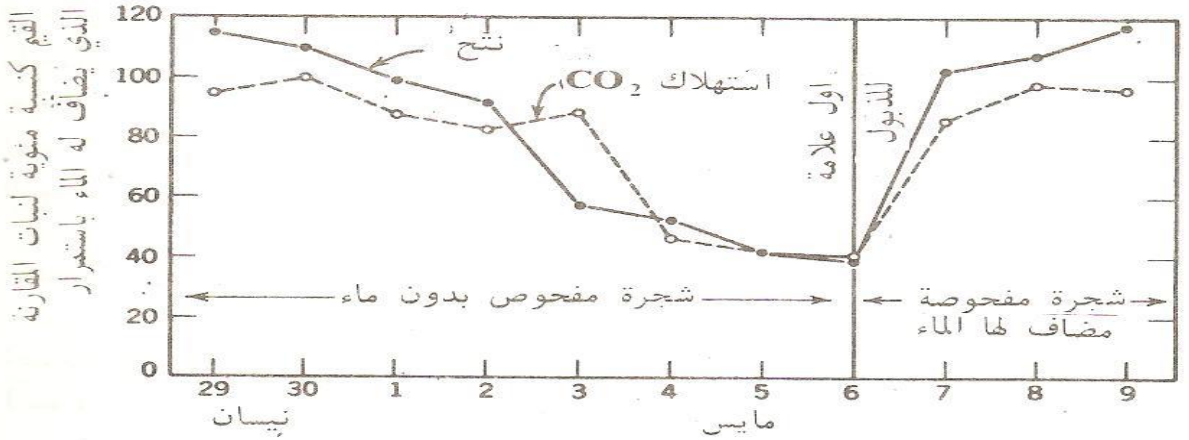
يؤدي الماء ادورا مباشرة ومهمة في استطالة الخلايا من خلال الضغط الانتفاخي الذي يسببة امتصاص الماء للخلية مسببا تمدد جدران الخلايا وبالتالي استطالتها حيث تكون اكثر مطاطية من الخلايا القديمة . ان نقص الانتفاخ الكلي كذلك يؤثر على نمو الجذور

جدول 2-4: معدل سرعة الزيادة في ارتفاع نباتات الذرة الصفراء في التربة تحت نسب مختلفة من الرطوبة (Black, 1968)

المحتوى الرطوبي للتربة ٪	عدد الملاحظات	معدل سرعة الزيادة في النمو لكل ساعة ، ملم
12-9	26	1.4
15-12	15	2.4
18-15	15	3.0
21-18	10	5.0
24-21	8	5.1

- النتح والتمثيل الضوئي

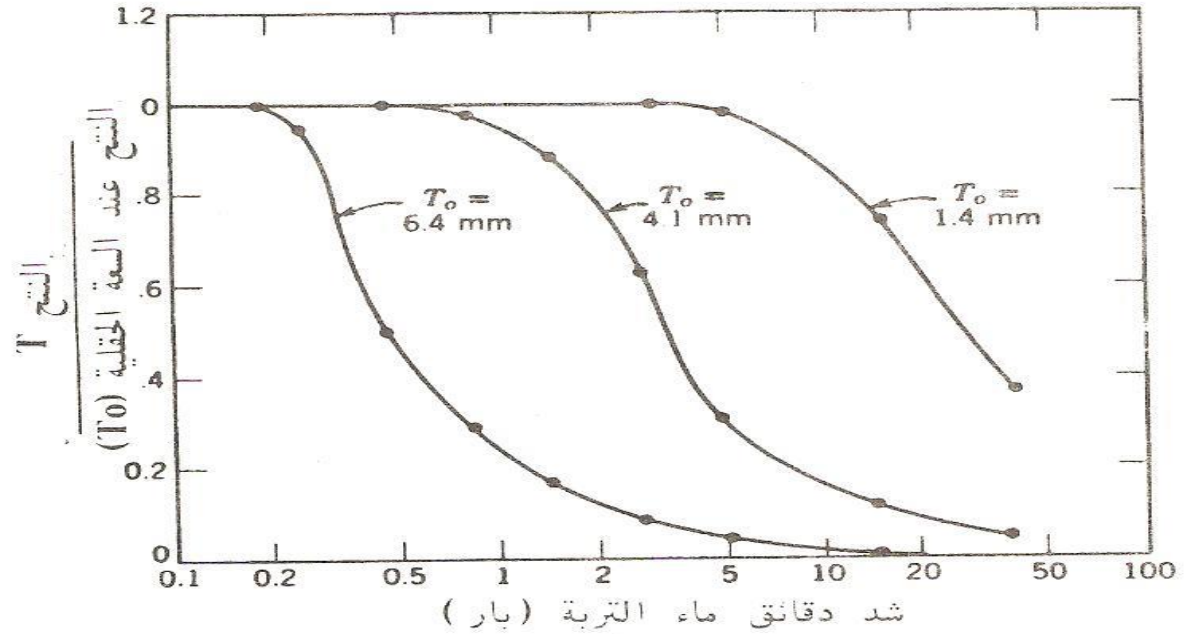
يكون التاثير من خلال تاثير الماء على فتح وغلق الثغور التي تؤدي الدور الرئيسي في تنظيم عمليتي فقد الماء ودخول غاز ثاني اوكسيد الكاربون (التركيب الضوئي) .



شكل 2-28: النتح وتمثيل ثاني أوكسيد الكاربون لكل ساعة لكل 100 سم٢ من سط الورقة لشجرة تفاح التي تركت بدون ماء من 28 نيسان الى 6 مايس مقارنة مع الق للنسب المئوية لشجرة تفاح مضاف لها الماء بشكل مستمر .

Schnieider and Childers, 1941)

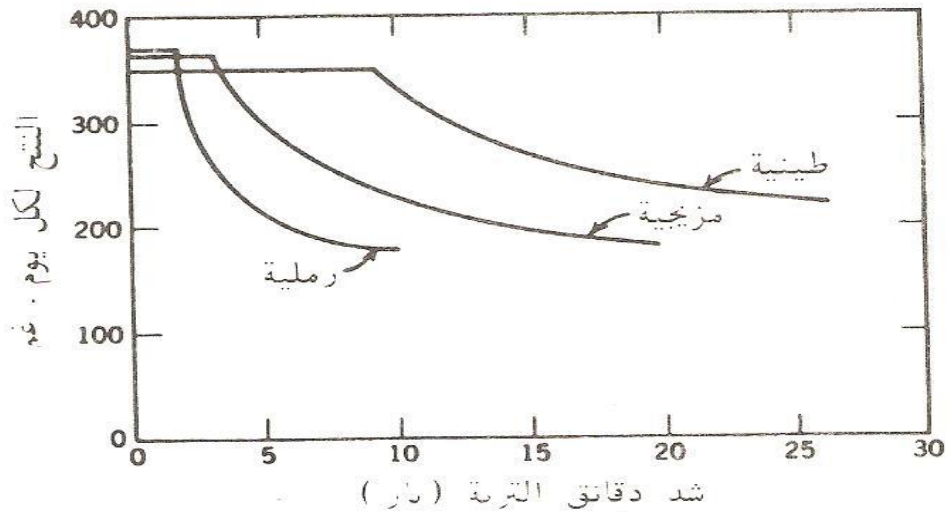
- تاثير الشد الرطوبي في التربة على عملية النتح



2-29: نسبة سرعة النتح لنبات الذرة مع الشد الرطوبي للتربة على ثلاثة أيام تكون سرعة النتح مختلفة للذرة النامية في تربة عند السعة الحلقية . الارقام على الخطوط ية في الشكل تمثل سرعة النتح المختلفة للذرة النامية في التربة عند السعة الحقلية في ملم 24 ساعة . **(Donmead and Shaw, 1962)**

- تاثير نسجة التربة على عملية النتح في النبات

(Donmead and Shaw, 1962) . لكل 24 ساعة



شكل 2-30: سرعة النتح لنبات قرن الغزال (نبات عشبي) تحت مستويات مختلفة من الشد الرطوبي لثلاث ترب . نمو النباتات كان في أنابيب زجاجية بقطر 23 سم . قيم توصيل التربة للماء عند النقاط التي تتكسر فيها الخطوط البيانية كانت 2×10^{5} . 2×10^{5} . و 4×10^{5} سم لكل يوم في حالة الرمل . المزيج . والطين . على التوالي .

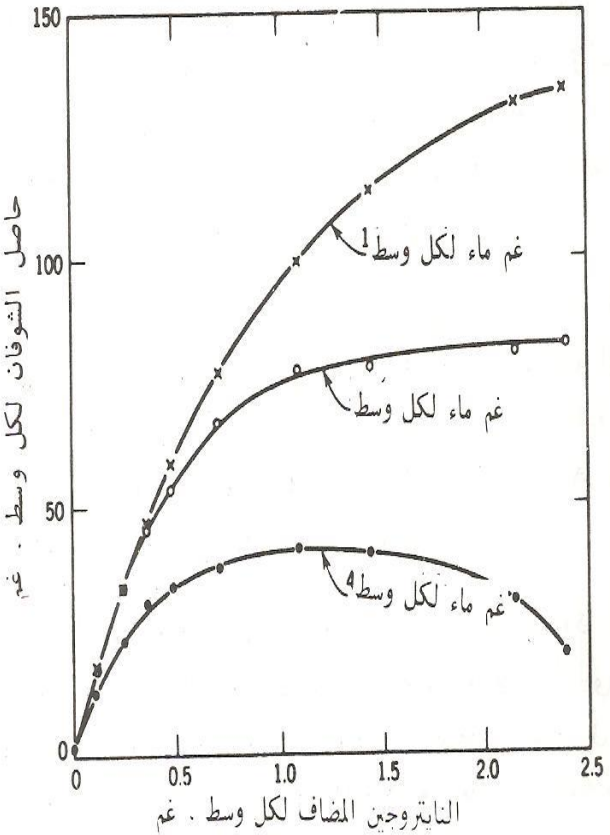
(Gardner and Ehlig, 1962a)

✓ نوعية المحصول

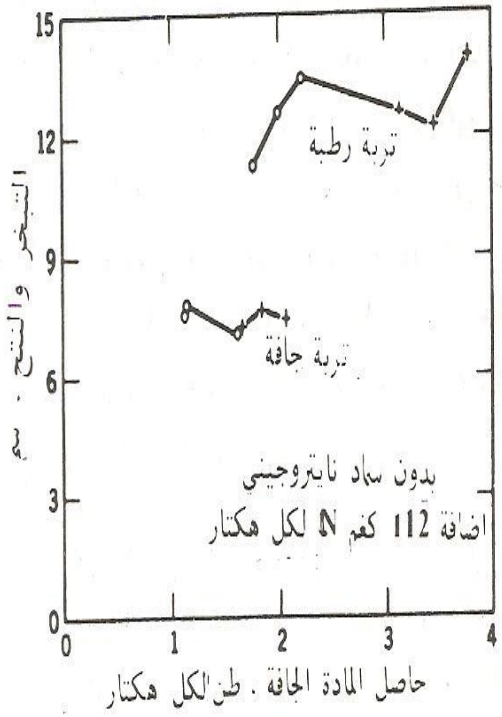
يؤثر نقص تجهيز الماء على محتويات المادة الجافة بعدة طرق :

- تثخن جدران خلايا الاوراق وزيادة ترسيب مادة الكاتين
- زيادة الضغط الازموزي لعصير الخلية
- يتحدد تمدد الثمار مما يؤدي الى صغر حجمها
- يؤثر على المحتوى الكيميائي للاوراق فنقص الرطوبة يؤدي الى
  - 0 يحسن نوعية اوراق التبغ
  - 0 زيادة محتوى الهايدروسيانيك في الذرة البيضاء
  - 0 ارتفاع محتوى النتروجين في اوراق النباتات النجيلية

- ✓ خصوبة التربة : تؤثر كمية الماء على استجابة النبات للتسميد

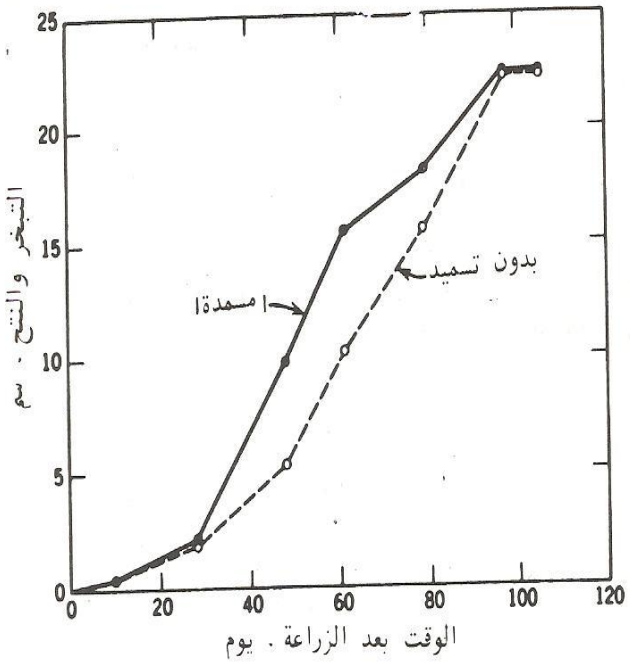


شكل 2-31 : حاصل الشوفان في اوساط رملية مع مستويات مختلفة من الماء والنايتروجين بشكل نترات الامونيوم . (From Black, 1968)

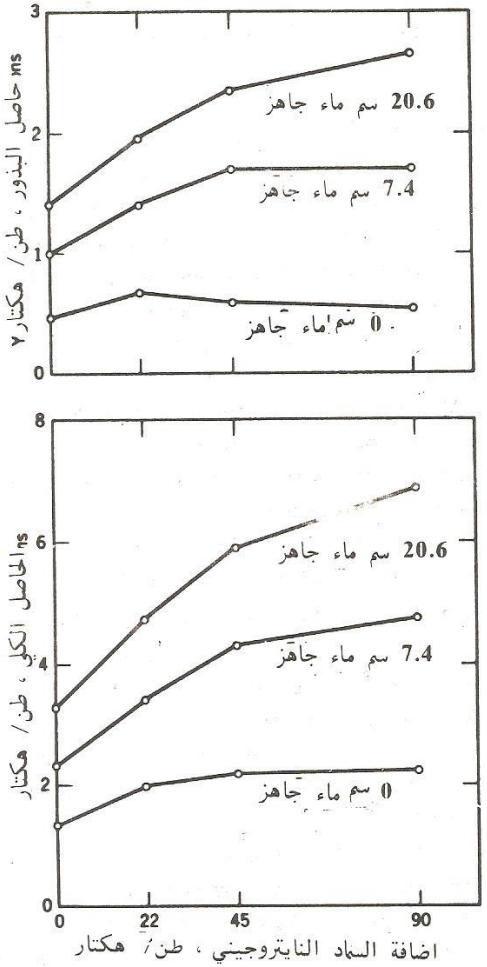


شكل 2-32 : التبخر والنتح وعلاقتهما بحاصل المادة الجافة للحشيش السوداني تحت مستويات مختلفة من تجهيز الماء . والتسميد بالنايتروجين . وكثافة النمو .

(Weaver and Pearson, 1956)



شكل 2-33: التبخر والنتح من الذرة المسمدة وغير المسمدة في اوقات مختلفة . الذرة المسمدة مضاف لها 157 كغم نايتروجين لكل هكتار . اضيف الماء الى التربة حتى السعة الحقلية ولعمق 2.4 متر في اليوم 46 بعد الزراعة رقم تغطيتها بطبقة من البولنيثلين في نهاية التجربة (Linscoff etal., 1962)



شكل 2-34 : حاصل البذور ومجموع المادة الجافة للحنطة الشتوية المزروعة في غرب ولاية نبراسكا الامريكية مع اضافات مختلفة من السماد النايتروجيني وكميات مختلفة من الماء الجاهز في التربة عند وقت الزراعة .

(Ramig and Rhoades, 1963)

هواء وحرارة التربة Soil air and Soil tepmperature

تهوية التربة :

التهوية هي تبادل الاوكسجين وثاني اوكسيد الكاربون بين الجو والتربة وجذور النبات . يحصل التبادل الغازي الظروري لتهوية الجذور من خلال :

التربة ⟵ الترب الجيدة التهوية

النبات ⟵ الترب المشبعة بالماء

تحصل التهوية الردئية في الترب بسبب

- المحتوى الرطوبي العالي مما يؤدي الى ملئ جميع المسامات الكبيرة والصغيرة بالماء (تربة غدقة) قد تكون حالة مؤقتة
- يكون التبادل الغازي مع الجو غير كافي وممكن ان تسبب هذة الحالة ردائة تهوية للتربة حتى لوكانت المسامات الكبيرة مملؤة بالهواء وسببها :

0 سرعة التفاعلات البايوكيميائية التي تؤثر على غازات التربة

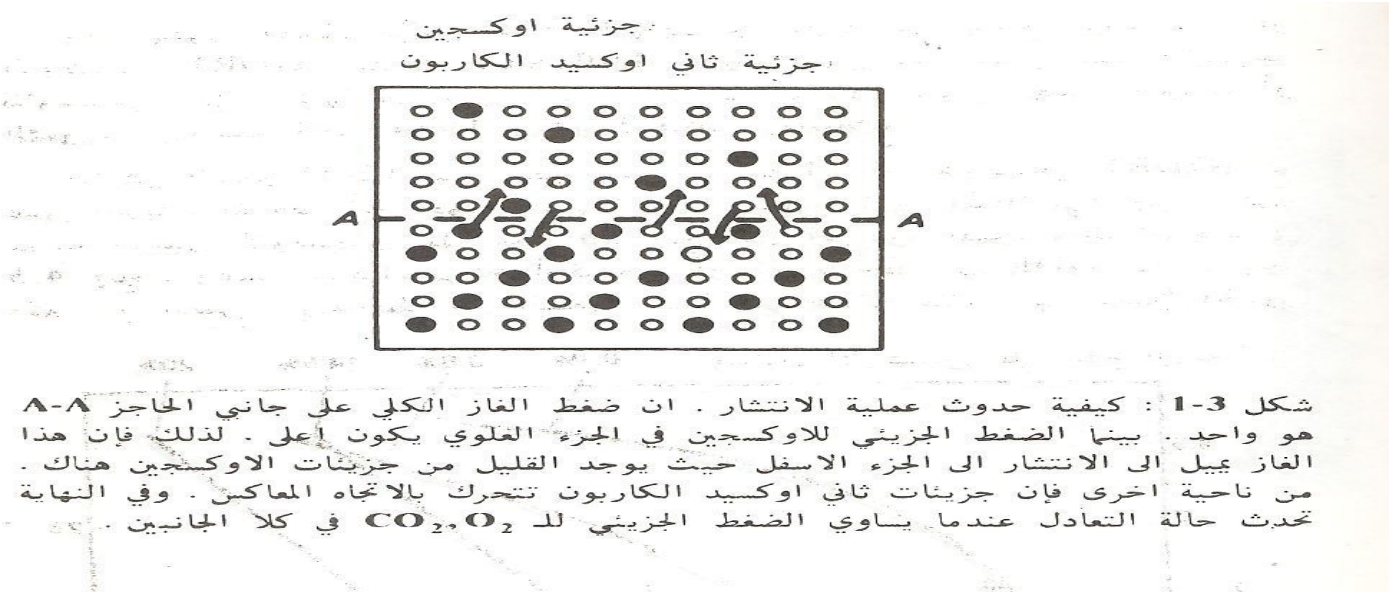
0 السرعة الطبيعية التي يتحرك فيها كل غاز في التربة او خارجها

- يحصل التبادل الغازي بين التربة والجو من خلال :

0 الجريان الكتلي (mass flow) ويحصل نتيجة لاختلاف الضغط بين بين هواء التربة والهواء الجوي ويكون نسبيا غير مهم في تقدير تبادل الغازات الكلي في التربة ولكن يكون مهم في بضع السنتيمرات العيا من التربة بسب التغير في درجة حرارة التربة .

0 الانتشار (diffusion) اذ يتحرك كل غاز في اتجاه

- يحدده الفرق في الضغط الجزئي ويسمح لحركة غاز معين من منطقة الى اخرى حتى وان لم هناك فرق في الضغط الكلي للغازات

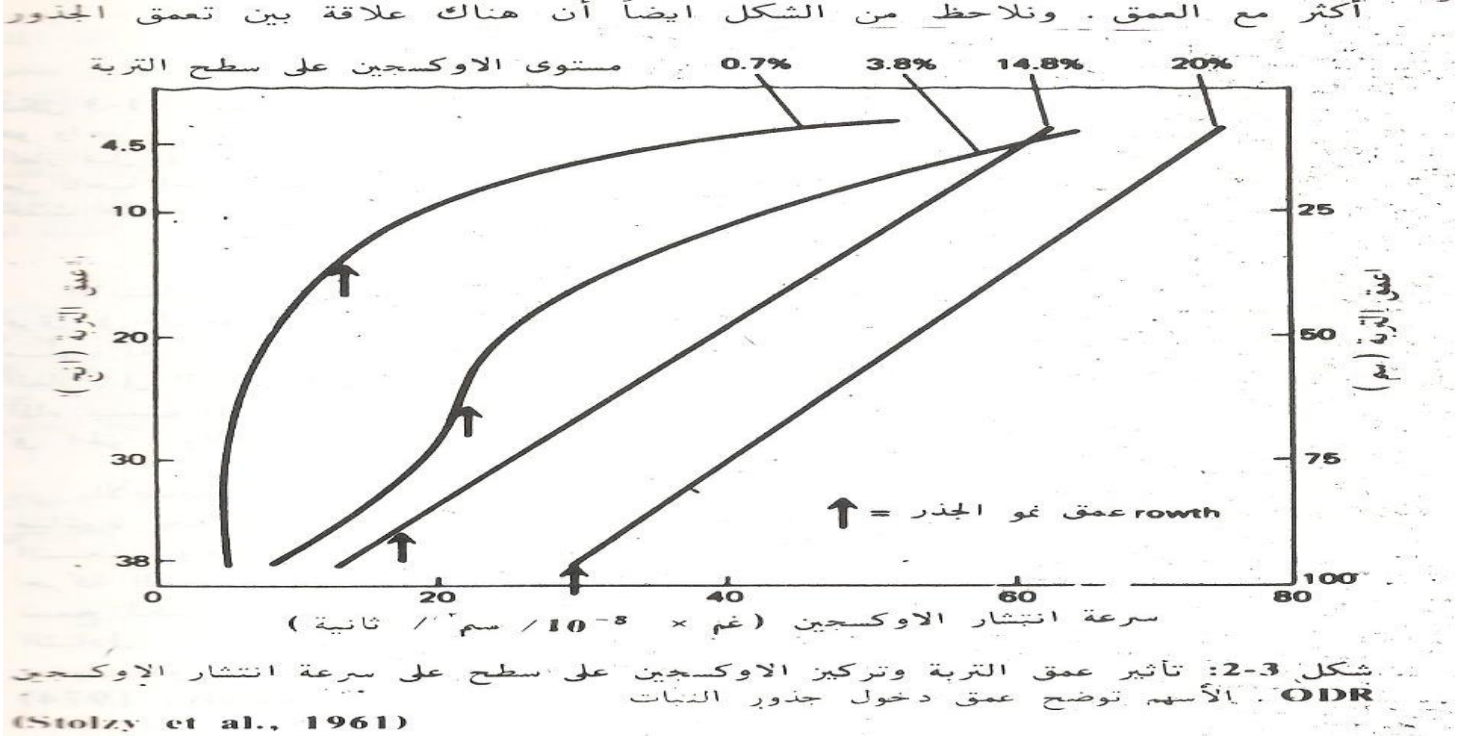


شكل 3-1 : كيفية حدوث عملية الانتشار . ان ضغط الغاز الكلي على جانبي الحاجز A-A هو واحد . بينما الضغط الجزيئي للاوكسجين في الجزء العلوي يكون اعلى . لذلك فإن هذا الغاز يميل الى الانتشار الى الجزء الاسفل حيث يوجد القليل من جزيئات الاوكسجين هناك . من ناحية اخرى فإن جزيئات ثاني اوكسيد الكاربون تتحرك بالاتجاه المعاكس . وفي النهاية تحدث حالة التعادل عندما يساوي الضغط الجزيئي للـ CO_2, O_2 في كلا الجانبين .

- حجم الفراغات االبينية المملؤءة بالهواء

في الترب السطحية الثقيلة النسجة وخاصة الترب الفقيرة البناء والترب التحتية المضغوطة فان معدل سرعة حركة الغازات تكون بطيئة وان كمية الماء الداخلة لسطح التربة تكون ضئيلة جدا مما يؤدي الى قلة التبادل الغازي بين التربة والهواء الجوي خاصة بعد سقوط الامطار او الري

0 افضل قياس لتهوية التربة هو بقياس سرعة انتشار الاوكسجين (Oxygen diffusion rate) والذي يستعمل لتقدير معدل سرعة تعويض الاوكسجين الذي يستعمل من قبل النبات او نتيجة امتلاء الفراغات بالماء



شكل 3-2: تأثير عمق التربة وتركيز الاوكسجين على سطح على سرعة انتشار الاوكسجين ODR . الأسهم توضح عمق دخول جذور النبات

(Stolzy et al., 1961)

- حتى باستعمال هواء جوي حاوي 21% اوكسجين فان سرعة انتشار الاوكسجين على عمق 38 انج كان اقل من نصف ذلك الموجود في عمق 4.5 انج
- عند استعمال تركيز اوكسجين اقل تكون ODR تقل بسرعة اكثر مع العمق
- يزداد نمو وتعمق الجذور بزيادة كمية الاوكسجين

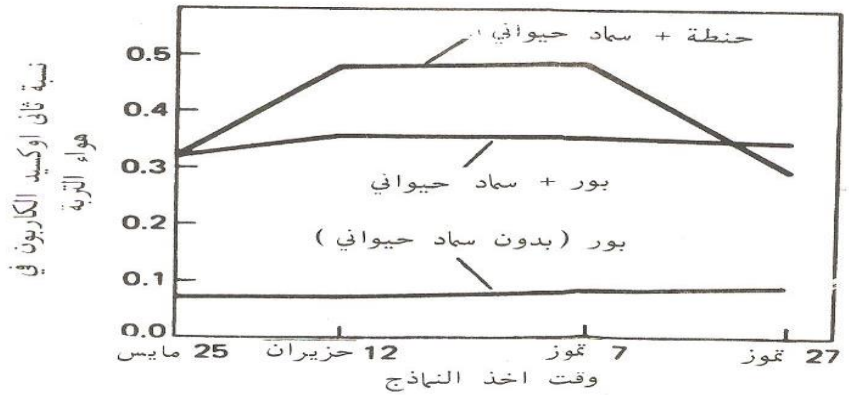
جدول 3-1 : مكونات هواء التربة في مواقع مختلفة مقارنة مع الهواء الجوي .
(Brady, 1974)

الموقع	النسبة المئوية بواسطة الحجم		
	O_2	CO_2	N_2
هواء التربة			
انكلترا	20.65	0.25	79.20
ولاية آيوا الامريكية	20.40	0.20	79.40
نيويورك	15.10	4.50	81.40
هواء الجو			
انكلترا	20.97	0.03	79.0

وبالمقارنة مع هواء الجو فإن هواء التربة عادة يحوي اكثر على بخار الماء المشبع بالضرورة ، ما عدا الطبقة القريبة جداً من سطح التربة ، كذلك فإن تركيز الغازات مثل غاز الميثان وكبريتيد الهايدروجين التي تتكون من تحلل المادة العضوية يكون اكثر بعض الشيء في هواء التربة .

✓ العوامل المؤثرة على هواء التربة X

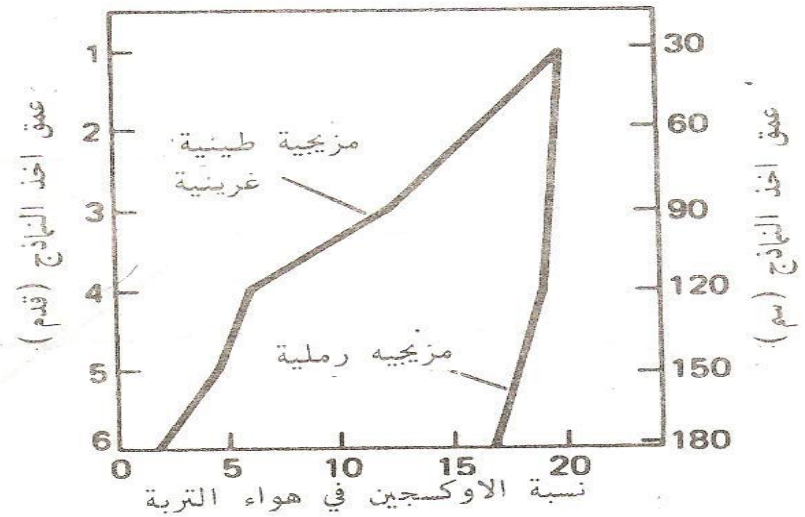
- المسامية الكلية للتربة : في الترب الرديئة الصرف والجيدة الصرف فان نسبة عالية من الفراغات البينية تمتلئ بسرعة بالماء بعد هطول الامطار الغزيرة او الري مما يؤدي الى قلة الاوكسجين الجاهز للنبات
- الفعاليات الحيوية : تعتمد تراكيز الاوكسجين وثاني اوكسيد الكاربون على على الفعليات الحيوية في التربة . ان تحلل المواد العضوية في بواسطة الحياء المجهرية وكذلك عملية تنفس الجذور تؤدي الى زيادة كمية ثاني اوكسيد الكاربون في التربة



شكل 3-4 : محتوى ثاني اوكسيد الكاربون في هواء التربة باربعة اوقات مختلفة ، تبين تأثيرات السماد العضوي والزراعة نماذج هواء التربة اخذت من الطبقة السطحية .
(Brady, 1974)

- عمق التربة

الترب التحت سطحية تكون اكثر نقص بالاوكسجين من الترب السطحية . حيث يكون حجم المسام الكلي وكذلك معدل حجم المسامات اقل في الافاق السفلى من التربة



شكل 3-5 : معدل محتوى الاوكسجين في تربتين مختلفة النسجة وعلى اعماق مختلفة
(Brady, 1974)

- اختلاف الفصول

هناك تغير واضح في محتويات هواء التربة عند تغير فصول السنة وذلك نتيجة لاختلاف في رطوبة التربة ودرجة الحرارة فا لرطوبة العالية تؤدي انخفاض نسبة الاوكسجين وزيادة مستوى ثاني اوكسيد الكاربون في هواء التربة .

✓ تاثيرات هواء التربة

- على صور العناصرالغذائية في التربة

جدول 3-2 : اشكال الاكسدة والاختزال لبعض العناصر المهمة

العنصر	الشكل الاعتيادي في الترب جيدة الاكسدة	الشكل المختزل الموجود في الترب الغدقة
الكاربون	CO_2	CH_4
النايتروجين	NO_3^-	N_2 ; NH_4^+
الكبريت	SO_4^{--}	H_2S ; S^{--}
الحديد	Fe^+	Fe^{++}
المنغنيز	Mn^{4+}	Mn^{++}

- نتائج تحلل المخلفات العضوية

0 تحت الظروف الاهوائية

مركبات الكاربون	مركبات النتروجين	مركبات الفسفور	مركبات الكبريت
CO_2	$NH_3 + N_2$	$H_2 PO_4$	$H_2 S + S^=$
CH_4	Pyridines		
احماض عضوية	Indole		
كحولات	skatoles		
خلايا احياء مجهرية	amines		

0 تحت الظروف الهوائية

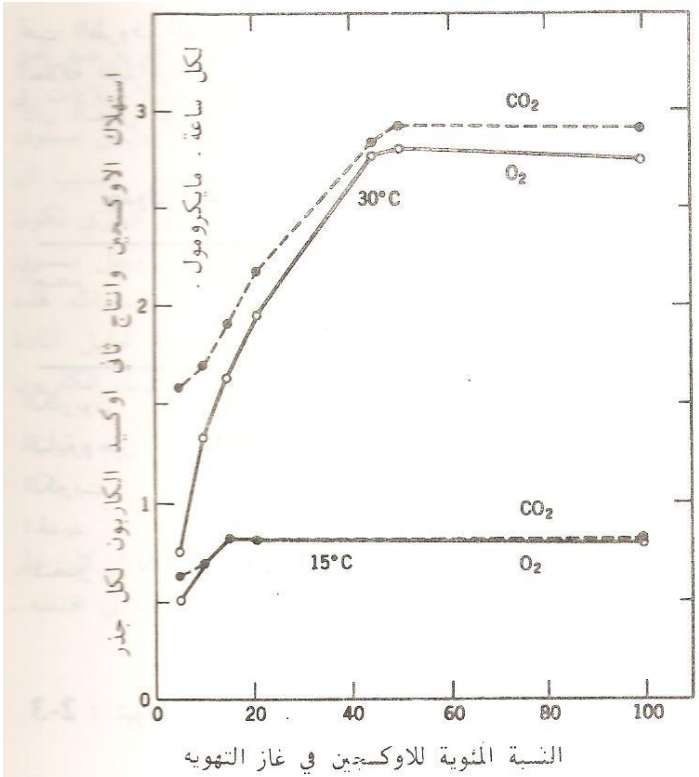
مركبات الكاربون	مركبات النتروجين	مركبات الفسفور	مركبات الكبريت
غاز CO_2	NH_4	$H_2 PO_4$	SO_4
خلايا احياء التربة	NO_3		
	NO_2		

L5

تهوية التربة وسلوك النبات

* التنفس

-جذور النبات تتاقلم للتنفس الهوائي ومع ذلك يمكن يحدث تنفس لاهوائي جزئيا اذا يحصل نقص للاوكسجين



شكل 3-7 : استهلاك الاوكسجين وانتاج ثاني اوكسيد الكاربون بواسطة جذور البصل على درجتي حرارة وبتراكيز مختلفة من نسب الاوكسجين في المزيج الغازي للتهوية .
(From Black, 1968)

*التنفس عند درجة حرارة 30 م اعلى من التنفس عند 15م

*تركيز الاوكسجين المطلوب لاعلى تنفس عند درجة حرارة 30 م اعلى من 15م

*التهوية التي يتطلبها نمو النبات في التربة يجب ان تزداد مع مع زيادة درجة حرارة التربة

* اقلمة النبات

- التهوية الداخلية

وجود فراغات هوائية كبيرة في طبقة ال cortex في الجذر كما في الرز والتي تسمح بالتبادل الغازي بين الجذر والمحيط الخارجي

- تكوين نظام جذري عائم في الجزء العلوي للتربة حيث تكون التهوية عالية
- التنفس اللاهوائي

وتكون الطاقة الناتجة من هذا النوع من التنفس واطئة واقل من التنفس الهوائي

* امتصاص العناصر الغذائية

- تاثير على جاهزية العناصر الغذائية

النتروجين :

تعدن النتروجين وعكس النترجة و صور النتروجين الناتجة من تحلل المخلفات العضوية بالتربة

الفسفور البوتاسيوم

يقل الامتصاص في التربة المغمورة بالمياه

الحديد والمنغنيز : تكون اكثر ذوبانا في صورها المختزلة من صورها المتاكسدة

حرارة التربة وعلاقتها بنمو النبات

تؤثر ارتفاع او انخفاض درجة الحرارة عن الدرجة المثلى في

- عملية التركيب الضوئي

اذا كان الضوء محددا فان التاثير يكون قليل ولكن اذا ثاني اوكسيد الكاربون محددا فان عملية التمثيل الضوئي تزداد بزيادة درجة الحرارة

- عملية التنفس

تقل عملية التنفس بانخفاض درجات الحرارة وتزداد بارتفاع درجات الحرارة

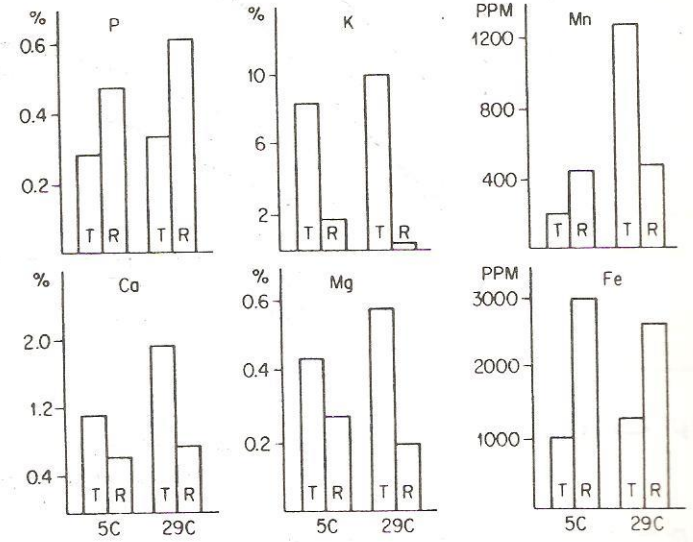
- عملية النتح

تزداد بارتفاع درجة الحرارة وتقل بانخفاضها

- امتصاص الماء

تختلف التاثير باختلاف النباتات فالنباتات المتاقلمة لظروف المناطق الحارة يزداد فيها الامتصاص بارتفاع حرارة التربة من 0 الى 60 درجة بعدها ينخفض الامتصاص

- امتصاص العناصر الغذائية



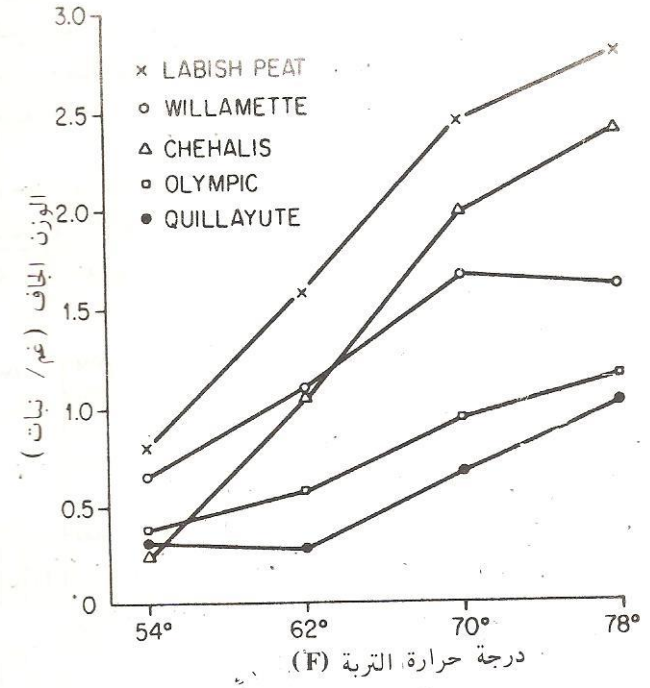
شكل 10:3 : تأثير درجة الحرارة على عدة معادن في اعلى النبات (T) والجذور (R) .
(Epstein, 1971)

١٢٥

يختلف التاثير باختلاف العناصر في النبات فمثلا زيادة درجات الحرارة تؤدي الى زيادة تركيز الفسفور في الجذور والجزء العلوي في حين يؤدي الى خفض تركيز البوتاسيوم في الجذور

يختلف تاثير درجات الحرارة باختلاف انواع الترب

انواع مختلفة (الشكل 3-11)



شكل 3-11 : تأثير درجة الحرارة على الوزن الجاف لنبات الباقلاء نامياً في خمسة انواع من الترب . (Mack et al. 1966)

السيطرة على درجة حرارة التربة

تستعمل المغطيات (mulches) وبعض الاشياء المظللة لتغير كمية الاشعة اللممتصة من قبل التربة وتغير فقد الطاقة الحرارية منها بواسطة الاشعاع ومغاض الماء وفقدة بواسطة التبخر وعادة ما تستعمل

*المغطيات الفاتحة اللون من المواد العضوية وتعمل على:

- عكس جزء كبير من اشعة الشمس
- تقليل فقد الحرارة بواسطة الاشعاع
- زيادة مغاض التربة
- تقليل تبخر الماء من التربة

تؤدي الى خفض حرارة التربة

* المغطيات البلاستيكة الغامقة اللون تعمل على :

- امتصاص معظم اشعة الشمس
- تقليل فقد الحرارة من التربة عن طريق الاشعاع
- تقليل تبخر الماء من التربة

تؤدي الى رفع حرارة التربة

غرويات التربة : طبيعتها واهميتها التطبيقية x

- مكونات التربة الرئيسية

* الجزء الصلب ← المخزن الرئيسي للعناصر الغذائية
* الجزء العضوي ← المخزن الرئيسي للنتروجين وبحدود اقل للفسفور والكبريت
* الجزء المسامي
  - الحالة السائلة ← نقل العناصر الغذائية للجذور
  - الحالة الغازية ← يحتوي على الاوكسجين وثاني اوكسيد الكاربون والنتروجين

- المغذيات النباتية في الحالة الصلبة وفي الحالة السائلة موجودة بعلاقات قوية ومتداخلة

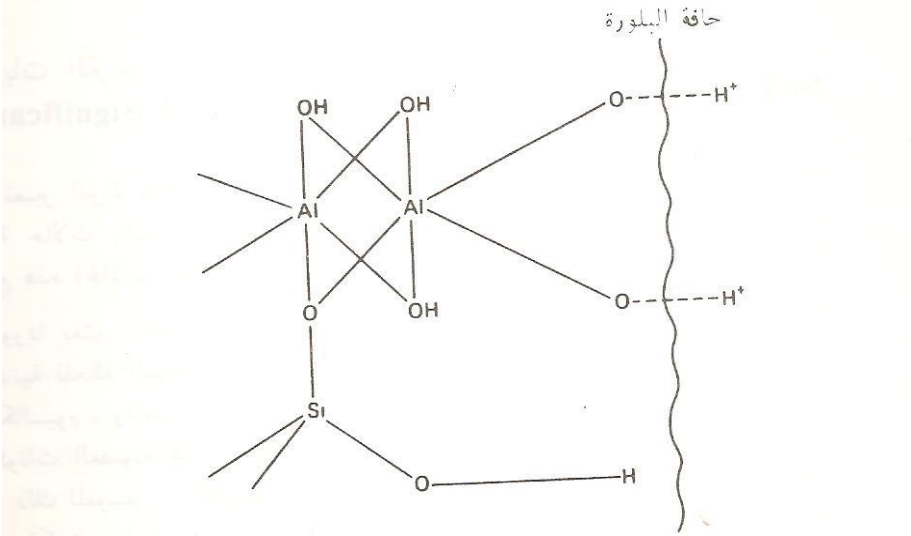
✓ امدصاص وتبادل الايونات الموجبة

- معظم جزئيات التربة الغرورية ذات شحنة سالبة ومصادر هذة الشحنات

* الشحنة المعتمدة على ال pH

- تكسر الحواف لطبقات السليكا والالومنيا

- مجاميع الOH والكاربوكسيل على اسطح معادن 1:1 والتي ممكن ان تعطي شحنة سالبة او موجبة اعتمادا على درجة تفاعل الوسط

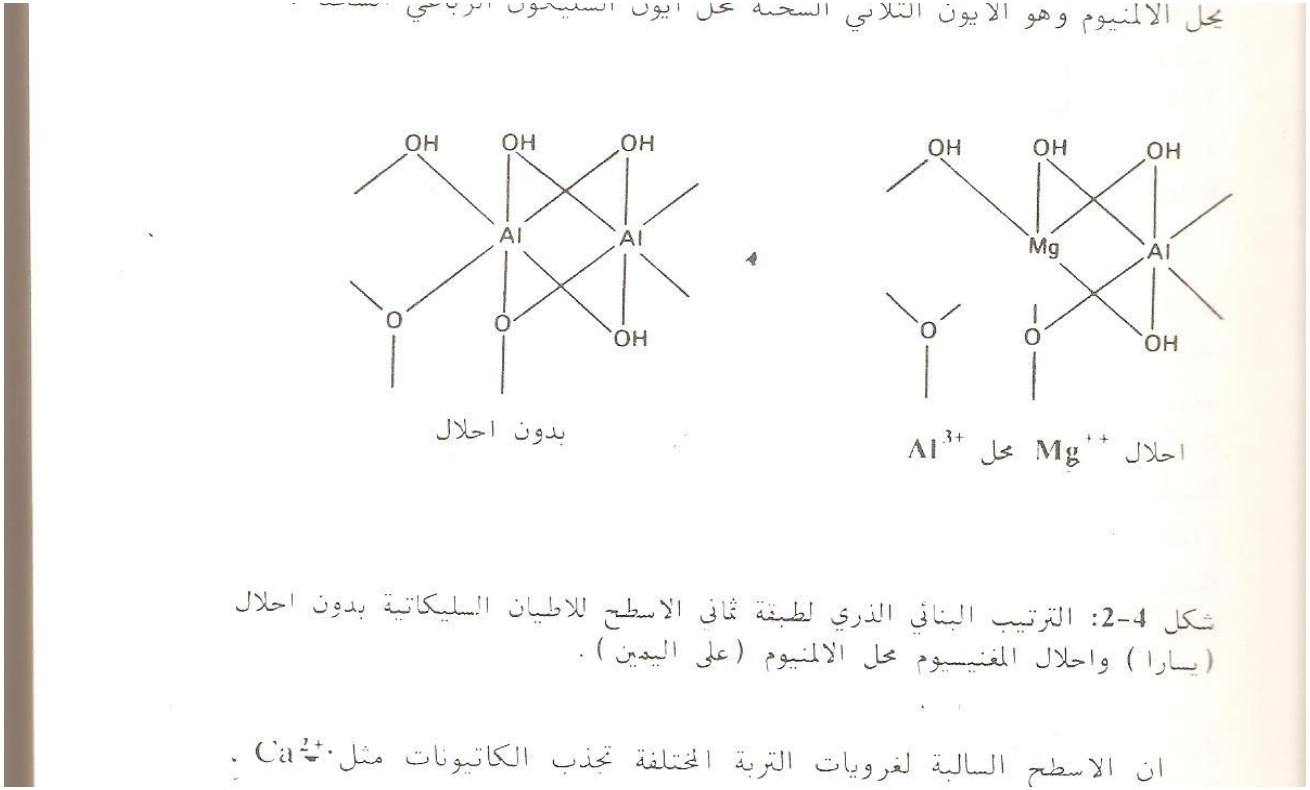


شكل 4-1 : مخطط طاقة بلورة الكاؤلينايت المكسورة توضح الاوكسجين كمصدر للشحنة السالبة . عند قيم رقم الأس الهايدروجيني العالية فان ايونات الهايدروجين تميل ان تحمل بصورة مفككة ويمكنها التبادل مع أيونات أخرى .

* الشحنة الثابتة والناتجة من الاحلال المتماثل (isomorphic sbstitution)

احلال ايون محل ايون اخر ذو شحنة موجبة اقل في التركيب البلوري للمعدن مثل احلال ايون ال Mg محل ايون الAl في طبقة الثمانية السطوح اوقد يحل Al محل ال Si في طبقة رباعية السطوح .

وتكون شائعة في معادن2 :1 مثل في طين المونتمورلينات



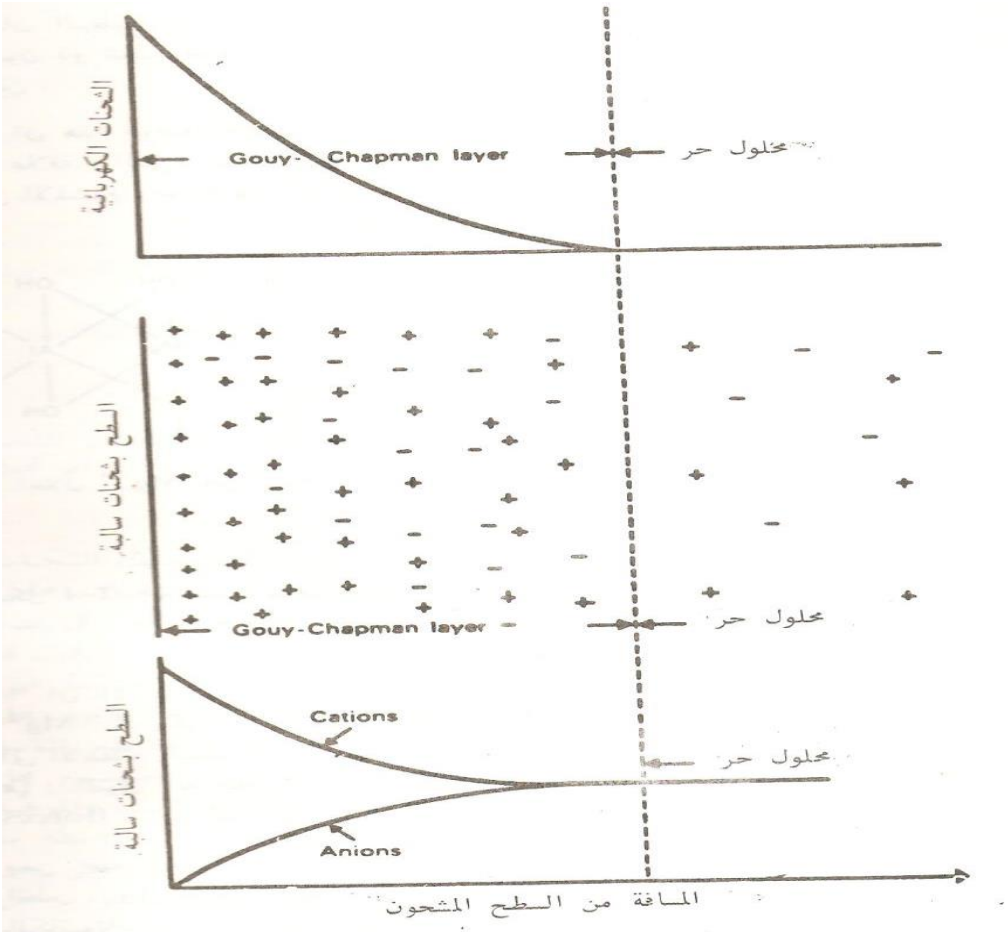
شكل 4-2: الترتيب البنائي الذري لطبقة ثماني الاسطح للاطيان السليكاتية بدون احلال (يسارا) واحلال المغنيسيوم محل الالمنيوم (على اليمين).

ان الاسطح السالبة لغرويات التربة المختلفة تجذب الكاتيونات مثل Ca^{2+} .

- الاسطح السالبة لغرويات التربة تجذب الايونات الموجبة . الايونات المنجذبة كهربائيا الى سطح الدقائق السالبة تكون معرضة الى قوتين هما
  - 0 القوى الداخلة للايون (coulombic forces) والتي تعمل لربط الايون بقوة الى سطح الطين
  - 0 القوى الحركية (kinetic forces) والتي تعمل على ازاحة الايونات الموجبة من سطح الطين

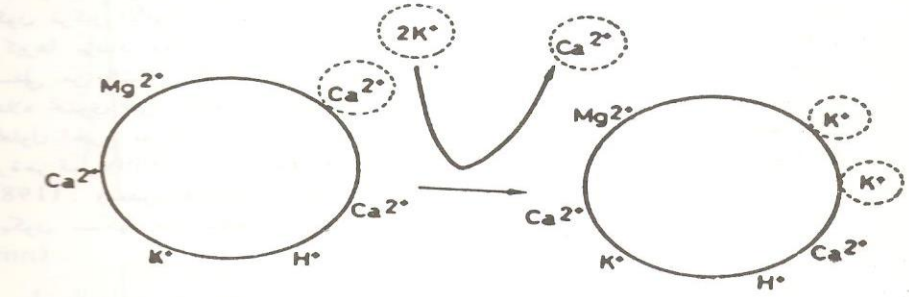
وفي حالة التوازن بين القوتين ينتج شكل مميز لتوزيع الايونات بين اسطح الطين والكاتيونيات المتبادلة والمحلول الحر

- 0 في المنطقة القريبة جدا من السطح السالب الشحنة يكون تركيز الايونات الموجبة عاليا وتركيز الايونات السالبة مساويا الى صفر تقريبا وتسمى هذة الطبقة بطبقة Stern
- 0 مع زيادة المسافة عن سطوح الدقائق فان تركيز الايونات الموجبة تقل ويزداد تركيز الايونات السالبة
- 0 عند يتلاشي تاثير الشحنات على السطح على المحلول يكون المحلول حرا من تاثير الشحنة يكون تركيز الايونات الموجبة والسالبة بالمحلول متساوية



شكل 4-3: انخفاض الحقل الكهربائي بزيادة المسافة عن السطح المشحون والتوزيع الايوني الناتج (مخطط Gouy-Chapman) (Mengel and Kirkby, 1982)

- الطبقة المزدوجة (double layer) التي تحتوي على ايونات موجبة اكثر من السالبة وتمتد من سطح الشحنات السالبة الى محلول التربة تسمى بطبقة Gouy- Chapman وبعض الاحيان يطلق عليها مصطلح طبقة الانتشار المزدوج (diffuse double layer) ويكون سمكها من سطح معدن الطين الى المحلول الحر تقريبا 5-10 nm
- الايونات في محلول التربة تكون بحالة توازن سريع مع الايونات في طبقة الانتشار المزدوج
- الايونات الموجبة الممسوكة على سطح الدقائق ممكن ان تستبدل بايونات موجبة اخرى من محلول التربة عن طريق التبادل الايوني (تبادل شحنات)



شكل 4-4 : مخطط يوضح مباديء التبادل الكاتيوني : الكالسيوم استبدل بجزيئتين من البوتاسيوم .

الايون بالماء تؤثر ايضاً في قوة الارتباط حيث الكاتيونات التي تتفاعل مع الماء

- درجة التبادل تعتمد على قوة امدصاص الكاتيون نفسه واعتمادا على قانون كولومبس حيث تكون الرابطة الايونية الداخلية اقوى كلما كانت مواقع الايونات المترابطة قريبة واحدة من الاخرى والعكس يحصل كلما كان مربع المسافة بين الشحنات كبيرا

- الامدصاص الانيوني Anion adsprtion X

- ان المادة العضوية تكون ذات شحنات سالبة تحت رقم الاس الهايدروجيني الاعتيادي وهناك مساحات صغيرة على جزيئات المادة الغروية تستطيع ان تحمل شحنات موجبة قادرة على امدصاص الانيونات . وتوجد هذه المساحات المساحات التي تحمل شحنات موجبة على حافات معادن الطين وبصورة خاصة اسطح اكاسيد الحديد والالمنيوم المائية

- انواع الامدصاص الانيوني :

* مجموعة التبادل مع مجاميع OH (Ligand exchange) والامدصاص الى المجاميع البروتونية (Protonated group) ذات الشحنة الموجبة . ويمكن وصف مجموعة التبادل بشكل بسيط بالمعادلة التالية

$$Me\text{-}OH + An \longrightarrow Me\text{-}An + OH$$

ويمكن امدصاص الفوسفات والكبريت بواسطة عدد من اكاسيد الحديد اذ تشترك ذرتان من الحديد في امدصاص انيون واحد من الفوسفات

* الامدصاص الى المجاميع البروتينية الذي يحصل في الترب ذات PH المنخفض هنا قد تصبح مجاميع OH بروتينية ذات شحنة موجبة وبالتالي تسمح لامدصاص الانيون بواسطة التداخل الكهروستاتيكي (electrostatic interaction)

- كل من النوعين اعلاه من الامدصاص يعتمد بشكل كبير على درجة تفاعل التربة اذا تزداد امدصاص الأيونات السالبة بزيادة تركيز الهيدروجين في التربة

طرق وصول العناصر الغذائية للنبات

1- الاعتراض الجذري والتماس التبادلي

Root interception and contact exchange

- خلال نمو الجذر واندفاعه بالتربة يحصل تماس أو ما يسمى بالاعتراض الجذري بين الجذر ودقائق التربة وقد تحصل حالة تبادل بين ايونات H الموجدة على سطح الجذر وبعض العناصر الموجودة على دقائق التربة (تكون التربة الطينية أكثر كفاءة من التربة الرملية) .
- الكمية التي يجهز بها النبات بهذه الطريقة قليلة ولا تسد حاجة النبات من العناصر الغذائية

2- الانسياب الكتلي (mass flow)

- ينقل العنصر الغذائي إلى الجذر مع سيل الماء إلى الجذر
- الكمية الواصلة للجذر تعتمد على كمية الماء الواصلة للجذر وتركيز العنصر في الماء
- يعتمد انتقال العناصر للجذر على العوامل التي تؤثر على حركة الماء في التربة
- تختلف الكمية التي يستفاد منها النبات بهذه الطريقة

Ca , NO_3 ← كافية

P, K ← غير كافية

3- الانتشار (diffusion) :

الانتقال من التركيز العالي إلى الواطئ

منطقة الرايزوسفير The rhizoshere

الرايزوسفير هو التربة المحيطة بالجذور التي تتاثر خواصها الفيزيائية والكيميائية تتاثر بافرازات الجذور وبذلك تختلف عن خواص التربة البعيدة عن الجذور ويبلغ سمكها بحدود 1 ملم . تمتاز هذه المنطقة بكثرة الفعاليات الحيوية والكيمائية نتيجة لإفرازات الجذر والحياء المجهرية في هذه المنطقة .

What do the roots do in the rhizoshpere?

- افراز المركبات العضوية الى التربة وتشمل هذه الافرازات

Amino acid , organic acid , carbohydrates, sugar , vitamins, mucilage and protein

- تعمل هذه الإفرازات كرسائل تشجع التفاعلات البايلوجية والفيزيائية بين الجذور واحياء التربة

ماهي صفات التربة التي تتأثر بنمو وفعاليات الجذور ؟

- الكثافة الظاهرية bulk density

تغلغل الجذور بالتربة يؤدي الى انضغاط حبيبات التربة مما يؤدي الى اعادة ترتيب هذه الحبيبات مما يؤدي الى تغير الكثافة الظاهرية للتربة

Soil	Initial density (g/cm3)	Final density (g/ cm3)
Fine sand	1.40 1.25	1.50 1.60
Sandy loam	1.30	1.60
loam	1.50	1.53
Clay	1.21	1.30

- المادة العضوية organic matter

* زيادة كمية المادة العضوية

* زيادة تماسك حبيبات التربة مما يؤدي الى تكوين ال micro-aggregates

- المحتوى الرطوبي Moisture content

* المحتوى الرطوبي يكون اعلى من المحتوى الرطوبي في bulk soil مما يقلل من احتمال جفاف الجذر

* دقائق الطين –mcigel تمسك ماء اكثر من دقائق الطين وحدها

- العناصر الغذائية Nutrient concentration

* immobile nutrients يقل التركيز كلما ابتعد المسافة عن الجذور

* mobile nutrients تتأثر بدرجة اقل من immobile nutrients

- درجة تفاعل التربة PH

* تعتمد على معدل امتصاص ال cations و ال anions

anions: cations > 1 PH increase

anions : cations < 1 PH decrease

درجة تفاعل التربة عند سطح الجذر ممكن ان تتغير بحدود 3.5 درجة

امثلة : تاثير درجة تفاعل التربة على امتصاص الفسفور

Phosphorous availability and PH effects in rhizosphere of corn

Fertilizer regime	pH of rhizosphere	P in shoot g. mg-1
MCP (mono-calcium phosphate)	7.3	o.31
MCP+K2SO4	6.9	0.61
MCP+(NH4)2SO4	6.7	1.04

Effect of enhanced anion uptake on P uptake

	PH of rhizosphere	P in solution g. mg-1
MCP + (NH4)2SO4	4.1	1.1
MCP+ CaCl2	4.3	0.6

انطلاق المركبات العضوية Release of organic compounds

- افرازات الجذور تحتوي على مركبات عضوية تأثر على منطقة الrhizosphere وتؤثر في

* امتصاص بعض العناصر مثل Feو Mn وP
* تعطي مناعة للجذور ضد المسببات المرضية
* الاحماض العضوية تؤدي الى خفض درجة تفاعل التربة
* تكون معقدات مع بعض الايونات مما يؤثر في زيادة جاهزيتها او نقصانها

مثال : Root secretion and nutrient availability

nutrient	Secretion				
	OH-/HCO3-	H+	Ionophore	Chelating	Enzyme
Fe	-	+	++		
Mn	-	+			
P	-	+		+	+

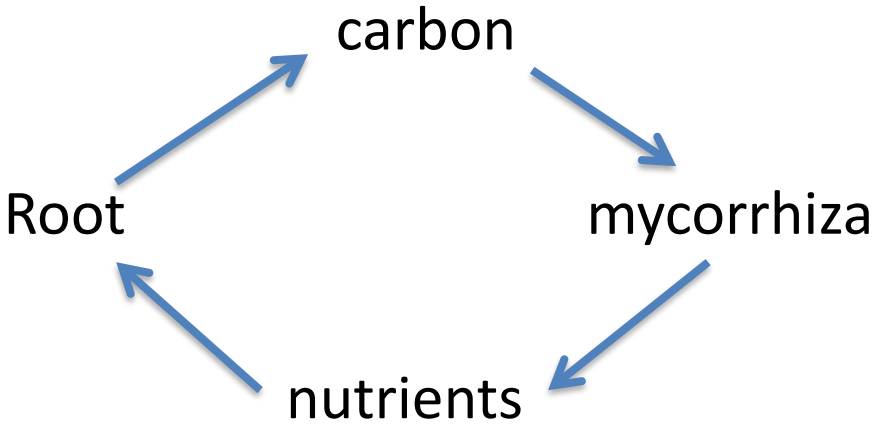
- جاهزية الفسفور

* الاحياء المذيبة للفوسفات (bacteria & fungi)

* mycorrhiza (fungus- roots)

الفطريات تعيش على جذور النبات وتكون علاقة تبادل منفعة بينهما

الجذور تجهز الفطريات بالمواد الكربوهيدراتية وبالمقابل الفطريات تساعد النبات على امتصاص كميات اكثر من العناصر الغذائية وخاصة عنصر الفسفور



- انواع ال mycorrhiza

* Ectomycorrhiza

الفطريات تعيش على اسطح الجذور دون اختراق الجذر

* Endomycorrhiza

الفطريات تخترق الجذور وتكون حويصلات بين جدار الخلية والغشاء البلازمي . اكثر الانواع شيوعا هو

vesicular- arbuscular mycorrhiza (VAM)

ولكن هناك نوع لا يكون vesicles فتكون مايسمى ب

arbuscular mycorrhiza (AMs)

اهمية ال mycorrhiza

- تجهيز النبات بالعناصر الغذائية

* زيادة المساحة السطحية للجذر مما الى زيادة امتصاص العناصر الغذائية في محلول التربة وكذلك زيادة امتصاص الفسفور من المناطق البعيدة نسبيا عن المنطقة الجذرية كما ان انتشار الفسفو في هايفات الفطر اسرع من انتشاره بالتربة يمتص النبات الفسفور من مسافة لاتبعد عن 1ملم عن الجذر في حالة عدم وجود mycorrhiza وتزداد هذة المسافة ال100ملم عند وجود mycorrhiza

* زيادة حركة الايونات الغير متحركة بالتربة في هايفات الفطر مقارنة بحركتها بالتربة
* زيادة سرعة امتصاص العناصر الغذائية من قبل النبات
*اثارة التربة (الحراثة) يؤدي الى تقليل دور ال mycorrhiza في نمو النبات
- تجهيز الكاربون لمنطقة الرايزسفير التربة
- زيادة مقاومة الجذور للجفاف بسبب
* تغير محتوي الجذور من ABAو Cytokinins
* زيادة معدل جريان الماء الى الجذور في الترب الجاف نتيجة لتحسن بناء التربة وامتصاص الفسفور
- تحسين بناء التربة
- زيادة تثبيت النتروجين في نباتات فول الصويا

محددات الاستخدام الحقلي لل mycorrhiza
- الكميات الكبيرة من القاح الواجب اضافتها
- قد تفترس من قبل احياء التربة الاصلية عند اضافتها للتربة
- نموها وبقاء حية تعتمد على نظام الزراعة (cropping system)

X Symbiotic N fixation تثبيت النتروجين التعايشي

NITROGENASE

$$N_2 + 8H + 8e + 16\ e + 16(Mg)ATP \longrightarrow 2NH_3 + H_2\ 16(Mg)\ ADP + 16P_i$$

- عدد من احياء التربة المجهرية من نوع بدائية النواة (prokaryotic) تقوم باختزال النتروجين الجوي الى NH_4 والذي يكون بالشكل الجاهز للاستعمال من قبل النبات
- تكون البكتريا التي تثبت النتروجين عقد على جذور النبات
- تبادل منفعة بين البكتريا والنبات
- تخصص دقيق بين البكتريا المثبتة للنتروجين والنبات
- كمية النتروجين المثبت تختلف باختلاف النباتات والبكتريا المثبتة للنتروجين

Plant	N_2 - fixed (kg N /ha)	% of plant N from fixation
Peanut	37- 206	22-92
Soybean	17- 450	14- 97
Cowpea	9- 39	12-70
Common bean	3-57	16-71

- العوامل المؤثرة في تثبيت النتروجين

* عملية التركيب الضوئي

P.S ⟶ Fixation

* الحرارة

اعلى من 28 م تؤدي الى قلة التثبيت

درجات الحرارة الواطئة تاثر سلبيا على عملية تكوين العقد

* المحتوى الرطوبي

الرطوبة العالية والرطوبة المنخفضة تؤثر سلبا على عملية التثبيت

* PH

تتحمل بكتريا المثبتة للنتروجين (الرازوبيا) درجات الحموضة المنخفضة

عملية تكوين العقد تقل في الترب الحامضية

- العناصر الغذائية

النتروجين : زيادة محتوى التربة من النتروجين وخاصة بصورة NO_3 يقلل من تثبيت النتروجين

الفسفور : تتحاج عملية التثبيت الى كميات عالية من الفسفور

المولبيديوم : تحتاج انزيم النتروجينز الى كميات عالية من العنصر

الحديد والكوبلت :

الحديد : انتقال الالكترونات

الكوبلت : الهيموكلوبين ((leghamoglobin

ملوحة التربة Soil Salinity

يطلق مصطلح الترب الملحية على الترب التي تتميز بوجود تراكيز عالية من الاملاح الذائبة فيها التي تؤثر سلبا على نمو وانتاجية النبات. ومشكلة ملوحة الترب الزراعية هي مشكلة عالمية وتكاد تكون منتشرة في اقطار العالم كافة وخاصة في المناطق الجافة وشبة الجافة .

مصادر الاملاح في الترب

- المصادر القارية : الاملاح الناتجة من تجوية الصخور النارية او المعادن الاولية الغنية بالأملاح حيث تتحرر هذه الاملاح مكونة املاح حامض الكبريتك او الكاربونيك والكلوريديك التي قد تبقى في مكانها او تنتقل بواسطة المياه الى اماكن اخرى
- المصادر البحرية : وينج ذلك من تطاير رذاذ مياه البحار وما يحوية من مختلفة ونقلة بواسطة الرياح لمسافات قد تصل الى عدة كيلومترات
- مصادر الدلتا : وهي الناتجة من استخدام مياه الري الحاوية على نسبة عالية من الاملاح . حيث تضاف هذه الاملاح للتربة خاصة عندما عملية البزل الطبعي او الصناعي محددوة

- الماء الارضي : تحتوي المياه الارضية على تراكيز عالية من الاملاح وفي حالة عدم وجود انظمة بزل تحافظ على مستوى المياه منخفضه فان ارتفاع هذه المياه الى سطح التربة وتبخرها يؤدي الى تملح التربة

صفات التربة المتأثرة بالملوحة في العراق

- قوام التربة Soil texture

محتوى قليل من الرمل الخشن وعلى نسبة عالية من الغرين

- كاربونات الكالسيوم (اللايم $CaCO_3$)

تحتوي الترب العراقية على نسبة 20- 30% من كاربونات الكالسيوم والتي تؤدي الى خفض السعة التبادلية الكايتونية وتقليل نفاذية التربة

- كبريتات الكالسيوم (الجبسوم $CaSO_4$)

نتيجة لقلة ذوبان كبريتات الكالسيوم بالماء فانها تتجمع في التربة وتترسب في قطاع التربة وخاصة عندما التبخر عالي والرطوبة قليلية

- السعة التبادلية الكاتيونية

السعة التبادلية الكاتيونية للترب الملحية في العراق عالية

- حموضة التربة

درجة تفاعل التربة تتأثر بالتراكيز الملحية وانواع الايونات المتبادلة وطبيعة المعادن ووجود كاربونات الكالسيوم والمادة العضوية

تصنيف الترب المتأثرة بالملوحة

تصنف الترب المتاثرة بالملوحة على اساس

- التوصيل الكهربائي لمستخلص العجينة المشبعة
- النسبة المئوية للصوديوم المتبادل

تصنف الترب المتأثرة بالملوحة

مجموعة التربة	E.C.	% exchangable Na
ملحية – غير صودية	اكثر من 4	اقل من 15
ملحية - صودية	اكثر من 4	اكثر من 15
غير ملحية – صودية	اقل من 4	اكثر 15
غير ملحية- غير صودية	اقل من 4	اقل من 15

الملوحة ونمو النبات

تمتاز النباتات المتاثرة بالملوحة

*حجمها صغير نسبيا مقارنة بالنباتات الغير متاثرة بالملوحة

* داكنة اللون ولونها اكثر زرقة وخضرة مقارنة بالغير متاثرة بالملوحة

* نهايات الاوراق بنية اللون والورقة مبرقشة وانعكاف الاوراق واصفرارها

* حصول تغيرات مورفولوجية في النبات

- نظريات تأثير الملوحة على نمو النبات

* نظرية جاهزية الماء water- availability theory

* نظرية التاثير الازموزي osmotic effect

* نظرية التاثير السمي الخاص specific – toxicity

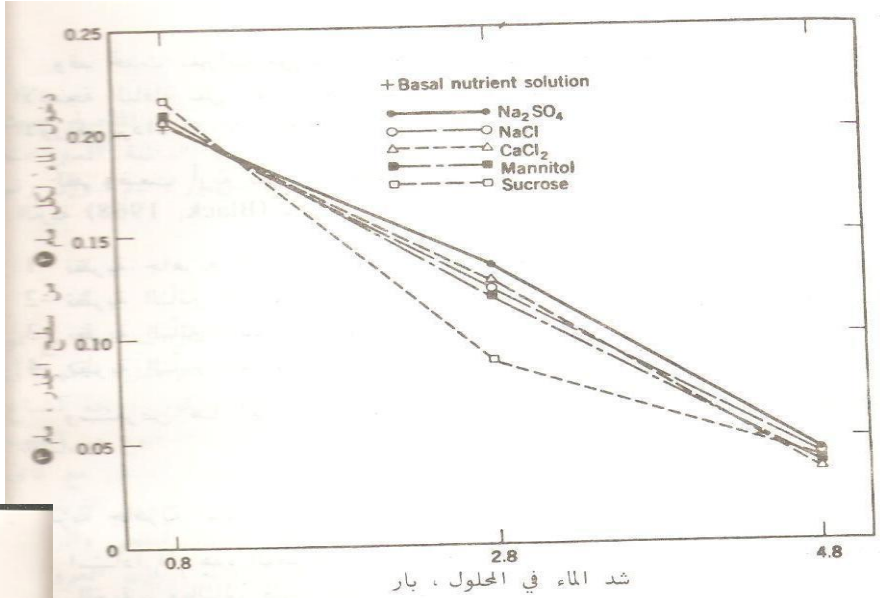
* نظرية التاثير الغذائي nutritional effect

نظرية الماء الجاهز والتاثير الزموزي

زيادة تركيز الاملاح في التربة تؤدي الى قلة الماء الجاهز للنبات نتيجة لانخفاض الجهد المائي للتربة وبالتالي يقل انتقال الماء من التربة للنبات مما يسبب عطش النبات

ص180

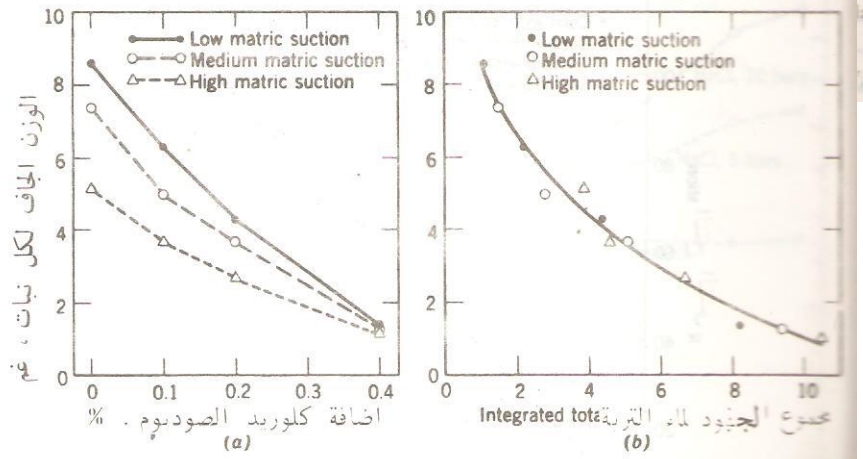
ص181



شكل 5-1 : معدل دخول الماء الى جذور الذرة تحت مستويات من شد الماء في محاليل تحتوي على انواع وتراكيز مختلفة من الاملاح

(Hayward and Spurr, 1944)

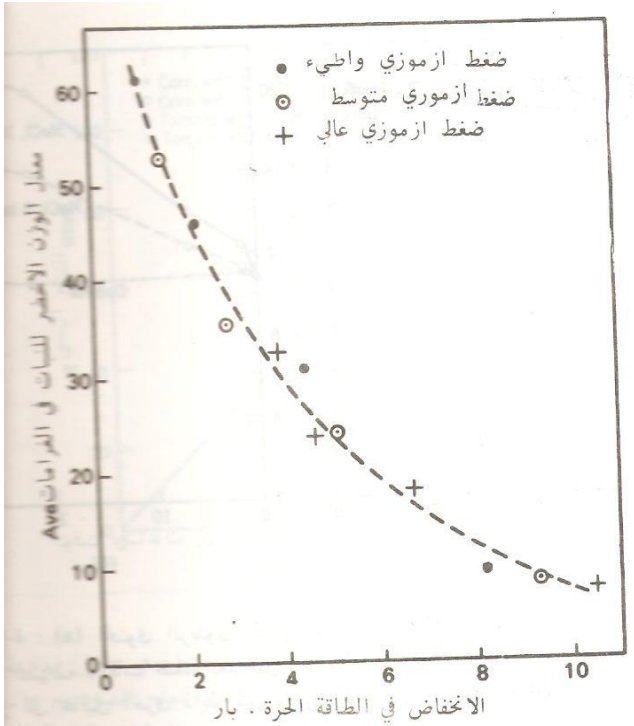
وفي دراسة أخرى حول نظرية جاهزية الماء أجرى Wadleigh and Ayers



شكل 5-2 : حاصل الفاصوليا نتيجة (a) اضافة كميات مختلفة من كلوريد الصوديوم الى التربة و (b) مجموع جهود ماء التربة .

(Wadleigh and Ayers, 1945)

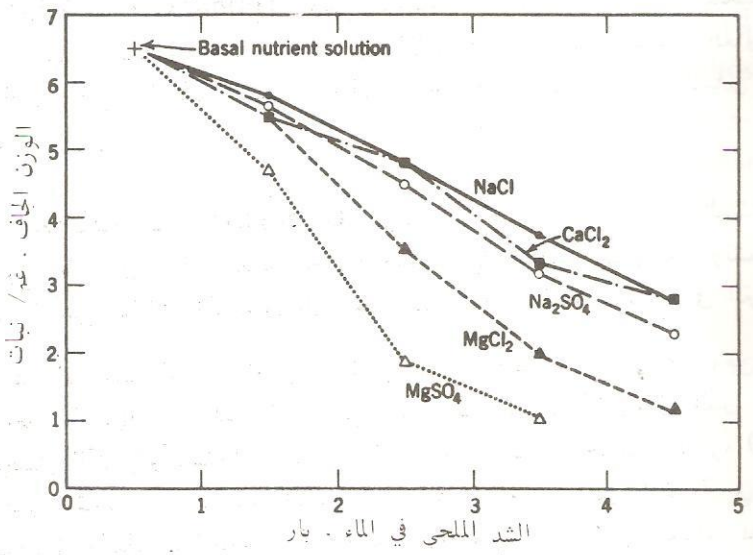
التأثير الازموزي



شكل 5-5 : العلاقة بين الوزن الاخضر للفاصوليا ومعدل الطاقة الحرة للماء
. (Wadleigh and Ayers, 1945)

نظرية التأثير السمي الخاص

تأثير الاملاح على العمليات الفسيولوجية في النبات ويختلف التأثير باختلاف نوع الملح السائد في الوسط



شكل 5-6 : حاصل نباتات الفاصوليا وعلاقة ذلك بالشد الملحي في الماء في المحلول المغذي باضافة أو عدم إضافة أملاح مختلفة .

(Gauch and Wadleigh, 1944)

مقاومة النباتات للملوحة

تقسم النباتات حسب مقاومتها للملوحة الى مجموعتين

* الهالوفايت Halophytes

هي النباتات التي تنمو في البيئات الملحية والتي تكون قادرة على التكيف للظروف الملحية

* الكلايكوفايت Glycophytes

هي النباتات التي تعيش في البيئات الغير ملحية وتملك سعة محددوه نسبيا للتكيف للملوحة . وتشمل هذة المجموعة على نباتات المحاصيل التي تتاثر بزيادة الملوحة

مقاومة النباتات للملوحة ليست صفة ثابتة لكل نوع او صنف ولكنها قد تتغير بتغير الظروف المناخية

جدول 5-5 : مجاميع المحاصيل استناداً الى التوصيل الكهربائي لمستخلص عجينة التربة الملحية والذي يسبب خفض 50% من الحاصل في التربة الملحية مقارنة بالتربة غير الملحية .

(U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954)

المقاومة العالية للملوحة	المقاومة المتوسطة للملوحة	المقاومة المنخفضة للملوحة
	محاصيل الخضراوات	
EC = 10 to 12 mmhos /cm	EC = 10 to 4 mmhos/cm	EC = 4 to 3 mmhos/cm
السخر الحدائقي	الطماطا	الفجل
اللفت	اللهانة	الكرفس
الاسبوركس	الخس	البزاليا الخضراء
السباغ	الخيار	
	محاصيل علفية	
EC = 12 to 18 mmhos / cm	EC = 4 to 12 mmhos/cm	EC = 2 to 4 mmhos/cm
حشيش سولت	البرسيم الحلو الابيض	البرسيم الابيض
حشيش برمودا	حشيش الشيلم	البرسيم الأحمر
حشيش الحنطة الغربي	الحشيش السوداني	برسيم لادينو
	الجت	
	برسيم الشليك	
	محاصيل حقلية	
EC = 10 to 16 mmhos /cm	EC = 6 to 10 mmhos/cm	EC = 4 mmhos/cm
الشعير	الحنطة	الفاصوليا الحقلية
السخر السكري	الشوفان	
القطن	الرز	
	الذرة	
	الفاصوليا	

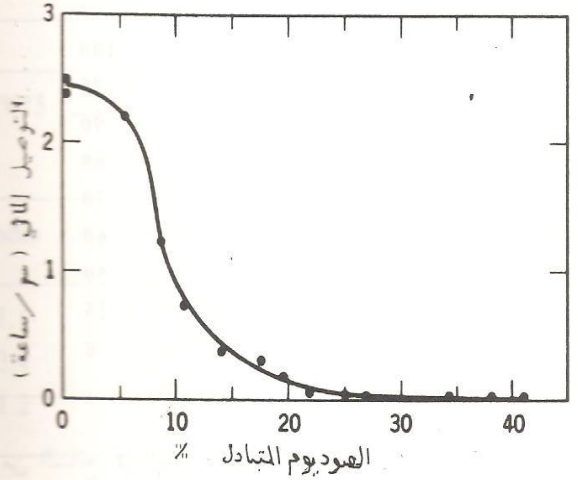
Salt tolerance of various field crops as condtivity at which the yield is reduced by 25%

EC		EC	
Barley	15.8	Rice (paddy)	6.2
Sugar beet	13.0	Maize	6.2
Cotton	12.0	Sesbania	5.8
Safflowers	11.3	Broadbean (vicia)	5.0
Wheat	10.0	Flax	4.8
Sorghum	9.0	Bean	2.5
Soybean	7.2		

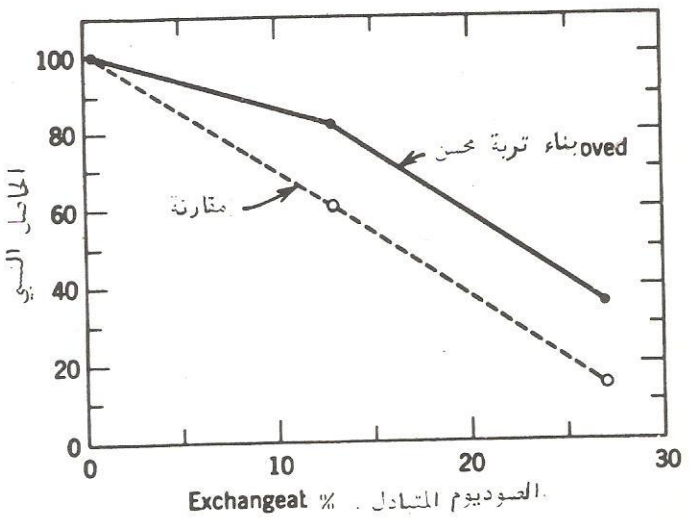
تاثير زيادة تركيز الصوديوم

- تشتت حبيبات التربة وتاثيرها على حركة الماء في التربة

متبادل أكثر من 20% (Martin et al, 1964) .



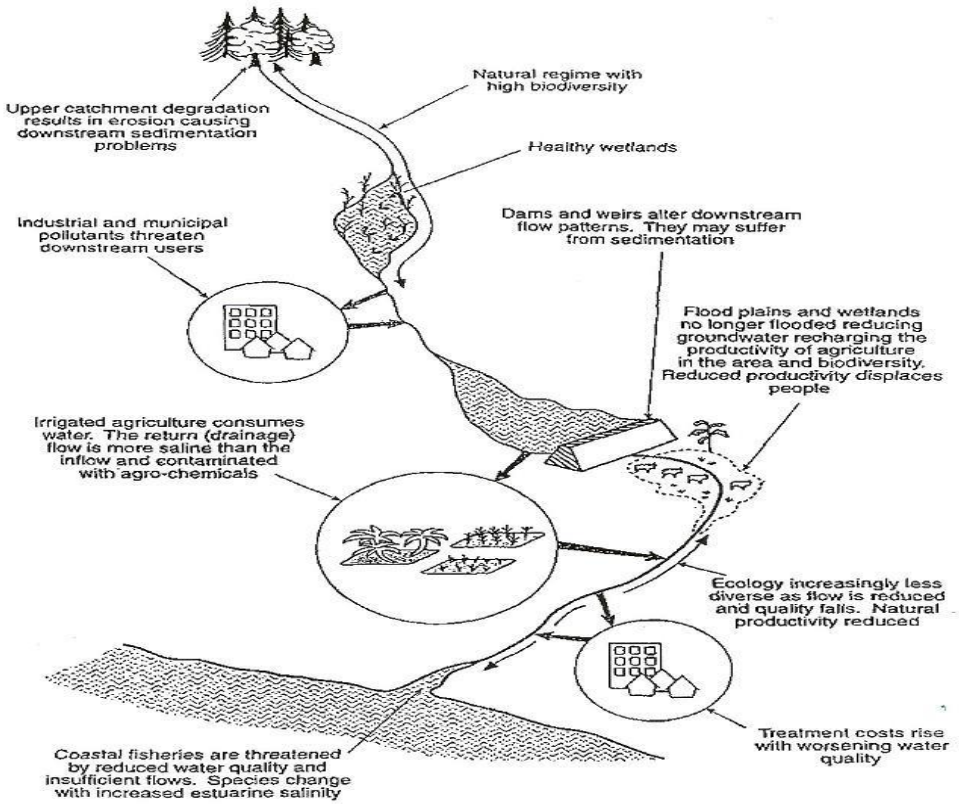
شكل 5-7 : التوصيل المائي لتربة غرينية طينية تحت الظروف القاعدية والحامضية بتقابل الصوديوم المتبادل كنسبة لمجموع الكالسيوم . المغنيسيوم . البوتاسيوم والصوديوم المتبادل .
(Martin et al. 1964)



شكل 5-8 : الحاصل النسبي لبادرات الخوخ في تربه عرينية رملين معاملة بنسب مختلفة من الصوديوم المتبادل باضافة أو عدم اضافة مواد تحسين بناء التربة (Martin et al. 1959) .

تلوث التربة والمياهX

يوضح الشكل أدناه أسباب وتأثيرات رداءة نوعية الماء على نظام النهر



15

أولا : تشتت المواد الصلبة

ان خفض مستويات جريان المياه سوف يؤدي الى زيادة تركيز الملوثات المطروحة للأنهار من المصادر المختلفة مثل الصناعية والزراعية وغيرها مما يؤدي الى زيادة تركيزها في المياه الجوفية ايضا كما ان خفض معدلات الفيضانات والتي عادة تؤدي الى غسل وتخفيف هذه الملوثات سوف تؤدي الى زيادة تركيز الملوثات في المياه .

ثانيا : المواد السامة

اهم مصادر المواد السامة في المياه هي :ـ

1. قد يصل تركيز الاملاح في المياه الى درجة يعتبر عندها هذه الاملاح سامة لكل من النباتات والإحياء المائية .
2. تعتبر المبيدات المتخصصه والغير متخصصه والتي تستعمل بكثرة في الزراعة من المصادر الرئيسية للسمية الملازمة لمياه الري في بعض المناطق حيث تكون هذه المبيدات سامة للنباتات والأسماك والطيور والثدييات ومن ضمنها الانسان .

3. تعتبر عناصر الالومنيوم والزرنيخ والبرليوم والكروم والكادميوم والزئبق والنيكل والانتميوم وآلتان من مصادر التلوث لكل من التربة والمياه .
4. بعض العناصر مثل بورون وكوبلت والنحاس والحديد والمنغنيز والمولبدنيوم والزنك والتي هي عناصر غذائية اساسية للنباتات تعتبر من مصادر تلوث المياه اذا زادت كمياتها عن حدود معينة مما يتطلب معرفة الكميات والطريقة المناسبة التي يجب استعمالها لسد حاجة النباتات من هذه العناصر وبنفس الوقت لاتكون مصدرا للتلوث .
5. مصادر التلوث الاخرى هي المواد السامة الناتجة من عملية تصنيع المواد الزراعية مما يتطلب ايجاد طرق ووسائل للتخلص من هذه المنتجات .

جدول رقم (٣-٢):تركيز العناصر غير العضوية لتحديد نوعية مياه الشرب (WHO ,١٩٩٣)

ت	الخاصية	الحد المقبول للصحة	ت	الخاصية	الحد المقبول للمستخدم
١	الانتيمون ملغم/لتر	٠.٠٠٥	١	الألمنيوم ملغم/لتر	٠.٢
٢	الزرنيخ ملغم/لتر	٠.٠١	٢	الكلوريد	٢٥٠
٣	الباريوم ملغم/لتر	٠.٧	٣	العسرة الكلية $CaCo_3$	٥٠٠
٤	البورون	٠.٣	٤	كبريتات الهيدروجين	٠.٠٥
٥	الكادميوم	٠.٠٠٣	٥	الحديد	٠.٣
٦	الكروم	٠.٠٥	٦	المنغنيز	٠.١
٧	النحاس	٢	٧	دالة الحامضية pH	٦.٥-٩.٥
٨	السيانيد	٠.٠٧	٨	الصوديوم ملغم/لتر	٢٠٠
ت	الخاصية	الحد المقبول للصحة	ت	الخاصية	الحد المقبول للمستخدم
٩	الفلورايد	١.٥	٩	الكبريتات -	٢٥٠
١٠	الرصاص	٠.٠١	١٠	المواد الذائبة الكلية	١٢٠٠
١١	المنغنيز	٠.٥	١١	الزنك	٤
١٢	الزئبق	٠.٠٠١			
١٣	المولبيديوم	٠.٠٧			
١٤	النيكل	٠.٠٢			
١٥	النترات	٥٠			
١٦	النتريد	٣			
١٧	السلينيوم	٠.٠١			
١٨	اليورانيوم مايكرو غرام/لتر	١٤٠			

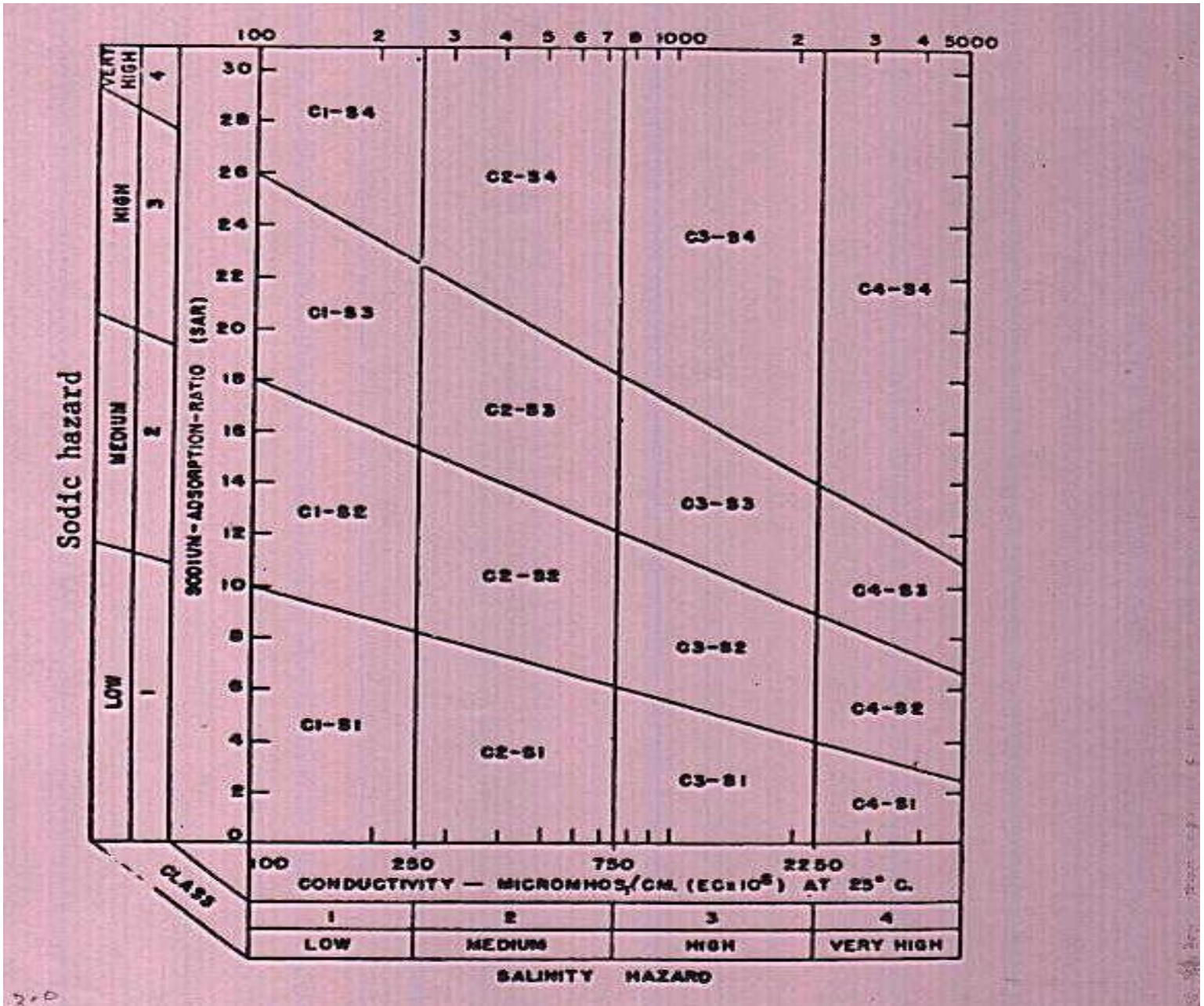
ثالثا : **التلوث بالمواد الكيمياوية المستعملة بالزراعة**

تؤدي الاسمدة الكيمياوية والعضوية دورا مهما في زيادة الانتاج الزراعي الان ان الاستعمال المفرط لهما يؤدي الى زيادة تركيز بعض العناصر والمركبات العضوية في التربة مما يؤدي الى زيادة تركيزها في المياه سواء ان كانت مياه سطحية او مياه جوفية الى درجة تسبب مشاكل صحية .

تتضمن الصفات النوعية التي تستعمل لتقييم مياه الري ثلاث خصائص رئيسية : ـ

1. *الملوحة : يترابط التأثير الملحي لمياه الري بصورة رئيسية بالضغط الازموزي وتأثيره على نمو النباتات اي انه مرتبط بكمية الاملاح الكلية بالتربة اكثر من نوعيتها .*
2. *الصوديويه : يرجع التأثير السلبي للصوديويه الى النسبة المئوية للصوديوم المتبادل والغير مرغوب فيه على بناء التربة وكذلك التأثير السمي المباشر للصوديوم على النباتات.*
3. *السميه: يعود هذا الى التأثير النوعي للأملاح الذائبة على نمو النباتات باستثناء الصوديوم.*

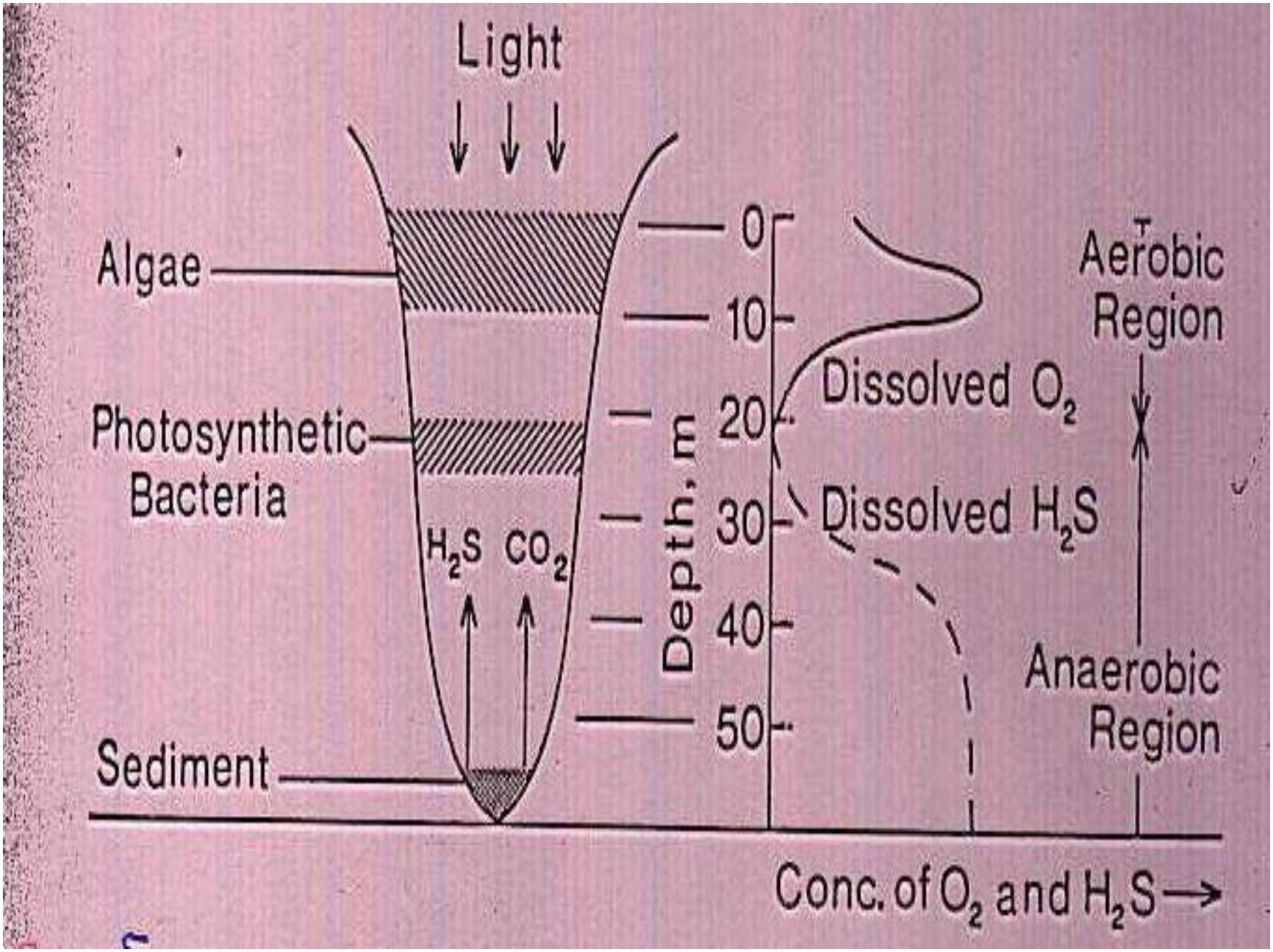
استنادا الى النقاط اعلاه تصنف مياه الري كما في الشكل التالي :



ـ يعتبر عنصر النتروجين من اكثر العناصر التي تسبب تلوث للمياه وخاصة عندما يكون بصورة نترات ذات الشحنه السالبة .

ـ تشير المصادر الى ان تركيز النترات لايتجاوز 50 جزء بالمليون وأن زيادة التركيز عن الحدود المسموح يؤدي الى مشاكل صحية وخاصة للأطفال الرضع .

ـ اما العنصر الاخر الذي يكون مصدر للتلوث هو الفسفور. والذي يؤدي زيادة تركيزه الى النمو السريع للطحالب مما يؤدي الى استهلاك الاوكسجين من الماء والذي يؤدي الى اختناق الاسماك والإحياء المائية الاخرى . وتسمى هذه الظاهرة بظاهرة الاثراء الغذائي والموضحة بالشكل أدناه .


Light
Algae
Photosynthetic Bacteria
H_2S CO_2
Sediment
0
10
20
30
40
50
Depth, m
Dissolved O_2
Dissolved H_2S
Aerobic Region
Anaerobic Region
Conc. of O_2 and H_2S →

ـ أن استعمال فضلات الانسان والحيوان كأسمدة عضوية ممكن ان يشكل مصدر رئيسي للمشاكل الصحية والإمراض بسبب احتواء هذه الفضلات على عدد كبير من الفيروسات والبكتريا والبروتوزا التي تسبب امراض عديدة .

خطورة الملوحة X

- تعتمد الملوحة التي تتكون في التربة الغير ملحيه ليس فقط على الملوحة الابتدائية لماء الري وأنما أيضآ على كمية الماء والتي تتحرك خلال المنطقة الجذرية زيادة عن متطلبات التبخر ـ نتح .
- والبزل الصحيح يسمى بالماء الزائد لنقل الماء المالح أسفل المنطقة الجذرية .
- جزء ماء الري المضاف الذي يمر خلال المنطقة الجذرية يعرف بجزء الغسيل Leaching Fraction

تختلف قابلية النباتات على تحمل درجات ملوحة مختلفة ، كما هو مبين في الاشكال أدناه :

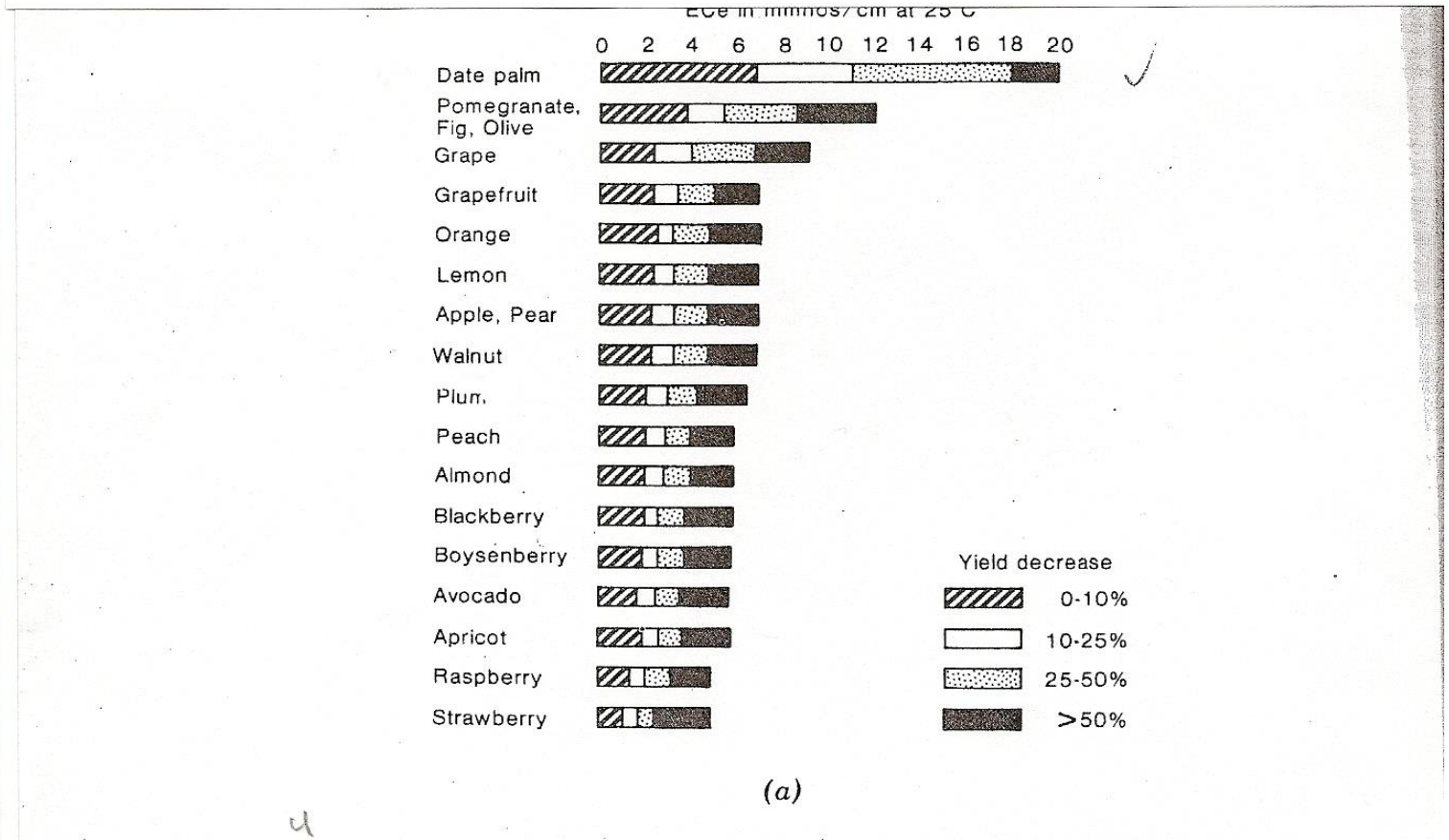
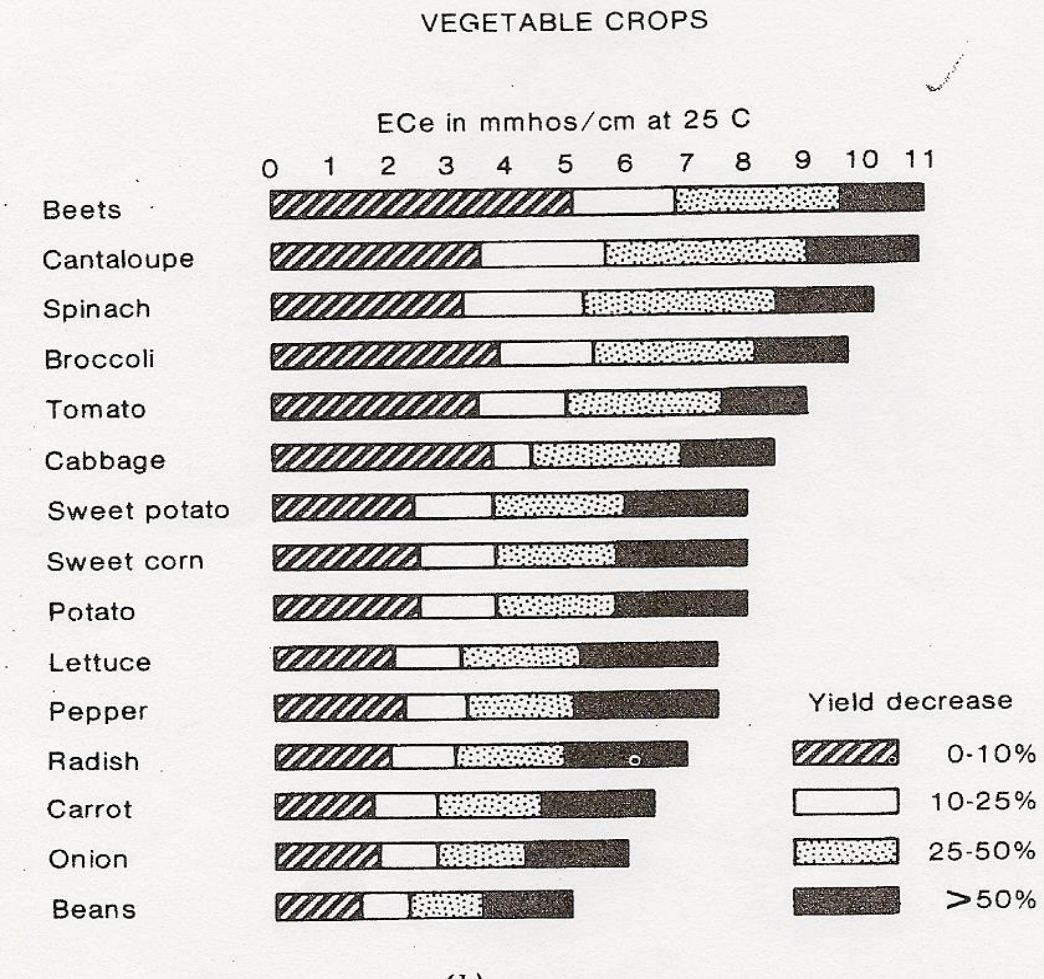
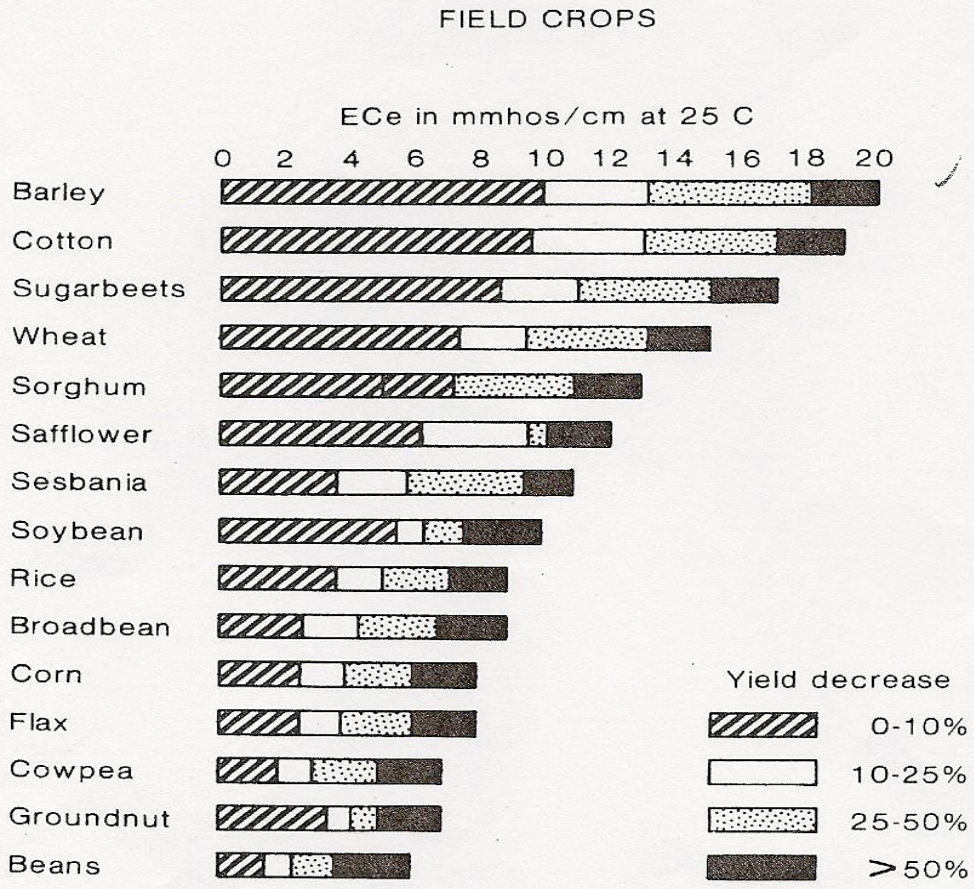


Figure 9.6. Salt tolerance of crops. (*a*) Fruit crops. (*b*) Vegetable crops. (*c*) Field crops. (*d*) Forge crops. (Adapted from Ayers and Wescot, 1976.)



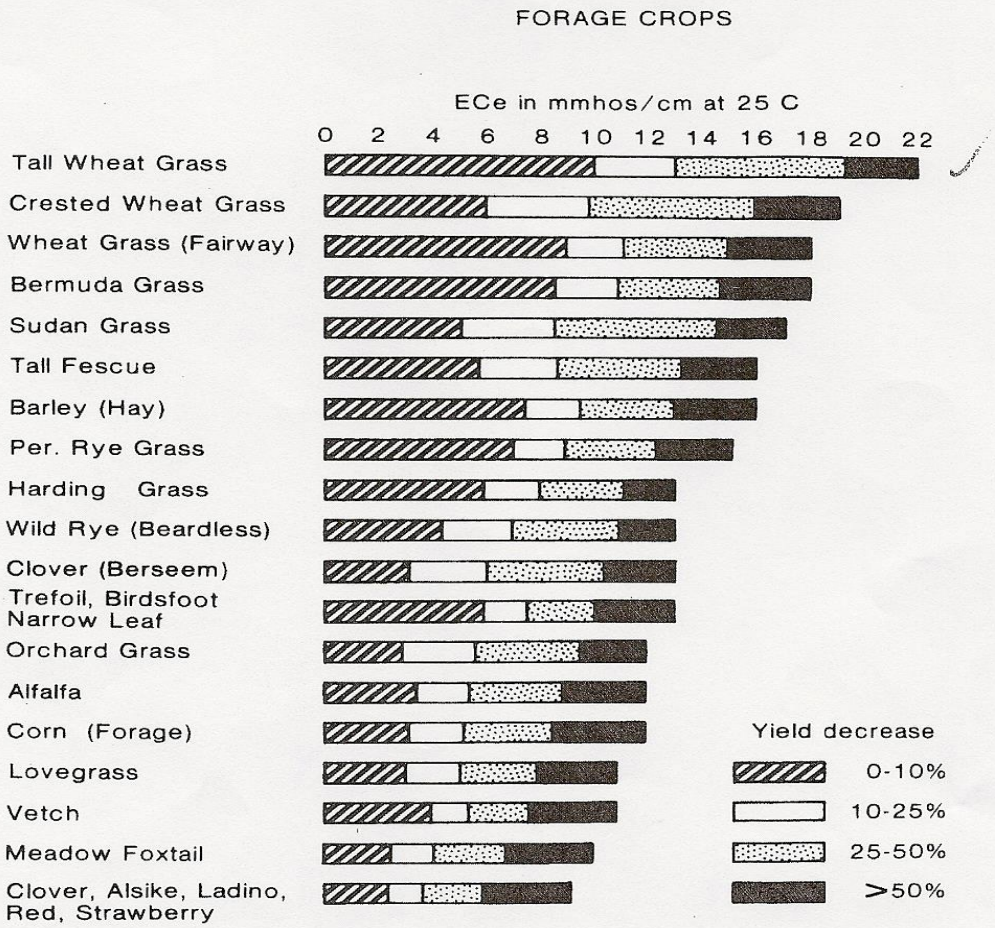
(b)

Figure 9.6. (*Continued*)



(c)

Figure 9.6. *(Continued)*

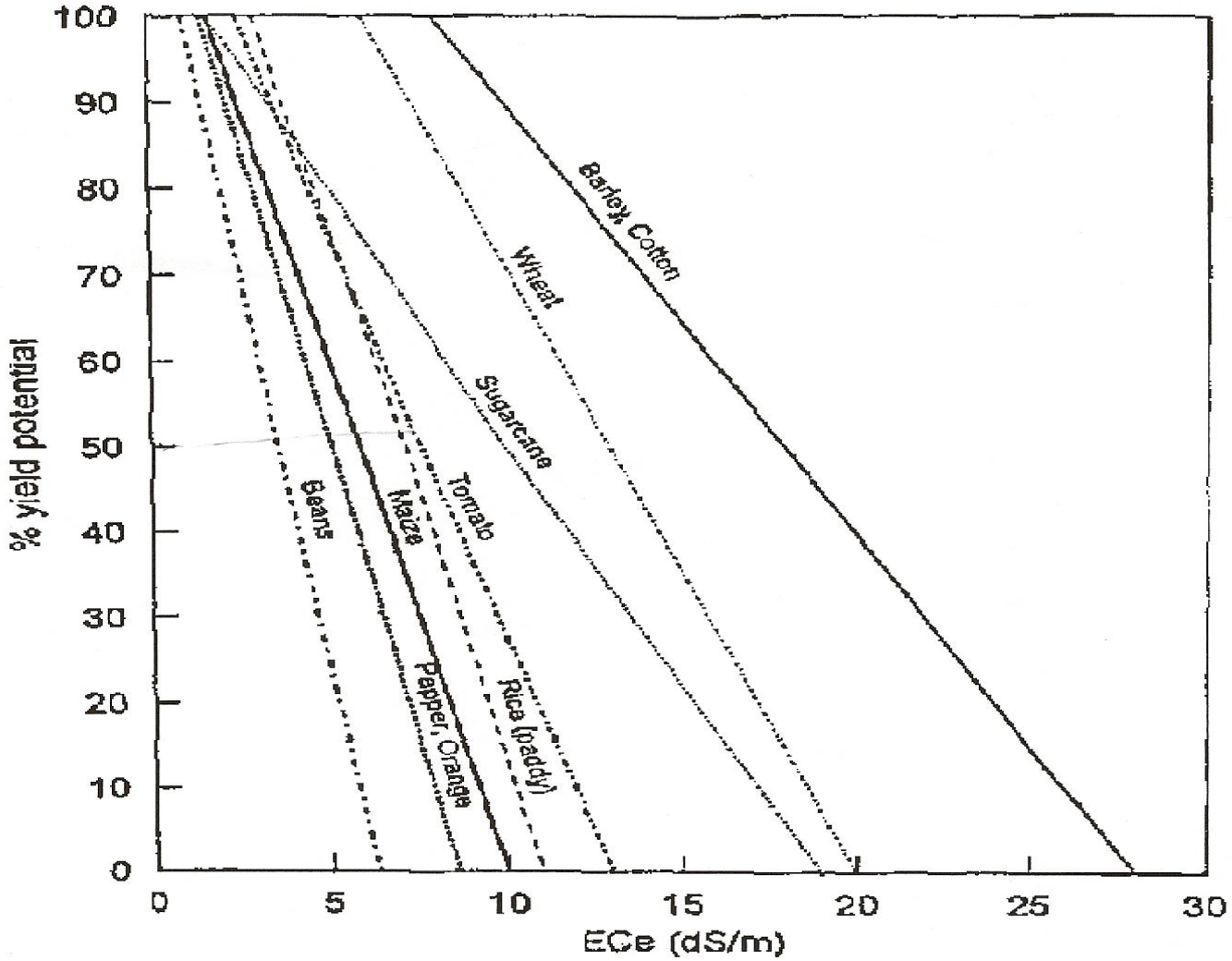


(d)

Figure 9.6. (*Continued*)

FIGURE 6 Yield potential of selected crops as influenced by soil salinity (ECe) (Ayers and Westcot, 1985)

Unless there is some drainage from the scheme, whether natural or artificial,



العناصر الصغرى X
الزنك (Zn)

يعد الزنك احد العناصر الغذائية الاساسية التي يحتاجها النبات لاكمال دورة حياتة بالرغم من ان الكمية التي يحتاجها النبات تكون قليلة مقارنة بالعناصر الغذائية الكبرى والتي تم الاشارة لها في المحاضرات السابقة . يدخل ال Zn في العديد من الفعاليات الحيوية وكذلك في النظام الانزيمي في النبات

- مصادر ومحتوى الزنك في التربة

تتراوح الكمية الكلية من الزنك بالقشرة الارضية بحدود 0.2%
وان محتوى الترب المتطورة من اصل صخور كلسية
(lime stone) اقل من الصخور من اصل بلوري او كوارتز

صور الزنك بالتربة

يوجد الزنك بالتربة بصور ايونية او بهيئة مركبات مخلبية ذائبة في محلول التربة وكذلك ممكن ان يوجد على مواقع التبادل . وقد يدخل في تركيب بعض معادن الطين في عملية الاحلال المتماثل .

اهم صور الزنك بالتربة :

1- الزنك المعدني inorganic Zn ويشمل:

- معادن البايوتايت والهوربلاند
- كبرتيد الزنك (ZnS) وكاربونات الزنك ($ZnCO_3$) وسيليكات الزنك
- يوجد في معادن الطين نتيجة الاحلال المتماثل مع ايون Mg

2- الزنك المتبادل والممدص

يحتل الزنك بعض مواقع التبادل على اسطح غرويات التربة وقد يكون بصوره ممدصة غير قابلة للاستخلاص بالطرق الكيميائية المتعارف عليها . الغرويات المسؤولة عن مسك الزنك

- معادن الطين ذات السعة التبادلية العالية
- كاربونات الكالسيوم
- الاكاسيد والهايدروكسيدات في الترب الحامضية

3- الزنك الذائب في محلول التربة ويشمل :

- كلوريدات ونترات وكبريتات العنصر
- مرتبط مع المادة العضوية في صور معقدات ذائبة

ان صور الزنك الذائبة في محلول التربة تختلف باختلافPH التربة

* الزنك الجاهز للنبات= الزنك المتبادل + الزنك الذائب

العوامل التي تؤثر على جاهزية الزنك

1- درجة تفاعل التربة

↓ PH ⟶ Zn ↑

2- كاربونات الكالسيوم ويكون تاثيرها من خلال :

- ذوبانها يؤدي إلى انطلاق OH وبالتالي رفع PH التربة
- في الترب الكلسية التي يكثر فيها كاربونات ال $MgCO_3$ يحل الزنك محل الMg وبالتالي يؤدي إلى قلة ذوبانة
- امدصاصة على سطوح الكاربونات
- ترسيبة بصورة $ZnCO_3$ و ($Zn(OH_2$

3- معادن الطين والاكاسيد الحرة

تختلف بقابليتها على التثبيت باختلاف نوع المعدن فمعادن 2:1 تكون ذو قابلية اعلى على التثبيت من معادن 1:1

4- المادة العضوية

يعتمد تاثيرها على نوع الاحماض العضوية السائدة في المادة العضوية

- Fulvic acid يكون معقدات ذائبة بالماء
- Humic acid يكون معقدات غير ذائبة بالماء

5- الملوحة

يؤثر الملح على جاهزية الزنك من خلال تاثير التركيز العالي لبعض الايونات الموجبة والسالبة الموجودة في المحلول وتختلف قابليتها على ادمصاص الزنك :

Na > K > Mg > Ca > H

6- الرطوبة

الرطوبة ← جاهزية الزنك

7- الاسمدة النتروجينية : يعتمد نوع تاثيرها على تفاعل السماد بالتربة

- السماد ذو التاثير القاعدي يقلل من جاهزية الزنك
- السماد ذو التاثير الحامضي يزيد من جاهزية الزنك

8- الاسمدة الفوسفاتية

اسبابها

- تكوين مركبات فوسفات الزنك القليلة الذوبان بالماء
- تاثير التخفيف (dilution effect)
- الاضطراب الحيوي في النبات (عدم توازن Zn/ P في النبات)
- تكوين مركبات معقدة في الجذر ليس لها قابلية على الحركة إلى اعلى النبات

9- تاثير العناصر الصغرى الاخرى

ا-

وقد يعود ذلك إلى :

- تشابة مواقع امتصاص العنصرين على جذور النبات
- حركة Cu في محلول التربة اسرع من الZn

ب-

وقد يعود ذلك إلى :

- عنصر الحديد يؤدي إلى زيادة حركة الزنك في النبات
- ارتفاع نسبة Fe / Zn في النبات وبشكل عام فان النسبة تكون بحدود 20 في اغلب المحاصيل

الزنك ونمو النبات

- يعد الزنك من العناصر الغذائية الضرورية التي يحتاجها النبات وانه يوجد في جميع الانسجة النباتية .
- يختلف التركيز الحرج باختلاف الانواع والاصناف وحسب مراحل نمو النبات وان الحد التركيز الحرج يتراوم مابين 10 – 100 ppm
- يعتبر عاملا مساعدا في عمليات الاكسدة والاختزال في خلايا النبات ويلعب دور مهما في تنظيم استهلاك السكر وانتاج الطاقة اللازمة للفعاليات الحيوية في النبات
- ويدخل الزنك في انزيم Carbonic anhydrase الذي يحفز تحلل حامض الكاربونك إلى ثاني اوكسيد الكاربةن والماء
- ضروري لتكوين الحامض الاميني Tryptophane والذي هو مصدر IAA . وللزنك دورا مهما في تكوين النشا

اسمدة الزنك وطرق اضافتها

- يعتبر سماد $ZnSO_4$ الحاوي على Zn %36 من اكثر الاسمدة شيوعا ويضاف اما للتربة مباشرة او بطريقة الرش على الجزء الخضري للنبات وتحلل هذا السماد بالتربة تعطي مركبات $ZnCO_3$, $Zn(OH)_2$ وتتفاعل هذة المركبات مع مكونات التربة مثل الكاربونات او الاكاسيد ومن ثم تتحول إلى مركبات قليلة الذوبان بالماء وبذا تقل جاهزيتها للنبات ولذا تكون طريقة الإضافة رشا او بطريقة جوار قرب النبات اكفاء من طريقة خلط السماد مع التربة .
- افضل طريقة لإضافة اسمدة العناصر الصغرى بشكل عام هي طريقة الرش على الجزء الخضري (تركيز محلول الرش مهما جدا)
- تعد اسمدة الزنك العضوية مصدر جيد لتجهيز النبات بالزنك ويكون في اغلب الحالات اكثر كفاءة من اسمدة الزنك المعدنية وتختلف كفائتها باختلاف مصادرها

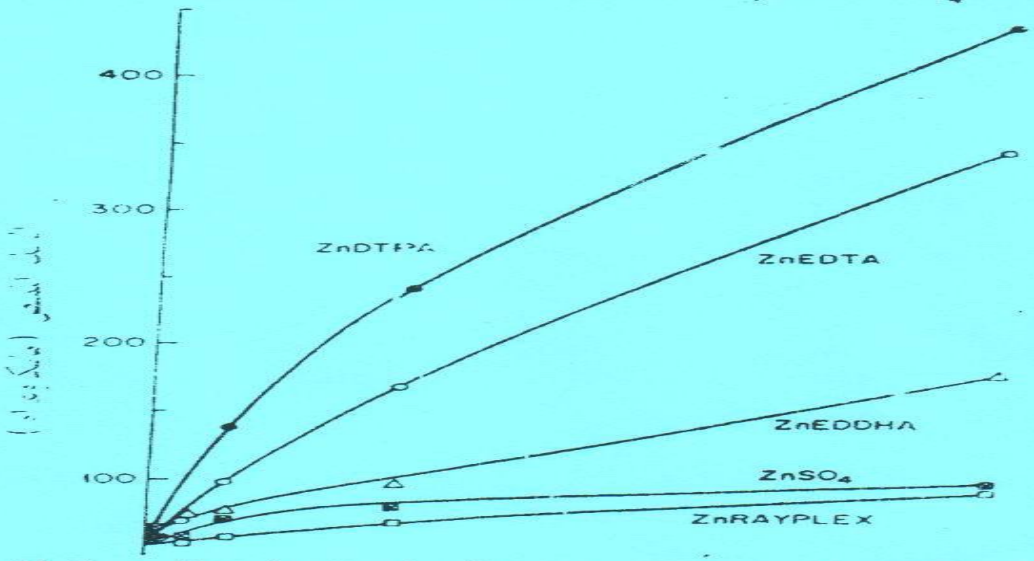
ZnDTPD > ZnEDTA > ZnEDDHA > $ZnSO_4$

- سماد $ZnSO_4$ غير ملائمة لنبات الرز بسبب انطلاق غاز H_2S بفعل تحول الكبريتات تحت الظروف اللاهوائية
- يضاف الزنك للترب بمعدل 50- 100 كغم في الهكتار

أخرى ، بينت أهمية طريقة الخلط أو الأضافة السطحية في الترب المتعادلة أو القليلة التشبيت .

أجريت عدة دراسات مقارنة لبيان كفاءة الأسمدة العضوية وغير العضوية (Brown & Kranz. 1966; Vinande et al. 1968) وقد لوحظ أنّ مركبات الزنك المخلبية تعدّ مصدراً جيداً غالباً لتجهيز الزنك في مختلف الترب بالمقارنة مع المصادر غير العضوية . وفي دراسة (Andersson, 1964) على انواع عديدة من المركبات المخلبية لمعالجة نقص الزنك في الذرة الصفراء النامي في الترب الكلسية وقد بينت النتائج في الشكل (3) التأثير الفعال للمركبات المخلبية بالمقارنة بالمصادر المعدنية . ونتائج المقارنة بين صور مركبات الزنك المخلبية تكون بالترتيب التالي

ZnDTPD ⩾ ZnEDTA ⩾ ZnEDDHA ⩾ $ZnSO_4$ ⩾ Zn Rayplex.



الشكل (3) تأثير المركبات المخلبية المختلفة المضافة بطريقة الجور في تربة كلسية على كمية الزنك الممتصة بواسطة محصول الذرة الصفراء .

➢ اعراض نقص الزنك

النحاس Cupper
(Cu)

- يعتبر النحاس من العناصر الغذائية الصغرى التي يحتاجها النبات لاكمال دورة الحياة . ويحتاجه النبات بكميات قليلة مقارنة مع ما يحتاجة من العناصر الاخرى اذ عادة لا يزيد محتوى النبات من النحاس عن 10 ppm .

محتوى التربة من النحاس يقدر بحوالي 70 ppm ويختلف المحتوى من تربة إلى اخرى اعتمادا على نوع مادة الاصل

- صور النحاس في التربة

1- النحاس في الحيز المستقر

يوجد في التركيب البلوري لمعادن التربة او المرتبط مع اكاسيد الحديد او الالمنيوم ويكون هذا النحاس غير محترك بالتربة وغير جاهز للنبات

2- النحاس المتبادل

ممسوك على معقدات التبادل الايوني على سطوح الطين ويكون جاهز للنباتات

3- النحاس المرتبط مع المادة العضوية

جاهزيتة تعتمد على نوع ارتباطه بالمادة العضوية

- ارتباطة مع حامض الفلوفيك يكون معقدات ذائبة (جاهزة)

- ارتباطة مع حامض الدباليك يكون معقدات غير ذائبة (غير جاهز)

4- النحاس الذائب بمحلول التربة

كميتة قليلة وصورة تعتمد على درجة تفاعل التربة

النحاس الجاهز = الذائب + المتبادل

- العوامل المؤثرة على جاهزية النحاس

مشابهة للعوامل المؤثرة على جاهزية الزنك منPH و كاربونات الكالسيوم والمادة العضوية والتداخل الايوني

النحاس ونمو النبات

- يمتص النبات النحاس بهيئة Cu^{+2} ويدخل ضمن العديد من العمليات الحيوية في النبات منها عملية التركيب الضوئي والنشاط الانزيمي
- يعتبر احد مكونات الكلورفيل وعنصر فعال في عمليات الاكسدة والاختزال ويزيد من مقاومة النبات للفطريات وتكوين العقد الجذرية في البقوليات
- محتوى النبات من النحاس بحدود 10 ppm

جدول تاثير إضافة النحاس على انتاجية الشوفان

كمية النحاس (ملغم/ كغم تربة)	وزن القش(غم /سندان)	وزن الحبوب (غم/ سندان)
بدون إضافة	72.6	29.6
1.2	57.0	56.7
8.3	58.4	57.7

اسمدة النحاس وطرق اضافتها

- يمكن اتباع نفس طرق الاضافة التي تم توضيحها في طرق إضافة الزنك

جدول يبن اهم اسمدة النحاس

السماد	محتوى النحاس (%)
$CuSO_4 .5H_2O$	25
$CuSO_4 .H_2O$	35
Cu_2O	89
CuO	75
Na_2 CuEDTA	13
NaCu- HEDTA	9

- في الترب الكلسية يفضل إضافة الاسمدة المخلبية ولكن ممكن إضافة الاسمدة المعدنية (ذو كلفة اقل) عند اضافتها رشا على النبات