الفصل الثاني

نمو النبات ودورات العناصر الغذائية الرئيسية في الطبيعة

obeikandl.com

obeikandl.com

نمو النبات ودورات العناصر الغذائية الرئيسية في الطبيعة
Plant Growth and Cycling of Essential Elements in Nature

نمو النبات والعوامل المؤثرة

لما كان الهدف الأساسي من هذا الكتاب هو تكوين فكرة عامة عن تأثير التغذية على نمو النباتات وانتاجها ولما كان نجاح زراعة أي نبات أو محصول بصورة اقتصادية يتوقف على نمو ذلك المحصول ولنتاجيته لذلك كان من الأفضل التطرق إلى اعطاء فكرة عامة عن النمو والعوامل المؤثرة عليه باعتبار أن النباتات تتفاعل وتتكامل مع دورات العناصر الغذائية في الطبيعة.

النمو(Growth)

هو التطور أو التحول التدريجي نحو النضج مقترنة بزيادة الوزن الجاف للنبات أو العضو النباتي وقد تكون تلك الزيادة مصحوبة بزيادة حجم النبات أو طوله أو قطره وعند وضع قطعة خشبية في الماء فإنها تزداد في الوزن الرطب (Fresh Weight) والحجم إلا أن هذه الزيادة تقف بعد فترة معينة فلا تعتبر هذه الزيادة دليلاً على النمو كما أن وزنها الجاف لم يتغير حقيقة.

ويمكن تعريف النمو أيضاً بأنه زيادة المادة البرتوبلازمية الحية في الكائن الحي أو زيادة في عدد خلاياه فعند انبات البذور تحدث عدة تغيرات كيميائية حيوية وتتحول أغلب الكاربوهيدرات والبروتينات والشحميات إلى مركبات عضوية بروتوبلازمية حية حيث تستعمل في بناء الخلايا الجديدة الناتجة من الانقسامات المتتالية بيد أن المادة الجافة في البادرة أقل مما في البذور الأصلية وذلك لاستهلاك جانبا من المواد الغذائية المخزونة في عمليات التنفس والعمليات الحيوية المختلفة وبذلك يتناقص الوزن الجاف للبادرة إلى أن تتمكن من تكوين مجموعة جذرية تستطيع امتصاص الماء وأيونات العناصر الغذائية من محلول التربة كما يتكون لها ايضا المجموع الخضري وتبدأ عملية التركيب الضوئي والعمليات النباتية الأخرى

وعندها يزداد معدل البناء على معدل الهدم كما أن الوزن الجاف يبدأ بالزيادة ومما تجدر الاشارة إليه أن نمو الكائنات الحية الراقية يكون مصحوبا بتخصص المواد العضوية الحية إلى أنسجة وأعضاء نباتية مختلفة إلا أن التخصص قد لا يكون ملازما لنمو الكائنات الحية الواطئة أو النمو الشاذ في بعض الكائنات الحية وبعبارة أخرى أن لكل نبات دورة حياة تختلف باختلاف نوع النبات وتركيبها فالنباتات وحيدة الخلية كالبكتريا تبدأ دورة الحياة بخلية تنتج من الانقسام البسيط وتأخذ هذه الخلية بالزيادة في النمو إلى أن تتهيأ للانقسام الاخر وبهذا تتم دورة حياتها في فترة وجيزة أما النباتات الراقية الخضراء فتبدأ دورة حياتها باكتمال تكوين الاجنة داخل البذور وبعد ذلك قد تمر فترة سكون في البذور تحدث فيها بعض التغيرات الكيمياوية الحيوية والمورفولوجية في الأجنة ومن ثم تصبح البذور مستعدة للانبات إذا ما توفرت الظروف المناسبة لها مكونة بادرة ويكون النمو عندها على حساب المواد الغذائية المدخرة في البذرة وعندما تتكون للبادرة مجموعات جذرية وخضرية يصبح النبات معتمداً على نفسه في الحصول على غذائه ويعقب ذلك مرحلة الأزهار وعندما يحدث التلقيح والاخصاب في الأزهار يبدأ بتكوين البذور والثمار وعندما ينهي النبات الحولي أو المحول دورة حياته.

هذا وتمر الخلية أثناء نموها بعدة مراحل متتالية ففي المرحلة المرستيمية يقتصر الأمر على زيادة عدد الخلايا وقلما تصاحب الخلايا زيادة في حجمها أو وزنها وبعد ذلك تأتي مرحلة الزيادة في حجم الخلايا حيث تبدأ الخلايا في امتصاص الماء ومركبات العناصر الغذائية المذابة وينتج عن ذلك تكوين الفجوات الخلوية الصغيرة (Vacuoles) التي سرعان ما تتحد مع بعضها مكونة فجوة كبيرة تحتل مركز الخلية ويندفع سايتوبلازم الخلية فيلتصق بغشاء الخلية (Cell Membrane) وعند هذه المرحلة من النمو تتخصص الخلايا حسب الوظيفة المهيأة لها(Differentiation) فإذا اصبحت خلية خشبية مثلا فان جدرانها تتشحن بمادة اللكنين(Lignin) وتذوب جدران منتهياتها وتتحد مع خلايا أخرى ليتكون وعاء خشبي متخصص لنقل الماء ومركبات العناصر الأولية وتصبح الخلية ميتة. أما إذا تخصصت لتكون أحدى خلايا القشرة فان الخلايا تصبح مفككة مفصولة بمسافات بينية وتكون الخلايا ذات جدران سليلوزية وفجوات

كبيرة ويبقى برتوبلاست هذه الخلايا حيا لمدة طويلة وتتخصص الخلايا لوظيفة خزن المواد الغذائية والعضوية الأخرى.

التعبير عن النمو Growth Express

إذا امعنا النظر في نمو أي نبات أو عضو نباتي وذلك بقياس الوزن الجاف أو الزيادة بارتفاع النبات على فترات زمنية متعددة في طور النمو فإننا نلاحظ أن النمو لا ينتظم خلال فترة حياة النبات أو العضو النباتي بل يمر كل نبات أو عضو أو خلية في مراحل أثناء النمو بشكل منحني بياني بشكل حرف S يدعى Sigmoidal Curve. وقد وجد أن النمو يتبع قاعدة حسابية تتضمن بأن معدل النمو يتغير طردياً مع حجم ذلك الكائن الحي كما ان نفس هذه القاعدة قد تنطبق على نمو البلورات او النمو الاجتماعي كنمو السكان والنمو السلبي كتحلل المواد المشعة. أن كل هذه الظواهر تتعلق بالمعادلة الحسابية (Salisbury and Ross, 1960).

$$Y = \overset{X}{e} \qquad (١-١)$$

حيث أن Y هو العامل المتغير الأول كحجم النبات.
وان X هو العامل المتغير الثاني مثل الزمن.
وأن e هي قاعدة اللوغاريتم الطبيعي.

وعند عمل منحنى بياني لهذا القانون نحصل على شكل رقم (١- أ) الذي يبين قياس النمو على أساسي الدالة اللوغاريتمية بمرور الزمن.

ويمكن التعبير عن النمو بالدالة الحسابية للوزن الجاف أو الارتفاع أو الحجم أو زيادة عدد الخلايا مع الوقت كما في شكل رقم (١- ب).

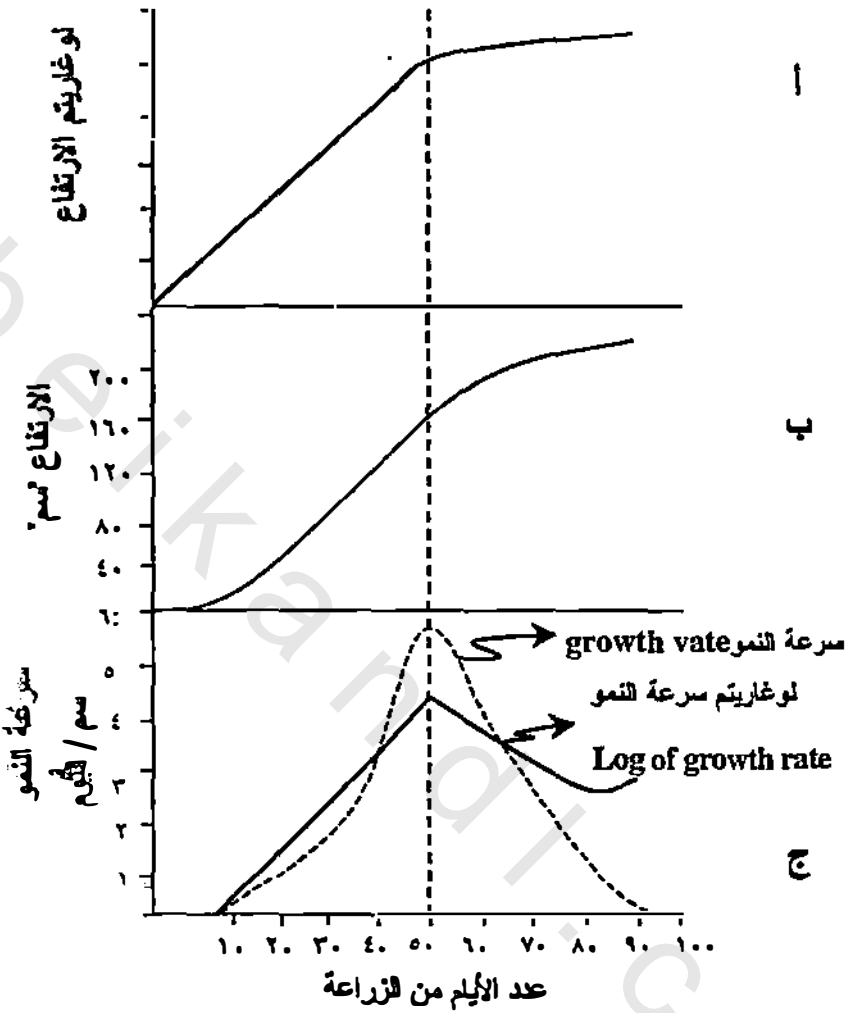
كما يمكن قياس سرعة النمو وهي زيادة النمو في وحدة الزمن وعلى فترات متعددة كما فعل العالم Sachs, 1965 المبين في شكل رقم (١- جـ) وجدول رقم (١).

ومن الجدير بالذكر أن منحنى النمو في أي من الدالات الثلاثة يختص بوجود طورين مهمين ففي الطور الأول يزداد كل من النمو وسرعة النمو وسمي بالطور اللوغاريتمي او الاوسي.

Logarithmic or Exponential Phase بينما في الطور الثاني تستمر زيادة النمو بصورة بطيئة مما يجعل سرعة النمو تنخفض (شكل رقم ٢- ١- جـ) وسمي هذا الطور بطور الشيخوخة في النمو (Senescence) وتفصل هذين الطورين فترة النمو الكبرى (Grand Growth Phase).

جدول رقم ٢-١. توضيح سرعة نمو الساق في نبات البزاليا وهنا تزداد سرعة النمو حتى تصل أقصاها في اليوم الثامن وبعدها تتناقص سرعة النمو.

الوقت	طول الساق ملم	مقدار النمو ملم	سرعة النمو ملم / يوم
ساعة الابتداء	٦٥,٢	–	–
بعد ٢ يوم	٦٦,٤	١,٢	٠,٦
بعد ٤ أيام	٦٨,٩	٣,٧	٠,٩
بعد ٦ أيام	٧٥,٩	١٠,٧	١,٩
بعد ٨ أيام	٨٩,٩	٢٤,٧	٣,١
بعد ١٠ أيام	٩٤,٩	٢٩,٧	٢,٩
بعد ١٢ يوم	٩٦,٤	٣١,٢	١,٨



شكل رقم (٢-١): منحنى نمو نبات الذرة معداً بثلاثة طرق:

أ- الدالة اللوغاريتمية للتعبير عن النمو وفيه يستمر الطور الاسي (Exponential Phase) حتى حدود ٥٠ يوماً من الزراعة ثم يبدأ بعد ذلك طور الشيخوخة.

ب- الدالة الحسابية للتعبير عن النمو والمشابهة للمنحنى (Sigmoidal Curve) .

جـ- منحنى سرعة النمو مع الوقت وفيه تبدأ سرعة النمو قليلا ثم تزداد بسرعة حتى تبلغ أقصاها في يوم (٥٠) وبعدها تتناقص سرعة النمو.

عن: Salibury and Ross, 1969.

طرق قياس النمو:

١- تقدير الزيادة في الوزن الطازج والجاف Fresh Weight and Dry Weight:

لأجل تتبع الزيادة في الوزن الطازج لنبات ما يجب استعمال عدة نباتات متماثلة يؤخذ منها على فترات معينة الوزن الطازج ومن ثم تجفف هذه النباتات في الفرن في درجة حرارة ٧٠ – ٨٥°م ثم يحتسب الوزن الجاف للعينات المتتالية وبعد ذلك يحتسب معدل الزيادة في الوزن الجاف للنباتات المستعملة بمرور الزمن.

٢- طريقة البلانيميتر: Planimeter.

وذلك بقياس مساحة الأوراق وتقدير الزيادة في مساحتها على عدة فترات أثناء طور نمو النباتات والطريقة هي وضع الورقة النباتية على ورقة بيضاء وتحدد حافتها برسمها على الورقة ثم تزال الورقة النباتية وتقاس مساحة الورقة المرسومة بواسطة جهاز Planimeter .

وهذا الجهاز يتكون من ثلاثة أجزاء وهي القاعدة والتي تكون ثابتة ثم آلة القياس الدقيقة (micrometer) وكذلك عدسة النظر(viewer) . ان فائدة عدسة النظر هي تعقيب حدود المساحة المراد قياسها أما آلة القياس الدقيقة فهي متحركة ويجب ضبط القراءات بالنسبة إلى جداول معينة للحصول على المساحة بصورة صحيحة(Khudairi, 1975) .

٣- طريقة الميكروسكوب العادي:

تستعمل هذه الطريقة لقياس نمو خلايا البكتريا والفطر وذلك باستعمال عينة خاصة مدرجة وأن وحدة القياس هى المايكرون [١/١٠٠٠ مم]. وذلك بعد البكتريا في المايكرون المربع في المايكروسكوب ثم تحتسب مساحة بآلة خاصة وبذلك يعرف عدد خلايا البكتريا أو الفطر.

٤- تقدير أرتفاع النبات:

وذلك بتتبع الزيادة في ارتفاع النبات، هذا ويجب استعمال عدة نباتات متماثلة ويقاس ارتفاعها على فترات معينة ثم يحتسب معدل الزيادة في ارتفاع النباتات المستعملة بمرور الزمن.

٥- قياس النمو في أطراف الجذور:

لأجل إظهار منطقة النمو في الجذوز أو السيقان تتبع طريقة وضع علامة ثابتة بالحبر الصيني في أطرافها على مسافات متساوية ويلاحظ بين يوم وآخر الزيادة بين العلامات. أن هذه الطريقة توضح مناطق النمو حيث تقع في الجذور على مسافة صغيرة في طرفة. فإذا قسم طرف الجذر في بادرة نبات ما ولنفرض البلاقلاء إلى أقسام يساوي مليمتر واحد وترك لمدة يومين بعد احاطة الجذر بقطعة مبللة من القطن فنلاحظ أن المليمترات السبعة الأولى زادت في الطول زيادة ملحوظة بينما لم تزد المليمترات الباقية من الجذير.

العوامل المؤثرة في نمو النبات Foctors Affecting Plant Growth

ان العوامل المؤثرة في النبات معروفة لحد ما إلا أن العوامل الوراثية والمناخية هي أكثر العوامل التي درست بصورة كثيفة.

العوامل الوراثية: Genetic Factors

تتجلى أهمية العوامل الوراثية في نمو المحاصيل الزراعية المختلفة من زيادة في الانتاج كمياً ونوعاً وذلك باستعمال طريقة تهجين المحاصيل Hybridization فمثلاً استعملت طريقة التهجين في محاصيل الذرة الحلوة والفاصوليا والطماطا وغيرها (Loomis and Willams, 1972; Hall et al, 1972).

لقد أصبح لعلم الوراثة وتربية النبات(Plant Breeding) الفضل الأكبر في تحسين المحاصيل المختلفة من حيث الانتاج الكمي، والنوعي كما أصبح بالإمكان الحصول على بعض الأصناف المتصفة بمقاومتها للأمراض والحشرات والجفاف والملوحة. وبالتربية أيضاً استنبطت أصناف ذات قابلية للنمو في درجات الحرارة غير الملائمة وكذلك أصناف مبكرة النضج.

هذا وقد أظهرت البحوث (الحيوية) الحديثة بأن الجينات تؤثر على العمليات الفسيولوجية في النبات وذلك بسيطرتها على تكوين الأنزيمات المخصصة لهذه الأعمال الفسيولوجية بيد أن الطريق مازال طويلاً لبحوث جديدة ومركزة في هذا

المضمار لبيان علاقة الجينات بالانزيمات والهرمونات لتفسير التأثير المتبادل بين الجينات الوراثية والعمليات الفسيولوجية.

العوامل البيئية Environmental Factors

ان البيئة هي مجموعة تأثير الظروف الخارجية على حياة وتطور الكائنات الحية ومن جملة الظروف البيئية المؤثرة في نمو النباتات هي:

١. درجة الحرارة.
٢. الماء.
٣. الضوء.
٤. مكونات الجو.
٥. هواء التربة وقوامها وتركيبها.
٦. تفاعل أو حموضة التربة(pH) .
٧. توفر العناصر الضرورية في التربة.
٨. الرياح.
٩. العوامل الحيوية.

وعلى الرغم من أن أي عامل له تأثيراته المنفردة إلا أن يتفاعل مع بقية العوامل البيئية الأخرى كماء التربة والرطوبة الجوية أو ثاني أوكسيد الكربون والأوكسجين... الخ إلا أنه يمكن دراسة أثر كل عامل منفصلا وذلك لسهولة بحثه.

(١) درجة الحرارة Temperature

أن لكل عملية فسيولوجية يقوم بها النبات ثلاثة حدود حرارية هي الحد الإدنى(Minimum) والحد الأقصى(maximum) وتحدث العملية الفسيولوجية ببطء في هذين الحدين ولكنها تشتد في درجة الحرارة الوسطى أو المثلى(Optimum) وتختلف هذه الحدود الحرارية الثلاثة بالنسبة للنباتات المختلفة وكذلك بالنسبة للوظائف الفسيولوجية المختلفة. أما العمليات الفسيولوجية التي تتأثر بدرجة الحرارة فهي كثيرة ولكن أهمها التركيب الضوئي، التنفس، النتح، نفاذية أغشية الخلايا، امتصاص العناصر الغذائية ونقلها داخل النبات، فعالية الأنزيمات، تمثيل العناصر المغذية وتكوين البروتينات. أن تأثير درجة الحرارة على عملية التركيب

الضوئي معقدة وتختلف باختلاف الأجناس والأنواع النباتية وكما يعتمد على تركيز ثاني اكسيد الكربون الجوي شدة ونوعية الضوء وطول فترة الضوء.

أما عملية التنفس فتزداد بارتفاع درجة الحرارة حتى تصل إلى حد معين ثم تهبط عند استمرارية زيادة درجة الحرارة. أن معدل النتح يكثر بزيادة درجة الحرارة وفي حالات اشتداد النتح فيحدث ذبول النبات وذلك بسبب فقدان الماء أثناء النتح نسبة إلى امتصاص الماء من قبل جذور النبات. كما أن عملية امتصاص الماء تنشط بدروها عند زيادة درجة الحرارة بيد أن الارتفاع أو الانخفاض الشديدين في درجة الحرارة يؤدي إلى إعاقة امتصاص الماء من قبل جذور النبات.

كما أن درجة الحرارة تؤثر على امتصاص مركبات العناصر الغذائية فقد وجد أن امتصاص هذه المركبات بواسطة جذور النباتات يقل عندما تكون درجة حرارة التربة واطئة وربما يكون السبب في ذلك هو انخفاض فعالية تنفس الجذور أو قلة نفاذية أغشية الخلايا.

أن درجة الحرارة تؤثر على نمو النبات بصورة غير مباشرة وذلك بتاثيرها على الأحياء الدقيقة في التربة فقد لوحظ أن فعالية هذه الكائنات المجهرية تزداد بارتفاع درجة الحرارة مما يؤدى إلى تغيير كمية هواء التربة مثل زيادة ثاني اوكسيد الكاربون وكذلك يحدث انخفاض في درجة الحموضةpH التربة أو تزداد حموضة التربة وبالتالي تؤدي إلى توفر قسم من العناصر الغذائية بصورة جاهزة للنبات وبالإضافة لذلك فان ارتفاع درجة الحرارة يزيد في تحلل المادة العضوية في التربة نظراً لزيادة فعالية مجهريات التربة مما ينتج عنه زيادة خصوبة التربة.

(٢) الماء

ان نمو معظم النباتات يعتمد على كمية الماء المتوفرة (في البيئة) أو المضافة للتربة بصورة صحيحة وبكمية مناسبة شكل رقم (٢-٢).

ومن المعلوم أن جوهر الحياة هو الماء وتتجلى أهمية الماء للنبات فيما يلي:-

١. يعتبر الماء مادة أولية أو القوة الاختزالية في عملية التركيب الضوئي.

٢. يدخل في تركيب المادة البروتوبلازمية بنسبة ٨٠ % على الأقل.

٣. يعتبر الماء واسطة لنقل المواد الغذائية ومركبات العناصر الغذائية الأولية من جزء من النبات لآخر.

٤. أن الغازات المهمة للنبات هي الاوكسجين وثاني أوكسيد الكربون التي تذوب في الماء قبل استعمالها من قبل النبات.

٥. يسبب الماء انتفاخ الخلايا لكي تقوم بوظائفها الحيوية.

٦. كما أن قلة الماء تؤدي إلى تعويق عملية انقسام الخلايا واستطالتها وبالتالي إعاقة نمو النبات.

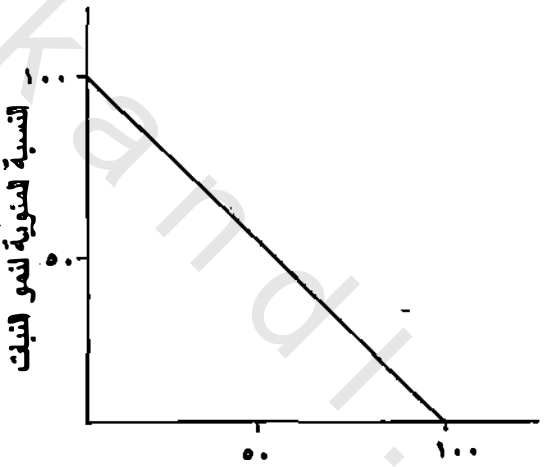
وطبيعي أن الماء يدخل للنبات عن طريق الجذور بمساعدة عدة عوامل منها درجة حرارة ماء التربة ومقدار الماء الصالح للامتصاص في التربة وكذلك تركيز محلول التربة وتوفر الاوكسجين في التربة لتنفس الجذور وسرعة عملية النتح وغيرها من العوامل.

ومما هو جدير بالذكر أن الماء الموجود في التربة يوجد بعدة أشكال ويتأثر بعدة عوامل منها الجاذبية الأرضية والخاصية الشعرية وطبيعة دقائق التربة الفيزياوية والكيمياوية. فعند إضافة الماء للتربة لحد الاشباع(Saturation) ووضع هذه التربة في أناء مثقوب من أسفله ومغطى بشبكة أو مصفى فان قسماً من ماء التربة يترشح إلى الأسفل بتأثير الجاذبية الأرضية ويسمى هذا الماء بالماء الحر (Free Water) أما الماء المتبقي بين المسافات الشعرية وبين دقائق التربة فيدعى الماء الشعرى (Capillary Water) . والقوى المسببة لبقائه هي التوتر السطحي للماء والتلاصق والتماسك ويطلق على مدى احتفاظ الماء الشعري بالسعة الحقلية (Field Capacity) حيث أن الماء الشعري هو أغلب الماء المتوفر والصالح للامتصاص من قبل النبات. كما يوجد شكل آخر من ماء التربة يدعى بالماء (الهايكروسكوبي) (Hygroscopic Water) والذى يلتصق بقوة شديدة نسبيا مع دقائق التربة الغروية ويعتبر (بصورة عامة) غير متوفر للنبات وخلال فترات

الجفاف الشديدة فقد يتبخر هذا النوع من الماء مكونا بخارا ويصبح مفيدا للنبات ولو بدرجة قليلة جدا وشكل رقم (٢-٣) يبين هذه الأنواع الثلاثة من ماء التربة.

كذلك يوجد الماء في التربة بشكل ماء متحد كيمياويا Chemically Combined Water مع عدة مركبات كيمياوية تسمى بالمركبات المائية. أن هذا النوع من الماء هو متحد بقوة عالية جداً وغير متوفرة للنبات قط.

ومما تجدر الأشارة إليه بأنه بعد نفاذ الماء الشعري تذبل النباتات وإذا استمر الذبول بحيث لا ترجع النباتات إلى حالتها الطبيعية ولو توفر الماء الكافي فتسمى هذه الحالة نقطة الذبول الدائم (Wilting Point Permenant) .

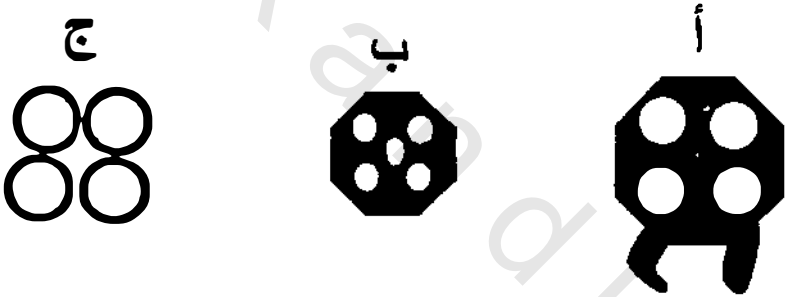


شكل رقم (٢-٢): يظهر أن نمو النبات يعتمد على كمية ماء التربة التي يستطيع النبات الحصول عليها. عن: Houk, 1951

هـذا ويعد الماء من العوامل البيئية المهمة في توزيع النباتات وانتشارها على الأرض. وهـناك النباتات المائيةHydrophytes التي تستطيع العيش في الماء أو في تـربة رطبة جدا كالرز والبردي وكذلك نباتات المناطق المعتدلةMesophytes التي تـنمو جيداً عند توفر كميات مناسبة من الماء مثل أغلب النباتات كالحنطة والطماطا

كمـــا توجـــد النـــباتات الجافةXerophytes التي تتمكن من النمو في ظروف جافة كالصـــبير والشوك وكذلك توجد النباتات الملحيةHalophytes وهي النباتات القادرة على تحمل نسبة عالية من الأملاح في التربة أو محلول التربة مثل الطرطيع.

ومن الناحية العملية وجد أن انتاج الحاصل في النبات يتأثر بتوفر ماء التربة فلقد أظهرFernandez and Laird عام ١٩٥٩ بأن انتاج الحنطة أو القطن يتوقف علـــى كمية ماء التربة وكميات الاسمدة النتروجينية كما في شكل رقم (٢-٤) وان الجدول رقم (٢-٢) يبين الفترة الحرجة لمتطلبات الماء لبعض المحاصيل.



شكل رقم (٢-٣): أنواع الماء الموجود في التربة:

أ- الماء الحر أو ماء الجانبية (Free Water) وهو غير متوفر للنبات بصورة عامة

ب- الماء الشعري(Capillary Water) وهو المتوفر والصالح للامتصاص من قبل النبات.

جـ- الماء الهايكروسكوبي(Hygroscopic Water) وهو غير متوفر للنبات.

محرر عن: Bonner and Calston, 1952

شكل رقم (٢-٤): يبين تأثير الرطوبة والنتروجين على انتاج العلف اليابس (التبن).

أ- كمية الرطوبة المتوفرة في عمق ٥ – ٣٠ سم من التربة هي ٦٠ %.

ب- كمية الرطوبة المتوفرة في عمق ٥ – ٣٠ سم من التربة هي ٣٠ %.

محور عن: Fernandez and Laird, 1959

جدول رقم (٢ – ٢) توضيح الفترة الحرجة لمتطلبات الماء لبعض المحاصيل عن: Jen and Hu Chang, 1968

المحصول	الفترة الحرجة
القرنابيط	لا توجد فترة حرجة بل تكرار الري من زراعته حتى حصاده
الخس	عند بداية تكوين الرؤوس.
اللهانة	عند بداية تكوين الرؤوس.
البروكولي Brocooli	عند بداية تكوين المجاميع الزهرية.
الفجل	أثناء فترة تكوين الجذور.
البصل	أثناء فترة تكوين الأبصال.
الفاصوليا	عند الأزهار وعقد القرنات.
اللفت	في وقت تكوين الجذور.
البطاطا	بعد تكوين الدرنات.
فول الصويا	بين فترة النمو الخضري والأزهار.
الشوفان	عند بداية تكوين السنبلة.
الحنطة والشعير والذرة	أثناء فترة ملئ الحبوب بالمادة الحليبية.
القطن	في بداية الأزهار.
المشمش	أثناء فترة النمو وتطور البراعم الزهرية.
الكرز	أثناء فترة النمو الفعالة قبل النضج.
الزيتون	المراحل المتأخرة من نضج الثمار.

obeikandl.com

ويؤثر ماء التربة على كمية امتصاص العناصر الغذائية فعندما تتوفر الرطوبة بكمية مناسبة يتحسن استغلال العناصر الغذائية وبالتالي تزداد كفاءة استعمال الماءWater Use Efficiency ، والتي تعرف بأنها كمية المادة الجافة المنتجة من استعمال كمية معينة من الماء وبعبارة أخرى كمية الماء اللازمة لانتاج كيلو غرام واحد من المادة الجافة.

هذا وقد طور Parks and Knetsch سنة ١٩٥٩ معادلة من الدرجة الثانية لحساب الانتاج المتوقع بالنسبة لمعدلات الاسمدة النتروجينية ولأيام الجفاف وهي:

$$Y = b_o + b_1 N + b_2 N^2 + b_3 D + b_4 D^2 + b_5 \qquad (٢-١)$$

حيث أنY هو الانتاج المتوقع بالكيلوغرام / الدونم.

N هو كمية الاسمدة النتروجينية بالكيلوغرام /دونم.

D هو عدد أيام الجفاف (قلة الماء).

$b_5, b_4, b_3, b_2, b_1, b_o$ هي كميات ثابتة.

كما أن ماء التربة يؤثر أيضاً على نمو النبات بصورة غير مباشرة وذلك بالتأثير على فعاليات الاحياء المجهرية في التربة فعندما تكون رطوبة التربة مرتفعة جداً أو منخفضة جداً فان فعالية بعض البكتريا المسماة Nitrifying bacteria تقل وكذلك تتأثر بكميات الماء والأحياء المجهرية التي تحلل المواد العضوية في التربة.

(٣) الضوء Light

تعتبر أشعة الشمس المصدر الرئيس للطاقة لادامة الحياة على وجه البسيطة وتقطع مسافة ٩٣ مليون ميل في الفضاء حتى تصل الأرض. ولسنا بصدد الدخول في موضوع خواص الضوء ونظرية الـــPhoton وQuantum لأن ذلك ليس من هدف هذا الكتاب.

أن الطاقة الضوئية هي عامل مهم جداً في نمو النباتات وتطورها وخاصة نوعية الضوء وشدته ومدته(Loomis, 1969) وعلى الرغم من توفر المعلومات

عن تأثير الضوء على نمو النباتات إلا أن الدراسات لم تكن دقيقة جداً في هذا المضمار لصعوبة السيطرة على شدة الضوء وطول موجته في آن واحد.

أما شدة الاستضاءة كعامل في نمو النباتات وتطورها فقد بحثت من قبل (Hall and Loomis, 1972; Upmeyer and Koller, 1970).

وأظهرت تجاربهم بأن معظم النباتات تنمو جداً عند توفر شدة الضوء التي تعادل أو تقل عن شدة الضوء في يوم مشمس (كاملا) كما في الشكل رقم (٢-٥).

وكذلك أظهرت تجارب بأن زيادة كمية الضوء تزيد في امتصاص النتروجين (الامونيا) وكذلك الماء والكبريتات والفوسفات والبوتاسيوم بواسطة الجذور فلقد وجد Rains سنة ١٩٦٧ و١٩٦٨ بأن معدل امتصاص البوتاسيوم بواسطة أوراق الذرة المقطوعة المستعملة في التجربة يكون في الضوء أكثر مما في الظلام كما في شكل رقم (٢-٦).

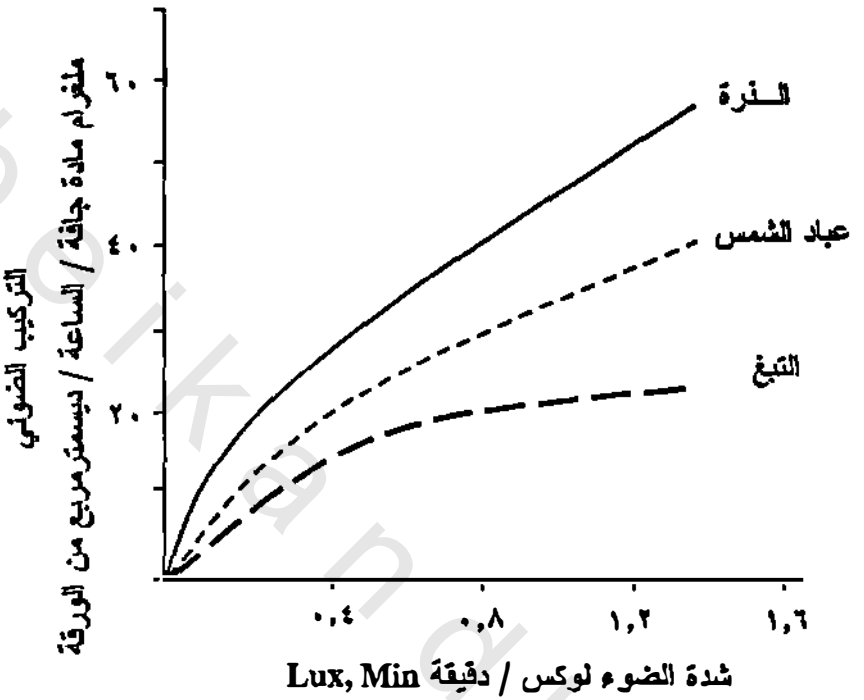
(٤) مكونات الغلاف الجوي:

تلعب محتويات ثاني اوكسيد الكربون البالغة ٠,٠٣ % من الهواء الجوي دوراً مهماً في عملية التركيب الضوئي التي بواسطتها يختزل ثاني اوكسيد الكاربون CO_2 إلى مادة كاربوهيدراتية وبروتينية ودهنية وغيرها من المركبات العضوية.

ومن المعلوم أن غاز ثاني اوكسيد الكاربون يرجع للجو كناتج عرضي من عملية تنفس الاحياء جميعها أو تحال المادة العضوية بواسطة الاحياء الدقيقة.

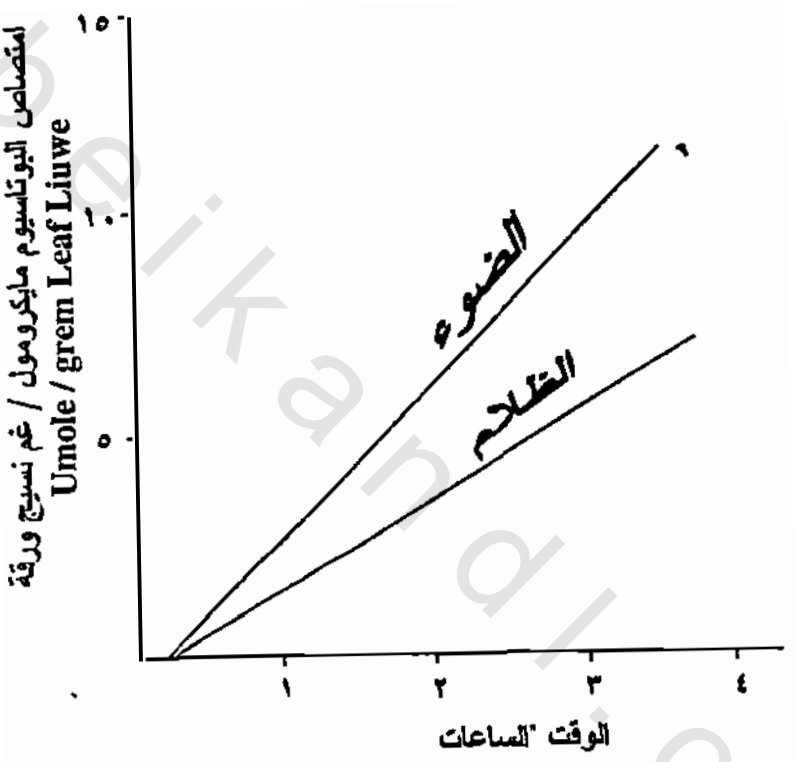
أن فكرة تأثر نمو النبات بزيادة تركيز ثاني اوكسيد الكاربون CO_2 قد جلبت انتباه الباحثين بيد أن نتائج أبحاثهم كانت متناقضة. فالنتائج السالبة تشير إلى أن قلة نمو النبات عند زيادة تركيز CO_2 متسببة عن زيادة التسمم بثاني اوكسيد الكاربون (Wittwer and Robb, 1964).

لقد أشار Wittwer and Robb عام ١٩٦٤ بان الفائدة الكامنة من زيادة ثاني اوكسيد الكاربون في البيت الزجاجي تأتي عند زيادة شدة الاضائة ودرجة الحرارة كما في جدول رقم (٢-٣) الذي يبين تأثير زيادة تركيز ثاني أوكسيد الكاربون CO_2 على انتاج بعض اصناف الخس في البيت الزجاجي.



شكل رقم (٢-٥): تأثير شدة الضوء على عملية التركيب الضوئي في ثلاثة أنواع من النباتات.

محورة عن: Waggoner et al, 1963



شكل رقم (٢-٦): امتصاص البوتاسيوم بواسطة نسيج ورقة الذرة كدالة للوقت في الضوء والظلام محورة عن: Rains, 1967

جـدول رقم (٢-٣) يبين تأثير زيادة تركيز ثاني اوكسيد الكاربون CO_2 على انتاج بعض اصناف الخس في البيت الزجاجي.

محورة عن: Wittwer and Robb 1964

اصناف الخس	الانتاج باوند لكل عشر رؤوس	
	CO_2 واطيء(*)	CO_2 عالي(*)
Bibb	١,٢	١,٩
Cheshunt No. 5 B	١,٦	٢,٨
Grand Rapids H 54	١,٣	٢,٦

وكذلك الشكل رقم (٢-٧) الذي يشير إلى تأثير زيادة شدة الاستضاءة وتركيز ثاني أوكسيد الكربون على نمو الطماطة(M- O Hybrid) وبالاضافة لتأثير ثاني أوكسيد الكربون فقد تؤثر غازات أخرى مثل ثاني أوكسيد الكبريت(SO_2) وأول أوكسيد الكربون(CO) وفلوريد الهيدروجين(HF) فهي تؤثر على نمو النباتات وتسبب تسممها.

كما ان الكلور الناتج عن عمليات صنع الالمنيوم والفوسفات تؤدي إلى حدوث أضرار في النباتات المجاورة للمصانع.

(٥) هواء التربة وقوامها وتركيبها:

أن الهواء ينتشر في أقسام من المسامات البينية غير المملوءة بالماء وهذا الهواء مكون من نفس مكونات الهواء الجوي فوق سطح الأرض ولو بنسب مختلفة فقد وجد أن نسبة ثاني أوكسيد الكربون هي أكثر مما في الهواء الجوي بسبب تحلل المادة العضوية في التربة وبطء حركة ثاني أوكسيد الكربون(CO_2 في هواء

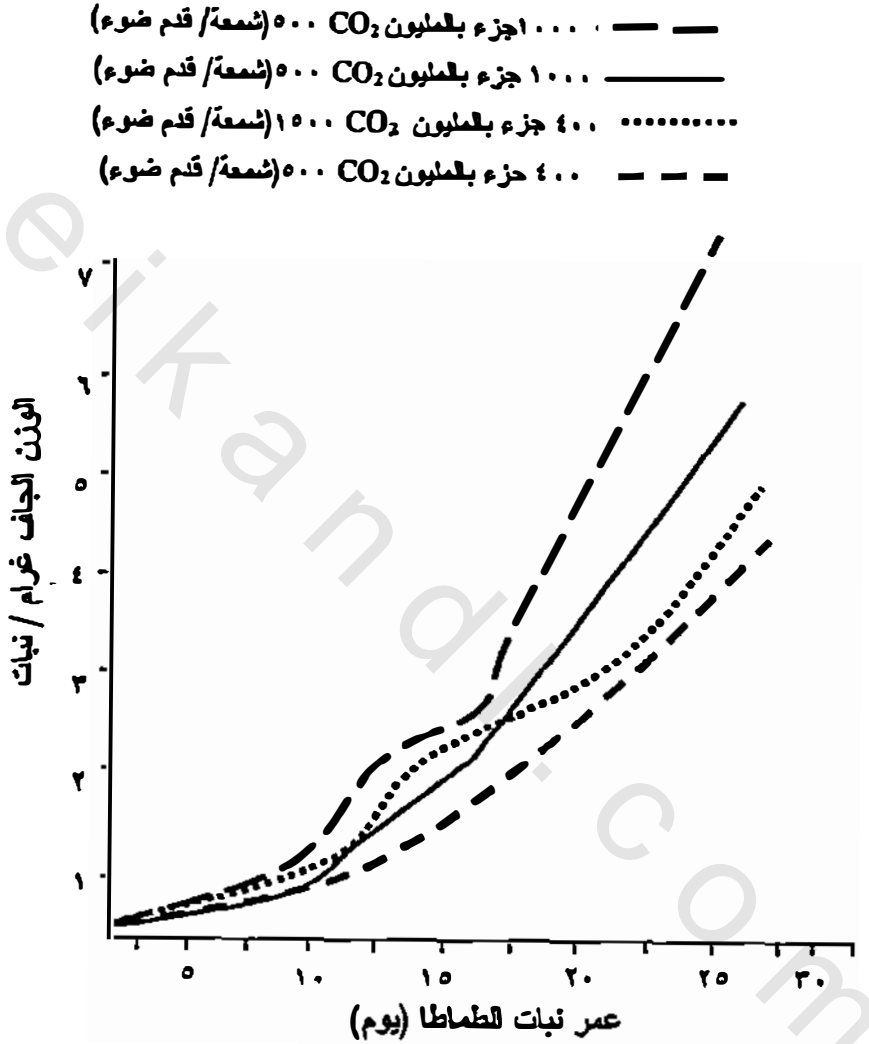
(*) الكميات الواطئة لثاني اوكسيد الكاربون هي ١٢٥ - ٥٠٠ جزء بالمليون والكميات العالية هي ٨٠٠- ٢٠٠٠جزء بالمليون.

التربة أما تركيب التربة وخاصة عند وجود كميات كبيرة من الغرين والطين فتؤثر على نمو كل من القسم الجذري والخضري للنبات وكلما كانت التربة أشد تماسكا كلما كانت رديئة التركيب وقليلة المسامات البينية ومعيقة لنمو النبات والجدول رقم (٢-٤) يبين تأثير تماسك التربة وهواء ورطوبة التربة وتسميدها على نمو الذرة(Bertrand and Kohnke, 1957).

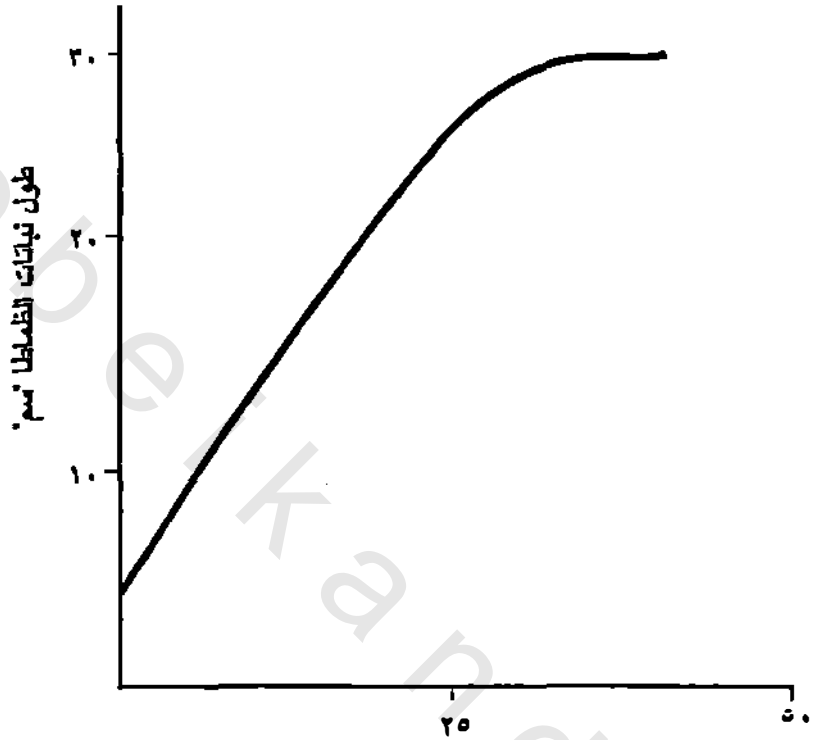
وكذلك وجد أن التربة المتماسكة تعيق نمو ولختراق الجذور ومعدل انتشار الاوكسجين في مسامات التربة إضافة إلى قلة تنفس للجذور وقلة امتصاص العناصر المغذية والشكل رقم (٢-٨) الذي يوضح تأثير الهواء الموجود في مسامات التربة على نمو الطماطا(Flocker et al, 1959) .

جـدول رقم (٢-٤) تأثير تهوية وتماسك ورطوبة وتسميد التربة على نمو الذرة. عن: Bertrand and Kohnke.

المعاملة	أ	ب	نسبة أ/ب	الوزن الجاف النبات الكلي أ + ب
	الوزن الجاف لقسم النبات فوق سطح التربة (غرام)	الوزن الجاف للجذور (غرام)		
تربة غير متماسكة ورطبة ومسمدة	٣٩,٤	١٤,٨	٢,٦٦	٥٤,٢
تربة غير متماسكة ورطبة وغير مسمدة	٢٣,٥	١٠,١	٢,٣٣	٣٣,٧
تربة غير متماسكة وجافة ومسمدة	٢٧,٥	٩,٣	٢,٩٦	٣٦,٨
تربة غير متماسكة وجافة وغير مسمدة	٢٠,٣	٩,٣	٢,١٨	٢٩,٦
تربة متماسكة ورطبة ومسمدة	١٦	٦,٥	٢,٤٦	٢٢,٥
تربة متماسكة ورطبة وغير مسمدة	١٧	٧,٧	٢,٢١	٢٤,٧
تربة متماسكة وجافة ومسمدة	٢٠,١	١١,٣	١,٧٨	٣١,٤
تربة متماسكة وجافة وغير مسمدة	١٩,٣	٩,٩	١,٩٥	٢٩,٢



شكل رقم (٢-٧): تأثير شدة الضوء وتركيز ثاني أوكسيد الكربون (CO_2) على نمو الطماطا M) O Hybrid) - المزروعة في الغرفة المكيفة(Growth Chamber). عن: Wittwer and Robb, 1964



شكل رقم (٢-٨): تأثير الهواء الموجود في مسامات التربة على نمو نبات الطماطا عن: Flocker et al, 1959

وفي ظروف الحقل الطبيعية فان انتشار الاوكسجين في التربة يحدد بمستوى رطوبة التربة وقوامها فاذا كانت التربة ذات قوام جيد كأغلب الترب المزيجية تنمو فيها النباتات بصورة جيدة.

أما النباتات المائية فتحتاج إلى الاوكسجين بكمية أقل إذا ما قورنت بالنباتات النامية على الأرض لذلك تستطيع الاستفادة من الاوكسجين المذاب في التربة.

(٦) تفاعل التربة pH or Soil Reaction

وهو درجة حموضة أو قلويتها فتحدد بعدد أيونات الهيدروجين أو الهيدروكسيل في محلول التربة.

أو أيونات الهيدروجين المدمصة على سطح الطين فعندما تسود أيونات الهيدروجين تصبح التربة حامضية وبالعكس عندما تسود أيونات الهيدروكسيل تصبح التربة قاعدية.

ومن المعلوم أن الكيمياوي الدنماركي Sorenson هو الذي وضع أسس التعبير عن الحامضية أو القلوية بالتعبير (pH) وهو لوغاريتم مقلوب تركيز أيونات الهيدروجين بالمول/ لتر (Mole / liter).

$$pH = Log \frac{1}{(H^+)} \quad .....(١-٣)$$

وبعبارة أخرى

$$pH = - Log (H^+) \quad .....(١-٤)$$

وعندما يكون الـ pH أقل من ٧ فان التربة تصبح حامضية بينما في الـ pH الذي يعادل ٧ فان التربة تكون متعادلة. أما إذا زاد الـ pH عن ٧ في التربة فيقال لها قاعدية أو قلوية تبعاً لقيمة الـ pH.

ومما تجدر الاشارة إليه هو أن pH دائماً يتعلق بمقدار الـ pOH. أي أن:-

$$pH + pOH = 14 \quad .....(١-٥)$$

والجدول رقم (١-٥) يوضح تركيز أيونات الهيدروجين H^+ والهيدروكسيل OH^- لقيم مختلفة من الـ pH تتراوح من (٠- ١٤).

هذا وأن أيونات الهيدروجين توجد في التربة في عدة أشكال لمركبات كيمياوية بعضها في محلول التربة وبعضها ملتصق على دقائق التربة ومجموع أيونات الهيدروجين تسمى حامضية التربة الكلية Total Acidity أما أغلب محاليل الترب فلا يتغير فيها الـ pH بسرعة لذا تلعب دورا محلول Buffer وقد وجد أن كل من الـ pH العالي جداً (أكثر من ٩) أو الواطيء جداً (أقل من ٤) يعتبر ساماً لجذور النباتات.

جدول رقم (٢-٥) يبين اختلاف تركيز أيونات الهيدروجين (H^+) والهيدروكسيل (OH^-) باختلاف قيم الـ pH (عن: Janick, 1969).

pH تفاعل التربة		تركيز أيونات الهيدروجين Mole/liter (*)	تركيز أيونات الهيدروكسيل Mole/liter (**)	تفاعل بعض المواد الشائعة
٠		$١٠^{-٠}$	$١٠^{-١٤}$	
١		$١٠^{-١}$	$١٠^{-١٣}$	
٢	حامضية تزداد	$١٠^{-٢}$	$١٠^{-١٢}$	
٣		$١٠^{-٣}$	$١٠^{-١١}$	عصير الليمون
٤		$١٠^{-٤}$	$١٠^{-١٠}$	عصير برتقال
٥		$١٠^{-٥}$	$١٠^{-٩}$	
٦		$١٠^{-٦}$	$١٠^{-٨}$	الحليب
٧	متعادلـــة	$١٠^{-٧}$	$١٠^{-٧}$	الماء النقي
٨		$١٠^{-٨}$	$١٠^{-٦}$	ماء البحر
٩		$١٠^{-٩}$	$١٠^{-٥}$	محلول الصابون
١٠		$١٠^{-١٠}$	$١٠^{-٤}$	
١١	قاعدية تزداد	$١٠^{-١١}$	$١٠^{-٣}$	
١٢		$١٠^{-١٢}$	$١٠^{-٢}$	
١٣		$١٠^{-١٣}$	$١٠^{-١}$	
١٤		$١٠^{-١٤}$	$١٠^{-٠}$	

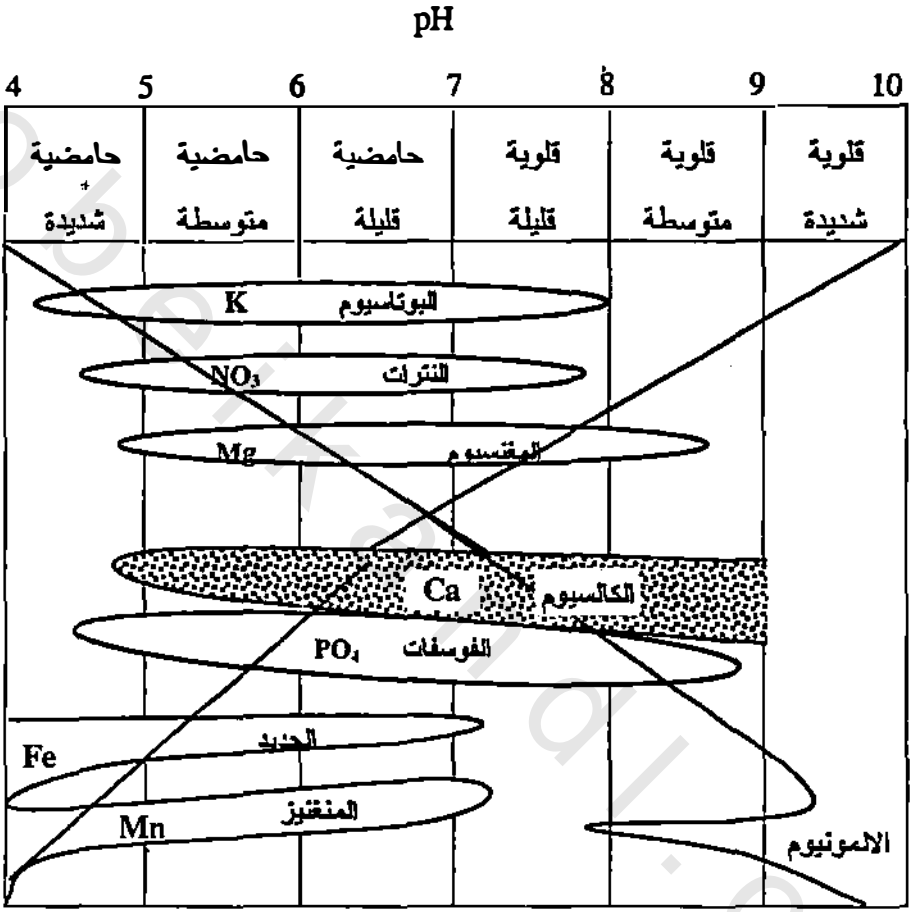
(*) المول الواحد من الهيدروجين (1 Mole of H) = ١غم.

(**) المول الواحد من الهيدروكسيل (1 Mole of OH) = ١٧ غم.

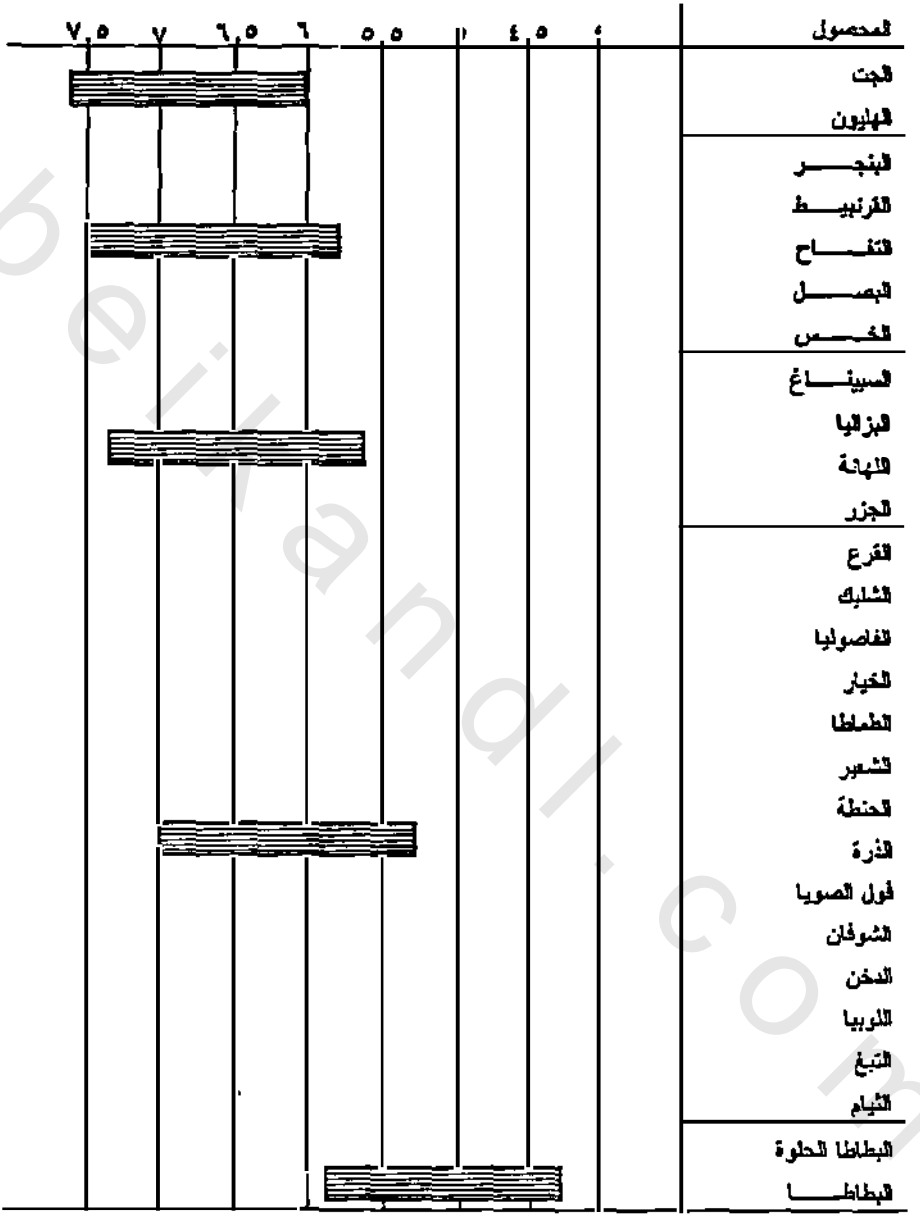
obeikandl.com

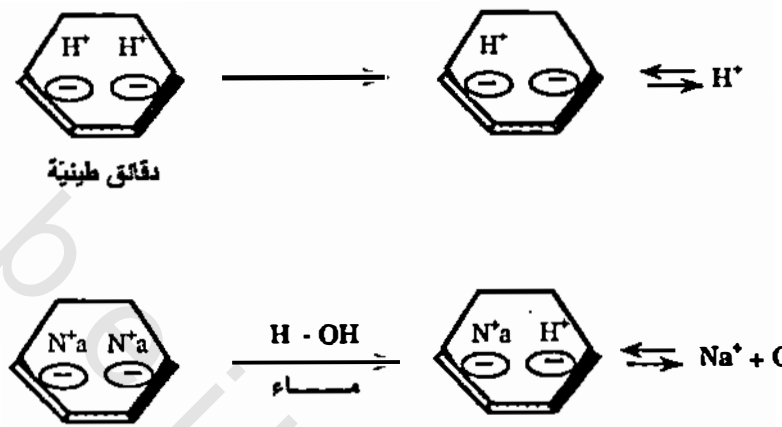
كما أن الـ pH يؤثر بصورة غير مباشرة على نمو النباتات وتطورها وذلك بتأثيرها على توفر أو تيسر بعض العناصر الغذائية للنبات. فالشكل رقم (٢-٩) يبين قلة توفير الفوسفات في التربة القلوية كما أن مركبات الحديد والمنغنيز والنحاس تصبح أقل وفرة للنبات عند ازدياد قلوية التربة وتظهر علامات اصفرار النبات Chlorosis في التربة القاعدية نتيجة لنقص الحديد كما أن الأمونيا المضافة إلى تربة ذات pH أكثر من ٧ سوف تفقد بالتطاير. وقد وجد أن بعض أحياء التربة وخاصة البكتريا تتأثر بتفاعل التربة فمثلاً البكتريا المثبتة للنتروجين لا تنمو في الترب الحامضية وبالاضافة إلى ذلك فان بعض مسببات الامراض النباتية تتأثر بتفاعل التربة فقد ظهر بان مرض جرب البطاطا Potate Scab ومرض تعفن جذور التبغ Root Rot of Tabacco ينتشران في ترب ذات pH يتراوح بين ٧-٧,٥ وان هذين المرضين يكافحان بخفض pH التربة إلى ٥,٥ أو أقل.

ومن المعلوم أن تفاعل التربة يؤثر في نمو المحاصيل الزراعية المختلفة كما في شكل رقم (٢-١٠) ومما هو جدير بالذكر أن تفاعل التربة يتعلق بدقائق التربة الطينية إذا كانت مشحونة بأيون الهيدروجين أو الأيونات الموجبة للعناصر الأخرى. شكل رقم (٢-١١) كما يمكن تغير تفاعل التربة باضافة مركبات قاعدية كمركبات الكالسيوم والمغنيسيوم وتدعى هذه العملية Liming أو مركبات حامضية مثل سلفات الامونيوم أو نترات الامونيوم وغيرها.



شكل رقم (٢-٩): تأثير pH التربة على توفر بعض العناصر الغذائية للنبات. عن:
Janick, 1963

نمو المحصول الجيد في تفاعل التربة pH Ranges.

شكل رقم (٢-١٠) تفاعل التربة المناسب (pH) لنمو بعض المحاصيل الزراعية عن: Lyemetal, 1952



شكل رقم (٢-١١): يبين أن تفاعل التربة (pH) يتعلق بدقائق التربة الطينية فيما إذا كانت مشحونة بأيونات الهيدروجين أو الأيونات الموجبة للعناصر الأخرى.

عن: Bonner and Galston, 1952

(٧) توفر اوتيسر العناصر الغذائية

أن تجهيز العناصر الغذائية بكميات كافية ونسبة متزنة مهم جداً للحصول على أكبر غلة من الانتاج الزراعي بيد ان ذلك يعتمد على توفر العوامل المذكورة سابقاً بالنسب المثلى فقد وجد أو قلة الأسمدة النتروجينية تقلل تثبيت ثاني اوكسيد الكربون من قبل النبات وبالتالي يضعف النمو.

(Lambeth. 1952; Weiret al, 1972)

كما وجد Osawa and Lorenz سنة ١٩٦٨ بأن الكميات القليلة من الفسفور تقلل من نمو الفاصوليا والخردل والبطاطا ووجد أيضاً ان غلة البطاطا تزداد باستعمال الاسمدة البوتاسية (Tyler et al, 1959).

(٨) الرياح (Wind)

تؤثر الرياح بطرق مختلفة على نمو النباتات إذ تزيد من سرعة النتح وتبخر ماء التربة. كما ان النباتات المعرضة للرياح والعواطف الدائمة تكون صغيرة نسبياً وأقل نمواً من النباتات المحاطة بمياج من مصدات الرياح. كما تؤثر الرياح على

تشـــويه الأشجار النامية على قمم الجبال بسبب انحناء سيقانها باتجاه الرياح وكذلك يؤدي سقوط الثلوج للكثيرة على الأشجار إلى انحناء سيقان النباتات وتكسيرها.

(٩) العوامل الحيوية (Biotic Factors)

تـــتأثر النباتات الحية بعضها ببعض في النمو فمسببات الأمراض النباتية أو الحشـــرات تعتـــبر أهم العضويات الحية التي تقلل انتاج المحاصيل الزراعية ولهذا يجـــب الوقايـــة مـــنها أو مكافحتها لغرض زيادة نمو النبات وبالتالي زيادة انتاجه وتحسين نوعيته.

كما أن تربية أصناف نباتية مقاومة للأمراض الفطرية والبكتيرية والفايرسية والحشـــرية يكـــون أهم أهداف الزراعية الحديثة المتطورة. والادغال هي الأخرى تقلل الانتاج الزراعي بسبب منافستها للمحصول في الماء والضوء والمواد الغذائية بالاضـــافة إلى اعتبارها واسطة لنشر الأمراض النباتية المختلفة لذا يجب مكافحتها بالعزق اليدوي أو الميكانيكي أو استعمال مبيدات الاعشاب (Herbicides).

دورات العناصر الغذائية الضرورية في الطبيعة

Cycles of Some Essential Elements in Nature

مقدمـــــة:

من المعلوم أن الكائنات الحية من نباتات أو حيوانات تتألف من العديد من الأجهزة المتعاونة فيما بينها في سبيل غاية واحدة إلا وهي الحياة وكيفية استمرارها. أن كل جهاز بدوره مكون من عدة أعضاء وكل عضو ينجز وظيفة معينة أما الأعضاء فتتألف من عدة أنسجة وهذه تتألف من ملايين الخلايا.

بيد أن الخلية مؤلفة من العديد من المركبات العضوية وغير العضوية وهي تقوم بجميع الأفعال الحيوية اللازمة لنموها وتطورها واستمرارها. وإذا أردنا أن نتوسع قليلا أو كثيراً فنرى أن هذه المركبات ما هي إلا العديد من صيغ تركيبية للعناصر الغذائية الضرورية الداخلة في نمو الكائنات الحية. لذلك فدراسة نمو النباتات وتغذيتها يتعلق في النهاية بحركة دورانية مستمرة للعناصر الغذائية

ومركباتها بين عالم الأحياء جميعاً (Biosphere) وعالم المحيط غير الحيوي الذي يحتضن هذه الأحياء ويطلق عادة على هذين المحيطين بعالم البيئة (Ecosphere).

إن المحيط غير الحيوي يشمل المعادن والصخور الموجودة على سطح الأرض (lithosphere) ثم الغلاف الجوي المكون من النتروجين والاوكسجين وغازات أخرى (Atmosphere) والمحيط المائي (Hydrosphere) والممتلىء بالماء الذي يغطي ٧١ % من الأرض مكوناً المحيطات والبحار والبحيرات والأنهار والجليد والثلوج والمياه الموجودة في الصخور والتربة كما أن الـ (Hydrosphere) يغزو الغلاف الجوي (Atmosphere) بشكل بخار الماء الذي يتكاثف ويرجع للأرض والبحار على هيئة المطر أو الثلوج أو الحالوب وهكذا تستمر دورة الماء في الطبيعة والمسماة (Hydrologic cycle) أما التركيب الكيمياوي لكل عالم فيختلف من مكان لآخر فمثلا أن تركيب الغلاف الجوي (Atmosphere) يتغير بزيادة الارتفاع عن مستوى سطح البحر غير أن تركيبة وتركيز محتوياته قد يصبح ثابتاً نسبياً في الطبقة التي سمكها ٢٠ كم فوق سطح الأرض والمسماة (Troposphere) والجدول رقم (٢-٦) يبين معدل مكونات طبقة (Troposphere)

جدول رقم (٢-٦) معدل تركيب طبقة Troposphere.

عن: Mason, 1958

التسلسل	الغاز	التركيب بالحجم جزء بالمليون PPM	التركيب بالوزن جزء بالمليون PPM
١	النتروجين N_2	٧٨.٩٠٠	٧٥٥١٠٠
٢	الاوكسجين O_2	٢٠٩٥٠٠	٢٣١٥٠٠
٣	الاركون A	٩٣٠٠	١٢٨٠٠
٤	ثاني اوكسيد الكربون CO_2	٣٠٠	٤٦٠
٥	النيون Ne	١٨	١٢,٥٠
٦	الهيليوم He	٥,٢٠	٠,٧٢
٧	الميثان CH_4	١,٥٠	٢,٩٠
٨	الكربتون Kr	١	٢,٩٠
٩	اوكسيد النتروز N_2O	٠,٥٠	٠,٨٠
١٠	الهيدروجين H_2	٠,٥٠	٠,٠٣
١١	الاوزون O_3	٠,٤٠	٠,٦٠
١٢	الزينون Xe	٠,٠٨	٠,٣٦

كما أن معدل تركيب القسم المحتوي على الصخور وبعض المعادن (Lithosphere) يوضحه الجدول المرقم (٢-٧).

obeikandl.com

جدول رقم (٢-٧): العناصر الكيمياوية المكونة للصخور والمعادن في طبقة(Lithosphere). عن: Moson, 1958

التسلسل	العنصـــــر	النسبة المئوية الوزنيـــة
١	الاوكسجين O_2	٤٦,٦٠
٢	السيليكون Si	٢٧,٧٢
٣	الالومينيوم Al	٨,١٣
٤	الحديد Fe	٥,٠٠
٥	الكالسيوم Ca	٣,٦٣
٦	الصوديوم Na	٢,٨٣
٧	البوتاسيوم K	٢,٥٩
٨	المغنيسيوم Mg	٢,٠٩

ومن المعلوم أن مركبات بعض العناصر الرئيسية في طبقة (Hydrosphere) توجد بشكل أيونات والجدول رقم (٢-٨) يقارن مكونات ماء البحر بماء النهر والبحيرات العذبة.

obeikandl.com

جدول رقم (٢-٨) مقارنة بين تركيب مياه البحر ومياه الأنهار والبحيرات العذبة. عن: Goldman and Wetzel, 1966

التسلسل	الأيون	التركيز ملي مول mM	
		مياه الأنهار والبحيرات العذبة	مياه البحر
١	Na^+	٠,٣٩	٤٥٧
٢	K^+	٠,٣٦	٩,٧
٣	Ca^{++}	٠,٥٢	١٠
٤	Mg^{++}	٠,٢١	٥٦
٥	Cl^-	٠,٢٣	٥٣٦
٦	SO_4^-	٠,٢١	٢٨
٧	HCO_3^-	١,١٠	٢,٣

ومما يجدر الاشارة إليه هو أن حركة العناصر الغذائية بين عالم الاحياء (Biosphere) وعالم البيئة المحيطة (Eosphere) هي ليست في اتجاه واحد فقد اظهرت البحوث العديدة أن كميات ثاني اوكسيد الكربون المثبتة بعملية التركيب الضوئي تعادل تقريباً كمياته التي ترجع إلى الغلاف الجوي بعدة طرق منها تنفس الأحياء بأجمعها وحرق الوقود وحريق الغابات.. الخ.

دورة الكاربون

يتوفر الكاربون في الغلاف الجوي بشكل ثاني اوكسيد الكربون (CO_2) بتركيز ٠,٣ سم^3 / لتر كما يكون ثاني اوكسيد الكربون الموجود في الغلاف الجوي في حالة توازن مع ثاني اوكسيد الكربون المذاب في مياه البحار والمحيطات (Rankama and Sahama, 1950) أن الكاربون تثبته النباتات الخضراء بعملية

obeikandl.com

التركيب الضوئي وان أول المركبات العضوية الثابتة التركيب والناتجة من التركيب الضوءي هي Phosphoglyceric acid (PGA – 3).

ان هذه المركبات الفُسفورية العضوية تتحول أثناء سير العمليات الحيوية (Metabolism) إلى مركبات كاربوهيدراتية وبروتينات ومركبات دهنية ومواد عضوية أخرى مكونة لجسم النبات الحي.

ان قسم من الكاربون المتمثل والموجود في النباتات بشكل مركبات كربونية عضوية يرجع مرة أخرى كمركب CO_2 أثناء عملية التنفس إلى الهواء الجوي أو إلى البحار والمحيطات كما هو الحال عند تنفس النباتات البحرية. وقسم آخر من الكاربون العضوي يرجع للجو عن طريق تنفس الكائنات الحية المختلفة التي تقتات على النباتات كبعض الحيوانات والبكتريا وبعض الكائنات الحية المجهرية. ثم إن قسما من تلك الحيوانات تستعمل كغذاء لحيوانات أخرى وعند موت هذه النباتات والحيوانات فانها تستغل كغذاء من قبل كائنات أخرى (Saprophytic Organisms) أثناء عملية التفسخ وبذلك يرجع الكاربون مرة ثانية للهواء الجوي.

ومن الجدير بالذكر أن كميات كبيرة من نواتج عملية التركيب الضوئي في عصور جيولوجية غابرة قد اندثرت وان قسما من كاربون هذه المركبات قد ترجع مرة ثانية للجو وقسما آخر قد بقى في الطبقات الأرضية بشكل الفحم الحجري والنفط والغاز الطبيعي أن هذه السلسلة من تحولات المركبات الكاربونية تدعى بدورة الكاربون (Carbon Cycle) كما في شكل رقم (٢-١٢).

دورة النتروجين

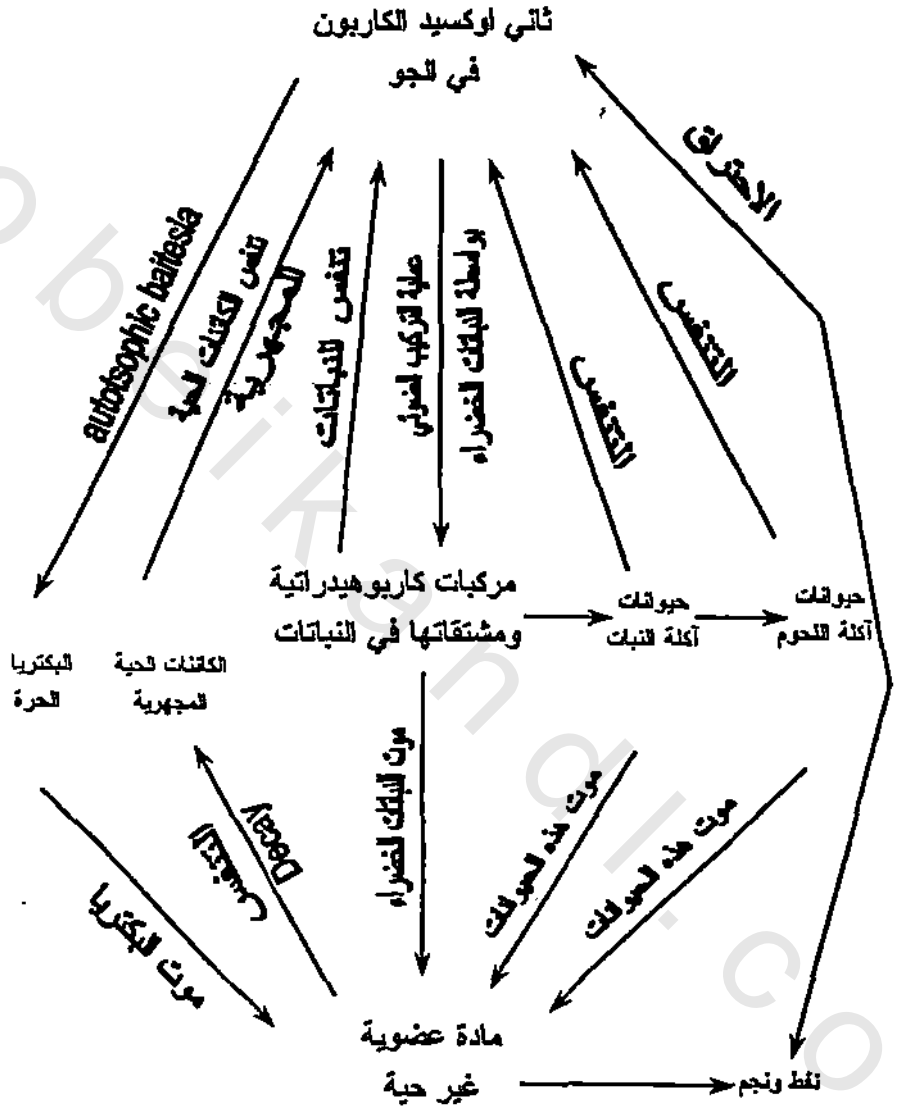
يكوّن هذا الغاز العديم اللون والطعم والرائحة وقليل الفعالية حوالي٧٧,٥ % من الهواء وزنا و٧٨ % من الهواء حجما. وهو موجود بشكل مركبات عضوية وغير عضوية في التربة.

أن أشكال النتروجين التي يستعملها النبات هي أيونات الامونيوم NH_4^+ والنترات NO_3^- وبعض الصور العضوية للنتروجين. أما النتريت NO_2^- فقد تستعمل من قبل النبات غير أنها تصبح غير ثابتة وسامة عند ازدياد تركيزها.

هذا ويطلق على التحولات الكيمياوية الحيوية للمركبات الحاوية على النتروجين في الطبيعة بدورة النتروجين كما في شكل رقم (٢-١٣).

فالنتروجين يدخل عالم الأحياء خلال الفعاليات الحيوية للأحياء المثبتة للنتروجين والجدول (٢-٩) يبين أنواع الكائنات الحية المثبتة للنتروجين فقد تكون حرة أو تعايشية (Symbiotic) مع النبات وتدعى هذه العملية من تثبيت النتروجين بالتثبيت الحيوي (Biological Nitrogen Fixation) فالبكتريا التعايشية Rhizobium تنمو عادة في جذور المحاصيل البقولية على هيئة عقد جذرية.

obeikandl.com

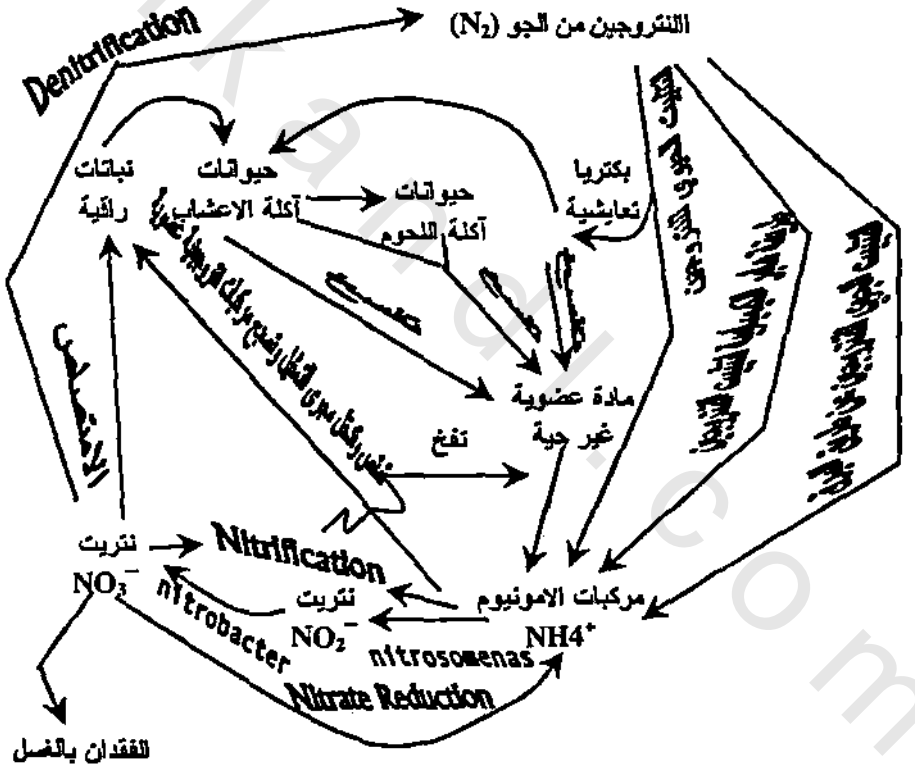


شكل رقم (٢-١٤): دورة الكاربون في الطبيعة

محورة عن: janick et al, 1969

جدول رقم (٢-٦) أنواع الكائنات الحية المثبتة للنتروجين

التسلسل	نوعية التثبيت للنتروجين	الكائن الحي
١	تعايشية	بكتريا Rhizobium
٢	غير تعايشية (هوائية)	بكتريا Azotabacter
٣	غير تعايشية (غير هوائية)	بكتريا Clostridium
٤	غير تعايشية	بكتريا Photosynthetic bacteria (Rhodospirillum)
٥	غير تعايشية	بعض الاشنات الخضراء الزرقاء Blue Green Algae



شكل رقم (٢-١٣): دورة النتروجين في الطبيعة

محورة عن: Janick et al, 1969

أما البكتريا غير التعايشية (Nonsymbiotic) والمثبتة للنتروجين فهي أما غير هوائية أو هوائية هذا وتعتبر البكتريا الهوائية من جنس (Azotobacter) مهمة جدا في تثبيت النتروجين حيويا.

كما قد يثبت النتروجين كيميائيا في الجو (Atmospheric Fixation) وذلك عند حدوث البرق وتفريغ الشحنات الكهربائية فيتسبب عن ذلك اتحاد النتروجين مع الاوكسجين ليكونا النترات في النهاية. وبذلك تمتص النباتات النتروجين بشكل نترات (NO_3^-) أو أمونيوم (NH_4^+) ثم تتحول مركبات النتروجين بعملية التمثيل (Assimilation) وتكون حوامض أمينية أو بروتينات في النبات. وتتغذى الحيوانات على بروتينات النبات مباشرة أو غير مباشرة فتبنى خلاياها وانسجتها وتطرح النتروجين الفائض عن حاجتها بشكل يوريا أو حامض اليوريك Uric Acid أو أمونيا. وعند موت هذه النباتات والحيوانات تلعب البكتريا دورا اساسيا في التفسخ وتحرير الحوامض الأمينية. وبعد ذلك تقوم البكتريا Ammonifying bacteria بتحرير الامونيا التي تذوب في محلول التربة كما في المعادلات التالية:

$$\text{Protein} \xrightarrow[\text{بكتريا التفسخ}]{\text{Degradation}} \text{Amino acids} \xrightarrow[\text{Organisms}]{\text{Ammonifying}} NH_4^+$$

وكما ذكرنا فالامونيوم قد تمتص من قبل النبات أو تتحول إلى مجاميع النتريت والنترات بواسطة البكتريا المسماة Nitrifying bacteria والتي تضم مجموعتين هما Nitrosomonas و Nitrobacter

$$NH_4^+ \xrightarrow{\text{Nicrosomonas}} NO_2^- \xrightarrow{\text{Nitrobacter}} NO_3^-$$

ويطلق على هذه العملية الحيوية بـ Nitrification ان البكتريا المتعلقة بهذه العملية هي حرة وهوائية ولذلك تتحدد فعاليتها بتوفر الهواء والرطوبة ودرجة الحرارة المناسبة والـ pH ومدى توفير أيونات الأمونيوم (NH_4^+) ... الخ.

ومن الجدير ذكره أن أغلبية النباتات تعتبر غير مضيفة لهذه البكتريا التعايشية المثبتة للنتروجين ولذلك لا تستطيع الاستفادة من النتروجين الجوي مباشرة بل تعتمد كليا على النتروجين المثبت بحالة مؤكسدة (NO_3^-) او مختزلة (NH_4^+) الموجودة في محلول التربة والناتج عن العمليات الحيوية مثل (Nitrogen Fixation) و(Nitrification) وغيرها.

وقد يفقد النتروجين من التربة عند تعرية التربة وغسلها وتطاير الامونيا في التربة وكذلك بواسطة عملية (Denitrification) والتي تتحرر بعض الغازات أثناء هذه العملية بفعل بكتريا الاختزال التي تختزل النترات إلى غاز النتروجين N_2 واوكسيد النتروز N_2O او اوكسيد النتريك NO. هذا وتجرى عملية Denitrification في ظروف غير هوائية فمثلا قلة التهوية تؤدي إلى فقدان النتروجين من التربة وبهذه تتجلى أهمية تسميد التربة بالاسمدة النتروجينية للمحافظة على كميات مركبات النتروجين في التربة بنسبة ملائمة لنمو النباتات وتطورها.

دورة الفسفور:

أن هذه العنصر يتفاعل بشدة مع الاوكسجين في الغلاف الجوي لذلك يحفظ في الماء عادة ويوجد في الطبيعة في طبقة الصخور والمعادن (Lithosphere) بنسبة ٠,١٢ % على هيئة مركبات الفوسفات القليلة الذوبان كمركبات فوسفات الكالسيوم والمغنسيوم والالومنيوم والمنغنيز وبعض الفوسفات العضوية كما أن الفوسفات قد تتماسك مع دقائق الطين كأيونات سالبة قابلة للتبادل وقد تثبت بشكل غير جاهز للامتصاص من قبل النبات ونتيجة لذلك فقد تحتوي التربة على كميات كبيرة من الفوسفات إلا أن الكمية المتوفرة للنبات قليلة.

يدخل الفسفور عالم الاحياء عند امتصاصه من قبل النبات وبعض الكائنات الحية المجهرية وعند موت النباتات والحيوانات التي تتغذى على النباتات بصورة مباشرة أو غير مباشرة تتفسخ المادة العضوية فيها وتضاف الفوسفات للتربة. وعلى الرغم من أن تحلل وتحرر الفسفور من مركباته الصخرية غير الذائبة يسير ببطء بيد أن المجموع الكلي للفوسفات التي تحملها مياه الانهار إلى البحار

والمحيطات سنويا كبيرة جدا. وكذلك وجد ان كميات قليلة من الفسفور ترجع للأرض بواسطة الطيور والاسماك المصطادة من قبل الانسان ولهذا فان الكميات المتوفرة من الفوسفات اللازمة لنمو النباتات على سطح اليابسة تقل باستمرار مما اضطر إلى استعمال الاسمدة الاصطناعية الفوسفائية للتعويض والمحافظة على المقدار الملائم من الفوسفات في التربة والشكل رقم (٢-١٤) يبين دورة الفسفور في الطبيعة.

دورة بقية العناصر الغذائية الاخرى (البوتاسيوم – الكالسيوم- الكبريت- المغنيسيوم ....)

أن دورة العناصر الغذائية الضرورية الأخرى كالبوتاسيوم والكالسيوم والمغنسيوم تشبه الفسفور من ناحية فقدان كميات كبيرة من هذه العناصر سنويا إلى البحار دون وجود طريقة فعالة لارجاعها للأرض اليابسة ولكن هذه العناصر تختلف في كفاءة الدورة وسريانها.

كما أن النباتات عند امتصاصها للعناصر الغذائية من التربة تقلل كمياتها المتوفرة في التربة وعند تساقط الأوراق والاغصان أو موت النباتات فان مركبات هذه العناصر تتبعثر في التربة وبالتالي تصل للبحار والمحيطات.

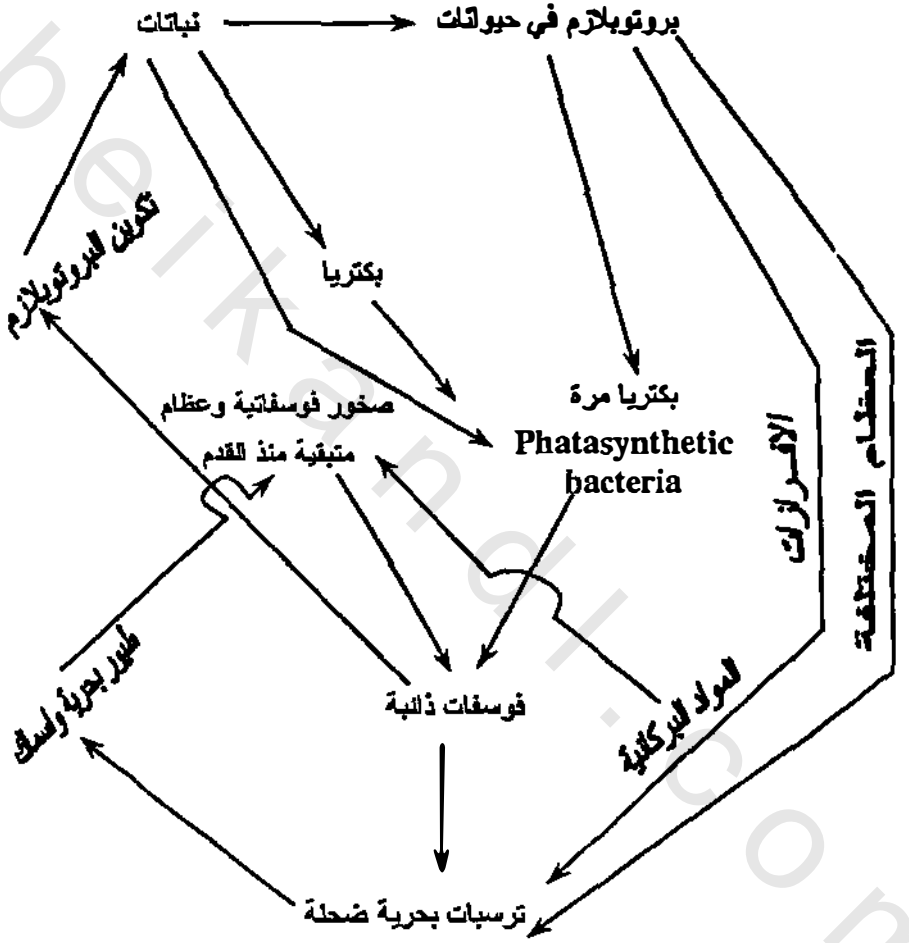
ومن جهة أخرى ان ماء البحر الحاوي على أملاح هذه العناصر وخاصة الصوديوم تنتشر مع المياه المالحة بفعل الرياح الشديدة وقد تصل إلى سواحل البحار واخيرا إلى مسافات بعيدة نسبيا داخل الارض اليابسة (Gibbs, 1970).

غير أن الغبار وبقايا نباتية وحبوب اللقاح الحاوية على العناصر الرئيسية تحمل مرة ثانية بواسطة الهواء والماء إلى البحار.

كما أن أعمال الانسان ادت إلى زيادة كميات الكبريت بصورة مناسبة في الجو وخاصة قرب المصانع ونتج عن ذلك تحسين تغذية النبات (Gorham and Gordon, 1960; Riehm, 1964).

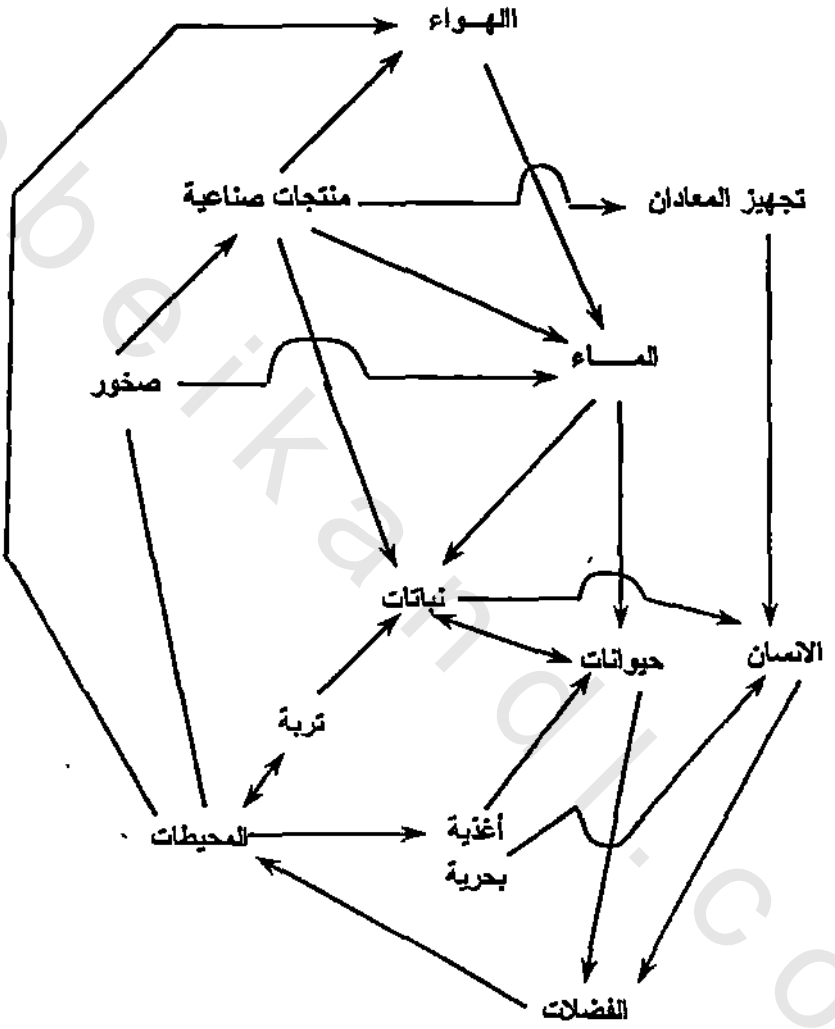
ولكن عندما يفوق تركيز ثاني اوكسيد الكبريت (SO_2) جزء واحد بالمليون (1 PPM) في الجو يحدث نوعا من التسمم للنباتات بسبب تلوث البيئة.

أما دورات العناصر الصغرى أو الدقيقة (Microelements) فهي غير معروفة بالضبط وتشمل العناصر الثقيلة وبعض العناصر الضرورية وغير الضرورية والسامة منها. والشكل رقم (٢-١٥) يبين دورة العناصر الصغرى وبعض المركبات العضوية.



شكل رقم (٢-١٤): دورة الفسفور في الطبيعة

محورة عن: Odum, 1971



شكل رقم (٢-١٥): دورة العناصر الصغرى أو الدقيقة بالطبيعة

عن: Allaway, 1968