التعليم الاليكتروني المدمج

تكنولوجيا أسمدة ومخلفات زراعية

اعداد

الدكتور
عصام محمد عبد المنعم
أستاذ الاراضى
كلية الزراعة – جامعة عين شمس

الدكتور
أحمد حمدى النجار
مدرس الاراضى
كلية الزراعة – جامعة عين شمس

حقوق النشر

اسم الكتاب : **تكنولوجيا أسمدة ومخلفات زراعية**
أسماء المؤلفون **أ.د. عصام محمد عبد المنعم**
د. أحمد حمدى النجار

رقم الإيداع : ٢٢٧٦١
الترقيم الدولي : ٥ – ٣٥٠ – ٢٣٧ – ٩٧٧

حقوق الطبع والنشر محفوظة لمركز التعليم الالكتروني المدمج بكلية الزراعة – جامعة عين شمس ، ولا يجوز نشر أي جزء من هذا الكتاب ، أو اختزان مادته بطريقة الاسترجاع أو نقله على أي وجه ، أو بأي طريقة ، سواء أكانت إليكترونية ، أو ميكانيكية ، أو بالتصوير ، أو بالتسجيل ، أو بخلاف ذلك إلا بموافقة الناشر على هذا كتابة ومقدما

مقدمة

تعتبر التغذية حاجة اساسية لكل الكائنات الحية للحصول على الطاقة اللازمة للحياة. تنقسم الكائنات الحية من حيث طريقة الحصول على الغذاء الى نوعين. يطلق على النوع الاول الكائنات ذاتية التغذية Autotrophic organisms وهى تلك الكائنات القادرة على صنع غذائها بنفسها اعتمادا فقط على المصادر الخام المتوفرة بصورة طبيعية فى البيئة ومنها النباتات الخضراء والتى تستطيع تحويل الطاقة الضوئية المستمدة من ضوءالشمس الى طاقة كيميائية مخزنة فى صورة عضوية للنبات وذلك باستخدام الصور غير العضوية المتوفرة طبيعيا فى الكرة الارضية حيث يمتص ثانى اكسيد الكربون من الهواء الجوى والهيدروجين من الماء والعناصر المعدنية من التربة لتصنيع المادة العضوية للنباتات الخضراء. النوع الثانى هى الكائنات غير ذاتية التغذية Heterotrophic organisms والتى تحصل على ماتحتاجة من الغذاء بصورة مباشرة او غير مباشرة من خلال المادة العضوية المصنعة بواسطة الكائنات ذاتية التغذية. يعتبر الانسان من الكائنات غير ذاتية التغذية والتى على قمة السلسة الغذائية. تحول الانسان الى الزراعة منذ اكثر من عشرة الاف سنة فيما يعرف بالثورة الزراعية الاولى والتى اسهمت فى الانتقال واسع النطاق للبشرية من نمط الصيد والجمع الى الزراعة والاستيطان والاستقرار وبالتالى ادت الى الزيادة السكانية. وفى القرن الماضى ونتيجة للزيادة السكانية المطردة لجاء الانسان الى زيادة الانتاجية الزراعية باستخدام الاسمدة المعدنية الصطناعية والمبيدات وارتبط ذلك ارتباط وثيقا بتلوث التربة والمياة والاثار الضارة المصاحبة على صحة الانسان وهذا ادى الى الدعم المتزايد فى الاتجاة نحو اتباع نظم الزراعة العضوية والزراعة المستدامة والتى تعتمد فى جزء منها على الوصول الى الادارة المثلى للاسمدة والمخلفات الزراعية.

لذلك من الضروري معرفة حالة العناصر الغذائية في التربة والعوامل الموثرة على تيسر العناصر الغذائية فى التربة وطرق امتصاص النبات للعناصر الغذائية والدورالفسيولوجى فى النبات. كذلك تقييم خصوبة التربة لتقدير الاحتياجات السمادية والتى تعتمد على عدة طرق والتي منها أعراض نقص العناصر على النبات. ، وهذه المتطلبات لها أهميتها في معرفة و تقدير نوع التسميد و معدل الإضافة الملائم . بالاضافة الى الالمام ببعض نظم تدوير المخلفات لانتاج الاسمدة العضوية ومحاولة الوصول الى الزراعة المستدامة.

ويعرض هذا الكتاب الموضوعات السابقة باسلوب بسيط مع الالمام بالأسس العلمية وكل ما هو جديد فى هذا المجال ليستفيد منها القارىء أو الدارس وخصوص من الناحية التطبيقية ونرجوا من الله ان يوفقنا فى تحقيق ذلك.

المحتويات

الموضوع	رقم الصفحة
الباب الاول	
العناصر الغذائية ودورها فى النبات	١
أولا: مجموعة المغذيات الابتدائية	٢
ثانيا: مجموعة المغذيات الثانوية	٩
ثالثا: العناصر الصغرى	١١
الباب الثانى	
امتصاص العناصر الغذائية بواسطة النبات	
انتقال العناصر الغذائية من محلول التربه الى منطقة امتصاص الجذر	٢٠
أنتقال الايونات من منطقه امتصاص الجذر الى داخل الجذر	٢١
الامتصاص النشط والامتصاص الحر	٢٢
الباب الثالث	
الاسمدة المعدنية	
مصطلحات عن الاسمدة والتسميد	٢٦
أولا: الاسمدة البسيطة	٢٧
الأسمدة النيتروجينية	٢٩
الاسمدة الفوسفاتية	٣٥
الاسمدة البوتاسية	٤٠
الأسمدة الثانوية	٤٢
أسمدة العناصر الصغرى	٤٥
ثانيا : الاسمدة المركبة(متعددة العناصر)	٤٨
خصائص الاسمدة الكيمائية:	٥١
التسميد المتوازن	٥٣
الباب الرابع	
الاسمدة العضوية وتحلل المخلفات العضوية	٥٥
مصدر المخلفات العضوية وتركيبها	٦٠
دور الكائنات الدقيقة فى تحلل المخلفات	٦٣

التركيب الكيميائي للمادة العضوية ٦٤
العوامل التى تؤثر على تحلل المخلفات العضوية ٦٨
تكون المواد الدبالية وتركيبها فى التربة ٧٢

الباب الخامس
تكنولوجيا الاستفادة من المخلفات العضوية ٨٠
دورة الكربون فى الطبيعة ٨٦
دورة النتروجين فى الطبيعة ٨٩
تكنولوجيا معالجه المخلفات العضوية ٩٢
السماد البلدى ٩٢
السماد البلدى الصناعى (المكمورة) ٩٤
معالجه القمامه ٩٨
الحمأة ١٠٩
مخلفات النباتات والتسميد الاخضر ١١٠
الوقود الحيوى Biofuel ١١٦
البيوجاز Biogas ١٢١

الباب السادس
طرق اضافة الاسمدة ١٣٠
الطرق التقليدية للتسميد ١٣١
الرش الورقى ١٣٤
تكنولوجيا التسميد من خلال الرى ١٣٥
المراجع ١٤٨

الباب الأول
العناصر الغذائية ودورها فى النبات

تعتمد النباتات الخضراء على التربة فى امدادها بالماء والعناصر الغذائية بالاضافة الى ماتقوم بة التربة من دعم وتثبيت للنبات وعلى الرغم من احتواء التربة على عدد كبيرمن العناصر المعدنية الا ان النباتات تحتاج بصور ضرورية منهم الى ١٤عنصرفقط بالاضافة الى ثلاث عناصر اخرى هى الكربون والاكسجين والهيدروجين والتى يمتصها النبات من الهواء الجوى والماء. وبالتالى حتى الان هناك ١٧عنصر معدنى يحتاج اليها النبات بصورة ضرورية فى التغذية، ولكى يكون العنصر ضرورى لتغذية النبات يجب ان تتوافر فيه عدة شروط.

أهم الشروط التى يجب توافرها فى العناصر الضرورية هى:

١- لا يستطيع النبات اكمال دورة حياتة فى غيابها..

٢- يدخل بصورة مباشرة فى دور او ادوار حيوية محددة فى حياة النباتات.

٣- لايمكن استبدال العنصر بعنصر أخر فى أدواره الحيوية.

٤- العنصر ضرورى لكل النباتات الراقية.

يتم تقسيم العناصر المغذية إلى قسمين رئيسيين وذلك تبعا للكمية التى يحتاجها النبات إلي:

- **العناصر الكبرى.**

يحتاجها النبات بكميات كبيرة نسبيا وتأثيرها ايجابى على نموالنباتات اذا اضيفت بكميات كبيرة

و العناصر الضرورية الكبرى هى (النيتروجين – الفوسفور – البوتاسيوم – الكالسيوم –الماغنسيوم– الكبريت).

- **العناصر الصغرى.**

وعلى عكس الحال فان المغذيات الصغرى يحتاجها النبات بكميات قليلة لإعطاء نمو جيد ولكن تعتبر ضرورية للنبات مثلها مثل العناصر الكبرى ولابد من إضافتها ولكن بكميات قليلة جدا عندما تكون غير موجودة بالتربة واضافتها بكميات كبيرة له تأثيرسلبى حيث تكون سامة للنبات.

و العناصر الغذائية الصغرى هى : الحديد – المنجنيز – زنك – النحاس – البورون – الموليبدنم – الكلورين –النيكل.

العناصرالمفيدة (الغيرالضرورية):

هى عناصر فى انسجة النبات ولا يتوافر فيها شروط العناصر الضرورية مثل الصوديوم والكوبلت واليود والسليكون والالومنيوم . وقد تسمى بالعناصر المفيدة لانها مفيدة لبعض الانواع النباتية دون غيرها فالصوديوم مفيد للعائلة الرامرامية ومنها بنجر السكر والكوبلت مفيد للبقوليات والسليكون مفيد للنجيليات كالارز.

وتقسم العناصر الغذائية الكبرى الى مجموعتين ايضا تبعا للكميات التى يحتاجها النبات هما مجموعة المغذيات الابتدائية ومجموعة المغذيات الثانوية

أولا: مجموعة المغذيات الابتدائية

هى مجموعة العناصر الكبرى والتي يحتاجها النبات بكميات كبيرة وتسمى بالمغذيات الابتدائية Primary nutrient وهي النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم وفيما يلى عرض لاهم ادوارها ووجودها فى التربة ثم أعراض نقصها على النبات.

النيتروجين:

يشكل عنصر النيتروجين تقريباً ٧٨% من حجم الهواء ويعد النيتروجين واحد من اهم العناصر الغذائية اللازمة لنمو النباتات ويمثل ١-٤% من المادة الجافة في النبات. ويتم امتصاصه من التربة غالبا في صورة نترات NO_3^- أو أمونيوم NH_4^+ ثم يرتبط مع الاحماض العضوية الناتجة من التمثيل الضوئي لينتج الأحماض الأمينية والبروتينات. علاوة على انه عنصر اساسى فى تكوين الكلورفيل.

والنيتروجين عنصر متحرك فى النبات وهو عنصر النمو الخضري وحتى نحصل على نمو خضري جيد لابد من توفر كميات مناسبة منه في التربة ولكن يجب أن لانبالغ بإضافة النتروجين إلى التربة حتى لايزداد النمو الخضري على حساب النمو الثمري ولأنه عنصر يفقد من التربة خلال فترة قصيرة اما بالغسيل فى حالة التسميد النتراتى أو بالتطاير كما فى حالة التسميد الامونيومى كما أن الافراط فى التسميد النتروجينى يقلل من مقاومة النبات للأمراض.
كما يوجد النتروجين في التربة على صورة عضوية ولايستفيد منه النبات إلا بعد

تحلله وتحوله إلى الصورة المعدنية او العضوية الذائبة مثل بعض الاحماض الامينية.

فقد النتروجين .. كيف يحدث ؟

في الاراضي الرطبة او الاراضي الغدقة او الغير جيدة الصرف او التي تكون في ظروف لاهوائيه Anaerobic condition يحدث فقد للنترات حيث تتحول النترات الى غاز نتروجين او اكسيد النيتروز ويفقد من الارض، هذا مايطلق عليه بعمليه Dentrification عكس التازت. ومثال لهذه الظروف مع الارز تكون الزراعة بالغمر مما يساعد على الظروف اللاهوائية. ومن ناحية اخرى تحت ظروف الامطاريحدث الغسيل Leaching للصورة النتراتية من التربة وتفقد. والصورة النتراتيه اي التي تحمل شحنة سالبه اسهل في الفقد حيث معقد التبادل سالب الشحنه والصورة النتراتية الانيونية تحمل شحنة سالبة ايضا وبالتالي سيحدث تنافر وتفقد الصورة النتراتية بسهوله. لكن نجد ان الصورة الامونيوميه الكاتيونيه اي التي تحمل شحنه موجبه تمسك علي معقد التبادل وذلك يحميها من الفقد بالغسيل ولهذا تفضل عند زراعه الارز الصورة الامونيوميه. ومن المعلوم ان ارتفاع رقم pH يؤدي الي حدوث تطاير للصورة الامونيومية فى صورة نشادر .ونجد ان معدل الفقد فى الاراضى الرملية اعلي من الاراضي المتوسطه او الثقيله ويحدث ذلك لكلا الصورتين الامونيوميه والنتراتية لذلك يجب عدم الاسراف في مياة الري.

وتحويل نتروجين الغلاف الجوي الي صورة مركبات عضوية وغير عضوية من خلال تثبيت النتروجين الجوى ويتم ذلك بواسطة الاحياء الدقيقة لتستفيد منها النباتات. وتتكافل بكتريا العقد الجذرية للنباتات البقولية وتثبت النيتروجين الجوي تكافلياً مع تلك النباتات بذلك يزيد المحتوى النيتروجيني للنبات والتربة، كما تقوم بكتيريا الأزووتوباكتر Azotobacter والكلوستريديم Clostridium الموجودة في التربة ، وكذلك الأنابينا Anabina والنوستوك Nostoc من الطحالب الخضراء المزرقة بتثبيت النيتروجين الجوي خاصة في مزارع الأرز مما يزيد من المحتوى النيتروجيني لها وزيادة الإنتاج فيها .

أعراض نق النتروجين:

١. تبدأ أعراض النقص على الأوراق القاعدية ثم تنتقل إلى الأوراق في القمة.
٢. يكون لون الأوراق أصفر شاحب مع اختزال مساحة الاوراق.
٣. ضعف النمو وتوقفه في حالات النقص الشديد.

٤. تشكل أعناق الأوراق زاوية حادة مع الساق.
٥ . في حالات النقص الشديدة تكون الثمار صغيرة اوتتساقط.

الفوسفور:

عنصر متحرك داخل النبات بطىء الحركة في التربة وهو من العناصر الغذائية الأساسية في تغذية النبات. يثبت جزء كبير من الفوسفور في التربة على شكل فوسفات ثلاثي الكالسيوم وهذا المركب شحيح الذوبان فى الماء، بينما النباتات تستطيع الاستفادة من فوسفات أحادي وثنائي الكالسيوم خصوصا في وجود المادة العضوية . ويخزن الفوسفور في جذور الأشجار المثمرة عند عدم الحاجة إليه وكذلك ينتقل جزء من الأوراق في نهاية فصل النمو ويخزن بالجذور ، وتعتبر البذور أغنى أجزاء النبات به، يوجد الفوسفور في التربة على شكل عضوي أو معدني، تزداد كمية الفوسفور العضوي بزيادة كمية النتروجين العضوي في التربة وتعمل أحياء التربة الدقيقة على تحول الفوسفور العضوي إلى فوسفور غير عضوي وتختلف درجة استفادة النبات من الفوسفور حسب عوامل عديدة أهمها:

١- نوع معدن الطين:
حيث يثبت في الأراضي الطينية أكثر من الخفيفة وخصوصا مع زيادة معادن الطين ١:١ لاحتوائها على مجموعات الهيدروكسيل التى ترتبط مع مجموعات الفوسفات.

٢- درجة الحموضة في التربة:
حيث تصل أعلى درجة صلاحية للاستفادة منه عند pH ٦,٥-٧. ومع ارتفاع pHيترسب الفوسفور فى صورة فوسفات الكالسيوم (الاراضى القاعدية) بينما عند انخفاض pHالتربة يترسب الفوسفور فى صورة فوسفات الحديد و الالمونيوم(فى الاراضى الحامضية.

٣-المادة العضوية:
حيث يلعب غاز CO_2 المنطلق من تحلل المادة العضوية دوراً كبيراً في زيادة قابلية الفوسفور للإذابة حيث يتكون حمض الكربونيك الذى يساهم فى زيادة درجة ذوبانه، ايضا ينفرداحماض معدنية وعضوية نتيجة تحلل المواد العضوية لتساهم فى زيادة درجة تيسر الفوسفور.

أهم وظائف الفوسفور:

١- يمثل الفوسفور حوالي ٠,١-٠,٤ % من المادة الجافة في النباتات ويلعب دور هام في نقل الطاقة وهو أساسي في عملية البناء الضوئي وعمليات الكيميوفسيولوجية في النبات.

٢- ضروري أيضا لعملية تكشف الخلايا وتطور الأنسجة النباتية والتي تشكل محور النمو في النباتات.

٣- يدخل في تركيب بروتين النواة.

٤- يسرع في عمليات نضج الثمار.

٥- له دور في عمليات التحول للكربوهيدرات داخل النبات مثل تحول النشا إلى سكر.

٦- له دور في تمثيل الدهون.

٧- عنصر مهم في عمليات التنفس.

مصادر الفوسفور:

هناك مصادر معدنية عديدة أهمها معدن الأباتيت Apatite و مصادر عضوية وتقدر كمية الفوسفور العضوى بحوالى ٢٠-٨٠% من الفوسفور الكلى فى الأرض ، ويوجد غالبيته على صورة استرات لحمض الارثوفوسفوريك علاوة على الفوسفوليبيدات والاحماض النووية. أيضا يكون حمض الفيتك مركبات مع البروتين ويكون مع الحديد والالمونيوم املاح غير ذائبة فى الماء وقد تدمص على سطح معادن الطين ولذا يكون تحللها بطيء، بينما الفوسفوليبيد تتحلل بسهولة بفعل ميكروبات التربة. وتحلل هذه المركبات فى التربة بفعل انزيم الفوسفاتيز وينطلق الفوسفور المعدنى ويعرف بمعدنة الفوسفور P-mineralization وحيث أن الأراضى الصحراوية فقيرة فى المادة العضوية فإن التسميد العضوى يعتبر مصدراً هاما للفوسفور.

أعراض نقص الفوسفور:

١- يصبح لون الأوراق أكثر اخضراراً من اللون الطبيعي.

٢- تظل الأوراق صغيرة وتظهر النموات الحديثة بلون أرجواني أو أحمر بسبب تراكم مادة الانثوسيانين.

٣- تظهر الاعراض فى البداية على الاوراق القاعدية ثم تشمل كل النبات.

٤-عروق الأوراق السفلى وكذلك أعناقها يظهر عليها اللون الأرجواني.

٥- يقل تكوين البراعم الثمرية.

٦- في حالات النقص الشديد تكون الأوراق الكبيرة مبرقشة باللون الأصفر الفاتح والأخضر الغامق وهذه الأوراق تسقط سريعاً.

البوتاسيوم:

عنصر متحرك داخل النبات قليل الحركة في التربة، لايدخل في تركيب المواد العضوية داخل الأنسجة النباتية ويوجد بها على صورة ذائبة غير عضوي يكثر في الخلايا المريستيمية ويرتبط مباشرة بالبناء البروتيني يعتبر من العناصر الغذائية الضرورية ويسمى هذا العنصر بعنصر النوعية. نقصه يسبب تراكم الأحماض الأمينية وعدم تحولها إلى بروتين،

يوجد البوتاسيوم فى التربة فى صورة معدنية فقط. والبوتاسيوم هو ثانى أكثر العناصر امتصاصاً بالنبات بعد النتروجين ويوجد فى التربة بنسبة كبيرة ١,٩% فى المتوسط ولكنه يقل كثيراً فى الأراضى الرملية الخشنة القوام المتكونة من الحجر الرملى وتزداد فى الأراضى الطينية المتكون من المعادن الاولية الغنية بالبوتاسيوم مثل الفلسبارات $KAL\ Si_3O_8$ (ارثوكلاز والميكروكلين) والمسكوفيت والبيوتيت والمعادن الثانوية (الإليت والفيرموكوليت والكلوريت).

ويلاحظ أن الجزء الأكبر من هذا العنصر في الطبقات السطحية من التربة ، ويعتبر البوتاسيوم المتبادل المصدر الأول للبوتاسيوم القابل للامتصاص من قبل النبات وتمثل الصورة المتبادلة عادة مقداراً بسيطاً من البوتاسيوم الكلي في التربة.

هناك اتزان سريع بين البوتاسيوم الذائب فى محلول التربة والمتبادل على سطح معقد الامتصاص، ويتأثر هذا الاتزان بالأيونات المرافقة للبوتاسيوم على معقد الادمصاص. وغالبا يكون البوتاسيوم المتبادل أقل من ١% من البوتاسيوم الكلى. ويطلق على البوتاسيوم المتبادل عامل الكم (Q) وعلى تركيز البوتاسيوم الذائب فى محلول التربة عامل التركيز (I) وتشير Q/I على قدرة التربة على إمداد البوتاسيوم والمحافظة على تركيز البوتاسيوم فى المحلول وبزيادة Q/I تزداد هذه القدرة ويطلق عليها السعة التنظيمية أو Buffering capacity وهى كبيرة فى الأراضى ذات السعة التبادلية CEC الكبيرةمثل الاراضى الطينية ومنخفضة جداً فى الأراضى الرملية ذات CEC المنخفض

وعموما يؤدى فقد البوتاسيوم بالغسيل أو الامتصاص السريع للبوتاسيوم بالنبات فى هذه الأراضى إلى استهلاك سريع للبوتاسيوم الجاهز للنبات ويتوقف تعويض هذا النقص بدرجة كبيرة على البوتاسيوم المتبادل وجزئياً على سرعة انطلاق البوتاسيوم المثبت فى معادن الطين وانتشار البوتاسيوم إلى جذور النبات

وفى الغالب تكون هذه العمليات بطيئة بالمقارنة بحاجة النباتات من العنصر فى معظم مراحل نموالنبات وخصوصا مراحل التزهير وتكوين الثمار مما يتطلب سرعة اضافة اسمدة بوتاسية.

أيضا يعتبر البوتاسيوم الغير متبادل (Nonexchangeable K) من الصورة البطيئة التيسر للبوتاسيوم ولكنها قد تساهم فى بعض الاحيان فى التحول إلى الصورة المتبادلة عند استنزاف الصورة الذائبة والمتبادلة. وهذا التحول يتاثر بنوع معدن الطين السائد فهو اعلى فى معدن البيوتيت عن فى المسكوفيت وأقلها فى الفلسبارت ويتوقف ذلك على موقع البوتاسيوم فى التركيب البنائى للمعدن.

تثبيت البوتاسيوم فى التربة K-fixation in soil

تثبيت البوتاسيوم فى التربة يعتبر أحد العمليات المهمة خاصة فى الاراضى التى يسود فيها معادن من النوع ٢: ١حيث يتحول البوتاسيوم الذائب فى محلول التربة الى صورة مثبتة فى معادن الطين وغير صالحة للامتصاص بواسطة النباتات. ويزيد تثبيت البوتاسيوم مع زيادة كمية معادن الطين١:٢ وارتفاع pH التربة وزيادة تكرارعمليات التجفيف والترطيب للتربة وايضا زيادة تركيز البوتاسيوم.

ويحدث التثبيت بدخول أيون البوتاسيوم الموجود فى محلول التربة بين طبقات معادن الطين حيث يسمح التركيب البنائى لهذه المعادن بدخول البوتاسيوم (وكذلك الأمونيوم المشابه فى الحجم) بين الطبقات الصفائحية للمعدن والاستقرار فى فجوة بنائية تناسب حجمه.

وعملية تثبيت البوتاسيوم قد تكون وسيلة لحماية البوتاسيوم من الفقد بالغسيل حيث أن البوتاسيوم المثبت هذا قد يصبح صالحاً للامتصاص مرة أخرى بتحوله إلى الصورة المتبادلة حيث قد يحدث ذلك مع تغير ظروف التربة.

امتصاص النبات للبوتاسيوم:

ويمتص النبات البوتاسيوم على صورة أيون بوتاسيوم K^+ الذى يختلف تركيزه كثيراً فى محلول التربة. ويعتبر ١٠–٦٠ جزء فى المليون التركيز الأمثل تبعاً لنوع المحصول ونسبة الرطوبة ومستوى الخصوبة ومرحلة نمو النبات ولكن هذا التركيز ارتفع مع دخول الاصناف عالية الانتاج خصوصا فى نباتات الخضر والفاكهة.

ويتأثر امتصاص النبات للبوتاسيوم بالكاتيونات الأخرى خاصة الكالسيوم والمغنسيوم ويعبر عن صلاحية البوتاسيوم بالمعامل $K^+/ Ca + Mg$ والذى يطلق عليه K activity ratio ويمتص النبات عنصر البوتاسيوم بمعدل سريع ويقل

تركيزه حول الجذور ولكنه ينتقل إليها بخاصية الانتشار diffusion من مناطق التركيز الأعلى إلى التركيز المنخفض وتعتبر ميكانيكية الانتشار هذه مسئولة عن امتصاص ٨٨-٩٦% من البوتاسيوم الذى يمتصه النبات.

وعموما يقل أمتصاص البوتاسيوم بواسطة النبات بانخفاض الرطوبة والحرارة والتهوية وزيادة انضغاط التربة وانخفاض الـ pH وزيادة تركيز الكالسيوم والمغنسيوم. وتختلف المحاصيل فى احتياجاتها الغذائية من البوتاسيوم فالمحاصيل الثمرية والدرنية احتياجها اكبر من المحاصيل الورقية

ايضا تختلف النباتات فى قدرتها على امتصاص البوتاسيوم من التربة وتؤثر نوعية الجذور وكثافة المجموع الجذرى على كفاءة الامتصاص فالنباتات النجيلية ذات جذور ليفية كثيفة وذات قدرة أعلى على امتصاص البوتاسيوم مقارنة بالنباتات البقولية ذات الجذور الوتدية. وتزداد احتياجات النبات للبوتاسيوم مع توفر إمداد كاف من النيتروجين والفوسفور ولكن فى مدى الاحتياجات الغذائية للنبات من هذه العناصر.

أهم وظائف البوتاسيوم داخل النبات:

١- عنصر مهم في إنتاج وانتقال السكريات في النبات.
٢- يساعد على اختزال السكريات وتحولها إلى نشا.
٣- وجوده أساسي لعمليات التمثيل الضوئي.
٤- يساعد في امتصاص النتروجين من التربة.
٥- يزيد في مقاومة النبات لبعض الأمراض.
٦- يقلل من عمليات النتح للنبات وبالتالي يزيد من مقاومته للجفاف.
٧- يكسب السيقان والأوراق متانة.

أعراض نقص البوتاسيوم:

١. اصفرار حواف الأوراق وباتجاه الداخل.
٢. التفاف الأوراق على شكل ميزاب.
٣. يتحول لون الأوراق الأصفر إلى أسمر أو بني محروق.
٤. يسبق الاحتراق عادة لون أرجواني غامق تسبقه بلزمة لخلايا الأوراق.
٥. حجم الأوراق يكون صغيراً.
٥. تظهر الاعراض فى البداية على الاوراق القاعدية للنبات.
٦. إذا كان النقص قليل يتكون محصول لكن قليل الكم والنوع.
٧. في حالات النقص الشديد تموت الأوراق وخاصة في منتصف الأفرع.

٨. يلاحظ ضعف تكوين البراعم الثمرية في الأشجار المثمرة.
٩. بشكل عام تكون مواصفات الثمار الناتجة سيئة.

ثانيا:مجموعة المغذيات الثانوية

وهذه العناصر المغذية يمتصها النبات بكميات كبيرة نسبيا ولكن بصورة اقل من المغذيات الابتدائية وهذه العناصر هي المغنسيوم والكبريت والكالسيوم وفيايلى شرح لحالتها فى التربة وأهم وظائفها واعراض نقصها على النبات.

الكالسيوم:

الكالسيوم أحد العناصر الضرورية الكبرى يوجد فى التربة فى عدة صور منها الأملاح الذائبة والصورة المتبادلة والرواسب المعدنية مثل الكالسيت والدولوميت والجبس وحجر الفوسفات. يمتص على صورة Ca^{++} وذلك إما من المحلول الأرض أو من الكالسيوم المتبادل مباشرة. والنباتات تتباين فى احتياجاتها منه فالبقولية تمتص كميات أكبر من النباتات النجيلية وهو عنصر غير متحرك داخل النباتات لذلك تظهر أعراض نقصه على الأوراق الحديثة النمو أولاً.

الأراضى المصرية داخل الوادى غنية بالكالسيوم بجانب احتوائها على ٣% كربونات كالسيوم تحتوى على نسبة متفاوتة من كبريتات الكالسيوم وهناك مساحات كبيرة فى الساحل الشمإلى وبعض أجزاء من سيناء بها كربونات كالسيوم (فى صورة طباشير أو حجر جيرى)، وفى بعض الأراضى الرملية و الجيرية نسبة الكالسيوم الذائب والصالح للامتصاص بواسطة النبات منخفضة جداً وتحتاج هذه الأراضى إلى التسميد بالكالسيوم.

أهم أدوار الكالسيوم:

١-معادلة الأحماض التي تنتج من الخلايا خصوصاً أثناء تكوين البروتين وتحولاته.
٢- يدخل في تركيب الصفيحة الوسطى للخلايا على صورة بكتات الكالسيوم.
٣- يعمل على تنشيط الأنسجة المريستيمية في القمم النامية.
٤- ضروري في تكوين الأزهار.
٥- يؤثر في انتقال الكربوهيدرات في النبات.

أعراض نقص الكالسيوم:

١. جفاف القمم النامية للأفرع والجذور وموت البراعم.
٢. تظهر بقع ميتة على الأوراق.
٣. جفاف أطراف الأوراق حديثة النمو بعد أن تلتوي ثم تتقصف.
٤. يلاحظ على الثمار بقع ميتة (متفلنة).
٥. تكون الجذور قصيرة وملتوية وتموت معظم الجذور من القمة الأعلى.

المغنسيوم:

عنصر متحرك داخل البنات، يوجد بالتربة بكميات كافية ويمتص على شكل أيونات Mg^{++} وتظهر أعراض النقص غالباً في الأراضي الخفيفة مثل الأراضى الرملية ، يكثر وجوده في البذور مرتبطاً مع الفوسفور وعلى اعتبار أنه عنصر متحرك فإن أعراض نقصه تظهر على الأوراق السفلية من الفروع أولاً.

مصادر الماغنسيوم فى الأراضى هى الدولوميت وكربونات الكالسيوم والماغنسيوم والاوليفين والاوجيت وغيرها وعند وجود الماغنسيوم بنسبة اقل من ٦% من السعة التبادلية الكاتيونية فإن النباتات تستجيب لإضافة الماغنسيوم.

وظائف المغنسيوم

١- يدخل في تركيب الكلوروفيل.
٢- ضروري لتنشيط عدد من الأنزيمات.
٣- يساعد في تحرك الفوسفور والكربوهيدرات داخل النبات.
٤- له علاقة بتكوين الزيوت داخل أنسجة النبات.

أعراض نقص المغنسيوم:

تحلل الكلوروفيل وأختفاء اللون الأخضر فيما بين العروق مع بقاء العروق خضراء، وتتأثر الأوراق الكبيرة أولاً، وفي حالات الإصابة الشديدة تسقط الأوراق وتظهر الأشجار شبه عارية.

الكبريت :

عنصر متحرك يمتص على صورة كبريتات SO_4^{--} ثم يختزل في النبات إلى كبريت أو سلفوهيدرو كسيل. وإذا زادت كميته عن حد معين يخفض رقم pH التربة كما تنقص كمية النترات الصالحة للامتصاص لأن البكتريا التي تؤكسد الكبريت تحتاج إلى أكسجين النترات في عملية الأكسدة. ويكثر وجود الكبريت في الطبقة السطحية من التربة، كما تظهر أعراض نقصه على الأوراق حديثة التكوين أولا.

وظائف الكبريت:

١- يدخل في تركيب الأحماض الأمينية والهرمونات النباتية.
٢- يساعد في تكوين الكلوروفيل.
٣- يدخل في تركيب الزيوت الطيارة كما في البصل والثوم.
٤- يلعب دوراً هاماً في عملية التنفس.

أعراض نقص الكبريت في النبات:

١. ظهور اللون الأصفر الشاحب على الأوراق.
٢. جفاف الفروع في الأشجار المثمرة.
٣. ضعف في نمو النبات.

ثالثا: العناصر الصغرى

وهو الحديد والمنجنيز والزنك والنحاس و الموليبدنم و الكلورين و البورون والنيكل. وتشبه العناصر الصغرى في النباتات الفيتامينات بالنسبة للإنسان. ويمتصها النباتات بكميات قليلة ويتوقف تيسرها على التفاعلات الموجودة في التربة ويؤدى الإمداد الزائد منها الى نتيجة عكسية حيث من الممكن ان تؤدي الى سمية النباتات.

الحديد:

عنصر قليل الحركة ضمن النبات يمتص على صورة ايون ثنائي Fe^{++} يدخل وسيط في تكوين الكلورفيل كما أنه يدخل في تركيب السيتوكروم وله علاقة بتكوين أنزيم البروكسيد ايز.

وظائف الحديد في النبات:

١- يدخل في تركيب السيتوكروم، لذا فهو يلعب دوراً أساسياً في التنفس.
٢- يلعب دور وسيط وأساسي في تكوين الكلوروفيل ولايدخل في تركيبه.
٣- يلعب دوراً أساسياً في تحويل النتروجين الذائب في الأوراق إلى بروتين وهذا البروتين له دور كبير في حماية الكلوروفيل من أشعة الشمس الشديدة.

أعراض نقص الحديد:

١.اصفرار الأوراق حديثة النمو.
٢. قد يحدث تحول كامل للأوراق الى اللون الأصفر وقد تصبح شبه بيضاء

وخاصة في النموات الحديثة.
٣. تحترق أطراف الأوراق وتصبح بنية اللون في حالات النقص الشديد،وقد تحترق كامل الورقة وخاصة في النموات الحديثة.
٤. ضعف الإنتاج أو عدمه.

الزنك:

يمتص من التربة على شكل أيونات Zn^{++} يكون تركيزه في الطبقات السطحية عالياً ويقل مع العمق. يرتبط ذوبان الزنك في التربة بدرجة الحموضة.

وظائف الزنك في النبات :

١- يلعب دوراً في تشكيل الهرمونات النباتية.
٢- يلعب دوراً أساسياً في تشكيل التربتوفان المركب النباتي الذي يتركب منه الأوكسين.
٣- يعتبر اساسيا في عملية تكوين الكلوروفيل والكربوهيدرات.

أعراض نقص الزنك:

١. بقع صفراء بين العروق مع بقايا أجزاء حول العروق الخضراء.
٢. الأوراق الجديدة تكون قصيرة وصغيرة ومتطاولة في مجموعات وردية تخرج من زر واحد بدلاً من فروع(ظاهرة التورد).
٣. موت أطراف غصون الحمضيات.
٤. يلاحظ وجود بقع زيتية في أوراق الحمضيات وصغر في حجم الثمار وسمك قشرتها.
٥. تضعف قدرة الأشجار على تكوين البراعم الثمرية وكذلك الثمار.
٦. في اللوزيات تكون الأوراق الوردية جالسة على الأفرع بدون أعناق.

المنجنيز:

عنصر قليل الحركة في النبات يمتص على صورة أيون ثنائي التكافؤ Mn^{++} وتكون الأوراق الغنية بالكالسيوم فقيرة بالمنجنيز، ويلاحظ أعراض نقصه في الأراضي القلوية حيث يتم أكسدة المنجنيز الثنائى القابل للامتصاص إلى منجنيز ثلاثي غير قابل للامتصاص.

وظائف المنجنيز في النبات:

١- ضرورى لتمثيل النترات داخل النبات.
٢- تضعف قدرة التنفس إذا كانت نسبة Mn/Fe أقل أو أكبرمن ١,٥-٢,٥.
٣- لـه علاقـة بتكـوين الكلوروفيـل وبعـض الأحمـاض العضـوية وعمليـات الأكسدة والإختزال داخل النبات.

أعراض نقص المنجنيز:

١. اصفرار الأوراق بينما بين العروق تظل خضراء.
٢. تظهر بقع بنية محروقة على الأوراق.
٣. في حالات النقص الشديد قد تتساقط الأزهار والأوراق.

النحاس:

يحتاجه النبات بكميات ضئيلة ونادراً ما تظهر أعراض نقصه. ويوجد في التربة بكميات قليلة خاصة في الطبقات السطحية، وأكثر ما تظهر أعراض نقصه في الأراضي العضوية ويتأثر ذوبانه بدرجة الحموضة في التربة إذ كلما انخفض رقم pHيزداد الجزء الذائب منه.

وظائف النحاس في النبات:

١- عامل مساعد في تكوين أنزيمات التنفس وتكوين الكلوروفيل.
٢- يلعب دوراً في تفاعل النتروجين داخل النبات.
٣- يزيد في مقاومة النبات للأمراض الفطرية.

أعراض نقص النحاس:

١.اصفرار الأوراق وموت البراعم
٢. قصر في المسافات بين عقد الأغصان.
٣. تنخفض كمية العصير داخل ثمار الحمضيات وخاصة الليمون الحامض.

البورون:

يوجد البورون بكميات قليلة في التربة وتسبب الكميات الكبيرة منه تسمم للنبات، تعتبر زيادة الكالسيوم أحد أهم أسباب نقص البورون ، يمتص على صورة أيون بورات.

وظائف البورون في النبات:

١- يتحكم بنسبة الماء داخل النبات كذلك في امتصاص الماء من التربة.
٢- ضروري لتكوين الحمض الأميني تربتوفان.
٣- مهم لعمليات التلقيح داخل الزهرة.
٤- يؤثر على امتصاص بعض العناصر مثل النتروجين والبوتاسيوم والكالسيوم.
٥- ضروري لتكوين الهرمونات في النبات.
٦- يلعب دوراً في عملية تكوين البروتينات في النبات.
٧- له علاقة بحركة السكريات إلى أماكن تخزينها.

أعراض نقص البورون:

موت البراعم والقمم النامية من أهم أعراض نقص البورون وكذلك وموت أطراف الجذور وتكسر الأغصان والأوراق بسهولة. علاوة على ذلك فهناك أعراض خاصة تختلف باختلاف المحصول منها ما يلى:

١. في اللوزيات لاتتفتح البراعم.
٢. لايتكون الحب في السنابل في الشعير.
٣. في الحمضيات تظهر على الأوراق بقع مائية ثم تصبح شفافة ثم تسقط ويتعرى الفرع من القمة إلى الأسفل وفي الثمار يظهر على الألبيدو بقع بنية ويزداد سمك القشرة ولاتتكون البذور وتكون الثمار جافة وجامدة والعصير قليل وكذلك نسبة السكر.
٤. في الشمندر يلاحظ القلب الأجوف والذي يظهر أسود اللون.
٥. في القرنبيط يصبح الساق أجوف لونه بني.
٦. يتكون بقع فلينية على سطح الثمار في التفاح.
٧. في القطن مع حالات النقص الشديد تكون الشجيرات متشابك بسبب قصر المسافات بين العقد ويموت النسيج المرستيمي وتصبح الأوراق سميكة قابلة للكسر كما تسقط البراعم الزهرية كما يلاحظ انتفاخ حلقي داكن مزود بشعيرات كثيفة على أعناق الأوراق.

المولبيدنيم:

يمتصه النبات بكميات قليلة جداً ونادراً ما تظهر أعراض نقصه على النبات، وذوبانه في التربة مرتبط بدرجة الحموضة حيث يثبت في الأراضي الحامضية ويكون أكثر ذوبانه في الأراضي القلوية. ويدمص المولبيدنيم بقوة على أكاسيد الحديد والألومنيوم مسبباً نقصه فى محلول التربة.

وتعمل الفوسفات على تيسر وامتصاص المولبيدنيم فى التربة بينما تعمل الكبريتات على نقص امتصاصية بالنبات وكذلك كل من النحاس والمنجنيز . وتشجع النترات امتصاص المولبيدنيم بينما تؤدى مركبات الأمونيوم(كبريتات الامونيوم) بتأثيرها الحامضي إلى خفض امتصاص المولبيدنيم.

وتختلف النباتات فى درجة حساسيتها لنقص المولبيدنيم فالبقوليات ونباتات العائلة الصليبية والموالح والقطن والبنجر والطماطم والخس والسبانخ حساسة لنقص المولبيدنيم. كما تختلف سلالات البرسيم الحجازي والذرة فى كفاءتها فى امتصاص المولبيدنم من التربة. ومحتوي الأوراق عادة أقل من ١ جزء في المليون. وتسبب زيادة تركيز المولبيدنيم فى نباتات المراعي تسمم للماشية والأغنام، كما يسبب عدم التوازن بين المولبيدنيم والنحاس مرض المولبيدنيم Molybdenosis فى الماشية عندما يكون تركيز المولبيدنيم فى الأعلاف أكثر من ٥ جزء فى المليون ويعالج بجرعات من النحاس عن طريق الفم أو الحقن أو إضافة كبريتات النحاس إلى التربة.

وظائف المولبيدنيم:

١. ضروري لاختزال النترات في النبات إلى أمين ومن ثم تكوين البروتينات.
٢. ضروري لتكوين حمض الاسكوربيك.
٣. ضروري لبكتيريا الأزوتوبكتر والتي تقوم بتثبيت الآزوت الجوي.

أعراض نقص المولبيدنيم:

١. اصفرار الأوراق الطرفية ثم ظهور بقع بنية فاحتراق الحواف.
٢. تجعد الأوراق.

الكلوريد :

والكلوريد عنصر ضروري لجميع النباتات ويوجد فى القشرة الأرضية بتركيز منخفض يتراوح ما بين (٠,٠٢-٠,٠٥%)، بينما فى الاراضى يتباين تركيزه تبعا لعوامل عديدة منهامدى تأثرها برذاذ البحر والأبخرة البركانية وإضافة الأسمدة والمبيدات ومياه الري . والكلوريد يدمص بقوى ضعيفة على سطوح التربة، وتؤدى زيادة تركيزه إلى زيادة الضغط الأسموزي لمحلول التربة وانخفاض امتصاص النبات للماء.

وظائف الكلوريد:

١. يحسن من صفات النباتات عالية التحمل للأملاح وبعض المحاصيل الأخرى كالبطاطس.
٢. له دور فى مقاومة بعض الأمراض.
٣. له دور هام في تنشيط الأكسجين في العمليات الحيوية.
٤. يشارك فى تنظيم الضغط الأسموزي داخل الخلية.
٥. يشارك فى قفل و فتح الثغور و تأدرت الأنسجة النباتية.
٦. له دور في تثبيط مرض تبقع الأوراق في القمح.

لايضاف الكلوريد الى اراضي المناطق الجافة وشبه الجافة لتوفره. بينما يمكن أضافته فى صورة كلوريد أمونيوم أو كلوريد الكالسيوم أو المغنسيوم أو البوتاسيوم فى المناطق المطرة التى تتعرض للغسيل.

النيكل:

هو أخرالعناصرالصغرى انضماما وقد ثبت اهميته لتمثيل النتروجين فى البقوليات سواء كان التسميد بالنترات او الامونيوم او اليوريا، وحتى مع النباتات التى تعتمد على تثبيت النتروجين، ايضاثبت ان النيكل ضرورى لبناء وعمل انزيم (the structure and functioning of the enzyme) اليورياز. وتركيز فى النبات يتراوح ما بين ٠,٠٥–٥ مليجرام لكل كجم مادة جافة. وحد السمية يظهر عند ٥٠ مليجرام لكل كجم. واعراض السمية بالنيكل تظهر على الاوراق الحديثة فى صورة اصفراروتبقع وموت فى اجزاء الورقة، ايضا توقف وتقزم فى نمو الساق والجذر. والسمية بالنيكل تؤثر على امتصاص بعض العناصر الغذائية مثل الكالسيوم والمغنسيوم والحديد والزنك.

– بصفة عامة فان نقص العناصر الصغرى ينتج عن واحد أو أكثر من العوامل الاتية:

أ. إنخفاض محتوى التربة من تلك العناصر.
ب. ارتفاع رقم تفاعل التربة (pH) .
جـ. ارتفاع محتوى التربة من كربونات الكالسيوم والمغنسيوم .
د.استعمال كميات كبيرة من الأسمدة الفوسفورية والسماد البلدي غير كامل التحلل.
هـ.عدم اتزان التغذية النباتية، فالتغذية الغزيرة بعنصر يؤثر على امتصاص او تيسر عناصر اخرى (دفعات عالية من الأسمدة النيتروجينية).

تذكر

- أهم الشروط التى يجب توافرها فى العناصر الضرورية هى:

١- نمو النبات لايتم الافى وجوده.

٢- لايمكن استبدال العنصر بعنصر أخر فى أدواره الحيوية.

٣- العنصر ضرورى لكل النباتات الراقية.

٤- له دور حيوى فى حياة النباتات.

اكتشف العلماء ١٧ عنصرضروري لنمو النباتات.

- من الهواء يحصل على الكربون من ثاني أكسيد الكربون.
- من الماء يحصل على الهيدروجين والأكسجين.
- من التربة ومن خلال الأسمدة المعدنية والعضوية يحصل على باقي العناصر (النيتروجين – الفوسفور – البوتاسيوم – الكالسيوم – الماغنسيوم – الكبريت – الحديد – المنجنيز – زنك – النحاس – البورون – الموليبدنيم – الكلورين –النيكل.
- العناصر الكبرى يحتاجها النبات بكميات كبيرة وتأثيرها ايجابى على نموالنباتات اذا اضيفت بكميات كبيرة.
- العناصر الضرورية الكبرى هى (النيتروجين – الفوسفور – البوتاسيوم – الكالسيوم –الماغنسيوم– الكبريت).
- المغذيات الصغرى يحتاجها النبات بكميات قليلة لإعطاء نمو جيد.
- العناصر الغذائية الصغرى هى : الحديد – المنجنيز – زنك – النحاس – البورون – الموليبدنم – الكلورين –النيكل.
- العناصر الغيرالضرورية هى عناصر فى انسجة النبات ولا يتوافر فيها شروط العناصر الضرورية وهى الصوديوم والكوبلت واليود والسليكون والالومنيوم.
- مجموعة المغذيات الابتدائية هى مجموعة العناصر الكبرى والتي يحتاجها النبات بكميات كبيرة وتسمى بالمغذيات الابتدائية Primary nutrient وهي النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم.

- مجموعة المغذيات الثانوية وهى العناصر التى يمتصها النبات بكميات كبيرة نسبيا ولكن بصورة اقل من المغذيات الابتدائية وهذه العناصر هي المغنسيوم والكبريت والكالسيوم.
- تحت الظروف اللاهوائيه Anaerobic condition يحدث فقد للنترات حيث تتحول النترات الى غاز نتروجين او اكسيد النيتروز ويفقد من الارض، هذا مايطلق عليه بعمليه Dentrification عكس التازت.
- تحت ظروف الامطاريحدث الغسيل Leaching للصورة النتراتية من التربة وتفقد.
- الصورة الامونيوميه الكاتيونيه اي التي تحمل شحنه موجبه تمسك علي معقد التبادل.
- ارتفاع رقم pH يؤدي الي حدوث تطاير للصورة الامونيومية فى صورة نشادر.
- تقوم بكتيريا الأزوتوباكتر Azotobacter والكلوستريديم Clostridium الموجودة في التربة ، وكذلك الأنابينا Anabina والنوستوك Nostoc من الطحالب الخضراء المزرقة بتثبيت النيتروجين الجوي بالاضافة الى بكتريا العقد الجذرية.
- يثبت الفوسفور في الأراضي الطينية أكثر من الخفيفة وخصوصا مع زيادة معادن الطين ١:١ لاحتوائها على مجموعات الهيدروكسيل التى ترتبط مع مجموعات الفوسفات.
- ومع ارتفاع pH يترسب الفوسفور فى صورة فوسفات الكالسيوم (الاراضى القاعدية).
- يلعب غاز CO_2 المنطلق من تحلل المادة العضوية دوراً كبيراً في زيادة قابلية الفوسفور للإذابة حيث يتكون حمض الكربونيك الذى يساهم فى زيادة درجة ذوبانه.
- بصفة عامة فان نقص العناصر الصغرى ينتج عن واحد أو أكثر من العوامل الاتية:

أ. إنخفاض محتوى التربة من تلك العناصر.
ب. ارتفاع رقم تفاعل التربة (pH) .
جـ. ارتفاع محتوى التربة من كربونات الكالسيوم والمغنسيوم .
د.استعمال كميات كبيرة من الأسمدة الفوسفورية والسماد البلدي غير كامل التحلل.

هـ.عدم اتزان التغذية النباتية، فالتغذية الغزيرة بعنصر يؤثر على امتصاص او تيسر عناصر اخرى (دفعات عالية من الأسمدة النيتروجينية).

أسئلة

١- ماهى اسباب نقص العناصر الصغرى؟
٢- اذكر أهم الشروط التى يجب توافرها فى العناصر الضرورية؟
٣- عدد كل من العناصر الكبرى والصغرى؟
٤- ما هى صور فقد النتروجين ؟
٥- ما هو سلوك الفوسفور فى التربة تحت ظروف pHالمختلفة؟
٦- أذكر الفرق بين العناصر الاولية والثانوية والصغرى ؟
٧- علل تحت الظروف اللاهوائيه Anaerobic condition يحدث فقد للنترات
٨- ضع علامة صح أو خطأ :

a. مجموعة العناصر الكبرى والتي يحتاجها النبات بكميات كبيرة وتسمى بالمغذيات الابتدائية Primary nutrient وهي النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم.
b. ارتفاع رقم pH يؤدي الي حدوث تطاير للصورة الامونيومية فى صورة نشادر.
c. مجموعة المغذيات الثانوية وهى العناصر التى يمتصها النبات بكميات كبيرة نسبيا ولكن بصورة اقل من المغذيات الابتدائية وهذه العناصر هي المغنسيوم والكبريت والكالسيوم.
d. يلعب غاز CO_2 المنطلق من تحلل المادة العضوية دوراً كبيراً في زيادة قابلية الفوسفور للإذابة حيث يتكون حمض الكربونيك الذى يساهم فى زيادة درجة ذوبانه.

الباب الثانى
امتصاص العناصر الغذائية بواسطة النبات
Nutrient Uptake by Plant

تمتص النباتات العناصر الغذائية عادة وبصفه رئيسيه من خلال جذورها (التغذية الارضيه) وتستطيع ايضا امتصاص كميات صغيرة منها من خلال المجموع الخضرى (الاوراق) عند رشها بمحلول مغذى فيما يسمى بالتغذيه الورقيه. وتمتص الجذور الايونات الموجودة فى محلول التربة، ويتكون هذا المحلول من ايونات العناصر الغذائية الذائبه فيه ويتغير تركيز هذه العناصر والنسبه بينها بشكل كبير من أرض لأخرى حسب طبيعه مادة الاصل التى نشأت منها ومعدلات الاسمدة المضافه سواء العضويه أو المعدنيه ونوع النباتات الناميه ونوعية مياه الرى وطبيعة التذبذب فى المحتوى المائى للتربه والذى يتوقف على اسلوب الرى المتبع . والمحلول الارضى هو غشاء شعرى من الماء يحيط بالدقائق الغرويه للأرض وممسوك بقوة ويتسطيع النبات الاستفاده منه . وفى الحقيقه ان كميه العناصر الغذائيه الذائبه فى هذا المحلول قد لا تكفى حاجة النبات فى فترة زمنيه معينه قبل الاضافة السمادية التاليه ولذلك لابد وان يكون للجزء من العناصر الغذائيه الذائبه الممسوكة على الماده الصلبه للأرض دورا فى اعادة التوازن الغذائى للجزء الذائب فى محلول الارض . ويعنى ذلك ان المغذيات النباتية لكى تمتص بالنبات تمر بعدة خطوات. ويمكن حصر خطوات حصول النباتات على العناصر الغذائيه من بيئه النموفى الخطوات التالية:

أ . انتقال العناصر الغذائية من محلول التربه الى منطقة امتصاص الجذر:

حيث تتحرك العناصر فى هذه الحاله فى صورة أيونيه فى محلول الارض الى المنطقه التى تسمح بأمتصاصها على الجذر وعادة ما يتم ذلك بواحد أو أكثر من الطرق التاليه :

١. الانتقال الكتلى Mass flow: وفيه تنتقل الايونات فى اتجاه الجذر ذائبه فى الماء وفى هذه الحاله ترتبط حركه الايونات باتجاه حركة تيار الماء ويعتبر تيار النتح هو القوة الدافعه لحركة الماء بما يحمله من ايونات فى اتجاه الجذر ويعتبر البوتاسيوم والكالسيوم والمغنسيوم والنتروجين من أهم العناصر التى تنتقل بهذه الطريقه .

٢. الانتشار Diffusion : حيث تنتقل الايونات فى اتجاه الجذر تبعا لتدرج التركيز فتنتقل من مناطق التركيز المرتفع الى مناطق التركيز المنخفض .

٣. التبادل الأيونى lon exchange : حيث يؤدى خروج ثانى أكسيد الكربون من الجذور خلال عمليه التنفس الى تكوين حامض الكربونيك وعند اتصال هذا الحامض مع أسطح الحبيبات الغرويه للأرض يتم تبادل كاتيون الهيدروجين (فى حامض الكربونيك) مع كاتيون آخر (من على الاسطح الغرويه للمادة الصلبه) لينتقل الملح الذائب المتكون بعيدا عن هذه الاسطح فى اتجاه محلول الارض الى الجذور. .

٤- اعتراض الجذور Root interception : حيث تنمو الجذور لتمتد وتصل الى مناطق جديدة فى التربة وبالتالى هنا تصل منطقة امتصاص الجذور الى الايونات.

ب . أنتقال الايونات من منطقه امتصاص الجذر الى داخل الجذر :

أن العمليات التى بواسطتها تحصل النباتات على العناصر الغذائيه من الارض لا تزال موضع نقاش بين الباحثين فى مجال الفسيولوجي وتغذيه النبات ولكنها تزداد وضوحا وفهما يوما بعد الاخر وعلى ايه حال فأن امتصاص الايونات بواسطة الجذور يمكن ان يكون سلبى أو غير نشط ويحدث هذا النوع من الامتصاص عند انتقال العناصر الغذائيه من مناطق التركيز المرتفع الى مناطق التركيز المنخفض دون أن يبذل النبات أيه طاقه . غير أن ايونات العناصر الغذائيه فالنبات وجد أنها تنتقل ضد تدرج التركيز أى من المناطق ذات التركيز المنخفض (محلول الارض) الى المناطق ذات التركيز المرتفع (داخل النبات) ويحدث ذلك بواسطه عملية حيوية نشطة تحتاج الى أن يبذل النبات طاقة وتسمى بالامتصاص النشط او الامتصاص الحيوى . وفى هذه العمليه يستخدام النبات مركبات كيميائيه (حواملCarrier أو ناقلات للأيونات) موجودة على الغشاء البلازمى ترتبط مع الايون المراد امتصاصه بطريقه معينه تسمح بالمرور بها خلال الاغشيه الخلويه . ويعتقد أن هناك عددا من المركبات الحامله أو الناقله يكون كل منها متخصص لنقل ايون معين أو أكثر وهو ما يصف النفاذيه الاختياريه للأغشيه النباتيه الحيه بنظرية الاختيار (Selectivity) التى تعني بأن النبات قادر على اختيار العناصر الغذائية والتحكم بها بحيث يسمح بمرور ما يحتاجه ويمنع مرور مالا يحتاجه ، وانتقال العناصر الغذائية بواسطة الحامل

يحتاج مباشرة أو بصورة غير مباشرة إلى طاقة . ويلاحظ توفر القدر الكافى من الاكسوجين فى بيئه نمو النبات يعتبر عاملا ضروريا للأمتصاص النشط أو الحيوى حيث أن نقص الاكسجين يعتبر عائقا لأنتاج مركبات الطاقه أى مركبات(ATP) بواسطة الجذور وهذا يقلل من كفاءة الامتصاص النشط . ويحدث ذلك تحت ظروف زيادة الرطوبه الارضيه ، كذلك يؤدى انخفاض درجة حرارة الارض الى خفض كفاءة الامتصاص النشط.

كيفية عمل الحامل :

عند الجدار الخارجي للغشاء يكون الجزيئ الحامل(Carrier) مشحوناً بالطاقة (حامل نشط) ومستعداً للأرتباط بالأيون المعين الذى يتلائم مع موقع الارتباط على الحامل ثم يرتبط الحامل بالأيون الذى يكون موجوداً فى الجانب الخارجي للخلية حيث يتكون معقد (حامل نشط – أيون) ، وينتشر (diffused) المعقد خلال غشاء الخلية متجهاً نحو الجانب الأخر للخلية حيث يلتقى بأنزيم (Phosphatase) الواقع على الجانب الداخلي للغشاء ويقوم هذا الأنزيم بفصل مجموعة الفوسفات PO_4 المعدنية من المعقد (حامل نشط –أيون) وبهذه العملية يعتقد بأن الحامل يفقد القدرة على الارتباط بالأيون أو بتعبير أخر فإن تغيراً ما يطرأ على الموقع الرابط بحيث يجعله لا يستطيع الارتباط بالأيون مما يؤدى إلى انفصال الأيون إلى داخل الخلية وبهذا تتم عملية نقل الأيون من خارج الخلية إلى داخلها. أما إعادة شحن الحامل بالطاقة أى إعادة تحويل ADP الفقيرة بالطاقة إلى ATP الغنى بالطاقة والذى بدوره يمد الحامل بالطاقة اللازمة فتتم عن طريق أنزيم Phosphokinase الذى يقع على الجانب الداخلي للغشاء والذى يقوم بربط مجموعة الفوسفات المعدنية مع ADP وتحويله إلىِ ATP الذى يكون بدوره مع الحامل ما سميناه فى البداية بالحامل النشط وينتشر الحامل النشط متجهاً نحو الجانب الخارجي للغشاء ليعيد الدورة مرة أخرى .

الامتصاص النشط والامتصاص الحر:

Active and passive absorption

يقصد بالأمتصاص النشط (Active absorption) هو أنتقال الأيونات من خارج إلى داخل الخلية عبر الغشاء البلازمى ويحتاج طاقة وعادة ما يكون ضد تدرج الجهد الكهروكيميائي (Electro chemical potential gradient) وتأتى هذه الطاقة من كسر الرابطة التى تربط مجموعة الفوسفات المعدنية (PO_4^{---}) مع ADP فى الجزيئ الغني بالطاقة ATP وتقوم بعملية الفصل الكهروكيمياي

مجموعة من الأنزيمات تسمى (ATPase)، بينما الأمتصاص الحر (Passive absorption) فهو أنتقل الأيونات من خارج الخلية إلى داخلها ولا يتطلب طاقة و عادة ما يكون فى اتجاه تدرج الجهد أي منحدر الجهد الكهروكيميائي لذا فإن الأيونات تنتقل تلقائياً باتجاه ذلك المنحدر أي من المحلول ذو التركيز الأيوني العالي إلى المنحدر ذو التركيز الأيوني المنخفض. وعادة مايكون الامتصاص النشط هو السائد تحت الظروف الفسيولوجية السليمة لكن الامتصاص الحر يحدث عند الظروف الفسيولوجية الغيرسليمة.

د- **أنتقال الايونات من داخل الجذر الى الاجزاء الاخرى من النبات:**

بعد امتصاص الايونات والماء بواسطة الجذور تنتقل قطريا خلال انسجة الجذر الى الاسطوانة الوعائية،حيث ينتقل الايونات مع الماء الى اعلى من خلال الخشب الى الاوراق عبر الساق.بمعنى ان مصدرالماء والغذاء(source)هو الجذر لكن المنبع اى مكان الاستهلاك(sink)هو الاوراق.

تذكر

- خطوات انتقال العناصر الغذائية من محلول التربه الى منطقة امتصاص الجذر هى التحرك الكتلى والانتشار والتبادل الايونى.

- وتمتص العناصر الغذائيه بواسطة جذور النباتات على صورة ايونيه.

- يستخدام النبات مركبات كيميائيه (حواملCarrier أو ناقلات للأيونات) موجودة على الغشاء البلازمى ترتبط مع الايون المراد امتصاصه بطريقه معينه تسمح بالمرور بها خلال الاغشيه الخلويه.

- تمتص النباتات العناصر الغذائية عادة وبصفه رئيسيه من خلال جذورها.

- ويعتقد أن هناك عددا من المركبات الحامله أو الناقله يكون كل منها متخصص لنقل ايون معين أو أكثر وهو ما يصف النفاذيه الاختياريه للأغشيه النباتيه الحيه بنظرية الاختيار (Selectivity) التى تعني بأن النبات قادر على اختيار العناصر الغذائية والتحكم بها بحيث يسمح بمرور ما يحتاجه ويمنع مرور مالا يحتاجه.

- يمد الحامل بالطاقة اللازمة عن طريق أنزيم Phosphokinase الذى يقع على الجانب الداخلي للغشاء والذى يقوم بربط مجموعة الفوسفات المعدنية مع ADP وتحويله إلىِ ATP الذى يكون بدوره مع الحامل ما يسمي بالحامل النشط.

-الأمتصاص النشط (Active absorption) هو أنتقل للأيونات من خارج إلى داخل الخلية عبر الغشاء البلازمى ويحتاج طاقة.

-الأمتصاص النشط يكون ضد تدرج الجهد الكهروكيميائي Electro chemical (potential gradient).

- وعادة مايكون الامتصاص النشط هو السائد تحت الظروف الفسيولوجية السليمة.

- الامتصاص الحر يحدث عند الظروف الفسيولوجية الغيرسليمة.

الاسئلة

١- ما هى صفات الامتصاص الحر؟

٢- ما هى صفات الامتصاص النشط ؟

٣- أذكر ماتعرفه عن صفة الاختيارية ؟

٤- اشرح طريقةعمل الحوامل فى الامتصاص النشط ؟

٥- ما هى خطوات انتقال العناصر الغذائية من محلول التربه الى منطقة الامتصاص؟

٦- ضع علامة صح أو خطأ أمام العبارات التالية

a. يقصد بالأمتصاص النشط (Active absorption) هو أنتقال الأيونات من خارج إلى داخل الخلية عبر الغشاء البلازمى ويحتاج طاقة وعادة ما يكون ضد تدرج الجهد الكهروكيميائي

b. غير نشط ويحدث هذا النوع من الامتصاص عند انتقال العناصر الغذائيه من مناطق التركيز المرتفع الى مناطق التركيز المنخفض دون أن يبذل النبات أيه طاقه
c. الانتقال الكتلى Mass flow: وفيه تنتقل الايونات فى اتجاه الجذر ذائبه فى الماء وفى هذه الحاله ترتبط حركه الايونات باتجاه حركة تيار الماء ويعتبر تيار النتح هو القوة الدافعه لحركة الماء بما يحمله من ايونات
d. توفر القدر الكافى من الاكسوجين فى بيئه نمو النبات يعتبر عاملا ضروريا للأمتصاص النشط أو الحيوى

الباب الرابع

الاسمدة العضوية وتحلل المخلفات العضوية
Organic Fertilizers and Decomposition of Organic Residues

مقدمة:

أدرك الانسان القديم بالملاحظة فوائد التسميد بالمواد العضوية ، وإن لم يفهموا تفسيره، فشاهد رعاة الأغنام تحسن نمو النباتات في الأماكن التي ترعى فيها الأغنام و المواشى، وكان الصينيون يخمروا البقايا النباتية مع الطين، ونهج نفس الاسلوب المصريون والرومان، وكذا العرب الذين خلطوها فضلات الحيوان و بالتراب والتبن، إلى أن عني العلماء في العصر الحديث بدراسة المواد العضوية من حيث انحلالها وفائدتها للتربة والنبات ثم اشتد الاهتمام بها بتقدم الدراسات الميكروبيولوجية لأنها ألقت الكثير من الأضواء على ماتحدثه فيها ميكروبات التربة وأوضحت ما لهذه التغيرات من أثر كبير في خصوبة الأرض.

والمخلفات العضوية فى التربة هى كل ما يصل الى التربة سواء مخلفات نباتية أو حيوانية أو مخلفات انسان أوحتى الكائنات الحية التى تعيش فى التربة ونواتج نشاطها. بمعنى إن الجزء العضوى فى الأراضى يتكون من مواد عديدة تمثل المواد العضوية فى درجات مختلفة من التحلل وكذلك مواد مخلقة بواسطة ميكروبات التربة بالإضافة إلى بروتوبلازم الخلايا الميكروبية . بينماالاسمدة العضوية هى كل مايضاف للتربة الزراعية من مخصبات بهدف امدادها بالمواد العضوية والدبال مع تغذية النباتات النامية بها بالمغذيات الكبرى والصغرى – وللاسمدة العضوية اقسام عديدة وتمثل فى الاسمدة العضوية الصناعية والاسمدة العضوية الطبيعية أوالاسمدة العضوية الخاصة والاسمدة العضوية العامة.

والاسمدة العضوية الصناعية تنتج من تكنولوجيا تصنيع المخلفات النباتية والحيوانية عن طريق التخمير كما هو الحال فى انتاج السماد البلدى الصناعى والكومبست من بقايا المحاصيل الزراعية والسماد العضوى من قمامة المدن والبودريت.

والاسمدة العضوية الطبيعية تنتج من تربية الماشية والحيوانات والطيور الداجنة كالسباخ البلدى والسبلة وزيل الحمام وزرق الدجاج والبط والاوز والاسمدة الخضراء .

ومن ناحية أخرى تقسم الاسمدة العضوية الى أسمدة عامة وخاصة.

مصدر المخلفات العضوية وتركيبها:

تقدر الكمية الإجمالية لتولد المخلفات الصلبة في مصر من ٦٣- ٦٩ مليون طن سنوياً حسب تقديرات عام ٢٠٠٠ ، وهي تشمل؛ المخلفات البلدية الصلبة (القمامة)، المخلفات الصناعية، المخلفات الزراعية، الحمأة الناتجة عن عمليات معالجة الصرف الصحي، مخلفات المستشفيات، مخلفات الهدم والبناء ، بالإضافة إلى مخلفات تطهير الترع والمصارف.

ولحماية موارد البلاد وللمحافظة على البيئة ولفتح فرص عمل جديدة وخلق ابواب للاستثمار كان يجب الاهتمام بالاستفادة من هذه المخلفات بدلا من أن تكون عبء على البلاد. وقد أهتم قطاع الزراعة بمايخصة من هذه المخلفات والتى تعتبر فى حقيقة الامر ثروة من ثروات البلاد وليست كما نقول مخلفات يجب الاستفادة منه.

فاذا نظرنا لاى المخلفات النباتية والحيوانية من حيث طريقة التكوين و التركيب سوف نعرف كيف أن هذه المخلفات ثروة يجب الاستفادة منها.

كما هو معروف فى النبات تحدث عملية التمثيل الضوئى و هى المسئول الأول عن تمثيل المواد العضوية وفيها تستخدم طاقة الشمس وثانى أكسيد الكربون من الجوء والماء من الأرض وكذلك النيتروجين والعناصر الغذائية الأخرى مثل الفوسفور والبوتاسيوم والعناصر الغذائية الصغرى من الأرض فى صناعة المادة العضوية.

ومن ناحة أخرى يحصل الحيوان على الطاقة اللازمة لحياته وأحتياجاته من العناصر المعدنية من التغذية على الأنسجة النباتية.

وتتركب المخلفات العضوية سواء كانت نباتية أو حيوانية من خليط من عديد من المركبات ومن هذه المركبات هى (المواد الكربوهيدراتية – البروتين – اللجنين – الدهون – الشموع – الكحوليات – الأحماض الأمينية – المركبات الحلقية – الفيتامينات والأنزيمات).

ونتيجة عملية التكثيف الزراعى فى مصر بزراعة الأرض بأكثر من محصول خلال العام الواحد بلغت المساحة المحصولية إلى أكثر من ١٣ مليون فدان، وقد

قدرت كمية المخلفات الناتجة من المحاصيل الزراعية على مدار السنة ما بين ٢١-٢٥ مليون طن فى السنة.

و يساهم ٣٠% من إجمالى المخلفات الناتجة فى مصر فى توفير الاحتياجات الغذائية للحيوان الزراعى سواء بحالتها الخام أو بعد معالجتها لرفع قيمتها الغذائية.

أما عن المخلفات الناتجة عن تربية الماشية والأغنام والدواجن فقد قدرت كمية المخلفات الحيوانية بحوالى ٢٧٣,٥ مليون م٣ سنوياً (٨% مواد عضوية والباقى تربة) وتقدر مخلفات الدواجن بحوالى ٢,٢٠ مليون م٣ سنوياً.

والجدير بالذكر هنا أن مخلفات الإنسان من أغنى المخلفات العضوية بالعناصر السمادية، وفى القاهرة يتم إنشاء محطات معالجة لمياه الصرف الصحى بالقاهرة الكبرى بل وبعض المحافظات الاخرى على النهج المتبع فى كثير من الدول المتقدمة . ومن المتوقع أن تصل كمية المخلفات الصلبة المتبقية (حمأة) إلى حوالى ١,٢ مليون طن من السماد العضوى فى القاهرة الكبرى وحدها.

أما عن القمامة وهى ثروة كبير أن احسن استخدامها، وهى فى نفس الوقت من أهم مصادر التلوث فى المدن وان تم تجميعها ثم إعادة تصنيعها كسماد عضوى يمكن أن تصل كميتها إلى ١٣ مليون طن سنوياً.

فالبقايا العضوية فى التربة عبارة عن الفضلات النباتية والحيوانية الخام التي لم يتناولها أي انحلال ميكروبي، وهي تتركب من الناحية الكيميائيةً من سبع مجموعات من المواد وهى

١- المواد التي تذوب في الماء وتشمل: السكريات والجلوكوسيدات والأحماض الأمينية وأملاح النترات والكبريتات والكلوريدات وأملاح البوتاسيوم.

٢- المواد التي تذوب في الإيثير والكحول وتشمل: الدهون والزيوت والشموع والراتنجيات والتانينات والألكالويدات والمواد الملونة.

٣- السليلوزات - الهيموسليلوزات – اللجنينات - البروتينات.

٤- الأملاح التي لاتذوب بالماء مثل سليكات البوتاسيوم والمغنسيوم والألمونيوم وهي تكون مع الأملاح المعدنية الذائبة مايعرف بالرماد.

وتتميز الفضلات الحيوانية عن النباتية باحتوائها على نسبة أعلى من البروتين ونسبة أقل من اللجنين، كما تختلف الفضلات في نسب محتوياتها من

الموادالعضوية والمعدنية باختلاف نوعها وعمرها وتبلغ نسبة الكربون إلى الآزوت حوالى ١:٩٠ .

وعموماً يعتبر وجود المادة العضوية في التربة صفة طبيعية لها تميزها عن مواد الأصل parent Materialsوذلك لأن هذه المواد لاتصبح تربة إلا عند ظهور المادة العضوية فيها، ويحدث تجمع المادة العضوية نتيجة للنشاط الحيوية للأحياء المستقرة على الصخور والتي تقوم بتحويلها إلى تربة.

ومحتوى الأرض من المادة العضوية يتوقف على عدة عوامل هى:

١- نوع النباتات الموجودة.
٢- طبيعة الأحياء الموجودة في الارض.
٣- حالة الصرف والتهوية بالأرض.
٤- كميات الأمطار المتساقطة .
٥- درجة الحرارة.
٦- نوع وطبيعة عمليات الخدمة.

فمثلاً الأراضي الواقعة تحت الحشائش الطبيعية Grass land نجدها تستمد مادتها العضوية من جذور ليفية كثيفة موزعة بانتظام في قطاع الأرض وبعمق كبير جداً إلى حد ما. أما الأراضي الواقعة تحت أشجار متساقطة الأوراق في جو بارد تستقبل مادتها العضوية من تلك الأوراق المتساقطة والتي تتركز في الطبقات العليا أو في السنتمترات الأولى من القطاع الأرضي، وتحتوى المناطق الجافة على نسبة من المادة العضوية منخفضة ويزداد هذه الانخفاض عادة بعد إدخال الأرض تحت نظام الزراعة والري وقد أوضح كثير من العلماء ان هناك علاقة عكسية بين محتوى الأرض من المادة العضوي وبين متوسط الحرارة السنوي ذلك لأن ارتفاع الحرارة يسرع من تحلل المادة العضوية.

تختلف كمية المادة العضوية اختلافاً كبيراً بين أنواع الأراضى المختلفة، فبينما قد لاتتجاوز الآثار في الطبقة السطحية لبعض الأراضي المعدنية قد تصل إلى ١٥% في بعض الأراضي وتحت ظروف خاصة.

بصورة عامة نجد أن الأراضي خشنة القوام تحتوي على كمية من المادة العضوية أقل من الأراضي الناعم القوام نظراً لأن كثافة النباتات النامية في الأراضي خشنة القوام أقل وتهويتها أحسن لأكسدة المادة العضوية السريعة ورشحها أسرع كما هو عليه في الأراضي الرملية القوام.

ومن ناحية أخرى تزداد كمية المادة العضوية كلما زاد معدل الأمطار السنوي في المنطقة وذلك لزيادة النمو النباتي بزيادة معدل الأمطار، لهذا فكمية المادة العضوية تكون قليلة في أراضي المنطقة الرطبة. كما أن انخفاض درجة الحرارة يساعد على تراكم المادة العضوية في حين أن ارتفاع متوسط الحرارة يقلل كميتها في التربة. ويرجع ذلك إلى أثر الحرارة في زيادة سرعة التفاعلات الكيماوية والبيولوجية الحادثة عند تحلل المادة العضوية. إلى جانب ذلك فإن الأراضي سيئة الصرف تكون بصورة عامة عالية الاحتواء على المادة العضوية والنتروجين إذا ماقورنت بالأراضي جيدة الصرف ولاشك أن قلة التهوية في الأراضي السيئة الصرف هي المسؤولة عن تراكم المادة العضوية والنتروجين فيها. ولابد هنا من ذكر أثر الحراثة وانجراف الطبقة السطحية سواء بالماء أو الرياح على كمية المادة العضوية إذ تقل المادة العضوية في الأراضي المحروثة بحوالي ٣٠-٦٠% منها في الأراضي غير المعرضة لعمليات الحراثة كأراضي المراعي والغابات كما أن انجراف التربة السطحية من شأنه أن يزيل نسبة كبير ة من المادة العضوية المتراكمة في هذه الطبقة السطحية.

دور الكائنات الدقيقة فى تحلل المخلفات

Role of Microorganisms in the Decomposition of Residues

تحلل المخلفات:

المسؤل المباشر عن تحلل المخلفات العضوية هو الفطر والبكتريا الغير متحوصلة والتى تستعمل المواد السهلة التحلل مثل الكربوهديرات البسيطة والأحماض الأمينية والبروتينيات البسيطة ثم تنشط البكتريا المحللة للسليولوز التى تستخدم مركبات كربوهيدراتية أخرى غيربسيطة وذلك فى الأطوار الاولى من تحلل المخلفات العضوية . وفى نهاية التحلل تكثر مجموعة الاكتينوميستس وذلك لقدرتها على استعمال مركبات حديثة التكوين من المواد الدبالية.

تفقد الأنسجة تماسكها وتنقص المخلفات فى حجمها وتصبح أقل ثباتاً نتيجة لنشاط الكائنات الدقيقة المختلفة مما يؤكد تحول المخلفات إلى النواتج النهائية (CO_2, O_2, H_2O, NH_3, NO_3). وخلال عملية التحلل تصبح المخلفات ذات لون بنى وبعد وقت معين وعند وجود كمية من الرطوبة يتكون سائل بنى يحتوى على المواد الدبالية. ويتوقف سرعة تغير المخلفات وتكون المواد الدبالية تحت ظروف معينة على درجةالحرارة والرطوبة والتركيب الكيميائى للمخلفات.

وبتتبع التركيب الكيميائى لنواتج التحلل بما تحتويه المادة الأصلية للمخلف العضوى لوحظ أن نسبة النشا والسليولوز والهيميسليولوز تقل كثيرا بينما تزداد نسبة

البروتين واللجنين. وعند حساب مستوى الفقد فى هذه المواد وجد أن الفقد كان منخفض بالنسبة للبروتين والهيموسليولوز كنتيجة لتكون هذه المواد فى الخلايا الميكروبية، بينما كان الفقد أكبر ما يكون بالنسبة للنشا والسليولوز. وكان اللجنين أكثر المركبات ثباتاً.

يتضح من السابق أن المخلفات تتحلل إلى نواتج أولية بواسطة الأنزيمات التى تنتج بواسطة الكائنات الدقيقة، وتلك النواتج أما أن تمتص بواسطة الميكروبات أو تتأكسد بواسطتها لتحصل على الطاقة. ونتيجة هذا النشاط على المخلفات ينطلق فى النهاية الكربون والمغذيات النباتية الأخرى كما أن جزء منها يحدث له تثبيت(Immobilization)مؤقتاً ليكون خلايا ميكروبية جديدة.

مصدر المادة العضوية:

المادة العضوية في التربة تعبر عن كل المواد النباتية والحيوانية الناشئة في التربة أو التي أضيفت إليها بغض النظر عن مراحل التحلل التي وصلت إليها، فهى تشمل اجزاءالنباتات المختلفة التي تترك في التربة أو تطمر فيها بالعمليات الزراعية وكذلك أجسام الحيوانات المختلفة كالديدان والحشرات وفئران الحقل وفضلاتها وكذلك الكائنات الحية الدقيقة الموجودة في التربة .وبذا تشمل المادة العضوية في التربة كل من الجزء المتحلل نسبياً والجزء الغروي الذي بلغ مرحلة كبيرة من التحلل وأصبح يساهم في خواص التربة الفيزيائية والكيميائية وبالتالي في إنتاج المحاصيل.

التركيب الكيميائي للمادة العضوية:

تتركب المادة العضوية من شقين هما المادة جافة والماء ويمثل الماء حوالي ٧٥٪ أو أكثر من تركيب الأنسجة، أما المادة الجافة فهي تتركب من كربون وأوكسجين وهيدروجين ونتروجين وعناصر معدنية أخرى. والتركيب الكيميائي لبقايا المواد النباتية الجافة والتي تمثل منشأ المادة العضوية في الأراضي معروف ويمكن تقسيمه إلى ثلاثة أقسام رئيسية:

١- السكريات العديدة Polysaccharides
٢- اللجنين Lignin
٣- البروتينات Protein

أولاً : السكريات العديدة Polysaccharides

و تشتق جزئياتها من بلمرة Polymerization عديد من السكريات البسيطة أو السكريات الأحادية Monosaccharides ومن أمثلة هذه الوحدات البسيطة في الأراضي السكريات الآتية : جلوكوز، مانوز أرابينوز ، ريبوز ،زايلوز ، جلوكوسامين ، والجالاكتوسامين، حامض جلوكويورونيك حامض الجالاكتويورونيك وغيرها، وحيث تمثل قسم كبير من الكربوهيدرات الطبيعية.

وتضم السكريات العديدة:

أ- **السيليوز** : Cellulose وهويتركز في جدر الخلايا، ويتركب السيليلوز من وحدات الجلوكوز مرتبطة مع بعضها في سلاسل طويلة ومستقيمة بواسطة B.Linkageعند ذرة الكربون رقم ١،٤ في جزئي السكر. ويتراوح عدد جزئيات السكر في جزئي السيليلوز مابين ١٤٠٠-١٠٠٠٠ جزئي ويختلف باختلاف نوع النبات كما يتراوح الوزن الجزيئي للسيليلوز مابين ٠٠٠ ٢٠٠ إلى ٠٠٠ ٢٠٠٠. ويعتبر السليلوز من الكربوهيدرات شديدة المقاومة للتحلل بواسطة الأحياء الدقيقة، والأنزيمات ويتوقف تحلله على الكثير من العوامل البيئية مثل الحرارة ، التهوية، الرطوبة، pHوالمحتوى النتروجيني ونسبة اللجنين الموجودة.وهو مكون كربوني رئيسي لمعظم النباتات الراقية وربما يعتبر أكثر المركبات العضوية انتشاراً في الطبيعة.

ب- الهيمسليلوز: يتحلل أولا الهيمسيليلوز في الأرض بمعدل سريع ثم يبطأ هذا المعدل ربما كنتيجة لعدم تجانس تركيبه. إلا أنه في الأيام الأولى من التحلل يكون بمعدل أسرع من السيليلوز. وهو يعتبر قسم من السكريات العديدة عديمة الذوبان في الماء وعند تحللها مائياً بالحامض المعدني الساخن المخفف تعطي سكريات سداسية Hexoses وسكريات خماسية Pentoses وغالباً ما تعطي حامض اليورونيك Uronic Acid

جـ- النشا : Starch يتكون من تكاثف السكريات السداسية Hexoses Sugarsوالنشا النباتية تحتوي على مجموعتين أحدهما تسمى الإميلوز Amyloseوهي عبارة عن بناء مستقيم مكون من ٢٠٠-٥٠٠ وحدة جلوكوز والثانية تسمى الاميلوبكتين Amylopectin فالجزيء مكون من ترابط جزئيات الجلوكوز إلا أن هناك سلاسل جانبية Side chains. والتحلل البيولوجي للنشا سريع جداً بالمقارنة بالسيليلوز والهيمسيليلوز. ويأتي في المرتبة الثانية بعد

السيليلوز كعديد سكر، وهو يعتبرفي النبات مخزناً للكربوهيدرات ويوجد بكميات كبيرة في الأوراق حيث تتم عملية التمثيل الضوئي.

د -المواد البكتينية : Pectic substances تتكون المواد البكتينية من سكريات عديدة معقدة مكونة من وحدات من حامض الجالاكتويورونيك Galacturonic acidوهناك ثلاثة أنواع من المواد البكتينية هي:

١- البروتوبكتين Protopectin وهو أحد مكونات جدار الخلية وهي مواد غير ذائبة في الماء.
٢- البكتين :Pectin وهو يتكون من بلمرة جزيئات حامض الجالاكتوريورونيك وهو ذائب في الماء.
٣- الأحماض البكتينية : Pectic acides تتحلل المواد البكتينية بسهولة بواسطة الأحياء الدقيقة وهو أيضا ذائب في الماء. وهو عبارة عن عديد من حامض الجالاكتويورونيك ، ويختلف عن البكتين في عدم احتوائه على روابط الميثيل ايستر.

هـ- الكيتين (Chitin): من أكثر السكريات العديدة شيوعاً يحتوي في تركيبه على وحدة السكريات Amino sugar وهو مكون بنائي يعطي القوة الميكانيكية للأحياء الداخل في تركيبها وينشأ الكيتين في الأراضي من بقايا الحشرات التي تقضي جزءً من أو كل دورة حياتها في الأرض كذلك ينشأ من أنسجة الفطريات التي يشكل الكيتين جزءً كبيراً من تركيبها. والكيتين عديم الذوبان في الماء والمذيبات العضوية والقلويات المركزة أو الأحماض المعدنية المركزة. ويتركب الكيتين من سلاسل طويلة من وحدات

N-acetylglucosamine

ثانياً – اللجنين Lignin :

يعتبر المكون الثالثة من ناحية انتشاره كمكون لأنسجة النبات بعد السيليلوز والهيمسيليلوز، وتحلل اللجنين ميكروبيولوجيا لازال من الموضوعات الغير محسومة حتى الانً وترجع الصعوبة في ذلك إلى ثلاثة أسباب هي:

١- تعقيد التركيب الكيميائي لجزيء اللجنين.
٢- صعوبة التعرف عليها كيماوياً أو بالطرق الكيميائية المعروفة.
٣-صعوبة عزله كيميائياً لاستعماله كوسط لنمو الأحياء الدقيقة.

يحتوي جزيء اللجنين على ثلاثة عناصر فقط وهي الكربون والايدروجين والأوكسجين إلا أن تركيبها حلقي Aromatic وليس كما هو الحال

في السيليلوز والهيمسيليلوز. ويختلف اللجنين في تركيبه وخواصه من نبات إلى آخر وحتى في نفس النباتات تبعاً لعمره ومن ثم فإنه ليس له تركيب محدد.

ومن الخواص المميزة جداً في اللجنين هو مقاومته للتحليل الأنزيمي ويتم تحلل اللجنين في وجود أو غياب الأكسجين إلا أن معدل التحلل في الحالتين أقل كثيراً من معدلات السيليلوز والهيمسيليلوز والمركبات الكربوهيدراتية الأخرى. ونظراً للزيادة في نسبة المواد الحلقية Aromatic فيبدو أن المواد اللجنينية لها أهمية خاصة في تكوين الدبالHumus . واللجنين يذوب في القلويات ولكنه عديم الذوبان في الماء الساخن والمذيبات العضوية المتعادلة .

ثالثاً: البروتينات Proteins :

هى من المواد الأساسية المحتوية على نتروجين وتتكون من ارتباط وحدات بنائية هى الأحماض الأمينية Amino Acids ويتراوح وزنها الجزيئي بين بضعة آلاف إلى العديد من الملايين. والأحماض الأمينية الداخلية في تركيب البروتينات هي من نوع L– Amino Acid وتنقسم الأحماض الأمينية إلى ثلاثة أقسام هي:

١- المجموعة الحلقية Aromatic Amino Acids مثل : فينيل ، الانين، تيروسين.

٢- المجموعة الأليفاتية Aliphatic Amino Acids مثل: جلايسين، ألانين ، فالين ، ليوسين، سيرين ، سيستين ، ميثيونين، لايسين.

٢- مجموعة Heterocyclic Amino Acids مثل : البرولين والهيدروكسي برولين.

وتؤثر معادن الطين على معدلات تحلل البروتين تأثيراً كبيراً وذلك لقدرتها على امتصاص Adsorption البروتينات وكذلك الأنزيمات الفعالة في هدمها وتحللها.

ويدخل في تركيب المادة العضوية الجافة أيضاً بعض الأحماض العضوية مثل الاوكساليك الستريك والماليك كما يدخل في تركيبها بعض الأملاح مثل كاتيونات الكالسيوم والمغنسيوم والبوتاسيوم والحديد وأنيونات الكلوريد و الفوسفات والسيليكات والسلفات وتختلف نسبة المركبات الداخلة في تركيب المادة العضوية حسب طبيعة المادة العضوية.

ونسب هذه المركبات العضوية والحيوية في المواد النباتية كما يلي:

تتراوح نسب الكربوهيدرات، النشويات والسكريات حوالى من ١ – ٥ % والسيليلوزمن ٢٠ – ٥٠ % والهيمسيليلوز من ١٠– ٢٨ % والبروتينات البسيطة والمعقدة من ١ – ١٥ % واللجنين من ١٠– ٣٠ % واخيرا فان الزيوت والشموع والتانينات والمواد الملونة من ١ – ٨%.

العوامل التى تؤثر على تحلل المخلفات العضوية

أى عامل يؤثر على نشاط ونوع الكائنات الحية الدقيقة الموجودة في التربة سوف يؤثر على تحلل المادة العضوية كما يلى:

١– **التهوية** : يتطلب تحلل المادة العضوية في التربة توفر الأكسجين سواء بالنسبة للكائنات التي تؤكسد المركبات الحاوية على كربون أو المركبات الحاوية على نتروجين أو كبريت أو غيرها.

فالكائنات الحية الدقيقة مثل بقية الكائنات الحية تحتاج إلى الأكسجين لنموها وتكاثرها ، أيضا فإنها تتأثر بتركيز بعض الغازات كالنتروجين وثاني أكسيد الكربون والأكسجين في الهواء الأرضي. وتحتاج هذه الكائنات إلى الأكسجين لعمليات الأكسدة وإلى ثاني أكسيد الكربون كمصدر للكربون في حالة الكائنات الذاتية التغذية وإلى النتروجين في حالة الكائنات المثبتة. لذا فإن مستوى الرطوبة فى التربة يؤثر على مستوى التهوية نظراً لوجود علاقة عكسية بين الهواء والماء الذي يملأ الفراغات المسامية في التربة. فنلاحظ تحت ظروف الأراضي سيئة الصرف أو الأراضي ثقيلة القوام تحدث عمليات الاختزال المختلفة وتتراكم الاحماض العضوية وتعمل على تراكم المادة العضوية بينما تحد تهوية التربة الجيدة من تراكم المادة العضوية حيث تتاكسد المادة العضوية وتساعد على سرعة تحللها كما هو الحال في الأرض الرملية.

٢– **الرطوبة** : الماء ضرورى لكل الكائنات الحية فلاحياة بدون ماء. لذا فالرطوبة من العواملً الأساسيةً التى تؤثر على اعداد ونشاط الكائنات الدقيقة فى التربة ،. وتتحمل معظم الكائنات الحية الدقيقة مجالات كبيرة من تغير الرطوبة الأرضية فتضمن بذلك توزيعها رغم الاختلافات المؤقتة في الرطوبة الأرضية. وعموما فان أنسب كمية من الماء لمعظم الكائنات الدقيقة هي في حدود ٥٠–٧٠% من السعة القصوى لحفظ التربة للماء أي في الحدود التي تتطلبها النباتات لنموها وإنتاجها.

٣- **الحرارة** : درجة حرارة المثلى لنمو معظم الكائنات الحية الدقيقة الموجودة في التربة هي أكبر بكثير من درجة حرارة التربة حتى في فصل الصيف لذلك فمن المتوقع ألا تصل الكائنات الحية الدقيقة إلى أعلى مستوى لنشاطها وبالتالي لاتستعمل إلا جزءً يسيراً من مصادر الطاقة المتوفرة في التربة. ومن المعروف أن الحرارة تحدد سرعة التفاعلات الكيماوية والحيوية الحادثة في التربة إذ أن ارتفاع عشر درجات مئوية في درجة الحرارة من شأنه أن يزيد سرعة التفاعلات الحيوية (البيولوجية) إلى الضعف أو ثلاثة أضعاف ورغم أن أنسب درجة حرارة للكائنات الحية الدقيقة تقع في حدود ٣٥ م° فإن معظم هذه الكائنات تعيش في مدى كبير من الحرارة وتتأقلم مع تغيرات الحرارة التي تحدث في التربة. وتنقسم الكائنات عموما الى مجموعتين هما:

أ- المتوسطة Mesophilic : ومنهاالبكتريا و الاكتينوميسيتس والفطر وتنمو فى مدى من درجة الحرارة من (صفر الى ٥٣-٤٠مئوية). وعند درجة حرارة صفر فان بعض الكائنات قد تموت ولكن معظمها تبقى ساكنة وقد تتحمل هذه الظروف .

ب- المحبة للحرارة Thermophlic: ومنها بكتيريا واكتينوميستس والتى تنمو فى درجة حرارة بين ٤٥- ٦٥ درجة مئوية.

٤- **الحموضة** : لدرجة الحموضة والقلوية في التربة أثر هام على نشاط وغزارة أنواع الكائنات الحية الدقيقة فيها وينعكس ذلك على تحلل المخلفات العضوية، فتفضل البكتيريا والبروتوزوا أن يكون تفاعل الوسطpH بين ٦-٨ بينما يلاحظ أن أعداد الفطريات إلى البكتيريا أكبر في الأراضي الحامضية منها في الأراضي المعتدلة حيث أنواع الفطريات تفضل أن يكون وسط التفاعل pH في حدود ٤-٥. أيضا يبدو أن أنواع الأكتينومايستس تفضل أن يكون تفاعل الوسطpH الذي يعيش فيه بين ٧-٧,٥ . وعليه فإن أنواع الآزوتوباكتر Azotobacter لاتنشط عندما تكون تفاعل التربة pH أقل من ٦ كما أن أنواع بكتيريا النترتة حساسة لدرجات الحموضة العالية . هذا وتعتبر الأراضي المعتدلة أو القريبة منها أنسب الأراضي لنمو ونشاط الكائنات الحية الدقيقة المختلفة.

٥- **الأملاح** : تحتوى التربة على املاح معدنية قد تكون كثيرة او قليلة ولكنها تؤثرعلى نشاط الكائنات الحية الدقيقة بطرق مباشرة وغير مباشرة وينعكس ذلك على تحلل المواد العضوية، فالأملاح المعدنية (المغذيات) تزيد النمو النباتي فتزيد

بذلك كمية البقايا النباتية أو مصادر الطاقة للكائنات الدقيقة وبالتالي يزداد نشاط هذه الكائنات ويعتبر توفر بعض العناصرالغذائية أيضا ضرورى في عمل وتغذية بعض أنواع الكائنات الدقيقة كما هو الحال بالنسبة لبكتيريا النترتة، هذا بالإضافة إلى ضرورة توفر عناصر أخرى كالنتروجين والفوسفور وغيرها لنمو وتكاثر الكائنات الحية الدقيقة بصفة عامة.ولاشك أن زيادة تركيز الأملاح المعدنية في المحلول الأرضي له أثر عكسي وضار على النباتات وعلى الكائنات الحية الدقيقة على السواء.

٦- **نسبة الكربون إلى النتروجين :** تعتبر المادة العضوية مصدراً رئيسياً للنتروجين الذي ينطلق من المادة العضوية على صورة أمونيا ثم تتم أكسدته إلى نترات. ولنسبة الكربون إلى النتروجين او ما يعرف بال C/N ratio أثر محدد في تحلل المادة العضوية وفي إفادة النبات من النتروجين، فيمثل الكربون جزءً كبيراً من تركيب المادة العضوية ويرتبط ارتباطاً وثيقاً بمحتويات التربة من النتروجين. وتختلف هذه النسبة في البقايا النباتية وأنسجة الكائنات الحية الدقيقة فهي في الذرة ٦٠ إلى ١ أو أكثر وفي البقوليات والسماد البلدي بين ٢٠ أو ٣٠ إلى ١ وتتراوح في انسجة الكائنات الدقيقة بين ٩,١-٤ إلى ١ وتكون هذه النسبة في أنسجة البكتيريا أقل منها في أنسجة الفطريات، وتتاثر هذه النسبة ببعض العوامل المناخية مثل الحرارة والأمطار فهي في أراضي المناطق الحارة أقل منها في أراضي المناطق الباردة وهي في أراضي المناطق الجافة أقل منها في أراضي المناطق الرطبة فيما إذا قورنت بمناطق لها نفس متوسط درجة الحرارة في الحالة الأولى ونفس معدلات الأمطار في الحالة الثانية .

وإذا أضيفت إلى التربة أي مادة نباتية فإن سرعة انحلالها تتوقف على نشاط الأحياء الدقيقة، وهذا يتوقف بالتالي على كمية النتروجين المتوفرة. فإذا احتوت المادة النباتية على نتروجين بكمية مناسبة فإن البكتيريا تستفيد منه فى بناء جسمها، أما إذا احتوي على كميات غير كافية من النتروجين فإن البكتيريا تستفيد عند ذلك من النتروجين الموجود في التربة مؤقتاً نظراً لتمثيل الجزء الذائب منه في أجسام الميكروبات أى تتحول الصورة المعدنية من النتروجين الى صورة عضوية فى اجسام الكائنات الدقيقة وتسمى هذه العملية بالتمثيل (Immobilization) والذي ينطلق ثانية بعد موت الميكروبات عند انتهاء التحلل بمعنى تحول النتروجين من الصورة العضوية فى اجسام الكائنات الدقيقة الى الصورة المعدنية بالترب وتسمى هذه العملية بالمعدنة (Mineralization) . فإذا أضيف قش الارز مثلاً

إلى الأرض ونسبة C/N به كبيرة وكانت الأرض فقيرة بالنتروجين فإن الكائنات الدقيقة تستفيد من النتروجين الموجود في التربة فى صورة معدنية فى بناء اجسامها، فإذا زرعت التربة أثناء ذلك تظهر على المحصول المنزرع أعراض نقص النتروجين لان الكائنات الدقيقة استنفذت النتروجين اسرع من جذور النباتات، وللتغلب على ذلك فان من الضروري إضافة النتروجين المعدنى على صورة سماد بحيث يكفي لاحتياجات الكائنات الدقيقة وكذلك للمحصول المنزرع. ومن المرغوب فيه أن تتم هذه التغيرات بالسرعة المناسبة حتى يظل مستوى النترات مرتفع أثناء أطوار نمو النبات. عموماً فإن الأحياء الدقيقة تؤقلم نشاطها بسهولة على المواد النباتية ذات النسبة ١:٣٠ أو أقل . وعندما تكون هناك موارد ذات نسب أكبر من ذلك فإن الكائنات الدقيقة تبحث عن مصدر آخر للنتروجين في البيئة النامية بها أو أن تكاثرها يتحدد بمستوي النتروجين الموجود وبالتالي فإن نشاطها يقل حتى يتم تحلل بعض الخلايا الميكروبية لتشكل مصدراً إضافياً للنتروجين. ولذلك فإن قش الحبوب ذو النسبة ١:٨٠ يتحلل ببطء في المراحل الأولى ويستهلك نتيجة لذلك كل النتروجين الصالح بالأرض وعندما يتحول الكربون الزائد إلى ثاني أكسيد الكربون وبالتالي تقل نسبة C/N فإن بعض النتروجين غير العضوي ينطلق إلى النبات للاستعمال.

والنباتات البقولية بها نسبة C/N Ratio بين ٢٠-٢٥ : ١ وهى نسبة جيدة ولذا عند قلبها في التربة كسماد أخضر فإنها تمد كل من الكائنات والنباتات الحية المزروعة بالنتروجين وكقاعدة عامة فإن المادة العضوية التي تحوي نتروجينً أقل من ١,٥ % فمن المحتمل ألا ينطلق منها كمية نتروجين لذلك الموسم.

ولهذه النقطة فائدة تطبيقية عند عمل السماد العضوي الصناعي Compost من مخلفات المزرعة التي تكون غالباً ذات محتوى ضعيف من الآزوت، فلزيادة سرعة التحلل يضاف إلى المخلفات أسمدة نتروجينية حتى تحصل الأحياء الدقيقة على ما تحتاجه من النتروجين لبناء أجسامها كي تسرع من عملية التحلل ، اى كلما زاد نسبة النتروجين فى المخلف عن ١,٥ % زادت سرعة تحلله فى التربة.ويتضح أهمية نسبة الكربون إلى النتروجين في المادة العضوية في التربة عند إضافة مواد عضوية ذات نسبة عالية من الكربون إلى النتروجين في التربة فيؤدى ذلك الى التنافس على النتروجين بين النباتات والكائنات الحية الدقيقة.

تكون المواد الدبالية وتركيبها فى التربة
Formation of humus and their composion in soil

الدبال : فهو تعبير عن مركب معقد ينشأ من الانحلال التدريجي للمواد العضوية بفضل الميكروبات المختلفة ويتصف الدبال بصفات عامة أهمها:

١- لونه الأسمر الداكن أوالبنى.
٢- قد تبلغ نسبة البروتين فيه أكثر من ١٧%.
٣- يكون مع الماء محلولاً غرويا اى لايذوب في الماء. ويذوب في المحاليل القلوية المخففة بدرجة كبيرة وخاصة بالغليان مكوناً مستخلصاً داكن اللون ويرسب جانب كبير من هذا المستخلص عند معادلته بالأحماض المعدنية.
٤- نسبة الكربون إلى الآزوت ضيقة حتى تصل نحو ١٠:١.
٥- نسبة الكربون فيه أعلى مما يوجد في أنسجة النباتات والميكروبات وتبلغ هذه النسبة عادة مابين ٥٥- ٥٨% ويرجع ذلك لارتفاع محتواه من اللجنين.

تكون الدبال في التربة:

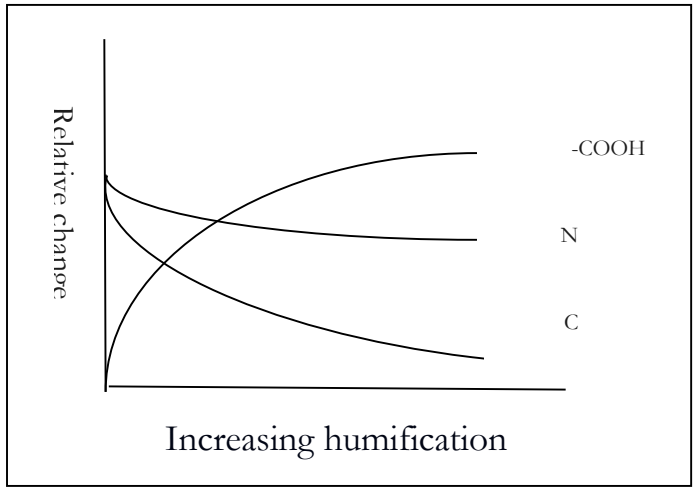
يتكون الدبال نتيجة تحول البقايا النباتية تحت تأثير النشاط الحيوية للأحياء الدقيقة وتشارك هذه الأحياء في جميع مراحل تكون الدبال ويساعد في ذلك العدد الهائل من الأحياء الدقيقة Microflora التي توجد في التربة وتعتبر البقايا النباتية الكلوروفيلية الخضراء المادة الأساسية من حيث الكمية في تكون الدبال، وعمليتى المعدنة Mineralization والتمثيل Immobilization لنواتجهما الوسطية دور اساسى فى تكوين الدبال حيث يحدث لهذه النواتج اما بلمرة Polymerizationاو تكثيف Polycondensation.

المادة النباتية تتكون من عدد من المركبات المختلفة والتي تختلف فيما بينها في التركيب الكيماوي مثل الكربوهيدرات (كالسكريات الأحادية والثنائية المجمعة) والبروتينات واللجنين والدهون والشموع والأصماغ وغيرها من المركبات الأخرى، فالنباتات البقولية تعتبر غنية بالبروتينات ، أما الأشجار فتحتوي على كمية قليلة جداً من البروتين. وتمثل الكربوهيدرات واللجنين الكتلة الأساسية للمادة الجافة في النباتات الشجرية والعشبية .

وتختلف مجاميع المواد الكيميائية المختلفة عن بعضها البعض إلى درجة كبيرة في مقاومتها للتحلل بواسطة الأحياء الدقيقة .فبالنسبة للكربوهيدرات نجد أن سرعة تحللها تقل كلما ازداد تعقيد تركيب جزيئاتها وتترتب حسب سرعة التحلل بالشكل التالي: الجلوكوز – النشا – السليلوز– أما اللجنين فيتميز عن الكاربوهيدرات بكونه ذو مقاومة كبيرة للتحلل. وتحلل البروتينات فى البقايا النباتية يتم بسرعة، ولكن نواتج التحلل تستعمل من قبل الأحياء الدقيقة والتي تقوم بتحليل الكربوهيدرات وتكوين بروتينات البلازما (Plasma) ويطلق على ذلك بالتكوين الجديد. وكنتيجة لذلك فإن نسبة اللجنين والبروتين ستزداد نسبياً في الجزء المتبقي بعد التحلل من المواد النباتية.

خلال هذة العملية يحدث نقص لنسبة الـC/N ، وتحدث زيادة لنسبة الأكسجين فى المادة العضوية من خلال زيادة محتوى المواد الدبالية من المجاميع الكيميائية الغنية بالأكسجين مثل الكربوكسيل، الفينول، الكينون... الخ . زيادة محتوى الدبال من المجاميع العضوية وخاصة المجاميع الحامضية منها(الكربوكسيل والفينول) يعطى المادة العضوية بالأراضى الكثير من خصائصها الكيميائية . إن الارتفاع فى نسبة الجنين والبروتين للمواد المتحللة وكذلك وجود بعض التشابه في تركيبها الهيكلي مع المواد الدبالية كانا أساساً لظهور المفهوم عن الدبال (هيومس) كمعقد لجنو – بروتيني Lingano – protein الذي تكون نتيجة تفاعل اللجنين والذي احتفظ بكيانه أثناء عملية التحلل مع البروتين الجديد لبلازما الميكروبات.

الشكل التالى(١) يوضح التغيرات الحادثة فى التركيب الكيميائى خلال تحول المادة العضوية إلى الدبال .



الشكل (١): يوضح التغيرات الحادثة فى التركيب الكيميائى خلال تحول المادة العضوية إلى الدبال

وتشير بعض الابحاث الى ان الدبال ناتج من الاتزان بين نواتج عمليتى تحلل المكونات النباتية والميكروبية حيث يحدث ربط وتجميع لوحدات نواتج التحلل مثل الكينونات والفينولات والاحماض الامينية والالدهيدات وكذلك المواد المعقدة التى تخلقة من الجزيئات البسيطة بواسطة الكائنات الدقيقة وخصوصا الفطريات وربما ايضا جدر خلايا الكائنات الدقيقة وحيث ان هذه المكونات لها مجاميع نشطة فعالة فبالطبع يحدث بينهم روابط لتعطى فى النهاية مركب معقد ذو بناء ثلاثى الابعاد.

وبالطبع فالدبال لايوجد في حالة توازن (ستاتيكي ثابت Static Equilibrium) بل يوجد في حالة توازن ديناميكي (متحرك) (Dynamic Equilibrium) إذ يتزايد باستمرار ويتغير بسب ورود مواد عضوية جديدة آلية أويتناقض من ناحية أخرى بالانحلال. وعموماً يمكن القول بأن الدبال بمكوناته المختلفة مادة غير قابلة للذوبان في الماء ورغم أن بعضه يصبح في حالة غروية عند إضافة الماء إليه ولكنه يذوب لدرجة كبيرة في محاليل قلوية خفيفة وقد يذوب بعض منه في محاليل حامضية.

نظريات تكون الدبال

هناك نظريات (مسارات) عديدة لتكون الدبال فى الأراضى. يمكن أن ينتج الدبال عن أحد هذه المسارات أو ينتج عنها مجتمعة وهذا يختلف حسب ظروف الأرض والمناخ وطبيعة المادة العضوية وعلى العموم فإن عملية تكون الدبال هى من أقل العمليات المفهومة حتى الآن فى كيمياء الاراضى .

الافتراض الأول وهى النظرية القديمة (والتى لم يثبت صحتها) ان المواد الدبالية تنتج عن تحلل اللجنين نتيجة عمليات أكسدة وعمليات تكثيف. أغلب العلماء اليوم يعتقدون ان هناك مسارين أساسين لتكون المواد الدبالية يدخل فيهما مركبات الكينون Quinones حيث تهاجم الكائنات الحية الدقيقة اللجنين وينتج عن ذلك تكون مركبات عديدة والفينول (Polyphenols) او أن مركبات البولي فينولات تنتج من تحلل المركبات السليليوزية . وتنتج مركبات الكينون من أكسدة البولى

فينول بمساعدة إنزيمات Phenoloxidaze enzyme وينتج عن مركبات الكينون تكون أحماض الهيوميك والفولفيك .
أما النظرية الرابعة فهى تكون البوليمارات المحتوية على النيتروجين من خلال تحولات المواد السكرية والأمينات.

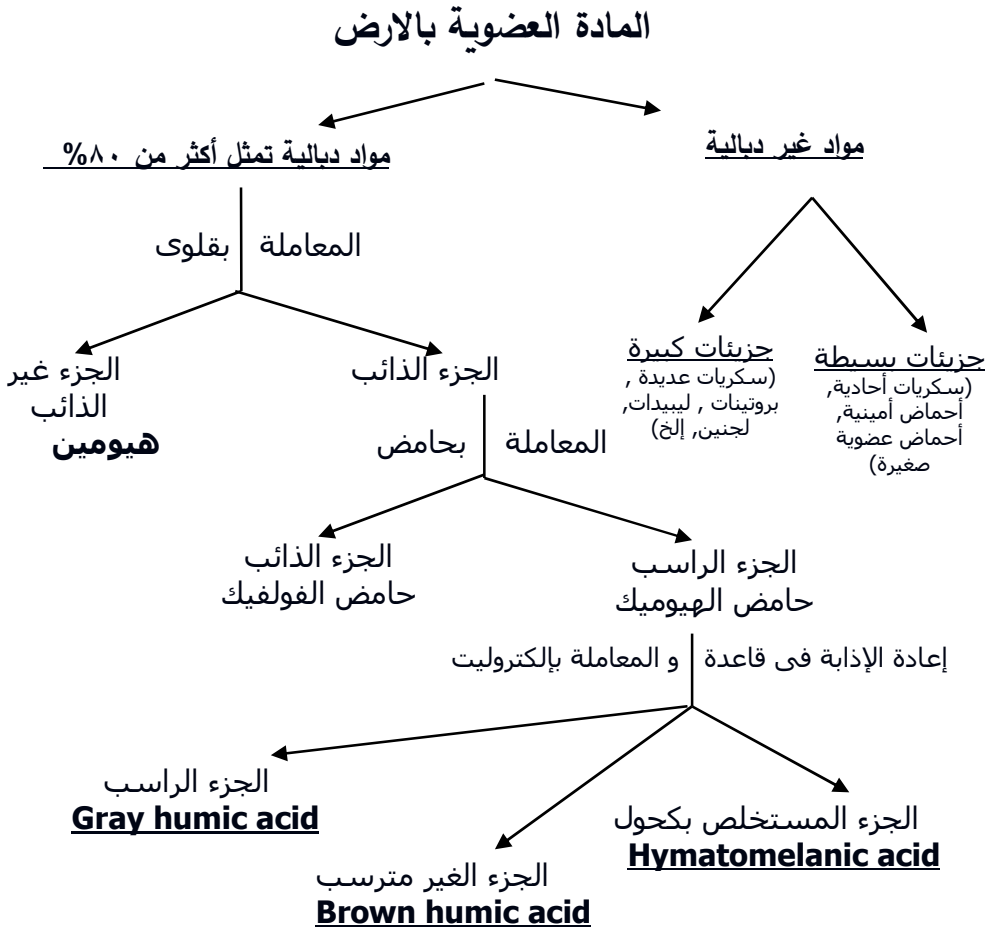
التركيب الكيميائى للدبال فى الأراضى

المركبات الدبالية هى مركبات غير متبلورة تتكون من بوليمارات ذات وزن جزيئى عالى وطبيعة عطرية ويتكون الدبال من مركبات كيميائية غير متجانسة اللون والوزن الجزيئى يتم إستخلاص الدبال من الأراضى باستخدام محلول قلوى من هيدروكسيد الأمونيوم أو هيدروكسيد الصوديوم ٠,٥ عيارى وتنقسم المواد الدبالية إلى مركبات تختلف فى سلوكها بالنسبة للمذيبات كما فى الشكل رقم(٢) ويتكون من حامض الهيوميك والفولفيك والهيومين.

أنواع الدبال :

يقسم الدبال حسب الأساس الذي يعتمد في التقسيم إلى أنواع متعدد كالتالي:

أولاً: حسب تأثير المذيب القلوي (كما هو مفصل فيما بعد بالأحماض الدبالية). عند معاملة المادة العضوية الموجودة في التربة بقلوي مركز ساخن مثل هيدروكسيد الصوديوم (أو أي مذيب آخر) فيلاحظ أن قسماً منها يذوب، بينما يبقى جزء آخر بدون ذوبان. ويطلق على الجزء الذائب والذي يمكن فصله بالترشيح اسم دبال وتبلغ نسبته عادة ٧٥% من الدبال وهو قابل للأكسدة وفعال كيماوياً. أما الجزء غير الذائب ويشكل حوالي ٢٥% من الدبال فيسمى دبال هيومين Huminوهو غير فعال كيماوياً.



الشكل (٢): يوضح طرق استخلاص المواد الدبالية من الأرض

ثانياً:حسب درجة تشبع الدبال بالقواعد

وهو عدة أقسام

١- **دبال مشبع:** يتكون من المناخ الجاف ونصف الجاف وهو متعادل أو قلوي التأثير جيد التهوية فإذا كان الكالسيوم هو الكاتيون السائد سمي بالمول الجيريCalcium Mull .

٢- **دبال غير مشبع:** وهو يتكون فى المناخ الرطب، ومن صفاته أن تحلله ضعيف، حامضي التأثير وهو يقسم إلى قسمين:

أ- إذا تكون تحت غابات ذات أوراق عريضة فيسمى بالمول الحامضي Acid Mullوتكون نسبة الكربون إلى النتروجين بين١: ١٥-٢٠.

ب-إذا تكون تحت غابات الصنوبر فيسمى بالمور Mor ونسبة الكربون إلى النتروجين تتراوح بين١: ٢٠-٤٠.

وهناك نوعاً آخر من الدبال ينشأ على اراضى البودزول العشبية ويسمى Moder وهو عبارة عن نوع انتقالي بين المول والمور. أي دبال متوسط التحلل.

ثالثاً: حسب نوع الأرض ويقسم إلى:

١- **دبال أراضي الغابات:** ونسبة اللجنوبروتين فيه مرتفعة بينما تكون نسبة الكربوهيدرات منخفضة.

٢- **دبال أراضي البراري:** ونسبة اللجنوبروتين فيه منخفضة بينما يرتفع فيه نسبة الكربوهيدرات

أحماض المواد الدبالية وتركيب الدبال:

تلعب الأحماض الدبالية دوراً هاماً في تحديد خواص المادة العضوية وتأثيراتها الطبيعية والكيميائية في الأراضي. وقد أوضحت الدراسات العديدة الخاصة بطبيعة ومصدر وتكوين الأحماض الدبالية إن تلك الأحماض مكونة من هيكل أساسي عبارة عن مجاميع فينولية متكاثفة ومؤكسدة Oxidatively Polymerized- Phenolic unitsوأن الأحماض الأمينية، والببتيدات وبعض المواد العضوية الأخرى مرتبطة بهذه الوحدات الفينولية.

ولأن اللجنينات تتكون من وحدات فينولية وتشكل جزءً كبيراً من تركيب النبات ومقاومة للتحلل ولذلك فإنها عموماًً تعتبر المصدر الرئيسي للوحدات الفينولية والتي منها يتم تخليق الأحماض الدبالية و بالرغم من وجود تشابه لتلك الوحدات في تركيبها باللجنين إلا أنهما يختلفان كثيراً وفي أوجه عديدة وأهم تلك الفروق هي:

١- زيادة نسبة النتروجين في الأحماض الدبالية عنها في اللجنين.

٢- نقص في كمية الوحدات الفينولية الناتجة عن تحلل الأحماض الدبالية عن اللجنين

ويجدر القول أيضاً أن كثيراً من الوحدات الفينولية الداخلة في تركيب الأحماض الدبالية لاتشابه تلك الموجودة في اللجنين ومن ثم فقد اتجه الرأي إلى أنها وحدات تم تخليقها بواسطة الأحياء الدقيقة الأرضية.

والمواد الدبالية عموماً تتكون من عدد من المركبات ذات الأوزان الجزيئية العالية والطبيعية الحامضية وجزء كبير منها يرتبط بمختلف الروابط بجزء التربة المعدني.لذا فإن فصلها من التربة وتجزئتها يجريان بواسطة مختلف المذيبات والتي تقوم بتحطيم هذه الروابط وقبل كل شيء تحرير التربة من الكالسيوم وذلك بمعاملتها بحامض الكبريتيك.أي عملية انتزاع الكالسيوم Decalcination ويمكن وضع مخطط لتجزئة Fractionation المواد الدبالية والمبنى على أساس لون هذه المواد وعلاقتها بالمذيبات كما يلي:

١- احماض الهيوميك Himic Acids
٢- احماض الفولفيك Fulvic Acids
٣- الهيومين

احماض الهيوميك :

احماض الهيوميك هى مجموعة المواد الدبالية التي تستخلص من التربة بالمحاليل القلوية (أو المذيبات الأخرى) ويكون هدا المستخلص فى شكل محاليل داكنة اللون وهى عبارة عن (هيومات الصوديوم والأمونيوم والبوتاسيوم). وهده الهيومات تترسب بالمحاليل الحامضية بشكل راسب جيلي غير متبلور Gel .
وتصنف المواد الهيوميكية كاحماض بسبب وجود مجاميع الكربوكسيل فيها COOH ولمعلقات الاحماض المائية (Water Suspensions) درجة تفاعل (pH) مساوى ٣ .
وإن قابلية هيدروجين المجاميع الكربوكسيلية وبدرجة أقل المجاميع الهيدروكسيلية على التبادل مع الإيونات الموجبة تحدد إلى درجة كبيرة السعة التبادلية الكاتيوني والتى تصل الى ٣٥٠-٤٨٠ ملليمكافىء /١٠٠ جم حامض عند رقم الحموضة المتعادل، ولكن فى الوسط القاعدى حيث تشارك مجاميع الكربوكسيل فى السع التبادلية للحامض تصل الى ٧٠٠ ملليمكافىء /١٠٠ جم حامض.
والتركيب العنصري لاحماض الهيوميك المستخلصة من مختلف الأراضى كما يلى:

كربون	٥٠-٦٢ %	وأكسجين	٣١ - ٤٠ %
ونتروجين	٢- ٦ %	هيدروجين	٢,٨-٦ %

أحماض الهيوميك لاتمثل من الناحية الكيميائية احماض محددة كما أنها ليست ذات تركيب بنائي ثابت ومحدد وهذا يرجف الى التباين في التركيب الكيماوي العنصري لاحماض الهيوميك ، بل إنها مجموعة من المركبات ذات الأوزان الجزئية العالية المتماثلة في تراكيبها وصفاتها. ايضا وجد عند تحليل احماض الهيوميك العناصر التالية: الفوسفور – الحديد – السيليكون – الألمنيوم والكبريت بكمية ١-١٠% اعتماداً على درجة تفاوتها بالإضافة إلى العناصر الرئيسية التالية: كربون، هيدروجين ، نتروجين، أكسجين.

ومن الصفات الطبيعية لاحماض الهيوميك اختلاف حجم دقائقها وعدم تجانسها من حيث تفاصيل بنائها التركيبي، وبسبب هذه الميزات والصفات أصبح تحديد الوزن الجزيئي لاحماض الهيوميك معقد جداً.

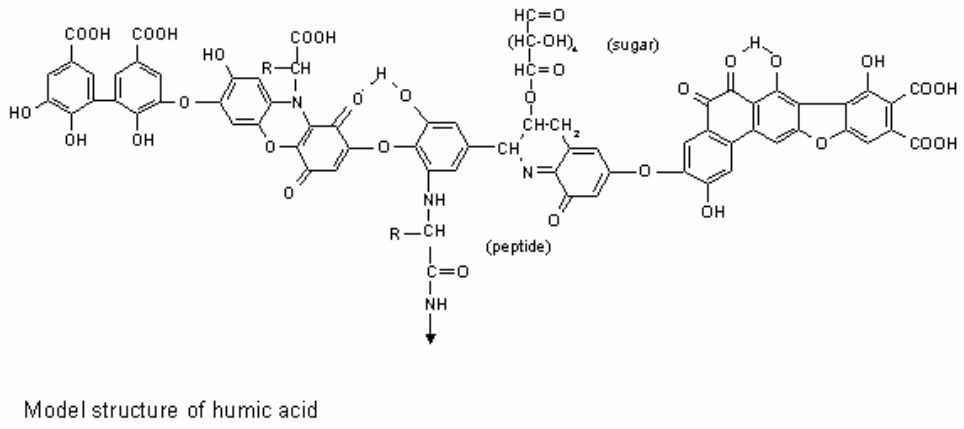
أملاح احماض الهيوميك مع الأيونات الموجبة الثنائية والثلاثية التكافؤ تكون غير ذائبة وتوجد بهيئة جيلGel. بينما أملاح حمض الهيوميك لعناصر القواعد الأحادية التكافؤ مثل البوتاسيوم والصوديوم والأمونيوم والليثيوم تكون ذائبة أو بالأصح ذات انتشارية عالية وتكون محاليل غروية ذات لون داكن من بني فاتح إلى بني غامق إلى أسود تقريباً.

وأحماض الهيوميك فى الغالب قد تكون غير متحركة في التربة حيث ترتبط احماص الهيوميك بالدرجة الأساسية مع الكالسيوم والمغنسيوم لذا تفقد قابليتها على الانتقال في قطاع التربة وتتجمع معظم كمياتها في الطبقات العليا. وتعتبر احماص الهيوميك أهم جزء في الدبال (هيومس) Humus وذلك لأن لها سعة تبادلية كاتيونية عالية ، كما أنها تشارك بدوراً مهم في تكوين وثبات بناء التربة ذوالاهمية من الناحية الزراعة. علاوة على ذلك فأحماص الهيوميك غنية بالعناصرالغذائية حيث أنها تعتبر مصدراً احتياطياً للمواد المغذية للنبات وخاصة النتروجين.

حمض الهيوميك التجارى

إنتشر فى الاونة الاخيرة الاستخدام التجارى لكثير من محسنات التربه والاسمده العضويه المعامله كيميائيا بطرق مختلفه من اجل المساهمه فى تحسين خواص الارض الزراعيه ورفع قدرتها على الاحتفاظ بالماء وكذلك لرفع درجه تيسير العناصر الصغرى بالنسبه للنباتات وكذلك لتحفيز نمو الكائنات الدقيقه .

حامض الهيوميك هو سائل ينتج من تحليل المواد العضويه (Humates) ويحضر صناعيا من مادة تعرف بالليونارديت (Leonardite) ويتواجد حامض الهيوميك فى المخلفات الحيوانية أو فى البيتموس ولكن الليونارديت هو الاكثر ثراء بالهيوميك .
الليونارديت هو ماده خام تستخرج من مناجم خاصه فى اوروبا الشماليه وكذلك المكسيك وبعض الدول الاوروبيه وتقع صفاتها الطبيعيه بين الفحم وماده البيت موس
حامض الهيوميك والمشهور تجارياً بالهيوميك اسيد يوجد طبيعيا فى صوره مؤكسده كما فى الشكل رقم (٣). ويتيح التركيب الكيميائى للهيوميك اسيد بما يحتويه من مجموعات كيميائيه متفاعله مثل (الهيدروكسيل – الكربوكسيل – الكيتون) على الدخول فى كثير من التفاعلات الكيميائيه بالتربة.
ومن اكثر هذه التفاعلات إفاده للنباتات هى إدمصاص الكاتيونات المفيده للنباتات مثل البوتاسيوم والامونيوم والعناصر المغذيه الاخرى بحيث تصبح فى صوره ميسره لامتصاص النباتات .



الشكل (٣): ويوضح نموذج مقترح لحمض الهيوميك

احماض الفولفيكFulvis Acids:

احماض الفولفيك هو عبارة عن المواد الدبالية ذات اللون الأصفر أو الأحمر الخفيف والتي تبقى في المحلول بعد تحميض Acidiflcation المستخلص القاعدي وترسيب احماص الهيوميك منه. واسم حامض الفولفيك مشتق من الكلمة اللاتينية فولفوس (Fulvus) والتي تعني اللون أصفر وكما هو الحال احماض الهيوميك فإن احماض الفولفيك تمثل مجموعة من المركبات ذات الأوزان الجزيئية العالية المتشابهة في بنائها التركيبي.

يختلف التركيب العنصري لاحماص الفولفيك عن التركيب العنصري لاحماض الهيوميك حيث المجموعة الأولى(الفولفيك) تحتوي على نسبة أقل من الكربون والنتروجين ونسبة أكبر الهيدروجين والأكسجين كما هو واضح من نتائج التحليل التالية.

كربون	٤٤ – ٤٩ %	أوكسجين	٤٤–٤٩%
ونتروجين	٢– ٦ %	هيدروجين	٣,٥–٥ %

ونسبة الكربون إلى الهيدروجين C/H لاحماص الفولفيك تكون دائماً أضيق بالمقارنة مع احماص الهيوميك، كما أن نسبة الرماد في احماص الفولفيك يصل إلى ٧–١٠%وتتميز احماض الفولفيك بأنها أكثر حباً للماء Hydrophilic

من احماض الهيوميك بسبب اتساع نسبة المجاميع الأليفاتية إلى المجاميع العطرية فيها حيث تحمل المجاميع الأليفاتية الصفات المحبة للماء بينما المجاميع العطرية فتحمل الصفات الكارهة للماء Hydrophobic ونجد مجاميع الكربوكسيل COOHوالهيدروكسيل الفينولية OH ضمن المجاميع الفعالة في احماض الفولفيك، ودرجة pHلحمض الفولفيك تصل الى ٢,٦–٢,٨. هذا بالإضافة على أن احماض الفولفيك المستخلصة من التربة تحتوي على مجاميع الميثوكسيل OCH_3 وبكميات كبيرة قد تصل الى٪٧-٥ . والسعة التبادلية لحمض الفولفيك المستخلص من اراضى المناطق المعتدلة كانت ٨٠٠–١٠٠٠ ملليمكافىء / ١٠٠ جرام من حمض الفولفيك.

تشير العديد من الابحاث الرابطة القوية بين احماض الهيوميك واحماض الفولفيك وتختلف هذه المجموعة من الاحماض عن بعضها البعض من حيث التركيب العنصري ودرجة انتشارية دقائقها ودرجة تكثفها الضوئية وحساسيتها للتخثر بالإلكتروليتات.

ولقد تبينت إمكانية التحول التدريجي لاحماض الفولفيك إلى احماض الهيوميك والعكس بالعكس أي أنه يمكن اعتبار احماض الفولفيك أشكالاً أولية لاحماض الهيوميك أو نواتج تحطمها.

الهيومينHumin:

الهيومين هو ذلك الجزء من المواد الدبالية الخاصة والذي لايستخلص من التربة بالمحاليل القاعدية حتى بعد تحرير التربة من الكالسيوم.

و يمكن استخلاص الهيومين بصورة كاملة بطريقة المعاملة المتناوبة بالحامض والقاعدة.
والهيومين عبارة عن معقد من المواد الدبالية مشابه للمعقد المستخلص بالقاعدة بصورة مباشرة من التربة المغسولة من الكالسيوم. وترجع اهمية هذه الصورة الى انها غنية بالعناصر الغذائتة الكبرى والصغرى، بالاضافة الى مشاركتها فى تكوين التجمعات الثابتة فى الماء.

كمية الدبال في الأرض:

يوجد الدبال في الأراضي بنسبة تتراوح بين الصفر و ٩٠% وتكون كميته منخفضة في الأراضي الجافة والحارة ، وعالية في الأراضي الرطبة الباردة. وتعتبر الأراضي فقيرة في المواد العضوية إذا قلت نسبة الدبال عن ٣% وغنية إذا احتوت من ٥-١٠% وتعتبر دبالية إذا زادت عن ٢٠% ويوجد الدبال عادة بأعلى نسبة على السطح ويقل تدريجياً في عمق التربة، وهذا التوزيع طبيعي في أراضي المناطق المعتدلة والحارة.

تذكر

- الاسمدة العضوية العامة تمد النبات باكثر من عنصر من العناصر السمادية الاساسية– ومنها السباخ البلدى والسماد البلدى الصناعى وسماد قمامة المدن والسماد الاخضر وزرق الطيور الداجنة والبودريت وسماد المجارى.

-والاسمدة العضوية الخاصة تحتوى على عنصر سمادى واحد فى صورة مركبات عضوية ومنها الدم المجفف ومسحوق اللحم المجفف والقرون والحوافر والصوف والشعر.

- ولحماية موارد البلاد وللمحافظة على البيئة ولفتح فرص عمل جديدة وخلق ابواب للاستثمار كان يجب الاهتمام بالاستفادة من هذه المخلفات بدلا من أن تكون عبء على البلاد.

- تزداد كمية المادة العضوية كلما زاد معدل الأمطار السنوي في المنطقة وذلك لزيادة النمو النباتي بزيادة معدل الأمطار.

- الأراضي سيئة الصرف تكون بصورة عامة عالية الاحتواء على المادة العضوية والنتروجين إذا ماقورنت بالأراضي جيدة الصرف.

- انجراف التربة السطحية من شأنه أن يزيل نسبة كبير ة من المادة العضوية المتراكمة في الطبقة السطحية.

- تتركب المادة العضوية من شقين هما المادة جافة والماء ويمثل الماء حوالي٧٥٪ أو أكثر من تركيب الأنسجة.

- ينشأ الكيتين في الأراضي من بقايا الحشرات التي تقضي جزءً من أو كل دورة حياتها في الأرض كذلك ينشأ من أنسجة الفطريات التي يشكل الكيتين جزءً كبيراً من تركيبها.

- كلما زاد نسبة النتروجين فى المخلف عن ١,٥ % زادت سرعة تحلله فى التربة.

- اللجنين يذوب في القلويات ولكنه عديم الذوبان في الماء الساخن والمذيبات العضوية المتعادلة

- يتطلب تحلل المادة العضوية في التربة توفر الأكسجين

- تحتاج الكائنات الدقيقة إلى الأكسجين لعمليات الأكسدة وإلى ثاني أكسيد الكربون كمصدر للكربون في حالة الكائنات الذاتية التغذية وإلى النتروجين في حالة الكائنات المثبتة

- أنسب كمية من الماء لمعظم الكائنات الدقيقة هي في حدود ٥٠-٧٠% من السعة القصوى لحفظ التربة للماء أي في الحدود التي تتطلبها النباتات لنموها وإنتاجها.

- وعمليتى المعدنة Mineralization والتمثيل Immobilization لنواتجهما الوسطية دور اساسى فى تكوين الدبال حيث يحدث لهذه النواتج اما بلمرة Polymerizationاو تكثيف Polycondensation.

- إن الارتفاع فى نسبة الجنين والبروتين للمواد المتحللة وكذلك وجود بعض التشابه في تركيبها الهيكلي مع المواد الدبالية كانا أساساً لظهور المفهوم عن الدبال (هيومس) كمعقد لجنو – بروتينيLingano – protein

- تعتبر احماض الهيوميك مجموعة المواد الدبالية التي تستخلص من التربة بالمحاليل القلوية (أو المذيبات الأخرى) فى شكل محاليل داكنة اللون.

- احماض الفولفيك هو عبارة عن المواد الدبالية ذات اللون الأصفر أو الأحمر الخفيف والتي تبقى في المحلول بعد تحميض Acidification المستخلص القاعدي وترسيب احماص الهيوميك منه.

- مكن استخلاص الهيومين بصورة كاملة بطريقة المعاملة المتناوبة بالحامض والقاعدة.

- تتميز المادة العضوية بوجود مجاميع نشطة مثل الكربوكسيل والفينول والأمين، وهذه المجاميع تعطى قدر للمواد الدبالية على إدمصاص كل من الكاتيونات والأنيونات من المحلول الارضى لتشبه فى ذلك معادن الطين.

أسئلـة

١- وضح باختصار دور المادة العضوية على النشاط الحيوى فى التربة.

٢- "يلعب الدبال دور هام فى تحسين خواص الأرض الكيميائية" فسر هذه العبارة.

٣- عرف الآتى:

- تجمعات أرضية ثابتة فى الماء.
- القدرة التنظيمية للدبال.
- القدرة التبادلية الكاتيونية للمواد الدبالية.
- الزراعة المستدامة.

الباب الخامس

تكنولوجيا الأستفادة من المخلفات الزراعية والحيوانية

تشمل المادة العضوية بالارض المخلفات والانسجه النباتية والحيوانية غير المتحلله ونواتج تحللها الجزئي والكتله الحيوية بالتربة Soil biomass. عملية تحلل المادة العضوية فى الارض هى عملية أكسده للكربون العضوى بواسطة كائنات حية دقيقة هيتروتروفية التغذية heterotrophic والتى تستخدم الطاقة الناتجة عن عملية الاكسدة فى نشاطها الحيوى وتشمل عملية التحلل كائنات حية دقيقة وكائنات حية غير دقيقة مثل الديدان. نجاح الكائنات الحيه فى تأديه هذه الوظيفه يعتمد على عده عوامل من اهمها نسبه النيتروجين الى الكربون فى هذه المخلفات. ،ولفهم اكثر يجب اولا اخد فكرة مبسطة عن دورة كل من الكربون والنتروجين فى الطبيعة.

دورة الكربون فى الطبيعة Carbon cycle

الكربون هو رابع أكثر العناصر إنتشاراً فى العالم ، وهو عنصر بالغ الأهمية للحياة على كوكب الأرض وحقيقه فإن وجود الكربون من عدمه له بالغ الأثر فى تحديد أصل المادة او الجزئ إذا ما كانت عضويه او غير عضويه . كل الكائنات الحيه تحتاج الى الكربون إما فى تركيبها او للامداد بالطاقه أو للسببين معاً . كما يتواجد الكربون فى صور مختلفة فمنها الغازى مثل CO_2 أو الصلب مثل الحجر الجيرى والاخشاب والبلاستيك والماس والجرانيت . يتواجد الكربون فى الغلاف الغازى لكوكب الارض رئيسياً فى صوره غاز ثانى أكسيد الكربون CO_2 ورغم انه يمثل نسبه ضئيله (٠,٠٤ %) إلا أن هذه النسبة تلعب دور هام فى الحياه . تغير صوره الكربون وتحركة بين هذه الصور وإنتقاله بين الغلاف الغازى والمحيطات والغلاف الجوى والغلاف الجيولوجى يكون ما يعرف بإسم دورة الكربون دورة الكربون، هى جزء هام من الدورات البيوجيوكميائيه فى الطبيعه . ويمكن تقسيم دورة الكربون الى دوره جيولوجيه ودوره بيولوجيه فبينما تستغرق الاولى ملايين السنيين فإن الاخرى تستغرق أيام الى آلاف السنين .

الدورة الجيولوجيه للكربون Geological Carbon Cycle

فى الغلاف الغازى Atmosphere يتكون حامض الكربونيك كنتيجة لتفاعل ثانى اكسيد الكربون مع الماء. عندما يصل هذا الحامض الضعيف الى الارض مع

الامطار فإنه يتفاعل مع المعادن الارضية التى تذوب ببطء وتتحلل الى ايوناتها الاصلية فى عملية تعرف بإسم التجوية Weathering هذه المعادن المتحلله تحمل بواسطة ماء المجارى المائيه مثل الانهار وتنتقل الى البحار والمحيطات حيث تترسب كمعادن مثل الكالسيت $CaCO_3$ من خلال عمليات الترسيب المستمرة تتحول هذه الرواسب Sediments الى صخر يسمى الحجر الجيرى Limestone. هذا الكربون المخزن فى أعماق البحار على صورة رواسب و صخور يدفع الى أى أعماق بعيدة داخل الأرض بواسطة القوى التكتونية Tectonic forces حيث تتولد حرارة هائلة ينتج عنها ذوبان الحجر الجيرى وينطلق CO_2 ثانياً الى سطح الارض او الى الغلاف الغازى. هذه العوده تتم إما فى صوره عنيفه فجائية مثل البراكين وأما فى صوره متدرجة كما فى حاله العيون المائية Hot springs الغنيه بثانى اكسيد الكربون. هذه الحركات التكتونية تعرض رواسب الحجر الجيرى المدفونة فى اعماق المحيطات الى سطح الارض وأبسط مثال على هذا قمم جبال الهيمالايا والتى تتكون من مواد كانت مدفونه سابقاً فى قاع المحيطات .

وعلى هذا يمكن القول أن عمليات التجويه – البراكين لها دور كبير فى التحكم فى ثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الغازى .

دورة الكربون البيولوجية Biological carbon cycle

تلعب الكائنات الحية دوراً هاماً فى دورة الكربون وحركتة بين الارض والماء والغلاف الغازى وذلك من خلال عمليتى البناء الضوئى والتنفس. خلال عملية البناء الضوئى Photosynthesis تستغل النباتات الخضراء الطاقة الشمسيه لتحويل ثانى أكسيد الكربون الجوى إلى مواد كربوهيدراتية

$$\text{Energy (Sunlight)} + 6CO_2 + H_2O \Longrightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

وتستخدم النباتات والحيوانات هذه الكربوهيدرات فى عملية اخرى هى عملية التنفس Respiration وهى عكس العمليه السابقة حيث تنطلق الطاقه المخزنة فى المواد السكرية لإستخدامها فى عملية التمثيل الغذائى وينطلق ثانى أكسيد الكربون ثانياً الى الجو.

$$C_6H_{12}O_6 \text{ (organic matter)} + 6O_2 \Longrightarrow 6CO_2 + H_2O + \text{Energy}$$

الجدير بالذكر ان كمية ثانى أكسيد الكربون المستخدمة فى عمليه البناء الضوئى والمنطلقه من النباتات من خلال عمليه التنفس تفوق كمية ثانى أكسيد الكربون

الداخل فى الدورة الجيولوجية بمقدار ١٠٠٠ مرة تقريباً على اساس سنوى مما يدل على أهمية دور الكائنات الحية فى دورة الكربون .

تأثير الانسان على دورة الكربون

Human alteration of the carbon cycle

حديثاً شرع العلماء فى دراسة تركيز ثانى أكسيد الكربون الجوى وكلاً من التغيرات القصيرة المدى والبعيدة المدى فى تركيز ثانى أكسيد الكربون حيث قام العالم شارليز كييلينج (Charles Keeling) "وهو عالم محيطات" بعمل اطول دراسه مستمرة لتسجيل تركيز ثانى اكسيد الكربون فى الغلاف الجوى فى منطقة هاواى . اظهرت النتائج التى تحصل عليها ان الانشطة الانسانيه مثل حرق الوقود الاحفورى وتدمير الغابات قد تسببت فى تغير فى دوره الكربون الطبيعيه حيث إرتفعت نسبة ثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى حيث ان معدل إنطلاق الكربون الى الغلاف الجوى أصبح يفوق معدل إمتصاص ثانى أكسيد الكربون من الغلاف الجوى ، ادى هذا الارتفاع لثانى أكسيد الكربون الجوى الى زيادة قابلية الغلاف الجوى على الاحتفاظ بالحرارة واطلق على هذه الظاهرة الأحتباس الحرارى "الصوبه الزجاجية" (Greenhouse phenomena) . ويعزى العلماء الى هذه الظاهرة إرتفاع درجه حرارة المناخ فى الارض (Global warming) كما يعتقد العلماء ان هذه الظاهرة سوف تتسبب فى ذوبان جليد القطب الجنوبى وبالتالى إرتفاع منسوب البحار والمحيطات وغرق العديد من المدن الساحلية ودلتا الانهار ومنها دلتا نهر النيل هذا غير ان إرتفاع نسبة ثانى أكسيد الكربون له تأثيرات على نمو النباتات . فبعض النباتات تبدى إستجابات إيجابيه لزيادة ثانى أكسيد الكربون عن نباتات أخرى مما يمكن ان يؤثر فى نمط نمو النباتات الطبيعية .

تعتبر هذه الظاهرة تحدياً خطيراً يواجه كافه الامم ولهذا شكل المجتمع العلمى البحثى العالمى ما يسمى بالهيئة الدولية الحكوميه للتغيرات المناخية Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) وقامت العديد من الدول بالتوقيع على بروتكول كيوتو Kyoto Protocol والذى يهدف إلى الحد من الإنبعاثات الغازية. والجدير بالذكر أن الولايات المتحدة الأمريكية والمسئولة عن ربع إنبعاثات العالم الكربونية ماذالت ترفض التوقيع على هذه المعاهدة.

دورة النيتروجين فى الأنظمة البيئية الزراعية

Nitrogen cycle within a farming system

يعتبر النيتروجين احد المكونات الهامة للاحماض النووية RNA، DNA والتى تعتبر الوحدات البنائية للحياة وجميع الكائنات الحية تحتاج الى النيتروجين لتحيا وتنمو. وبالرغم من أن النيتروجين يمثل ٧٨% من مكونات الهواء الجوى الذى نتنفسه إلا ان اغلب هذه الصوره هى صوره غير صالحة للإستغلال بواسطه الانسان او النباتات الارضية حيث يتواجد النيتروجين فى صوره جزىء النيتروجين N_2 وهو غاز خامل (Inert or unreactive) فى الحقيقه حتى تستفيد الحيوانات او النباتات من هذا النيتروجين يجب ان يتحول اولاً الى صوره ميسرة كميائيا (Reactive form) مثل أيون الأمونيوم NH_4^+ او ايون النترات NO_3^- او النيتروجين العضوى.

يوصف تغير صورة النيتروجين وحركته بين الغلاف الجوى والغلاف الحيوى والغلاف الارضى بدورة النيتروجين فى الطبيعة (شكل ٧) فى هذا الإطار هناك خمس عمليات او تحولات هامة يدخل فيها النيتروجين :.

١- تثبيت النيتروجين Nitrogen fixation

٢- تثبيت النيتروجين فى الصورة العضوية Nitrogen immobilization

٣- المعدنة Mineralization

٤- النترتة Nitrification

٥- فقد النيتروجين أو عكس التأزت

Nitrogen loss or Denitrification

أولاً تثبيت النيتروجين Nitrogen fixation :

هى عمليه تحول نيتروجين الهواء الجوى إلى امونيوم وهى عملية اساسية للحياة لانها الطريقه الوحيده الطبيعية التى تستطيع من خلالها الكائنات الحية الحصول على النيتروجين من الهواء الجوى . من امثلة الكائنات الحية المثبته للنيتروجين الريزوبيم. حيث تكون البكتريا المثبته للنيتروجين علاقه تكافليه مع بعض العائلات النباتية مثل البقوليات فيما يعرف بالعقد البكتيرية حيث تحصل البكتريا على الكربوهيدرات وبيئه ملائمة للنمو من خلال العائل بينما يحصل العائل على جزء من النيتروجين المثبت. كما توجد أنواع بكتريا اخرى تعيش فى التربة بدون عائل وتقوم بتثبيت النيتروجين ويطلق عليها Free living bacteria كما تتواجد فى البيئات المائية Aquatic ecosystems بعض الاحياء المثبته للنيتروجين مثل

البكتريا المعروفة بأسم الطحالب الخضراء المزرقة (Cyanobacteria) ولقد أظهرت الدراسات ان النيتروجين المثبت فى البقوليات يحقق فوائد للمحاصيل المزروعة بعد المحصول البقولى حيث أن النيتروجين يفرز من خلال جذور النباتات البقولية (Root exudates) كما أن جذور هذه النباتات المتبقيه فى التربة بعد الحصاد تتحلل فى التربة لينطلق النيتروجين غير العضوى . كما أنه يمكن أن يقلب النبات النجيلى ploughing فى الارض ويسمى هذا التسميد الاخضر Green-manure لتنطلق كميات كبيره من النيتروجين فى الارض يمكن أن تصل الى $Kg\ N\ ha^{-1}$ ٢٠٠ .

بالإضافه الى البكتريا المثبته لنيتروجين الهواء الجوى فإن بعض الظواهر الطبيعية التى ينتج عنها طاقته عالية او شرار كهربائى مثل الرق وحرائق الغابات أو حتى إنطلاق الغازات أواللافا الناتجة من البراكين تتسبب فى تحويل نيتروجين الهواء الجوى إلى أمونيا بطريقة مشابهه لما يحدث طبيعياً بواسطه الكائنات الحية الدقيقة. حيث الطاقه الناجمة عن هذه الظواهر تتسبب فى كسر الرابطه الثلاثية بين ذرتى النيتروجين فى جزىء ال N_2 فتصبح الذرات فى صوره حرة ومتاحه للتفاعل الكميائى وفى الحقيقه فإن إنتشار الصناعه قد ادى إلى مضاعفه النيتروجين المثبت من الهواء الجوى بهذه الطريقه Atmospheric nitrogen deposition فهى تعادل الان فى أمريكا الشمالية وأوربا على سبيل المثال ٥–٢٠ مرة قدر ما كان يحدث قبل العصر الصناعى فى أوربا وأمريكا الشمالية فتصل الكميه الان الى ($Kg\ N\ ha^{-1}\ year^{-1}$ ١٠٠-٢٥) وهى كميه كبيرة نسبياً ولذلك توضع فى الاعتبار عند حساب التوصيات السماديه فى هذه الدول. وقد أظهرت بعض الدراسات) أن ٤٠% من النترات التى يحدث لها غسيل من القطاع الارضى يمكن أن تكون ناتجه من النيتروجين المثبت طبيعيا.

فى القرن الاخير أصبح الانسان مصدر هام للنيتروجين المثبت من الهواء الجوى فالحقيقه فإن الانسان من خلال إضافة الاسمده بالطريقه التى إبتكرها العالم الالمانى Fritz Haber فى القرن العشرين قد ضاعفت من كميه النيتروجين المثبت والتى تضخ سنوياً الى الغلاف الجوى

ثانياً: تثبيت النيتروجين فى الصورة العضوية Nitrogen immobilization

حيث تمتص النباتات وكذلك الكائنات الحيه الدقيقة النيتروجين من التربة فى صورة أيونية NO_3^-، NH_4^+ وتستغله فى بناء الاحماض الأمينية والبروتينات وصور النيتروجين العضوى الاخرى اللازمه لإكمال دورة حياتها وبالتالى يتحول النيتروجين

من صوره أيونية حرة الى صورة عضوية مثبتا فى أجسام البكتريا او النباتات النامية.

ثالثاً: معدنة النيتروجين Nitrogen mineralization
النيتروجين الموجود فى المادة العضوية يتحول ثانية إلى الصورة الغير عضوية عن طريق عملية المعدنة Mineralization أو التحلل decay حيث تقوم الكائنات الحيه الدقيقة المحلله للمادة العضويه (decomposers) مثل البكتريا والفطريات بإستخدام المادة العضوية كمصدر للطاقة حيث تتحول المركبات المعقده مثل البروتين الى مركبات عضويه بسيطه مثل الاحماض الأمينية يلى هذا تحويل المواد العضويه الى أمونيوم ونترات ويلزم لاتمام عمليه المعدنة توافر الاكسجين وإلا أصبحت أكسدة غير تامه ينتج عنها نواتج اخرى غير مرغوبة بيئيا.

رابعاً عملية النترتة Nitrification
يلى عملية المعدنة تحول نيتروجين الاحماض ألامينية إلى صورة أمونيومية . تقوم بعض المجموعات البكتيرية (والتى تستفيد من الطاقة الناتجة عن عملية الأكسدة) بأكسدة جزء من الأمونيوم إلى نترات Nitrification وتتم هذه الخطوة على مرحلتين .
حيث يتأكسد الأمونيوم أولاً إلى نتريت بمساعدة بكتريا النيتروزوموناس ثم تقوم بكتريا النيتروباكتر بتحويل النتريت إلى نترات كما فى التفاعلات التاليه .

$$2\ NH_4^+ + 3O_2 \xrightarrow{\text{Nitrozomonas}} 2NO_2^- + 2H_2O + 4H^+$$

$$2NO_2^- + O_2 \xrightarrow{\text{Nitrobacter}} 2NO_3^-$$

ولهذه العملية إنعكاسات بيئيه كثيرة فمثلاً الأمونيوم ذو الشحنة الموجبة يرتبط بمعادن الطين أو المادة العضوية التى يغلب عليها الشحنة السالبة بينما تكون النترات اكثر عرضة للفقد بالغسيل من التربة وتلويث المياه الجوفية .
وعلى الجانب الاخر فإن الصورة النتراتية تكون هى الصورة المفضلة لكثير من النباتات التى تمتص النيتروجين وهذا أثر إيجابى .

خامساً: عكس التأزت Denitrification
وهذه العملية أيضاً هى عكس عملية تثبيت نيتروجين الهواء الجوى وهى أحد أهم صور فقد النيتروجين حيث تتحول الصور المؤكسدة للنيتروجين مثل نترات ، النيتريت إلى داى نيتروجين أو غاز النيتروجين N_2 وبعض الاكاسيد النيتروجينية مثل ال nitrous oxide (N_2O)، Nitric oxide (NO) وهذه الاكاسيد تدخل ضمن غازات الصوبة الزجاجية greenhouse gas

$$NO_3 ====> NO_2^- ====> NO ===> N_2O ===> N_2$$

وبالتالى تشارك تلك الغازات فى إرتفاع درجة حرارة الارض Global warming وتقوم بهذه العملية بعض أنواع البكتريا اللاهوائية من جنس Bacillus ، Pseudomonas، Thiobacillus

تكنولوجيا معالجه المخلفات العضوية Organic waste treatment

السماد البلدى Manure

يتكون السماد البلدى من روث وبول الماشية والحيوانات الزراعية بإلاضافة إلى الفرشة التى توضع أسفل الماشية والتى تتكون من أحطاب ومخلفات المحاصيل بعد تقطيعها إلى قطع صغيرة مختلطه بالتربة الزراعية . تعتبر مخلفات حيوانات المزرعة مصدر ثمين للعناصر الغذائية وأهمية كبرى حيث أن التسميد بالسماد البلدى يعنى عودة العناصر الغذائية التى تفقدها الارض الزراعية فى إنتاج محاصيل العلف الى التربة مرة اخرى. ويهدف إستخدام السماد البلدى إلى زيادة محتوى التربة من المادة العضوية وتحسين خواص الارض البيولوجية والكيميائية والفزيائيه فهى تمثل مصدر مهم للطاقة للكائنات الحية الدقيقة ومصدر هام للعناصر الغذائية بالتربة .

ويعرف السماد البلدى أيضاً بإسم سماد المزرعة Farmyard manure بينما الجزء السائل يعرف بإسم slurry بعد إضافة السماد كما انه يتوقع حدوث فقد للعناصر الغذائيه خلال فترة تخزين السماد البلدى إما بالغسيل leaching او بالتطاير Volatilization فى صوره أمونيا مثلاً ويعتمد هذا بالدرجة الاولى على الادارة الجيده للسماد البلدى ويمكن ان يصل الفقد فى النيتروجين الى ٢٠% او اكثر بالنسبة او اكثر و ٧% بالنسبة للفوسفور و ٣٥% بالنسبة للبوتاسيوم عند ترك السماد البلدى فى الحقل المفتوح كما هو الحال فى معظم المزارع .

تمثل المادة العضويه الصلبة ٢٠:٣٠ % من تركيب السماد البلدى وتعتبر عملية التحلل سريعة جداً بسبب إرتفاع نسبة النيتروجين.
يحتفظ السماد البلدى بالنيتروجين عندما يحتوى على مواد ذات محتوى كربونى عالى مثل القش او نشارة الخشب ولذلك تستخدم هذه المواد فى الفرشة التى توضع اسفل الحيوانات . يعتبر محتوى الفوسفور فى السماد البلدى ضئيل ولكن إضافة السماد البلدى الى التربه يعمل على زيادة تيسير الفوسفور . تاثير السماد البلدى يدوم فتره اطول فى التربة مقارنة بالكميات المكافئة من الاسمدة المعدنية ويلاحظ تحسين إنتاجية المحاصيل حتى فى المواسم التالية لموسم إضافة السماد البلدى الى الارض .

فقد النيتروجين :
يحتوى الجزء السائل على حوالى ٥٠% من العناصر السمادية ولذلك فإن فقد هذا الجزء السائل يعنى ضياع جزء كبير من العناصر ولذلك فإنه يجب الاهتمام بظروف تخزين السماد البلدى ولذلك يجب ان تكون الحظائر والاسطبلات ذات قاعدة خرسانية . ويحدث الفقد غالباً من تسرب الجزء السائل من ارض الحظيره او خلال تخزين السماد البلدى فى اكوام . يحدث الفقد نتيجة تحول اليوريا الى غاز النشادر التى تتطاير ويزداد هذا الفقد عند إرتفاع درجات الحرارة وعند إرتفاع تركيز اليوريا . إضافة الماء تقلل من تركيز اليوريا وتخفض هذا الفقد . العوامل التالية تؤدى الى زيادة فقد النيتروجين :.

١- إرتفاع درجة حراره الهواء حيث يؤدى الى زيادة معدل التحلل وتطاير الامونيا .
٢- إرتفاع درجه الحراره داخل كومه السماد البلدى .
٣- عندما يجف السماد البلدى يحدث تركيز لليوريا ولذلك عنما يجف السماد البلدى خلال التخزين فإن الامونيا تتطاير بمعدل سريع .

يلاحظ ان الفقد يمكن ان يستمد ايضا حتى بعد اضافه السماد البلدى الى التربه . فى حالة الارض ذات الميل العالى حيث يفقد عن طريق الجريان (Run off) وايضا فى حاله عدم انتظاميه التوزيع ولذلك يجب ان يخلط السماد البلدى جيدا مع التربة .

طرق إضافه السماد البلدى :

أفضل طريقة لاضافه السماد البلدى الصلب او السائل هى بنثره وتوزيعة توزيعاً متجانساً على التربة ثم تقليبه مع الطبقه السطحية للتربة وبهذا يقل فقد الامونيا .
كما ان الجزء السائل من السماد البلدى يمكن تخزينة فى خزانات او احواض خاصة مغلقة حتى يتاح الوقت المناسب لرشة على التربه بواسطه مضخات محملة على الجرار الزراعى كما يمكن حقن الجزء السائل من السماد البلدى داخل الارض ولكن يجب الاحتراس حيث ان الاملاح والامونيا يمكن ان تتسبب فى احداث إضرار للبذور او البادرات المتواجدة بالقرب من منطقه الحقن . يضاف السماد البلدى طبقاً للمعدلات الموصى بها بالنسبة للمحاصيل المختلفة ويلاحظ ان إضافة السماد البلدى فى اول فصل الشتاء يعنى ان التحلل ومعدل انطلق النيتروجين يكون بطيء وبالتالى فإن الكمية المضافه يمكن الا تكون متاحة كلياً للنباتات ويلاحظ ان السماد البلدى مثل اسمدة الامونيا يؤدى الى خفض درجة الpH ولهذا تأثير إيجابى على الارض التى تتميز بpH مرتفعة .

السماد البلدى الصناعى (المكمورة) Composting

عملية الكمر (Composting) هى عملية حيويه تقوم فيها الكائنات الحيه الدقيقة الهوائية بتحويل المواد والمخلفات العضوية مثل مخلفات الحيوانات والانسان والنباتات والورق ومخلفات صناعة الاغذية الى مادة تشبة فى خواصها الهيومس بالتربة . تحدث هذه العملية عندما يتوفر لها الظروف المناسبة مثل توافر الكائنات الحية الدقيقة المناسبة والماء والاكسجين بالتحكم والادارة الجيدة لهذه العوامل يمكن الاسراع فى عملية الكمر والتقليل من فقد العناصر الغذائية . الهدف من عملية الكمر هو إستخدام الكومبوست كسماد عضوى جاهز يقوم بتحصين الخواص الطبيعية والكيميائية الحيوية للارض .

تأثير الكمبوست على الارض والعملية الزراعية :

١- تدوير العناصر الغذائية حيث تعيد المكمورة العناصر الغذائية للتربة والتى قامت النباتات بإمتصاصها من الارض وبذلك تساهم عملية الكمر فى عودة العناصر الغذائية مرة اخرى الى الارض .
٢- تحويل المخلفات العضوية الى مادة عضوية ثانية حتى ينتج عن إضافة المخلفات العضوية الخام الى الارض حدوث نقص فى الاكسجين بالتربة مما يتسبب فى عدم قدرة النباتات عن التنفس .
٣- التخلص من الروائح الكريهه حيث ان عملية الكمر تحول المخلفات العضوية ذات الرائحة الكريهه الى مادة تشبه الهيومس مما ينتج عنه

التخلص من الرائحه الكريهه من خلال الحرارة المتولده خلال عملية الكمر .

٤- القضاء على البكتريا والحشرات الضارة وجذور الحشائش حيث ان الحرارة المتولده عن تحلل المادة العضوية خلال عملية الكمر ينتج عنها قتل البكتريا الضارة وكذلك الحشرات وكذلك يرقات الحشرات الضارة وطبقا لوكالة حماية البيئه الامريكية فإن تعريض المخلفات العضوية لدرجه حرارة تفوق ٥٥م° لمده ثلاثه ايام يكون كافى لقتل البكتريا الضارة كذلك فإن قتل بذور الحشائش يعنى عدم إنتشار هذه الحشائش بعد نشر المادة العضوية وهو ما لا يتحقق فى حالة السماد البلدى او السباخ .

٥- تقليل حجم المخلفات وخاصه المخلفات الغذائية ومخلفات المطابخ والتى تتميز بحجم كبير فإن عملية الكمر تبدو طريقة مثلى للتخلص والاستفاده من هذه المخلفات بدلا من حرقها والذى ينتج عنه اضرار بيئية .

٦- القيام بادوار مضادة للافات الزراعيه والمقاومه الحيوية وقد اثبتت الكثير من الابحاث الحديثه ان إضافه سماد المكموره يكون له تأثير إيجابى على مقاومة النباتات للافات والامراض الزراعية .

لماذا عملية الكمر :

إضافه المخلفات النباتية او الحيوانيه مباشرة الى الارض الزراعية ينتج عنه بعض التاثيرات الغير مرغوبه فمثلاً تقليب كمية كبيرة من المخلفات النباتية فى الارض فإن الميكروبات التى تعمل على تحليل هذه المخلفات فإنها ستنافس جذور النباتات الناميه على النيتروجين وينتج عن هذا التنافس نقص مؤقت فى النيتروجين وضعف لمعدل نمو النباتات كما ان نمو الميكروبات سينتج عنه نقص فى كمية المادة العضوية بالتربة مما ينتج عنه بناء سيء للتربة . بينما إضافه المخلفات العضوية فى صورة المكمورة ينتج عنه تجنب المنافسة على النيتروجين بين الميكروبات والنباتات كما ان اضافه الكمبوست اسهل من إضافه المخلفات الزراعية حيث ان حجم جزيئاته ادق كما انه يعمل على تحسين الخواص الفيزيائية للارض مثل تحسين معدل الصرف وإعطاء الارض قدره عالية على مسك الماء .

الإحتياجات اللازمة لعمليه كمر ناجحة :

يعتمد تحلل المواد العضوية فى كومه الكمبوست على إبقاء وتحسين حيويه الكائنات الحية الدقيقه المحللة . اى عامل يؤدى الى تثبيط نمو الميكروبات فإنه سوف ينعكس بالسلب على عملية الكمر .

يكون الكمر ناجحا عندما يتوافر معدل مناسب من التهوية والرطوبة وكلما كان حجم المخلفات الزراعية اصغر فإن عملية الكمر تكون انجح كما يفضل إضافه كميات من الاسمدة المعدنية والجبس الزراعى لتوفير العناصر الغذائية التى يحتاجها النبات .

مراحل الكمر :

١- دور حرارى معتدل mesophilic

٢- دور حرارى عالى thermophilic

٣- مرحله هبوط النشاط cooling down

٤- مرحله النضج maturation

التغيرات الحيويه والحرارية خلال الكمر :

- حدوث نشاط للكائنات الحيه التى تناسبها درجات الحرارة المعتدله فتحلل المخلفات الى مركبات بسيطة وينتج عن ذلك إرتفاع كبير فى درجات الحرارة وكذلك فى الحموضة نتيجه إنطلاق الاحماض العضويه .

- بعد ٤٠ م تنشط الكائنات المحبة للحرارة ويتوالى إرتفاع الحرارة حتى تصل الى ٦٠ م وعندها تموت الفطريات او ينخفض نشاطها ولكن تنشط البكتريا والاكينوميسيس وفى هذه الحاله تتحلل المواد ذات الوزن الجزيئي الكبير كالنشا والبروتين وينتج عن ذلك ارتفاع رقم ال pH نتيجه إنطلاق الامونيا .

- فى المرحله التالية تنخفض سرعه التحلل ويبدأ نشاط الفطريات مره اخرى لتهاجم المواد السليلوزية .

- تحدث هذه الخطوات بسرعه خلال الاسابيع الاولى لبدء تحلل الكومه اما المرحله النهائية وهى النضج فتستغرق وقتا اطول حيث يتكون الدبال والاحماض الدبالية وتنشط خلال هذه المرحلة الكائنات الدقيقه المنتجة للمضاضات الحيوية وكذلك الكائنات الغير دقيقه مثل النمل والديدان وحيوانات التربة التى تساهم فى عملية التحلل .

الطرق المتبعه لتحضير مكمورة المزرعه .

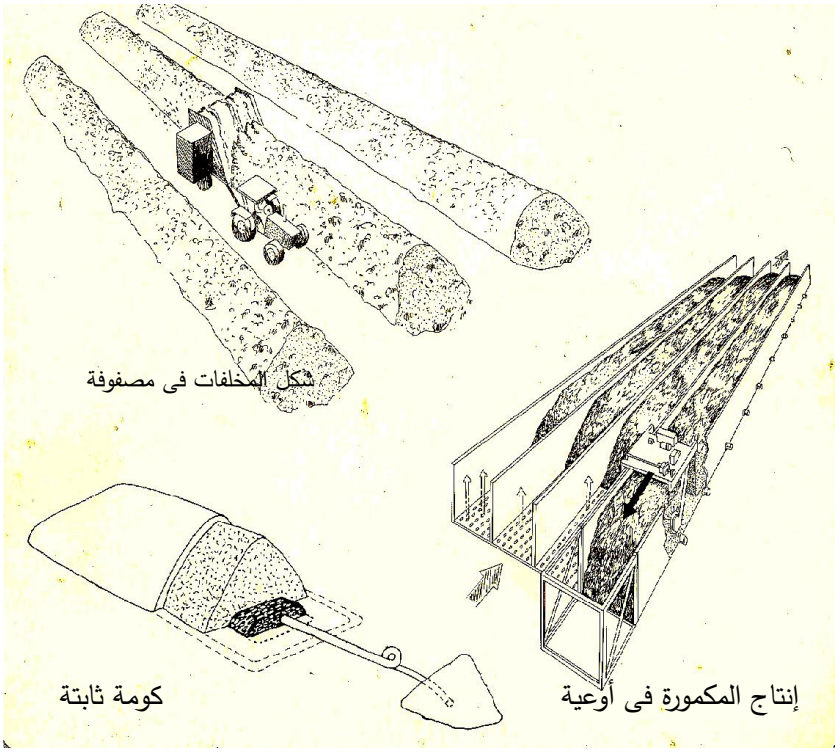
يتم جمع المخلفات الحيوانية والتى تشمل الفرشه والمرتبط بها الجزء السائل ويتم خلط المخلفات الحيوانية مع اى مخلفات اخرى موجوده فى المزرعه مثل مخلفات التقليم فى حاله المحاصيل السيتانية او مخلفات المحاصيل مثل قش الارز وحطب الذرة او اى مخلفات زراعية اخرى يمكن ان تقطع المخلفات النباتية الى اجزاء صغيرة لاسراع عملية نضج المكمورة بأستخدام ماكينات التقطيع كما يمكن إضافه

كمية من كمبوست سابقه التحضير لامداد المكمورة بالكائنات الحية الدقيقة المحللة starters كما يمكن إضافة كميات من سلفات النشادر وسوبر الفوسفات والفلسبار لزيادة محتوى المكمورة من النيتروجين او الفوسفور والبوتاسيوم ويمكن إضافه وإستخدام بعض المخلفات الصناعية مثل مخلفات المجازر او مخلفات الاسماك او مخلفات الصرف .

هناك طرق مختلفه لعمل المكمورة فمنها المكمورة الثابته static pile حيث ترص المخلفات فى كومه على شكل هرمى ويتم ترطيبها بالماء دورياً كل ٣:٥ ايام بالماء.

تجاريا يتم وضع المخلفات فى مصفوفات عرضها من ٣ : ١,٥ متر

ويتم تقليب هذه المصفوفات (شكل ٩) ويتم ترطيبها برش الماء عليها ويتم مراقبه درجه الحرارة للمكمورة كما يتم مراقبه تصاعد غاز ثانى اكسيد الكربون. كما يلاحظ انه يجب تقليب المكمورة دورياً مرة واحدة شهرياً على الاقل لامداد المكموره بالاكسجين اللازم لعملية التحلل.



علامات نضج المكمورة :
تحت الظروف المصرية فإن الكمبوست ينضج خلال ٣:٥ شهور ومن اهم علامات نضج الكمبوست إنخفاض نسبة الC/N حيث تقدر ب ١:١٠ الى ١:١٥ كما يلاحظ انة عند النضج فإن درجه الحرارة للمكموره لاتزيد عن ٣٨م°
كما انة عند نضج الكمبوست ونضج المكمورة لا يمكن تمييز المخلفات التى استخدمت فى تحضير المكمورة حيث يكون قوام الكمبوست هش ومتجانس.

معالجه القمامه و سماد القمامة
القمامه تمثل احد المشاكل القومية البيئيه فى مصر والتى يجب التعامل معها باسلوب علمى وبوعى كامل للإستفاده منها بتحويلها الى اسمده عضويه تستغل فى المجال الزراعى لحل مشكله النقص فى الاسمده . والقمامه تمثل مخلفات المنازل والمصانع والشوارع والمجازر والمستشفيات وغيرها والتى تختلف من حيث النوعيه والمكونات حسب مكان جمع القمامه (مدن _ قرى _ كفور _ مناطق صناعيه _ مناطق زراعيه).

تركيب القمامة
سبق ان اشرنا الى ان القمامه تختلف من حيث مكوناتها حسب المصدر الذى تم جمعها منه والقمامه تشتمل على العديد من المكونات بعضها كبير الحجم او متوسط الحجم وبعضها قد يكون صلب مثل الزجاج والاخشاب والمعادن والبلاستيك والأحجار وبقايا نباتية او حيوانية وبعض مكونات القمامه يكون رخواً مثل الاوراق والبلاستيك والقماش وبقايا المواد الغذائية وبقايا المجازر وغيرها من المخلفات وكميات القمامة تختلف من مدينه الى اخرى والقمامة الناتجه سنوياً من مدينه القاهرة الكبرى تقدر بحوالى ١٢ مليون طن

طرق التخلص من القمامة :
١ _ يتم التخلص من القمامة بأستخدامها فى ردم البرك او المناطق التى يراد دفنها كما هو الحال فى ردم بعض البحيرات وإستخدام القمامة بهذا الشكل وفى صوره مقالب أرضية قد يسبب كثير من المشاكل البيئية .
٢ – قد يتم حرق القمامة فى افران مبطنه بالطوب الحرارى ومجهزة بحيث يمكن إستغلال الطاقة الحرارية الناتجة .

٣ – من الطرق المفيدة للتخلص من القمامة هو تحويل القمامة الى سماد عضوى صناعى وذلك للاستفاده بالمحتويات القابلة للتخمر فى القمامة فتكون مصدراً مهماً للعناصر المغذية اللازمه للنبات فتعمل كمحسن للأرض مما يؤدى الى تحسين إنتاجية هذه الارض .

٤ – قد يتم التخلص من القمامة بدفنها فى الارض (مقالب صحيه) وقد تستغل هذه المقالب الصحية عندما يتم التخمر اللاهوائي للمخلفات العضويه (نباتية او عضوية) فى إنتاج البيوجاز Biogas . والذى يعتبر مصدراً من مصادر الطاقه. وجدير بالذكر ان التخلص من القمامة بتحويلها الى سماد عضوى صناعى وإنتاج البيوجاز هى من الاتجاهات الحديثه لتعظيم الاستفادة من محتويات القمامة لتحقيق افضل عائد إقتصادى بيئى فى وقت واحد .

طرق عمل مكمورات قمامه ومخلفات المدن :

تحويل القمامه الى سماد عضوى صناعى يمكن ان يتم بطرق متعدده تختلف بإختلاف الوحدات التى يصنع فيها السماد والتى تتدرج من الارض الممهده إلى الخنادق والابراج والمصانع الاليه وكذلك بإختلاف خطوات معالجه القمامه مثل الفرز والطحن والتخمر وتجنيس السماد الناتج . وظهرت طرق متعدده لتحويل القمامه الى سماد عضوى صناعى وتختلف هذه الطرق فى ظروف التصنيع وخطواته وطرق عمل الاكوام وفتره التخمر وظروف الانحلال داخل الكومه

وهنا سوف نستعرض طريقه قسم الاراضى والمياه بكليه الزراعه جامعه الاسكندريه فى تحويل مخلفات المزرعه من قش واحطاب وتبن الى سماد عضوى بنجاح فى مده تتراوح بين ١٥ الى ٣٠ يوميا ويتوقف ذلك على فترات التقليب وفيما يلى الخطوات التى اتبعت فى هذه الطريقه:

١– فرز القمامه وعزل المواد غير القابله للتخمر .

٢– تقطيع وطحن القمامه او المخلفات بحيث تكون القطع اقل من ٥سم فى قطرها .

٣– وضع القمامه فى اكوام فى العراء على ارض مدكوكه جيدا بالاسمنت بحيث يكون إرتفاع الكومه لايقل عن ٢ متر ولا يزيد عن ٣ متر وعرض الكومه ٣–٤ متر .

٤– ترطيب الكومه بالماء او سائل الاسطبل اوسائل المجارى واثناء التقليب وضبط الرطوبه بين ٤٠% – ٦٠%.

٥- التقليب لمكونات الكومه على فترات حسب نسبه الرطوبه . تقليب ٥ مرات مره كل يومين اذا كانت الرطوبه ٦٠ – ٧٠ % . وتقليب ٤ مرات مره كل ثلاثه ايام إذا كانت الرطوبه ٤٠ – ٦٠ % .

٦- طحن وسحق السماد الناتج وتعبئته إستعدادا للاستعمال كسماد عضوى فى التسميد .

الاختبارات الطبيعية والكيميائية على السماد الناتج من القمامه:

ا – **اختبارات صحية** : وجود الميكروبات المرضية والطفيليات والحشرات والدباب .

ب – **إختبارات كيميائيه** : لمعرفة القيمه السماديه مثل تقدير NPK – ونسبة C/N – ونسبة الماده العضوية

ج – **تقدير الرطوبه** : يمكن التأكد من ان السماد قد وصل الى مرحلة النضج.

- اذا إنخفضت درجة الحراره طبيعياً الى ^{o}C ٤٠ – ٣٥
- اذا تحول لون الكومة الى اللون البنى الداكن
- اكتساب السماد الناتج لرائحة الارض المحروثه حديثاً
- ان يكون السماد هش سهل التقليب

تركيب سماد القمامة :

يختلف التركيب الكيماوى لسماد القمامة تبعاً لعدة عوامل اهمها طبيعة القمامة الخام وطريقة تخميرها وعموماًالجدول ( ) يبين حدود التركيب الكيميائي لمعظم أنواع الأسمدة العضوية الناتجة من القمامة مقارنة تركيبه مع السماد البلدى.

حدود التركيب الكيميائي لمعظم أنواع الأسمدة العضوية الناتجة من القمامة

الجدول التالى( ) يوضح مقارنة بين العناصر المغذية بالسماد العضوى الناتج من القمامة والسباخ البلدى .

العناصر المغذية	سماد عضوى من القمامة	سماد بلدى
المواد العضويه	٢٨,٧٪	١٠٪
النيتروجين	٢,١٪	٠,٢٥٪
الفوسفور	١,٣٪	٠,٤٥٪
البوتاسيوم	١,٢٪	١,٢٪

المصدر: خليل و أخرون (١٩٩١)

أسمدة عضوية ذات طبيعة خاصة

البييت Peat

هو عبارة عن تراكم لاجزاء نباتية متحلله جزئياً وغالباً ما يتكون فى اراضى المناطق الغدقة ويستخدم البيت اساسياً كمصلح للتربة وكبيئه ملائمه لنمو البذور والبادرات .

اسمدة الاعشاب البحرية او الطحالب البحرية Seaweed (Kelp)

تمتاز الاعشاب البحرية بوجود بعض المركبات مثل Alginate والتى تعمل على تجميع حبيبات التربة كما انها تحتوى على نسب من العناصر الكبرى والصغرى . وقد ذكرت ابحاث حديثة وجود منشطات نمو نباتية فى مستخلصات الاعشاب البحرية حيث ثبت ان محتواها من السيتوكينين يؤدى الى زيادة النمو الخضرى وزياده محتوى البروتين فى القمح . يمكن ان تضاف الاعشاب البحرية الى كومه المكمورة لتنشيط واسراع عملية النضج Activator كما انه يمكن الحصول عليها فى صورة جافة و يمكن استخدامها رشاً على الاوراق وينتشر استخدامها فى البلدان الواقعة على المحيطات وخاصة النرويج التى تشتهر بأنواع مختلفة من الطحالب البحرية التى يمكن أستخدامها فى الزراعة.

الجوانو Guano

وهو عبارة عن مخلفات الطيور البحرية والخفافيش وهو سماد فعال بسبب ارتفاع تركيزة من النيتروجين والفوسفور وخلوه من الروائح الكريهه ويتكون الجوانو من الامونيوم مختلطاً باحماض اليوريك والفوسفوريك والاكساليك بالاضافه الى بعض الاملاح وتركيز عالى من النترات. تتوافر الانواع الجيدة من الجوانو فى البيئات الجافة حيث ان مياه الامطار قد تفقدة محتواه من النترات ومن اكثر الدول التى يتوافر فيها الجوانو البيرو وشيلى. يتواجد الجوانو فى مناجم كما انه قد يوجد فى داخل بعض الكهوف التى تعيش فيها الخفافيش.

سماد الدم المجفف Dried blood (Bloodmeal) :

وهو عبارة عن مخلفات الدم المجففه الناتجة من المجازر ويعتبر من اعلى الاسمده الغير معدنية بالنيتروجين واذا استخدم بتركيزات عالية فانه يمكن ان يحرق الاوراق. سماد الدم المجفف ذائب تماماً فى الماء ويمكن ان يضاف من خلال مياه الرى كسماد سائل كما يمكن إضافته إلى كومة الكومبوست كمنشط. وهو من الاسمدة المسموح باستخدامها فى الزراعه العضوية الا انه لايسمح به كعلف للحيوانات

تحت نظام الزراعة العضوية بسبب الخوف من أنتشار بعض الامراض مثل مرض جنون البقر .
قد تصل نسبة النيتروجين فى سماد الدم الى ١٣ % ونسبة المادة العضوية قد تصل الى ٧٠% .

سماد مسحوق العظام :
هو عبارة عن مخلوط من العظام المتخلفه من المجازر والمسحوقة، تعتبر نسبة النيتروجين فى سماد مسحوق العظام اقل من نسبة النيتروجين فى العظم المجفف ويعتبر هذا السماد سماد فوسفاتى لاحتوائة على نسبه عالية من الفسفور .رتبته السمادية عامة هى ٤ – ١٢– ٠ كما انه يعتبر من أغنى المصادر العضوية بالكالسيوم.

سماد مسحوق الاسماك :
وهو سماد تجارى ناتج عن معاملة الاسماك ومخلفاتها وعظامها ومخلفات صناعه زيت الاسماك لا تقل نسبة النيتروجين الكلى به عن ٥% ولا تقل نسبة الفسفور به عن ١٢%

الصرف الصحى ومخلفات الانسان
تسعى جميع الدول فى وقتنا هذا الى الاستغلال الامثل لجميع المخلفات سواء اكانت عضوية او صناعية فبالاضافه للاثر الاقتصادى لمعالجه المخلفات وإعاده إستخدامها ، يعتبر الاثر البيئى هو الاهم لما لذلك من إنعكاس على حياه الانسان وصحته وصحه الاجيال القادمه . من هذا المنطلق فإن معالجه المخلفات وإعاده إستخدامها ليست رفاهيه ولكنها ضروره ملحه وخاصه للدول الناميه .
ففى مصر على سبيل المثال فإن وزاره الدوله لشئون البيئه قد قامت بوضع برامج متكامله للاستخدام الامثل للمخلفات الزراعيه والتى تصل الى حوالى ٣٠ مليون طن وذلك لتجنب الملوثات الناتجه عن حرقها .

يتم تجميع مياه الصرف الصحي من عدة مصادر ، وتعتمد الكميات التي يتم جمعها من تلك المصادر على المصدر ونوعية نظام التجميع المستعمل فيها . ومن مصادر تلك المياه مايلي:

١. مياه استعمالات الاغراض المنزلية والتجارية وغيرها كالمدارس والفنادق والمطاعم.
٢. مياه الاستعمالات الصناعية.
٣. مياه الأمطار في حالة دمج شبكة المجاري بشبكة تصريف السيول.
٤. المياه المتسربة من عدة مصادر وخاصة الجوفية.

تركيب المياه المستعمله أو العادمة (waste water) يختلف كلياً حسب نوع المدينه (ريف او حضر) وحسب المناخ والعديد من العوامل الاخرى و بصفه عامه فإن اكثر المكونات شيوعا هى :

- الماء ويكون اكثر من ٩٥% حيث اكثر هذه الكميه ناتج عن إستخدام الماء لدفع المواد العضويه الصلبه (كما فى السيفون) .
- الكائنات الممرضه (pathogens) مثل البكتريا والفيروسات والديدان الطفيليه .
- البكتريا غير الممرضه (non pathogens bacteria) وتعدادها اكثر من ١٠٠، ٠٠٠ لكل ١ مل ماء الصرف الصحى .
- الجزيئات العضويه مثل البراز، الشعر، الغذاء، القىء، الياف الاوراق، بقايا نباتيه ، ذبال، إلخ.
- مواد عضويه ذائبه مثل اليوريا، سكريات ناتجه من بقايا الفواكه ، بروتينات ذائبه ، بقايا مواد دوائيه
- جزيئات غير عضويه مثل الرمل ، الحصى ، الجزيئات المعدنيه ، السيراميك ، الخ
- مواد غير عضويه ذائبه مثل الامونيا ، الاملاح الذائبه ، والسيانيد ، كبريتيد الهيدروجين ، الثيوسيانات ، الثيوسلفات . الخ
- مواد ذات اصل حيوى مثل البروتوزوا . الحشرات ، المفصليات ، الاسماك الصغيرة أحيانا
- المواد الصلبه كبيره الحجم مثل المناديل الصحيه ، الحفاضات ، الابر ، لعب الاطفال ، اجساد بعض الحيوانات المتحلله .
- الغازات مثل كبريتيد الهيدروجين ، ثانى اكسيد الكربون ، الميثان .
- المستحلبات مثل البويات ، المواد اللاصقه ، وصبغات الشعر ، الزيوت .
- السموم مثل المبيدات ، السموم ، ومبيدات الاعشاب .

الهدف الرئيسى من معالجه مياه الصرف الصحى هو :

السماح بصرف المخلفات الادميه والمخلفات الصناعيه بدون خطورة على الصحة العامة الى البيئة الطبيعية . والرى بمياه الصرف هو عباره عن :
التخلص من الملوثات وفى نفس الوقت إعاده الاستخدام المفيد للمياه . ولذلك يلزم عمل بعض المعالجات لمياه الصرف قبل إستخدامها فى الاغراض الزراعيه مثل الرى أو المزارع السمكيه
وبالطبع فإن الغرض من إستخدام مياه الصرف هو الذى يحدد درجه المعالجه ونوعيه المعالجه المطلوبه لمياه الصرف . بإستخدام الماء لرى الاشجار الخشبيه يختلف عن إستخدام الماء لرى الخضروات او المزارع السمكيه كما يختلف عن درجه المعالجه إذا ما اريد جعل الماء صالح تماما للشرب.

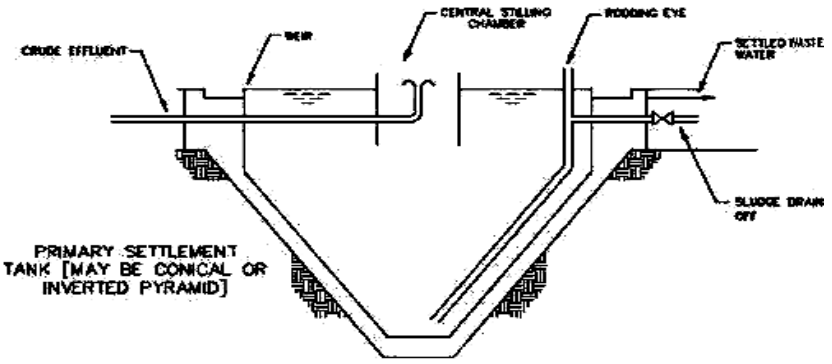
عمليات المعالجة التقليديه لمياه الصرف

تشمل عمليات المعالجة لمياه الصرف مجموعة من العمليات الطبيعيه والكيميائيه والبيولوجيه والتى تهدف الى إزالة المواد الصلبه والمواد العضويه وفى بعض الاحيان المغذيات (nutrients) من مياه الصرف الصحى وعموماً توجد عده مستويات تحدد درجه المعالجه لمياه الصرف الصحى .
فهناك المعالجه التمهيديه ثم الأوليه (preliminary and primary treatment) والمعالجه الثنائيه (secondary treatment) والمعالجه الثلاثيه أو المعالجه المتقدمه (tertiary treatment)
وفى بعض الاحيان يلى المعالجه الثلاثيه معالجه أخيره تهدف إلى قتل الكائنات الحيه الدقيقه المسببه للامراض (pathogens) بشكل نهائى .
المعالجه التمهيديه (preliminary) تهدف الى التخلص من المواد الصلبه الكبيرة (coarse solids) والمواد الاخرى كبيره الحجم التى تكون متواجدة فى مياه الصرف وتشمل عمليه المعالجه التمهيديه المصافى الكبيره (coarse screening) وأحواض حجز الرمال الخشنه كمعالجه أوليه تهدف إلى إزاله الاجسام الصلبه العضويه والغير عضويه القابله للتسريب وكذلك إزاله المواد الطافيه الخبث (scum) وذلك عن طريق القشط ويزال أثناء المعالجه الاوليه حوالى ٢٥-٥٠% من الحمل البيولوجى (BOD_5) ومن ٥٠ – ٧٥% من المواد الصلبه العالقه ، ٦٥%من الزيوت والشحوم وكذلك بعض النيتروجين العضوى والفوسفور العضوى والمواد الثقيله المرتبطه بالمواد الصلبه ولكن المواد العالقه (Colloidal) والمواد الذائبه لا تتأثر . أما السائل المعالج فى أحواض المعالجه الاوليه فيسمى السائل الاولى primary effluent

وتعتبر هذه هى ادنى درجه معالجه حيث يمكن إستخدام هذا الماء فى رى المحاصيل التى لا يستهلكها الانسان . جدول رقم (١٠) يوضح نوعيه مياه الصرف الصحى الخام والسائل الاولى بعد المعالجه الاوليه. لتجنب مشاكل هذه المياه حتى فى رى المحاصيل الغير تقليديه يفضل إجراء المعالجه الاولية حيث يحتجز السائل لمده ٢-٣ ساعه فى احواض الترسيب الاول أو المروقات primary sedimentation tanks وهى احواض مستديره كما فى شكل(١٠) او مستطيله بعمق من ٣-٥ متر. الرواسب (الحمأه الاولى) تزال من قاع الحوض بواسطه كاسحات الحمأه التى تزيح الحمأه إلى بئر مركزى حيث تضخ الحمأه إلى وحدات معالجه الحمأه . يزال الخبث من سطح الحوض بواسطه نافوره من المياه او بوسائل ميكانيكيه الى وحده معالجه الحمأه حيث سياتى ذكر طريقه معالجه الحمأه لاحقاً.

جدول (١٠) نوعيه مياه الصرف الصحى والسائل الاولى (بعد المعالجه الاوليه) :

نوعيه مياه الصرف الخام ملجرام / لتر	الصرف الخام	بعد المعالجه الاوليه
مطالب الاكسجين الحيوى الممتص BOD_s	١١٢	٧٣
إجمالى الكربون العضوى TOC	٦٤	٤٠
مواد صلبه عالقه	١٨٥	٧٢
إجمالى النيتروجين	٤٣	٣٤
إجمالى الفوسفور	١٠,٢	٧
البورون	١,٨٦	١,٥
القلويه – مقيمه ($CaCO_3$)	٣٢٠	٣٣٠



شكل (١٠) يوضح المروقات الاولية

المعالجة الثنائية

وهى تهدف إلى إزالة المواد العضوية المتبقية والمواد الصلبة العالقة المتبقية بعد المعالجة الأولية وتشمل إزالة المواد العضوية العالقة Colloidal القابلة للتحلل البيولوجى Biodegradable من خلال عمليات اكسدة تتم بواسطة أنواع من البكتريا الهوائية Aerobic bacteria التى تعمل على تحلل المواد العضوية فى مياه الصرف منتجة نواتج غير عضوية مثل ثانى أكسيد الكربون والنشادر وغيرها من الشقوق الكاتيونية والأنيونية .

تستخدم عدة طرق للمعالجة البيولوجية والتى تختلف فقط فى طريقة توفير الاكسجين اللازم للكائنات الحية الدقيقة ومعدل تحلل المواد العضوية بواسطة هذة الكائنات وتشمل المرحلة الثانية ايضاً استعمال أحواض ترسيب تسمى المروقات الثانوية وتعمل بنفس طريقة المروقات الأولية. المواد الصلبة البيولوجية الناتجة اثناء الترسيب لهذة المرحلة تضاف إلى الحمأة من المرحلة الأولية .

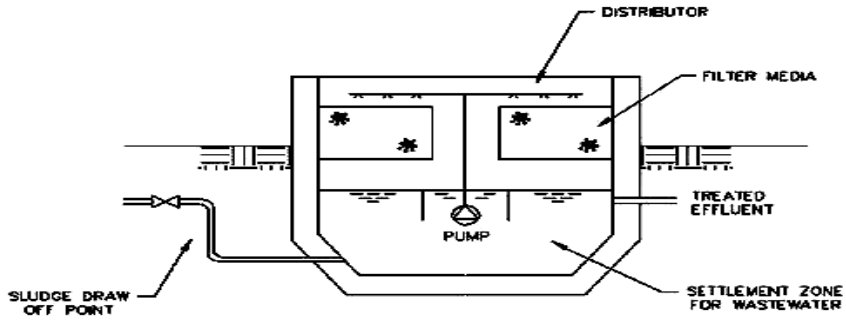
يستخدم مع أحواض الترسيب الثانوية احد طرق المعالجة البيولوجية وأحياناً أكثر من طريقة على التوالى فأحياناً نستخدم المرشحات البيولوجية(Bio filters) يليها الحمأة المنشطة (Activated sludge) وذلك لمعالجة مياه الصرف الصحى المحتوية على تركزات عالية من المادة العضوية من المصادر الصناعية ومن الطرق المستخدمة ايضاً المرشحات الزلطية وحفر الأكسدة والملامسات البيولوجية الدوارة.

وسوف نتعرض باختصار لبعض من هذه الطرق.

١- المرشحات الزلطية Trickling Filters

المرشح الزلط أو المرشح البيولوجى كما فى شكل (١١) Bio Filter يتكون من حوض مملؤ بوسط مساعد مثل الأحجار أو قطع من الخشب أو البلاستيك أو الزلط عند تدفق المياه من خلال الموزعات Distributor فوق الوسط المساعد تلتصق الكائنات الدقيقة بالوسط المساعد فتكون طبقة او غشاء رقيق فتختلط مياه الصرف بهذة الطبقة او الغشاء الرقيق حيث يحدث لها التحولات البيولوجية. يتوفر

الأكسجين من خلال دفع كميات من الهواء الجوى من أسفل أو أعلى الوسط المساعد وذلك لإسراع عمليات الأكسدة.
يتم فصل الحمأة حيث يتم صرفها إلى معالجة الحماة والسائل الناتج يسمى السائل الثنائى .

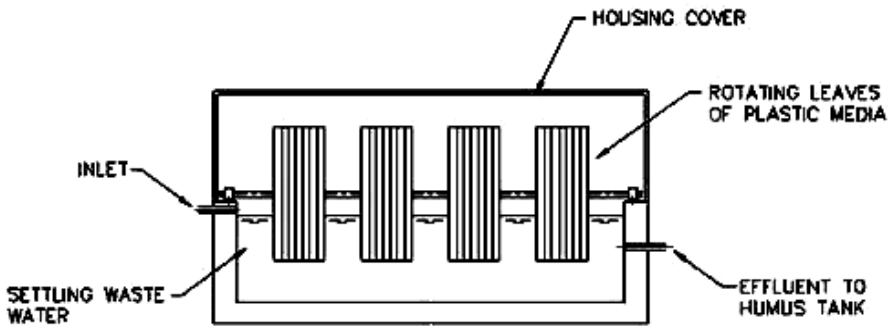


شكل (١١): يوضح المرشح الزلطى

٢- الملامسات البيولوجية الدوارة

Rotating Biological Contactors (RBC)

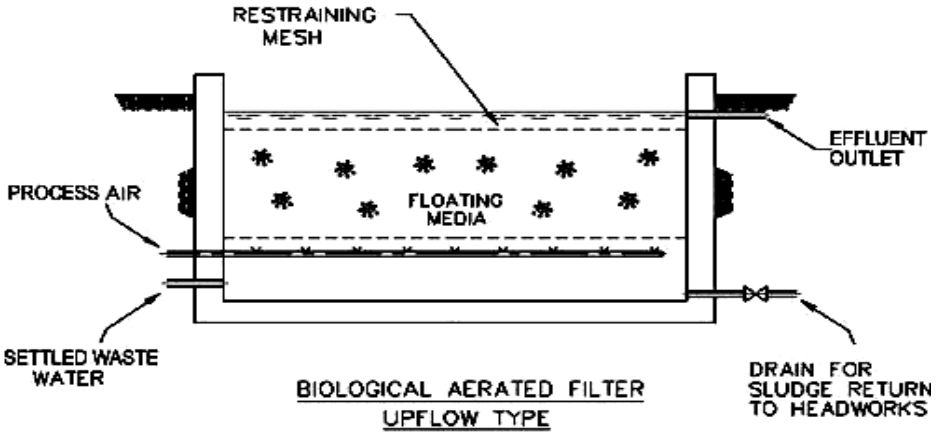
يمر ماء الصرف أفقياً إلى خزان يحتوى على أقراص دوارة تتكون هذة الاقراص من مادة تشابه الوسط المساعد فى حالة المرشحات الزلطية خلال اى وقت من الأوقات يكون ٤٠% من سطح اى قرص مبلل بالماء يمتص ماء الصرف على هيئة غلاف بيولوجى رقيق على سطح الاقراص ثم يعرض إلى الهواء نتيجة دوران القرص كما يحدث انتقال للأكسجين إلى ذات السائل نتيجة الأضطراب السطحى الناتج عن دوران الاقراص كما فى شكل (١٢). من خلال هذه العملية يمكن أزالة ٨٥% من الأكسجين الحيوى الممتص (BOD)



شكل (١٢): **الملامسات البيولوجية الدوارة**

المرشحات الهوائية البيولوجية (Biological Aerated Filtering) (BAF)

وهى طبقة يتكون سمكها من ٣:٢ م من وسط الترشيح(شكل ١٣) والذى يتكون من جزيئات صغيرة فى الحجم وذلك لأعطاء مساحة سطح نوعى اعلى مما يعطى الفرصة لتلامس اكبر بين المواد العضوية والبكتريا المحللة ، يتم ضخ الهواء على صورة فقاعات من أسفل إلى أعلى أما السائل المعالج فيصرف من أعلى الخزان .



شكل (١٣): المرشحات الهوائية البيولوجية

الحمأة المنشطة Activated Sludge

يتم أمداد ماء الصرف بسائل مخلوط يحتوى على نسبة عالية من الأكسجين والكائنات الحية الدقيقة حيث ينبعث هواء مضغوط يعمل على تقليب محتويات حوض التهوية ، يمكث ماء الصرف فى هذا الحوض من ٨:٣ ساعات أو أكثر فى حالة زيادة الحمض العضوى الـ (BOD) فى مياه الصرف . بعد مرحلة التهوية تفصل الكائنات الدقيقة من السائل بالترسيب و السائل الرائق يسمى السائل الثانوى (secondary effluent) جزء من الحمأة البيولوجية تعاد إلى أحواض التهوية للمحافظة على أن تكون المواد الصلبة العالقة مرتفعة فى السائل المخلوط و الباقى يزال إلى وحدة معالجة الحمأة. للمحافظة على ثبات تركيز الكائنات الدقيقة فى الحوض توجد إختلافات فى أساليب معالجة الحمأة المنشطة ، مثل التهوية فى برك الأكسدة وهى عادة ما تستخدم ولكن المبادئ واحدة.

المعالجة الثلاثية أو المعالجة المتقدمة

وهى المرحلة الأخيرة من مراحل المعالجة قبل صرف الماء إلى مكان استخدامه وهناك أكثر من معاملة او عملية تحدث خلال المعالجة الثلاثية ويكون أخرها هو عملية التطهير Disinfection وتشمل المعالجة الثلاثية العمليات الأتية:

١-الترشيح من خلال مرشحات رملية لازالة أى مواد عالقة متبقية كما يمكن أن يستخدم الكربون النشط لإزالة السموم.

٢-ازالة العناصر فيتم إزالة النيتروجين من خلال عملية الاكسدة البيولوجية حيث يتحول نيتروجين الامونيا إلى نتريت ثم إلى نترات التى يتم تدويرها فى غياب الاكسجين المذاب فتختزل بواسطة البكتريا اللاهوائية Facultative Bacteria إلى غاز النيتروجين والذى يتسرب إلى الجو. التخلص من الفوسفور عن طريق تنشيط مجموعة البكتريا المسئولة عن ازالة الفوسفور فيحدث تراكم للفوسفور فى خلايا البكتريا التى تزال مع الحمأة.

٣-التطهير Disinfection ويشمل استخدام طرق مختلفة مثل الأوزون -الكلورة- استعمال الأشعة فوق البنفسجية.

الحمأة Sludge

الحمأة هي المادة الصلبة المترسبة من المياه العادمة في محطات المعالجة أو ما يعرف باللغة الإنجليزية Sludge وتشكل هذه المادة ما نسبته ١% من حجم المياه العادمة وهي مادة عضوية غنية بالعناصر السمادية وتشكل في نفس الوقت هما بيئيا على الدول المعنية بسلامة البيئة كونها من أشد المواد العضوية تلويثا للبيئة بسبب محتواها الكبير من مسببات الأمراض Pathogenic micro organismsكالبكتريا والفيروسات ويرقات الطفيليات المختلفة وعملية معالجة هذه المادة من العمليات المكلفة ماديا لذا تعمد الكثير من الدول إلى طرحها في البحر أو حرقها والقليل من يعالجها معالجة تامة ويعيد استخدامها للزراعة أو توليد الغاز الطبيعي Bio gas

أما في المناطق النائية و التى لا يتوفر لها امكانيات معالجة الصرف الصحى فأنه تتم معالجة الحمأة عبر استخدامها كمصدر للنيتروجين فى الزراعة في تصنيع الكومبوست أو سماد المكمورة.

وحيث أننا نعاني من نقص وأرتفاع أسعار الأسمدة النيتروجينية فإن استخدام الحمأة يقدم حلا مزدوجا لمشكلتي التلوث البيئي وتعويض الأسمدة ناهيك عن كون هذا النشاط يصب في خانة التوجه إلى الزراعة المستدامة Sustainable)

agriculture) الذى هو توجه عالمى فى المجال الزراعى وتستخدم الأسمدة الناتجة من استخدام الحمأة في إنتاج أي نوع من المنتجات الزراعية كونها تامة التعقيم ، إلا أنه ينصح بأن لا تستخدم حاليا إلا لتسميد أشجار الفاكهة كالحمضيات والزيتون ولأشجار الغابات و مصدات الرياح كون التجربة حديثة العهد فى بلادنا مع التأكد من ملائمة الإضافة للقواعد البيئية المعمول بها دوليا".

مخلفات النباتات والتسميد الاخضر Plant residue and green manure

يمكن إضافة المخلفات النباتية مباشرة الى الارض بدلاً من إستخدامها كمكمورة .
الطريقة المعتادة للتسميد الاخضر هى زراعة محصول غير رئيسى ثم قلبه فى التربة قبل زراعة المحصول الرئيسى أو تقليب المخلفات الزراعية الخضراء بالقرب للنبات النامى ولهذا تأثيرات مختلفة على الارض فقد يزداد محتوى الارض من المادة العضوية او يزداد النيتروجين الميسر .
يمكن أيضا للتسميد الاخضر ان يتسبب فى تجميع العناصر الصغرى على سطح الارض ويجعلها ميسرة للنبات القادم حيث تنمو النباتات والتى تستخدم للتسميد الاخضر قبل المحصول المراد زراعته ويحقق هذا عدة أهداف فالنبات المستخدم للتسميد الاخضر يحافظ على العناصر الغذائية من الفقد بالغسيل .
تأثير النبات المستخدم للتسميد الاخضر يعتمد على عمره عندما يتم قلبة فى الارض. عندما يستخدم نباتاً غضاً للتسميد الاخضر مثل الاوراق الخضراء الصغيره فإنه يساهم فى زياده تيسير النيتروجين فى التربه وذلك بسبب قابليه النبات العاليه للتحلل . عند إستخدام مخلفات نباتيه منخفضه النيتروجين وتتمتع بدرجه مقاومه عالية للتحلل فهذا يعنى زيادة محتوى التربه من الهيومس .
الجدير بالذكر أن التسميد الاخضر لا يزيد كثيراً من نسبه الماده العضوية فى التربه مقارنه بالسماد البلدى او المكمورة وذلك لسرعة معدل تحلله. وقد اثبتت بعض الابحاث انه قد يقلل فى بعض الأحيان من المادة العضوية بالتربة من خلال زياده معدل إنتاج ثانى اكسيد الكربون والنيتروجين المعدنى من المواد الدبالية فى الارض .
اكثر النباتات المستعملة فى التسميد الاخضر هى النباتات من العائله البقولية والتى تتميز بقدرتها على زياده محتوى التربه من النيتروجين من خلال علاقتها التكامليه مع البكتريا المثبته لنيتروجين الهواء الجوى . حتى يستفيد المحصول الرئيسى من التسميد الاخضر فإنه يجب ان يزرع مباشرة بعد تقليب النباتات فى التربه حيث ان بروتين النباتات الخضراء يتحلل اسرع من المخلفات النباتية الميته . فإذا زادت

الفتره بين تقليب النباتات فى الارض والمحصول الرئيسى فإنه على النيتروجين الفقد إما بالغسيل وإما بعكس التازت وخاصه فى الارض خفيفه القوام .
إرجاع المخلفات الزراعية للارض الزراعيه هو خطوة مهمه للحفاظ على خصوبه التربة والحفاظ على تيسر الماده العضوية ولا تشمل المخلفات القش فقط ولكن تشمل ايضاً جذور النباتات والمجموع الخضرى غذا كان المحصول غير ورقى لكن يجب ان يتم هذا بحرص شديد حيث أن تقليب مخلفات نباتيه ذات نسبه C/N مرتفعه يمكن ان يؤدى الى حدوث نقص فى النيتروجين الميسر للنبات حيث تثبت الميكروبات النيتروجينيه فى اجسامها مما يؤدى الى حدوث نقص شديد فى المحصول الرئيسى عموماً تتوقف كفاءة المخلفات الزراعية كمصدر للعناصر الغذائيه على توقيت الاضافة – تركيب النباتات – معدل عمليات التحلل . وهذا المعدل يتوقف على نوعيه وجودة المخلفات النباتية المضافه.

استخدام المخلفات الزراعية فى تغطية سطح التربة Mulching

ترك الأرض الزراعية بدون زراعة محاصيل ينتج عنها أضرار وتدهور فى صفات التربة الزراعية ولذلك يفضل تغطية التربة (Mulching) وهناك نوعين من تغطية التربة:

النوع الأول: هو بزراعة محصول غير رئيسى بهدف إلى الحفاظ على الخواص الطبيعية للأرض وحفظ العناصر من الفقد بواسطة عمليات الغسيل (Leaching) أو الجريان السطحى (Run off) ويسمى هذا النوع محاصيل التتغطية أو(Cover Crop) وقد سبق استعراض هذا النوع .

النوع الثانى: هو استخدام المخلفات النباتية مثل قش الأرز والأحطاب الناتجة عن حصاد المحاصيل الحقلية.

حيث تستخدم هذة الوسيلة وخاصة فى حالة محاصيل الفواكه حيث تتم التغطية بين الأشجار كما يمكن أن يستخدم بقايا الخشبية .

التأثيرات الايجابية لعملية تغطية التربة:

١- حماية التربة من التأثيرات السلبية للأمطار فقد أظهرت الدراسات أن الأرض المغطاة يكون لها القدرة على امتصاص الماء من مرتين إلى أربع أضعاف قدرة الأرض غير المغطاة . حيث أنه عند اصطدام قطرات الأمطار بسطح التربة غير المغطاة Bare soil فإنه يكون لها تأثير سلبى على بناء التربة وتدمير تجمعات التربة Soil aggregates كما أنه تتولد كتلة او طبقة تمنع امتصاص الماء داخل التربة وبالتالى يحدث الجريان السطحى.

٢- حماية المحاصيل من التأثير السلبى للصقيع حيث أن تغطية المحاصيل خاصة خلال فصل الشتاء بمخلفات القش يعمل على حماية النباتات من الصقيع ويعمل على تدفئة النباتات. حيث تمتص هذة المخلفات الصقيع بدلاً من النباتات مما يكون له تأثير حاسم على حماية المحاصيل المزروعة.
٣- التقليل من رشح الماء Reducing Water Percolation حيث أن الماء يحدث له رشح سريع خاصة فى الأراضى الرملية الخفيفة القوام وفى الحقيقة فإن تغطية التربة بإستخدام المخلفات النباتية يكون له اثر بالغ على قدرة الأرض على الاحتفاظ بالماء Water Holding من خلال زيادة نسبة المادة العضوية فى الطبقة السطحية للأرض.
٤- التقليل من البخر Evaporation والنتح Transpiration حيث يتم تقليل البخر عن طريق تقليل مساحة التربة المعرضة للهواء البارد كما يتم تقليل النتح من خلال تنظيم درجة الحرارة حول النباتات النامية وتقليل سرعة الرياح حول النباتات.
٥ - مقاومة نمو الفطريات والنيماتوده والحشائش . تغطية سطح التربة بالمخلفات النباتية أو حتى بإستخدام طبقة من البولى ايثلين الأسود يعمل على منع توفير الافادة اللازمة لنمو الحشائش وكذلك يعمل على تعقيم سطح التربة من خلال رفع درجة الحرارة وعدم توفير الافادة اللازمة لنمو الفطريات والبكتريا والطحالب وكذلك أثبتت بعض الابحاث ان استخدام بعض المواد مثل لحاء الاخشاب الصلبة كغطاء للتربة يعمل على مقاومة نمو النيماتودا نتيجة بعض الافرازات الناتجة من لحاء هذة الاشجار ولكن قد يكون لنشر هذة المخلفات وخاصة نشارة خشب أشجار السيدر الأحمر وأشجار الجوز الأسود تأثيرات سلبية إذا ما تم إضافتها بالقرب من النباتات النامية بسبب افراز بعض المواد السامة Toxins

تدوير المخلفات الزراعية

تقوم الدولة ممثلة فى وزارة الدولة لشئون البيئة بوضع البرامج المتكملة للاستخدام الأمثل للمخلفات الزراعية فى مصر وتبلغ كمية المخلفات الزراعية فى مصر حوالى ٣٠ مليون طن سنوياً ،الجدير بالذكر أن تدوير المخلفات الزراعية يحقق أكثر من هدف

أولاً: تجنب الملوثات الناتجة عن حرق المخلفات الزراعية ويأتى فى مقدمتها قش الأرز حيث تصل كمية مخلفات قش الأرز إلى حوالى ٦ مليون طن سنوياً

ويستفيد المزارع منها بحوالى ١٧% فقط وحرق هذة المخلفات بسبب ظاهرة تلوث الهواء الحادة فى مصر
ثانياً: تدوير هذة المخلفات الزراعية يعمل على اعاده استخدام هذة الثروة من المخلفات وتوظيفها اقتصادياً لحل بعض المشاكل الأخرى وكذلك توفير فرص عمل للشباب من خلال المشروعات الصغيرة.

الاستخدامات الاقتصادية لقش الأرز.

١- انتاج السماد العضوى حيث يمكن تدوير قش الأرز لتصنيع السماد العضوى وقد اقامت الهيئة العربية للتصنيع مصنعين بمحافظة الشرقية لانتاج السماد العضوى بطاقة انتاجية ١٦٠ ألف طن بالسنة ويستهلك نحو ٣٠٠ الف طن قش سنوياً وقد أقيمت العديد من مصانع انتاج السماد العضوى من قش الأرز فى العديد من المحافظات.

٢- انتاج الغاز من قش الأرز وقد تم بالفعل تنفيذ مصنعين لانتاج الغاز من قش الأرز يعملان بتكنولوجيا صينية وتم التعاقد على توصيل الغاز الناتج إلى ١٠٠ شقة بواقع ٥٠ منزل لكل من محافظتى الشرقية والدقهلية وتعتمد فكرة توليد الغاز من قش الارز على حرق القش فى محرقة خاصة Incinerator حرقاً كاملاًتحت درجة حرارة ٨٠٠:١٠٠٠°م وينتج عن الحرق تولد غازات الميثان والبروبان بالاضافة إلى أكاسيد الكربون وغازات اخرى وينتج عن حرق ١طن من قش الأرز ١٠ ألاف كالورى ومن مميزات هذة الطريقة انه لا ينتج عنها أى مخلفات أو أضرار بيئية أو أدخنة.

٣- كبس قش الأرز حيث ان أحد أهم المعوقات استخدام قش الأرز هو تكاليف نقله من أماكن الانتاج إلى أماكن الاستهلاك ولذلك فقد قامت وزارة البيئة بالتعاون مع الهيئة العربية للتصنيع بإنتاج مكابس لقش الأرز يمكن توفيرها فى القرى لتسهيل استخدام قش الأرز ويقدر سعر القش المكبوس بحوالى ٨٠ جنيه/للطن.

٤- إنتاج الاعلاف غير التقليدية (السيلاج) حيث يتم تجميع الكميات المتوفره من قش الارز او المخلفات النباتيه الغاضه ويتم تكبيسها فوق طبقه من البلاستيك وكذلك تغطينها بطبقه اخرى من البلاستيك ويتم حقنها بمحلول يوريا . يجب التاكد من إحكام التغليف ومنع تسرب الهواء الجوى تماما حيث يتكون حامض اللكتيك نتيجه تخمر الكربوهيدرات وينخفض رقم الpH الى حوالى ٤٪ – ٣,٥ نتيجه تكون حامض اللاكتيك والذى يكون حوالى ٨:١٢٪ من الوزن الجاف .يضاف المولاس للسيلاج على شكل محلول مائي مخفف وذلك لزيادة نسبه المواد السكريه التى تعمل على زيادة معدل التخمر اللاهوائي وإنتاج حامض

الكتيك المطلوب توفره للسيلاج. عموماً فإن الابحاث ما تزال فى بدايتها فى هذا المجال

اظهرت بعض الابحاث الحديثه إمكانية إستخدام قش الارز فى صناعه الاخشاب الصناعية وقد اقيم لهذا الغرض مصنع بالمنطقه الحرة بدمياط برأس مال يبلغ حوالى ٥٠ مليون دولار امريكى بالتعاون بين وزاره الاستثمار وبعض الشركات العمانية . كذلك اظهرت بعض الابحاث الجديده إمكانية إنتاج الورق الخام والكرتون وورق الباردى من قش الارز .

التنمية المستدامة Sustainable development و الزراعة المستدامة Sustainable agriculture

الاستدامه او ال sustainability هو مفهوم يمكن إستخدامة فى كافة الانشطه والتنمية الانسانية فهناك الاقتصاد المستديم Sustainable economy وهناك التنميه المستدامة Sustainable development وهناك الزراعة المستدامة Sustainable agriculture فماذا نعنى بالاستدامة ؟ لفظيا الكلمة Sustain هى مشتقه من الكلمة او اللفظ اللاتينى Sus وهى تعنى حفظ الوجود او إستمرارية الاداء لوقت غير محدد.

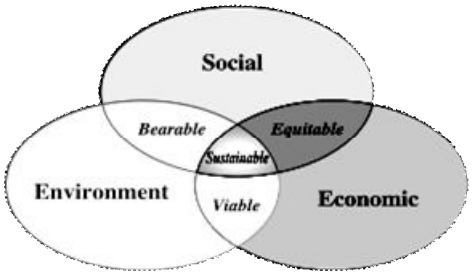
الركائز الثلاثة للاستدامة Three pillars of Sustainability

فى مؤتمر الغذاء العالمى المنعقد فى نيويورك بالولايات المتحدة عام ٢٠٠٥ قرر الحاضرون انه لاطلاق لفظ الإستدامة على اى نشاط يجب ان يتكامل فى هذا النشاط ثلاث خصائص وأطلق عليها ركائز او قواعد Pillars وهى:

اولا : الحفاظ على البيئه Environmental Stewardship

ثانياً : العدالة الاجتماعيه Social justice

ثالثاً : العائد الاقتصادى Profitability



شكل (١٤):الركائز الثلاثة للاستدامة

ويشير الشكل رقم(١٤) الى هذا المفهوم حيث التقاطع بين الدوائر الثلاثه يشير الى منطقه التنمية المستدامة Sustainable development

بالنسبه للزراعة المستدامه Sustainable agriculture فانه يجب ان تتحقق الشروط الثلاثه السابقة فكيف يتحقق هذا. اولاً بالاستخدام الامثل للموارد الطبيعية المتجددة وعدم هضم حق الاجيال القادمه فى الموارد الموجوده حالياً . وفى الحقيقة فإنه يشار الى ان المجتمعات التى تحقق التنمية المستدامة هى المجتمعات التى تستخدم مواردها بطريقة تحافظ على تجدد هذه الموارد وبما لايتعارض مع حق الاجيال القادمة وبما لايعرض النظام البيئي لخطر الأنهيار. يشار الى ان الزراعه المستدامة هى قدره المزرعه على إنتاج الغذاء لوقت لانهائى مع عدم إحداث أضرار مستديمة للبيئه Irreversible damage to ecosystem

تعتمد الزراعة المستدامة على الحفاظ على الحالة الاصلية للارض من حيث غناها بالعناصر المغذيه والمادة العضوية مع عدم الاعتماد على الموارد غير المتجدده مثل الغاز الطبيعى (الذى يستخدم فى صناعه الاسمدة) نظرياً يتحقق ذلك بواسطه :تدوير المخلفات الزراعية وإستخدام مخلفات الإنسان والحيوان .

١. زراعة المحاصيل البقولية مثل البرسيم والتى لها القدرة على المعيشه التكافلية مع البكتريا التى تثبت نيتروجين الهواء الجوى (Nitrogen fixing bacteria) مثل الريزوبيا
٢. إيجاد مصادر متجدده للطاقة الكهربائية النظيفة مثل إستعمال طاقه الرياح أو الطاقه الشمسية
٣. إحداث التكامل على مستوى المزرعة بين الانتاج النباتى والانتاج الحيوانى لما لكل منهما من أثار إيجابيه على الاخر .
٤. توزيع المنتجات الزراعية داخل المزرعة وعدم الاعتماد على صنف واحد حيث ان لذلك نتائج إيجابية عديدة مثل تقليل خطر الإصابة بالامراض والآفات الزراعية ووجود تكامل بين المحاصيل المختلفة وأيضاً هذا يقلل من المخاطر الاقتصادية للزراعة ويعمل على تنويع مصادر الدخل .

تجدر الاشارة الى انه ليست هناك طريقة واحدة للزراعة المستدامة ولكنها يمكن ان تتحقق بطرق مختلفة فى المواقع المختلفة ولكل موقع ظروفه التى تحدد طرق الزراعة المستدامه حسب توفر المصادر الطبيعية و نوع التربة

بالنسبة للعامل الاجتماعى والاقتصادى فيجب ان تحقق الزراعة المستدامة هذه الاهداف :

١. أن تؤمن إحتياجات الإنسان من طعام وآلياف
٢. توفير الدخل الاقتصادى والربحيه للمزارع
٣. تحسين الاحوال المعيشية للمجتمعات الزراعية

٤. الاهتمام بالصحة سواء صحه المستهلك من حيث جوده المنتج الزراعى او صحه المزارع من حيث عدم تعرضه الى الملوثات الكميائية. والجدير بالذكر أن علماء الزراعة فى بحث دائم عن أفضل سبل لتحقيق هذا الهدف وهو الزراعه المستدامة .

مما سبق يتضح أهمية الإستغلال الأمثل للموارد الطبيعية و منها المخلفات الزراعية و الحيوانية لما فى ذلك من أهمية بيئية و أقتصادية و حقيق لمبادئ التنمية المستدامة ولسوف نلقى الضوء على كيفية الأستغلال الأمثل للمخلفات و أهميتها الزراعية و غير الزراعية.

الإستخدامات غير الزراعية للمخلفات الزراعية و الحيوانية

أولاً: الوقود الحيوى Biofuel

ويطلق عليه ايضا الوقود الزراعى حيث تستخدم مواد ذات اصل نباتى فى انتاج الطاقه والجدير بالذكر ان الوقود الحيوى ليس بالشىء الحديث فإستخدام أخشاب الاشجار فى التدفئة مثلا هو عمل قديم وهو احد صور إنتاج الطاقه الحيويه إلا ان ارتفاع اسعار الطاقه وخاصه من المصادر غير المتجدده مثل البترول – الغاز الطبيعى – الفحم دفع دول العالم الى البحث عن مصادر بديله للطاقه وخاصه المصادر المتجدده للطاقه مثل الطاقه الشمسيه وطاقه الرياح والوقود الحيوى. إستخدام هذه المصادر المتجدده يؤدى أيضا الى تقليل الانبعاثات الناتجه عن إحتراق الوقود الأحفورى

من اهم صور الوقود الحيوى المستخدم حاليا هو الإيثانول حيث يستخدم فى أمريكا الشماليه والبرازيل على نطاق واسع كبديل لبنزين السيارات ولا تحتاج محركات السيارات إلا الى تعديلات طفيفه حتى تعمل بإستخدام الإيثانول كما يمتاز إحتراق الإيثانول بإنبعاث غاز اقل من البنزين .

ينتج كحول الإيثانول من محاصيل الحبوب حيث يتحول النشا الى سكريات بواسطه إنزيم الأميليز Amylase enzyme حيث يحدث تخمر للسكريات فى غياب الاكسجين فيتحول السكر الى كحول إيثيلى بواسطه الخميره واهم انواعها Saccaromyces cerevisiae كما فى المعادله التاليه :

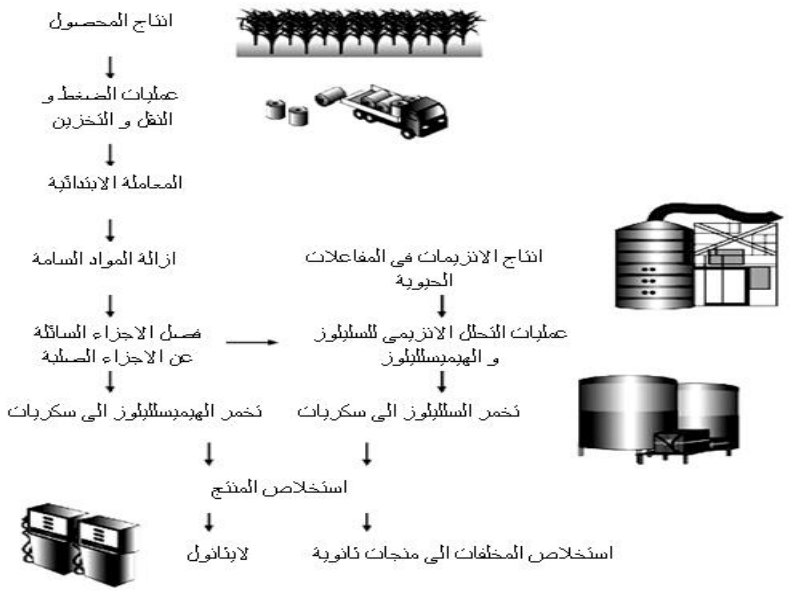
$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2CH_3CH_2OH + 2CO_2$

إيثانول الجيل الاول من الوقود الحيوى ينتج بواسطه تخمر السكريات النباتيه الى إيثانول فى عمليه مماثله للتخمر الذى يحدث فى إنتاج البيره والنبيذ ويتطلب هذا النوع إستخدام محاصيل غذائيه مثل قصب السكر – الذره – القمح – بنجر السكر.

إنتاج كميات كبيره من الايثانول بواسطه هذه الطريقه ينتج عنه زياده أسعار المدخلات الزراعيه مثل الاسمده حيث ان هذه المحاصيل تعتبر من المحاصيل مرتفعه الإحتياجات الغذائيه .

الوقود الحيوى : الجيل الثانى Second generation biofuel

تكنولوجيا الوقود الحيوى (كما فى شكل ١٥)هى إنتاج الوقود الحيوى من الكتله الحيوية (biomass) مصطلح الكتله الحيوية هو مصطلح واسع النطاق ويعنى اى مصدر للكربون العضوى والذى يتجدد بسرعه كجزء من دوره الكربون . وتشمل الكتله الحيويه جميع المواد المستخدمه من اصل نباتى ولكنها يمكن ان تشمل ايضا المواد ذات الاصل الحيوى . ولقد توجهت الانظار الى الجيل الثانى من تكنولوجيات إنتاج الوقود الحيوى بسبب محددات انتاج الوقود الحيوى عن طريق الجيل الاول والذى يعتمد على انتاج الوقود من المحاصيل الحقليه مثل الذره او القمح مما تسبب فى إرتفاع اسعار المحاصيل بشكل هائل فهناك سقف للجيل الاول اذا تم تخطيه فسيتم تهديد امدادات الغذاء العالمى واكثر المتضررين هم الدول المستورده للمحاصيل الزراعية مثل مصر المستورد الاول للقمح على مستوى العالم . يمكن لتكنولوجيات الجيل الثانى ان تحل هذه المشكله وأن تمد العالم بطاقه مستدامه Sustainable Energy Supply وبأسعار مناسبة .



شكل (١٥): تكنولوجيا الوقود الحيوى

يحقق الجيل الثانى هذه الاهداف السابقه عن طريق توسيع نطاق الاستخدام والاستفاده من المخلفات الزراعيه والتى لا تدخل فى تركيب الطعام مثل المجموع الخضرى – اوراق الاشجار – قشور الثمار المتخلفه عن الطعام وكذلك النباتات التى لاتدخل فى طعام الانسان والحيوان مثل الحشائش او النجيل وكذلك النفايات الصناعيه مثل رقاقات الخشب والجلود وبذور الثمار المنبثقه وغيرها. المشكله ان إنتاج الوقود الحيوى بهذه الطريقه يستهدف مواد خشبيه تمتاز بتركيب معقد حيث السيليوز واللجنين هى الصور الأغلب للكربوهيدرات .

يتم إنتاج الايثانول من المركبات اللجنوسليليوزيه lignocellulosic ethanol بواسطه تحرير جزيئات السكر بإستخدام عده طرق مثل المعاملات الانزيمية – التسخين بالبخاراو بعض المعاملات الاخرى . هذه السكريات يمكن ان تتخمر لانتاج الايثانول كما فى تكنولوجيا الجيل الأول لهذا الجيل من تكنولوجيا الوقود الحيوى ميزه بيئيه كبيره حيث الانبعاثات الغازيه اقل بحوالى ٩٠% إذا ما قورنه بالوقود الاحفورى مثل النفط والفحم.

الجيل الثالث للوقود الحيوى :

ويعتمد هذا النوع على إستخدام الطحالب فى إنتاج الطاقه. حيث أن كفاءه الطحالب فى البناء الضوئى أعلى من النباتات فإن قدرتها أكبر على إنتاج الطاقه حيث تقدر كفائتها ب ٣٠ ضعف مقارنه بالمحاصيل الزراعيه ولذلك نشأ ما يسمى بزراعه الطحالب algae culture حيث تستغل سلالات الطحالب المعدله وراثياً لإنتاج كميات أكبر من الايثانول.

البيوجاز Biogas

تهدف تكنولوجيا البيوجاز الى إعادة إستخدام المخلفات العضوية كمخلفات المحاصيل وروث الماشية بطريقة إقتصادية وآمنة صحياً لإنتاج طاقة جديدة متجددة وكبديل للطاقة التقليدية مع إنتاج سماد عضوى جيد وحماية البيئه من التلوث .

أسس ومفهوم تكنولوجيا البيوجاز :

تكنولوجيا البيوجاز تعتمد على التخمر اللاهوائي للمخلفات الصلبه والسائلة وتستهدف مخلفات الصرف الصحى ومخلفات المزرعة النباتية والحيوانية والقامة بطريقة اقتصادية وآمنة صحياً لحماية البيئة من التلوث مع إنتاج غاز الميثان

كمصدر جديد ومتجدد للطاقة يساهم إلى حد كبير فى ترشيد إستهلاك الطاقة التقليدية كالبترول وحماية البيوماس من الحرق المباشر .

تركيب البيوجاز :

البيوجازخليط من غاز الميثان (٥٠-٧٠%) وثانى أكسيد الكربون (٢٠ – ٢٥ %) مع مجموعات غازات أخرى مثل كبريتيد الايدروجين والنيتروجين والايدروجين تتراوح نسبتها بين ٥-١٠ % والبيوجاز غاز غير سام عديم اللون وله رائحة كبريتيد الايدروجين أخف من الهواء وليس هناك مخاطر أمنية عند استخدامة . وتتراوح القيمة الحرارية للبيوجاز بين ٣١٧٠ – ٦٦٢٥ كيلو كالورى/للمتر المكعب .

تركيب سماد البيوجاز

يتخلف بعد إنتاج الغاز سماد عضوى جيد غنى فى محتواه من المادة العضوية والعناصر السمادية الكبرى والصغرى وبالكميات الملائمة للنبات فضلاً عن احتوائه على الهرمونات النباتيه والفيتامينات ومنظمات النمو ويكون خاليا من الميكروبات المرضية واليرقات والبويضات وبذور الحشائش حيث تهلك تماماً أثناء تخمر المخلفات العضوية مما يجعله سمادا نظيفا لايلوث البيئه ولاخطورة من إستخدامه فى تسميد جميع المحاصيل.

كما يستخدم كمصدر لعلف الحيوان والطيور المنزلية لاحتوائه على نسبة عاليه من المواد البروتينية ولا يحتوى على مركبات ضارة بالكائنات الحية .

المخلفات التى تستخدم لإنتاج البيوجاز :

١- روث الماشية ، سماد الدواجن ، سبلة الخيول ، مخلفات الطيور المنزلية ... وغيرها .

٢- الاحطاب مثل (الأذرة والقطن) قش الارز وعروش الخضر والثمار التالفه.... وغيرها .

٣- مخلفات الصرف الصحى

٤- القمامة ومخلفات المطابخ وبقايا الاطعمة وبقايا تجهيز الخضر والفاكهه ... وغيرها .

٥- مخلفات صناعه الالبان والاغذية والمشروبات ومخلفات المجازر بأنواعها.

تركيب وحدة البيوجاز :

تتكون وحدة البيوجاز من أربعة أجزاء رئيسية (كما فى شكل ١٧):

١- المخمر او الهاضم .

٢- خزان الغاز .
٣- حوض التغذية بالروث والمواد الخام (حوض الدخول)
٤- حوض خروج السماد العضوى (حوض الخروج).

خطوات إنشاء وحدة البيوجاز :

١- الحفر ويحدد عمق الحفر طبقاً لطبيعة التربة ويكون قاع الحفر شكل مقعر وذلك لتكون الحفره نواه لإنشاء المخمر .
٢- عمل قاعده خرسانية بسمك ١٠- ٢٥ سم
٣- عمل جدار المخمر من نوع جيد من الطوب يتحمل ضغط ١٠٠ كجم / سم٢ نظراً لتعرض جدران المخمر لضغط التربة وتستخدم مونة جيدة من الاسمنت والرمل وتثبيت مواسير الدخول والخروج على ارتفاع متر من قاع المخمر . يردم حول الجدار اثناء البناء وعند الوصول الى مستوى غرف الدخول والخروج تدك الارض حول المخمر وتصب قاعدة خرسانية لبناء ارضية الاحواض .
٤- عزل المخمر : وذلك بتبطين المخمر بمونة الاسمنت وتعد من أهم مراحل الانشاء يجب أن تتم بعناية ودقه ويتم التبطين او البياض باضافه مادة السيكا بنسبة ١% مع المونة ، وبعد الانتهاء من التبطين يدهن المخمر بمواد البيومين البترولية باستخدام فرشة فى اتجاهات مختلفة .
٥- بناء حوض الدخول : بالطوب وتكون قاعدتة أعلى من نهاية ارتفاع المخمر ويتصل بالمخمر بواسطة ماسوره ذات قطر ملائم ومزود بسداده للتحكم فى عملية الخلط فعندما تفتح السداده يندفع مخلوط التغذية مسبباًازاحة المواد السابقه التغذية بالمخمر للخروج من حوض الخروج ويتحدد حجمة طبقاً لمعدل التغذيه اليوميه للمخمر .
٦- بناء حوض الخروج : بالطوب وتكون قاعدته أقل من نهايه ارتفاع المخمر بحوالى ١٠ سم ويتصل بالمخمر بماسورة ذات قطر ولائم يقوم باستقبال المواد المتخمره وتوزيعها على أحواض السماد .
٧- عمل حوض السماد : وهو عباره عن مساحة سطحية غير عميقه يزود فى نهايته بطبقه من الزلط الخشن التى تعمل كفلتر عندما يمرر عليها محلول التخمر يترسب الجزء الصلب ويمر الجزء السائل الى قناه الرى بحوض السماد منشر لتجفيف السماد هوائياً تحت مظله مسقوفه لحماية السماد من التعرض المباشر لأشعة الشمس .
٨- يصنع خزان الغاز من الصاج سمك ٣ مم ومزودا بازرع داخلية لتقطيع المواد التى تطفو فوق سطح المواد المتخمره والتى تعوق تجميع الغاز

بالخزان ويجب ان يقل قطر الخزان عن قطر المخمر بحوالى ٥ سم لتسهيل حركته الى اعلى واسفل وكذلك الدوران حول محورة يركب خزان الغاز بعد الانتهاء من التغذية الاولى للتخمر .

خطوات تشغيل وحدة البيوجاز :

تغذي وحدات البيوجاز بمخلوط المخلفات العضوية والماء بحيث يتراوح تركيز المادة الصلبه الكلية ١٠% تقريباً .

١- بعد الانتهاء من إنشاء الوحدة واختبارها تملا بمخلوط المخلفات العضوية والماء ويركب خزان الغاز او تقفل جميع المخلفات بالمخمر وتترك لفتره ٢-٣ اسابيع دون تغذيه يوميه مع مراعة تنظيف المخلوط من القش والمواد كبيرة الحجم .

٢- يتم اختبار المخمر لانتاج الغاز خلال مرحله التغذية الاولى وتركب مصايد المياه والمانو متر بخط الغاز .

٣- تتم التغذيه اليومية بإغلاق ماسوره حوض الدخول وخلط المخلفات بالماء وتركها الى ما بعد منتصف النهار ليمكن للمحلول امتصاص اكبر قدر ممكن من حرارة الشمس .

٤- تفتح ماسوره الدخول فتندفع المخلفات بقوه داخل المخمر ويقابلها فى نفس الوقت خروج السماد الى حوض الخروج .

٥- يخزن السماد فى أحواض مكشوفه او مغطاه او يمرر على فلتر زلطى لفصل الجزء الصلب عن السائل ثم يجفف الجزء الصلب فى مكان مظلل ويعبأ لحين استخدامه

٦- يستخدم الغاز فى اى وقت من خلال أخهزة استخدام الغاز .

سماد البيوجاز :

يطلق على المخلوط المتبقى من عمليه تخمر المخلفات العضوية والخارج من المخمر اسم سماد البيوجاز ويتميز هذا المحلول بأن رائحته مقبوله ولا تجذب اليه الحشرات والذباب والباعوض ويخلو من الميكروبات والطفيليات المرضيه مما يجعل تداولها اكثر امنا من الناحيه الصحية عن التعامل مع المخلفات العضوية الاصلية قبل عملية التخمر .كما يحتوى السماد على منظمات النمو والهرمونات النباتيه الطبيعية . ويتكون سماد البيوجاز الناتج بعد إنتاج الغاز من طبقتين الاولى هى سائله وتحتوى على المركبات والاملاح الذائبه أما الطبقه الثانية فهى صلبه وتتكون من مركبات غير ذائبه بعضها مركبات عضوية والبعض الاخر أملاح غير عضوية مترسبه ويحتوى الجزء السائل على قدر من العناصر الغذائيه أقل بكثير عن تلك الموجوده فى الجزء الصلب .

طرق إستخدام سماد البيوجاز .

١- استخدام مخلوط السماد فى صورته السائله مباشرة.
٢- التجفيف المباشر تحت الظروف الجويه العادية .
٣- تحميله على كمية من التربه (بنسبه ١:١ تقريبا) .
٤- خلط كمية من التربه وكمية من بعض المخلفات النباتيه بنسبه (١:١:٢) وتركه لعمليه الكمر الهوائى لفتره ولحين الاستخدام .

مزايا استخدام سماد البيوجاز .

١- اوضحت التجارب الحقليه زياده فى إنتاجيه المحاصيل المسمدة بسماد البيوجاز عن تلك المسمدة بالاسمدة البلديه والكيماوية حيث بلغت الزيادة فى محصول الذره الشامية ٣٥,٧٪ ، القمح ١٢,٥٪ للحبوب ، التبن ٢٠٪ ، وزياده محصول الارز بنسبة ٥,٩٪ ، والفول البلدى بنسبه ٦,٦٪، القطن ٢٧,٥٪ والخضر ما بين ٢٠,٦٪ – ١٤
٢- يحتوى سماد البيوجاز على مادة عضوية تماثل ٧-٥ اضعاف ما يحتويه السماد البلدى العادى لذلك يجب الأخذ فى الاعتبار هذا التفوق عند استخدام سماد البيوجاز للمحاصيل المختلفه ، مع مراعاة ان المحاصيل ذات المعدلات العاليه من التسميد الازوتى يجب تعويض كميات الازوت التى تحتاجها بإضافة أسمدة معدنية لاستكمال احتياجات النبات .

إستخدام البيوجاز كمصدر للطاقة :

يستخدم الغاز فى أعمال الطهى والاضاءه والتسخين والتبريد وتشغيل الات الاحراق الداخلى مثل ماكينات الرى والطواحين والآلآت الزراعية كما يمكن إنتاج الطاقة الكهربائية بمولدات تعمل بالبيوجاز.

مثال :

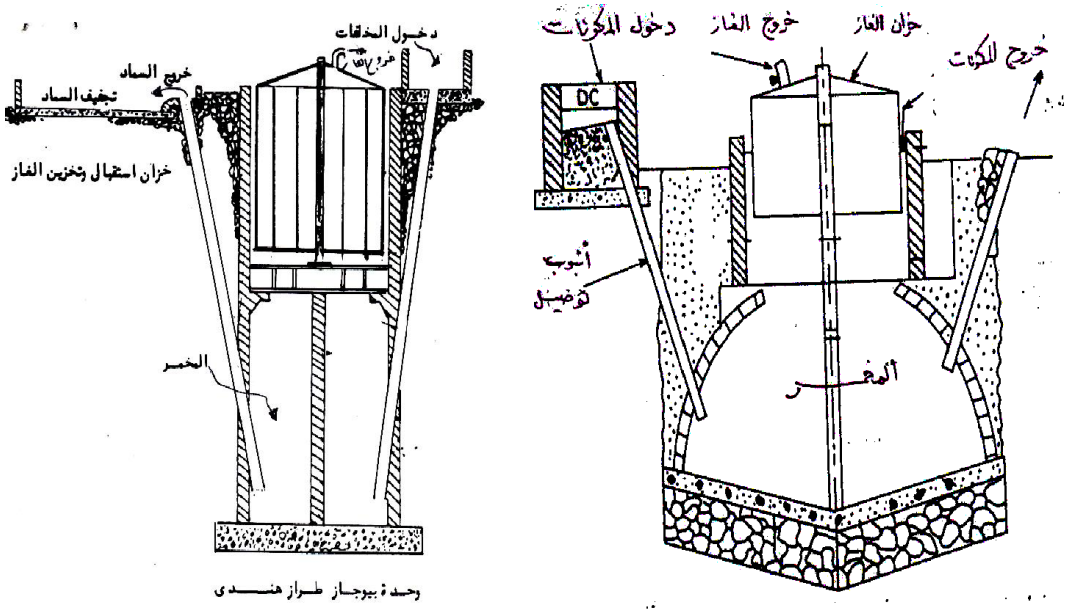
حساب وحده البيوجاز لمزرعة مزوده بحظيرة تحتوى على ٢٥ رأس ماشيه يكون كالاتى :

كمية المخلفات الحيوانية = ٢٥x ٢٠ كجم (المخلفات للرأس الواحده) = ٥٠٠ كجم رطب (روث)

مخلوط التغذيه اليوميه = ٥٠٠ كجم روث + ٥٠٠ لتر ماء = ١م^{٣} /يوم

زمن البقاء = ٤٠ يوم

حجم التخمر = ١x ٤٠ = ٤٠ م^{٣}



الطراز الصينى الطراز الهندى

شكل (١٦) : وحدات انتاج البيوجاز

تذكر

- الركائز الثلاثة للزراعة و التنمية المستدامة هى الحفاظ على البيئه و العدالة الاجتماعيه و العائد الاقتصادى
- الزراعة المستدامة تعتمد على الحفاظ على الحالة الاصلية للارض من حيث غناها بالعناصر المغذيه والمادة العضوية مع عدم الاعتماد على الموارد غير المتجدده

- التحليل الكيميائى للمخلفات العضويه لتقدير نسبه كل من الكربون والنيتروجين الكلى هو الخطوه الاولى لتحديد جودة المخلفات العضويه كأسمدة

- وبالرغم من أن النيتروجين يمثل ٧٨% من مكونات الهواء الجوى الذى نتنفسه إلا ان اغلب هذه الصوره هى صوره غير صالحة للإستغلال بواسطه الانسان او النباتات الارضية حيث يتواجد النيتروجين فى صوره جزىء النيتروجين N_2 وهو غاز خامل

- تثبيت النيتروجين هى عمليه تحول نيتروجين الهواء الجوى إلى امونيوم وهى عملية اساسية للحياة لانها الطريقه الوحيدة الطبيعية التى تستطيع من خلالها الكائنات الحية الحصول على النيتروجين من الهواء الجوى

- أصبح الانسان مصدر هام للنيتروجين المثبت من الهواء الجوى فالحقيقه فإن الانسان من خلال إضافة الاسمده بالطريقه التى إبتكرها العالم الالمانى Fritz Haber فى القرن العشرين قد ضاعفت من كميه النيتروجين المثبت والتى تضخ سنوياً الى الغلاف الجوى

- يتكون السماد البلدى من روث وبول الماشية والحيوانات الزراعية بإلاضافة إلى الفرشة التى توضع أسفل الماشية والتى تتكون من أحطاب ومخلفات المحاصيل بعد تقطيعها إلى قطع صغيرة مختلطه بالتربة الزراعية.

- ويهدف إستخدام السماد البلدى إلى زيادة محتوى التربة من المادة العضوية وتحسين خواص الارض البيولوجية والكيميائية والفيزيائيه

- يحتفظ السماد البلدى بالنيتروجين عندما يحتوى على مواد ذات محتوى كربونى عالى مثل القش او نشارة الخشب ولذلك تستخدم هذه المواد فى الفرشة التى توضع اسفل الحيوانات . يعتبر محتوى الفوسفور فى السماد البلدى ضئيل ولكن إضافة السماد البلدى الى التربه يعمل على زيادة تيسير الفوسفور . تاثير السماد البلدى يدوم فتره اطول فى التربة مقارنة بالكميات المكافئة من الاسمدة المعدنية ويلاحظ تحسين إنتاجية المحاصيل حتى فى المواسم التالية لموسم إضافة السماد البلدى الى الارض

- يحتوى الجزء السائل على حوالى ٥٠% من العناصر السمادية ولذلك فإن فقد هذا الجزء السائل يعنى ضياع جزء كبير من العناصر ولذلك فإنه يجب الاهتمام بظروف تخزين السماد البلدى ولذلك يجب ان تكون الحظائر والاسطبلات ذات قاعدة خرسانية

- عملية الكمر (Composting) هى عملية حيويه تقوم فيها الكائنات الحيه الدقيقة الهوائية بتحويل المواد والمخلفات العضوية مثل مخلفات الحيوانات والانسان والنباتات والورق ومخلفات صناعة الاغذية الى مادة تشبة فى خواصها الهيومس بالتربة

- إضافه المخلفات النباتية او الحيوانيه مباشرة الى الارض الزراعية ينتج عنه بعض التاثيرات غير المرغوبه فمثلاً عند تقليب كمية كبيرة من المخلفات النباتية فى الارض فإن الميكروبات التى تعمل على تحليل هذه المخلفات فإنها ستنافس جذور النباتات الناميه على النيتروجين وينتج عن هذا التنافس نقص مؤقت فى النيتروجين وضعف لمعدل نمو النباتات

- يعتمد تحلل المواد العضوية فى كومه الكمبوست على إبقاء وتحسين حيويه الكائنات الحية الدقيقه المحللة و اى عامل يؤدى الى تثبيط نمو الميكروبات فإنه سوف ينعكس بالسلب على عملية الكمر

- يكون الكمر ناجحا عندما يتوافر معدل مناسب من التهوية والرطوبة وكلما كان حجم المخلفات الزراعية اصغر فإن عملية الكمر تكون انجح كما يفضل إضافه كميات من الاسمدة المعدنية والجبس الزراعى لتوفير العناصر الغذائية التى يحتاجها النبات

- تحت الظروف المصرية فإن الكمبوست ينضج خلال ٣:٥ شهور ومن اهم علامات نضج الكمبوست إنخفاض نسبة الC/N حيث تقدر ب ١:١٠ الى ١:١٥ كما يلاحظ انة عند النضج فإن درجه الحرارة للمكموره لاتزيد عن ٣٨م^{o}

- القمامه تمثل احد المشاكل القومية البيئيه فى مصر والتى يجب التعامل معها باسلوب علمى وبوعى كامل للإستفاده منها بتحويلها الى اسمده عضويه تستغل فى المجال الزراعى لحل مشكله النقص فى الاسمده . والقمامه تمثل مخلفات المنازل والمصانع والشوارع والمجازر والمستشفيات

وغيرها والتى تختلف من حيث النوعيه والمكونات حسب مكان جمع القمامه (مدن _ قرى _ كفور _ مناطق صناعيه _ مناطق زراعيه).

- تحويل القمامه الى سماد عضوى صناعى يمكن ان يتم بطرق متعدده تختلف بإختلاف الوحدات التى يصنع فيها السماد والتى تتدرج من الارض الممهده إلى الخنادق والابراج والمصانع الاليه وكذلك بإختلاف خطوات معالجه القمامه مثل الفرز والطحن والتخمر وتجنيس السماد الناتج . وظهرت طرق متعدده لتحويل القمامه الى سماد عضوى صناعى وتختلف هذه الطرق فى ظروف التصنيع وخطواته وطرق عمل الاكوام وفتره التخمر وظروف الانحلال داخل الكومه

- الهدف الرئيسى من معالجه مياه الصرف الصحى هو : السماح بصرف المخلفات الادميه والمخلفات الصناعيه بدون خطورة على الصحة العامة الى البيئة الطبيعية .

- الغرض من إستخدام مياه الصرف هو الذى يحدد درجه المعالجه ونوعيه المعالجه المطلوبه لمياه الصرف

- تشمل عمليات المعالجة لمياه الصرف مجموعة من العمليات الطبيعيه والكيميائيه والبيولوجه والتى تهدف الى إزالة المواد الصلبه والمواد العضويه وفى بعض الاحيان المغذيات (nutrients) من مياه الصرف الصحى وعموماً توجد عده مستويات تحدد درجه المعالجه لمياه الصرف الصحى. فهناك المعالجه التمهيديه ثم الأوليه (preliminary and primary treatment) والمعالجه الثنائيه (secondary treatment) والمعالجه الثلاثيه أو المعالجه المتقدمه (tertiary treatment)

- المعالجه التمهيديه (preliminary) تهدف الى التخلص من المواد الصلبه الكبيرة (coarse solids) والمواد الاخرى كبيره الحجم التى تكون متواجدة فى مياه الصرف وتشمل عمليه المعالجه التمهيديه المصافى الكبيره (coarse screening) وأحواض حجز الرمال الخشنه كمعالجه أوليه تهدف إلى إزاله الاجسام الصلبه العضويه والغير عضويه القابله للتسريب وكذلك إزاله المواد الطافيه الخبث (scum) وذلك عن طريق القشط ويزال أثناء المعالجه الاوليه حوالى ٢٥-٥٠% من الحمل البيولوجى (BOD_5)

ومن ٥٠ – ٧٥% من المواد الصلبه العالقه ، ٦٥%من الزيوت والشحوم وكذلك بعض النيتروجين العضوى والفوسفور العضوى والمواد الثقيله المرتبطه بالمواد الصلبه ولكن المواد العالقه (Colloidal) والمواد الذائبه لا تتأثر

- المعالجة الثنائية وهى تهدف إلى إزالة المواد العضوية المتبقية والمواد الصلبة العالقة المتبقية بعد المعالجة الأولية وتشمل إزالة المواد العضوية العالقة Colloidal القابلة للتحلل البيولوجى Biodegradable من خلال عمليات اكسدة تتم بواسطة أنواع من البكتريا الهوائية Aerobic bacteria التى تعمل على تحلل المواد العضوية فى مياه الصرف منتجة نواتج غير عضوية مثل ثانى أكسيد الكربون والنشادر وغيرها من الشقوق الكاتيونية والأنيونية .

- تستخدم عدة طرق للمعالجة البيولوجية والتى تختلف فقط فى طريقة توفير الاكسجين اللازم للكائنات الحية الدقيقة ومعدل تحلل المواد العضوية بواسطة هذة الكائنات وتشمل المرحلة الثانية ايضاً استعمال أحواض ترسيب تسمى المروقات الثانوية وتعمل بنفس طريقة المروقات الأولية. المواد الصلبة البيولوجية الناتجة اثناء الترسيب لهذة المرحلة تضاف إلى الحمأة من المرحلة الأولية .

- يستخدم مع أحواض الترسيب الثانوية احد طرق المعالجة البيولوجية وأحياناً أكثر من طريقة على التوالى فأحياناً نستخدم المرشحات البيولوجية (Bio filters) يليها الحمأة المنشطة (Activated sludge) وذلك لمعالجة مياه الصرف الصحى المحتوية على تركزات عالية من المادة العضوية من المصادر الصناعية ومن الطرق المستخدمة ايضاً المرشحات الزلطية وحفر الأكسدة والملامسات البيولوجية الدوارة.

- المعالجة الثلاثية أو المعالجة المتقدمة وهى المرحلة الأخيرة من مراحل المعالجة قبل صرف الماء إلى مكان استخدامه وهناك أكثر من معاملة او عملية تحدث خلال المعالجة الثلاثية ويكون أخرها هو عملية التطهير Disinfection

- الطريقة المعتادة للتسميد الاخضر هى زراعة محصول غير رئيسى ثم قلبه فى التربة قبل زراعة المحصول الرئيسى أو تقليب المخلفات الزراعية الخضراء بالقرب للنبات النامى ولهذا تأثيرات مختلفة على الارض فقد يزداد محتوى الارض من المادة العضوية او يزداد النيتروجين الميسر .

- **التأثيرات الايجابية لعملية تغطية التربة تشمل** حماية التربة من التأثيرات السلبية للأمطار و حماية المحاصيل من التأثير السلبى للصقيع و التقليل من رشح الماء و التقليل من البخر Evaporation والنتح Transpiration و مقاومة نمو الفطريات والنيماتودا والحشائش .

- أن تدوير المخلفات الزراعية يحقق أكثر من هدف أولاً: تجنب الملوثات الناتجة عن حرق المخلفات الزراعية ويأتى فى مقدمتها قش الأرز حيث تصل كمية مخلفات قش الأرز إلى حوالى ٦ مليون طن سنوياً ويستفيد المزارع منها بحوالى ١٧% فقط وحرق هذة المخلفات بسبب ظاهرة تلوث الهواء الحادة فى مصر. ثانياً: تدوير هذة المخلفات الزراعية يعمل على اعاده استخدام هذة الثروة من المخلفات وتوظيفها اقتصادياً لحل بعض المشاكل الأخرى وكذلك توفير فرص عمل للشباب من خلال المشروعات الصغيرة.

- إيثانول الجيل الاول من الوقود الحيوى ينتج بواسطه تخمر السكريات النباتيه الى إيثانول فى عمليه مماثله للتخمر الذى يحدث فى إنتاج البيره والنبيذ ويتطلب هذا النوع إستخدام محاصيل غذائيه مثل قصب السكر – الذره – القمح – بنجر السكر. إنتاج كميات كبيره من الايثانول بواسطه هذه الطريقه ينتج عنه زياده أسعار المدخلات الزراعيه مثل الاسمده حيث ان هذه المحاصيل تعتبر من المحاصيل مرتفعه الإحتياجات الغذائيه.

- يمكن لتكنولوجيات الجيل الثانى ان تحل هذه المشكله وأن تمد العالم بطاقه مستدامه Energy Supply Sustainable وبأسعار مناسبة . يحقق الجيل الثانى هذه الاهداف السابقه عن طريق توسيع نطاق الاستخدام والاستفاده من المخلفات الزراعيه والتى لا تدخل فى تركيب الطعام مثل المجموع الخضرى – اوراق الاشجار – قشور الثمار المتخلفه عن الطعام وكذلك النباتات التى لاتدخل فى طعام الانسان والحيوان مثل الحشائش او النجيل وكذلك النفايات الصناعيه مثل رقاقات الخشب والجلود وبذور

الثمار المنبثقه وغيرها. المشكله ان إنتاج الوقود الحيوى بهذه الطريقه يستهدف مواد خشبيه تمتاز بتركيب معقد حيث السليليوز واللجنين هى الصور الأغلب للكربوهيدرات .

- تكنولوجيا البيوجاز تعتمد على التخمر اللاهوائي للمخلفات الصلبه والسائلة وتستهدف مخلفات الصرف الصحى ومخلفات المزرعة النباتية والحيوانية والقامة بطريقة اقتصادية وآمنة صحياً لحماية البيئة من التلوث مع إنتاج غاز الميثان كمصدر جديد ومتجدد للطاقة يساهم إلى حد كبير فى ترشيد إستهلاك الطاقة التقليدية كالبترول وحماية البيوماس من الحرق المباشر .

أسئلة

١- وضح المقصود بالزراعة المستدامة موضاً ركائز الاستدامة؟
٢- أذكر العوامل التى تعتمد عليها الزراعة المستدامة؟
٣- أذكر الأهداف الاجتماعية والاقتصادية للزراعة المستدامة؟
٤- اشرح دورة الكربون الطبيعية وتأثير الانسان على دورة الكربون؟
٥- اشرح دورة النتروجين فى الأنظمة البيئية الزراعية؟
٦- وضح المقصود بـ:
تثبيت النتروجين – المعدنه – النترته – فقد النتروجين
٧- اكتب ما تعرفه عن :
Composting - Manure
٨- وضح العوامل التى تؤدى إلى فقد النتروجين وما يجب عمله لتعويض هذا الفقد؟
٩- اشرح الطرق المتبعة لتحضير مكمورة المزرعة موضحاً التغيرات الحيوية والحرارية خلال الكمر؟
١٠- اشرح خطوات إنتاج السماد العضوى من القمامة؟
١١- وضح الهدف الرئيسى من معالجة مياه الصرف الصحى؟
١٢- وضح المقصود بالحمأة وأنواعها المختلفة؟
١٣- وضح القصود بالوقود الحيوىBiofuel
١٤- تكلم عن التسميد الأخضرGreen manure – تغطية التربة Mulching

١٥- تكلم عن مشكلة قش الأرز وكيف يمكن الاستفادة منه فى مجال النشاط الزراعى؟
١٦- وضح فكرة انتاج الايثانول عن الطحالب؟
١٧- تكلم عن أسس تكنولوجيا البيوجاز
١٨- ما المقصود بالمكمورة أو الكمبوست Compost

الباب السادس

طرق إضافة الاسمدة

يمكن ان تضاف الاسمدة قبل زراعه المحصول او اثناء الزراعة او بعد نمو المحصول او اكثر من طريقة معاً. عموماً لتوقيت إضافة السماد تأثيرات مختلفة على النباتات النامية فإضافة السماد قبل الزراعة واثناء تجهيز الارض يجعل العناصر الغذائية متوفرة للنبات وخاصة فى الارض الثقيلة القوام والتى تتميز بإنخفاض معدل غسيل العناصر الغذائية وإرتفاع السعة التبادلية الكاتيونية لها فإن هذه الطريقة يمكن ان تضمن إمداد النبات بالعناصر التى يحتاجها خلال موسم النمو ولكن لهذه الطريقة عدة سلبيات :

بالنسبة للفوسفات فإنه لايكون متجمعاًبالقرب من البادرات الصغيرة فالفوسفات لا يتحرك كثيراً فى التربة كما ان قدرة البادرات الصغيرة والتى تتميز بصغر جذورها تكون قدرتها على إمتصاص والوصول الى الفوسفور قليلة ونفس الشيء بدرجه اقل بالنسبة للبوتاسيوم .

بالنسبة للاراضى الخشنه القوام والتى تتميز بقلة سعتها التبادلية الكاتيونية فإن إضافة السماد بهذه الطريقة يمكن ان يؤدى الى حدوث غسيل للنيتروجين .

إضافه السماد قبل الزراعة لايحقق الاحتياجات الغذائية المثلى للمحصول فأغلب إحتياجات النبات الغذائية تكون مطلوبة فى مرحلة متاخرة من موسم النمو .

الاسمدة المضافة خلال مراحل تجهيز الارض تسمى البادئ starter والهدف منها إضافة الفوسفات بالقرب من مكان تواجد البذور والبادرات عموماً فى حالة التسميد التقليدى يفضل تقسيم السماد الى جزئين، جزء خلال تجهيز الارض للزراعه وجزء او اكثر خلال نمو النبات، فمثلا الذرة يمكن ان يسمد خلال الزراعه لكن يحتاج الى جرعه تمهيدية اخرى خلال ٣٠ يوم من الانبات . عموماً تقليل الجرعه السمادية وزيادة عدد الجرعات يقلل من غسيل العناصر وينتج كفاءة اعلى لامتصاص النباتات.ويتيح التسميد من خلال مياه الرى للمزارع زيادة عدد جرعات التسميد بحيث تتوافر مع إحتياجات النبات خلال موسم النمو .

أولا:الطرق التقليدية للتسميد

فى حالة التسميد قبل الزراعة .

١-طريقه نثر السماد Broadcasting .

فى هذه الطريقة يقوم المزارع بنثر السماد يدوياً او يستخدم فى ذلك الالات الزراعية واحياناً الطائرات فى الزراعه بنثر السماد الصلب ويكون هذا على سطح التربة . الاسمدة السائله ايضاً يمكن رشها على التربة بواسطة الرشاشات الالية. بالنسبة لاسمدة الفوسفور والبوتاسيوم فإنة يجب تقليبها فى الارض قبل إجراء عملية الزراعة وهذه الخطوة مهمة لان هذه العناصر السمادية لا يحدث لها غسيل لاعماق بعيدة فى التربة بينما يمكن ان يحدث الغسيل للنيتروجين . عموما طريقة النثر طريقة منتشرة لانها طريقة سهلة التطبيق .

٢-الحقن فى التربة Soil injection

اكثر انواع الاسمده شيوعاً بالنسبة لهذه الطريقة هى الامونيا السائله ويستخدم فى حقن الامونيا بعض الالات الزراعية الخاصة وبعض المحاريث يمكن تعديلها تعديل طفيف لاضافة الامونيا بواسطة هذه الطريقة كما يمكن حقن محاليل اخرى مثل حامض الفوسفوريك مع الامونيا السائلة وهذه الطريقة توفر الوقت وتزيد من تيسر الفوسفور للنبات .

التسميد مع الزراعة .

١-طريقة السرسبة Banding

وهى من اكثر الطرق شيوعاً للتسميد مع الزراعة حيث يضاف السماد إما يدوياً أو الياً فى صورة خطوط بجانب خطوط البذور عند إستخدام الات فإنه يمكن ضبط الالات بإضافة السماد والبذور فى نفس الوقت حيث تكون المسافة بين السماد والبذره حوالى ٢ بوصه (حوالى ٥سم) تعتبر طريقة السرسبة من اكثر الطرق كفائة بالنسبة لاسمدة الفوسفات والبوتاسيوم كما يراعى الا يكون السماد ملاصق للبذور حتى لا يؤذى البذور ويكون قريب بما فية الكفاية حتى تستطيع بذور البادرات الصغيرة ان تجد السماد بما ان السماد الفوسفاتى يوجد فى صوره صفوف فإن التلامس ما بين الارض والسماد يكون اقل ما يمكن مما يؤدى الى تقليل تثبيت الفوسفات وتعتبر السرسبه طريقة مناسبة خاصه بالنسبة للتسميد الفوسفاتى ولذلك تفضل فى الحالات الخاصة التى يكون فيها مشاكل فى التربة تحدد من إمتصاص

النبات للفوسفات مثل بروده التربة او إنضغاط التربة مما ينتج عنه نقص فى توفر الاكسجين او فى حالة الارض الجيرية والتى ينتج عنها تثبيت الفوسفات او عندما يكون محتوى الارض من الفوسفات منخفض .

٢- وضع السماد مع البذرة Pop-up fertilizes

فى هذه الطريقة يضاف السماد مع البذور فى الجوره او ان البذور نفسها تكون مغلفة بطبقة من السماد , هذه الطريقه تكون فعالة لإمداد النبات بالعناصر وخاصه فى حالة وجود مشاكل تقلل من كفاءة التسميد فى التربة وفى هذه الطريقه فإن كمية السماد المضافة مع البذرة تكون كمية قليله حتى لا يحدث ضرر للبذور ويوجد إشتراطات للسماد المضاف بهذه الطريقة منها ان يكون ذو درجه ملوحة قليله low salt index حتى لا يؤذى النبات وأن لايكون اى امونيا حرة لان إنتاج الامونيا يؤدى الى إحداث ضرر للبادرات.

التسميد بعد الانبات

ويشمل ١- ال topdressing وهومثل طريقة النثر إلا ان السماد ينثر فوق المحصول النامى ولا يخلط بالارض ويمكن إضافة اسمدة صلبة او سائله بهذه الطريقه وعادة ما تستخدم فى المحاصيل ثنائية الحول لتجديد خصوبة الارض وتعويض العناصر الممتصة ويشمل التسميد بعد الانبات أيضاً

٢- طريقة ال sidedressing أو التكبيش وهى تعتمد على وضع السماد فى جور داخل التربة بجوار النباتات .

ثانيا: الطرق الحديثة للتسميد

١-الرش الورقى Foliar spray

حبث يتم رش محلول السماد مباشرة على اوراق النباتات .حيث تمتص العناصر من خلال الثغور stomata الموجودة على سطوح الاوراق والجدير بالذكر ان الرش الورقى يعطى اسرع استجابة نباتية بين جميع طرق التسميد ولهذا يستخدم عند ظهور اعراض نقص العناصر على النباتات ولكن يجب تكرار عملية التسميد الورقى اكثر من مره من خلال برنامج موضوع للتسميد. فمن المعروف ان النباتات تستهلك كميات عالية من العناصر الغذائية وخاصة العناصر الغذائية الكبرى ولذلك فإنه من الصعب إمداد النبات بجميع إحتياجاتة الزراعية من خلال التسميد الورقى فالرش بتركيزات عالية من العناصر يؤدى الى حرق الاوراق وإنخفاض المحصول . الاستخدام العملى الاكثر شيوعا للتسميد الورقى هو لحل مشاكل نقص العناصر

الصغرى حيث ان النباتات تحتاجها بكميات صغيرة كما انه غالبا ما يحدث تثبيت للعناصر الصغرى اذا ما اضيفت من خلال التربة ولذلك فإن الرش الورقى يمكن من خلاله تجنب هذه المشاكل ومن اكثر المركبات استخداما للتسميد الورقى هى مركبات المخلبية للحديد و العناصر الصغرى الاخرى.

العوامل المؤثرة على الإمتصاص الورقى

بالأضافة لامتصاص العناصر عن طريق الثغور و التى تعتبر المنفذ الرئيسى للعناصر عند استخدام الرش الورقى إلا أن هناك طرق اخرى للأمتصاص مثل خلايا الابيديرم الملاصقة للعروق و الادمصاص على سطوح الاوراق و الشقوق والجروح و يتأثر امتصاص الاوراق للعناصر المرشوشة بعوامل عدة مثل:

- تركيزالعنصر السمادى فى محلول الرش، فكلما زاد التركيز زاد امتصاص النبات للعنصر بشرط ان لا يكون تركيز المحلول حارق للاوراق.
- انتشار المحلول على سطح الورقة و لذلك يمكن أن تضاف بعض المركبات التى تعمل على تشر المحلول على سطح الورقة إما عن طريق جعل الاوراق رطبة مثل الجلسرين والجليكول أو رغع درجة التصاق المحلول بالورقة
- لزوجة السائل المرشوش وقوى التوتر السطحى ودرجة إلتصاق المحلول والاوراق .
- درجة الحرارة حيث يلاحظ ان درجات الحرارة المنخفضه يمكن ان تعمل على تأخير إمتصاص بعض العناصر .

إستخدام الرش الورقى كوسيله للتسميد .

ينتج عن التسميد بالرش إمتصاص سريع للمغذيات كما انه يتميز بأنه يسمح بالتصحيح الفورى لإعراض النقص الذى يتم تحديدها فى النبات وسبب هذا ان تفاعلات هذه العناصر فى التربه وخاصه العناصر الصغرى تجعل إمتصاص النبات لهذه العناصر ضئيلاً .

ويستخدم الرش الورقى للتسميد بالعناصر الضروريه الكبرى والصغرى فقد يستخدم لرش اليوريا كمصدر للنيتروجين حيث يتأثر إمتصاص النيتروجين فى هذه الحاله بانزيم اليوريز الذى يحول اليوريا بالماء الى ثانى أكسيد الكربون وامونيوم وقد تبين ان إمتصاص اليوريا يتم عن طريق ثغور الاوراق كذلك فإن بعض النباتات مثل الانانس يمكن ان يحصل على نسبه ٧٥-٨٠% من النيتروجين المضاف للمحصول عن طريق الرش باليوريا ويحصل على ٤٠- ٥٠ % من البوتاسيوم

والفوسفور عن طريق الرش الورقى وقد وجد ان المحتوى البروتينى للقمح يستجيب إجابياًلإضافه محلول اليوريا قبل الاظهار .
تشير التوصيات الى انه يفضل الرش خلال فترات الحراره االمنخفضه والرطوبة العاليه نسبياً كما هو الحال عند الصباح الباكر او فى اخر النهار حيث تكون الثغور مفتوحه وكذلك يقل البخر فلا تحترق الاوراق .

تقنيات الرش الورقى:

تختلف تقنيات الاضافه عند إستعمال رشاشات ارضيه وعند الرش عن طريق الطائرات حيث تستخدم اجهزه لتقليل حجم الرزاذ عند الرش بالطائرات حتى تقلل ضرر الاصابه بالحروق كما ان المحاليل التى ترش بطائرات تكون مركزه حتى انه امكن رش حامض الفوسفوريك بدون تخفيف وبدون إحداث اضرار للاوراق والعامل المهم عند الرش بالطائره هو التكلفه فإذا كانت المحاليل مخففه فمعنى هذا زياده التكاليف ولذلك ينصح بالمحاليل المركزه فى هذه الحاله مع تقليل حجم الرزاز وهذا عكس الرش الارضى .

مزايا وعيوب الرش الورقى :

يمتاز كما سبق بإرتفاع كفائه إمتصاص النبات للعناصر الغذائيه المضافه ويمتاز أيضاً بسرعه إستجابه النبات للتسميد وقد ثبت ان التسميد الورقى لامداد النبات بالعناصر الصغرى يعتبر افضل طريقه للتسميد بالعناصر الصغرى كما انه يمكن ان يستخدم للاسراع بنضج بعض المحاصيل حيث يستخدم مثلا فوسفات احادى الامونيوم وفوسفات احادى البوتاسيوم للتبكير بنضج قصب السكر كما يمكن إستخدام الرش لاضافه الهرمونات النباتية ومنظمات النمو كما يمكن ان يخلط السماد بمبيدات سواء مبيدات الافات او مبيدات الحشائش .
من عيوب الرش الورقى : إمكانيه إحداث اضرار متمثله فى حروق الاوراق كما انه يعتبر غير إقتصادى فى حاله الاعتماد عليه كوسيله وحيده للتسميد فلا تفضل هذه الطريقه إلا للمحاصيل عالية القيمه فقط كما ان بقايا المواد المرشوشه على الاوراق قد يشجع فى بعض الاحيان نمو العناكب والفطريات .

٢- تكنولوجيا التسميد من خلال الرى Fertigation

إستخدام التسميد من خلال الرى بالتنقيط يتطلب إستخدام أسمده تامه الذوبان وانظمه لحقن وضخ السماد الذائب الى نظام الرى . يتيح التسميد من خلال مياه الرى و توزيع متجانس ودقيق للعناصر المغذيه داخل منطقه إنتشار الجذور

ولذلك فإنه يمكن إمداد النباتات بإحتياجاتها الغذائيه Nutrient demand بدقه عاليه خلال موسم النمو . ولذلك تم تطوير التوصيات الارشاديه للتسميد والتى تشمل إحتياجات النباتات من العناصر السماديه الكبرى ''N-P-K'' أوالعنلصر الغذائية الأخرى الكبرى و الصغرى وتشتمل برامج التسميد على خواص التربه والمرحله الفسيولوجيه للنبات والمناخ والعوامل الاخرى التى يمكن أن تؤثر على نمو النبات او إحتياجاته الغذائيه .

من اهم العوامل المؤثره على برامج التسميد من خلال الرى والتى يجب ان تعطى إهتماماً خاصاً هى ال pH ، نسبه النترات الى الامونيوم NO_3/NH_4 ratio ، تيسر العناصر و حركتها فى التربة Nutrient mobility و كذلك ظروف الملوحة Salinity conditions . من المهم الأخذ بعين الاعتبار ان التخطيط الجيد لشبكه الرى وملائمه إمدادات العناصر الغذائيه للاحتياجات النباتيه فى مراحل النمو الفسيولوجيه المختلفه وخصائص المناخ والتربه كلها عوامل تؤدى الى محصول جيد الكميه والنوعيه وكذلك تقلل من التلوث والحفاظ على الموارد الارضية .

مزايا التسميد من خلال ماء الرى

١-يتيح التسميد من خلال ماء الرى إضافه كميات محدده من العناصر الغذائيه بتوزيع متجانس الى المنطقه المبلله Wetted zone والتى يتركز فيها نمو الجذور ,هذه الميزه تؤدى الى تحسن ملحوظ فى كفاءه إستخدام السماد مما يؤدى الى تقليل كميات الاسمده المستخدمه ويستتبع هذا تقليل نفقات التسميد وكذلك تقليل فرص غسيل العناصر المغذيه الى المحلول الارضى .

٢-يتيح الFertigation حدوث توافق بين كميه العناصرالمضافة والاحتياجات الغذائيه الحقيقية للمحصول. وحتى يتم وضع برامج تسميديه تتوافق مع إحتياجات النباتات خلال مراحل النمو المختلفه يجب معرفه معدل الاستهلاك اليومى الامثل خلال موسم النمو Optimal daily nutrient consumption rate ولقد اجريت العديد من البحوث بالجامعات المصريه ووزارة الزراعة ومراكز البحوث الزراعية المختلفه لتحديد قيم الاستهلاك اليومى للعناصر المغذيه للنباتات المختلفة

٣-توفير الطاقه والعماله

٤-المرونه فى توقيت التسميد وسهوله التسميد بعكس التسميد بالطرق التقليديه حيث يحتاج الى معدات حقليه يصعب إستخدامها بعض الاحيان بعد نمو النباتات

٥-سهولة إضافه العناصر المغذيه الصغرى حيث تذاب فى المحلول المغذى بالتركيز المطلوب بعكس الطرق التقليديه حيث يصعب إضافتها الى التربه
٦-سهوله التحكم ومراقبه إمدادات العناصر الغذائيه مع الاخذ فى الاعتبار انه اذا إستخدم التسميد من خلال الرى بالتنقيط فلا يكون هناك حاجه لرش الاوراق مما يجنبنا مخاطر حرق الاوراق وإنتشار الآفات الزراعية

ذوبان الاسمدة Fertilizers solubility

الذوبان التام للسماد هو شرط هام حتى يمكن إستخدامه والتسميد به خلال مياه الرى . من امثله الاسمده عاليه الذوبان التى يمكن إستخدامها فى التسميد من خلال مياه الرى هى نترات الامونيوم , كلوريد البوتاسيوم , نترات البوتاسيوم , اليوريا فوسفات , احادى الامونيوم , فوسفات احادى البوتاسيوم .
ذوبان الاسمده يتوقف الى درجه كبيره على درجه الحراره فالأسمدة المخزنه خلال الصيف يمكن ان يحدث لها ترسيب خاصه اذا إنخفضت درجه الحراره خلال فصل الشتاء حيث ينخفض معدل الذوبان بانخفاض درجه الحراره ولذلك يستخدم تركيز أقل من الأسمده خلال فصل الشتاء والجدول التالى (جدول رقم ١٤) يوضح العلاقه بين معدل ذوبان بعض الاسمدة فى الماء ودرجه الحراره .

جدول (١٤): درجة ذوبان الاسمدة عند درجات الحرارة المختلفة.
Wolf et al.(١٩٨٥)

Temperature	KCl	K_2SO_4	KNO_3	NH_4NO_3	Urea
١٠°C	٣١	٩	٢١	١٥٨	٨٤
٢٠°C	٣٤	١١	٣١	١٩٥	١٠٥
٣٠°C	٣٧	١٣	٤٦	٢٤٢	١٣٣

التفاعل بين السماد وماء الرى

جودة الماء Water quality : الكثير من مصادر الماء فى مصر وخاصه ماء الابار الجوفيه يتمتع بمحتوى عالى من الكالسيوم والمغنسيوم والبيكربونات (ماء عسر) حيث يتراوح ال pH بين ٧,٢ و٨,٥ تفاعل هذه النوعيه من الماء مع الاسمده يمكن ان يؤدى الى حدوث مشاكل مختلفه مثل الرواسب فى خزان الاسمده السائله وإنسداد النقاطات والمرشحات.

عند إستخدام الكبريتات فى الماء المحتوى على تركيز عالى من الكالسيوم والبيكربونات يمكن ان يحدث ترسيب لكبريتات الكالسيوم وكذلك فإن إستخدام اليوريا يمكن ان يؤدى الى ترسب كربونات الكالسيوم حيث ان اليوريا ترفع رقم ال pH . اما بالنسبه للتسميد بالفوسفور فإن وجود تركيزات عاليه من الكالسيوم والمغنسيوم فى ظل رقم pH مرتفع يؤدى الى ترسب فوسفات الكالسيوم والمغنسيوم كما ان إعاده إستخدام المياه يؤدى الى زياده إحتماليه تكون هذه الترسيبات حيث تترسب على جدران المواسير الخاصه بشبكه الرى وفوهات النقاطات ويمكن ان يحدث إنسداد كامل لشبكه الرى وكذلك نقص فى إمداد جذور النباتات بإحتياجاتها من نقص الفوسفور لذلك يفضل فى بعض الاحيان إستخدام سماد فوسفات حامضى مثل حامض الفوسفوريك او فوسفات احادى الامونيوم .

الانسداد Clogging : من المهم مراعاه عدم حدوث إنسداد لفوهات النقاطات بواسطه المواد العالقة او الكائنات الحيه الدقيقة وفى حاله الانسداد بواسطه رواسب البيكربونات فإن إستخدام الاسمده ذات التأثير الحامضى يمكن ان يحل المشكلة مع مراعاه ان الاستخدام المتكرر للأسمده ذات الاثر الحامضى يمكن ان يؤدى الى تلف فى الاجزاء المعدنيه فى شبكات الرى وأيضا تلف فى لحامات مواسير الشبكة. يفضل حقن حامض فى نظام الرى بالتسميد مع ماء الرى من وقت لاخر حيث ان ذلك يعمل على ازابه الرواسب ومنع انسداد النقاطات ويمكن إستخدام الاحماض بصوره مخففه مثل حامض الفوسفوريك , النيتريك , الكبريتيك , وفى بعض الاحيان يمكن ان يستخدم الهيدروكلوريك لرخص سعره مع الاحتراس فى حاله الاراضى الاثقل فى القوام. حقن الاحماض فى شبكه الرى يؤدى ايضا الى إزالة البكتريا والطحالب ولكن يجب الاهتمام بغسيل الشبكه جيدا بعد استخدام الاحماض .

التسميد من خلال مياه الرى تحت ظروف الملوحه: تختلف النباتات فى درجة تحملها وحساسيتها للاملاح الكليه الذائبه وكذلك درجه تحملها لبعض الايونات السامة. عند الرى بإستخدام ماء ذو درجه ملوحه عاليه فانه يجب الاخذ فى الاعتبار ان الاسمده هى املاح وتساهم فى زياده رقم ال EC لماء الرى كما يجب ان يؤخذ فى الاعتبار مساهمه سماد كلوريد البوتاسيوم فى التركيز الكلى للكلوريد لماء الرى .

عندما تزيد ملوحه ماء الرى عن ٢ ديسيمنز/م (EC > ٢ dS/m) ويكون المحصول حساس للملوحه فإنه يجب تقليل كميه الايون المرافق للعنصر الغذائى

فمثلا الافوكادو وهو نبات حساس للكلوريد فإنه يفضل إستخدام نترات البوتاسيوم KNO_3 عن كلوريد البوتاسيوم KCl وذلك لتجنب تراكم الكلوريد فى المحلول الارضى كذلك الحال بالنسبه للنباتات الناميه فى أوعيه فى حاله الصوب او المشاتل فجذور هذه النباتات تكون قليله الحجم وبالتالى يجب إستخدام اسمده ذات مستوى ملوحه اقل (Low salt index) فالأسمده الصوديومية مثل $NaNO_3$ او NaH_2PO_4 تكون غير مناسبه وذلك لتاثيرالصوديوم السلبى على التوصيل الكهربى وأداء النباتات .

الإداره الصحيحه للرى تحت ظروف الملوحه تشتمل على كميات إضافيه من الماء تزيد عن البخرنتح للنباتات. الماء الزائد يمر خلال منطقه الجذور حاملا معه الأملاح الى خارج منطقه نمو الجذور مما يمنع تراكم الأملاح داخل منطقه نمو الجذور ويسمى هذا الماء الزائد الاحتياجات الغسيليه

Leaching requirement (Rhoades and Loveday, ١٩٩٠)

صورة الاسمدة المستخدمة فى طرق التسميد الحديثة:

الاسمده السائله تعتبر من افضل الصور التى تستخدم مع طرق التسميد الحديثة، وهى عباره عن محاليل لاملاح تحتوى على العنصر السمادى وتتواجد الاسمده السائله على صورتين : الصورة الاولى هى المحاليل الحقيقيه حيث يكون السماد ذائب تماماً فى الماء ويعطى محلول رائق فلا يحدث ترسيب لجزء من السماد وفى هذه الحاله فإن مصدر السماد يكون ملح ذائب تماماً فى الماء .الصوره الثانيه وهى صوره المعلق (suspensions) حيث يعامل السماد المطحون جيدا ببعض انواع معادن الطين وتخلط بالماء فيصبح فى صوره معلقه ويمكن ان يرسب فى حاله تركه بدون رج وهو لايصلح مع fertigation.

تمتاز الاسمده السائله بسهوله إضافتها حيث تضاف من خلال مياه الرى مباشرة وكذلك تمتاز بتيسير العناصر المغذيه وبإمكانيه إضافتها مع معاملات اخرى مثل مبيدات الحشائش أو مبيدات الأفات فى معامله واحده وذلك لتوفير الوقت والمال اللازم لعمليه الاضافه ولكن يجب الحرص عند خلط كيماويات مختلفه لضمان عدم حدوث مشاكل مثل الترسيب لبعض الاملاح المستخدمه. علاوة على ذلك فا الاسمدة الصلبة يمكن ان تستخدم بشرط ان تكون درجة ذوبانها مرتفعة.

وقد إنتشرت الاسمده السائله إنتشاراً كبيراً خاصةً فى الارض المستعمله حديثا والمشاتل والصوب الزجاجيه وذلك لسهوله تطبيقاتها .

شروط خلط الأسمدة :

عند إعداد المحلول المغذى للتسميد من خلال ماء الرى هناك بعض الاسمدة والتى لايجب ان تخلط مع بعضها البعض فمثلا عند وجود سماد سلفات الامونيوم مع كلوريد البوتاسيوم فى السماده يؤدى الى نقص ذوبانيه المخلوط وذلك لتكون سلفات البوتاسيوم .

يمنع خلط الاسمده الاتيه :

نترات الكالسيوم مع اى سماد فوسفاتى او كبريتى

سلفات المغنسيوم مع فوسفات احادى او ثنائى الامونيوم

حامض الفوسفوريك مع الحديد , الزنك , النحاس وسلفات المغنسيوم

إستخدام وعائين للتسميد يتيح فصل الاسمده التى تتفاعل مع بعضها مسببه الترسيب حيث يوضع فى احدها الكالسيوم , المغنسيوم , والعناصر الصغرى وفى الاخر يضاف أسمده الفوسفات والسلفات .

حموضة الارض Soil pH

يتحقق أعلى تيسر للعناصر الغذائيه فى التربه عند مدى pH من ٦-٦,٥ .

العامل الاكبر المؤثر على الpH فى منطقه الريزوسفير هو نسبه الامونيوم / النترات $NH_4 \setminus NO_3$ فى ماء الرى خاصه فى الارض ذات القوام الخفيف الرملى او عند إستخدام البيئات الصلبه الخامله كميائيا. الpH يحدد تيسير الفوسفور حيث ان الpH يؤثر على عمليات الترسيب والاذابه وكذلك الادمصاص بالنسبه للفوسفات كما ان رقم الحموضه يتحكم فى تيسر العناصر الصغرى مثل الحديد والزنك والمنجنيز او درجه سميه بعض العناصر الاخرى مثل الالومنيوم والرصاص .

تأثير نوع النيتروجين الممتص على التوازن الايونى فى النبات .

عندما يسود إمتصاص الامونيوم فإن النبات يمتص كاتيونات اكثر من الانيونات وتنطلق البروتونات من خلال إفرازات الجذور وبالتالى يقل الpH فى منطقه الريزوسفير . طبقاً لأراء العديد من الباحثين مثل

(Ganmore-Neumann and Kafkafi ١٩٨٠, ١٩٨٣) فإن الامونيوم مصدر للنيتروجين غير مرغوب فيه بالنسبة للطماطم والفراولة عندما تتجاوز درجه حرارة التربة فى منطقة نمو الجذور ٣٠م ويرجع ذلك للتأثير السلبى للامونيوم على نحو الجذور عموماً فإن التغذيه الامونيويه تؤدى الى تقليل إمتصاص الكاتيونات الاخرى مثل

K^+ , Mg^{+2} , Ca^{2+}

أما عندما يكون أيون النترات هو مصدر النيتروجين فإن النبات يمتص أيونات أكثر من الكاتيونات فيتجه النبات لتخليق الكربوكسيلات فينتج عن ذلك إنتاج الأحماض العضويه ثنائيه الكربوكسيل مثل (الستريك – الماليك , إلخ...)

وكذلك إنتاج الهيدروكسيل OH^- . كل من الاحماض العضويه والهيدروكسيل يمكن أن تخرج مع إفرازات الجذور. فأما الهيدروكسيل المنتج فإنه يساهم فى رفع درجة الpH فى منطقة الريزوسفير. وبالنسبة للأحماض العضوية الضعيفه فإنها تساهم فى زياده تيسر الفوسفور حيث أنها تدمص بواسطة أكاسيد الحديد ومعادن الطين وينطلق الفوسفور المدمص للتربة. كما أن الأحماض العضوية يمكن أن تزيد من تيسر الحديد والفوسفور بواسطة عملية الخلب (Imas et al., ١٩٩٧)

مما سبق فإنه ينصح بالتسميد النتراتى لما له من تأثير على تخليق الاحماض العضويه ورفع كفاءة إمتصاص النبات للكاتيونات لكن يجب الملاحظة أن التغذية النتراتية بنسبة ١٠٠% سوف تتسبب فى رفع ال pH فى منطقة الجذور مما ينتج عنه نقص تيسر الفوسفور والعناصر الصغرى ولذلك ينصح بإستخدام نسبه ٨٠% نيتروجين فى صورة نترات و ٢٠% من النيتروجين فى صوره أمونيوم حتى يتم تنظيم ال pH .

بعض التأثيرات الفسيولوجيه :

التشجيع والتثبيط Antagonism and Synergism

هذه الظاهره تلاحظ عند وجود أيونين أو أكثر فى البيئه الخارجيه لنمو النبات فيلاحظ وجود تأثير تشجيع Synergism او تثبيط Antagonism

والتشجيع هو إمتصاص النبات لعنصر معين يشجع النبات على إمتصاص عنصر أخر أما التثبيط فهو يشير الى التنافس بين أيونين فمثلاً هناك تأثير تنافسى بين النترات والكلوريد فمثلاً وجود الكلوريد فى بيئه النمو يقلل من إمتصاص النترات والعكس صحيح (Imas , ١٩٩١, Kafkafi , ١٩٨٢) لذلك تحت ظروف الملوحه فإنه ينصح بالتسميد النيتروجينى فى صوره نترات حيث يؤدى هذا الى تقليل إمتصاص الكلوريد.

طرق حقن الاسمدة Fertilizer injection methods

معدات التسميد من خلال مياه الرى الحديثة يمكن ان تنظم كمية الاسمده المضافه , مدة الاضافة , وقت بدء وانتهاء الاضافه . من المهم إختيار طرق الحقن

المناسب لنظام الرى والمحصول المناسب. الاختيار الخاطىء لمعدات التسميد من خلال مياه الرى يمكن ان يؤدى الى تدمير شبكه الرى ومعدات التسميد وتقليل كفاءة امتصاص العناصر. حيث انه لكل حاقن هناك مدى من الضغط ومعدل التصرف . وهناك ثلاث طرق رئيسيه لحقن الاسمدة (شكل١٩، ٢٠، ٢١).

١- الحقن عن طريق فرق الضغط Pressure differential (by-pass tank)

تعتمد هذه الطريقه على نظرية توليد فرق فى الضغط حيث يدفع فرق الضغط الماء لدخول الخزان الذى يحوى الاسمده ويخرج ثانيا محملاً بالاسمدة الذائبه هذه الطريقه كميه وغير دقيقه لذلك يمكن ان تستخدم فى حالة محاصيل الفواكه او المحاصيل النامية على ارض ثقيله القوام .

مميزاتها :

سهله التطبيق — لا تحتاج الى صيانه

سهوله تغيير السماد — لاتحتاج الى طاقه كهربائية او وقود

عيوبها :

قله الدقه — إنخفاض تركيز المحلول مع الوقت

لا يمكن ضبطها اوتوماتيكياً — لا يمكن التحكم فى الجرعات التسميديه

٢- نظام الحقن عن طريق الفنشورى Vacuum injection (Venturi)

هذه الطريقه تستخدم الفنشورى لتوليد إنخفاض فى الضغط Vacuum . حيث يمتص محلول السماد فى خط الرى

مميزاتها :

سهله التشغيل — يمكن التحكم فى الحقن عن طريق صمام

مناسبة لمعدلات الاضافه المنخفضة — لا تحتاج الى اجزاء متحركه

عيوبها :

تحتاج الى فقد ضغط فى خط الرى

صعوبة التحكم الالى

٣- مضخه الحقن Pump injection:

حيث تستخدم مضخه الحقن محلول السماد المتواجد فى السمادة . تتوافر الطاقه اللازمه لحقن السماد من خلال المولد الكهربائى والمولد الهيدروليكى .

مميزاتها :

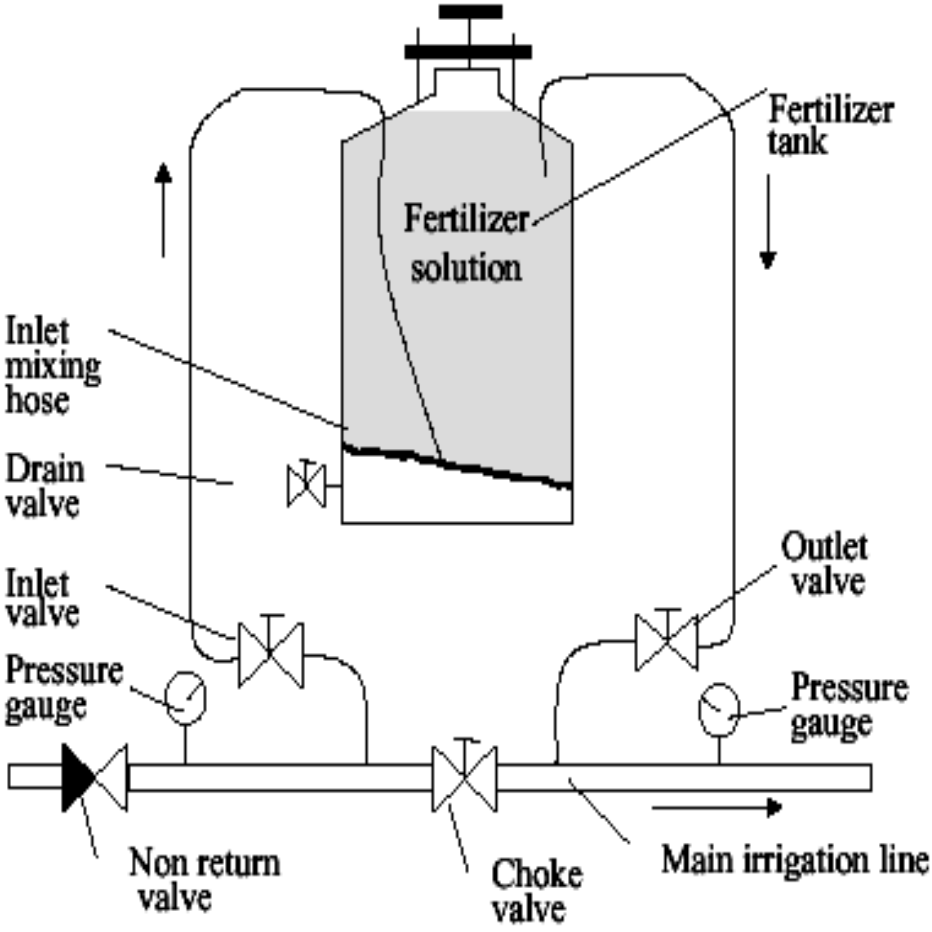
دقه عالية

عدم حدوث فقد الضغط

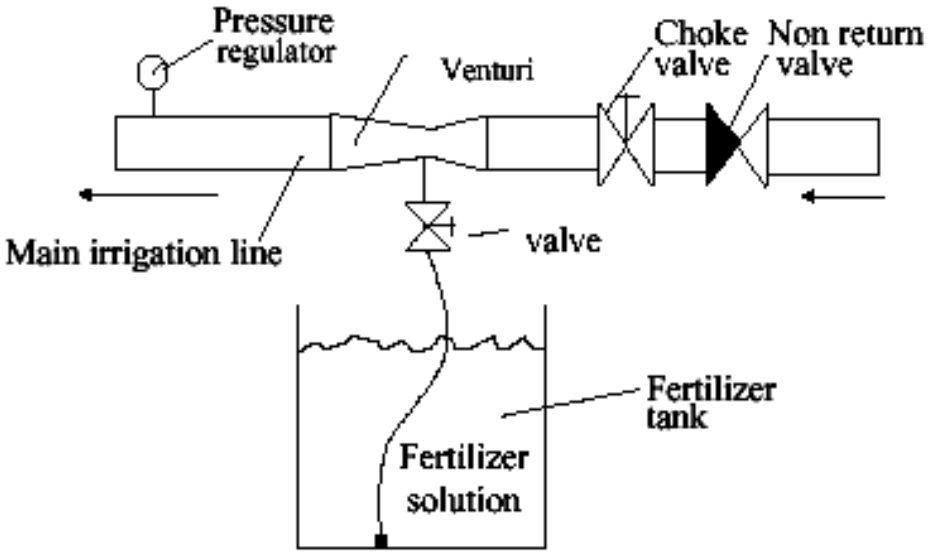
يسهل تعديلها للتحكم الاوتوماتيكى

عيوبها :

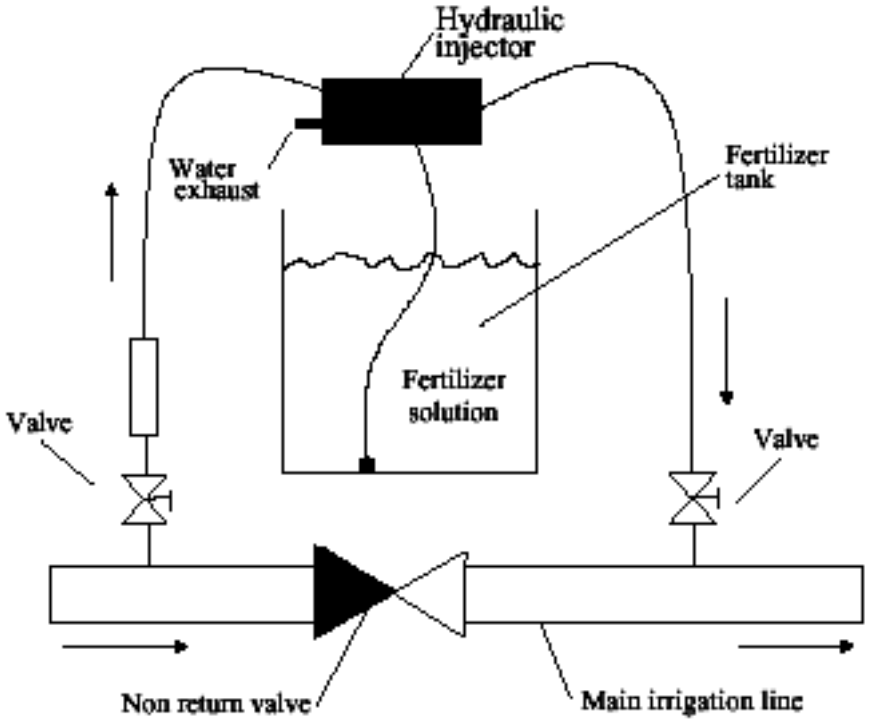
إرتفاع ثمنها – تعقيد التصميم – الاحتياج الى صيانه دورية



شكل رقم (١٨) إستخدام فرق الضغط فى حقن الاسمدة بشبكة الرى



شكل رقم (١٩) إستخدام الفنشورى فى حقن الاسمدة بشبكة الرى



شكل رقم (٢٠) إستخدام مضخة الحقن لضخ الاسمدة لشبكة الرى

تذكر أن

- يمكن ان تضاف الاسمدة قبل زراعه المحصول او اثناء الزراعة او بعد نمو المحصول او اكثر من طريقة معاً. عموماً لتوقيت إضافة السماد تأثيرات مختلفة على النباتات النامية فإضافة السماد قبل الزراعة واثناء تجهيز الارض يجعل العناصر الغذائية متوفرة للنبات وخاصة فى الارض الثقيلة القوام والتى تتميز بإنخفاض معدل غسيل العناصر الغذائية وإرتفاع السعة التبادلية الكاتيونية لها فإن هذه الطريقة يمكن ان تضمن إمداد النبات بالعناصر التى يحتاجها خلال موسم النمو.

- **طريقه نثر السماد Broadcasting:** فى هذه الطريقة يقوم المزارع بنثر السماد يدوياً او يستخدم فى ذلك الالات الزراعية واحياناً الطائرات فى الزراعه بنثر السماد الصلب ويكون هذا على سطح التربة . الاسمدة السائله ايضاً يمكن رشها على التربة بواسطة الرشاشات الالية. بالنسبة لاسمدة الفوسفور والبوتاسيوم فإنة يجب تقليبها فى الارض قبل إجراء عملية الزراعة وهذه الخطوة مهمة لان هذه العناصر السمادية لا يحدث لها غسيل لاعماق بعيدة فى التربة بينما يمكن ان يحدث الغسيل للنيتروجين . عموما طريقة النثر طريقة منتشرة لانها طريقة سهلة التطبيق

- تشير التوصيات الى انه يفضل الرش خلال فترات الحراره االمنخفضه والرطوبة العاليه نسبياً كما هو الحال عند الصباح الباكر او فى اخر النهار حيث تكون الثغور مفتوحه وكذلك يقل البخر فلا تحترق الاوراق .

- من عيوب الرش الورقى : إمكانيه إحداث اضرار متمثله فى حروق الاوراق كما انه يعتبر غير إقتصادى فى حاله الاعتماد عليه كوسيله وحيده للتسميد فلا تفضل هذه الطريقه إلا للمحاصيل عالية القيمه فقط كما ان بقايا المواد المرشوشه على الاوراق قد يشجع فى بعض الاحيان نمو العناكب والفطريات .

- يتيح التسميد من خلال ماء الرى Fertigation إضافه كميات محدده من العناصر الغذائيه بتوزيع متجانس الى المنطقه المبلله Wetted zone والتى يتركز فيها نمو الجذور ,هذه الميزه تؤدى الى تحسن ملحوظ فى

كفاءه إستخدام السماد مما يؤدى الى تقليل كميات الاسمده المستخدمه ويستتبع هذا تقليل نفقات التسميد وكذلك تقليل فرص غسيل العناصر المغذيه الى المحلول الارضى .

- الذوبان التام للسماد هو شرط هام حتى يمكن إستخدامه والتسميد به خلال مياه الرى . من امثله الاسمده عاليه الذوبان التى يمكن إستخدامها فى التسميد من خلال مياه الرى هى نترات الامونيوم , كلوريد البوتاسيوم , نترات البوتاسيوم , اليوريا فوسفات , احادى الامونيوم , فوسفات احادى البوتاسيوم .

- يفضل حقن حامض فى نظام الرى بالتسميد مع ماء الرى من وقت لاخر حيث ان ذلك يعمل على ازابه الرواسب ومنع انسداد النقاطات ويمكن إستخدام الاحماض بصوره مخففه مثل حامض الفوسفوريك , النيتريك , الكبريتيك

- عند إعداد المحلول المغذى للتسميد من خلال ماء الرى هناك بعض الاسمدة والتى لايجب ان تخلط مع بعضها البعض فمثلا عند وجود سماد سلفات الامونيوم مع كلوريد البوتاسيوم فى السماده يؤدى الى نقص ذوبانيه المخلوط وذلك لتكون سلفات البوتاسيوم . يمنع خلط الاسمده الاتيه : نترات الكالسيوم مع اى سماد فوسفاتى او كبريتى وكذلك سلفات المغنسيوم مع فوسفات احادى او ثنائى الامونيوم وكذلك حامض الفوسفوريك مع الحديد , الزنك , النحاس وسلفات المغنسيوم

- إستخدام وعائين للتسميد يتيح فصل الاسمده التى تتفاعل مع بعضها مسببه الترسيب حيث يوضع فى احدها الكالسيوم , المغنسيوم , والعناصر الصغرى وفى الاخر يضاف أسمده الفوسفات والسلفات .

الاسئلة

١- ما هى أقسام الأسمدة غير العضوية وتكلم باختصار عن كل منها.

٢- تكلم عن الأسمدة الصلبة وأشكالها المختلفة.

٣- ما المقصود بالأسمدة بطيئة الانطلاق.

٤- ما المقصود بالأسمدة المخلوطة.

٥- كيف تحضر ٣طن من سماد مركب رتبته السمادية(٣٠-٢٠-١٠) باستخدام الأسمدة كلوريد بوتاسيوم (k_2O=٦٠٪) سماد سوبر فوسفات ثلاثى(P_2O_5=٤٦٪) ونترات أمونيوم (N=٣٣٪)

٦- وضح المقصود بالتسميد من خلال الرى Fertigation موضحاً مزايا التسميد من خلال الرى.

٧- تكلم عن التفاعل بين السماد وماء الرى.

٩- وضح المقصود بـ: حموضة الأرض- التأثيرات الفسيولوجية (التشجيع والتثبيط)

١٠- وضح طريقة خلط الأسمدة وما يجب مراعاته عند الخلط.

المراجع العربية

١. إبراهيم حسين السكري ، كريمان فواز وحسن الشيمي (١٩٨٧) "أساسيات خصوبة الأراضي وتغذية النبات" – الشنهابي للطباعة والنشر، الإسكندرية.
٢. إبراهيم حسين السكري، محمد حسين الحلفاوي ، السيد أحمد الخطيب ، أحمد جلال ثابت وأحمد قالوش (١٩٨٨) "خصوبة الأراضي وتغذية النبات" – الشنهابي للطباعة والنشر، الإسكندرية.
٣. الجهاز المركزي للتعبئة و الاحصاء. كتاب الاحصاء السنوي لجمهورية مصر العربية
٤. ادورد ونبيله بسيونى ومحمد هميسة (١٩٩٣) الآسمدة والتسميد. التعليم المفتوح، كلية الزراعة ، جامعة القاهرة.
٥. سعد الشريف وعادل اللبودى (١٩٨٠) الآسمدة والتسميد مذكرة الفرقة الرابعة اراضى، مطبوعات قسم الاراضى، كلية الزراعة ، جامعة عين شمس.
٦. سعد علي ذكي محمود، عبد الوهاب محمد عبد الحافظ ومحمد الصاوي محمد مبارك (١٩٨٨). "ميكروبيولوجيا الأراضي" الطبعة الأولى – مكتبة الأنجلو– القاهرة.
٧. سمير الشيمى (٢٠٠٤) البيوجاز، معهد بحوث الأراضي والمياه والبيئة – مركز البحوث الزراعية / نشرة رقم ٩٢٨
٨. عبد المنعم الجلا ، عبد العليم متولى ، محمود طلحة و سعد الشريف (٢٠٠٠) تكنولوجيا أسمدة و مخلفات زراعية ، مركز التعليم المفتوح ، جامعة عين شمس.
٩. عبد المنعم بليع (١٩٨٨). "خصوبة الأراضي والتسميد"– دار المطبوعات الجديدة، الإسكندرية.
١٠. عبد المنعم بليع وجمال محمد الشبيني (٢٠٠٢) "التسميد العضوي" . الطبعة الأولى ، المكتبة المصرية ، الإسكندرية.

١١. فتح الله علام (١٩٥٤) الكيمياء الزراعية : الجزء الاول في التربة الزراعية و الاسمدة و تجارب التسميد. مكتبة الانجلو المصرية .
١٢. ممدوح محمد فوزى (٢٠٠٤). الزراعة العضوية للحاصلات البستانية – مكتبة أوزوريس – القاهرة

١٣. محمد عز الدين ابراهيم ١٩٨٥ .الأسمدة م التسميد .الجهاز المركزي للكتب الجامعية و المدرسية و الوسائل التعليمية
١٤. هاري بكمان – نبيل برادي طبيعة الاراضي وخواصها. ترجمة : امين عبد البر – احمد جمال عبد السميع – عبد الحليم الدماطي. مراجعة : عبد الله زين العابدين . مجموعة الكتب الدراسية و المراجع الامريكية المترجمة ، مكتبة الانجلو المصرية

المراجع الأجنبية

- Altieri, M. (١٩٨٧) Agroecology – the scientific basis for alternative agriculture. Intermediate Technology Publication; London
- Anderson,D.W.(١٩٧٩). J soil Sci. ٣٠,٧٧
- Buffle, J., and G.G. Leppard. ١٩٩٥. Characterization of aquatic colloids and macromolecules. ١. Structure and behavior of colloidal material. Environ. Sci. Technol. ٢٩:٢١٦٩–٢١٧٥.
- Buleav , V.E (١٩٨٤). "Methods of Fertilizers Applications " Oxanionian press PVT. , Ltd , new Delhi.
- Cook , G.W. (١٩٩٢) . " fertilizing for Maximum yield" . Granad Publishing , London – toranto- Sydney _New York.
- Edward J. Plaster (١٩٩٢) Soil Science & Management, ٢nd Edition, Delmer Publisher Inc., New York
- Epstein, E. (١٩٧٢). Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives, John Willy and Sons. Inc., New York, USA.
- FAO(١٩٧٠). Astanard Guide to Soil Fertility. Investig – ation on farmers fields Soils Bul . No. ١١
- Follet . R.H., L.S. Marphy , and R.L. Danahua . (١٩٨١). "fertilizers and soil Amendents ". Prentice – hall, Inc., Englewood Cliffs , New Jersey.
- Ganmore-Neumann, R. and U. Kafkafi. ١٩٨٠. Root temperature and percentage NO_3^-/NH_4^+ effect on tomato plants. I Morphology and growth. Agron. J. ٧٢:٧٥٨-٧٦١.
- Ganmore-Neumann, R. and U. Kafkafi. ١٩٨٣. Root temperature and percentage NO_3^-/NH_4^+ effect on strawberry plants. I Growth, flowering and root development. Agron. J. ٧٥: ٩٤١-٩٤٧.
- Goulding KWT, Bailey NJ, Bradbury NJ, Hargreaves P, Howe M, Murphy DV, Poulton PR &Willison TW(١٩٩٨) Nitrogen deposition and its contribution to nitrogen cycling and associated soil process. New Phytol ١٣٩: ٤٩–٥٨
- Hussien I Abdel Shafy and Raouf O Aly (٢٠٠٧) waste water management, *M.K. Zaidi (ed.), Wastewater Reuse –Risk Assessment, Decision-Making and Environmental Security,* ٣٧٥–٣٨٢.
- Imas, P. ١٩٩١. Yield-Transpiration relationships under different nutrition conditions. M.Sc. Thesis, presented to the Hebrew University of Jerusalem.
- Imas, P., B. Bar-Yosef, U. Kafkafi and R. Ganmore-Neumann. ١٩٩٧. Release of carboxylic anions and protons by tomato roots in response to ammonium nitrate ratio and pH in nutrient solution. Plant and Soil ١٩١: ٢٧-٣٤.
- Janes. U.S.(١٩٨٢). "Fertilizers and soil fertility ". Reston Publishing Company , Inc . Prentice – Hall Company , Virginia.

- Khalil, K.W.;M.M. El-Sersawy, abd El-Ghani, F.Bouthaina and F.A. Hashem(١٩٩١). Profitability of using some organic wastes with P fertilization on wheat production under saline irrigation water under Wadi Sudr conditions. Egypt. J. appl. Sci.,٦ (٧):٢٦٧ – ٢٨٤
- Marschner, H. (١٩٩٥). Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, London.
- Nicolas Lampkin (٢٠٠٢) Organic Farming, ٢nd Edition, Old Pond Publishing, UK
- Ole K. Borggaard (٢٠٠٣) Biogeochemistry in a pedological context, Holte Bogtrykkeri A/S, Holte, Denmark
- Pankhurst . C.E ., B. M. Daube and V.V.S.R Gupta. (١٩٩٧) . Biological indication of soil health " . C.A.B. international , London, UK.
- Rhoades, J.D. and J. Loveday. ١٩٩٠. Salinity in irrigated agriculture. In: Irrigation of Agricultural Crops. B.A. Stewars and D.R.Nielsen (Eds.). ASA-CSAA-SSSA, Madison, WI. pp ١٠٨٩-١١٤٢.
- Rinding, V. and Taylore M. (١٩٨٩). Principles of Soil-Plant Relationships. McGraw-Hill, New York.
- Robert Rynk (١٩٩٢) On-Farm composting handbook, Northeast Reginol Agriculture Engineering Service, Ithaca, NY.
- Scaife, A. and B. Bar-Yosef. ١٩٩٥. Nutrient and fertilizer management in field grown vegetables. IPI Bulletin No. ١٣. International Potash Institute, Basel, Switzerland.
- Simson . K. (١٩٨٦). "Fertilizers and Manures ". Longman group limited Hong Kong.
- Stevenson F. J. (١٩٨٢) Humus chemistry: genesis, composition, reaction. Wiley, New York.
- Subba . k. (١٩٨٢) . " Biofertilizers in Agriculture " . , Oxford & IBH Publishing Co , New Delhi.
- Tisdale, S. and Nelson L., (١٩٩٣). Soil Fertility and Fertilizers ٥th Edition. Macmillan Publishing Co. Inc., U.S.A.
- Ulysses S. Jones (١٩٨٢) Fertilizers and soil fertility, ٢nd Edition, Reston , Virginia, US
- Westernman, R. L. (١٩٩٠). Soil Testing and Plant Analysis. ٣rd Ed., SSSAM, Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- Wolf, B., J. Fleming and J. Batchelor. ١٩٨٥. Fluid Fertilizer Manual. Vol. ١. National Fertilizer Solutions Association, Peoria, Il.