الباب الثاني
كيف حدث تكوين الأراضي الممهدة حاليا والتي يتم زراعتها؟

عوامل تكوين الأراضي:

قد حدثت عمليات تكوين الأراضي وتحدث نتيجة لتفاعل العوامل الأولية الموجودة أصلا في الصخور التي تعتبر هي مادة الأصل والتي نشأت منها الأراضي.

وتختلف الصخور المكونة لمادة الأصل من منطقة إلى أخرى، وهذه العوامل الأولية تشمل مادة الأصل والمناخ والكائنات الحية، حيث إن كل منطقة تتميز بتركيب كيميائي مختلف عن الآخر، وهذا التركيب الكيميائي يتكون من معادن وعناصر أولية وتركيب طبيعى سواء من ناحية البناء أو القوام.

وتتأثر مادة الأصل بالمناخ السائد (الحرارة – الرياح – الأمطار – الرطوبة) وبالمكونات الحيوية (نباتية أو حيوانية)، وبالتالي يحدث بعد هذه التفاعلات المختلفة حدوث العمليات الأساسية مثل: التادرت، والتحلل المائي، وذوبان المواد القابلة للذوبان، وكذلك ذوبان المواد القابلة للأكسدة والاختزال وبالتالي تتخمر وتتحلل المواد العضوية الموجودة رغم قلتها، فيحدث تكوين مواد جديدة نتيجة لنواتج التحلل السابق مثل: الأكاسيد المتأدرتة ومعادن الطين، وقد تدخل هذه النواتج في تفاعلات ثانوية مثل التبادل الأيونى وانتقال المواد من طبقة إلى أخرى أو من مكان إلى آخر أو تتفرق النواتج أو تتجمع معا أو تترسب أو تغسل مع المياه وتتسرب إلى الماء الارضى وينتج من المواد الذائبة أيضا محلول التجوية وهو الذي يحتوى على أيونات كالسيوم وبوتاسيوم وماغنسيوم وصوديوم وكربونات وبيكربونات وسيلكا وفوسفات وكبريتات وكلوريدات.

تعريف مادة الأصل:

عبارة عن المواد التي تتكون منها الأراضي، وهي إما أن تكون صخورا نارية حامضية أو قاعدية أو رسوبية جيرية أو حجرية أو متحولة من أصل رسوبي أو ناري أو مواد عضوية تكونت عن طريق بقايا الكائنات الحية.

الأرض:

قال تعالى: ﴿ وَٱلْأَرْضَ مَدَدْنَٰهَا وَأَلْقَيْنَا فِيهَا رَوَٰسِىَ وَأَنۢبَتْنَا فِيهَا مِن كُلِّ زَوْجٍۭ بَهِيجٍ ﴿٧﴾ ﴾ [ق].

الأرض كبيئة لنمو النبات: Soil as a medium for plant growth

تعرف الأرض بأنها: جسم معقد يتميز بالديناميكية عند سطح القشرة الأرضية ويرتبط بشكل عام مع ظروف المناخ. أو أنها: "كتلة طبيعية متجمعة على سطح الكرة الأرضية، وتحتوى على المادة الحية، وتقوم بتدعيم النباتات، ولها من الصفات والخصائص ما تختلف به عن طبقة الصخور الواقعة تحتها كنتيجة لتفاعلات متداخلة خلال وحدة الزمن والمناخ في وجود الكائنات الحية الدقيقة، ومادة الأصل وطبوغرافية المكان". وذلك كما ذكر في تقسيم الأراضي عام 1975.

إن هذا التعريف يأخذ في الاعتبار الشكل الطبيعى للأرض والعديد من التفاعلات المختلفة والتي تعتبر كعوامل لتكوين الأراضي.

ولذلك فإن التربة هي عبارة عن مادة شديدة التعقيد تتكون من حبيبات معدنية نتجت عن تجوية الصخور وأخرى عضوية نتجت عن تحلل المادة العضوية والكائنات الحية الدقيقة بالإضافة إلى الماء والهواء الأرضي.

والتربة الجيدة تأخذ عدة مئات من السنوات حتى تتكون نتيجة للتفاعلات المختلفة للصخور تحت ظروف الحرارة والماء والعوامل البيولوجية، بالإضافة إلى تحلل البقايا النباتية والحيوانية عن طريق الكائنات الحية الدقيقة والحيوانات الأرضية، وعلى ذلك تنشأ أرضا مختلفة في صفاتها الكيميائية، الأمر الذي يؤدي إلى تغير صفات التربة بإستمرار.

والأرض هي عبارة عن الطبقة السطحية من القشرة الأرضية الناتجة من انحلال المادة المعدنية والعضوية أو كليهما حسب المناخ المتوافر في المنطقة، مما أدى إلى تغيير مادة الأصل، وبالتالي أدى ذلك إلى تكوين الأراضي وهذه العوامل مستمرة التأثير، وبالتالي فإن القشرة الأرضية تتغير باستمرار مع تغير هذه العوامل.

وتختلف الأراضي عن بعضها البعض وذلك نتيجة كون الأرض ذات قطاع يمتد من سطحها حتى المادة الأصلية والتي تختلف طبقاتها مع هذا العمق، وهذا ما يميز القطاع الأرضي المتكون أصلا من مادة الأصل الذي يتكون من آفاق، أما إذا نقلت الرياح رواسب من منطقة إلى أخرى فإن القطاع الأرضي في هذه الحالة يكون عبارة عن الطبقات

المترسبة من أماكن أخرى، وتسمى الأراضي في هـذه الحالـة بـالأراضي الرسـوبية والتـي تتكون من طبقات، والتي تختلف عن الأراضي المحلية.

وتتميز المناطق الجافة بأنها يسود فيها ارتفاع الحرارة وانعـدام الأمطـار وقلـة الرطوبـة الجوية، فنجد أن الانحلال الكيميائى يكون منعدما لعدم تواجد الماء، ولا يحدث نقل مـن طبقة إلى أخرى، مما يؤدي إلى تكسير وتفتيت المواد فقط دون تغير في التركيـب الكيميـائى للمادة، وهذا ما يطلق عليه بالتجوية الطبيعية، وبالتالي يتكون نـوع مـن القطـاع الأرضي، وهو عبارة عن طبقة مفككة لها نفس تركيب مادة الأصل الموجودة تحتها.

أما بالنسبة للأراضي المنقولة، فإنه في هذه الحالة يتكـون قطاعهـا مـن طبقـات أخـرى مختلفة تماما عن مادة الأصل سواء في الشكل أو القوام، والتي تم نقلهـا عـن طريـق الميـاه مثل الأراضي الرسوبية النهرية والتي تقع على جـانبي الأنهـار، أو بالريـاح مثـل الأراضي المسامية الناتجة من ترسيب الحبيبات الرملية المحمولة مع الرياح مثـل الأراضي الـسفحية الناتجة من فعل التعرية الطبيعي للتلال الجبلية والتي تتساقط من أعلى عن طريـق الجاذبيـة الأرضية.

وتتكون الأراضي من ثلاث حالات في صور مختلفة وهي:

1- **الحالة الصلبة**: وهذه الحالة تشمل حبيبات التربة المعدنية والمادة العـضوية الناتجـة من انحلال الصخور الأصلية إلى حبيبات دقيقة، والتي تختلف أحجامها فيما بينها لتـصل إلى أحجام أكثر دقة والتي يطلق عليها الطين ويكون قطرهـا أقـل مـن 0.002 ملـم بينـما السلت يكون من 0.02 – 0.002 ملم، أما الرمل الناعم يكون قطـره مـن 0.2- 0.02 ملم، وأما الرمل الخشن يكون قطره 2- 0.2 ملم، بينما الحصى أو الزلط يكون قطره أكـبر من 2-5 ملم، حـصى خـشن 5- 10 ملـم، وأحجـار صـغيرة جـدا مـن 10-25 ملـم، أحجار صغيرة 25-50 ملم، أحجار متوسطة 100 -200 ملم، أحجار كبيرة أكبر من 200 ملم.

2- **الحالة السائلة**: وهذه الحالـة تـشمل المـاء الأرضي، والـذي يكـون مـصدره إمـا الأمطار أو الري والذي يرشح ويصرف رأسيا في باطن التربـة ويتخلـل المـسام الأرضـية ويحدث تفاعل مع حبيبات التربة مما يؤدي إلى إذابة بعـض المـواد القابلـة للـذوبان، وقـد يشغل المحلول الأرضي كل المسافات البينيـة مثـل الأراضي الغدقـة أو يـشغل جـزءًا مـن المسافات البينية بالأراضي جيدة الصرف.

3- الحالة الغازية: وهذه الحالة تشمل الهواء الأرضي والذي يكون مصدره الأساسي هو الهواء الجوي، وعادة ما يختلط بالماء الأرضي والحبيبات الأرضية، مع زيادة تنفس الجذور وانطلاق ثاني أكسيد الكربون وقلة الأكسجين، مما يزيد تركيزهما في داخل التربة عنه في الهواء الجوي، وقد يشغل كل المسافات البينية أو جزءا منها، وذلك حسب حالة التربة من حيث تشبعها بالماء الأرضى الكامل أو الجزئى.

وتعتبر الأرض الزراعية soil هي المهد الطبيعي لنمو النبات، وفيها تمتد وتتعمق جذوره لكي يبحث عن الماء والغذاء، وبالتالي يتأثر نمو النبات بخواص هذا المهد وقدرته على إمداد النبات باحتياجاته من العناصر الغذائية المختلفة بالكميات المناسبة وفى الوقت المناسب.

وعلى قدر التوازن والتكامل في العناصر الغذائية الموجودة في بيئة الجذور على قدر ما ينمو النبات نموًّا طبيعيًّا ويغل محصولًا جيدًا، ولكن إذا اختل التوازن الغذائي في بيئة الجذر من نقص عنصر أو أكثر عن المستوى المطلوب للامتصاص أو زاد تركيز عنصر أو أكثر فإن ذلك ينعكس على توازن هذه العناصر داخل أنسجة النبات والتي يتلوها خلل في النمو الطبيعى والذي يترتب عليه نقص في كمية المحصول أو جودته، وبالتالي ينعكس على صحة الإنسان.

المادة العضوية في التربة: Organic matter in the soil

تعد المادة العضوية من المكونات المهمة جدًّا للتربة ذات النشاط الكيميائى، ويختلف محتوى الأراضي من المادة العضوية، حيث تكون نسبتها في أراضي المناطق الجافة ذات المناخ الحار منخفضة، وتتكون المادة العضوية من مخلفات النباتات والأحياء، وأهمها: الجذور والأوراق المتساقطة، ومخلفات المحاصيل عند الحصاد، وتتكون كذلك من الكائنات الحية الأرضية الدقيقة مثل: البكتيريا-الطحالب-الفطريات والديدان الأرضية. وتوجد في حالة مخلوط مع معدن التربة، ونجد أنه تحت الظروف الحقلية تعد مخلفات المحاصيل والتسميد الأخضر والأسمدة العضوية الصناعية ومخلفات مزارع الدواجن من المصادر الأساسية للمادة العضوية في التربة الزراعية. ومما سبق يتضح أن غالبية المادة العضوية من بقايا النباتات، وعلى ذلك فهي تحتوي على جميع العناصر الغذائية الضرورية لنمو النبات، وبنفس نسب تواجدها داخله، وتؤدي مهاجمة الكائنات الحية الدقيقة في الأرض للمادة العضوية (والتي تستخدمها كمصدر للطاقة) إلى تغيرات في

كميات العناصر الغذائية المكونة لها وفي نسب هذه العناصر بعضها البعض؛ حيث تُفقد بعض العناصر مثل الكربون والأكسجين والأيدروجين بكميات كبيرة، والبعض الآخر مثل النيتروجين والفوسفور والكبريت بكميات أقل. وتعمل الكائنات الحية كذلك على تحسين التهوية في التربة، حيث إنها تصنع أنفاقًا في باطن الأرض، كما يمكن زراعة محصول بغرض قلبه في التربة كسماد أخضر قبل موسم الزراعة وذلك لتحسين المادة العضوية بالتربة، وبالتالي نُحد من استخدام الأسمدة المعدنية وكذلك نقلل من تكاليف الإنتاج والحد من التلوث في الماء الأرضي. ويجب أيضًا ألا نغفل عن أهمية تعاقب المحاصيل البقولية مع المحاصيل الأخرى باتباع تطبيق الدورات الزراعية المناسبة لكل منطقة.

زيادة وحفظ المادة العضوية في التربة:

تتواجد في المناطق الجافة كميات قليلة جدًّا من المواد العضوية (الدبال) في التربة، وتتراوح درجة حموضة التربة السطحية من الحامضية الضعيفة إلى القاعدية، ويكون النشاط البيولوجي منخفضًا في الفترات التي تتزامن مع هطول الأمطار وكذلك يكون محتوى المادة الغذائية في التربة منخفضًا أيضًا.

ويمكن زيادة وحفظ المادة العضوية في الأراضي الموجودة بالمناطق الجافة الحارة، وذلك باتباع الطرق التالية:

1- تطبيق الدورات الزراعية الملائمة والتي بدورها تؤدي إلى تحسين مستوى المادة العضوية في التربة، بحيث يتم زراعة محاصيل بقولية والتي تؤدي إلى زيادة المادة العضوية في التربة متعاقبة مع المحاصيل النجيلية التي تعد شرهة للمادة العضوية خاصة محصول الذرة الشامية، وأن الزراعة في سطور باستمرار يجب أن يعقبها زراعات متكاثفة، وكذلك الزراعة على خطوط مثل البقوليات؛ حيث إن هذا بدوره يؤدي إلى تحسين المادة العضوية بالتربة.

2- ترك مخلفات المحاصيل السابقة في التربة، وكذلك يمكن ترك السيقان الخاصة بالمحاصيل النجيلية بعد إزالة النورات الموجودة في أعلى السيقان، مما يؤدي إلى زيادة المادة العضوية في التربة.

3 - ترك التربة بدون زراعة يؤدي إلى زيادة درجة حرارة التربة، وبالتالي تتناقص المادة

العضوية، أما ترك التربة مغطاة بمحاصيل منزرعة فإن ذلك يؤدي إلى أن تكون درجة حرارة التربة أقل، مما يؤدي إلى زيادة المادة العضوية بالتربة.

4 - إضافة المادة العضوية مباشرة إلى التربة، وهذه المادة تتمثل في المخلفات العضوية مثل: المخلفات الحيوانية، الأسمدة البلدية، زرق الحمام، مخلفات الصرف الصحي، مخلفات اسطبلات الخيل، وغيرها.

5- التسميد الأخضر مثل البرسيم أو المحاصيل البقولية الأخرى، وكذلك بعض أعشاب المحاصيل النجيلية أو الخليط بينهما، بحيث تترك هذه النباتات في التربة بدلا من حصادها، ويتم قلبها في التربة لتتعفن وتتحول إلى مواد عضوية.

6 - قلة حرث التربة، حيث إنها تؤدي إلى هدم المواد العضوية في التربة، وتؤدى أيضا إلى قلة انجراف الطبقة السطحية من الأرض، حيث إن هذه الطبقة هي التي يتركز بها المحتوى العالي من المادة العضوية، حيث إن ارتفاع درجة الحرارة خاصة في الآونة الأخيرة نتيجة لحدوث ظاهرة الاحتباس الحراري، والتي أدت إلى ارتفاع ملموس في درجات الحرارة، وكذلك ارتفاع عنصر الكالسيوم في التربة المصرية، كل هذا يؤدي لتشجيع احتراق المادة العضوية وزيادة الدبال في الطبقة السطحية عن الطبقة تحت السطحية.أى أن هذه الأراضي تحتاج إلى طرق حراثة خاصة بصيانة الأراضي.

7- زيادة مستوى رطوبة التربة يؤدي إلى زيادة نمو النباتات إلى تنمو في هذه التربة، حيث إن هذه النباتات الخاصة تؤدي إلى زيادة المادة العضوية في التربة.

والدبال: عبارة عن المادة العضوية السمراء بالتربة والتي تحللت في جميع مراحل تحللها وهي الجزء المهم من النظام الغروي للأرض والتي تقوم بامتصاص معظم العناصر الضرورية لنمو المحاصيل.

كيفية حصول النبات على حاجته من العنصر الغذائي:

أى عنصر غذائى يوجد في أكثر من صورة في النظام الأرضي، والنبات يمتص العنصر الغذائي في صورته الأيونية وهذه الصورة تكون ذائبة في المحلول الأرضي. إلا أن مقادير هذه الصورة قد تكون قليلة جدًّا وقد لا تفي بحاجة النبات. بينما الجزء الأكبر منه يتواجد على صورة غير ذائبة، ويكون مرتبطًا بالطور الصلب من الأرض، وذلك إما داخلة في تركيب المعادن الأرضية أو مدمصًا على أسطح الغرويات الأرضية -المعدنية منها

والعضوية- أو متداخلة في تركيب المادة العضوية.

وعند امتصاص النبات للعناصر الغذائية من المحلول يقل تركيز هذه العناصر في المحلول الأرضي وخاصة في المناطق المحيطة بالجذر. ويتبع ذلك انطلاق كمية من العناصر الموجودة داخل الجزء الصلب أو المتبادلة على أسطحه إلى المحلول الأرضي، وبالتالي يرتفع تركيزها مرة أخرى.

وتتم عملية حصول النبات على حاجته من العنصر الغذائي كما في الخطوات التالية:

1- انتقال العنصر الغذائي خلال المحلول الأرضي إلى جذر النبات.

2 - امتصاص العنصر (الأيون) بواسطة الجذر.

3- انتقال العنصر داخل النبات من الجذر إلى الأجزاء الهوائية.

ويعد العنصر (أي عنصر) ضروريًّا للنبات إذا ما توفرت فيه الشروط التالية:

دخول العنصر في تركيب الجزيء أو المركب الأساسي في الكائن الحي مثل دخول عنصر النيتروجين في جزيء البروتين، وعنصر الماغنيسيوم في جزيء الكلورفيل، المولوبيدنيوم في إنزيم نترات الريديوكتاز الموجود في بكتيرويد العقد الجذرية فيزيد كفاءة العقد وغيرها من العناصر الأخرى.

يؤدي نقص العنصر لنمو النبات بصورة غير طبيعية ولا يكمل دورة حياته مثال ذلك، أو تكوين بذور ليست بها حيوية أو موت النبات قبل مرحلة النضج.

يكون تأثير العنصر تأثيرًا مباشرًا على نمو النبات أو الأيض الحيوي.

مصادر العناصر الغذائية للنبات: Plant Nutrition Sources

يمكن تحديد مصادر العناصر الغذائية للنبات في مصدرين أساسيين، هما:

أ- العناصر الموجودة أصلاً في التربة: Native sources

ومنها المعادن الأرضية ونواتج تحلل المخلفات النباتية والمادة العضوية بالتربة.

ويعتبر النبات كائنًا حيًّا مثل الكائنات الحية الأخرى، ويتأثر بالظروف المحيطة به ويؤثر أيضًا على الكائنات الأخرى التي تعيش معه ويتأثر بها. وتؤثر المواد الأساسية اللازمة لبناء غذائه (كالماء، الطاقة الشمسية، ثانى أكسيد الكربون، والعناصر الغذائية)

من الوسط البيئي تأثيرًا مباشرًا أو غير مباشر على نمو وتطور البنات.

وخصوبة الأرض ترجع أصلًا للمادة الصخرية والعضوية التي تكونت منها الأرض، وهناك عديد من العوامل التي تؤثر عليها، وهي ما تعرف بعوامل تكون الأراضي، ومنها:

1- المناخ 2- الزمن 3- الغطاء النباتى 4- النشاط الحيوي.

وجميع هذه العوامل تعمل على صياغة مادة الأصل لكي تنتج القشرة الأرضية والتي يطلق عليها التربة أو الأرض الزراعية.

ب- العناصر المضافة للتربة: Added sources

والتي تتمثل في إضافة الأسمدة الكيميائية والأسمدة العضوية للتربة.

ويجب معرفة أن كل العناصر الغذائية الموجودة في التربة تخضع للعديد من العمليات التي قد تحد أو تزيد من ذوبانها وبالتالي تؤثر على الصورة والكمية الصالحة منها للنبات. وهذه العمليات تختلف من عنصر إلى آخر، وقد تكون هذه العمليات إما حيوية أو كيميائية تتم في الطبيعة.

العمليات التي تقلل أو تزيد من ذوبان العناصر الغذائية:

أولاً: العمليات الحيوية التي تقلل من ذوبان العناصر المغذية:

يحدث امتصاص تلك العناصر بواسطة الكائنات الأرضية الدقيقة Microflora وتمثيلها داخل أجسامها، وهذه العملية تعرف باسم **عملية التمثيل Immobilization**:

ويقصد بعملية التمثيل تحول العنصر من الصورة المعدنية إلى الصورة العضوية. ولكن بعد موت هذه الكائنات يحدث لها تحلل بحيث تنطلق هذه العناصر مرة أخرى وتصبح في صورة صالحة وهذه العملية تعرف باسم عملية المعدنة Mineralization.

والمعدنة عملية عكس العملية السابقة، أى يحدث فيها تحول العنصر من الصورة العضوية وغير الصالحة للنبات إلى الصورة المعدنية الميسرة للامتصاص. وهذه العملية الحيوية تعتبر ذات أهمية كبيرة بالنسبة للنيتروجين، ومتوسطة بالنسبة للكبريت والفوسفور.

ثانيا: العمليات الكيميائية التي تحد من ذوبان العناصر المغذية:

ينتج عن هذه العمليات الكيميائية عملية الترسيب للعناصر وجعلها في صورة غير

صالحة للنبات، ويعتبر عنصر الفوسفور أكثر العناصر تأثرًا بهذه العملية، وأيضًا حدوث تقييد لبعض العناصر وخاصة الكاتيونات الموجبة الشحنة منها، وذلك نتيجة لإدمصاصها على أسطح غرويات الطين أو بين الوحدات البللورية لمعقدات التبادل، ويعد كل من أيوني البوتاسيوم والأمونيوم أكثر الكاتيونات تثبيتًا بهذه الطريقة.

ومن المهم ملاحظة أنه بالنسبة لكل العناصر الغذائية تقريبًا أو الغالبية العظمى منها تكون الكمية الميسرة للنبات قليلة جدًّا -وفي أى وقت- بالنسبة للكمية الكلية من ذات العنصر.

العناصر الغذائية الضرورية للنبات:

أولاً: العناصر المغذية الكبرى:

تعد العناصر الكبرى هي العناصر التي يحتاجها الكائن الحي في نموه وتكشفه بكميات كبيرة نسبيًّا، وتقدر في النبات بحوالي 1000 ميكروجرام أو أكثر لكل جرام من المادة الجافة، وهي الكربون والأكسجين، ويستفيد النبات من هذه العناصر الآتية: الهواء الجوى، والأيدروجين، والأكسجين، يستفيد النبات منها ومن الماء- النيتروجين – الفوسفور – البوتاسيوم – الكالسيوم – الماغيسيوم – الكبريت – الصوديوم وذلك عن طريق امتصاصها من التربة.

النيتروجين في التربة: Nitrogen in soil

يختلف النيتروجين عن معظم العناصر الغذائية الموجودة بالتربة الزراعية في أن مصدره الأصلي هو الهواء الجوى (إذ يشكل النيتروجين حوالي 79٪ من حجم الهواء الجوى)، في حين لا تحتوى الصخور الأصلية ومعادن التربة على عنصر النيتروجين. ولذلك فمحتوى النيتروجين في التربة عادة تحت ظروف زراعة المناطق الجافة وشبه الجافة لا تكفى احتياجات المحاصيل المنزرعة، ولكن يوجد جزء قليل منه وهذا الجزء هو الموجود في المادة العضوية القليلة في مثل هذه الأراضي، وكذلك فإن عنصر النيتروجين يعتبر من أكثر العناصر إضافة للتربة في صورة أسمدة نيتروجينية معدنية مثل نترات نشادر واليوريا وكبريتات النشادر.

ولا تستطيع النباتات النامية الاستفادة من النيتروجين الغازي N_2 مباشرة إلا بعد أن

يدخل في سلسلة من التفاعلات والتي تقوم بها كثير من الأحياء الدقيقة الموجودة بالتربة والتي تعيش إما حرة في التربة أو تعيش معيشة تكافلية في داخل جذر النبات، حيث تثبت النيتروجين الغازي وتحوله إلى نيتروجين عضوي (عملية التمثيل) داخل أجسامها في صورة أحماض أمينية وبروتينات، وعند موت هذه الكائنات فإن النيتروجين العضوي الموجود بها تحت ظروف معينة يتحلل وينتج نيتروجين معدني (عملية المعدنة) في صورة أمونيوم (NH_4^+) ثم نترات (NO_3^-).

وتختلف الأراضي الزراعية في محتواها من النيتروجين، وذلك لوجود ارتباط بين هذه الكمية وعدة عوامل أخرى بعضها يتعلق بالظروف البيئية والأخرى تتعلق بطبيعة النبات المنزرع وصفات الأرض الطبيعية والكيميائية.

ويعد النيتروجين في صوره المختلفة من أكثر العناصر الغذائية استخداما في زيادة إنتاجية محاصيل الحبوب وغالبًا ما يضاف إلى التربة في صورة أسمدة معدنية وجزء قليل يضاف كسماد عضوي، ولكن وجد أن نسبة كبيرة من هذه الأسمدة النيتروجينية المعدنية يتم فقدها إما خلال عملية عكس التأزت للنترات (NO_3^-) أو فقد النيتروجين في صورة غازية وكذلك عن طريق الفقد السطحي وتطاير الأمونيا (NH_3^+) أو الغسيل في باطن الأرض أو امتصاص النبات للعناصر.

كما وجد أن الإمداد المستمر بالسماد النيتروجيني المعدني للتربة يؤدي إلى فقد كميات كبيرة من النترات (NO_3^-) السالبة الشحنة والتي لا يتم إدمصاصها على غرويات التربة، وذلك عن طريق التسرب في باطن الأرض، وبالتالي يؤدي إلى تلوث الماء الأرضي بالنترات، علاوة على أن المستوى العالى من الأمونيا والنترات يؤثران تأثيرًا سيئًا على مستوى تثبيت النيتروجين تكافليًّا مع البكتيريا العقدية، مما يؤدي إلى تناقص أعداد البكتريا وقلة حجم العقد. كما وجد أن إضافة النيتروجين المعدني لمحصول مثل الذرة الشامية يعد مشكلة موجودة في معظم بلدان العالم النامية، حيث لا يتمكن صغار المزارعين من شراء الكميات المقررة من السماد نظرًا لارتفاع أسعارها بالنسبة لأسعار الغلة الناتجة من وحدة المساحة، مما يؤدي إلى ارتفاع تكاليف الإنتاج.

ويعد عنصر النيتروجين من العناصر الغذائية المهمة في تغذية النبات ويحتاجه النبات بكميات كبيرة، حيث يمثل القدر الأكبر للمكونات العضوية الأساسية في النبات والتي تشمل البروتينات والإنزيمات والأحماض النووية والكلورفيل. ويجب ألا يزيد تركيز

النيتروجين عن 1.5-2٪ من الوزن الجاف للنبات؛ لأن زيادة النترات يؤدي لتراكم في الأجزاء المأكولة من النبات كالأوراق والثمار مما يسبب مشاكل خطيرة للإنسان عندما يتغذى عليها مثل ارتفاع البولينا في الدم والفشل الكلوى وسرطان المعدة والمرئ – علاوة على التلوث النتراتى في التربة وذلك نتيجة لتسربه للماء الأرضي.

وقد أوضح الرضيمان (2004) عند دراسته على النترات وتأثيرها على البيئة أن أيون النترات يتراكم في أنسجة الخضراوات والمياه والأغذية الأخرى بمستويات تتعدى الحد المسموح به محليًا وعالميًا، مما يؤدي إلى الآثار السيئة على صحة الإنسان والحيوان، حيث إن النترات من أكثر الأنيونات ذوبانًا في الماء وتحتل النترات المرتبة الثانية بعد المبيدات الحشرية في قائمة المواد الكيمائية التي تهدد بالتلوث الكيميائى للمياه الجوفية، ويعتقد حاليًا أن الاستخدام الزائد وغير المدروس للأسمدة النيتروجينية والعضوية بهدف رفع القيمة الغذائية قد يؤدي إلى تراكم تركيزات عالية من النترات على إثر أكسدة هذه الأسمدة ميكروبيًا في التربة. وإذا لم يتم امتصاصها وتمثيلها إلى أحماض أمينية وبروتينات أو زاد تركيزها عن الحد المسموح فإنها تعتبر من أهم المواد الملوثة للبيئة، حيث إن وكالة حماية البيئة الأمريكية ذكرت أنها تعتبر إحدى المادتين (النترات والبكتيريا) اللتان تشكلان خطرًا على الصحة إذا تعديتا حدودها المسموح بها.

الفوسفور في الأراضي: Phosphorus in soil

يعتبر عنصر الفوسفور أحد العناصر الكبرى المهمة للنبات، ويتشابه مع النيتروجين في مدى أهميته بالنسبة للنبات، على الرغم من وجوده في أنسجة النبات بكميات أقل من عنصري النيتروجين والبوتاسيوم، حيث يمتص النبات هذا العنصر لسد احتياجاته لمختلف العمليات الحيوية مثل: عمليات التمثيل الضوئى، وتكوين النوايا، وانقسام الخلايا، وتكوين البذور، وتنظيم العمليات الخلوية، ونقل الصفات الوراثية. كما أن للفسفور دورًا أساسيًا في تكوين مركبات الطاقة. وتختلف الأراضي في محتواها من الفوسفور الكلي متأثرة بالعديد من العوامل، ومن أهمها: مادة الأصل- الاستغلال الزراعي – المناخ.. إلخ. وبصفة عامة يكون محتوى الأراضي من الفوسفور الكلي Total Phosphorus (P) في مدى يتراوح مابين 0.2-0.15، وهذه الكمية تكون مرتبطة بوجود المادة العضوية؛ حيث يمثل الفوسفور العضوي من 20-80٪ من الفوسفور الكلي.

صور الفوسفور في الأراضي: Forms of soil phosphorus

كما هو معروف أن الفوسفور المعدني هو المصدر الرئيسي والأساسي للفوسفور في الأراضي الزراعية؛ حيث إنه مع بداية تكوين الأراضي لا يكون بها إلا الفوسفور المعدني والناتج من تجوية مادة الأصل التي يكون الفوسفور أحد مكوناتها، ثم بعد ذلك ومع استغلال هذه الأراضي زراعيًّا يُمتص هذا الفوسفور بواسطة النباتات والكائنات الحية الدقيقة الموجودة بالتربة الزراعية، ويصل أيضًا إلى الحيوانات التي تتغذى على هذه النباتات، وبالتالي يتحول جزء من هذا الفوسفور المعدني إلى فوسفور عضوي داخل أنسجة هذه الكائنات ضمن المركبات العضوية التي يدخل الفوسفور في تركيبها. وبعد موت هذه الكائنات الحية وتحلل بقاياها يعود الفوسفور مرة أُخرى إلى الأرض في صورة عضوية وأخرى غير عضوية. وقد أكدت المراجع العلمية أن نسبة الفوسفور الكافية لاحتياج النبات لا تتعدى 2٪ من الوزن الجاف – ويجب عدم زيادة الفوسفات الذائبة في التربة؛ حيث إنها تقلل من امتصاص عنصري الحديد والزنك من محلول التربة رغم وجودها بكميات كبيرة في التربة وكافية لنمو النبات، وبالتالي يحدث خلل في اتزان العناصر داخل أنسجة النبات.

والفوسفور موجود في المعادن والصخور التي تكون الأراضي وموجود أيضًا في المادة العضوية، ولكن الجزء الصالح الذي يمكن أن يمتصه النبات هو قليل جدًّا، وذلك نتيجة لتحول جزء كبير من الأسمده الفوسفاتية من الصورة الذائبة الصالحة للامتصاص إلى صورة أخرى مترسبة وغير صالحة للامتصاص، مما يؤدي إلى إضافة الأسمدة الفوسفاتية بصورة مستمرة للمحاصيل المختلفة.

البوتاسيوم: Potassium

يعتبرالبوتاسيوم عنصرًا من العناصر الثلاثة المغذية الكبرى المهمة للنبات، وذلك مع النيتروجين والفوسفور (NPK)؛ حيث يمتص بواسطة النباتات بكمية تفوق باقي العناصر فيما عدا النيتروجين، وفي بعض الأحيان الكالسيوم.وعلى عكس العناصر الكبرى الأخرى، فإنه لم يثبت حتى الآن دخول عنصر البوتاسيوم في بناء المركبات العضوية الضرورية واللازمة لاستمرار وجود النبات. وبالرغم من هذه الحقائق فإن البوتاسيوم عنصر لا غنى عنه، ولا يمكن لعنصر آخر مشابه له كالصوديوم أو الليثوم أن يحل محله تمامًا، إذ يوجد البوتاسيوم دائمًا على هيئة مركبات غير عضوية ذائبة، ولو أنه

يتحد أيضًا بالأحماض العضوية، ويدخل هذا العنصر في تكوين الكربوهيدرات والبروتين وما ينشأ عنها من مركبات أخرى، ويعمل على تنظيم محتويات الخلية من الماء، ويساعد في عملية تكثيف المركبات البسيطة إلى مركبات معقدة كما أنه ينشط الإنزيمات ويقلل من التأثير الضار، وذلك عند إضافة كميات كبيرة من النيتروجين، كما أنه يعطي صلابة للنبات، وكذلك فهو مهم أيضًا في عملية التمثيل الضوئي. ويوجد هذا العنصر بكميات كبيرة في الأعضاء الحديثة السن النشيطة النمو، وخاصة البراعم والأوراق الصغيرة وقمم الجذور وخصوصًا في سائل الخلية Cell sap والسيتوبلازم، في حين أنه قليل التركيز في البذور والأنسجة الناضجة. وينتقل البوتاسيوم -وبحرية تامة- خلال الأنسجة، ولذلك يستطيع النبات أن يعيد استخدامه مرة أخرى بانتقاله من الأنسجة القديمة إلى الأنسجة النامية.

ويعتبر البوتاسيوم من أكثر العناصر شيوعًا بالقشرة الأرضية، حيث يمثل 0.3 – 2.5٪ من المكونات المعدنية للقشرة الأرضية. ويدخل البوتاسيوم في تركيب بعض المعادن التي تصبح غنية في محتواها من هذا العنصر، وعندما تتركز هذه المعادن في بعض الأماكن تعتبر هذه المناطق مناجم تمد العالم بكميات كبيرة من أملاحه. ويوجد البوتاسيوم في المعادن الأولية Primary minerals والتي تعتبر المصدر الأساسي للبوتاسيوم مثل الفلسبارات البوتاسية Potash feldspars ، كذلك يوجد البوتاسيوم في كثير من المعادن الثانوية (الطين)، وعلى هذا تكون الأراضي الغنية في الطين ذات محتوى أكبر من البوتاسيوم مقارنة بالأراضي الرملية أو العضوية. وبالرغم من وجوده في الأراضي الطينية بكمية أكبر إلا أن محلولها الأرضى لا يحتوي على كميات كبيرة منه بسب إدمصاص هذا الكاتيون على أسطح حبيبات الطين، ولكن هناك توزان دائمًا بين هذه الكمية المدمصة والذائبة في المحلول الأرضى. وقد تم تحديد تركيز البوتاسيوم الكافي في أنسجة النبات بحوالي 1٪ من الوزن الجاف. وأن زيادة تركيز العنصر في محلول التربة يؤدي إلى قلة امتصاص عنصري الكالسيوم والماغيسيوم بواسطة جذور النبات، وبالتالي ظهور أعراض نقصهما على النبات، مما يؤثر على المحصول كمًّا ونوعًا.

وعادة، فإن الأراضي الصحراوية المستصلحة مثل الأراضي الرملية والجيرية تكون فقيرة في محتوى البوتاسيوم مما يؤدي إلى إضافته في صورة كبريتات بوتاسيوم، ولكن بكميات أقل من الأسمدة النيتروجينية والفوسفاتية؛ حيث إن التربة تقوم بمد النبات

بجزء من هذا العنصر، بينما في أراضي الوادي والدلتا يكون موجودا بكمية كبيرة في المعادن المكونة للتربة.

وقد ذكر Arama and Darmuat (1996) أن الأفرع يحدث لها قصر في السلاميات، وذلك نتيجة لنقص البوتاسيوم ويتغير لون الأوراق نتيجة لنقص بعض العناصر المغذية ويزيد سمك الجذور كاستجابة للتركيزات العالية للألومنيوم في التربة.

ثانيًا: العناصر المغذية الصغرى: Micronutrient Elements

العناصر الضرورية للنبات عددها ستة عشر عنصرًا، وتم تقسيمها على أساس كميتها ومدى احتياج النبات لها إلى قسمين هما: العناصر الكبرى وهي NPK ، والعناصر الصغرى وهي التي يحتاجها النبات بكميات قليلة نسبيًّا وتقدر في النبات بأقل من 100 ميكروجرام/ جرام مادة جافة، وتشمل: **الزنك -الحديد -المنجنيز -البورون -النحاس- المولوبيدنيوم - الكلوريد**. بالإضافة إلى الكوبلت والذي تحتاجه بعض النباتات، وبالتالي لا يعتبر من العناصر الضرورية لكل النباتات. أيضًا وجد أن هناك بعض العناصر الأخرى تستجيب لها بعض النباتات عند وجودها في التربة مثل: الصوديوم، والسليكون، والفانديم. ويجب ألا تزيد أو لا تقل عن: 50-100 جزء في المليون لعناصر الحديد والمنجنيز والكلورين، 20-25 جزء في المليون لعناصر الزنك والبورون، 5-10 جزء في المليون للنحاس، 0.1 جزء في المليون لعنصر المولوبيدنيوم والكوبلت. أما عنصري الصوديوم والسيليكون فإن النباتات تحتاجها بكميات قليلة جدًّا، وهي متوفرة في جميع الأراضي إلا في الأراضي الملحية أو المتأثرة بالملوحة؛ لذلك فإنه يجب عدم إضافة هذه العناصر الصغرى بكميات زائدة مما يسبب خللًا في التوازن العنصري داخل النبات وبالتالي ينخفض المحصول.

والعناصر الصغرى توجد في النبات بكمية قليلة بالمقارنة بالعناصر الكبرى.

وللعناصر الصغرى دور مهم في عملية تثبيت النيتروجين، **فعلى سبيل المثال**: نجد أن عنصر **المولوبيدنيوم** يدخل في تركيب إنزيم النيتروجيناز، وأيضًا في إنزيم نترات الريديوكتاز (Nitrate reductase) الموجود في بكتيريويد العقد الجذرية، مما يؤدي إلى زيادة كفاءة العقد، وعند نقصه أو غيابه تفقد العقد القدرة على التثبيت. إن إضافة **المولوبيدنيم** إلى بذور فول الصويا عن طريق النقع أدى إلى زيادة عدد ووزن العقد الجذرية لكل نبات وقد أدى ذلك أيضًا إلى زيادة محصول البذور والمحصول البيولوجي.

وكذلك عنصر **البورون** فإنه ضروري لتكوين العقد، وكذلك عنصري الكوبالت والنحاس ذوي و أهمية لعملية التثبيت.

إن عنصر **الحديد** مهم لحياة النبات لأنه يعمل كمساعد في تكوين الكلورفيل، كما يتمتع بخاصية الأكسدة والاختزال، والتي تعتبر من أهم العمليات في نقل الإلكترون في كثير من العمليات الحيوية داخل النبات.

المنجنيز: من أهم العناصر اللازمة لعملية التمثيل الضوئي في النبات.

النحاس: مسئول عن حيوية حبوب اللقاح وتكوين مادة اللجنين التي تدعم النبات ضد الرياح.

وتوجد العناصر الصغرى في تركيب المعادن الأولية مثل **الزنك** و**البورون**، أو في التركيب الكيميائي للمعادن المكونة للأرض مثل: **الحديد والمنجنيز والنحاس**.

ونجد أن العناصر الصغرى في التربة في تناقص مستمر، وذلك نتيجة للأسباب التالية:

1- **التكثيف الزراعي**: زراعة أكثر من محصول على نفس المساحة من الأرض، أو زراعة محاصيل عالية الإنتاج قصيرة العمر مما يؤدي لاستنزاف كميات كبيرة منها.

2- عدم إضافة مادة عضوية وأسمدة بلدية.

3- عدم تعويض التربة عن الفقد المستمر لهذه العناصر خاصة بعد حجز طمي النيل أمام السد العالي.

* * *