أهمية العناصر الغذائية في نمو النبات

يختص علم تغذية النبات Plant nutrition بدراسة كافة العمليات التي لها علاقة بكيفية حصول النبات على احتياجاته من العناصر الغذائية المختلفة وكيفية امتصاصها وتتبع دخولها من البيئة المحيطة بالنبات (التربة والجو) الى داخل السيتوبلازم والفجوة العصارية في الخلية النباتية ودراسة الفرضيات والنظريات المتعلقة بامتصاصها والعوامل التي تؤثر في جاهزيتها وامتصاصها بواسطة الجذور وتشخيص أعراض نقصها وسميتها ودراسة العناصر النادرة Trace element كما يهتم هذا العلم بدراسة الوظائف الفسلجية المختلفة للعناصر الغذائية وتوضيح دورها في ايض النبات ومن ثم نموه وتكشفه.

تعد أهمية تغذية النبات فريدة من نوعها لأنها ضرورية في ديمومة الحياة على سطح الأرض لذا فان هذا العلم مهم لحياة الانسان لأن كل الأشياء مكونة من ذرات العناصر الغذائية والتي مصدرها من المعادن والصخور والمحيطات والهواء الجوي، فالصخور والمعادن بعد تجويتها تتحول الى تربة أما المحيطات والبحار فتتكون منها البحيرات والأنهار والجداول وبالتالي تتحول هذه العناصر الغذائية الى نباتات كبيرة وصغيرة كالرز وأشجار الخشب الأحمر العملاقة التي قد يصل ارتفاعها الى أكثر من 100 متر وبعدها فان الانسان والحيوان سيتغذيان على هذه النباتات.

تعد النباتات الخضراء على اليابسة والطحالب والنباتات في المحيطات والبحار والبحيرات والأنهار هي أهم الكائنات في عالمنا الحي لقيامها بعملية التمثيل الضوئي اذ تحول الطاقة الشمسية الى طاقة كيميائية تستغلها هذه الكائنات لتأدية وظائفها الحيوية المختلفة، يكون الماء حوالي 85% من وزن النبات و15% يتكون من المادة الجافة التي تتألف من السليلوز وانصاف السيليلوز واللكنين والبكتين والسيتوبلازم الذي يتكون أصلاً من البروتينات والأحماض النووية والدهون والانزيمات والفيتامينات، ان المادة الجافة للنبات تتكون من قسمين هما: الجزء المعدني والجزء العضوي.

حاجة النبات للغذاء يرجع الى ثلاثة اسباب هي:

1- بناء البروتوبلازم وكل الانزيمات اللازمة للعمليات الحيوية الضرورية للنمو (ايض).

2- بناء الانسجة لتدعم وتحافظ على البروتوبلازم (ايض).

3- نقل المواد الغذائية من عضو نباتي الى اخر للاستفادة منه في العمليات الحيوية المختلفة (ايض).

تقسيم العناصر الغذائية على اساس وظائفها الفسيولوجية والحيوية:

جميع العناصر الغذائية مهمة لنمو النبات كونها تدخل في بناء وتكوين العديد من المركبات العضوية او تساعد في تكوينها فضلاً عن أدوارها في تنشيط وفعالية الانزيمات وغيرها، وتقسم بصورة عامة الى الاتي:

المجموعة الاولى: (S, C, H, O, N):

أ- تدخل في تركيب مادة النبات العضوية (الكربوهيدرات، البروتينات، الدهون).

ب- تنشيط الانزيمات.

المجموعة الثانية: (P, B, SI): تشارك في انتقال الطاقة وتكوين مجاميع الاسترات.

المجموعة الثالثة: (K, Na, Mg, Ca, Mn, Cl):

أ- المحافظة على الجهد الأسموزي للخلايا النباتية.

ب- تكوين الانزيمات والبروتينات.

المجموعة الرابعة: (Fe, Cu, Zn, Mo): نقل الالكترونات التي تدخل في عملية الأكسدة والاختزال التي تحدث داخل النبات.

المركبات المخلبية: Chelate Compounds

تعني ان تكون ذرة العنصر المعدني محاطة بمواد عضوية مرتبطة برابطتين او أكثر لتكوين تركيب حلقي حول العنصر.

ان تكوين المركبات المخلبية مع العناصر الغذائية الصغرى لها أهمية لأنها تكون مركبات ثابتة مما يوفر الحماية لها من الانفراد الى محلول التربة وبالتالي تكون غير معرضة لعمليات الترسيب خصوصا تحت الظروف القاعدية (الترب العراقية) وسريعة الذوبان في الماء وتوفر استفادة أكبر للنبات من العناصر الصغرى المضافة للتربة على هيئة مركبات مخلبية على العكس مما لو اضيفت على هيئة املاح. تستخدم المركبات المخلبية على نطاق واسع في تسميد اشجار الفاكهة والبساتين ومحاصيل الخضر.

تقسيم العناصر الغذائية:

تقسم العناصر الغذائية حسب الكمية التي يحتاجها النبات إلى:

العناصر الغذائية الكبرى Macro elements:

هي العناصر الغذائية التي يحتاجها النبات بكميات كبيرة ويقدر محتوى مادة النبات الجافة منها بحدود 0.1–6% أي بحدود 1 الى 60 ملغم/غم وتشمل عناصر **الكاربون، الهيدروجين، الأوكسجين، النتروجين، الفسور، البوتاسيوم، الكالسيوم، المغنيسيوم والكبريت.**

العناصر الغذائية الصغرى Microelements:

هي العناصر الغذائية التي يحتاجها النبات بكميات قليلة ويقدر تركيزها في مادة النبات الجافة من 1– 200 جزء في المليون وتشمل عناصر الحديد، المنغنيز، الزنك، النحاس، البورون، الموليبدينوم، الكلور والنيكل.

ومما تجدر الاشارة اليه أن هنالك عناصر أخرى تسمى بالعناصر المفيدة Beneficial elements وهي العناصر التي تكون مفيدة لنبات معين ولكن ليس بالضرورة أن تكون مفيدة لنبات آخر مثل الكوبلت فهو عنصر مفيد للنباتات البقولية لتكوين فيتامين B12 لتكوين العقد البكتيرية على جذور النباتات البقولية وكذلك السليكون له تأثير مفيد لنبات الرز الا انه لم تثبت فائدته للنجيليات الأخرى والصوديوم له تأثير نافع لنبات البنجر السكري لأنه يزيد نسبة السكر لهذا النبات.

وهنالك مجموعة أخرى من العناصر تسمى بالعناصر النادرة مثل الكروم، الفلور، البروم، اليود، الألمنيوم، النيكل، الفناديوم، السيلينيوم، الليثيوم، الزرنيخ، الباريوم، الكادميوم، السترونيوم، الزئبق، الرصاص والتيتانيوم وهذه العناصر قد يكون لها تأثير مفيد لبعض أنواع النباتات إذا وجدت بتراكيز منخفضة في التربة أو في النبات أو في الهواء الجوي ولكن الصفة السائدة لهذه العناصر هو التأثير السمي حتى لو وجدت بتراكيز منخفضة في النبات وهي سامة أيضاً للحيوانات والانسان إذا تغذى على هذه النباتات.

يبين الشكل 1. العناصر الكبرى والصغرى في النبات، ونجد في الشكل 2. نسب بعض العناصر في النبات فضلاً عن كيفية الحصول عليها.

عناصر ضرورية كبرى Macro nutrients	عناصر ضرورية صغرى Micro nutrients	عناصر مفيدة Beneficial elements
– كربون (C)	– حديد (Fe)	– سليكون (Si)•
– أيدروجين (H)	– زنك (Zn)	– كوبلت (Co)•
– أكسجين (O_2)	– منجنيز (Mn)	– صوديوم (Na)•
– نيتروجين (N)	– نحاس (cu)	– سيلينيم
– فوسفور (P)	– بورون (B)•	– يود (I)•
– بوتاسيوم (K)	– موليبدنيوم (Mo)•	– نيكل – (Ni)•
– كالسيوم (Ca^{++})*	– كلوريد (Cl)	
– مغنيسيوم (Mg)*		
– كبريت (S)*		

(*) عناصر ثانوية كبرى . (•) تحتاجها النباتات بكميات ضئيلة للغاية .

شكل 1. العناصر الكبرى والصغرى

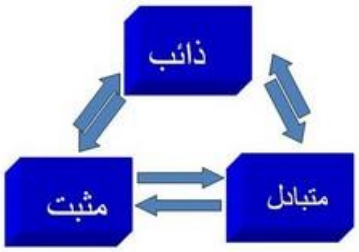
عناصر مهمة					
التي تم الحصول عليها من الهواء			التي تم الحصول عليها من التربة		
المواد الغذائية	(%)	المواد الغذائية الكبيرة	(%)	المواد الغذائية الدقيقة	(ppm)
الكربون (C)	50	النيتروجين (N)	3.0	الحديد (Fe)	100
الهيدروجين (H)	5	الفوسفور (P)	0.4	الزنك (Zn)	20
الأكسجين (0)	40	البوتاسيوم (K)	2.0	النحاس (Cu)	5
		الكالسيوم (Ca)	1.0	المنغنيز (Mn)	50
		المغنيسيوم (Mg)	0.5	الموليبدنوم (Mo)	0.1
		الكبريت (S)	0.3	البورون (B)	30
				الكلور (Cl)	100
				النيكل (Ni)	1

شكل 2. نسب بعض العناصر في النبات وكيفية الحصول عليها

صور تواجد العناصر في التربة:

من حيث الاستفادة من العنصر فإنه يوجد في صورتين:

1. ميسرة او قابلة للاستفادة Available: وهي الصورة التي يمكن للنبات ان يمتص فيها العنصر بسهولة وتشمل صورة العنصر في المحلول وفي صورته المتبادلة بالإضافة الي صورة العنصر المثبتة ولكنها قابلة للانحلال.
2. غير الميسرة او غير قابلة للاستفادة Unavailable: هي تلك الصورة التي لا يستطيع النبات الاستفادة من العنصر الموجود.



العوامل التى تؤثر على جاهزية العناصر الغذائية:

1. درجة الـ pH.
2. رطوبة التربة.
3. الهواء الأرضي.
4. المواد العضوية.
5. نوع النبات.

وظائف وأدوار العناصر الغذائية في نمو النبات:

وظائف العناصر الغذائية الضرورية وعلاقتها بنمو وإنتاج المحاصيل:

1- الكربون:

هو من أهم العناصر الغذائية اللازمة لإتمام عملية البناء الضوئي وبناء المواد الكربوهيدراتية ويشكل 45% من نسبة المادة الجافة في النبات. ويحتوي الهواء الجوي على نسبة 0.03% ثاني أكسيد الكربون لذا فإن النبات يستهلك كميات كبيرة من هذا الغاز. ونظرا لتوفر هذا العنصر بكميات كبيرة فهو ليس من العناصر المحددة للنمو خاصة تحت ظروف الزراعة الحقلية، إلا أنه وجد حديثا أن استخدام التسميد الكربوني

Carbon dioxide enrichment أدى إلى زيادة واضحة في نمو النباتات الخضراء وتحسين الحالة المائية للنبات حيث أن النبات الأخضر يستخدم ثاني أكسيد الكربون والماء في وجود الضوء لبناء المركبات العضوية. لذا فإن إضافة CO2 إلى البيئة النباتية سيؤدي إلى زيادة كفاءة النبات في عملية البناء الضوئي وبالتالي زيادة الإنتاجية (Salisbury and Ross، 1992).

2- الهيدروجين:

يمتص النبات الهيدروجين في صورة ماء، وللماء أهمية كبيرة ومعروفة في حياة النبات كذلك فإن الهيدروجين يدخل في تكوين كثير من مركبات النبات مثل الكربوهيدرات والدهون والبروتينات ويشكل 6 % من نسبة المادة الجافة في النبات.

3- الأكسجين:

يدخل في عملية البناء الضوئي والتنفس وما يرتبط بها من أكسدة واختزال. لذا فللأكسجين دور حيوي في حياة النبات، كما انه يتحد مع الكثير من العناصر الأخرى لتكوين المواد العضوية والأكاسيد. ويحتوي الهواء الجوي على نسبة كبيرة من الأكسجين تصل إلى ٢٠ % يمتصها النبات في صورة غاز الأوكسجين أو ماء ويشكل الأكسجين نسبة 45-50 % من وزن المادة الجافة في النبات. وعموما فإن العناصر الثلاثة السابق ذكرها CHO تشترك في عملية البناء الضوئي والتي يعزى إليها معظم المادة الجافة في النبات والتي تصل إلى 96 % من وزن النبات الجاف طبقا للمعادلة التالية:

$$CH_2O + O_2 \Rightarrow H_2O + CO_2$$ (في وجود الطاقة الضوئية والكلوروفيل)

وهذه العملية عكس عملية التنفس التي يمتص فيها الأوكسجين وتتأكسد فيها المواد العضوية (الكربوهيدرات) إلى غاز ثاني أكسيد الكربون وماء وتنتج الطاقة ATP. ونظرا لتوفر هذه العناصر في بيئة النبات بكميات كبيرة فهي كما ذكرنا رغم أهميتها في نمو المحاصيل الزراعية إلا أنها غير محددة للنمو أي لا تظهر أعراض نقص لهذه العناصر الثلاثة على المحصول.

4- النتروجين:

يُعزى اكتشاف أهمية النيتروجين إلى تيودور دي سوسور (Theodore de Saussure)، الذي نشر في عام 1804 بحثه الذي أظهر أن النمو الطبيعي للنباتات ليس ممكناً من دون امتصاص النترات والمعادن الأخرى من التربة. النيتروجين لديه العديد من الوظائف في النباتات، وهو أحد مكونات البروتينات والمادة الوراثية أي الأحماض النووية (Nucleic acid) DNA, RNA، والكلوروفيل (Chlorophyll)، والعديد من المركبات الأخرى التي تعد حيويةً في العمليات الأيضية النباتية المختلفة. البروتينات هي مركبات غنية بالنيتروجين، وهي المكونات الآزوتية الرئيسية للنباتات من ناحية الوزن، حيث يشكل النيتروجين نحو جزء واحد من ستة من البروتين المتوسط نحو 85 % أو أكثر من النيتروجين في النباتات هي في البروتين و 10 % أخرى من النيتروجين الكلي في النباتات موجودة في المركبات النيتروجينية القابلة للذوبان، مثل الأحماض الأمينية (Amino Acids) غير المركبة ونترات الأمونيوم غير الممتصة وتكون ال «5%» المتبقية أو أقل من مجموع النيتروجين موجودة في المواد الوراثية، والكلوروفيل، والأنزيمات المساعدة على الأيض (الفيتامينات وما شابه ذلك)، والدهون من بين المركبات الأخرى.

5- **الفوسفور:**

له دور في حركة وتخزين الطاقة داخل المصنع وبالتالي لها دور تحكم في عملية التمثيل الضوئي (تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية وسكريات ونشا) واستخدام تلك الطاقة من خلال التنفس. كما أنه يلعب دورًا مهمًا في انقسام الخلايا وتكوين البروتين وتعزيز نمو الجذور وتنظيم النضج توجد نسبة كبيرة من الفسفور النباتي في البذور ونقاط النمو.

6- **البوتاسيوم:**

على الرغم من الحاجة إلى البوتاسيوم بكميات كبيرة إلا أن تفاصيل وظائفه غامضة بعض الشيء، من خلال دراسة آثار نقص البوتاسيوم يتضح أنه يؤدي العديد من الوظائف الحيوية في تنظيم الخلايا، النفاذية والعلاقات المائية وفي كل من ايض الكربوهيدرات والنيتروجين وفي التمثيل الضوئي. ينشط العديد من الإنزيمات ويتحكم في الأس الهيدروجيني داخل الخلية وهو ضروري لفتح الثغور.

7- **الكالسيوم:**

يتم تثبيت الكثير من الكالسيوم في النبات في جدران الخلايا التي يبدو أنها متصلبة. الكالسيوم مهم لنمو الجذور وعملها وفي تضخم الخلايا ومنشط لبعض الإنزيمات وفي بنية الكروموسوم. يساعد على موازنة تأثيرات زيادة العناصر الأخرى لا سيما العناصر النادرة.

8- **المغنيسيوم:**

هو الذرة المركزية لكل جزيء كلوروفيل. كما أنه منشط مهم للعديد من الإنزيمات، كما يلعب دورا مهما في عملية تكوين البروتينات حيث يقوم بتثبيت بناء الرايبوسوم والذي يتم علية بناء البروتينات. بالاضافة الى اشتراكه في اختزال النترات وتحفيز تثبيت النتروجين الجوي بواسطة النباتات البقولية. كما انه يساهم في تنظيم الجهد الأسموزي وفي عملية نقل الكربوهيدرات وفي تكوين الفايتين (املاح الكالسيوم والمغنيسوم لحامض الفايتك Phytic acid والذي يعتبر مخزنا للفسفور في البذور والذي له دور مهم في تحفيز عملية الانبات Germination.

9- **الكبريت:**

يشكل جزءً من العديد من بعض الأحماض الأمينية الأساسية كونه يدخل في تركيبها، والعديد من البروتينات النباتية لأنها تحتوي على الكبريت. وهو أيضًا جزء من عدة إنزيمات في تكوين الكربوهيدرات والبروتين والدهون. كما تمنح مركبات الكبريت نباتات معينة نكهات وروائح مميزة.

10- **الحديد:**

عنصر ضروري لتخليق الكلوروفيل وهو جزء من عدة إنزيمات مهمة. يدخل في تكوين الفريدوكسين (Ferredoxin) والسايتوكرومات (Cytochromes) المهمة في عملية التمثيل الضوئي، كما له دور مهم في عملية تكوين البروتين لمساهمته في اختزال النترات ولدوره في رفع قدرة احياء التربة في تثبيت النتروجين الجوي. كما يساهم في عملية تكوين الحامض النووي الـ RNA.

11- **المنغنيز:**

ضروري لنشاط العديد من الإنزيمات بما في ذلك تقليل النترات قبل تكوين البروتين، في التمثيل الضوئي واستقلاب الكربوهيدرات وأنظمة الأكسدة داخل النبات. كما يعد المنغنيز عنصراً منشطاً لتكوين الكلوروفيل وهو يلعب دوراً هاماً في امتصاص النبات للنيتروجين على شكل نترات أو أمونيا.

12- **البورون:**

لاتزال الصورة غير واضحة فيما يتعلق بوظائفه في النبات، غير انه يعتقد بأن له أدوار مهمه منها يشترك في نقل السكريات مع عنصري الفسفور والسليكون، له دور في عملية تكوين الحامض النووي الRNA ولذلك يعتقد بأنه يلعب دوراً في عملية بناء البروتين. وفي بنية جدار الخلية ويرتبط ارتباطا وثيقا ببعض وظائف الكالسيوم، يساهم في عملية تنظيم الجهد الأسموزي مع عناصر اخرى كما له دور في بناء الهرمونات النباتية او تحفيز عملها، يلعب دورا مهما في انقسام الخلايا وانتاج حبوب اللقاح وعملية الاخصاب كما في حالة عنصر الكالسيوم.

13- **الزنك:**

يعد هذا العنصر ضروريًا لتطوير ونشاط هرمونات التحكم في النمو والأوكسين واندول حامض الخليك، كما أنه ضروري لأنظمة الإنزيمات المهمة في استقلاب النيتروجين والتنفس. يعتبر الزنك ضروري لعملية الفسفرة وتكوين الكلوكوز، ولوحظ ان نقصه يسبب تراكم للدهون والفوسفولبيدات وكذلك تجمع المركبات الفينولية في الجوة العصارية.

14- **النحاس:**

يعد منشط لعدد من الإنزيمات وخاصة فيما يتعلق بعملية التركيب الضوئي كما انه يقلل الهدم المبكر للكلوروفيل، له دور مهم في عملية بناء البروتينات من خلال تداخله في بناء الاحماض النووية RNA وDNA وفي رفع قدرة النباتات على تثبيت النتروجين الجوي بيولوجيا، وهو موجود بتركيز عالٍ في البلاستيدات الخضراء للأوراق.

15- **الموليبدنيوم:**

عنصر مهم في تقليل النترات قبل تكوين البروتين. يدخل في تركيب أحد الأنزيمات التي تختزل النترات في النبات الى أمونيا، كما يشارك في عمليات تثبيت النتروجين الجوي التي تقوم بها البقوليات في التكامل مع بكتريا العقد الجذرية وأحياء الأرض المثبتة للنتروجين التي تتواجد بشكل حر. ينشط حامض النيكوتين وكذلك ينشط عدداً من الانزيمات، وله دور في تحويل الفسفور المعدني الممتص الى فسفور عضوي يستفيد منه النبات في تكوين مركباته العضوية المختلفة. يعتقد له دور في زيادة انتاج الكلوروفيل وبتالي رفع كفاءة النبات لعملية التركيب الضوئي. الشكل 3. يبين تقسيم العناصر وأهميتها وحركتها داخل النبات.

العنصر	الصورة الممتصة (الأيونات)		الحركة فى النبات	الدور المميز فى حياة النبات (مختصر)
	كاتيونات	أنيونات		
الأكسجين (*)		$O_2 - CO_2$	متحرك	بناء المواد الكربوهيدراتية ومركبات الطاقة
الكربون(*)		CO_2	متحرك	
الأيدروجين(*)		H_2o	متحرك	
النيتروجين (N)	أمونيا $NH4^+$	نترات NO_3^-	متحرك	بناء البروتين وتكوين الخلايا
فوسفور (P)		$H_2PO_4^-$ HPO_4^{--} PO_4^{---}	متحرك	تركيب الأحماض النووية (DNA ، RNA) ومركبات الطاقة ADP-ATP ومرافقات الأنزيمات NADP- NAD .
بوتاسيوم (K^+)	K^+	-	متحرك	تنظيم العمليات الحيوية (انقسام الخلايا – نفاذية الخلايا – تمثيل البروتين والكربون) وانتقال الكربوهيدرات .
الكالسيوم (Ca)	Ca^{++}	-	غير متحرك	تكوين الجدر الخلوية (الصفيحة الوسطى) وعمليات الانقسام الخلوى
المغنيسيوم (Mg)	Mg^{++}	-	متحرك	تكوين جزئ الكلوروفيل ومنشط للعديد من الأنزيمات
الكبريت (S)		SO_4^{--}	بطئ الحركة	يدخل فى تركيب الأحماض الأمينية الكبريتية الأساسية (بناء المواد الطيارة ومرافق أنزيمى هام فى عملية التنفس.
الحديد (Fe)	Fe^{++} (حديديك)	-	غير متحرك	تركيب العديد من الأنزيمات المسئولة عن التنفس (أكسدة واختزال) .
المنجنيز	Mn^{++}	-	بطئ الحركة	منشط أنزيمى فى التنفس وتمثيل البروتين .
الزنك	Zn^{++}	-	متحرك	ضرورى لتكوين الأكسجين وتمثيل البروتين والكلوروفيل
النحاس	Cu^{++}	-	غير متحرك	الأكسدة والاختزال وله دور فى التمثيل الضوئى وتكوين الكلوروفيل .
البورون		BO_3^{---}	غير متحرك	انقسام الخلايا وانتقال السكريات وإنبات حبوب اللقاح .
الموليبدنم		$HmoO_4^-$	متحرك	هام لاختزال النترات داخل النبات إلى أمونيا وله دوراً هام فى ميتابولزم الفوسفور .
الكلور (*)		Cl^-	متحرك	عملية التمثيل الضوئى وتنظيم العلاقات المائية داخل النبات عن طريق أكسدة الماء .

(*) يلاحظ أن المصدر الأساسى له هو الأمطار والهواء الخارجى لذا لا نلجأ إلى إضافتها ، وسوف نتناول بالتفصيل دور كل عنصر داخل النباتات .

شكل 3. بعض العناصر الغذائية واهميتها وحركتها في النبات.

ملاحظات عامة:

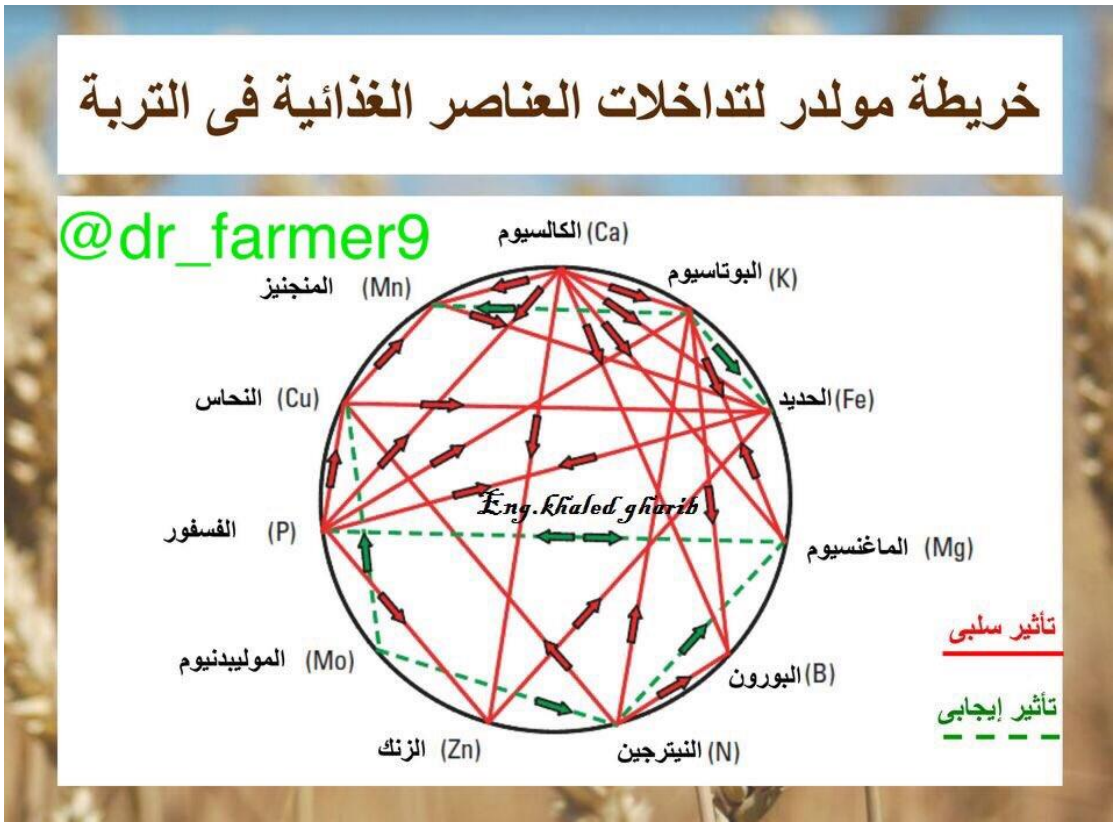
أحياناً تحصل ظاهرة في النبات تسمى ظاهرة التضاد Antagonisticوهي ان زيادة كمية عنصر في التربة يؤدي الى عرقلة امتصاص عنصر اخر. اي ان النبات سيعاني نقص العنصر المتأثر حتى لو كانت كميتة عالية بالتربة. ومن الامثلة على هذه الظاهرة:

العلاقة بين تركيز البوتاسيوم K وتركيز الكالسيوم Ca والمغنيسيوم Mg في النبات. اذ كلما زاد تركيز K قل تركيز Ca وMg. من الامثلة الاخرى على ظاهرة التضاد هي العلاقة بين الزنك Zn والفسفور P اذ ان زيادة كمية الفسفور P يؤدي الى عرقلة امتصاص الزنكZn وخاصة إذا كانت كمية الزنك في التربة قليلة.

كذلك تحدث ظاهرة اخرى تسمى ظاهرة التعاون Synergistic اي ان امتصاص عنصر ما يساعد على امتصاص عنصر اخر. ومن الامثلة على هذه الحالة:

العلاقة بين عنصر البوتاسيومK والنتروجين N.

كذلك النتروجين بصورة امونيوم NH4 مع الفسفور P. (شكل 4).



شكل 4. يبين العلاقة بين العناصر