كلية العلوم

القسم : علم الحياة

السنة : الرابعة

المادة : تغذية ونمو

المحاضرة : الرابعة/نظري/د.ريم

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

2025

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية

يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر (What's app-Telegram) على الرقم 0931497960

التغذية النباتية

الدور العام للعناصر المعدنية – العناصر المفيدة والسامة

تحتاج النباتات إلى نسب محددة من العناصر الغذائية وتختلف حاجة النباتات للتغذية المعدنية باختلاف أنواعها، بعضها يحتاج لعنصر الكبريت بكميات كبيرة مثل الفصيلة الصليبية وبعضها تتطلب عنصر البوتاسيوم مثل الفصيلة القرنية، وتوجد نباتات تميل لامتصاص عنصر الكالسيوم وشاردة النترات. وبينما تستهلك بعض النباتات كميات كبيرة من العناصر المعدنية تنمو أخرى في بيئات فقيرة بالمعادن.

تتكيف النباتات عموماً مع العديد من التغيرات ومنها وفرة أو ندرة العناصر المعدنية اللازمة لتغذيتها مثلا توجد نباتات تصنف بانها محبة للكالسيوم وأخرى للكالسيوم:

تنمو النباتات المحبة للكالسيوم في الأراضي الكلسية وتثبت كميات قليلة من الكالسيوم، بينما تنمو النباتات الكارهة في الأراضي السيليسية. ويعد الكالسيوم ساماً للنوع الثاني حيث يقلل من نفوذية الأغشية الخلوية ويحد من امتصاص العديد من الشوارد الأخرى، مثلا زيادة الكالسيوم يسبب فاقة او عوز الحديد.

لفهم أهمية العناصر المعدنية في تغذية النبات إلى جانب المواد العضوية لابد أولا من فهم الدور العام الذي تلعبه العناصر المعدنية في النبات:

لا تؤثر العناصر المعدنية في العمليات الفيزيولوجية إلا إذا كانت على شكل شوارد، أو كانت داخلة في تركيب جزيئات عضوية، ومن نقاط التأثير العام للعناصر المعدنية:

- **تدخل في تكوين البروتوبلاسم والغلاف الخلوي**: يدخل الكثير من العناصر المعدنية في بناء البروتوبلاسم حيث يدخل الكبريت في تركيب البروتينات وبعض الفيتامينات ونجد الفوسفور في البروتينات النووية، والمغنزيوم في الكلوروفيل والحديد في الأنزيمات، ويوجد الكالسيوم على شكل بكتات في الجدار الخلوي.
- **تأثير العناصر المعدنية على نفوذية الأغشية الخلوية**: تتأثر نفوذية الاغشية الخلوية بالشوارد الموجبة والشوارد السالبة التي توجد في بيئتها وعادة يخفِّض الكالسيوم وغيره من الشوارد الموجبة ثنائية أو ثلاثية التكافؤ من نفوذية الأغشية السيتوبلاسمية، بينما تزيد الشوارد الموجبة أحادية التكافؤ مثل الصوديوم والبوتاسيوم من نفوذية تلك الأغشية.
- **تأثير الأملاح المعدنية على الجهد الحلولي في الخلايا النباتية:** يفسر الجهد الحلولي في الخلايا النباتية بعدة عوامل، يعود بعضها إلى المواد المعدنية المنحلة في العصارة الخلوية، بالرغم من أن هذا الدور ضئيل بالمقارنة مع الجهد الناتج عن وجود المواد العضوية مثل الحموض الأمينية والسكريات البسيطة .....الخ

- **تأثير الأملاح المعدنية على حموضة الوسط:** تؤثر الأملاح المعدنية الممتصة من التربة إلى جانب المواد العضوية في النبات على حموضة العصارة الخلوية وبعضها تساهم في ثبات PH العصارة الخلوية ومنها أملاح الفوسفات والكربونات.
- **العناصر المفيدة والعناصر السامة:** يمكن لبعض العناصر ان تكون مفيدة لنمو بعض الأنواع النباتية بالرغم من عدم حاجة النبات لها، ولفهم آلية تأثر العناصر المعدنية وتأثرها ببعض لابد من توضيح فكرة **العناصر المفيدة والسامة**؛ حيث يمكن لبعض العناصر أن تحسن نمو النبات بالرغم من عدم الحاجة إليها مثل الصوديوم الذي يحسن من نمو النباتات البحرية والشمندر السكري ويحل محل البوتاسيوم في حال كان الوسط فقيرا بهذا الأخير.

وعلى العكس من ذلك يمكن لبعض العناصر أن توقف عمل بعض الجمل الأنزيمية مثل الزئبق، كما أن بعض العناصر المفيدة تصبح سامة عندما تستخدم بتراكيز مرتفعة جداً، وكذلك يمكن لبعض العناصر المفيدة أن تتحول إلى سامة إذا لم نحسن اختيار المركبات التي تدخل في تركيبها.

على سبيل المثال يمكن للنبات الحصول على الكربون بسهولة من glutathione ولكنه يصبح ساماً على هيئة taurine، وهذا ما يؤكد أهمية صيغة المركبات وتركيز العنصر المقدم للنبات.

مثلاً يوجد عدد من العناصر المعدنية التي تكون سامة بالنسبة للبروتوبلاسم عندما تكون بشكل شوارد، وقد تسبب اضطرابات شديدة وتؤدي لموت النباتات في بعض الظروف. نذكر منها الألمينيوم والسلينيوم والموليبيدينوم والرصاص والنيكل والفضة والتوتياء وبالرغم من أن بعضها هامة للنبات كما مر معنا في محاضرات سابقة إلا أن زيادتها عن حد فيزيولوجي معين يصبح ساماً.

وتصنف السمية المعدنية وفق نوعين:

السمية المباشرة: وهي أن تظهر أعراض مباشرة على النبات مثل عنصر البورون B الذي يسبب نقص في معدلات النمو عندما يزيد تركيزه عن المطلوب، والمنغنيز يصبح ساماً عندما ينخفض رقم PH وتظهر الأعراض على الثمار والأوراق بشكل حرشفي وتعرف الظاهرة بـ Measles.

السمية غير المباشرة: ظهور تأثير نقص أو زيادة عنصر ما من خلال تأثيره على فاعلية عناصر أخرى، مثلاً زيادة تركيز الزنك Zn تؤدي ظهور أعراض نقص الحديد لأن الزنك والحديد يتداخلان في التأثير، الكلور الذي يتواجد في التربة بشكل CL- نتيجة وجود املاح كلوريد الصوديوم، يؤثر على امتصاص الماء نتيجة التأثر على الضغط الحلولي للتربة.

- **تلعب المواد المعدنية دور الوسائط في التفاعلات الاستقلابية:** تلعب بعض العناصر المعدنية دور الوسيط الكيميائي في إسراع بعض التفاعلات مثل الحديد والنحاس والتوتياء التي تدخل كمجموعات مرافقة وبعضها الآخر مثل المغنزيوم والبوتاسيوم والكوبالت تلعب دور منشطات أو مثبطات لبعض الأنزيمات.

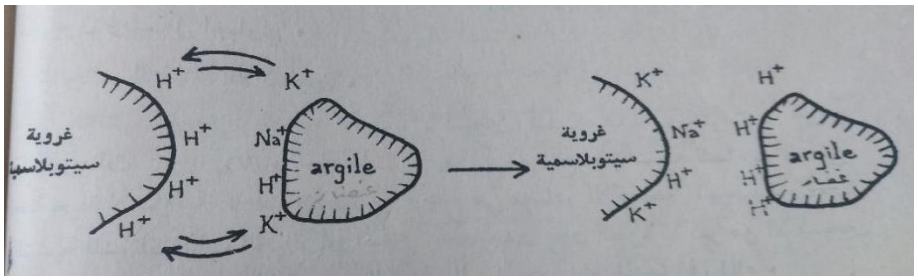
طرائق تقديم الشوارد المعدنية للنباتات

لقد تبين أنه من بين العدد الكبير من العناصر المعدنية التي وجدت في النبات هناك عدد محدود من العناصر لا غنى عنه لنمو النبات وتطوره، وتسمى مثل هذه العناصر بالعناصر الأساسية، بينما تسمى العناصر التي توجد في النبات ولا دليل على أهميتها له بالعناصر غير الأساسية. بالإضافة إلى أهمية توفر مصدر الكربون والنتروجين للنباتات وبشكل أساسي لابد من توفر مصادر العناصر المعدنية، ولابد من تقديم هذه العناصر على شكل شوارد كي يستطيع النبات استخدامها ففي حالة البوتاسيوم مثلا نجد أن النبات لا يستطيع الاستفادة من المعدن وإنما من الشاردة k+ والذي ينتج من تحلل KCL في الوسط، ويفسر ذلك سبب استخدام الأملاح مصدرا للشوارد مثل أملاح النترات والفوسفات والكبريتات...الخ، أو على هيئة حموض كما هو الحال بالنسبة لحمض البور H3BO3 وسبب تقديمه كحمض أنه حمض ضعيف لا يؤثر على قيمة PH الوسط.

- **<u>تقدم الشوارد بثلاث طرق وهي:</u>**

1- شوارد منحلة في الوسط المغذي وهي تقدم على شكل أملاح قابلة للانحلال في الماء ويمكن للنبات امتصاصها مباشرة بعد انحلالها مثل شاردة البوتاسيوم k+ تقدم على هيئة فوسفات البوتاسيوم او كلو البوتاسيوم، وشاردة النترات التي تقدم على شكل أملاح نترات الأمونيوم أو نترات البوتاسيوم، وشاردة المغنزيوم على شكل كبريتات المغنزيوم ...الخ.

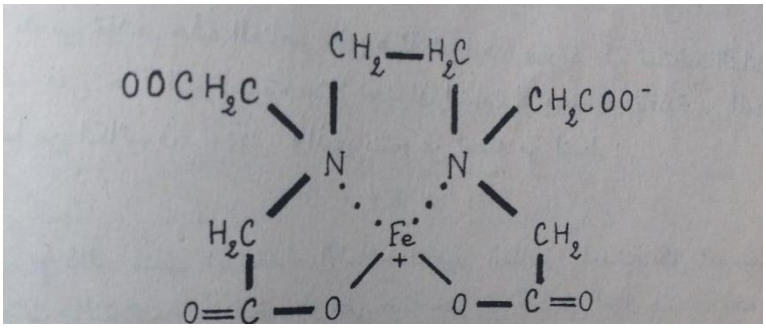
2- شوارد مدمصة على سطوح الغرويات (جزيئات الغضار أو الدبال ....الخ) في الزراعات العادية التقليدية التي تجري في الترب المختلفة، ويعني كلمة مدمصة أن الشوارد تتواجد على سطوح جزيئات التربة ذات الخواص الغروية ويمكن بسهولة ان تتبادل مع الشوارد الموجودة على الغشاء السيتوبلاسمي لخلية الوبرة الماصة ويساعدها في ذلك ان هذه الشوارد تتواجد في حالة من الحركية المستمرة في المكان مما يسمح لها بالتبادل معاً وهنا نذكر ان الصوديوم والبوتاسيوم من أكثر الشوارد قدرة على التبادل بهذه الحالة مع شوارد H+ الموجودة على غشاء الوبرة الماصة لجذور النباتات، ونذكر ان لخواص التربة الدور الكبير في نجاح هذه العملية الحيوية.



الشكل 1: تبادل الشوارد المدمصة على الغرويات

3- متمخلبات مثل تمخلب الحديد مع ثنائي الأمين رباعي حمض الخل (EDTA.Fe)، وخاصة في الزراعة المائية.

عن المركبات المخلبية عبارة عن مركبات عضوية تمسك العنصر بأكثر من جهة وتمنع انفراده إلى محلول التربة، كما أن تكوين المركبات المخلبية لعدد من العناصر مثل الـ Fe و AL, Ca يزيد من فرصة تكوين مركبات معقدة مع الفوسفات مما يزيد في جاهزيتها للتربة.



الشكل 2: تمخلب الحديد مع الايتلين ثنائي الأمين رباعي حمض الخل.

العوامل المؤثرة في توفر العناصر الغذائية في التربة وامتصاصها من قبل النبات:

1- درجة PH التربة:

يعد PH التربة من اهم العوامل المؤثرة على جاهزية العناصر الغذائية في التربة، مثلاً عنصر الفوسفور يترسب تحت الظروف الحامضية على هيئة فوسفات الحديد والألمنيوم (FePO4 – ALPO4) وهذا الشكل من أملاح هذه العناصر قليل الذوبان وغير جاهز ليستفيد منها النبات، أما في الظروف التي تكون فيها PH قاعدية وخاصة الترب الكلسية التي تحتوي على CaCO3 بكميات كبيرة ويرتفع فيها PH إلى اكثر من 7 مثلا 8.2 يمكن أن تترسب الفوسفور على شكل فوسفات الكالسيوم الثلاثية Ca(PO4)2 وهي أيضاً غير جاهزة للنبات، في حين نجد أن الفوسفور أكثر جاهزية للنبات في الترب معتدلة PH أي بحدود 7.

كما أن النترات تمتص بسهولة في الظروف الحامضية لقلة تواجد أيونات OH في حين HN4 يمتص بكفاءة أعلى تحت الظروف القاعدية لقلة المنافسة مع أيونات الـ H+ وعند PH بحدود 7 تتساوى لفرص لكلاهما.

وبناءاً على ذلك يفضل إضافة فوصفات ثنائي الكالسيوم Di calcium phosphate CaHPO4.2H2O (DCP) للترب القاعدية ويفضل إضافة الأسمدة النتروجينية بصورة الأمونيوم وليست النترات وذلك بهدف الحصول على شاردة الامونيوم NH4+ حيث أن النترات تفقد من التربة بعملية معاكسة للنترجة.

أما بالنسبة للترب الحامضية فيستحسن استخدام (MCP) Ca(HPO4).H2O – Mono calcium phosphate . ويفضل الأسمدة النتروجينية على شكل نترات في الترب الحامضية.

أما بالنسبة للعناصر الصغرى (Fe – Mn- Cu – Bo---) فتزداد جاهزيتها بانخفاض درجة PH وهي بشكل عام أكثر جاهزية في الوسط المعتدل.

كذلك قد تتسبب درجة PH في الحد من امتصاص بعض العناصر في الظروف الحامضية كما في امتصاص AL مما يتسبب في سمية للنباتات بهذا النقص، وكذلك تحدث سمية بالمنغنيز ونقص في الحديد في الترب الكلسية ذات الـ PH القلوية.

إن محتوى الخلايا من الـ K+ قد يخفض PH على درجة 4 مما يسبب ضعف الأغشية الخلوية وخروج K+ ويكون معدل امتصاص البوتاسيوم متعلقا بهذه الظروف حيث أن: محصلة امتصاص البوتاسيوم = البوتاسيوم الداخل – البوتاسيوم الخارج.

2- المادة العضوية:

إن للمادة العضوية تاثيراً مباشراً على درجة تفاعل التربة، حيث ينخفض PH التربة عند تحلل الحموض العضوية ، كما ان المادة العضوية هي مصدر جيد للكل من N,S,P.

وتساهم المادة العضوية كذلك في تكوين متمخلبات مع شوارد العناصر الأمر الذي قد يساهم في زيادة جاهزية بعضها للنبات أو الحد من تواجد بعض منها في التربة بشكل منفرد وبالتالي الحد من تاثيره على خواص التربة، كما يمكن للمادة العضوية (الدبال) عند مشاركتها مع Ca++ أن تساهم في تكوين البناء الحبيبي للتربة مما يحسن من خواص التربة الفيزائية والبيولوجية ويزيد مساميتها مما ينعكس إيجاباً على أنواع من الترب كالترب الرملية والطينية.

3- نوع التربة:

يتحكم نوع التربة إلى حد كبير بمحتواها وبجاهزية العناصر الغذائية فيها للامتصاص من قبل النباتن وذلك بسبب تركيب التربة، حيث ان التربة ذات المحتوى العالي من الطين تسود فيها ظاهرة الاختزال مما يؤدي على تواجد بعض العناصر مثل Fe+2, Mn+2 بشكها هذا الجاهز للامتصاص من قبل النبات مما يؤدي إلى توافرها إلى حد السمية وذلك في الظروف الهوائية، بينما في الظروف اللاهوائية يكون العكس حيث يتواجد Fe+3 والمنغنيز بالتكافؤ الرباعي او السداسي وهي غير جاهزة للامتصاص. كما ان الترب الرملية الطينية ذات سعة ايونية تبادلية اعلى من الترب الرملية مثلاً والتي تتميز بمحتوى اقل من Ca++, Mg++, K+, Na+.

4- أحياء التربة:

مر معنا في محاضرة سابقة أهمية احياء التربة لتثبيت العديد من العناصر المغذية والاستفادة منها كما في حالة البكتيريا المثبتة للآزوت Nitrofication والمحررة للآزوت Dentrofication والتي تساهم في دورة الآزوت بين الهواء الجوي والتربة والمركبات العضوية، وكذلك الميكوريز والتي تمثل تعايش بين فطر جذور النبات كما في نبات الأوركيد أو بكتيريا وجذور النبات كما في العقد الآزوتية لنبات الفول ودورها الهام في زيادة امتصاص العناصر المعدنية ودورها في تهديم المادة العضوية وتحللها بعملية المعدنة وتحرير العناصر الغذائية الجاهزة للنبات إلى محلول التربة.

5- **<u>تأثير عدة عوامل في عملية الامتصاص أكثر من التأثير على جاهزية العنصر للامتصاص:</u>**

نذكر من هذه العوامل التنافس التضاد والتداخل، درجة الحرارة، الرطوبة النسبية، الضوء، التكافؤ. إن نسبة بعض العناصر إلى بعضها الآخر في المحلول له أهمية كبيرة على الامتصاص والنمو عند النباتات، مثلاً عندما نزيد نسبة عنصر المغنزيوم فإن النسبة الفضلى من الكالسيوم تقل والعكس صحيح عندما يكون المغنزيوم بتركيز منخفض يجب أن يضاف الكالسيوم بتراكيز مرتفعة. ويفسر ذلك بظاهرة **التضاد في النفوذية** حيث أن الكالسيوم يوقف دخول المغنزيوم وبناءاً على ذلك يصبح من الطبيعي أن نزيد من إضافة المغنزيوم كلما زدنا من الكالسيوم.

وكذلك الأمر بالنسبة لعنصري الحديد والمنغنيز ذلك ان الزيادة في المنغنيز تؤدي إلى حالة فاقة في عنصر الحديد، وكذلك إن الشحوب الكلسي- الذي يحدث للنباتات الكارهة للكالسيوم هو ناتج عن خلل في امتصاص أو نقل عنصر الحديد. ويتم التضاد بين هذين العنصرين بناءاً على ما يسمى **التضاد الاستقلابي**، أي أن العنصرين يتنافسان على الوظيفة لاستقلابية ذاتها وهذا ما يسمى التضاد التنافسي.

إن وجود عنصر ما في التربة قد يساعد على زيادة إتاحة عنصر آخر (تساند) أو يعاكس ذلك (تضاد). ويقصد بالتضاد وجود عنصر مغذ في التربة قد يساعد على توفير عنصر مغذي أخر او بالعكس لذا عند إضافة عنصر كيميائي لمحلول التربة على شكل أملاح سماد قد يؤدي ذلك لتغير توازن محلول التربة، مثلاً إن زيادة التسميد بالأسمدة الفوسفاتية يؤدي إلى زيادة الإنتاجية وبنفس الوقت إلى خفض جاهزية عنصر الزنك في الأراضي الفقيرة بهذا العنصر، بالإضافة إلى ذلك فالفوسفات عند إضافتها للتربة فإنها قد تكوّن مع الحديد والزنك والمنغنيز مركبات غير قابلة للذوبان مما يؤدي إلى ظهور علامات النقص في النبات.

ومن اهم الأمثلة على ظاهرة التضاد (Ca++/ Fe+3 , Na+, Mg+2) أما ظاهرة التساند ($I^-/K^+, Mg^{+2}/PO4^{-3}$)

بينما بالنسبة للمولبيدن والمنغنيز فقد وجد أنه يجب زيادة العنصرين معاً لتحقيق أفضل استفادة للنبات من كليهما.

<u>فعل الجرعات المختلفة من العنصر نفسه</u>:

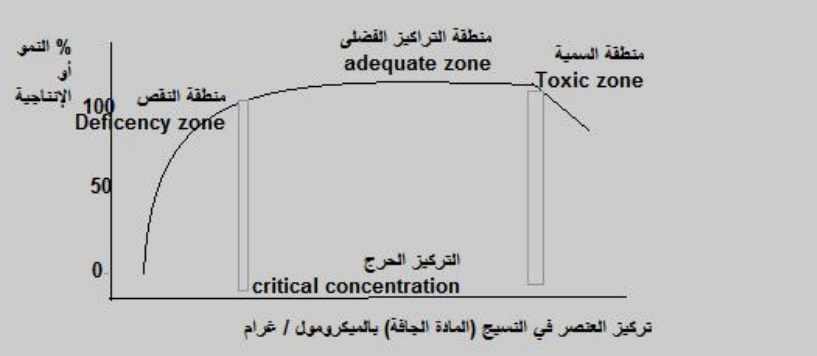
ويتم اللجوء لمعرفة فعل الجرعات المختلفة من العنصر إلى طريقة العامل الوحيد والتي تعتمد على اختيار المركب الذي يحتوي على العنصر ومن ثم إدخال هذا المركب بتراكيز متفاوتة في الوسط المغذي ومن ثم قياس النمو المقابل لكل التراكيز المستخدمة، ويتم اختيار شاردة مرافقة ذات تأثير ضئيل مثل اختيار الكلور شاردة مرافقة للشوارد الموجبة

والصوديوم شاردة مرافقة للشوارد السالبة. ويقدم الشكل 6 فكرة عن تفسير العلاقة بين النمو وتراكيز الشاردة المدروسة عموما حيث يمر تدريجياً بعدد من المجالات وهي:

التراكيز غير الكافية (النقص): عندما يكون تركيز العنصر الأساسي منخفضاً جداً يعاني النبات من نقص في العنصر المدروس قد يصل إلى حالة فاقة (حالة مرضية للنبات) وتترافق هذه التراكيز بعلامات مرضية قد تؤدي للموت إذا تجاوزت الحد الحرج للعنصر.

التراكيز الفضلى: وتقابل مرحلة نمو مستقرة للنبات. ونذكر هنا أن أحد العناصر قد يمر بمرحلة عدم الكفاية عندما يكون مستواه أقل من متطلبات النمو المثالية أو يكون في حالة عدم توازن مع العناصر الأخرى فقد يكون أكبر من متطلبات النمو المثالية، والأعراض هنا تكون نادرة الوضوح.

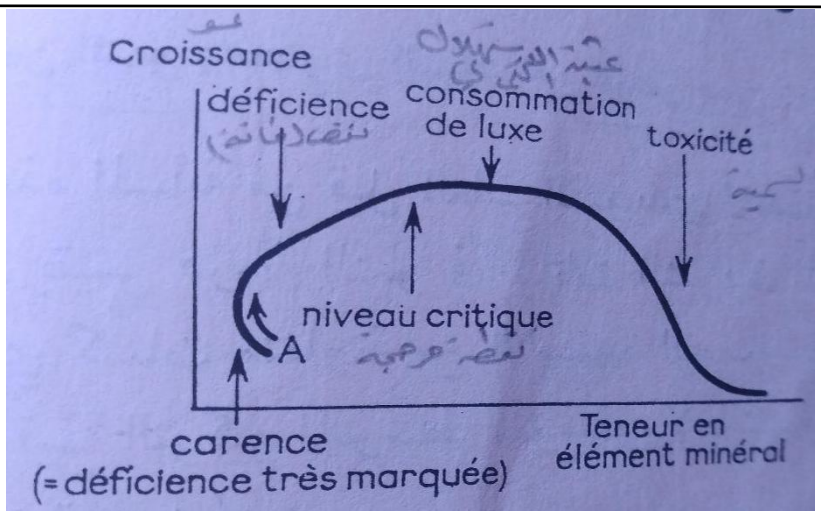
السمية Toxic: تؤدي زيادة عنصر ما أو عناصر متعددة إلى نقص واضح في النمو وانخفاض الإنتاجية وتؤدي السمية الشديدة إلى موت النبات.



الشكل 3: الشكل العام لمنحنيات ردود الفعل.

العلاقة بين النمو ومحتوى النبات من عنصر معين:

سنوضح هذا المفهوم باستخدام تجربة العالم بريفو الذي قارن النمو لنباتات الفستق المزروعة في أوساط تحوي معايير مختلفة من الأسمدة وحصل على منحني النمو العام (الشكل 7).



الشكل 4: منحني عام (النمو/ المحتوى من عنصر معدني)

يمكن أن نشرح هذا المنحني بحسب اتجاه إضافات السماد المتزايدة بدءاً من النقطة A حيث النمو وتركيز العنصر ضعيفين وقد ميز بريفو الأجزاء التالية:

- كلما كان النقص في العنصر واضحا (فاقة) فإن إضافة العنصر المغذي إلى الوسط المغذي تزيد من النمو بشكل أكبر على حساب نسبة العنصر الداخلية، فالمنحني يعود لمحور العينات.
- بما أن التحسن في النمو في تناقص فإن فعل التمديد لهذا العنصر يتناقص كذلك، في حين أن الكمية الممتصة تتابع ازديادها مع زيادة الكمية المضافة من السماد إلى التربة. وبذلك يوجد لحظات يقترن فيها ازدياد النمو مع زيادة الامتصاص وبالتالي تبقى نسبة العنصر داخل النبات ثابتة بالرغم من ازدياد النمو ويصعد المنحني بشكل عمودي.
- وباستمرار إضافة الأسمدة (الأملاح) يزداد النمو بنسبة تقل عن زيادة نسبة العنصر في النبات ويتجه المنحني نحو اليمين.
- اعتبارا من درجة معينة نجد ان المنحني يصبح أفقيا موازياً للمحور X وذلك أن التركيز الداخلي للعنصر يزداد دون أن يرافقه زيادة في النمو. يطلق على هذه الدرجة اسم **المستوى الحرج** وهو ما يقابل نقطة الاستهلاك الكمالي وكل زيادة في إضافة العنصر بعد هذا المستوى هي هدر ودون فائدة للنبات.
- وأخيرا وفي منطقة السمية فإن نسبة العنصر المعدني تتابع زيادتها بينما يتناقص النمو بشكل ظاهر حتى ينعدم نتيجة لظهور أعراض مميتة.

مكتبة A to Z