إجهاد الحموضة Acidity stress:

المقدمة:

تعتبر التربة نظاما متعدد الأطوار والتي تحتوي على المواد الغذائية في درجة عالية في درجة ذوبان متفاوتة وكما هو معلوم أن التربة هي المصدر لأغلب العناصر الغذائية التي يحتاجها النبات وهذه العناصر تكون بصورة ذائبة في محلول التربة ويعتمد جاهزية هذه العناصر على نسجة التربة وتواجد المياه فيها وكذلك على درجة حموضة التربة. إن الرقم الهيدروجيني الأفضل هو (6 – 7.5) ومع ذلك فإن قليلا من الترب التي تمتلك مثل هذا الرقم الهيدروجيني حيث يمكن للترب أن يزيد رقمها الهيدروجيني أو ينقص حسب العوامل البيئية والأنشطة البشرية فينتج عن ذلك الترب القلوية (القاعدية) والحامضية، فالترب القلوية (القاعدية) يكون فيها توفر في عناصر الفسفور والحديد والمولبيديوم إذ تكون فيها الكاتيونات متوفرة، أما الترب الحامضية حيث تعاني النباتات من نسب عالية من الألمنيوم تصل إلى حد السمية كما أن الفسفور يكون نادرا فيها.

تشكل الأراضي الحامضية ما يقارب 4000 مليون هكتار في العالم في حين تشكل الترب القاعدية ما يقارب 25% من سطح الأرض، وهذه الترب - سواء كان حامضية أو قاعدية - تعد مشكلة رئيسية في إنتاج المحاصيل في العالم حيث تعاني من قلة الإنتاجية.

تشير العديد من الدراسات إلى إنتاج الحبوب في العالم يجب أن تزداد في السنوات القادمة للحفاظ على الاحتياجات الغذائية للسكان البشري المتزايد حيث من المتوقع أن يصل تعداد سكان العالم بحلول عام 2050 إلى أكثر من 10 مليارات نسمة (حاليا يبلغ تعداد سكان العالم ما يقارب 7 مليارات نسمة). ومن هنا نجد أن حامضية أو قاعدية التربة هي أحد الخيارات الصعبة القليلة التي تواجه التوسع الزراعي خلال العقدين الماضيين حيث تم إجراء دراسات عديدة لفهم استراتيجيات التكيف الفسيولوجي والحيوي التي يستخدمها النبات للنمو في الترب الحامضية أو القاعدية.

حموضة التربة Soil pH:

من الضروري التعرف على كيمياء التربة الإدارة المحاصيل المناسبة للحصول على الإنتاجية المثلى، فحموضة التربة هي العامل المؤثر في العديد من خصائص التربة حيث تعد الحموضة (pH) مقياسا لعدد البروتونات في محلول التربة حيث يكون التركيز الفعلي لأيونات (H) في محلول التربة قليلا جدا، فعلى سبيل المثال الرقم الهيدروجيني لتربة معينة تبلغ (4.0) فتركيز أيونات الهيدروجين الفعلي هو (0.0001 مول/لتر)، لأنَ مقياس الرقم الهيدروجيني يعتمد على استخدام اللوغاريتم فكل تغيير عدد صحيح للحموضة

(مثلا 5 إلى 4) يمثل ذلك زيادة عشرة أضعاف في تركيز أيونات الهيدروجين (H) لذلك عندما تزيد كمية أيونات الهيدروجين فإن قيمة (pH) تنخفض، و أيضا تكون التربة ذات الرقم الهيدروجيني (7) ذات تركيز لأيونات الهيدروجين أقل من 100 مرة مقارنة مع حموضة التربة التي رقمها الهيدروجيني (5). والجدول التالي يبين أنواع الترب حسب قيمة الرقم الهيدروجيني لها:

نوع التربة	قيمة الرقم الهيدروجيني (pH)
فائقة الحموضة Ultra-Acid	أقل من 3.5
حامضية إلى أبعد الحدود Extremely Acid	4.4 – 3.5
حامضية بشكل عالي جداً Very strongly Acid	5.0 – 4.5
حامضية بشكل عالي Strongly Acid	5.5 – 5.1
متوسطة الحموضة Moderately Acid	6.0 – 5.6
قليلة الحموضة Slightly Acid	6.5 – 6.1
طبيعية Neutral	7.3 – 6.6
قاعدية خفيفة Slightly Alkaline	7.8 – 7.4
متوسطة القاعدية Moderately Alkaline	8.4 – 7.9
عالية القاعدية Strongly Alkaline	9.0 – 8.5
عالية القاعدية جداً Very strongly Alkaline	أكثر من 9.0

الترب الحامضية Acid Soils:

عملية تكوين التربة هي عملية طبيعية بدأت عندما كونت الطحالب والأشنات مستعمرات على السطوح الصخرية، وإن عملية إزالة الكاتيونات والاحتفاظ الأنيونات من جزيئات التربة والمرتبطة بالعوامل البيئية أو البشرية ينتج في النهاية ارتفاع في حموضة التربة.

في الترب المتعادلة الحموضة؛ فإن إمكانية زيادة الحموضة فيها قد يحصل من خلال نشاط الإنسان (كإضافة الأسمدة بشكل مفرط) وكذلك من خلال زيادة المواد العضوية وبشكل عالي حيث تحرير البروتونات من خلال التفاعل مع غاز ثاني أوكسيد الكاربون وزيادة الحموضة تدريجيا.

تختلف درجة الحموضة بشكل كبير وذلك بسبب العوامل البيئية أثناء تكوين التربة والمناخ والمادة الأم والنباتات المزروعة. فالتربة التي تكون قيمة pH فيها بين 4.5 - 5.6 تكون فقيرة بالعناصر التالية: (الفسفورP، الكالسيوم Ca، المغنسيوم Mg، والموليبديوم Mo) كما وتعاني من سمية بعض العناصر (كالألمنيوم Al) حيث تؤثر زيادة عنصر الألمنيوم في كل من:

1- نمو الجذور.

2- امتصاص العناصر الغذائية.

3- انقسام الخلايا.

4- التنفس.

5- تمثيل النتروجين وعملية فسفرة الكلوكوز.

لذلك فمن الضروري تحديد نوعية الحموضة في التربة لتدارك المشاكل ومعالجتها في الوقت المناسب دون حدوث أضرار للمحاصيل التي ستزرع فيها.

إن الترب التي تكون فيها الحموضة عالية جدا نجد أنها قد أثرت في الخصائص الحيوية والفيزيائية والكيميائية فيلاحظ أن تركز عنصر الكالسيوم منخفضا والذي يعد الأساس في الحفاظ على بناء التربة والتنوع البايلوجي فيها، في بعض الأحيان نجد أن قيمة pH مرتفعا عندما تكون المادة العضوية مركزة وبشكل كبير وبالتالي نلاحظ أن أيونات الهيدروجين متواجدة بشكل ينافس الأيونات الأخرى ونلاحظ أن النباتات تعاني من نقص العناصر على الرغم من وجود المواد العضوية الغنية فيها.

الترب الجيرية (الكلسية) Calcareous soils:

تعتبر الترب الجيرية غنية بكاربونات الكالسيوم ونجد مثل هذه الترب في المناطق شبه الجافة من الكرة الرضية والتي تعد أحد أنواع الترب العراقية وهي نتيجة لمادة الأصل التي تحوي على كاربونات الكالسيوم والأفق الكلسي وعادة تكون هذه الترب غنية بالكالسيوم والمغنسيوم، كما هو معلوم أن الحجر الكلسي له القابلية على الذوبان في الماء ولذلك فإن السقوط المطار وبشكل متكرر وللطبوغرافية وكذلك القوام التربة الأثر كبير في زيادة تركيز كاربونات الكاليسوم في محلول التربة، تمتاز هذه الترب كون الغطاء النباتي فيها يحتوي على الشجيرات الصغيرة والحشائش الحولية، وهناك بعض الدراسات تقول إمكانية اعتبار الترب الكلسية ملحية إذا كانت هناك زيادة في نسبة الجير لما له نفس سلوك الملوحة في التربة.

ومن الملاحظ على التربة الجيرية (الكلسية) أنها تعاني من قلة في المواد العضوية وكذلك شحة في نسبة النتروجين والفسفور (ويرجع السبب في ذلك إلى تكوين مركبات فوسفات الكالسيوم والتي تسمى الأباتيت) وكذلك تعاني هذه الترب من فقر في العناصر الصغرى كالزنك والحديد، فالترب الجيرية غالبا ما تحتوي على مركبات كاربونات الكالسيوم CaCO3 ونترات الصوديوم NaNO3 وهذه المركبات تكون قليل الذوبان في الماء نسبيا وهذه المركبات تؤدي إلى تشبع مواقع التبادل في حبيبات التربة بالكالسيوم والصوديوم فعند قياس حموضة التربة نجد أن الحموضة تبلغ (7 – 8.3) وربما تصل إلى أكثر من ذلك إذا كانت التربة محتوية على مركبات $NaNO_3$ بشكل كبير.

استجابة النبات الإجهاد الحموضة:

تشمل استجابة النبات الإجهاد الحموضة جوانب عديدة منها تغييرات شكلية أو خلوية أو تغييرات في المسارات الأيضية وتنظيم نسخ الجينات أيضا، تتعرض النباتات التي تنمو في التربة الحامضية والجيرية باستمرار إما ندرة العناصر أو سمية المعادن. فيجب أن تكون هذه النباتات قادرة على زيادة ذوبان العناصر الغذائية وضبط انتقائية امتصاص الأيونات. وبشكل عام، فإن الجذور لها القابلية على زيادة ذوبان العناصر الغذائية وامتصاص مركبات النواتج الأيضية مثل السكريات والأحماض العضوية، والمركبات الثانوية والإنزيمات التي من شأنها أن تغير كيمياء منطقة الجذور (المنطقة القريبة من التربة المحيطة بالجذر)، وإفراز المواد عن طريق الجذور تختلف وفقا لنوع وظروف التربة والحالة التغذوية للنبات. من ناحية أخرى، فعالية النقل النشط يلعب دورا في انتقائية امتصاص العناصر المعدنية.

استجابة النباتات للمعادن الثقيلة:

في الترب الحامضية، نجد أن هناك تراكيز عالية من العناصر الثقيلة حيث يتم نقلها إلى الجذور وتتسبب في آثار سمية نباتية والتي تحد من نمو الجذور والتقليل من محتوى الكلوروفيل والتركيب الضوئي، وكذلك التثبيط من الأنشطة الإنزيمية و الأضرار التي تلحق بالبلاستيدات الخضراء والميتوكوندريا، وبالتالي، فإن العديد من الأنواع النباتية قد تطورت وراثيا وفسيولوجيا للبقاء على قيد الحياة في التربة ذات السمية بالمعادن الطبيعية أو في تلك الترب التي تعاني من تلوث بالمعادن الثقيلة. ومن الطبيعي أن تجد أنواعا من نباتات العائلة النجيلية، العائلة البقولية والصليبية انتشرت على نطاق واسع في جميع أنحاء النظم البيئية والتي تعاني من المعادن الثقيلة الملوثة في جميع أنحاء العالم.

النباتات التي تأقلمت مع بيئة العناصر الثقيلة تتخذ طريقين أساسيين لمقاومة سمية المعادن:

إما أن تتجنب المعادن الثقيلة من خلال الامتصاص القليل لها و كذلك عند النقل (ما بين الجذر والمجموع الخضري) حيث تقل كميتها (كمية العناصر المعدنية الثقيلة) أثناء هذه العملية، أو أن يقوم بامتصاص كميات كبيرة من العناصر وتركيزها في أجزاء نباتية معينة ومن ثم التخلص منها أو الاحتفاظ بها ، ربما يعزى سبب عدم دخول العناصر الثقيلة بمستويات عالية وقاتلة للنبات من خلال إفراز الجذور لمواد مخلبية أو من خلال تفعيل نقل الغشاء الخلوي بإرجاع المعادن إلى التربة مرة أخرى.

تحمل الألومنيوم عن طريق الاستبعاد Aluminum tolerance by exclusion:

يعتبر كاتيون الألمنيوم (Al^{+3}) ساما لكثير من النباتات عند تواجده بكميات قليلة تقدر بالمايكرومول، إلا أن النباتات قد تأقلمت وتكيفت للنمو في مثل هكذا بيئة البيئة الحامضية) ومن ضمن هذه الأساليب التي يتخذها

النبات هي زيادة القلوية في المناطق المحيطة بالجذور (منطقة الرايزوسفير (Rhizosphere) وكذلك زيادة طرح الألمنيوم عبر الغشاء الخلوي البلازمي.

هنالك أنواع نباتية لها القدرة على إفراز أحماض عضوية عبر جذورها لتتعامل مع الألمنيوم وهذه الأحماض مثل (السيترات - الأوكزالات - الماليت - ....الخ) وظيفة هذه الأحماض تكون مركبات قوية مع الألمنيوم لحماية جذور النباتات من تأثير الألمنيوم السام عليها، من الأمثلة على هذه النباتات (نبات Snap bean - نبات Cassia tora - والذرة).

تم التوصل إلى آليتين في إفراز الأحماض العضوية في جذور النباتات وهما:

الآلية الأولى:

الاستجابة السريعة للإفراز حالما يشعر النبات بوجود الألمنيوم وذلك بتنشيط خاصية الغشاء البلازمي لضخ الأحماض العضوية ويعتقد أن البروتينات اللازمة لبناء الأحماض العضوية موجودة فعلا وهذا ما يفسر سرعة الاستجابة.

الآلية الثانية:

تأخر إفراز الأحماض العضوية بعد عدة ساعات من تعرض جذور النباتات للألمنيوم ويعتقد أن هذا التأخير يعود إلى تحفيز النبات على بناء البروتين وإمكانية مشاركة هذه البروتينات المصنعة في تكوين الأحماض العضوية أو في نقل أنيونات هذه الأحماض العضوية.

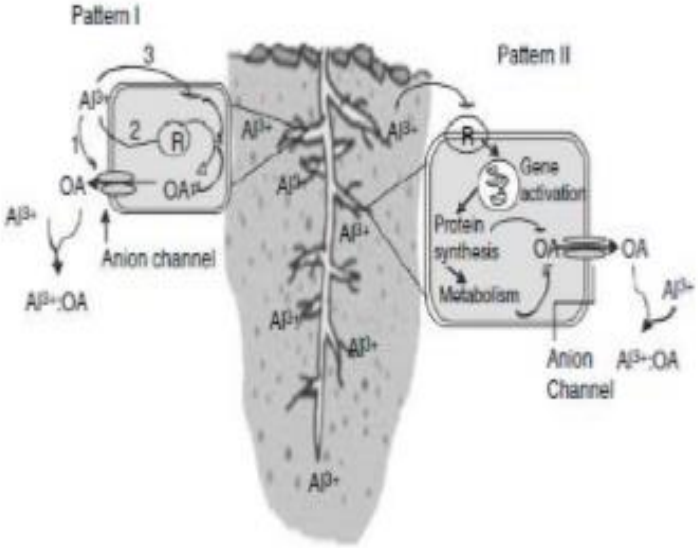
على الرغم من وجود العديد من الأحماض العضوية في خلايا الجذور إلا أن هنالك عدد قليل جدا من الأحماض العضوية لمعالجة سمية بعض العناصر الثقيلة كالألمنيوم، وهذا يعود لوجود أنظمة نقل تختلف من نبات إلى آخر حسب الأيونات الخاصة للأحماض العضوية الموجودة كما في الحنطة والذرة الصفراء.

بعض النباتات لها القدرة العالية على تراكم التراكيز العالية من المعادن الثقيلة في داخل أنسجتها كالزنك والنيكل والكادميوم من دون تلف أي خلايا نباتية وهذه النباتات تعود للعائلة الصليبية Brassicaceae.

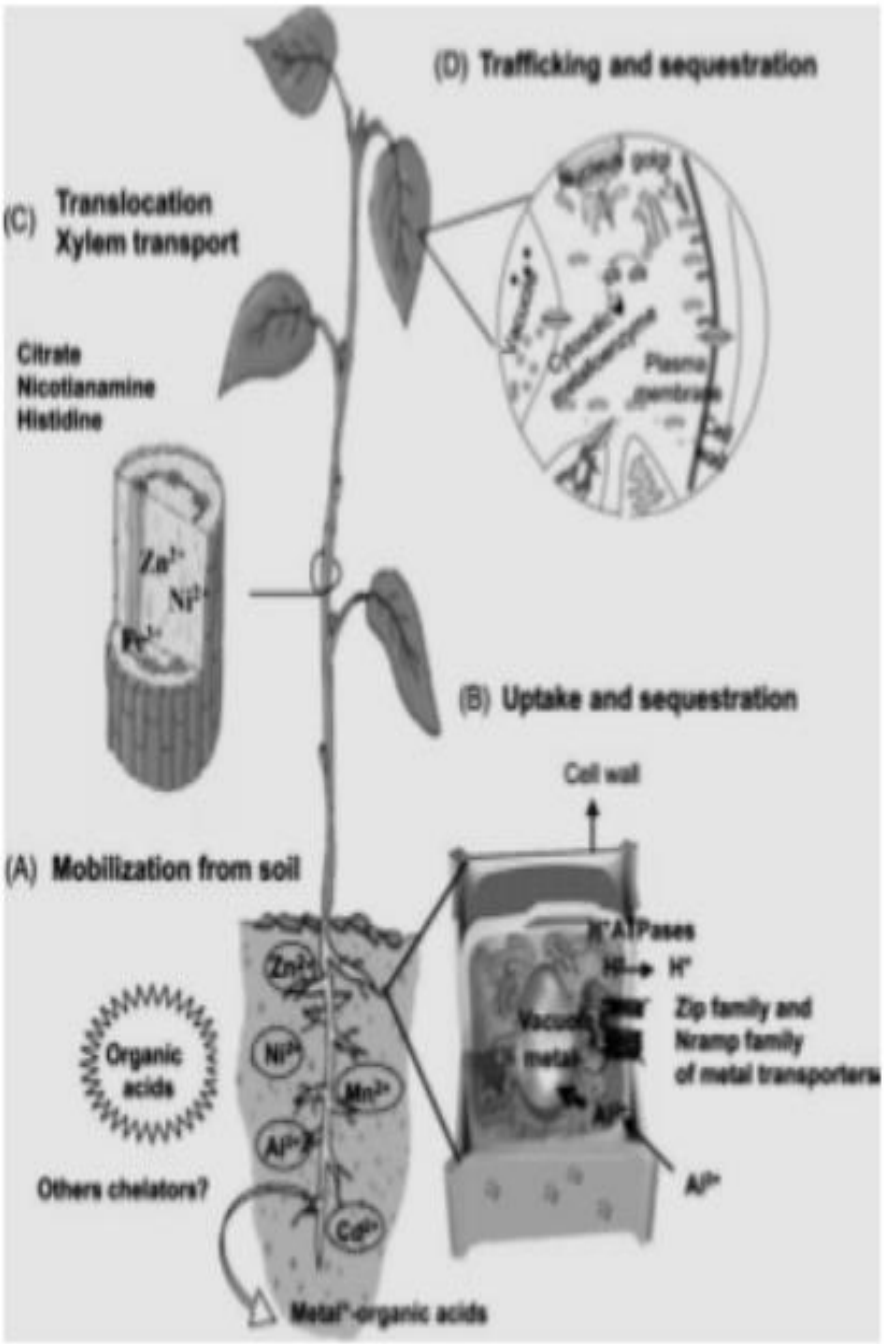
Cassia tora صورة لنبات

Snap bean صورة لنبات

Cassia Tora صورة لبذور



مخطط يوضح طريقتي التعامل مع العناصر الثقيلة السامة



مخطط يوضح الآليات التي يتخذها النبات لمواجهة العناصر الثقيلة

المصادر:

الدسوقي ، حشمت سليمان احمد. 2008. أساسيات فسيولوجيا النبات. مكتبة جزيرة الورد، المنصورة ،جمهورية مصر العربية.

الساهوكي. مدحت مجيد.2013. تربيـة محاصيل لتحمل الشد اللاحيوي. جامعة بغداد- العراق.

صقر، محب طه.2006. أساسيات كيموحيوية وفسيولوجية النبات. كلية الزراعة-جامعة المنصورة. مصر. ع ص230.

النعيمي، سعدالله نجم عبدالله. 1990. الأسمدة وخصوبة التربة. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي. جامعة الموصل-العراق.