مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية – سلسلة العلوم الزراعية – المجلد /15/ (العدد1) 1413 هـ – 1993 م.

اصفرار النباتات المزروعة في الأراضي الكلسية

د. نديم خليل*

☐ ملخص ☐

إن الشحوب الكلسي مرض فيزيولوجي يصيب النباتات المزروعة في الأراضي الكلسية وهو يظهر على شكل اصفرار صفيحة الورقة بين العروق مع بقاء العروق خضراء لفترة أطول، أول ما تظهر هذه الأعراض على الأوراق الحديثة ثم تنتقل تدريجياً إلى الأوراق المعمرة.

يعتقد أن هنالك عدداً كبيراً من العوامل المعقدة التي تتداخل في آلية ظهور هذا المرض، هذه العوامل هي: الكلس الكلي أو الفعال، الأفق الكلسي Bca ضغط غاز ثاني أكسيد الكربون، شوارد الكربونات والبيكربونات، المادة العضوية، الرطوبة، pH التربة، قوام التربة وبناؤها.

وقد حاولنا في هذه المقالة توضيح أثر هذه العوامل في ظهور المرض وانتهينا إلى توجيه بعض النصائح بهدف الحد من انتشاره.

* الدكتور نديم خليل أستاذ مساعد في قسم علوم التربة بكلية الزراعة – جامعة تشرين – اللاذقية – سوريا

مقدمة:

تكمن أهمية هذا الموضوع في اتساع رقعة الأراضي الكلسية في القطر العربي السوري وكثرة المشاكل التي تعاني منها الزراعة في تلك الأراضي.

قبل التعرف إلى هذا المرض لابد من استعراض أهم المميزات الزراعية للأراضي الكلسية والتي تتصف عموماً بقلة احتفاظها بالماء إضافة إلى أن قسماً لابأس به من الآزوت يتعرض فيها للضياع إما على شكل غازي ↗ (NH_3) وإمَّا عن طريق الانغسال، كما أن ارتفاع الـPH فيها يؤدي إلى ترسيب عدد كبير من العناصر الغذائية المعدنية مثل الحديد والمنغنيز، كما قد تلاحظ أعراض نقص كل من البوتاسيوم والمغنزيوم على النباتات المزروعة في مثل هذه الأتربة حيث الكالسيوم هو العنصر المسيطر على معقد الامتصاص. يضاف إلى تلك الخصائص ارتفاع نسبة شوارد الكربونات والبيكربونات في تلك الأراضي (Duchauffour 1977).

هذه المميزات مجتمعة تساهم في إحداث ما يسمى بالشحوب الكلسي (chlorose calcaire) الذي يظهر على بعض النباتات المزروعة في الأراضي الكلسية، تتمثل أعراض هذا المرض باصفرار صفيحة الورقة بين العروق مع بقاء العروق خضراء لفترة أطول، أول ما تظهر هذه الأعراض على الأوراق الفتية ثم تنتقل تدريجياً لتشمل كامل النبات، في المراحل المتقدمة تظهر بقع بنية على حواف الأوراق التي تميل للسقوط المبكر.

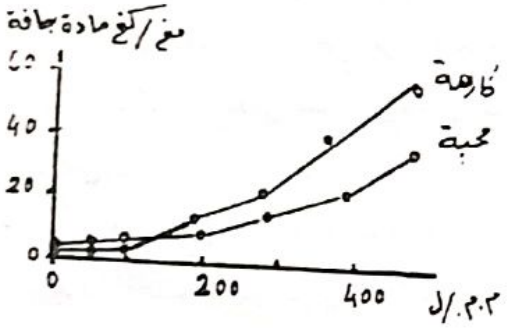
بما أن هذه الأعراض تشبه تماماً أعراض نقص الحديد، لذلك أطلق على هذا المرض الفيزيولوجي ومنذ الإشارة إليه لأول مرة من قبل (Coste - Floret 1895) بالشحوب الحديدي (Chlorose ferrique)، إلا أنه تبين فيما بعد أن بعض النباتات المريضة تحتوي على نسب من الحديد الكلي أكثر مما تحتويه النباتات السليمة (Courpron et juste 1975) غير أن تمثيل الحديد في الجذور وانتقاله باتجاه الأجزاء الهوائية ينخفضان بشكل كبير ضمن النبات نفسه (Rovison 1969، Epstein 1972، Mengel et kirkby 1982)، لقد أكد ذلك العديد من الباحثين الذين وجدوا أن نسبة الحديد الثنائي في غالبية النباتات المصفرة أقل من نسبته في النباتات الخضراء (Khalil ،Gouny et mazoyer 1953 Oserkowsky 1933 ،1987) كما لوحظ أن بعض النباتات المصفرة تعاني من نقص كل من الآزوت والكبريت والمنغنيز الذي ينخفض معدل انتقاله هو الآخر باتجاه الأجزاء الهوائية (Gouny Clement ،Clement 1977 ،et mazoyer 1953 Khalil 1987 ،et al.1977). هذه النتائج دفعت إلى الاعتقاد بأن زيادة تركيز عنصر الكالسيوم في وسط النمو هي المسؤولة عن هذه الأعراض وليس نقص الحديد، مما دفع بعضهم إلى تسمية المرض بالشحوب الناتج عن زيادة الكالسيوم (Chlorose calcique) والنباتات التي تعاني من هذا المرض عند زراعتها في الأراضي الكلسية

أصبحت تسمى بالنباتات الهاربة من الكالسيوم (Calcifuges) أما النباتات التي تنمو بشكل جيد في الأراضي الكلسية مقاومة ظهور أية أعراض مرضية فتسمى بالنباتات المحبة للكالسيوم (Caleicoles). حديثاً ظهر بأن شوارد الكربونات والبيكربونات هي الجزء الفعال من كربونات الكاليسيوم في احداث المرض الذي أصبح يسمى بالاصفرار الناتج عن زيادة الكلس (Chlorose calcaire) وأصبحت النباتات الحساسة للكلس تسمى (Calcarifuges) والنباتات المقاومة للكلس أصبحت تعرف باسم (Calcaricoles)، (Khalil. 1987).

مقارنة بين النباتات المحبة للكلس والنباتات الكارهة للكلس:

نورد فيما يلي بعض المواصفات التي تميز النباتات المحبة للكلس عن تلك الكارهة للكلس:

1- النباتات الكارهة للكلس لاتستطيع تنظيم امتصاص الكالسيوم عند ارتفاع الـ pH وبوجود تراكيز مرتفعة منه في وسط الزراعة وذلك بعكس النباتات المحبة للكلس. الشكل (1) يوضح أن جذور نباتات الفول المصري (محبة للكلس) تمتص الكالسيوم بكميات أقل مما تمتصه جذور نباتات الترمس الأصفر (كاره للكلس) بوجود تراكيز مرتفعة منه في الوسط، هذا الامتصاص الزائد للكالسيوم من قبل جذور الترمس يقلل من نفاذية الأغشية السيتوبلازمية الجذرية (Salsac 1969). عند تراكيز منخفضة من الكالسيوم تمتصه النباتات المحبة (فول مصري) بكميات أكبر مما تمتصه النباتات الكارهة (ترمس أصفر).



الشكل 1: العلاقة بين تركيز الكالسيوم في وسط النمو وامتصاصه من قبل كل من الفول المصري (محبة) والترمس الأصفر (كارهة) (حسب Salsac 1969).

2- لوحظ وجود محفظة من كربونات الكالسيوم حول جذور النباتات الكارهة للكلس (Jaillard 1982) ناتجة عن إعادة ترسيب بيكربونات الكالسيوم المنتقلة مع محلول التربة إلى جوار الجذور التي تقوم بامتصاص قسط كبير من ماء هذا المحلول مما يرفع من تركيز البيكربونات فيه ويؤدي إلى ترسيبها حول الجذور على شكل كربونات كالسيوم وذلك حسب المعادلة التالية:

$$Ca(HCO_3)_2 \Leftrightarrow CaCO_3 + CO_2 + H_2O$$

تشكل هذه المحفظة حاجزاً يمنع العناصر الغذائية من الوصول إلى سطح الجذور مما يسبب في حدوث اضطرابات غذائية عند تلك النباتات.

في حين لم يلاحظ وجود مثل هذه المحفظة عند النباتات المحبة للكلس (Callot et al. 1982).

3- لاحظ Jaillard عام 1985 وجود بلّورات كلسية داخل جذور النباتات الكارهة للكلس، تقوم بتمزيق الخلايا الجذرية وتقلل من كفاءة الجذور في امتصاص العناصر الغذائية.

4- تطرح جذور النباتات المحبة للكلس إفرازات حامضية في وسط النمو تقوم بإذابة كربونات الكالسيوم الموجودة في المحيط الجذري (RhizospHere) مما يحسن التركيب الكيميائي للتربة المحيطة بالجذور، كما أن شوارد الهيدروجين المفرزة تقوم بتعديل شوارد البيكربونات الموجودة في المحيط الجذري ويتم بالتالي السيطرة على الشحوب (Mengel and Mallisiovas 1981). مثل هذه الإفرازات تكون قليلة جداً عند النباتات الحساسة للكلس.

5- النباتات المحبة للكلس تحرر مركبات عضوية قادرة على تشكيل معقدات عضوية - حديدية كما تقوم بإرجاع الحديد إلى الشكل الثنائي (Fe^{2+}) مما يسهل امتصاصه وانتقاله ضمن النبات (Allouche 1990، Mengel et kirkby 1982).

العوامل المؤثرة في إحداث المرض:

ينتج الشحوب الكلسي عن تضافر عدد من العوامل البالغة التعقيد، نشير فيما يلي إلى أهمية كل منها:

1- كربونات الكالسيوم الكلية والفعالة: يرتبط ظهور هذا المرض غالباً بوجود نسبة من كربونات الكالسيوم الكلية والفعالة في محيط الزراعة والكمية الدنيا الواجب توفرها من هذه المادة في التربة لكي تستطيع إحداث هذا المرض تتعلق بنوع النباتات المزروعة من جهة وبالخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة من جهة أخرى، حيث إن معدل مقاومة النباتات للكلس قد تختلف حتى ضمن النوع النباتي نفسه، كما أن هذه المقاومة تتغير بالنسبة إلى النبات نفسه مع تغير درجة تهوية التربة ونظامها المائي ومميزاتها الأخرى (Juste et pouget 1980, Frison et al 1982، Bonneau 1980، Khalil ،Louc 1983، Hamzc 1983 Khalil et al ،Khalil et al.1988 ،1987 al.1989).

2- شوارد البيكربونات: تعتبر هذه الشوارد أكثر العوامل أهمية في إحداث الشحوب الكلسي، فهي تحدث خللاً في امتصاص الحديد وانتقاله ضمن النبات عن طريق تأثيرها السلبي في تمثيل حمض السيتريك في الجذور مما يعيق تشكل معقد الحديد - حمض السيتريك، كما يعتقد أن البيكربونات ترفع PH العصارة النباتية مما يؤدي إلى تثبيت الحديد ضمن النبات نفسه على شكل (Fe^{3+}). (Mengl et kirkby 1982, Morlat et al.1980).

3- رطوبة التربة: لاحظ عدد كبير من الباحثين الأثر السلبي لرطوبة التربة على النباتات المزروعة في الأراضي الكلسية لدرجة أن بعض هذه النباتات لاتشكو من الشحوب

الكلسي إلا في السنوات المـاطرة. ينتـج هـذا الأثر السلبي للرطوبة عن طريق مساهمتها في رفـع PH الـترب الكلسـية مـن جهـة وعـن طريق مساهمتها في زيادة نسبة البيكربونات المتشكلة مـن كربونـات الكالسيوم بحسب التفاعل التالي من جهة أخرى:

$$CaCo_3 + H_2O + Co_2 \Leftrightarrow Ca(HCo_3)_2 \Leftrightarrow Ca^{2+} + 2HCO_3^-$$

وقـد تم توضيـح آليـة تأثير البيكربونـات في النباتـات في الفقـرة السـابقة (Mengel et Kirkby. 1982, Morlat et al.1980, Bonneau 1980).

4- ضغط غـاز ثـاني أكسـيد الكربـون: إن ارتفاع ضغط غاز ثاني أكسيد الكربـون في هواء التربة يؤدي، كما أشار إليه لفيف مـن الباحثين، إلى زيادة حـدة أعـراض الاصفـرار على النباتات من خلال مسـاهمته في زيـادة درجـة ذوبـان كربونـات الكالسيوم حيـث يـؤدي بالتـالي إلى رفـع تركـيز شـوارد البيكربونات في التربة، مماثلاً في ذلـك لـدور الرطوبة الأرضية، وفقـاً للتفـاعل الموضـح في الفقـرة السـابقة (Barber 1984, Delmes etal.1980, Cost - Floret 1895).

5- قـوام التربـة وبناؤهـا: في الأتربـة متوازنـة القوام، جيدة البناء يتم التبـادل الغـازي بـين هواء التربة والهواء الجوي بحرية تامـة تسـمح بانطلاق غاز ثاني أكسيد الكربون، النـاتج عـن نشـاط أحيـاء التربـة بمـا فيهـا جـذور النبات، إلى الجو مما يقلل من إمكانية تراكـم شوارد البيكربونات في مثل هذه الأتربـة، في حين تتجمع هذه الشوارد بكـثرة في الأتربـة الطينية الثقيلة ذات البناء السيء وخاصة عند الزيادة الكبيرة في رطوبة التربة، لذلك يعتـبر عدد من الباحثين أن تحسين بنـاء التربـة مـن أفضـل الطـرق للسـيطرة علـى الشـحوب الكلسـي (Mengel et Kirkby 1982, Wallace et al.1986، Khalil et al.1988).

6- الأفق الكلسي BCa: يلاحظ وجـود الأفـق الكلسي في السهول ويكون بسماكة تتراوح بين5-20سم وعلى أعماق مختلفـة، يتشـكل هذا الأفق نتيجة لانخفـاض نسـبة غـاز ثـاني أكسيد الكربون مع العمق وذلك بسبب قلة الجذور والكائنـات الحيـة الدقيقـة هنـاك، في حين يتشكل هذا الأفق في المناطق المتوسـطية المتميزة بصيف حار نتيجة صعود مـاء التربـة المحمـل بالبيكربونـات إلى السـطح بوسـاطة الخاصة الشعرية ومـن ثـم يـؤدي تبخـره إلى انخفاض نسبة الرطوبة في التربـة وبالتـالي إلى إعادة ترسيب بيكربونات الكالسيوم الذوابـة علـى شـكل كربونـات الكالسـيوم وذلـك حسب المعادلة التالية:

$$Ca(HCo_3)_2 \Leftrightarrow CaCo_3 + H_2O + Co_2$$

مع مرور الزمن تتراكم كربونات الكالسـيوم المترسـبة لتشـكل الأفـق الكلسـي Bca. إن مقدرة هذا الأفق الجيدة على الاحتفاظ بالماء تسبب في استعماره بكثرة من قبـل الجـذور، إلا أن فقره بالعناصر الغذائية يحـرض ظهـور الشـحوب علـى النباتـات الـتي تسـتعمره بجذورها. إن الأفق الكلسـي Bca لايتشـكل إلا في الترب جيدة البناء والتهوية في طبقتهـا السطحية، الثقيلة سـيئة الصـرف في العمـق، لذلك فقد تنمو الأشـجار المغروسـة في مثـل

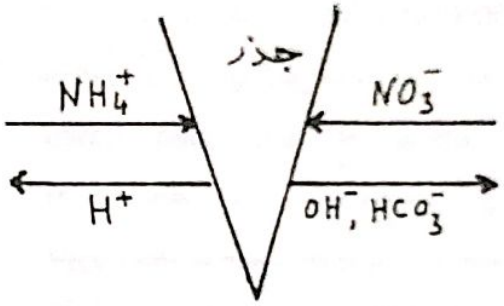
تلك الترب لعدة سنوات دون أن تشكو من أية أعراض مرضية، حيث تكون جذورها لاتزال تنمو في طبقة التربة السطحية جيدة التهوية و لم تصل بعد إلى الأفق الكلسي، ثم تظهر عليها هذه الأعراض بشكل حاد وسطحي عندما تصل جذورها إلى الأفق الكلسي وتستعمره. لذلك، وتفادياً لضياع سنوات من العمل والانتظار، ينصح بإجراء عدة مقاطع في الأتربة المخصصة لإنشاء بساتين الفاكهة قبل غرسها، حيث يتم تحديد الإجراءات الواجب اتخاذها على ضوء نتائج دراسة هذه المقاطع (Demolon et Bastisse 1944، Jaillard 1982).

7- **PH التربة:** إن ارتفاع الـ PH في الأتربة الكلسية حتى الـ (8) يسبب في ترسيب عدد كبير من العناصر المعدنية وعلى رأسها الحديد والمنغنيز إضافة إلى أنه يزيد من تراكم الكالسيوم ضمن أنسجة النباتات الكارهة للكلس وذلك حول الأغشية والجدران الخلوية بشكل خاص مما يقلل من نفاذية الجذور وبالتالي من كفاءتها في امتصاص العناصر الغذائية ويجعل النباتات أقل مقاومة للشحوب الكلسي (Allouche 1990, Callot et al.1982, Salsac 1980, Duchauffour 1977).

8- **المادة العضوية:** قام عدد كبير من الباحثين بدراسة أثر المادة العضوية كعامل مؤثر في الشحوب في الترب الكلسية، بعضهم يعتبر أن المادة العضوية تزيد من خطورة الاصفرار من خلال مساهمتها في رفع ضغط غاز ثاني أكسيد الكربون في التربة خلال تعدنها (Coste - Mengel et Kirkby 1982, Loue 1983, Florest 1895) أما بعضهم الآخر فيعتبر أن المادة العضوية تلعب دوراً إيجابياً في مساعدة النباتات على مقاومة الشحوب لأنها تزيد خلال تعدنها، من قابلية العناصر للامتصاص من قبل النبات وخاصة العناصر النادرة منها مثل الحديد والمنغنيز (Trocme 1970). إلا أن رأي كل من Juste et pouget (1980) Courpron et juste (1975) يلخص جيداً أثر المادة العضوية في ظهور الشحوب حيث يعتبرون أن المرحلة الأولى من إضافة المادة العضوية قد تترافق مع زيادة في خطورة الاصفرار لأنها تساهم، بسبب تحللها السريع خلال هذه المرحلة، في رفع ضغط غاز ثاني أكسيد الكربون في التربة بشكل ملحوظ، ولكن في نهاية الأمر وحين يصبح التعدن بطيئاً قد يظهر الأثر الإيجابي للمادة العضوية من خلال مساهمتها في إغناء التربة بالعناصر المعدنية الداخلة في تركيبها ومن خلال دورها في زيادة قابلية عناصر التربة الغذائية للامتصاص من قبل النبات.

9- **التغذية الآزوتية:** إن الامتصاص النشط (Absorption active) للشوارد الآزوتية من قبل النبات يعدل سلباً أو إيجاباً من قلوية الوسط (Callot et al.1982، Heller 1984، Jaillard 1985) فعندما يمتص النبات شاردة أمونيوم موجبة (NH_4^+) يحرر في الوسط بروتون هيدروجين (H^+) مما يخفض الـ PH، أما عندما يمتص شاردة نترات سالبة

(No_3^-) فهو يحرر في الوسط شواردة هيدروكسيل أو شواردة بيكربونات (HCo_3^-, OH^-) مما يرفع الـ PH الوسط كل ذلك يتم حسب المخطط الموضح في الشكل (2).



الشكل 2: الامتصاص النشط للشوارد الآزوتية من قبل جذور النبات.

إذن التغذية النتراتية ترفع الـ PH الوسط وتزيد بالتالي من امتصاص الكالسيوم من قبل النبات (Khalil et al.1989, Khalil 1987) وذلك لأنها تزيد من محتوى النباتات من الشوارد السالبة مثل (HCo_3^-, OH^-) والأنيونات العضوية مما يساعد على زيادة تعقيد الحديد وجعله غير متاح للعديد من الوظائف الفيزيولوجية ضمن النبات (Allouche 1990).

أما التغذية الأمونياكية فهي تساهم في خفض الـ PH التربة سواء عن طريق الهيدروجين المتحرر من جذور النباتات خلال امتصاصها لشوارد الأمونيوم (NH_4^+) أو من خلال نزحة الآزوت الأمونياكي التي تتم وفق المعادلة التالية:

$$NH_4^+ + 2O_2 \rightarrow NO_3^- + H_2O + 2H^+$$

وهذا ما يزيد من مقاومة النباتات الحساسة للكلس للشحوب حتى بوجود تراكيز مرتفعة من كربونات الكالسيوم أحياناً في وسط الزراعة (Ahalil et al.1989).

كما لوحظ أن نسبة ($\frac{Fe^{2+}}{Fe^{3}}$) عند بعض أصناف الحمص المحبة للكلس كانت أكثر ارتفاعاً عند تغذية النباتات بالآزوت الأمونياكي منها عند تغذيتها بالآزوت النتراتي (Allouche 1990).

دليل قدرة التربة على إحداث الاصفرار (I.P.C.):

Indice du pouvoiv chlorosant

وجد عدد كبير من الباحثين أن تحديد كل من الكلس الكلي أو الفعال أو الحديد في التربة لايمكن أن يكفي كل منها على حدة للحكم على مدى قدرة التربة على إحداث الاصفرار، وهذا ما دفع بعضهم إلى ربط الكلس الفعال مع الحديد سهل الاستخراج بأكسالات الأمونيوم (Juste et pouget 1972) أو بفيرسينات الصوديوم (Courbe 1980) لوضع دليل يشير إلى قدرة التربة على إحداث الاصفرار وذلك حسب المعادلة التالية:

دليل قدرة التربة على إحداث الاصفرار =

$$\frac{\text{النسبه المئويه للكلس الفعال في التربه}}{\text{ع الحديد سهل الاستخراج مقدرا بملغ كغ تربه}} \times 10^4$$

بالرغم من أن بعض الباحثين قبلوا هذه المعادلة Frison et al 1982, Juste etpouget HUGUET et ،1980, Dupont et al 1979 PRADE 1975) إلا أن عدداً كبيراً منهم أثبت عدم مقدرتها على تصنيف الأتربة بحسب شدة

الاصفرار الذي تسببه للنباتات واقترحوا تعديل معطياتها بحيث تأخذ بعين الاعتبار نسبة الأمطار السنوية وطبيعة التغذية المائية ومدى استخدام الأسمدة العضوية وغيرها من العوامل الأخرى (Morlat el al.1980, Morlat 1976, LOUE 1983).

خاتمة:

بعد أن قمنا بالتعرف إلى بعض خصائص التربة الكلسية والفروقات التي تميز النباتات المحبة للكلس عن تلك الكارهة للكلس واطلعنا على العوامل التي تؤثر بشكل أو بآخر في ظهور الشحوب الكلسي على النباتات النامية على ترب كلسية، فلا بد في النهاية من تقديم بعض النصائح فيما يتعلق بالوقاية من هذا المرض وإمكانية معالجته في حال إصابته للنباتات المزروعة.

إن الطريقة المثلى للوقاية من الشحوب الكلسي تكمن في استخدام الأصول المقاومة للكلس مثل الصنف الأمريكي للكرمة B41 وصنف الزفير كأصل لتطعيم الحمضيات والإجاص البري لتطعيم الإجاص، كما يجب استخدام الأصناف المقاومة للكلس عند زراعة المحاصيل الحقلية في الأتربة الكلسية مثل الفول وبعض أصناف الحمص. أما بالنسبة لطرق العلاج فنؤكد ضرورة تفهم العوامل المؤثرة في إحداث المرض، والتي سبق شرحها، حيث يمكن من خلال ذلك معرفة الوسائل المثلى التي يمكن تطبيقها بغية السيطرة على الأعراض المرضية، ويمكن إيجاز هذه الوسائل فيما يلي:

1- حراثة ما تحت التربة لكسر الأفق الكلسي Bca في حال أثبتت دراسة مقطع التربة وجوده.

2- تحسين بناء التربة بغية خلق ظروف صرف وتهوية مثلى.

3- استخدام الأسمدة الآزوتية الأمونياكية في الأتربة الكلسية، على أن تضاف على دفعات وأن تطمر في التربة بالشكل المناسب وأن تروى النباتات بعد التسميد مباشرة وذلك لمنع ضياع الآزوت على شكل غازي ($NH_3\uparrow$)

4- إضافة مواد عضوية متحللة في معزل عن الظروف الجوية.

5- عدم زراعة المحاصيل متعمقة الجذور في بساتين الفاكهة الحساسة للكلس

6- محاولة تخفيض PH التربة قدر الإمكان.

هذا وقد وجد بأن التسميد الورقي لعدة مرات بشيلات الحديد (Fe - EDDHA) المسماة تجارياً سيكوسترين (138) قد ساعد في السيطرة على هذا المرض في حين أن استخدام الشيلات (Fe - EDTA) على الأوراق لم يكن فعالاً بسبب ضعف ثبات هذا المركب.

REFFRENCE

ALLOUCHE G. (1990): The mechanism of mobilization of iron from soil mineral in the rizosphese of cicer aretinum L. pH. D. thesis the univessity of Leeds U.K.

BAEYENS J. (1967): Nutrition des plantes de culture. by Editions Nanwelaerts . 678 P.

BARBER S.A. (1984): Soil nutrient bioavilability. Johnwiley & sons Inc. Newyork 398 P.

BONNEAU M. (1980): A ppreciation de la fertilite du sol, elements autres que l'AZOTE: P, K, Ca, Mg, Oligo - elements, pHenomenes de toxicite .Cours de pedologie forestiere 2eme partie, chapitre V.

CALLOT G. , CHAMAYOU H.,MAERTENS C. et SALSAC L. (1982) "Mieux comprendre les interaction sol - racine, incidence sur la nutrition minerale". INRA, PARIS 325 P.

CLEMENT A. (1977): Comparaison de la nutrition minerale de pinus nigricans et de picea excelsa link en sol tres, carbonatc carbonate et decarbonate: indice sur le metabolisme des anions mineraux et organiques. Am. sci. forest. 34(4), 293 - 309

CLEMENT A. , GARBAYE J. et LE TACON F. (1977): Importance . des ectomycorhizes dans la resistance au calcaire du pin noir (pinus nigra Arm. ssp. nigricans Host. OEcol. plant 12, (2) , P. 111 - 131.

COSTE - FLORET P. (1895): Notes sur la chlorose calcaire pr. Agr. et vit. 498 - 503.

COURBE CH. (1980): " Alteration des roches glauconienses. Influence sur la chlorose ferrique dans les vignobles de la loire Moyenne". These de doctort de specialite de science de laterre (pedologie), lumiv de poitiers 100 p.

COURPRON C. et JUSTEC. (1975): Influence de L'Incorporation de certaines formes de matieres organigues sur le pouvoir chlorosant dun sol calcaise.

DELMAS A.B. , CHAMAYOU H. etCALLOT G. (1980): "Dissolution du Co_2 de latmospHere au cours de l'alteration de la calcite en condition de percolation" sci. du sol, 3, P. 191 - 200.

DEMOLON A., et BASTISSE E.M.. (1944): Role Vecteur de la silice dans les pHenomenes geochimiques et pHysiologiques. , Application au traitement de la chlorose ferrique. Ann. Agron. (3), 265 - 296.

DUCHAUFFOUR pH. (1977): Pedologie Tome I , pedogenese et classification. Masson paris 477 P.

DUPONT J. ,MORLAT R. et SALETTE J.(1979): Etude ecologique des conditions de manifestation de la chlorose ferrique dans la vignoble et du vin 3, P. 177 - 179.

EPSTEIN E. (1972): Ion absorption by roots: The role of micro - organismes. New pHytol 71, P. 873 - 874.

FRISON G. , ANSELMI N. et BACCONE A. (1982): Research on iron chlorosis of poplars. F.A.O. International poplar commission casale Moferrato sept 6 - 10 , 57 P.

GOUNY P. et MAZOYER.R. (1953): "Relation enter la nutrition minerale et les symptomes pathologiques dans la chlorose calcaire" Ann. Agron (4) , P. 561 - 598.

HAMZE M. (1983): Recherche sur la nutrition et la chlosose des agrumes en sols calcaires These Doct. detat, Acad de Montpellier, Univ des Sci, Thechn . de Montpelher.

HELLER R. (1984): PHysiologie Vegetale: I - Nutrition Abreges Masson 3ème edition 345 P.

HUGUET J.C. et PRADE J.L. (1975): La chlorose du prunier d'ente en aquitaine. C.R. Acad. Agric. 4, P. 208 - 216.

JAILLARD B. (1985): Activite racinare et rhizostructures en milieu carbonate. pedologie 35 - 3, P. 297 - 313.

JUSTE C. , ET POUGET R. (1972): Appreciation du pouvior chlososant des sols par un nouvel indice faisant intervenir le calcaire actif et le fer facilement extractible, Application au choix des portes - greffes de la vigne. C.R. Acad. 5, P. 352 - 357.

JUSTE C. et POUGET R. (1980): Role de certaines caracteristiques du sol sur la sensibilite des plantes a la chlorosc Sci. du sol 1 , P. 33 - 44 .

KHALIL N. (1987): La chlosose calcaire du sapin de nordmann (Abies nordmanniana spach (1842) Abies leio clada steven). Etude des relutions entre l'intensite des symptomes chlorotiques et les proprietes du sol. Influence du type d'alimentation azotee. These universite de NANCY I, Science du sol, nutrition vegetale, U.E.R. STMCM, 100 P.

KHALIL N., GUILLET B. et BONNEAU M. (1988): Comportement du sapin de nordmann en sol calcaire Rev. Foses. Francaise XL 3 , P. 233 - 241.

KHALIL N., LEYVAL C. , BONNEAU M. et GUILLET B. (1989): Influence du type de nutrition azotee sur le declenchement de la chlorose de sapin de nordmann Ann. SCI. FOR. 46, P. 325 - 343.

LOUE A. (1983): "Deficiences en oligo - elements actuellement reconnues sur les plantes cultivees en france (Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo) au cours de la dernier decennie" Sci . du sol 2, P. 89 - 107

MENGEL K. and MALLISSIOVAS N. (1981): Bicarbonates as inducing factor of iron chlososis in vine (vitis vinifere) vitis, 20, 235 - 243.

MENGEL K. and KIRKBY E.A. (1982): Principles of plant nutrition. International patash institue Worblofen - Bern/Switzerland 655 P.

MORLAT R (1976): Observations sur la chlosose ferrique dans les sols viticoles calcaires du Sunmurois. connaissauce de la vigne et du vin N^o 4 .

MORLAT R. , DUPONT J. et SALETTE J. (1980): Aspects ecologiques de la manifestation de la chlorose ferrique en annee seche chez la vigne dans les sols calcaires de la moyenne vallee de la loire. Ann. Agron. 31 (2) , P.219 - 238.

OSERKOWSKY J. (1933): Quantitative relation between chloropHyll and iron in green and chlorotic pean leaves. plant pHysiology , 8, P. 449 - 468.

RORISON I.H. (1969): Ecological aspects of the mineral nutrition of plants. Blackwell scientific pupl. oxford and Edinburgh.

SALSAC L. (1969): Bull. Soc. Fr. PHysiol. Veg. 15, P. 213 - 236.

SALSAC L. (1980): L'Absorption du calcium par les racines des plantes calcicoles ou calcifuges. Sci. du sol 1, P. 45 - 77.

TROCME S. (1970): Influence de la fertilisation et de diverses techniques de culture sur l'alimentation des plantes en oligo - elements Ann. Agron 21, (5), P. 519 - 548.

WALLACE A., WALLACE G.A., ABOUZAMZAM M. and CHA J.W. (1988) Effects of polyacrylamide soil conditionner on the iron status of soybean plants. soil science 141, 5, P. 368 - 370 .

RESUME

la chlorose calcaire est une maladie pHysiologique, qui se manifeste sous forme de jaunissement internervaires les nervures restant vertes plus longtemps, ces symptomes apparaissent D'abord sur les feuilles les plus jeunes, puis progressivement sur les feuilles les plus agees.

La chlorose calcaire semble faire intervenir nombreux facteurs et des mecanismes plus ou moins complexes dans son declen chement. ces facteurs sont: le calcaire total ou actif, l'horizon Bca, la pression de Co_2 , les ions Co_3^{2-}, HCo_3^- , la matiere oranique, l humidite, le pH , La texture et la structure du sol.

Nous avons essaye dans cet article de mettre au point l'action de ces facteurs sur l'apparition de cette maladie en terminant par certains conseiles serservant a limiter, tant que possible, la Declenchement de maladie.