الاصفرار الفسيولوجي في النبات

للدكتور محمد بكر أحمد

الاستاذ المساعد بقسم النبات الزراعي — كلية الزراعة بجامعة القاهرة

يواجه كثير من المشتغلين بزراعة واستغلال حدائق الفاكهة في مصر وغيرها من بقاع العالم ظاهرة خطيرة تصيب بعض أشجار الفاكهة، وهي ظاهرة الاصفرار الفسيولوجي للأوراق المتسبب عن اضطراب في تأدية الحديد لوظيفته في النبات. وتدل التقارير المختلفة على أن هذا النوع من الاصفرار يصيب عدداً كبيراً من أنواع الفاكهة وكثيراً ما يؤدي إلى فشل تام في استثمار مثل هذه الحدائق تتسبب عنه خسائر جسيمة، كما أنه يؤثر تأثيراً سيئاً على كثير من الأشجار الخشبية وعلى الأخص أشجار الصنوبر، وقلما تتأثر الخضروات بهذا المرض اللهم إلا بعض الأنواع كالبطاطس والاسفاناخ والكرنب. أما محاصيل الحقل فهي أقل عرضة للاصابة بهذا النوع من الاصفرار عدا حالات خاصة قد يظهر فيها على بعض المحاصيل كما في حالة بنجر السكر وبعض النجيليات.

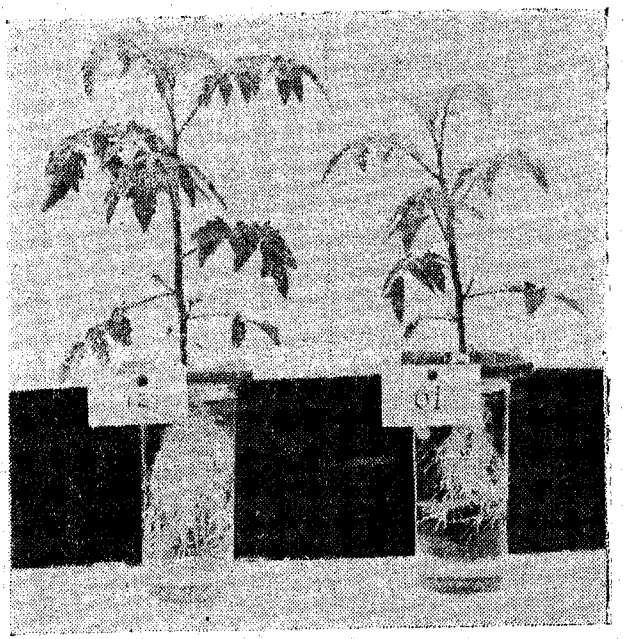
ولما كان الحديد أحد المكونات الهامة للتربة الزراعية فضلاً عن وجوده بكميات تكفي لسد حاجة النبات منه فإنه لا يمكن أن يكون اصفرار الأوراق ناشئاً عن نقص في الحديد الموجود في التربة، بل إنه يعزى إلى عوامل عدة تؤثر على الحديد — سواء كان موجوداً في التربة أم داخل النبات — وتحوله إلى صورة يصعب معها على النبات الاستفادة منه استفادة تامة، ولهذا يفضل دائماً أن يعزى هذا النوع من الاصفرار إلى اضطراب في تأدية الحديد لوظيفته في النبات. وتدعيماً لهذا الرأي وجد كثير من الباحثين أن أوراق بعض أشجار الفاكهة المصابة بهذا النوع من الاصفرار تحتوي على كمية من الحديد تعادل إن لم تفق مثيلتها في الأوراق الخضراء. ورغم هذا فإن

هذه النباتات الصفراء إذا عوملت بكبريتات الحديدوز ـ سواء أكان ذلك بإضافتها على هيئة ملح صلب إلى التربة أم بحقنها فى جذع الشجرة أو برشها على هيئة محلول على النبات فإنه سرعان ماتستعيد الأوراق لونها الأخضر ويزيد معدل نمو هذه الأشجار

ومن الغريب حقاً أن الأعراض التى تظهر على الأوراق المصابه بهذا النوع من الاصفرار تماثل تماما أعراض نقص الحديد فى الأوراق . وتبدأ الحالة بأن تفقد الورقة لونها الأخضر مبتدئة من قاعدة النصل متجهة إلى قمة الورقة حتى يكتسب النصل كله اللون الأصفر ثم يتحول إلى لون أصفر باهت وأخيراً إلى أبيض عاجى . ثم تظهر بقع سمراء اللون على النصل سرعان ما تحترق مصحوبة باحتراق حواف الورقة ثم تلتف الورقة وتموت . أما الأوراق الحديثة فتكون أصغر حجما وذات لون أبيض عاجى سرعان ما تحترق . وواضح جداً أن هذه الأعراض تشابه تماما أعراض نقص الحديد فى النبات « انظر شكل ١ » رغم أن الأولى — كما سلف القول — تحتوى على كمية من الحديد تعادل إن لم تفق كمية الحديد الموجودة فى الأوراق الخضراء لنفس النبات ولا شك أن التفسير الوحيد لهذه الحالة هو أن الحديد الموجود فى مثل هذه الأوراق الصفراء يكون أكثره على صورة غير نشطة (Inactive form) لا يستفيد منها النبات . أما فى الأوراق الخضراء فتكون نسبة الحديد النشط (Active iron) مرتفعة نسبياً .

ولقد ذكر ولاس وهويت Wallace and Hewitt سنة ١٩٤٦ أن ارتفاع قلوية التربة وزيادة نسبة الفوسفات هما من أهم مسببات هذا النوع من الاصفرار . ولعل من أهم الأمراض التى يعرفها جميع المشتغلين بزراعة الفاكهة فى جميع أنحاء العالم مرض الاصفرار الذى يصيب بعض أشجار الحلويات خصوصاً الكمثرى والتفاح النامين فى أراض جيرية ، وهو المعروف باسم (Lime- inducad chlororis)

ولا ينشأ هذا الاصفرار عن نقص فى كمية الحديد الموجودة فى مثل هذا النوع من التربة ، بل يعزى إلى عوامل عدة أهمها قلوية التربة التى تؤدى إلى تحول الحديد



(شكل ١)
أعراض نقص الحديد على نباتات طماطم نامية فى مزرعة مائية بعد ١٥ يوما من بدء التجربة
نبات رقم ٧٢ — يحتوى المحلول الغذائى على حديد
نبات رقم ٦١ — لا يحتوى المحلول الغذائى على حديد
عمر النبات ٤٩ يوماً من الإنبات .
(من أبحاث كاتب المقال)

إلى صورة يصعب معها على النبات الاستفادة منها استفادة كاملة سواء أكانت خارج النبات أم داخله . ولهذا فإن الطريقة الاقتصادية لعلاج مثل هذه الحالة هى رش الأشجار المصابة بمحلول من كبريتات الحديدوز (٠,٢ — ١٪) أو بإدخال قطع صلبة من أحد أملاح الحديد مثل كبريتات الحديدوز — سترات حديد — ترترات حديد داخل جذع الشجرة . وهذه الطريقة الأخيرة تستخدم بنجاح فى الأيام الأخيرة فى علاج مثل هذه الحالة بأشجار الفاكهة . والجدير بالذكر أن رش أشجار الفاكهة بمحلول أحد أملاح الحديد كثيراً ما يتسبب عنه تلف لأوراق النباتات ، ولهذا يتطلب استعماله

حذراً وحيطة تأمين، كذلك يمكن علاج هذه الحالة بالعمل على تخفيض قلوية التربة وذلك بإضافة كمية من الكبريت إلى التربة تحت الأشجار حيث يعمل على تخفيض رقم الأس الايدروجينى « P H » للتربة، وبالتالى يزيد نسبة الحديد الموجود فى التربة الذى يسهل على النبات الاستفادة منه . كما يلجأ أحياناً إلى زراعة بعض النباتات الصغيرة الغزيرة النمو تحت الأشجار « Cover crop » أو إضافة مواد عضوية غير كاملة التحلل وذلك لزيادة ثانى أوكسيد الكربون فى التربة ، وبالتالى تخفيض قلوية التربة حتى يؤدى ذلك إلى سهولة الاستفادة من الحديد الموجود فى التربة .

أما عن تأثير زيادة نسبة الفسفات فى التربة على الحديد فقد ذكر أولسن Olsen سنة ١٩٣٥ أن أزدياد كمية الفسفات فى المحلول الغذائى المتعادل أو القلوى يؤدى الى اضطراب فى امتصاص الحديد وتمثيله داخل النبات، ويؤدى بالتالى لظهور الاصفرار على أوراق النبات . وقد دعم كثير من الباحثين هذه النتائج وشوهدت هذه الحالة على أشجار الموالح ونباتات الذرة والأناناس ، فمثلا نسبب عن اضافة الفسفات بكمية وافرة الى أرض قلوية تنمو فيها نباتات الأناناس ظهور أعراض الأصفرار على الأوراق بينما ازدهرت نباتات الأناناس النامية فى أرض حمضية من إضافة الفسفات الى تربتها .

ويعزى أولسن Olsen هذه الظاهرة الى أن وجود الفسفات بكمية وافرة فى التربة القلوية يعيق امتصاص النبات للحديد فضلا عن أن وجود الفسفات بغزارة داخل النبات يعمل على ترسيب الحديد الممتص على هيئة فسفات حديد فى سوق النباتات ، وبذا يصير الحديد فى صورة غير فعالة Inactive form لا يستفيد منها النبات .

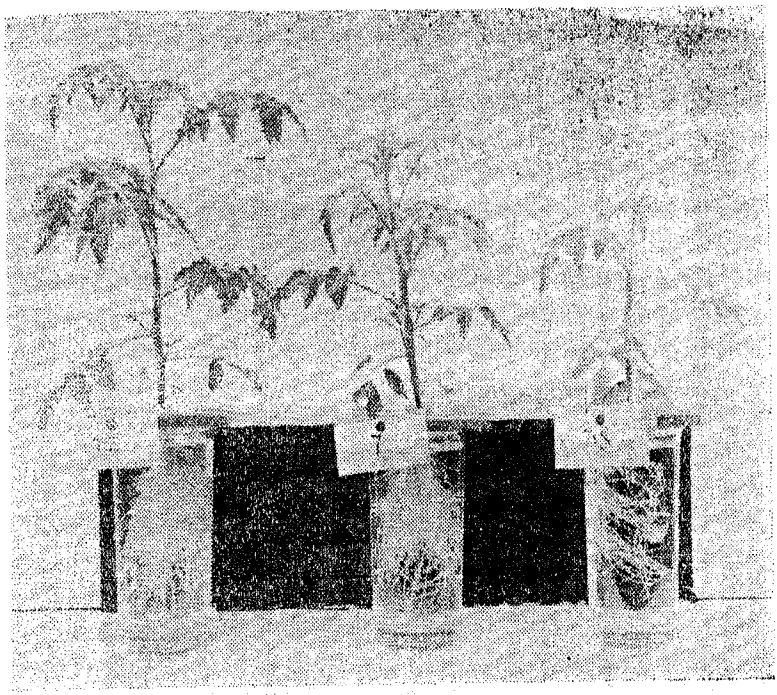
وكثيراً ما يتسبب عن وجود بعض العناصر فى التربة بكميات وافرة ظهور مثل هذه الحالة من الاصفرار ، فقد أشار ماك جورج Mc. George سنة ١٩٢٣ مثلا الى أن نباتات الأناناس النامية فى أرض ذات محتوى متجنيزى عال فى جزر هاواى (Hawaii) تصاب بمرض الأصفرار المسمى (Manganese yellows or Pineapple yellows) وهذه الحالة تعالج برش النباتات بمحلول أحد أملاح الحديد .

كما ذكر ولاس وهيويت (Wallace and Hewitt) سنة ١٩٤٦ وكما ذكر هيويت (Hewitt) سنة ١٩٤٨ أن بعض محاصيل الحقل في انجلترا تصاب بالاصفرار الذى يشابه تماما أعراض نفس الحديد. وقد أثبت البحث أن السبب الرئيسى هو وجود بعض العناصر مثل النحاس والنيكل والزنك فى التربة النامية فيها هذه النباتات . وهذه العناصر توجد إما طبيعيا فى التربة الملاصقة لمناجم هذه المعادن أو تصل إليها من المصانع المجاورة عن طريق الماء الذى يحمل نفايات هذه المصانع ويتسرب الى التربة الزراعية . وقد شوهدت هذه الحالة على نباتات البطاطس والطماطم وبعض النجيليات .

ولقد قمت بين سنة ١٩٤٩ و١٩٥٣ بإجراء عدة تجارب على نبات الطماطم مستعملا المزرعة المائية « Water- culture » لمعرفة تأثير وجود بعض أملاح المعادن الثقيلة فى المحلول الغذائى على نمو النبات «انظر شكل ٢» فوجدت أن كثيراً من هذه العناصر كالكوبلت والنيكل والزنك والرصاص والنحاس تسبب أصفرارا للنبات يماثل تماما أعراض نقص الحديد. وهذه العناصر تختلف اختلافا كبيراً من حيث درجة تأثيرها على النبات وبالتالى من حيث درجة الاصفرار، ويمكن ترتيبها ترتيبا تنازليا من حيث تأثيرها كالتالى :

الكوبلت — النحاس — النيكل — الزنك — الرصاص — المنجنيز

ولقد دل تحليل نباتات الطماطم السابقة الذكر التى تعانى الاصفرار على أنها تحتوى على كمية من الحديد تزيد عن كمية الحديد الموجودة فى نباتات المقارنة الخضراء ، فبينما كان تركيز الحديد فى المادة الجافة لسوق وأوراق نباتات المقارنة ١٢٠ جزءا فى المليون كان تركيزه فى النباتات التى تعانى مرض الاصفرار بسبب زيادة تركيز المنجنيز والكوبلت فى المحلول الغذائى ١٦٧ و ٢٠٠ جزء فى المليون على التوالى . وهذا يؤيد ماسبقت الإشارة إليه من أن اصفرار الأوراق ليس ناشئا عن نقص فى المحتوى الحديدى للنبات، وقد ظهر ذلك أيضاً فى الأشجار الخشبية ، فقد وجد تشابمان (Chapman) سنة ١٩٣١ أن أصفرار الصنوبر الناشىء عن زيادة تركيز المنجنيز



(شكل ٢)
أعراض نقص الحديد الناتجة عن زيادة تركيز النحاس فى المحلول الغذائى لنباتات طماطم
فى مزرعة رملية بعد ١٥ يوما من بدء التجربة
نبات رقم ٧٢ — يحتوى المحلول الغذائى على نحاس بتركيز ملائم
نبات رقم ٧ — يحتوى المحلول الغذائى على نحاس بتركيز فوق المتوسط
نبات رقم ٣٨ — يحتوى المحلول الغذائى على نحاس بتركيز عال
تركيز الحديد موحد فى الثلاث مشارع
عمر النباتات ٤٩ يوما من الانبات
(من أبحاث كاتب المقال)

فى المحلول الغذائى لم يكن بسبب نقص كمية الحديد فى النبات ، اذ كان تركيز الحديد فى المادة الجافة للأوراق الصفراء أعلى منه فى الأوراق الخضراء .

وقد فسر أوسركوسكى (Oserkowskey) سنة ١٩٣٣ هذه الظاهرة بأن الحديد فى الأوراق يوجد على أكثر من صورة ولكن جزءا من الحديد الكلى فقط يكون فعالا وأساسيا فى تكوين الكلوروفيل ولهذا أطلق عليه اسم الحديد النشط (Active iron) وهو الحديد الذى يوجد فى الأوراق الخضراء أكثر منه فى الأوراق

الصفراء . أما باقى الحديد فقد أطلق عليه اسم الحديد غير النشط (Inactive iron) وهو الحديد الذى ليست له أية علاقة بتكوين الكلوروفيل فى الأوراق . وقد استنبطت طريقة لتقدير كمية الحديد النشط فى الأوراق باستخلاص كمية الحديد الموجودة فى الأوراق الجافة بواسطة حمض كلوريدريك $\frac{1}{10}$ أساسى فوجد أن هناك علاقة كبيرة بين كمية الحديد المستخلص فى هذا المذيب وكمية الكلوروفيل التى بنفس الأوراق . واتضح أن هذا المستخلص يحوى بالاضافة إلى الحديد النشط كمية من الحديد غير النشط .

ويرى بنيت Bennett سنة ١٩٤٥ أن الحديد النشط فى الأوراق يكون مرتبطا بجزء من البروتين أطلق عليه اسم البروتين النشط (Active protein) بينما أطلق اسم البروتين غير النشط (Inactive protein) على البروتين المرتبط به الحديد غير النشط . وعلى حد قوله لم تمكن معرفة طبيعة تكوين نوعى البروتين السالفى الذكر ولكنه أشار الى أن البروتين النشط يربط الحديد بدرجة أقل من النوع الثانى . ولكنه استخلص من أبحاثه أن درجة اخضرار وأصفرار أوراق النبات تتوقف على كمية الحديد المرتبط بالبروتين النشط داخل الخلية .

أما الصورة التى يوجد عليها الحديد النشط فى النبات ذو العلاقة الوثيقة بتكوين الكلوروفيل فقد أجمعت آراء معظم الباحثين على أنها صورة الحديدوز . فقد ذكر سومرز وشايف Somers and Shive سنة ١٩٤٢ أن تجاربهما على نباتات فول الصوية قد دلت على أن الحديد النشط فى الأوراق يكون على صورة حديدوز ، وان أكثر الحديد فى النبات يختزل أولا إلى صورة حديدوز داخل خلايا النبات ، ولكن وجود المنجنيز بتركيز عال نسبياً داخل النبات يعمل على أكسدة الحديدوز إلى حديديك ، وهذا الأخير يرسب فى الخلايا على هيئة مركبات عضوية معقدة فلا يستفيد منه النبات وتظهر بالتالى حالة الاصفرار على أوراقه . وقد انتقد أرنون Arnon سنة ١٩٤٣ النظرية السالفة الذكر مشيرا الى أن الأبحاث الحديثة دلت على أن كلا الصورتين (الحديدوز والحديديك) تلعبان دوراً كبيراً فى حياة النبات .

ويستخلص من كل هذا أن أصفرار النبات الناشىء عن الاضطراب فى تأدية الحديد لوظيفته معضلة متشعبة النواحى متعددة الأسباب تحتاج الى مزيد من الدراسة الدقيقة .

REFERENCES المراجع

1 — Ahmed, M.B. and Twyman, E.S. (1949) Experiments on the effect of cobalt and manganese on the growth and development of tomato plant. Prog. Reports min. Defic. Conf. of Agric. Res. Council no. 10664 London.

2 — (1950) The iron manganese balance and plant growth. Prog. Reports min. Defic. Conf. of Agric. Res. Council no. 11609 London.

3 — Ahmed, M.B. (1950) Stndis on iron - induced chlorosis. The relatvi toxicity of some metals to the tomato plant. Ph.D. Thesis. The university of Birmingham.

4 — Ahmed. M. B. and Twyman, E. S. (1953) manganese requirements of tomato plants at different hases of growth Nature, 171, 438.

5 — Arnon, D. I. (1943) The mineral nutrition of plants. Ann. Rev. of Bioch. 12, 493.

6 — Bennett, J. P. (1945) Iron in leaves. Soil Sci. 60, 91.

7 — C. hapman, G. W. (1931) The relation of iron and manganese to chlorosis in plants. New Phyto. 30, 266.

8 — Hewilt, F. J. (1948) Relation of manganese and some other metals to the iron status of plants. Nature, 161, 489.

9 — Mc. George, W.T. (1923) The chlorosis of pineapple plants grown in manganiferous soils. Soil Sci. 16, 269.

10 — Olsen, C. (1935) Iron absorption and chlorosis in green plants. compt. Rend Lab. carlsberg, Ser. chim. 21. 31.

11 — Oserkowsky, J. (1933) Quantitative relatoin betwean chlorophyll and iron in green and chlorotic pear leaves. Plant Physiol. 8, 449.

12 — Somers, I. I, and Shive, T.W. (1942) The iron - manganese relatoin in plant metabolism. Plant Physiol. 17, 582.

13 — Wallace, T. and Hewitt. E. (1946) Studies in iron deficiency of crops. J. Pon. 22,153

14 — محمد بكر أحمد سنة ١٩٥٢ العناصر النادرة فى النبات - مجلة العلوم الزراعية المجلد الخامس - العدد الأول