ولمزيد من التفاصيل الخاصة بنقص البورون فى النباتات وتصحيح هذا النقص .. يُراجع Shorrocks (١٩٩٧).

## الموليبدنم

### دور الموليبدنم فى النبات

يدخل الموليبدنم فى تركيب أحد الإنزيمات التى تعمل على اختزال النترات فى النبات إلى أمونيا، كما يعد — كذلك — جزءًا من التركيب الجزيئى لإنزيم ريبوبروتينيز riboproteinase الضرورى لاختزال نيتروجين الهواء الجوى فى كل من البكتيريا *Azotobacter* و *Rhizobium* (Edmond وآخرون ١٩٧٥).

وقد لوحظ أن نقص الموليبدنم يتبعه دائمًا نقص فى تركيز حامض الأسكوربيك فى النبات، وهو الذى يحمى الكلوربلاستيدات من أى تغير فى تركيبها.

ويبدو أن للموليبدنم دورًا فى ميتابولزم الفوسفور فى النبات.

هذا .. وتعتمد أربعة إنزيمات نباتية على الموليبدنم فى فعلها، وهى: nitrate reductase، و aldehyde oxidase، و sulphite oxidase، و xanthine dehydrogenase. هذا .. إلا أن الموليبدنم لا يكتسب نشاطًا بيولوجيًّا ويصبح مؤثرًا فى تلك الإنزيمات إلاّ بعد تكوينه لمعقد مع مركب pterin؛ ليتكون الموليبدنم المرافق الإنزيمى (Mendel ٢٠٠٧).

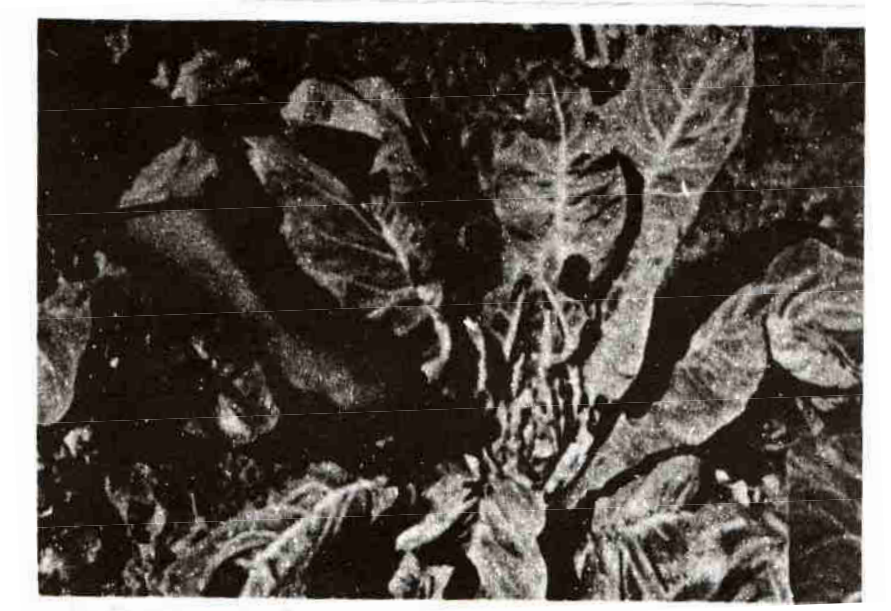
### أعراض نقص الموليبدنم

تتميز أعراض نقص الموليبدنم — بصورة عامة — بظهور بقع مصفرة غير منتظمة الشكل والتوزيع بين العروق، وتشوه الأوراق الحديثة، وموت البرعم الطرفى، ولا ينمو نصل الورقة بمعدله الطبيعى، وربما لا ينمو كلية، ويبقى العرق الوسطى فقط، كما يكون النمو بطيئًا، والنباتات متقزمة، ويصاحب ذلك نقص فى كمية ونوعية المحصول.

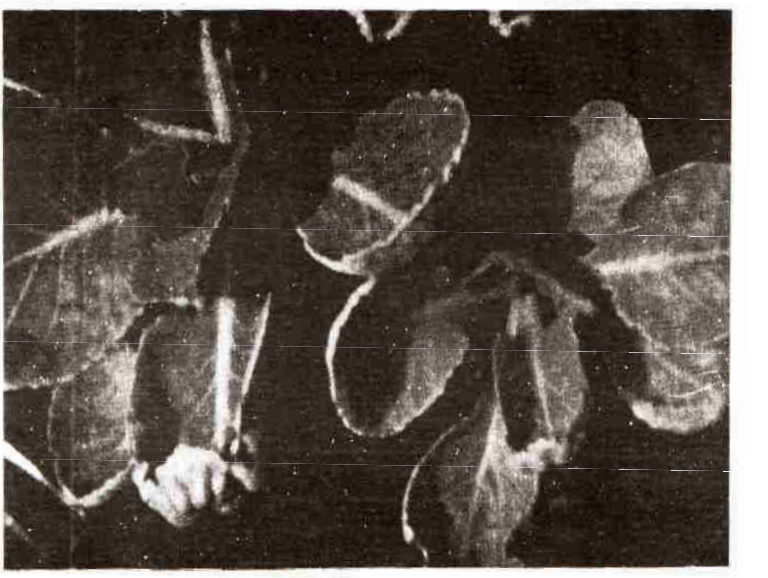
ومن أعراض نقص الموليبدنم فى الطماطم والخيار والفاصوليا: التفاف حواف الأوراق، وتلونها باللون الأصفر أو البنى، وفى القنبيط: يكون القرص صغيراً ومفككاً، والأوراق ضيقة، وحواف النصل متآكلة، وتسمى هذه الحالة بمرض طرف السوط whiptail. وفى البروكولى تأخذ الأوراق شكلاً ملعقيًّا.

وأكثر الخضراوات احتياجًا إلى التسميد بالموليبدنم هى: الخس، والفاصوليا، والقنبيط، والبروكولى، والطماطم، والخيار، والبصل، والسبانخ.

وتظهر أعراض نقص الموليبدنم فى القنبيط والبروكولى فى شكلى (١–٥)، و(١–٦). (عن Climax Molybdenum Comopany ١٩٥٦).



**شكل (١–٥): أعراض نقص الموليبدنم فى القنبيط. يلاحظ صغر الأوراق الداخلية وتآكل حواف النصل، وهى الظاهرة المعروفة باسم طرف السوط whiptail**



**شكل (١-٦): أعراض نقص الموليبدنم فى البروكولى يلاحظ أن الأوراق تأخذ شكلاً ملعقيًا، وهى أعراض تسبق ظهور حالة "طرف السوط" فى حالات النقص الشديدة.**

هذا .. ويتنافس أيونا الكبريتات والموليبدات على كل من الامتصاص والانتقال داخل النبات؛ بما يؤدى إلى زيادة كبيرة فى امتصاص الموليبدنم عند نقص الكبريت. وعلى الرغم من أن تلك الحقيقة لا تؤثر كثيرًا على النمو المحصولى نظرًا لتحمل النباتات لتركيزات عالية نسبيًّا من الموليبدات، إلاّ أنها يمكن أن تؤثر كثيرًا على تغذية الحيوانات — التى تتغذى على تلك النباتات، وخاصة الحيوانات المجترة نظرًا لحساسيتها لزيادة الموليبدنم (Alhendawi وآخرون ٢٠٠٥).

تظهر — غالبًا — أعراض نقص الموليبدنم عندما ينخفض تركيزه فى الأوراق عن ٠,٢ جزءًا فى المليون على أساس الوزن الجاف، إلا أن مستوى النقص ومستوى الكفاية يتباينان كثيرًا — من محصول لآخر — من أقل من ٠,١ جزءًا فى المليون إلى أكثر من ٠,٥ جزءًا فى المليون (عن Gupta & Lipsett ١٩٨١).

## تيسر الموليبدنم فى التربة

يتوفر الموليبدنم فى الأراضى التى يزيد فيها الـ pH عن ٧، ويقل نسبيًا فى pH من ٥,٥ — ٧، ويصبح النقص شديدًا عند انخفاض الـ pH عن ٥,٥، وذلك بعكس كل العناصر الدقيقة الأخرى.

وتظهر أعراض نقص الموليبدنم فى الأراضى الجيرية بعد استصلاحها وغسيلها، حيث يُفْقَد ما قد يوجد فيها من موليبدنم عند غسيلها.

ويوجد الموليبدنم فى التربة فى صوره الثلاث: المثبتة كجزء من معادن التربة ومن المادة العضوية، والمدمصة على سطح غرويات الطين، والذائبة فى محلول التربة، كأيون موليبدات $MoO_4^{--}$، أو $HMoO_4^-$. ويتراوح تركيز الموليبدات الذائبة فى التربة بين ٠,٣ و٣,٩ جزءًا فى المليون من التربة الجافة. ويدمص أيون الموليبدنم بطريقة التبادل الأنيونى، كما فى حالة أنيونات الكبريتات والفوسفات.

هذا .. ويكفى نحو ٠,٠١ جزءًا فى المليون للتغلب على نقص العنصر فى المحاليل المغذية.

**ويعالج نقص الموليبدنم فى التربة باستعمال أحد السمادين التاليين:**

١- موليبدات الأمونيوم Ammonium molybdate، وتحوى ٤٨,٩٪ موليبدنم، وتركيبها: $(NH_4)_2MoO_4$، وتستعمل بمعدل ١,٨ كجم/فدان للتربة سرًّا فى خنادق، أو ٣,٦ كجم للفدان عند إضفاتها نثرًا.

٢- موليبدات الصوديوم Sodium molybdate، وتحوى ٣٩,٧٪ موليبدنم، وتركيبها: $Na_2Mo_4.2H_2O$ وتستعمل بمعدل ٢٢٥ — ٤٥٠ جم للفدان للتربة، أو رشا بتركيز ١١٠ — ٤٥٠ جم/٤٠٠ لتر ماء.

وقد أدى الرش الورقى للفاصوليا بالموليبدنم بمعدل ١٧ جم من العنصر (Mo) للفدان ٢٥ يومًا بعد الإنبات إلى تحفيز نشاط إنزيما الـ nitrogenase والـ nitrate reducatse، وزيادة تراكم النيتروجين فى النموات الخضرية (Vieira وآخرين ١٩٩٨).