

Étude de l'action du chlorure de sodium sur la croissance et la composition minérale du clémentinier cultivé en solution hydroponique.

A. KHELIL*

INTRODUCTION

Les agrumes sont considérés par la plupart des auteurs comme des plantes sensibles au chlorure de sodium.

D'une manière générale on peut considérer que la croissance et la production de fruits sont réduites au-delà de 1 g de chlorure de sodium dans le sol, SIMONNEAU (20).

La présence de chlorure de sodium dans le milieu de culture se traduit chez la plante, en règle générale, par une inhibition de la croissance et l'apparition de symptômes de toxicité dus à la pression osmotique de la solution du substrat et à un effet spécifique des ions chlore et sodium.

Par suite de la présence du chlore à côté du sodium, il est difficile de distinguer les effets propres à chacun de ces ions.

Le sodium est utilisé comme ion d'accompagnement destiné à introduire l'anion dont on veut étudier l'effet.

L'accumulation du sodium n'étant pas toujours proportionnelle à celle du chlore, on attribue la toxicité à ce dernier sans toutefois négliger l'action du sodium qui s'accumule dans des proportions anormales et perturbe l'équilibre cationique.

Au-delà de certaines teneurs en chlore dans les feuilles, des troubles physiologiques apparaissent et se manifestent généralement par une réduction de croissance et l'apparition de nécroses.

Des indications sur le chlore dans les feuilles d'agrumes issues de rameaux fructifères ont été données par CHAPMAN (3) qui considère qu'une teneur en cet élément est : suffisante pour 0,02 à 0,15 p. 100 de M.S., bonne de 0,20 à 0,30 p. 100 de M.S. et excessive quand elle est supérieure à 0,40 p. 100 de M.S.

En règle générale, ces limites peuvent varier dans de très larges proportions, en fonction du porte-greffe et de la variété qui lui est associée.

RODNEY et al. (19) ont remarqué que le dépérissement des citronniers, provoqué par une nécrose des tubes criblés, était en relation avec l'accumulation du chlore dans les racines.

Sur citronnier, greffé sur *Poncirus trifoliata*, KOVERGA (14), observa une chlorose des feuilles pour une teneur en chlore de 2,6 p. 100 chez des feuilles âgées et de 4 p. 100 chez les feuilles jeunes.

BRUSCA et HAAS (2) remarquèrent des symptômes de toxicité en chlore à partir de 1,6 p. 100 de M.S. dans les feuilles de citronnier greffé sur le bigaradier.

COOPER et al. (7) irriguant des pomelos greffés sur bigaradier et mandarinier Cléopâtre, par des eaux salines, constatent que pour une concentration en chlore égale à 0,11 p. 100 de M.S., la croissance du tronc de pomelos sur bigaradier est de 23,20 cm², alors qu'elle n'est que de 19,10 cm² chez la même variété et pour le même porte-greffe, à partir d'une concentration de 0,44 p. 100 de M.S.

Sur mandarinier Cléopâtre, à une concentration de 0,14 p. 100 de M.S. correspond une croissance de 22,60 cm² et pour 0,26 p. 100 de M.S. une croissance de 22,40 cm².

Dans d'autres expériences, ces mêmes auteurs (5) notent l'apparition de symptômes de toxicité sur les feuilles du pomelo «Shary red» pour une teneur en chlore de 2,71 p. 100 de M.S. quand il se trouve greffé sur le bigaradier, et à partir de 1,35 quand le porte-greffe est le mandarinier Cléopâtre. Le pomelo greffé sur le bigaradier présentait plus de nécroses que quand il était greffé sur mandarinier Cléopâtre.

Chez le pomelo greffé sur mandarinier Cléopâtre, PEARSON et HUBERTY (18) considèrent qu'il y a croissance

* - Maître-Assistant, Département des cultures pérennes, Institut national agronomique, ALGER.

normale pour une teneur en chlore de 0,07 p. 100 de M.S. et des réductions de 46 p. 100 et 38 p. 100 pour les teneurs respectives de 1,35 et 1,28 p. 100.

Chez le citrange Troyer, le taux de chlore dans les feuilles était de 4,67 p. 100 de M.S., au bout de quatre semaines de traitement, en aquiculture, sur un milieu de 2,84 g par litre de chlore, HEWITT et FURR (12).

Des expériences entreprises par CHAPMAN (4) sur oranger doux font apparaître des symptômes pour des teneurs comprises entre 0,3 et 0,5 p. 100 de M.S., un retard de croissance et une chute de production à partir de 0,75 p. 100.

Quand il est greffé sur mandarinier Cléopâtre, l'oranger doux ne présente des signes de toxicité qu'à partir de 1,5 p. 100 de M.S., COOPER et al. (5).

A la suite d'un essai sur plusieurs porte-greffe, COOPER et al. (5) ont pu remarquer que la meilleure tolérance est obtenue avec le mandarinier Cléopâtre et la lime Rangpur, une tolérance moyenne avec le bigaradier, le citronnier de Floride, le tangelo et l'oranger doux et enfin une tolérance faible avec le *Poncirus trifoliata* et le cédratier.

Chez le bigaradier, ZID (22) note des symptômes de toxicité pour une concentration en chlore égale à 1,8 p. 100 de M.S.

HAAS (10) a également montré une réduction de croissance chez le citronnier greffé sur bigaradier à la concentration de 348 mg de sodium par litre.

En Algérie, le clémentinier étant largement répandu, nous avons entrepris cette étude pour préciser le comportement de cette variété, en milieu salin.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Conditions expérimentales.

Nous avons utilisé des plants greffés d'une même variété (clémentinier) sur différents porte-greffe (citrange Troyer, bigaradier, *Poncirus*).

Les plants ont été cultivés en serre dans des conditions identiques, sur le même gravier et après lavage des racines à l'eau permutée.

Après la mise en pot, les plantes sont irriguées pendant cinq mois avec la même solution nutritive (tableau 1). A la fin de cette période, nous avons apporté du chlorure de sodium à des concentrations de 1 g et 2 g par litre pendant une durée de trois mois, dans la solution nutritive de base.

A la suite du traitement avec les deux concentrations en NaCl ajouté à la solution nutritive, nous avons repris l'irrigation des mêmes plantes avec la solution témoin (sans NaCl) pendant une durée de deux mois.

Analyses.

Les analyses des éléments minéraux ont été effectuées sur la poudre sèche après broyage et homogénéisation de feuilles provenant de trois prélèvements successifs.

TABLEAU 1 - Composition de la solution nutritive.

Macro-éléments (méq/l)

$\text{Cl}^- = 0,2$ $\text{Na}^+ = 0,3$ $\text{Ca}^{++} = 1,3$ $\text{Mg}^{++} = 1,2$ $\text{K}^+ = 2,72$
 $\text{H}^+ = 0,6$ $\text{NH}_4^+ = 4,9$ $\text{NO}_3^- = 6,2$ $\text{SO}_4^- = 3,1$ $\text{PO}_4^- = 1,5$

Micro-éléments (mg/l)

Mn = 0,48 Zn = 0,08 Cu = 0,03 B = 0,51 Mn = 0,01
 Fe = 36 (chélate de fer).

Les feuilles du premier prélèvement sont âgées de six mois (cinq mois de croissance en présence de la solution nutritive de base et un mois de traitement en présence des deux concentrations en NaCl (1 g et 2 g par litre).

Les feuilles du second prélèvement sont âgées de huit mois (trois mois de traitement avec les mêmes concentrations en NaCl) et celles du troisième prélèvement sont âgées de dix mois (cinq mois de croissance en présence de la solution de base, trois mois de traitement en présence de NaCl et deux mois en présence de la solution nutritive de base).

Le potassium, le calcium, le magnésium et le fer sont estimés par spectrophotométrie d'absorption atomique, après la mise en solution des cendres dans l'acide chlorhydrique concentré. La détermination du calcium et du magnésium par cette méthode a nécessité l'addition de 5 ml d'un tampon spectral (chlorure de lanthane à 2 p. 1000) pour supprimer les interférences de certaines substances, en particulier les phosphates.

Le phosphore est dosé colorimétriquement selon la méthode basée sur la réduction du complexe phosphomolybdique par l'acide ascorbique à 1 p. 100.

Le sodium est déterminé par photométrie de flamme.

Le chlore est dosé par la méthode VOLHARD qui procède par titration du filtrat du précipité chlorure d'argent, par le thiocyanate en présence d'alun ferrique.

Les nitrates sont dosés par la méthode DEWARDA sur un extrait alcoolique de la matière sèche.

RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX

Influence du chlorure de sodium sur la croissance.

● Symptômes.

Bien que l'accumulation en chlore soit importante dès le premier prélèvement (figure 6), par rapport au niveau du sodium qui reste sensiblement stable (figure 1), ce n'est qu'au second prélèvement (après trois mois de traitement au chlorure de sodium), qu'apparaissent les symptômes de toxicité.

Ces symptômes, qui sont le plus souvent précédés par un jaunissement plus ou moins étendu à l'ensemble du limbe, se caractérisent par des «brûlures» des extrémités (qui ne couvrent jamais la totalité de la feuille avant son abscission) et l'enroulement du limbe.

De toutes les associations greffon sur porte-greffe, c'est celle dont les feuilles du greffon accumulent le plus le chlore qui présente le plus de nécroses. Ce qui ne semble pas être le cas pour le sodium bien que le niveau de ce dernier soit plus élevé au second prélèvement.

Ceci nous a conduit à penser que la toxicité engendrée par l'addition de chlorure de sodium dans la solution nutritive est plus à attribuer au chlore qu'au sodium.

Les symptômes observés deux mois environ après l'apport en chlorure de sodium sont identiques mais d'intensités différentes selon le porte-greffe, aussi bien avec la concentration de 1 g NaCl par litre qu'avec 2 g NaCl par litre.

Des trois associations avec même greffon (clémentinier) c'est l'association clémentinier sur citrange qui extériorise le plus de symptômes par comparaison avec l'association clémentinier sur bigaradier. L'association clémentinier sur Poncirus est intermédiaire.

● Croissance.

Comme indice d'expression de la croissance des agrumes, on retiendra l'accroissement de la tige du greffon (clémentinier) quand il se trouve associé au citrange, bigaradier et Poncirus.

L'accroissement qui représente la différence entre la longueur finale à la fin du second prélèvement et la longueur initiale de la tige, est le seul mode d'expression que nous avons pu retenir, en raison de difficultés survenues au moment de la réception des plantes.

En prenant comme indice 100, la croissance des témoins avec le traitement T0 (solution nutritive exempte de chlorure de sodium) nous avons exprimé la croissance des différentes associations en fonction des traitements (solution nutritive additionnée de 1 g de NaCl par litre) et T2 (solution nutritive additionnée de 2 g de NaCl par litre) et des teneurs en chlore et sodium accumulées dans les feuilles.

Les résultats obtenus ont été regroupés dans le tableau 2.

100 avec le traitement T2, celle du clémentinier associé au Poncirus de 13 p. 100 avec le traitement T1 et de 40 p. 100 avec le traitement T2.

On peut également constater à l'examen du tableau 1 que la réduction de croissance avec les deux concentrations en NaCl est plus en rapport avec l'accumulation du chlore dans les feuilles qu'avec le sodium.

Influence du porte-greffe et du traitement sur la composition minérale des feuilles de clémentinier.

Les analyses effectuées sur les feuilles de clémentinier irrigué avec une solution nutritive enrichie en chlorure de sodium (1 g et 2 g NaCl par litre) montrent que la concentration en éléments nutritifs est en relation avec le porte-greffe et le traitement.

Les teneurs en Na et Cl (figures 1 et 6) dans les feuilles de clémentinier associé à chacun des trois porte-greffe (citrangle, bigaradier et Poncirus) sont proportionnelles à la concentration en ces éléments dans le milieu de culture.

L'accumulation de ces ions dans les feuilles de clémentinier est plus grande avec 2 g NaCl par litre qu'avec 1 g. Indépendamment de l'effet traitement, la concentration en sodium et chlore est variable en fonction du système racinaire (porte-greffe).

Pour la même variété (clémentinier) les teneurs en sodium sont plus importantes avec le porte-greffe citrange qu'avec le bigaradier et le Poncirus.

Pour le chlore, c'est le citrange qui concentre le plus cet élément mais, contrairement au sodium, les feuilles de clémentinier sur Poncirus sont plus riches que celles de la même variété associée au bigaradier.

Les résultats de cet essai montrent également que l'apport de NaCl dans la solution nutritive a un effet sur K, P et NO₃ (figures 2, 7 et 8) qui accusent une diminution plus nette avec 2 g NaCl par litre.

Des trois porte-greffe, c'est le Poncirus qui concentre le

TABEAU 2 - Influence du traitement sur la croissance et les teneurs en chlore et sodium dans les feuilles.

Associations	p. 100 de M.S.						indice de croissance en p. 100 par rapport au témoin		
	Cl			Na			T0	T1	T2
	T0	T1	T2	T0	T1	T2			
clémentinier/citrangle	0,21	0,87	1,40	0,08	0,28	0,83	100	80	43
clémentinier/bigaradier	0,10	0,35	0,63	0,05	0,24	0,72	100	90	80
clémentinier/Poncirus	0,15	0,52	0,97	0,04	0,18	0,26	100	87	60

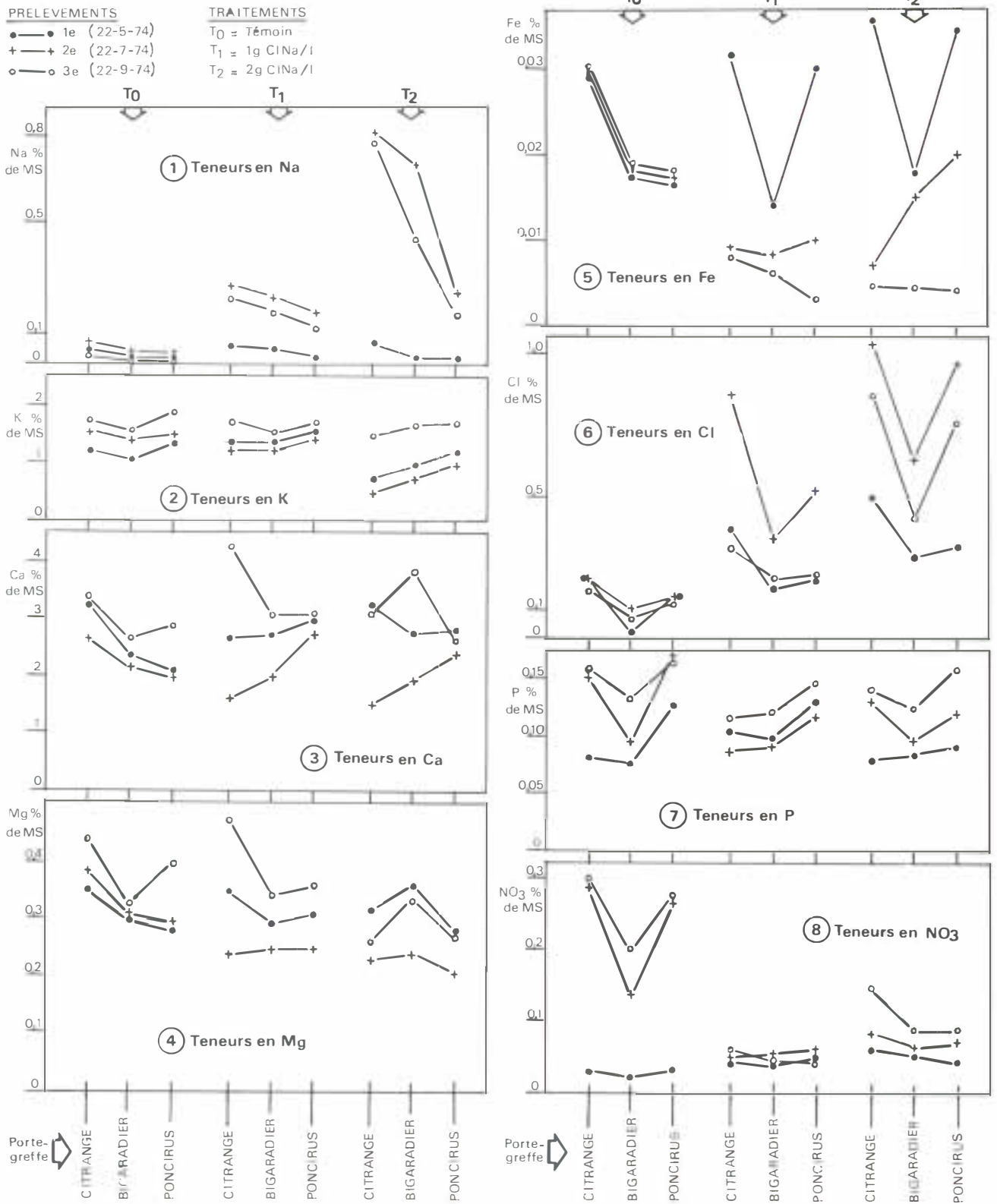
Ces résultats montrent que quelle que soit la concentration en chlorure de sodium, il y a réduction de croissance par rapport au témoin. Cette réduction est beaucoup plus importante avec la concentration de 2 g NaCl par litre qu'avec 1 g NaCl par litre.

En prenant comme indice 100 la croissance des témoins, on voit que la croissance du clémentinier greffé sur citrange est réduite de 20 p. 100 avec le traitement T1 et de 57 p.

plus de K et P dans les feuilles de clémentinier par rapport au citrange, lequel accumule le moins de potassium pour les deux concentrations en NaCl et le moins de P pour la concentration de 1 g par litre. Le bigaradier a sur l'accumulation de K, une influence intermédiaire entre celles du Poncirus et du citrange.

De tous les éléments, c'est NO₃ qui semble être le plus affecté par l'apport de chlorure de sodium.

FIGURES 1 à 8 • COMPARAISON DE LA COMPOSITION MINÉRALE DES FEUILLES DE CLEMENTINIER GREFFE SUR CITRANGE, BIGARADIER ET PONCIRUS, EN FONCTION DU PRELEVEMENT ET DU TRAITEMENT.



Les teneurs sont plus faibles dans les feuilles de clémentinier sur bigaradier que sur citrange et Poncirus. Il semble que ce soit le citrange qui concentre le plus cet élément.

La concentration de 1 g NaCl par litre influence très peu les teneurs en Ca et Mg (figures 3 et 4) qui diminuent cependant avec 2 g NaCl par litre.

Les teneurs les plus faibles en ces deux éléments sont obtenues avec l'association clémentinier sur citrange, et les plus élevées en Ca avec clémentinier sur Poncirus.

Pour Mg, c'est le bigaradier qui accumule le plus cet élément dans les feuilles du clémentinier.

Pour Fe (figure 5), il est difficile de dire quel est le porte-greffe qui accumule le plus ou le moins cet élément, en raison de ses fluctuations ; mais, là aussi, les traitements engendrent une diminution en cet élément.

Variation de la composition minérale en fonction de la date d'échantillonnage.

Des prélèvements dans le temps nous ont permis de mieux comprendre l'effet de l'accumulation des ions chlore et sodium sur l'absorption d'autres éléments.

● Premier prélèvement.

Ce prélèvement effectué un mois après l'apport des deux concentrations en NaCl a révélé un effet très peu marqué du chlorure de sodium sur les teneurs en éléments des feuilles de clémentinier.

Cl, Na, Fe et Ca augmentent dans des proportions différentes selon le porte-greffe. De ces quatre éléments, c'est le chlore qui augmente le plus, le sodium et le fer, le moins. L'accumulation du calcium est intermédiaire.

NO₃ augmente légèrement avec les traitements T1 et T2.

Les teneurs en K, avec la concentration de 1 g NaCl par litre, sont sensiblement élevées.

Elles diminuent avec la concentration de 2 g NaCl par litre. Mg augmente légèrement pour les deux traitements. P augmente avec le premier traitement et diminue avec le second.

● Deuxième prélèvement.

Alors que le premier échantillonnage montrait en effet un effet très peu marqué du NaCl sur les teneurs en éléments nutritifs, après trois mois en présence des deux concentrations en chlorure de sodium, l'analyse des feuilles de ce deuxième prélèvement montre des perturbations profondes au niveau de l'absorption.

Dans les feuilles des témoins, les teneurs de tous les éléments augmentent. Dans les feuilles des plantes irriguées avec des solutions nutritives enrichies en chlorure de sodium, seuls les ions Cl et Na augmentent.

Tous les autres éléments (K, Ca, Mg, Fe, P) diminuent à l'exception de NO₃ qui augmente sensiblement.

De tous ces éléments, c'est Fe qui semble être le plus affecté.

● Troisième prélèvement.

Après suppression des apports de NaCl et reprise de l'irrigation de toutes les plantes avec une solution nutritive exempte de ce sel, les teneurs en chlore et sodium diminuent par rapport au deuxième prélèvement, mais sans toutefois atteindre les niveaux du premier.

Chez les plantes témoins les niveaux d'accumulation de l'ensemble des éléments sont plus importants que ceux des premiers prélèvements. Dans les feuilles des plantes préalablement soumises aux deux traitements (apport de NaCl), les teneurs en K, Ca, P et NO₃ augmentent en dépassant celles du premier prélèvement.

Les teneurs en Mg augmentent également tandis que le Fe continue à être freiné dans son absorption.

DISCUSSION

En milieu salin, l'interaction porte-greffe x traitement a été étudiée par HAMZA (11), LABANAUSKA et BITTERS (15), WILLIAM et COOPER (21), KIRPATRICK, HOTCHKISS et NIREMATI (13), COOPER et REYNADO (6), EMBLETON et MATSUMURA (8), ALTMAN (1), et il a été clairement démontré sur différentes variétés du genre Citrus que la combinaison des deux effets aboutit à une influence, variable selon le porte-greffe, sur l'accumulation des éléments dans des feuilles du greffon.

Nos résultats confirment ceux des auteurs précédents et les différences d'accumulation trouvent leur explication dans les propriétés intrinsèques de chacun des systèmes racinaires quant à l'absorption des ions.

Indépendamment du système racinaire, l'effet moindre qu'exerce la concentration de 1 g NaCl par litre par rapport à 2 g NaCl par litre sur les teneurs en Ca, Mg et K, est en rapport avec les teneurs relativement faibles de Na qui ne semble pas exercer des effets antagonistes importants au niveau de ce traitement.

Avec 2 g NaCl par litre, l'effet antagoniste de Na est plus marqué sur le potassium. Le chlore, en raison de son extrême mobilité se concentre dans de grandes proportions et s'oppose à l'entrée de NO₃ et du phosphore.

L'irrigation des plantes avec solutions salines pendant un mois (premier prélèvement) semble être suffisante pour perturber l'absorption de NO₃, mais trop courte pour influencer celle des autres éléments. Après trois mois de traitement avec NaCl, les accumulations importantes en Na et Cl engendrent des perturbations sur l'absorption de l'ensemble des éléments, dont le niveau diminue avec les concentrations croissantes de NaCl dans les solutions nutritives. Ceci est en accord avec les résultats de ORTUNO, PARRA et HERNANSAEZ (16) qui montrent des modifications dans la composition minérale de la feuille d'oranger, sous l'influence de la salinité.

Les teneurs élevées en Cl et Na à la suite de trois mois de traitement au chlorure de sodium et la diminution de celles des éléments : K, Ca, Mg, Fe et P, peuvent expliquer la réduction de croissance en raison du rôle spécifique que joue chacun de ces éléments au niveau du métabolisme de la plante.

Après reprise de l'irrigation avec une solution exempte de chlorure de sodium, l'élimination des éléments Na et Cl semble avoir pour effet un retour à une absorption de tous les éléments à l'exception de Fe qui continue à diminuer.

Ceci pourrait être dû à la reprise d'une absorption normale du calcium et du phosphore qui pourraient exercer à leur tour un effet antagoniste sur le fer. D'une façon générale, l'accumulation des ions Cl et Na semble perturber sérieusement l'absorption du fer.

CONCLUSIONS

La nutrition du greffon (clémentinier) est influencée par

l'interaction porte-greffe x traitement.

L'irrigation d'un mois avec des solutions salines ne semble pas avoir des effets importants sur l'absorption des éléments minéraux, du moins telle qu'on en constate les effets dans les feuilles.

Après trois mois d'irrigation avec des solutions salines, des perturbations profondes apparaissent au niveau de l'absorption ionique, ce qui semble avoir pour conséquence une réduction de croissance.

La reprise de l'irrigation avec une solution nutritive exempte de NaCl se traduit par une nutrition normale des plantes pour tous les éléments, à l'exception du fer.

BIBLIOGRAPHIE

1. ALTMAN (A.). 1973.
Passive and active components of chloride absorption in the bark and the wood of Citrus roots.
Physiol. Plant., 29, 163-168.
2. BRUSCA (J.W.) et HAAS (A.R.C.). 1958.
Chloride absorption.
Calif. Citrog., 12, 9-12.
3. CHAPMAN (H.D.). 1960.
Leaf and soil analysis in Citrus orchards.
Univ. Calif. Div. Agri. Sci., 25, 2350.
4. CHAPMAN (H.D.), HARRIETAM (J.) et RAYNER (D.S.). 1969.
Effects of variable maintained chloride levels on orange growth, yield, and leaf composition.
Proceedings first International Citrus Symposium, 3, 1811-1817.
5. COOPER (W.C.), GORDON (S.) et OLSON (O.). 1952.
Ionic accumulation in Citrus as influenced by rootstocks and scion and concentration of salts and boron in the substrate.
Plant. Physiology, 191-202.
6. COOPER (W.C.) et PEYNADO (A.). 1956.
Review of studies on adaptability of Citrus varieties as rootstocks for grapefruit in Texas.
J. Rio Grande Val. hort. Sci., 10, 6-19.
7. COOPER (W.C.) et al. 1959.
Chloride and boron tolerance of youngline Citrus trees on various rootstocks.
J. Rio Grande Val. hort. Sci., 13, 89-96.
8. EMBLETON (T.W.) et MATSUMURA (M.). 1962.
Chloride and other elements in avocado leaves as influenced by rootstocks.
J. am. Soc. hort. Sci., 80, 230-236.
9. FURR (J.R.) et REAM (C.L.). 1968.
Shoot growth of Valencia orange in relation to salinity and salt accumulation.
J. am. Soc. hort. Sci., 93, 153-158.
10. HAAS (A.R.C.). 1952.
Sodium in Lisbon lemon trees grown in soil culture. Effect on growth, yield and leaf composition.
Citrus leaves, 32 (10), 10-11.
11. HAMZA (M.). 1964.
Etude par la méthode du diagnostic foliaire de la nutrition minérale d'orangers irrigués à l'eau douce et à l'eau salée en Tunisie.
Colloque européen sur le contrôle de la nutrition minérale et de la fertilisation, Montpellier, 316-321.
12. HEWITT (A.A.) et FURR (J.R.). 1965.
Influence of salt source on the uptake of chlorides by selected Citrus seedling.
J. am. Soc. Sci., 86, 201-204.
13. KIRPATRICK (J.D.), HOTCHKISS (C.W.) et NIREMADI (L.). 1973.
The role of Citrus rootstocks and scions in the accumulation of sodium and chloride.
International Citrus Congress, Spain - Murcia - Valencia, 152-153.
14. KOVERGA (E.L.). 1959.
Effets des chlorures sur les réactions physiologiques chez le citronnier.
Trudy Gosudart. Nikitsk. Boi. Sada, URSS.
15. LABANAUSKAS (E.K.) et BITTERS (W.P.). 1974.
The influence of rootstocks and interstocks on the nutrient concentration in Valencia leaves.
J. am. Soc. hort. Sci., 99, 32-33.
16. ORTUNO-MARTINEZ (A.) et HERNANSAEZ (A.). 1968.
Evoluciones de macronutrientes durante la dinamica del crecimiento y desarrollo de la hoja de limonero.
Ann. Edaf. Agrobiol., 27, 817-834.
17. ORTUNO-MARTINEZ (A.), PARRA (M.) et HERNANSAEZ (A.). 1971.
Rapports des bio-éléments dans la feuille de «Citrus sinensis L. OSBECK».
Fruits, 26, 435-442.
18. PEARSON (H.E.) et HUBERTY (M.R.). 1959.
Response of Citrus to irrigation with water of different chemical composition.
J. am. Soc. hort. Sci., 73, 248-256.
19. RODNEY (A.) et al. 1956.
Relation of chemical composition of leaves and roots to decline and collapse of California lemon trees.
J. am. Hort. Sci., 68, 234-244.
20. SIMONNEAU (P.). 1945.
Observations sur le comportement des agrumes en présence de salant.
Fruits, 164, 259-263.
21. WILLIAM (C.) et COOPER (B.). 1952.
Ionic accumulation in Citrus as affected by rootstocks and scions and concentration of salts and boron in the substrate.
Plant Physiology, 191-202.
22. ZID (E.). 1974.
Influence du chlorure de sodium sur la croissance, l'économie de l'eau et la nutrition minérale du Citrus aurantium L. cultivé en aquiculture stricte.
Thèse de troisième cycle, Faculté des Sciences de Tunis.