

Une déficience en molybdène des agrumes en Corse aggravée par des applications de sulfate.

P.J. CASSIN, A.M. BLONDEL-TRIBOI, J. MARCHAL,
P. FAVREAU, X. PERRIER, C. JUSTE, P. BRUN et P. LOSSOIS*

UNE DEFICIENCE EN MOLYBDENE DES AGRUMES
EN CORSE AGGRAVEE PAR DES APPLICATIONS DE SULFATE

P.J. CASSIN, A.M. BLONDEL-TRIBOI, J. MARCHAL,
P. FAVREAU, X. PERRIER, C. JUSTE, P. BRUN et P. LOSSOIS

Fruits, fev. 1982, vol. 37, n° 2, p. 77-85.

RESUME - En Corse, des troubles de la végétation du clémentinier se manifestent par des brûlures foliaires «leaf burn» et par des taches jaunes «yellow spot» sur certaines feuilles ainsi que par une réduction de la croissance et de la production des arbres. Une accumulation d'azote nitrique dans les feuilles, une faible activité de la nitratre réductase et des teneurs en Mo foliaire très basses, ont permis de diagnostiquer une déficience en molybdène. Les effets de la déficience en Mo sont considérablement aggravés par des applications de sulfates (sulfate de potassium, sulfate de calcium, superphosphate simple). Ces troubles peuvent être évités ou grandement réduits par des pulvérisations de molybdate et des applications de carbonate de calcium.

MATERIELS ET METHODES

En Corse, des anomalies du comportement du clémentinier se manifestent par des feuilles atteintes de brûlure («leaf burn» ou «LB») et par d'autres feuilles tachées de points jaunes («yellow spot» ou «YS») ainsi que par une réduction des rendements et de la croissance des arbres. Ces anomalies ont été étudiées dans des vergers commerciaux et

à la Station de Recherches agronomiques de Corse (SRA) dans plusieurs vergers expérimentaux.

Les études ont concerné :

1. la description des symptômes foliaires,
2. le comportement des différents porte-greffe et variétés par rapport au «LB»,
3. Les principales caractéristiques du sol, le pH et les applications de différentes formes de calcium,
4. la composition minérale des feuilles d'arbres malades et sains,
5. l'aluminium et le manganèse dans le sol et les feuilles
6. Le N (NO₃) et le molybdène dans les feuilles d'arbres sains et malades,
7. l'activité de la nitratre réductase («ANR»),
8. l'influence des applications d'engrais N-P-K sur l'apparition et l'intensité du «LB» ainsi que sur le rendement et la croissance des arbres.

* P.J. CASSIN et P. BRUN - S.R.A. - San Giuliano, 20230 San Nicolao Corse.

A.M. BLONDEL-TRIBOI - INRA-CRA, Domaine de Mon Désir, 63100 Clermont-Ferrand, France

C. JUSTE - INRA-CRA, Domaine de la Grande Ferrade, 33140 Pont-de-la-Maye, France

J. MARCHAL, P. LOSSOIS et X. PERRIER

IRFA-GERDAT, B.P. 5035, 34032 Montpellier Cedex France.

P. FAVREAU

SOMIVAC, Montesoro, 20298 Bastia, Corse.

A la SRA, les études ont été conduites principalement dans trois vergers expérimentaux :

● Essai «fertilisation NPK» n° 8.

- plantation en avril 1967
- 576 clémentiniers : un tiers sur bigaradier, un tiers sur citrange 'Troyer', un tiers sur *Poncirus trifoliata* (+ 545 arbres de bordure)
- 3 doses d'azote : 100 - 200 - 300 kg/N/an/ha
- 2 doses de phosphate : 0 et 40 kg/P₂O₅/an/ha
- 2 doses de potasse : 0 et 80 kg/K₂O/an/ha
- engrais : nitrate d'ammoniaque (33,5 p. 100 N)
scories (17-19 p. 100 P₂O₅ - 40-50 p. 100 CaO)
sulfate de potassium (48 p. 100 K₂O - 18 p. 100 S).

● Essai «porte-greffe» n° 22.

- plantation mars 1970
- clémentinier sur bigaradier, citrange Troyer, mandarinier Cléopâtre, *Citrus taiwanica*, citrumelo 1452, *Poncirus trifoliata*, citrange Savage, *Citrus macrophylla*, citrange 'Carrizo', *Citrus junos*.

● Essai «lutte biologique» n° 43.

- plantation en avril 1973
- 864 clémentiniers sur citrange 'Troyer'
- différentes doses de NPK

Années	N kg/ha			P ₂ O ₅ kg/ha			K ₂ O kg/ha		
	N0	N1	N2	P0	P1	P2	K0	K1	K2
1979	0	67	269	0	17	67	0	33	133
1980	0	71	286	0	18	71	0	35	141
doses maxima à partir de 1983 (10 ans)	0	84	336	0	21	83	0	42	166

Par rapport aux doses recommandées par la SRA pour les vergers commerciaux adultes (par an et par ha : 180 kg N, 45 kg P₂O₅, 90 kg K₂O) les doses N2 P2 K2 de cet essai sont «doubles».

RESULTATS

Description des symptômes foliaires (4-5 - 6-12).

Une partie des feuilles de la pousse d'été et d'automne (celles de la pousse de printemps sont moins touchées) jaunissent dans la région apicale. Cette zone («jaunâtre») s'étend, devient brune et se nécrose, puis la feuille tombe.

Sur les mêmes arbres malades, surtout à partir du mois d'octobre, des feuilles non atteintes de brûlures montrent des taches jaunes. Cela ressemble un peu aux symptômes foliaires de la carence en molybdène observés en Floride.

Comportement des différents porte-greffe et variétés par rapport au «LB» (3-4-5-6-12).

Parmi les porte-greffe étudiés à la SRA le *Poncirus trifoliata* est celui qui induit aux variétés greffées la plus grande sensibilité au «LB». Il est suivi par certains de ses hybrides tels que les citranges 'Troyer' et 'Carrizo' (*P. trifoliata* x *C. sinensis*).

Le bigaradier (*C. aurantium* L.) est moins sensible.

Le groupe des mandariniers est plus sensible que les autres

types de Citrus au «LB» (en particulier le clémentinier : *C. clementica* HORT. ex. TAN.). Il a été observé du «LB» sur Satsuma (*C. unshiu*) et mandarinier 'Malvasio' (*C. reticulata* BL).

La composition du sol, le pH et les applications de différentes formes de calcium (4-5-6-12).

Le «LB» n'apparaît que sur les sols bruns et les paléosols rouges plus ou moins évolués sur alluvions anciennes d'origine schisteuse.

Ces sols ont comme principales caractéristiques : absence de Ca CO₃, pH légèrement acide à très acide (sols peu tamponnés : illites et kaolinite), relative richesse en argile (14 à 30 p. 100) et en limon, capacité d'échange assez élevée (par rapport aux autres sols corses sans «LB»), complexe non saturé.

TABLEAU 1 - pH (H₂O) de 288 échantillons de terre prélevés autour de 12 arbres atteints de «LB» (1. tous les 10 cm de 0 à 80 cm de profondeur, 2. près du tronc, 3. à 70 cm du tronc, 4. à 140 cm du tronc).

pH (H ₂ O)	Fréquence des résultats
4,5	1 p. 100
5 - 5,5	25 p. 100
5,5 - 6	40 p. 100
6 - 6,5	28 p. 100
6,5 - 7	5 p. 100
7 - 7,5	1 p. 100
	100 p. 100

TABLEAU 2 - Application de différentes formes de CaO (3 tonnes CaO/ha)

- plâtre et trois types de Ca CO₃
- apports en avril, contrôle du «LB» en octobre.

	arbres atteints de «LB» p. 100
témoins	11,1
plâtre	43,5
3 types de CaO ₃	6,9

Les applications de CaCO₃ diminuent le «LB» tandis que celles de plâtre l'aggravent considérablement.

Composition minérale des feuilles d'arbres malades et sains (12). (tableau 3) :

TABLEAU 3 - Résultats «moyens» des analyses d'échantillons de feuilles prélevés sur de nombreux arbres sains et malades.

a : feuilles d'arbres sains - b : feuilles saines d'arbres malades - c : feuilles «LB» d'arbres malades.

Types de feuilles	p. 100 matière sèche					ppm		
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Mn *
a	2,44	0,106	0,96	5,81	0,374	99	22	47
b	3,30	0,148	1,35	4,30	0,378	168	21	126
p. 100	+ 35	+ 40	+ 41	- 26	+ 0,8	+ 70	- 5	+ 168
c	3,43	0,190	1,40	3,47	0,391	133	18	104
p. 100	+ 41	+ 79	+ 46	- 40	+ 4	+ 34	- 18	+ 104

* - les teneurs élevées en Mn n'ont pas toujours été retrouvées avec le «LB» (voir ci-après).

Les arbres malades ont des feuilles plus riches en N, P, K, Fe, Mn et plus pauvres en Ca.

L'aluminium et le manganèse dans le sol et les feuilles (9-10-11) :

De l'aluminium échangeable a été trouvé en quantités importantes (140 à 380 ppm) dans les sols de trois vergers atteints de «LB».

Les autres vergers d'arbres malades n'en contenaient pas ou beaucoup moins (0 à 80 ppm).

Les teneurs en Mn actif et en Mn échangeable (46 échantillons de sol), respectivement de 30 à 700 ppm et de 34 à 109 ppm, sont distribuées de telle façon que l'on ne peut pas établir de relation constante entre les hauts niveaux de Mn et le «LB». Il en est de même pour le Mn foliaire (tableau 4).

TABLEAU 4 - Mn foliaire en ppm (8 vergers, 10 arbres sains, 10 arbres malades, 69 échantillons.

Types de feuilles		extrêmes	moyennes
arbres sains		31-122	76
arbres malades	feuilles saines	31-118	82
	feuilles «LB»	41-136	84
	feuilles «YS»	57-105	84

Le N (NO₃) et le molybdène dans les feuilles d'arbres sains et malades (10-11).

TABLEAU 5 - Mo et N (NO₃) dans les feuilles de 8 vergers (11 arbres sains, 12 arbres malades, 84 échantillons.

Types de feuilles	N (NO ₃) ppm		Mo ppm		
	extrêmes	moyennes	extrêmes	moyennes	
arbres sains	36-672*	152	0,00-0,09	0,031	
arbres malades	feuilles saines	117-1334 (3680)*	638	0,00-0,08	0,018
	feuilles «LB»	791-4908	2552	0,00-0,07	0,020
	feuilles «YS»	92-806 (3810)*	1062	0,00-0,06	0,020

* - données apparemment aberrantes.

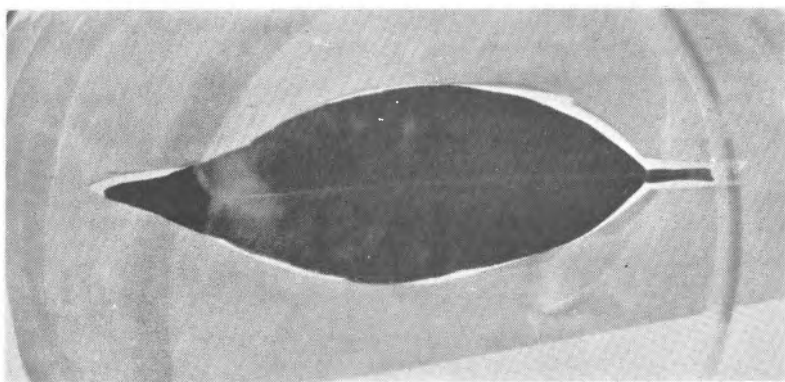


Photo 1 - Feuille de clémentinier atteinte de «brûlure» (leaf burn).

Photo 2 - Feuille de clémentinier atteinte de «taches jaunes» (yellow spot)

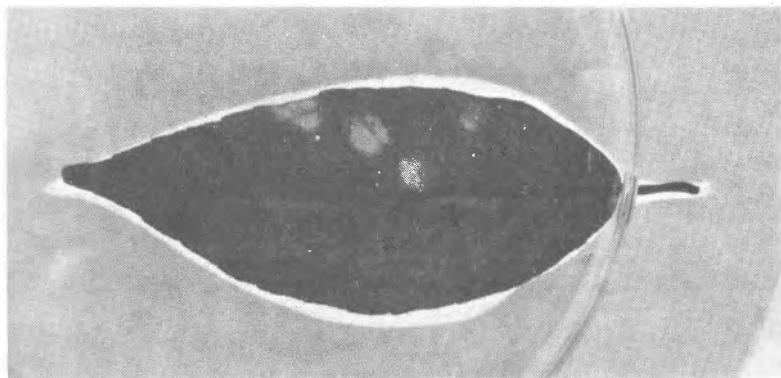


Photo 4 - Jeune clémentinier de 4 ans greffé sur citrange Troyer atteint de brûlures foliaires (leaf burn)



Photo 3 - Feuillage d'un clémentinier atteint de «brûlures foliaires» (leaf burn).

- normes du Mn foliaire d'après T. EMBLETON et al. (7) (ppm)

déficient	bas	optimum	élevé	excès
< 0,06	0,06-0,09	0,10-3,0	4,0-100	> 100 ?

TABLEAU 6 - N (NO₃) des feuilles de l'essai n° 43 de la SRA (13).

Types de feuilles		N (NO ₃) ppm
arbres sains		777
arbres malades	feuilles saines	1750
	feuilles «LB»	6926

On constate une accumulation de N (NO₃) dans les feuilles d'arbres malades et une carence en Mo aussi bien dans les feuilles d'arbres malades que dans celles d'arbres sains.

Activité de la nitrate réductase et pulvérisation de molybdate (2-3).

L'activité de la nitrate réductase («ANR») est mesurée «*in vitro*» selon la technique de E.G. MULDER et al. 1959 (14) améliorée par A.M. BLONDEL et al. 1975 (2). On mesure la quantité de NO₂ formée exprimée en µg par g de matière sèche par heure (tableau 7).

TABLEAU 7 - Activité de la nitrate réductase («ANR») et N (NO₃) : Comparaison de 2 variétés sur différents porte-greffe (arbres sains) (3).

Porte-greffe	«ANR»			N (NO ₃) ppm matière sèche		
	clémentine	or. Hamlin	moyenne	clémentine	Hamlin	moyenne
bigaradier	27,1	26,9	27,0	260	225,5	241,3
<i>Poncirus</i>	23,0	16,8	19,9	387	456	421,5
'Troyer'	23,4	24,3	23,8	286	218,5	252,3
mandarine 'Cléopâtre'	40,3	41,9	41,1	276	206	241,0

Le *Poncirus trifoliata* confère aux variétés une «ANR» plus faible et un taux de N (NO₃) plus élevé.

Dans l'essai «porte-greffe» n° 22, sur une rangée de 18 clémentiniers greffés sur *Citrus taiwanica*, 9 ont reçu en avril une pulvérisation de molybdate d'ammonium et 9 ont été gardés comme témoins. Avant cette étude, 15 des 18 arbres avaient manifesté des symptômes de «LB». En novembre, les 9 arbres traités étaient sains tandis que 5 parmi les 9 témoins étaient atteints de «LB» (tableau 8).

TABLEAU 8 - Résultats de l'étude de 5 arbres traités et de 5 arbres témoins.

Types d'arbres	«ANR»	N (NO ₃) ppm
5 arbres traités	26,10 ± 6,18*	151,1 ± 38,17 *
arbres non traités	10,65 ± 4,18*	315,3 ± 80,14 *

* : intervalle de confiance.

TABLEAU 9 - Autres résultats obtenus dans le même essai n° 22 - clémentiniers/*Citrus taiwanica*.

types d'arbres	pousses	types de feuilles	«ANR»	N (NO ₃) ppm
arbres sains traitement Mo	printemps	saines	38,7	325
arbres sains	"	"	8,8	500
arbres malades	"	"	4,25	1000
	été	"	8	2625
	été	«LB»	0,5	3625
arbres malades	printemps	saines	5,4	650
	été	"	4,6	1900
	été	«LB»	2	2625

Dans l'essai n° 43, des clémentiniers/citrange Troyer âgés de 8 ans très gravement atteints de «LB» depuis leur plantation (fertilisation excessive en nitrate d'ammoniaque et en sulfate de potassium) ont reçu en avril du molybdate de sodium par pulvérisation. Vers la fin de l'été, à l'époque de l'apparition du «LB», les arbres traités étaient sains alors que les autres étaient malades.

A.M. BLONDEL, 1975 (3) indique : «... il existe une corrélation négative ($r : 0,73$, $n : 10$) entre les teneurs en NO_3 et «ANR» ... la pulvérisation de molybdène a eu pour effet la disparition des symptômes s'accompagnant d'une augmentation de la «ANR» et d'une diminution de la teneur en NO_3 des feuilles ... un arbre peut ne pas montrer de symptôme de «LB» mais avoir une «ANR» faible et une

teneur en NO_3 élevée par rapport à un arbre ayant reçu du molybdène. Il peut donc être carencé sans manifester de symptômes ...».

L'influence des applications d'engrais N-P-K sur l'apparition et l'intensité du «LB» ainsi que sur le rendement et la croissance des arbres.

Dans l'essai n° 43, il a pu être mis en évidence que les apports de nitrate d'ammoniaque (33,5 p. 100 N) de scories (17 p. 100 P_2O_5 - 40-50 p. 100 CaO) et de sulfate de potassium (48 p. 100 K_2O - 18 p. 100 S) jouent un rôle important dans l'apparition et l'intensité du «LB».

TABLEAU 10 - Influence de la fertilisation N-P-K sur l'apparition et l'intensité du «LB».

Formules de fertilisation	p. 100 d'arbres atteints de «LB»						
	1	2	3	4	5	6	7
N2POK2	45	53	60	65	49	27	36
N2P2K2	36	53	58	56	43	10	33
N2POK0	17	28	39	40	23	1	19
N2P2K0	15	11	16	15	8	0	13
N1P1K1	10	5	16	11	5	0	5
NOPOK2	3	2	3	2	0	0	0
NOP2K2	0	0	1	1	0	0	0
NOP2K0	0	0	0	0	0	0	0
NOPOK0	1	0	1	1	0	0	0

1. sept. 76 - arbre 3 ans et demi
2. août 77 - arbre de 4 ans et demi
3. sept. 78 - arbres de 5 ans et demi
4. juil. 79 - arbres de 6 ans et demi
5. oct. 79 - arbres de 6 ans et demi
6. sept. 80 - arbres de 7 ans et demi
7. oct. 81 - arbres de 8 ans et demi

Le nitrate d'ammoniaque semble être le facteur «initiateur» du «LB». Le sulfate de potassium aggrave considérablement le «LB» quand il est associé à une dose élevée de nitrate d'ammoniaque.

Les scories en présence de doses élevées de nitrate d'ammoniaque, diminuent la gravité du «LB», surtout en l'absence de sulfate de potassium.

Le sulfate de potassium même à doses élevées, en l'absence de nitrate de potassium, ne semble pas favoriser d'une façon notable le «LB».

Habituellement le «LB» disparaît des vergers après la troisième ou la quatrième année qui suit la plantation. Dans l'essai n° 43, les doses excessives de nitrate d'ammoniaque et de sulfate de potassium entretiennent le «LB» beaucoup plus longtemps.

TABLEAU 11 - Influence des applications de sulfate de potassium sur les rendements des arbres de l'essai n° 43 avec la dose N2 d'azote (96* arbres pour chacune des 4 formules de fertilisation).

Types de fertilisation	1979/1980 - kg/arbre	1980/1981 - kg/arbre
N2P2K0	33,8 (100)	32,1 (100)
N2P2K2	29,4 (87)	28,9 (90)
N2POK0	25,0 (74)	26,2 (82)
N2POK2	22,4 (66)	24,2 (75)

* - les rendements «moyens» sont calculés sur le nombre total d'arbres bien que certains soient improductifs en raison de la gravité du «LB» (ex.: pour N2POK2 88 arbres productifs sur 96).

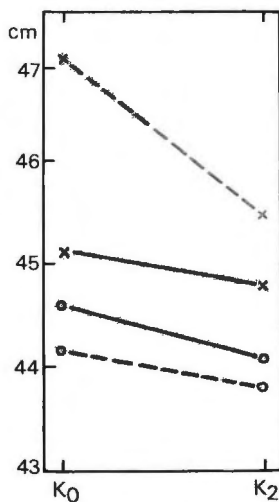


Fig. 1 • Circonférence en cm du tronc (partie citrange Troyer).

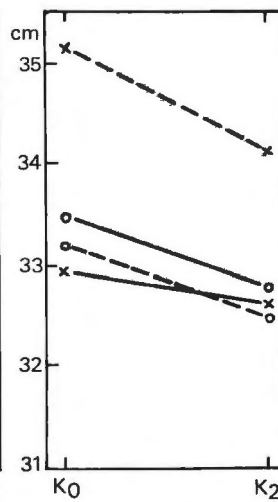


Fig. 2 • Circonférence en cm du tronc (partie clémentinier).

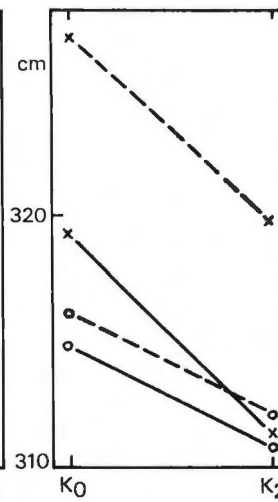


Fig. 3 • Hauteur en cm des arbres.

○ N0 P0
 ● N2 P2
 × N2 P2

L'effet dépressif du sulfate de potassium est bien marqué sur les rendements mais il l'est aussi sur la croissance des arbres (figures 1, 2 et 3).

Dans l'essai fertilisation N-P-K n° 8, l'examen des rendements de 7 années (1974/75 à 1980/81) des 6 couples «avec sulfate de potassium» et «sans sulfate de potassium» ayant chacun la même dose d'azote (N1 ou N2 ou N3) et la même dose de P₂O₅ (P0 ou P1), montre :

- que «globalement» pour les 3 porte-greffe associés, dans 66 p. 100 des cas, l'application de sulfate de potassium a tendance à avoir un effet dépressif sur les rendements (il s'agit bien de tendance car les différences de «signe -» et de «signe + » ne sont pas souvent significatives).

- que la fréquence de la tendance de l'application de sulfate de potassium à avoir un effet dépressif sur les rendements varie suivant le porte-greffe utilisé :

citrange 'Troyer'	76 p. 100 des cas
bigaradier	69 p. 100 des cas
<i>Poncirus trifoliata</i>	53 p. 100 des cas

- que la tendance de l'application de sulfate de potassium à avoir un effet dépressif sur les rendements varie en intensité d'une année à l'autre :

- années à effet dépressif très marqué	
1977/78	rendements moyens «faibles» : 28 tonnes/hectare
1980/81	
- années à effet dépressif assez marqué	
1974/75	rendements moyens : 43 tonnes/hectare
1976/77	

- années à effet dépressif moins marqué

1975/76	rendements moyens : 38 tonnes/hectare
1978/79	
1979/80	

L'application d'azote est favorable aux rendements. Il en est de même du phosphate. Mais à l'inverse, le sulfate de potassium a un effet dépressif, en particulier pour le citrange 'Troyer'.

DISCUSSION

L'hypothèse initiale selon laquelle les «brûlures foliaires» (ou leaf burn) pourraient être causées par un excès d'aluminium et de manganèse échangeables n'a pas permis d'expliquer la majeure partie des cas d'arbres malades.

En effet, les sols de nombreux vergers atteints de «LB» n'ont pas des pH très acides ni des teneurs élevées en Al et Mn échangeables (et le Mn foliaire n'est pas toujours en quantités excessives dans les arbres malades).

La présence, à côté des feuilles «brûlées», de feuilles à «taches jaunes», le niveau très bas du Mo foliaire, l'accumulation de N (NO₃) dans les feuilles, la faible activité de la nitratre réductase ainsi que la suppression du «LB» par des pulvérisations de molybdate, nous ont prouvé que le «leaf burn» est en relation étroite avec une carence en molybdène.

Les dernières observations concernant l'augmentation du «LB» ainsi que la réduction de la production et de la croissance des arbres par les applications de sulfate de potassium nous permettent de penser que le sulfate pourrait, dans nos conditions édaphiques, considérablement aggraver la caren-

TABLEAU 12 - Rendement 1977/78 de l'essai n° 8 avec le citrange 'Troyer' (kg/arbre).

Interprétation statistique en factoriel 3 X 2 X 2

Les lettres a, b, c, d correspondent aux quatre arbres de chaque parcelle élémentaire par porte-greffe. Il y a douze parcelles par répétition (3N x 2P x 2K) et quarante-huit parcelles pour les quatre répétitions.

Engrais		a	b	c	d
azote	[N1 N2 N3	66,9	65,6	66,5	60,0
		<u>78,8</u>	<u>79,7</u>	<u>73,2</u>	<u>85,2</u>
		<u>78,2</u>	<u>80,6</u>	<u>91,8</u>	<u>88,2</u>
		NS	*	*	*
phosphore	[P0 P1	70,0	71,9	73,7	71,3
		<u>79,3</u>	<u>78,7</u>	<u>80,6</u>	<u>84,3</u>
		NS	NS	NS	NS
potassium	[K0 K1	<u>86,2</u>	<u>77,8</u>	<u>78,4</u>	<u>84,3</u>
		<u>63,1</u>	<u>72,9</u>	<u>76,0</u>	<u>71,3</u>
		**	NS	NS	NS

chiffres soulignés : meilleurs rendements.

NS : non significatif

* : significatif

** : significatif à 1 p. 100

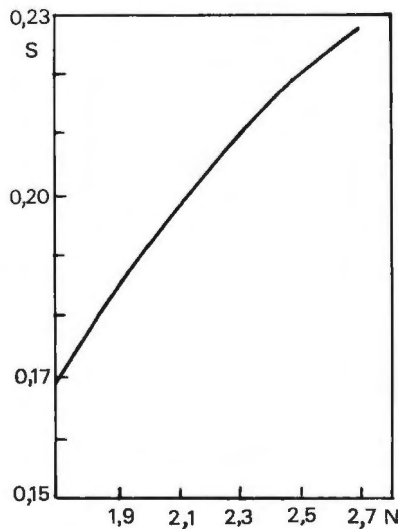


Fig. 4 • Relation S/N foliaire citrange Troyer.

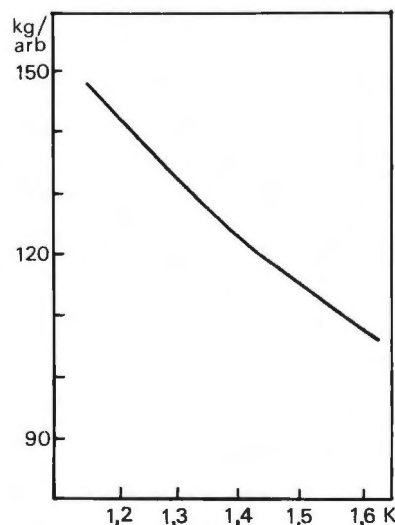


Fig. 5 • Relation rendements / K foliaire citrange Troyer.

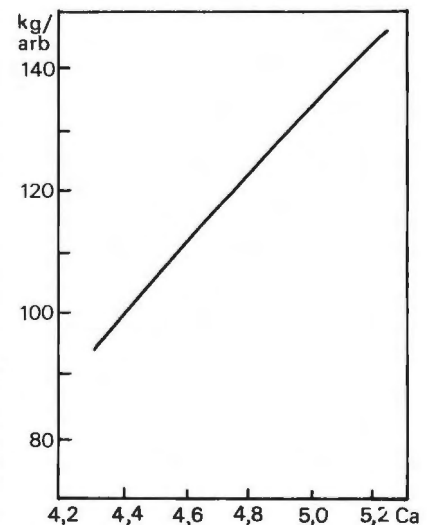


Fig. 6 • Relation rendements / Ca foliaire citrange Troyer.

ce en molybdène. En effet, plusieurs chercheurs ont signalé une sorte de «compétition» entre S et Mo.

P.R. STOUT et al 1951 (16) indique une compétition entre Mo et S.

H.M. REISENAUER, 1963 (15) a montré que les applications de Ca SO₄ réduisaient les récoltes dans les sols pauvres en Mo (nous avons en Corse considérablement aggravé le

«leaf burn» avec des applications de Ca SO₄).

J.P. WIDDOWSON, 1960 (17) a trouvé que le superphosphate limitait l'absorption par les plantes du Mo quand ce dernier était en quantités limitées dans le sol (dans un verger corse de clémentiniers une application de superphosphate a été suivie d'une manifestation massive de «yellow spot»).

U.C. GUPTA et D.C. MUNRO, 1969 (8) ont observé une

réduction importante de Mo dans les plantes après une application de sulfate $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$ bien que le pH ne soit pas changé. Ils pensent qu'il s'agit surtout d'une compétition entre S et Mo dans les sites d'absorption des racines.

F.T. BINGHAM et M.J. GARBER, 1960 (1) indiquent que l'application de phosphate augmente la solubilité du molybdène du sol et qu'au contraire de hautes teneurs de sulfate diminuent l'absorption du molybdate et accroissent le besoin en Mo des plantes pour obtenir des récoltes maxima.

En Corse il a été trouvé quelques relations (figures 4, 5 et 6).

L'application d'engrais azoté et l'azote foliaire augmente de façon très nette les teneurs en soufre foliaire.

Entre les rendements et le K foliaire, il y a une relation négative. Ce n'est probablement qu'un effet indirect de l'application de sulfate dont l'absorption est favorisée par le nitrate d'ammoniaque.

Il y a une relation positive entre le rendement et le Ca foliaire qui est apporté avec les scories. On sait que le phosphate et l'augmentation du pH favorisent l'absorption du molybdène.

LITTERATURE CITEE

1. BINGHAM (F.T.) and GARBER (M.J.). 1960.
Solubility and availability of micronutrients in relation to phosphorus fertilization.
Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 24, 209-213.
2. BLONDEL (A.M.) et BLANC (D.). 1975.
Mise au point d'une méthode de mesure «in vitro» de l'activité de la nitrate réductase.
Ann. Agron., 26 (3), 309-322.
3. BLONDEL (A.M.) et BLANC (D.). 1975.
Accidents végétatifs sur les agrumes en Corse. Mise en évidence d'une carence en molybdène par utilisation du test de mesure «in vitro» de l'activité de la nitrate réductase.
Ann. Agron., 26 (3), 277-287.
4. CASSIN (P.J.). 1968.
Aspects agronomiques d'un accident végétatif observé sur agrumes cultivés sur sols acides en Corse.
II^e Coll. Europ. et Médit. sur le Contrôle de l'Alimentation des plantes cultivées, Séville, Espagne.
5. CASSIN (P.J.), BLONDEL (L.), BOVE (J.M.), BOVE (Colette), JOLIVET (E.), LACOEUILHE (J.J.), LAFLECHE (Dominique), LOSOIS (P.), MARCHAL (J.), MARTIN-PREVEL (P.), NICOL (M.Z.) and MOULINIER (H.). 1969.
General study of leaf analysis and citrus fruit analysis under Corsican environmental conditions.
Proc. First Int. Citrus Symposium, vol. 3, 1689-1712.
6. CASSIN (P.J.), FAVREAU (P.), MARCHAL (J.), LOSOIS (P.) and MARTIN-PREVEL (P.). 1977.
Influence of fertilization in growth yield and leaf mineral composition of 'Clementine' mandarin on three rootstocks in Corsica.
Proc. Int. Soc. Citriculture, 1, 49-57.
7. EMBLETON (T.W.), WINSTON (W.J.), LABANAUSKAS (C.K.) and REUTHER (W.). 1973.
Leaf analysis as a diagnostic tool and guide to fertilization.
The Citrus Industry, vol. III, chapter 6, 183-205.
8. GUPTA (U.C.) and MUNRO (D.C.). 1969.
The boron content of tissues and roots of rutabagas and of soil associated with brown heart condition.
Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 33, 424-426.
9. JUSTE (C.). 1971.
Communication personnelle. Al et Mn échangeables.
10. JUSTE (C.). 1972.
Communication personnelle. Dosages Mo et N (NO_3).
11. JUSTE (C.). 1978.
Les brûlures foliaires sur clémentinier : étude de quelques facteurs susceptibles d'expliquer l'origine des brûlures du feuillage observées sur clémentinier en Corse.
Fruits, vol. 33, n° 12, p. 829-830.
12. LACOEUILHE (J.J.), MARCHAL (J.) et MARTIN-PREVEL (P.). 1968.
Aspects physiologiques de défoliations anormales des agrumes en Corse.
II^e Coll. Europ. et Médit. sur le Contrôle de l'Alimentation des Plantes cultivées. Séville, Espagne.
13. MARCHAL (J.). 1980.
Analyses foliaires de l'essai lutte biologique. Lutte intégrée à la S.R.A. Problème des brûlures foliaires.
RA 80, n° AG 60.
14. MULDER (E.G.) et al. 1959.
The effect of molybdenum and nitrogen deficiencies on nitrate reduction in plant tissues.
Plant and Soil, X, 335-355.
15. REISENAUER (H.M.). 1963.
Availability assays for the secondary and micronutrient anions.
Kearney Foundation of Soil Science. University of California, Davis.
16. STOUT (P.R.) et al. 1951.
Molybdenum nutrition of crop plants. I.- The influence of phosphate and sulfate on the absorption of molybdenum from soils and solution cultures.
Plant and Soil, 3, 51-87.
17. WIDDOWSON (J.P.) 1966.
Molybdenum uptake by french beans on two recent soils.
N.Z.J. Agric. Res., 9, 59-67.

