

Effets du cultivar, du porte-greffe, de l'irrigation et de la fertilisation sur le rendement et la qualité des huiles essentielles d'agrumes

J.W. KESTERSON et R.J. BRADDOCK*

EFFETS DU CULTIVAR, DU PORTE-GREFFE, DE L'IRRIGATION ET DE LA FERTILISATION SUR LE RENDEMENT ET LA QUALITE DES HUILES ESSENTIELLES D'AGRUMES

J.W. KESTERSON et R.J. BRADDOCK

Fruits, Fev. 1975, vol. 30, n°2, p. 103-107.

RESUME - Les comparaisons de teneur en huile essentielle de zeste pour vingt et une sélections différentes de variétés de citron ont montré des augmentations de 3,1 à 5,7 livres d'huile essentielle par tonne de fruits (1,40 à 2,58 kg/tonne). Aucune différence significative n'a été trouvée dans les rendements en huile essentielle de zeste pour le même cultivar, le citron 'Bearss', sur sept différents porte-greffe. Les teneurs en aldéhyde de l'huile essentielle d'orange 'Valencia', provenant du même cultivar sur différents porte-greffe, ont été de 1,26, 1,44 et 1,73 p. cent respectivement pour *Trifoliata*, orange douce et lime 'Rangpur'. La teneur en aldéhyde des huiles essentielles d'agrumes est considérée comme un des plus importants indices de haute qualité et le porte-greffe, apparemment, exerce une influence profonde sur la teneur en aldéhyde des huiles essentielles d'orange. Les rendements en huile essentielle des oranges 'Pineapple' ont augmenté avec des applications d'azote en proportion accrue, mais ont diminué avec des applications de potassium en proportion accrue. Les teneurs en huile essentielle de zeste des citrons 'Bearss' ont montré des augmentations significatives de rendement avec des applications d'azote accrues. La fréquence accrue de l'irrigation a augmenté de façon significative les rendements deux années sur trois.

Il a été donné aux participants du Sixième Congrès international des Huiles essentielles d'entendre le Professeur J.W. KESTERSON, bien connu par ses travaux sur les huiles essentielles et les dérivés des agrumes en Floride. J.W. KESTERSON a présenté, en collaboration avec R.J. BRADDOCK, une communication résumant les résultats les plus marquants qu'il a obtenus au cours de ses recherches réalisées dans le but d'améliorer les rendements et la qualité des huiles essentielles d'oranges et de citrons. Il a bien voulu nous autoriser à présenter à nos lecteurs le texte de sa conférence, dont l'intérêt pratique ne leur échappera pas. Qu'il en soit bien vivement remercié.

R. HUET

INTRODUCTION

HOOD (7) en 1916 a fait probablement la première tentative pour déterminer la teneur en huile essentielle de zeste des oranges de Floride. Plus tard, GIACOMETTI (4) a cherché à classer morphologiquement les diverses souches

*. University of Florida, Institute of Food and Agricultural Sciences. Agricultural Research and Education Center, P.O. Box 1088, Lake Alfred, FL 33850.

Communication présentée au Sixième Congrès international des Huiles essentielles, San Francisco (8-12 septembre 1974).

(lignées) d'oranges 'Parson Brown' en étudiant les glandes à huile essentielle primaires, secondaires et tertiaires, dans ces fruits. Les fruits à écorce fine contenaient moins de glandes à huile essentielle que les fruits à écorce épaisse. HENDRICKSON et col. (5, 6) ont démontré plus récemment que variétés sélectionnées et porte-greffe sont des variables qui influencent la teneur en huile essentielle de zeste des oranges.

BARTHOLOMEW (1, 2) et BITTERS (3) ont étudié les fruits d'agrumes de Californie et ont trouvé que la teneur en huile essentielle de zeste est en corrélation directe avec l'aire de la surface du fruit et que le porte-greffe influence la quantité et le type d'huile essentielle trouvée dans l'écorce des oranges. Dans la présente étude, on présente des données pour montrer comment variétés sélectionnées et porte-greffe influencent la teneur en huile essentielle de zeste des citrons. Pour la première fois, on démontrera que les pratiques culturales, telles que l'irrigation et la fertilisation, influencent la teneur en huile essentielle de zeste des citrons et des oranges.

MATERIELS ET METHODES

La teneur en huile essentielle a été déterminée suivant le procédé d'HENDRICKSON et col. (5). Dans cette méthode, 2 ou 4 disques (diamètre : 2 cm) d'écorce sont découpés dans seize fruits ou plus suivant la section équatoriale du fruit. Le fruit est pesé et les diamètres longitudinaux et équatoriaux sont mesurés. Le poids d'huile essentielle de zeste par tonne de fruits est calculé en déterminant le volume d'huile essentielle par poids unitaire de fruit, extrapolant le volume équivalent par tonne de fruits et finalement convertissant en poids, en utilisant la densité de l'huile essentielle.

Les études de variétés sélectionnées et porte-greffe sur citrons ont été faites sur quatre parcelles d'arbres avec cinq répétitions par sélection. Les vingt et une variétés utilisées dans ces études ont été retenues pour leur rendement élevé en poids de fruits. Les études culturales sur citrons ont été faites à deux niveaux d'humidité de sol et trois taux chacun d'azote (N) et de potassium (K). Un système de parcelles divisées a été utilisé avec les niveaux d'humidité de sol sur parcelle entière et les différents taux d'azote et de potassium en sous-parcelles. Chaque parcelle entière était composée de neuf sous-parcelles de six arbres, côte à côte, arrangées dans un système factoriel azote et potassium 3 x 3. Les traitements ont été répétés quatre fois. Le même système expérimental a été utilisé pour les oranges 'Pineapple', si ce n'est que les traitements d'irrigation ont été éliminés et que quatre niveaux de traitement ont été utilisés pour l'azote et le potassium. Seuls, les taux d'application de N et K élevés et bas ont été évalués dans cette étude.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Influence de la variété sélectionnée sur le rendement en huile essentielle.

Une comparaison de la teneur en huile essentielle provenant de vingt et une sélections différentes de citron sur un porte-greffe commun (tableau 1), montre que 'Bearss' a donné les rendements en huile essentielle les plus élevés. Approximativement, 85 p. cent des citronniers plantés en Floride sont de variété 'Bearss'. Les rendements en huile essentielle en 1971 ont été plus élevés qu'en 1970 et le rendement en fruits plus bas en 1971 qu'en 1970. Le fait que les rendements en huile essentielle soient en rapport avec les rendements en fruits ou seulement avec des variations saisonnières serait déterminé par des études ultérieures. KESTERSON et col. (8) ont montré que la teneur en huile essentielle de zeste est variable selon la saison. Les données montrent que par le choix judicieux de la variété sélectionnée le rendement en huile essentielle peut être accru. Une étude semblable de 34 sélections différentes de greffons 'Valencia', sur le même porte-greffe 'Rough lemon', a montré que le rendement en huile essentielle peut être augmenté de 2,08 kg par tonne de fruits avec un choix correct de greffon sélectionné.

Influence du porte-greffe sur le rendement en huile essentielle.

La même sélection de citronnier 'Bearss' a été utilisée sur différents porte-greffe : mandarine 'Cléopâtre', 'Rough lemon Floride', 'Helseth' Rough lemon, *Macrophylla*, orange amère, *Trifoliata* et citrange 'Troyer'; elle a été étudiée pendant une campagne de production pour déterminer si le porte-greffe influence le rendement en huile essentielle des citrons. Les résultats de cette étude sont consignés sur le tableau 2. Aucune différence significative n'a été trouvée dans le rendement en huile essentielle de zeste des citrons provenant des divers porte-greffe. BITTERS et SCORA (3), HENDRICKSON et col. (6), ont obtenu des résultats semblables en étudiant la teneur en huile essentielle de zeste des oranges 'Valencia'. Il y a eu une baisse en huile essentielle calculée sur la base du rendement par tonne de fruits, mais cela est dû au fait que le poids du fruit augmente plus vite que sa surface.

Influence du porte-greffe sur la qualité de l'huile essentielle.

Une expérience commerciale a été faite sur la relation entre porte-greffe et qualité de l'huile essentielle. Trois blocs de 400 acres (162 ha), plantés avec la même variété sélectionnée sur *Trifoliata*, orange douce et lime 'Rangpur', ont été utilisés dans cette étude. Les fruits de chaque bloc de 400 acres ont été récoltés et traités séparément par l'extracteur FMC pour obtenir l'huile essentielle. La quantité totale d'huile essentielle provenant de chaque porte-greffe a été mélangée en un lot composite. Des échantillons d'huile essentielle ont été pris dans chaque lot et analysés comme il est indiqué dans le tableau 3. Ces huiles essentielles d'orange

TABLEAU 1 - Rendement en huile essentielle de zeste des citrons
selon les variétés greffées sélectionnées.

Sélection	Variété	Rendement en huile essentielle lbs/ton fruits (2)	
		1970	1971
E-403	Bearss	(1) 14,39 a	20,25 w
E-418	Lisbon	14,29 ab	17,50 y
E-404	Bearss	13,96 abc	19,94 wx
Alp-11	Bearss	13,91 abc	
Alp-31	Villafranca	13,87 abc	17,59 xy
E-421	Bearss	13,67 abc	
Alp-26	Italian	13,57 bc	16,40 yz
E-417	Villafranca	13,20 cd	
E-420	Nucellar	12,82 de	
E-411	Lisbon	12,60 def	
E-408	Nucellar	12,57 def	
Alp-38	Villafranca	12,56 def	
Alp-14	Moreland	12,45 def	
E-391	Lisbon	12,30 efg	
Alp-21	Bes-4-Saisons	12,28 efg	
E-402	Lisbon	12,25 efg	
Alp-3	Harvey	11,98 fgh	14,48 z
Alp-4	Avon	11,52 gh	14,48 z
E-398	Lisbon	11,52 gh	
Alp-28	Arizona	11,33 h	15,07 z
E-419	Nucellar	11,29 h	

(1) - Les rendements ayant des lettres en commun ne sont pas significativement différents avec une probabilité de 95 p. cent déterminée par l'analyse de variance et le test d'arrangement multiple de DUNCAN.

(2) - 1 lb/ton = 0,45 kg/tonne (NDT)

TABLEAU 2 - Rendement en huile essentielle de citron 'Bearss'
selon le porte-greffe et la maturité du fruit.

Porte-greffe	Rendement en huile essentielle de zeste lbs/ton fruits *					
	août	sept.	oct.	nov.	déc.	moyenne
mandarine Cléopâtre	17,50	17,81	14,10	15,38	13,56	15,67
Rough lemon Florida	15,84	16,35	14,83	13,87	13,46	14,87
Helseth (Rough lemon)	16,79	15,50	15,10	14,20	12,90	14,90
<i>Macrophylla</i>	-	15,35	14,26	14,44	12,66	14,18
orange amère	18,27	16,91	14,52	14,22	12,42	15,27
<i>Trifoliata</i>	-	17,19	13,53	13,94	12,41	14,27
Citrange Troyer		16,88	15,63	15,56	13,71	15,44

* - 1 lb/ton = 0,45 kg/tonne (NDT)

'Valencia' correspondaient à toutes les spécifications de l'USP (U.S. Pharmacopeia) et les propriétés physicochimiques étaient semblables, sauf en ce qui concerne la teneur en aldéhyde. Les teneurs en aldéhyde ont été de 1,26 p. cent pour *Trifoliata*, de 1,44 p. cent pour orange douce et de 1,73 p. cent pour lime 'Rangpur'. La teneur en aldéhyde des huiles essentielles d'agrumes est considérée comme un des indices les plus importants de haute qualité de l'huile essentielle et le porte-greffe exerce apparemment une profonde influence sur la teneur en aldéhyde de l'huile

essentielle d'orange.

Effet des pratiques culturales sur le rendement en huile essentielle.

Une étude précédente réalisée en 1969 par HENDRICKSON, KESTERSON et TING (5) a cherché à établir des relations entre le rendement en huile essentielle et les pratiques culturales, mais elle n'a pas réussi à établir des relations de façon significative par suite d'un protocole expérimental incorrect. Ce travail a été repris et les résultats

TABLEAU 3 - Qualité de l'huile essentielle d'orange 'Valencia' selon le porte-greffe.

	<i>Trifoliata</i>	orange douce	lime Rangpur
Poids spécifique D_{25}^{25}	0,8425	0,8418	0,8424
Indice de réfraction N_D^{20}	1,4729	1,4730	1,4727
Indice de réfraction sur 10 p. cent distillat.	1,4720	1,4720	1,4718
Différence	0,0009	0,0010	0,0009
Pouvoir rotatoire α_D^{25}	+ 97,35	+ 98,07	+ 96,83
Pouvoir rotatoire sur 10 p. cent distillat	+ 98,23	+ 98,51	+ 97,95
Différence	+ 0,88	+ 0,44	+ 1,12
Aldéhyde p. cent	1,26	1,44	1,73
Résidu d'évaporation mg/3 ml	42,2	46,4	50,5
Spectre UV :			
Indice CD	0,295	0,330	0,397
Absorbance du pic	0,441	0,497	0,570
Longueur d'onde du pic	326,2	327,1	328,4

TABLEAU 4 - Effet de N et de K sur le rendement en huile essentielle de l'orange 'Pineapple'.

Traitement	Récolte (caisse/acre) (2)			Huile essentielle (lbs/acre) (3)		
	1972	1973	1974	1972	1973	1974
N (lb/A/an) (3)						
faible 70	199	256	312	147	190	245
élevé 280	333	402	384	274	337	314
degré de signification (1)	**	**	**	**	**	*
K₂O (lb/A/an) (3)						
faible 70	286	320	335	240	270	265
élevé 280	245	337	361	180	257	295
degré de signification (1)	NS	NS	NS	*	NS	NS

(1) NS = non significatif * = significatif au niveau $P = 0,05$

** = significatif au niveau $P = 0,01$

(2) 1 caisse correspond à 90 lbs fruits. Il y a 70 arbres par acre. 1 caisse/acre = 100 kg/ha (NDT)

(3) 1 lb/acre = 1,1 kg/ha (NDT)

d'une étude de fertilisation pendant trois ans sur orange 'Pineapple', comprenant des bas et hauts niveaux de N et de K₂O, sont exposés dans le tableau 4. Pour la première fois, sur la base d'un calcul par tonne de fruits, il a été clairement démontré que l'azote accroît le rendement en huile essentielle alors que le potassium l'abaisse. Une analyse de variance montre que l'effet de chaque élément est significatif au niveau de 1 p. cent. Si l'on convertit sur la base du rendement par acre (0,405 ha), méthode préférée pour évaluer les pratiques culturales, les applications accrues d'azote ont provoqué des rendements plus élevés en fruits et en teneur en huile essentielle. Un faible niveau de potassium a augmenté la teneur en huile essentielle sur la base du rendement par tonne de fruits mais a plutôt réduit la taille et le nombre des fruits, alors qu'un niveau élevé de potassium a réduit la teneur en huile essentielle avec un rendement en fruits

normal. Ces deux facteurs se compensent si bien qu'on n'a pas observé de différence significative dans les traitements de potassium. Plusieurs autres éléments, tels que le chlore, le magnésium, le manganèse, le soufre, le molybdène, le bore et le fer, ont montré une tendance définie soit à diminuer, soit à augmenter les rendements en huile essentielle, mais demandent un supplément d'études avant que l'on puisse faire une analyse statistique des données.

Une étude semblable a été faite sur citron 'Bearss' (9) avec le facteur additionnel de niveaux d'irrigation bas et élevés. On a consigné les résultats de cette étude dans le tableau 5. Les applications d'azote augmentent à la fois le rendement en fruits et la teneur en huile essentielle de zeste. La potasse n'a pas d'effet significatif sur la production des fruits ou sur la teneur en huile essentielle de zeste. En relation avec une irrigation accrue, on a trouvé une

TABLEAU 5 - Effets de l'irrigation, de l'azote et de la potasse sur le rendement en huile essentielle des citrons 'Bearss'.

Traitement	Récolte (caisse/acre) (2)			Huile essentielle (lbs/acre) (4)		
	1970	1971	1972	1970	1971	1972
Irrigation						
faible 60 centibar (3)	124	254	167	124	234	145
élevé 10 centibar	143	288	184	137	266	168
degré de signification (1)	NS	NS	NS	NS	*	*
N (lb/acre/an) (4)						
faible 160	107	266	151	103	237	133
moyen 290	145	271	186	-	253	164
élevé 420	150	274	191	149	257	173
degré de signification (1)	**	NS	**	*	*	*
K₂O (lb/acre/an) (4)						
faible 160	126	270	182	136	252	165
moyen 290	123	263	172	-	240	152
élevé 420	143	278	173	137	255	153
degré de signification (1)	NS	NS	NS	NS	NS	NS

(1) NS - non significatif * - significatif au niveau $P = 0,05$

** - significatif au niveau $P = 0,01$

(2) - 1 caisse = 90 lbs 1 caisse/acre # 100 kg/ha (NDT)

(3) - tension d'humidité du sol entre 12 et 18 pouces de profondeur (1 pouce = 2,54 cm - NDT)

a) un traitement à 60 centibar correspond à une irrigation de 1,5 à 3 pouces

b) un traitement à 10 centibar correspond à une irrigation de 6 à 9 pouces.

(4) 1 lb/acre # 1,1 kg/ha (NDT).

augmentation de la production d'huile essentielle, significative, deux années sur trois.

D'un point de vue technique les résultats précédents sont significatifs. Sur la base du calcul par hectare, le rendement

en huile essentielle de citron est augmenté de 22 à 45 kg grâce à l'application d'azote. Au prix courant de l'huile essentielle de citron l'intérêt économique est évident.

BIBLIOGRAPHIE

- BARTHOLOMEW (E.T.) and SINCLAIR (W.B.). 1946. Volatile oil content of the peel of oranges. *Calif. Citrograph.*, 31, 293-329.
- BARTHOLOMEW (E.T.) and SINCLAIR (W.B.). 1946. The factors influencing the volatile oil content of the peel of immature and mature oranges. *Plant Physiol.*, 21 (3), 319-331.
- BITTERS (W.P.) and SCORA (R.W.). 1970. The influence of citrus rootstocks upon the volatile rind oil content of 'Valencia' oranges. *Bot. Gaz.*, 131 (2), 105-109.
- GIACOMETTI (D.C.). 1952. Fruit characters of sweet orange varieties. *Univ. of Fla. Thesis (unpublished)*
- HENDRICKSON (R.), KESTERSON (J.W.) and TING (S.V.). 1969. Peel oil content of 'Valencia' oranges. *Proc. Fla. State Hort. Soc.*, 82, 192-196.
- HENDRICKSON (R.), KESTERSON (J.W.) and COHEN (M.). 1970. The effect of rootstock and budwood selections on the peel oil content of 'Valencia' oranges. *Proc. Fla. State Hort. Soc.*, 83, 259-262.
- HOOD (S.C.). 1916. Relative oil yield of Florida oranges. *Ind. Eng. Chem.*, 8, 709-711.
- KESTERSON (J.W.), HENDRICKSON (R.) and BRADDOCK (R.J.). 1971. Florida Citrus Oils. *Fla. Agr. Exp. Sta. Tech.*, Bul. 749, 1-180.
- KOO (R.C.J.), YOUNG (T.W.), REESE (L.L.) and KESTERSON (J.W.). 1973. Responses of 'Bearss' lemon to nitrogen, potassium and irrigation application. *Proc. Fla. State Hort. Soc.*, 85, in Press.

