

INFLUENCE DES ELEMENTS FERTILISANTS DU MILIEU SUR LA COMPOSITION MENERALE DU FRUIT ET DE L'ECORCE

M. NADIR *

Introduction

Le but essentiel de cet étude, c'est de connaître d'une part la composition minérale des fruits entiers et des écorces, d'autre part de voir les relations qui existent entre les taux des éléments minéraux dans le fruit entier et l'écorce ; pour pouvoir contrôler, éventuellement corriger le déséquilibre alimentaire chez les Citrus.

Pour les vergers commerciaux les prélèvements des échantillons ont été effectués au moment de la récolte des campagnes 1968-69 et 1969-70, comprenant toutes les variétés courantes, dans toutes les régions agrumicoles marocaines à savoir : Gharb, Souss, Tadla, Mar-rakech, Oriental, Meknès, Azemmour, Larache et Rabat-Salé.

Ces échantillons sont constitués par des fruits mûrs provenant des vergers apparemment sains et bien entretenus en particulier au point de vue phytosanitaire.

Quant aux vergers d'expérience l'un se trouve dans la région de Sidi Bouknadel, comprenant uniquement la variété clémentinier,

* Chef de laboratoire général de chimie, DRA, Rabat.

Al Awamia, 38, pp. 57-71, janvier, 1971.

et l'autre à El Koudia ; les résultats concernant le verger de Sidi Bouknadel sont exposés au colloque de la Réunion de la commission Agrotechnique de la zone Franc, à Tunis (Tunisie) en 1968 (1) ; tandis que les renseignements concernant l'essai sur le gaufrage à El Koudia sont exposés au colloque de la Réunion de la Commission Agrotechnique de la zone Franc à Annaba (Algérie), 1971 (2) et dans Al Awamia, N° 38, p. 71.

I. Composition minérale des fruits entiers et des écorces

a. Résultats d'analyse des fruits

Les analyses portent sur les fruits mûrs comprenant des variétés courantes toujours greffées sur bigaradier.

Nous étudierons les taux minima, maxima, moyens de la matière sèche, des éléments minéraux par rapport à la matière sèche, le taux d'eau libre par rapport à la matière verte (humide), enfin les pourcentages des parties comestibles par rapport aux fruits entiers.

1. Matière sèche

Les taux de la matière sèche varient de 10,4 % à 19,6 % par rapport aux fruits entiers avec une valeur moyenne de l'ordre de 15,4 %.

2. Azote *

Les taux d'azote varient de 0,94 % à 1,44 % ; le taux moyen est de l'ordre de 1,15 %.

3. Phosphore

Les taux de cet éléments varient de 0,09 à 0,16 % avec un taux moyen s'élevant à 0,12 %.

4. Potassium

Les taux de potassium varient de 0,61 à 1,76 % ; le taux moyen est de l'ordre de 1,04 %. Ce taux moyen est inférieur à celui de l'azote (1,15 %).

* Les taux des éléments minéraux sont toujours exprimés par rapport à la matière sèche.

5. Magnésium

Cet élément varie de 0,07 à 0,13 %, avec un taux moyen s'élevant à 0,09 %.

6. Calcium

Malgré les taux élevés de cet élément dans les autres parties de l'oranger, les taux de calcium dans les fruits varient de 0,20 à 0,75 % avec une moyenne de 0,47 %.

7. Matières minérales (cendres carbonatées)

Les matières minérales ont des taux très faibles dans les fruits, variant de 2,3 à 4,9 %, avec une moyenne de l'ordre de 3,2 %. Dans les fruits, les taux de matières minérales sont en rapport direct avec les taux de potassium, tandis que dans les autres parties de l'oranger où le calcium est le cation dominant, les taux de matières minérales sont en relation direct avec les taux de cet élément.

8. Eau libre

Les taux d'eau libre varient de 80,4 à 89,6 %, avec une moyenne de l'ordre de 84,6 % par rapport à la matière humide.

9. Partie comestible

Les pourcentages des parties comestibles par rapport aux fruits entiers varient de 50,6 à 78,1, avec une moyenne de l'ordre de 68,7.

10. Discussion et conclusion

L'intérêt de cette étude est double : d'une part on constate que les taux des éléments minéraux varient largement dans les fruits entiers ; cela prouve que ces taux sont en relation directe avec l'alimentation de l'arbre ; d'autre part les rapports des éléments minéraux peuvent donner des indications très utiles pour compléter les interprétations des résultats du diagnostic foliaire.

Ainsi sur 24 échantillons provenant des vergers à haut rendement, 21 avaient des niveaux de potassium supérieurs à 1 % (toujours par rapport à la matière sèche) et 17 échantillons avaient les niveaux de potassium supérieurs à ceux d'azote. Sur 19 échantillons provenant des vergers à rendement moyen, 7 échantillons seulement avaient des

niveaux de potassium supérieurs à 1 % ; mais ces 19 échantillons avaient tous des niveaux de potassium inférieurs à ceux d'azote. Sur 10 échantillons provenant des vergers à faibles rendements, un seul échantillon avait le niveau de potassium supérieur à 1 %. Mais par contre tous les dix avaient des niveaux de potassium inférieurs à ceux d'azote.

Les trois échantillons des vergers à rendement médiocre, avaient des niveaux de potassium inférieurs à ceux d'azote.

De ces résultats on peut dégager les observations suivantes :

— Pour une production élevée, il faut deux conditions, d'abord que les niveaux de potassium dans les fruits soient supérieurs à 1 % par rapport à la matière sèche, et ensuite que ces niveaux de potassium soient supérieurs à ceux d'azote.

— Nous avons vu que, dans la majorité des cas, l'élément dominant dans les fruits au Maroc, est l'azote, ensuite c'est le potassium, alors que le calcium vient en troisième position, malgré son importance dans les autres organes de Citrus. En aucun cas les taux de calcium ne dépassent ni ceux d'azote, ni ceux de potassium. Nous verrons que dans l'écorce les taux de calcium arrivent à dépasser ceux de potassium et d'azote.

b. *Résultats d'analyse des écorces*

Nous étudierons comme pour les fruits, les taux minima, maxima et moyens de la matière sèche, des éléments minéraux par rapport à la matière sèche de l'écorce, d'eau libre par rapport à la matière humide de l'écorce, et enfin de l'écorce par rapport aux fruits entiers.

1. Matière sèche

Les taux de matière sèche varient de 11,0 % à 30,4 %, avec un taux moyen de l'ordre de 22,8 % de l'écorce fraîche.

2. Azote

Les taux d'azote varient de 0,84 à 1,38 % avec un taux moyen de l'ordre 1,03 %.

3. Phosphore

Les taux de cet élément varient de 0,05 à 0,12 %, et le taux moyen s'élève à 0,07 %.

4. Potassium

Les taux de potassium varient de 0,29 à 1,52 %, le taux moyen étant de l'ordre de 0,72 %. Ce taux moyen est inférieur à celui d'azote (1,03 %).

5. Magnésium

Les taux de cet élément varient de 0,05 à 0,13 % avec une moyenne de l'ordre de 0,08 %.

6. Calcium

Comme pour les fruits entiers, les écorces contiennent des taux très faibles de calcium variant de 0,42 à 1,27 %, avec une moyenne de l'ordre de 0,74 %.

7. Matières minérales (cendres carbonatées)

Comme les fruits entiers, les écorces ont des taux très faibles en matières minérales qui varient de 2,0 à 5,3 %, avec une moyenne de l'ordre de 3,2 %.

8. Eau libre

Les taux d'eau libre varient de 69,6 à 89,0 %, avec une moyenne de l'ordre de 77,2 % par rapport à la matière humide.

9. L'importance de l'écorce par rapport aux fruits entiers.

Les pourcentages de l'écorce par rapport aux fruits entiers varient de 21,9 à 49,4, avec une moyenne de l'ordre de 31,1.

10. Discussion et conclusion

Comme pour les fruits entiers, les taux des éléments minéraux varient largement ; cela montre bien que les taux des éléments minéraux dans les écorces sont également en relation avec l'alimentation de l'arbre.

D'une manière générale dans les écorces les taux de potassium sont inférieurs aux taux d'azote, mais dans les vergers à haut rendement, on constate quelquefois que les taux de potassium deviennent égaux ou supérieurs à ceux d'azote.

II. Comparaison des taux de matière sèche, d'eau libre, d'éléments minéraux et de cendres carbonatées entre les fruits entiers et les écorces

a. *Matière sèche et eau libre*

Les taux de matière sèche d'un fruit entier sont inférieurs à ceux de l'écorce, rapporté à la matière humide ; en conséquence l'eau libre est plus importante dans le fruit entier que dans l'écorce.

b. *Azote*

Les taux d'azote sont comparables entre les fruits entiers et les écorces.

c. *Phosphore*

Les taux de phosphore sont plus élevés dans les fruits entiers que dans les écorces. Dans aucun cas le taux de phosphore de l'écorce ne dépasse celui du fruit entier.

d. *Potassium*

Comme pour le phosphore, les taux de potassium dans les fruits entiers restent supérieurs à ceux des écorces. Dans aucun cas le taux de potassium de l'écorce ne dépasse celui du fruit entier.

e. *Magnésium*

Les taux de magnésium sont comparables entre les fruits entiers et les écorces.

f. *Calcium*

Les taux de calcium des écorces, contrairement au potassium et au phosphore, restent toujours supérieurs à ceux des fruits entiers.

g. *Matières minérales (cendres carbonatées)*

Les taux de matières minérales sont comparables entre les fruits entiers et les écorces.

III. Discussion et conclusion

L'examen attentif des résultats d'analyse des éléments minéraux dans les fruits entiers et les écorces provenant des variétés différentes, mais toujours avec le même porte-greffe bigradier, ne révèle pas

une influence variétale sur les taux des éléments minéraux des fruits entiers et des écorces. Mais par contre, les soins particuliers fournis à une variété par des apports réguliers et abondants de fumure semblent modifier les taux des éléments minéraux dans les parties considérées.

Les taux d'azote et de magnésium semblent identiques dans les fruits entiers et les écorces. Par contre, les taux de phosphore et de potassium dans les fruits entiers paraissent être supérieurs à ceux des écorces alors que les taux de calcium des écorces dominent ceux des fruits entiers.

Nous verrons que l'apport d'un élément et l'assimilation de celui-ci par la plante ne modifient en rien le rapport de cet élément dans les fruits entiers et les écorces. Mais par contre la quantité de cet élément augmente dans les fruits ainsi que dans les écorces.

IV. Influence de la fumure sur la composition minérale du fruit entier et de l'écorce

L'étude des taux des éléments minéraux des fruits et des écorces, a permis de dégager un certain nombre d'observations, en particulier au point de vue des relations existant entre les éléments minéraux présents dans les fruits entiers et les écorces.

Ici nous allons voir en particulier si l'apport d'un ou de plusieurs éléments minéraux à la plante modifie les rapports entre les éléments étudiés, dans les fruits entiers et les écorces des vergers commerciaux.

Dans nos essais pour vérifier les interactions potassium-calcium, et pour voir l'effet de l'azote, du phosphore et du potassium sur l'intensité du gaufrage chez les Citrus, les éléments minéraux dans les feuilles, les fruits entiers et les écorces étaient analysés.

Nous étudierons uniquement les résultats des analyses qui ont été vérifiés statistiquement.

a. Azote

L'apport substantiel de l'azote au Citrus fait monter les taux de cet élément dans les feuilles, les fruits entiers et les écorces. Les taux d'azote du fruit entier sont très peu différents de ceux de l'écorce ; il n'existe pas une dominance significative de l'un sur l'autre.

b. *Phosphore*

Dans l'essai sur les plantes atteintes de gaufrage malgré l'apport substantiel et régulier de fumure phosphatée épanchée en surface du sol, au pied de l'arbre, on n'observe aucun changement des taux de phosphore dans les organes de Citrus (comparés avec les témoins). Ce phénomène s'explique d'une part par la lente migration de phosphore dans les sols lourds, d'autre part par la rétrogradation du phosphore assimilable en forme non assimilable (2).

Mais on observe d'une façon hautement significative que les taux de phosphore dans les fruits entiers restent toujours supérieurs à ceux des écorces, quelque soit l'alimentation de la plante en cet élément.

c. *Potassium*

Les arbres traités avec différentes doses de potassium révèlent une augmentation significative de cet élément dans les feuilles, les fruits entiers et les écorces. Cela montre bien que l'apport de potassium à un arbre, à condition qu'il arrive au niveau des racines fait monter les taux de cet élément dans les feuilles, les fruits entiers et les écorces. Inversement dans les cas des témoins la faiblesse des niveaux de potassium des sols se répercute dans les feuilles, les fruits et les écorces.

L'augmentation ou la diminution des taux de potassium dans les fruits entiers et les écorces ne semble pas affecter la dominance de cet élément dans les fruits entiers.

1. Rôle de l'ion accompagnant le potassium

Les traitements avec le sulfate de potassium, quelle que soit la dose employée, font monter d'une façon hautement significative (à 99 %) les niveaux de potassium dans les feuilles, les fruits entiers et les écorces, alors que les traitements avec le nitrate de potassium font monter d'une façon hautement significative (à 99 %) les niveaux de potassium dans les feuilles et les fruits ; par contre l'augmentation de potassium dans les écorces avec les doses faibles de nitrate de potassium n'est pas significative, alors qu'avec les doses fortes, cette augmentation est significative.

Quelle est la cause de ce phénomène ? Nous pensons qu'il est dû probablement au rôle de l'azote (1 kg de nitrate de potassium

apporte 130 g d'azote pour 440 g de K_2O). Il est démontré (4) que la fumure azotée augmente la proportion de l'écorce par rapport à l'ensemble du fruit, et réduit les teneurs en jus et en éléments solubles. En conséquence l'effet de l'azote se répercute sur l'écorce, pour augmenter la matière organique, se traduisant par une baisse des taux de potassium rapportés à la matière sèche. Dans le cas de la forte dose de nitrate de potassium, la concentration de cet élément est suffisamment élevée pour compenser l'augmentation de matière organique provoquée par l'azote, montrant ainsi une augmentation significative des taux de potassium dans l'écorce sans atteindre une augmentation hautement significative observée dans les différentes doses de sulfate de potassium.

d. *Calcium*

La diminution hautement significative (à 99 %) des taux de calcium des feuilles, provoquée par l'apport de potassium se répercute d'une façon hautement significative sur ceux des fruits entiers et des écorces. Dans tous les cas les taux de calcium dans l'écorce restent supérieurs d'une façon hautement significative, à ceux des fruits entiers.

e. *Magnésium*

Les feuilles des arbres recevant un apport abondant de potassium révèlent d'une façon hautement significative une carence de magnésium. Cette carence se répercute seulement d'une façon significative (à 95 %) dans certains cas sur les fruits entiers et sur les écorces. Cela est dû probablement à la quantité faible de cet élément, de l'ordre de 0,08 % par rapport à la matière sèche présente dans les fruits entiers et les écorces.

L'étude des taux du magnésium des fruits entiers dans les vergers commerciaux révèle que les taux minima de l'ordre de 0,07 % pour les fruits entiers et de 0,05 % pour les écorces, sont observés dans les vergers, où le sol et l'eau d'irrigation contiennent des quantités faibles de cet élément ; par contre les taux maxima de l'ordre de 0,13 % pour les fruits entiers et les écorces, sont trouvés dans les vergers où le sol et l'eau d'irrigation sont richement pourvus en cet élément. Donc les variations de la concentration en magnésium du milieu de culture, se répercutent dans les différents organes de la plante.

f. *Discussion et conclusion*

L'apport substantiel d'un élément fertilisant à un Citrus fait monter les taux de cet élément dans les fruits entiers et les écorces ; cette augmentation se répercute également dans les feuilles.

Les rapports des éléments minéraux entre le fruit entier et l'écorce de Citrus, constatés dans les vergers commerciaux, ne sont nullement affectés par des apports massifs et réguliers d'éléments fertilisants. Ces rapports semblent caractéristiques des variétés de Citrus dans le milieu marocain.

V. Conclusion

L'analyse des éléments minéraux dans les fruits entiers montre que, pour avoir une bonne production de fruits, il faut d'une part, que le niveau de potassium soit supérieur à 1 % (par rapport à la matière sèche) et que d'autre part ce niveau soit également supérieur à celui de l'azote.

L'étude des résultats d'analyse des éléments minéraux dans les fruits entiers et les écorces provenant des variétés différentes toujours greffées sur bigaradier, ne révèle pas une influence variétale sur les taux des éléments minéraux des fruits entiers et des écorces mais par contre l'apport des éléments fertilisants peut modifier ces taux.

Dans la majorité des cas au Maroc, l'élément dominant dans les fruits est l'azote ; ensuite c'est le potassium, suivi du calcium.

Comme pour les fruits entiers, dans la majorité des cas, l'azote est l'élément dominant de l'écorce ; mais dans certains cas le potassium ou bien le calcium arrivent à dominer les autres éléments minéraux.

Les taux d'azote et de magnésium sont à peu près identiques dans les fruits entiers et les écorces ; alors que les taux de phosphore et de potassium des fruits entiers sont supérieurs à ceux des écorces. Les taux de calcium des écorces dépassent toujours ceux des fruits entiers.

Les ions accompagnateurs des éléments fertilisants jouent un rôle sur les taux de ces éléments dans les parties étudiées des Citrus.

ملخص

ان دراسة المواد المعدنية للفواكه اتمامة والقشور الآتية من بساتين تجارية أو حديقات انتجربة اتى تستعمل فيها المواد المخصبة قد أظهرت .

لكى يكون انتاج أفضل، يجب من جهة أن يفوق مستوى البوتاسيوم 1% (بالنسبة للمادة اليابسة) ومن جهة أخرى يجب أن يكون أيضا هذا المستوى أعلى من مستوى الأزوط .

ان اضافة المواد المخصبة تغير نسب هذه المواد نفسها في الفواكه التامة والقشور بدون أن تغير توازن هذه المواد نفسها في الفواكه التامة والقشور. وان اختلافات تنوع اللقح يظهر أنه أن يؤثر على نسب المواد المعدنية ومقياسها في الفواكه التامة والقشور.

ان الأزوط هو فى الغالب المادة السائدة فى الفواكه والقشور وإليه انبوطاسيوم قيم يخص الفواكه والكالسيوم فيها يخص القشور بينما يكون جمع الفسفور والمغنيزيوم على الاخص ضعيفا .

ويظهر أن نسب أزوط ومغنيزيوم الفواكه اتمامة تشبه ما هى عليه فى القشور لكن نسب فسفور وبوتاسيوم الفواكه تفوق نسب القشور. أما نسب الكالسيوم فتفوق ما هى عليه فى الفواكه اتمامة وان الدور الايونى المرافق للعامل المخصب يكون ذا اهمية عظمى فى التبات، ويمكنه أن يغير فى بعض الاحوال نسب العامل المخصب فى عضو ما .

RÉSUMÉ

L'étude des éléments minéraux des fruits entiers et des écorces provenant des vergers commerciaux ou des vergers d'expérience traités avec des éléments fertilisants montre que :

— Pour avoir une meilleure production, il faut d'une part que le niveau de potassium soit supérieur à 1 % (par rapport à la matière sèche) et d'autre part que ce niveau soit également supérieur à celui de l'azote.

— L'apport des éléments fertilisants modifie les taux de ces mêmes éléments dans les fruits entiers et les écorces, sans affecter les rapports de ces mêmes éléments dans ces deux organes. Les différences de variétés de greffons ne semblent pas influencer les taux des éléments minéraux et leurs rapports dans les fruits entiers et les écorces des fruits.

— L'azote est le plus souvent l'élément dominant des fruits et des écorces, suivi par le potassium dans le cas des fruits, et le calcium dans le cas des écorces, alors que les concentrations de phosphore et surtout de magnésium sont faibles.

— Les taux d'azote et de magnésium des fruits entiers semblent identiques à ceux des écorces. Par contre les taux de phosphore et de potassium des fruits sont supérieurs à ceux des écorces. Les taux de calcium des écorces dépassent ceux des fruits entiers.

— Le rôle de l'ion accompagnateur d'un élément fertilisant est très important dans la plante. Il peut modifier dans certains cas les taux de l'élément fertilisant dans un organe donné.

RESUMEN

El estudio de los elementos minerales de las frutas enteras y de las cortezas procedentes de los huertos comerciales o de los huertos de experiencia tratados con algunos elementos fertilizantes muestran que :

Para tener una mejor producción, hace falta por una parte que el nivel del potasio sea superior a 1 % (con relación a la materia seca) y por otra parte que este nivel sea igualmente superior al del nitrógeno.

— El aporte de los elementos fertilizantes modifica el total de estos mismos elementos en las frutas enteras y las cortezas, sin afectar la relación de estos mismos elementos en estos dos órganos. Las diferencias de variedades de injertos no parece influenciar del total de los elementos minerales y su relación en las frutas enteras y las cortezas de las frutas.

— Los más frecuente es que el nitrógeno sea el elemento dominante de las frutas y de las cortezas, seguido por el potasio en el caso de las frutas y por el calcio en el caso de las cortezas mientras que las concentraciones del fósforo y sobre todo del magnesio son débiles.

— El contenido total en nitrógeno y en magnesio de las frutas enteras parece idéntico al de las cortezas. Por el contrario el contenido total en fósforo y en potasio de las frutas son superiores al de las cortezas. El contenido total en calcio de las cortezas depasa al de las frutas enteras.

— El papel del ion acompañante de un elemento fertilizante es muy importante en la planta, pudiendo modificar en ciertos casos el total del elemento fertilizante en un órgano dado.

SUMMARY

The study of the mineral elements of whole fruits and peels of oranges arising from commercial or experimental orchards treated with fertilizer elements shows that :

— in order to get a better production, the potassium level must be greater to 1 % (with respect to dry matter) on one hand and must also be greater than that of nitrogen on the other hand.

— adding fertilizing elements modifies the levels of these same elements in whole fruits and peels, without affecting the ratio of that same elements in these two organs. Grafting variety differences do not seem to influence mineral elements levels and their ratio in whole fruits and peels.

— nitrogen is more often the prevailing element in fruits and peels, followed by potassium in the case of fruits and by calcium in that of peels, whereas phosphorus and chiefly magnesium concentrations are weak.

— nitrogen and magnesium levels of whole fruits seem to be the same to that of peels, while phosphorus and potassium ones of fruits are higher than the ones of peels. Peel calcium levels are over that of whole fruits.

— the roll of the accompanying ion of a fertilizer element is very important on the plant ; it can modify, in some cases, the levels of the fertilizer element of a given organ.

BIBLIOGRAPHIE

1. NADIR, M. — 1968. Interaction entre le calcium et le potassium chez les agrumes. — Note présentée au Colloque de la Réunion de la Commission Agrotechnique de la zone Franc, à Tunis.
2. — 1971. Description du gaufrage, état actuel des recherches concernant cette anomalie et résultats indicatifs obtenus au Maroc, permettant de limiter le pourcentage des fruits gaufrés. — Note présentée au Colloque de la Réunion de la Commission Agrotechnique de la zone Franc, à Annaba, Algérie et Al Awamia, **38**, pp. 71-91, Dra, Rabat.
3. — 1965. Contribution à la détermination d'une fumure rationnelle des agrumes par l'analyse foliaire. — Al Awamia, **16**, pp. 123-147, Rabat.
4. WALLACE, A., M.H. KUNBAAL, R.T. MULLER and H.V. WELCH — 1952. Influence of nitrogen fertilizers on orange trees and on the soil in the coastal zone of southern. — California, Proc. amer. Soc. Hort. Sci., **59**, pp. 22-30