

RAPPORTS PHYSIOLOGIQUES DE BIOÉLÉMENTS DANS LA FEUILLE DE *CITRUS SINENSIS*

par A. ORTUÑO, M. PARRA et A. HERNANSÁEZ*

RAPPORTS PHYSIOLOGIQUES DE BIOÉLÉMENTS DANS LA FEUILLE DE *Citrus sinensis*

A. ORTUÑO, M. PARRA et A. HERNANSÁEZ C.E.B.A.S. (C.S.I.C.)

Fruits, juin 1971, vol. 26, n° 6, p. 435-442.

RESUME - Dans le présent travail on a étudié la composition minérale de la feuille d'oranger en portant une attention spéciale aux évolutions suivantes :

$$(Na + K + Ca + Mg)$$

$$(Ca + Mg) / (Na + K)$$

$$(Na + K + Ca + Mg) / (N + P)$$

$$(Fe + Mn) / N$$

$$(Na + K + Ca + Mg) / (Fe + Mn)$$

Les équations de régression déterminées et leurs représentations graphiques permettent d'analyser, de façon concrète, des lois physiologiques qui gouvernent les relations des éléments essentiels au cours de la croissance et du développement de la feuille.

On a démontré expérimentalement les grandes modifications dans la composition minérale de la feuille d'oranger (*Citrus sinensis* L. OSBECK, var. Verna) dues à l'influence de la salinité.

Dans ce travail on envisage la salinité dans l'ensemble sol-eau-plante comme un seul problème, ce qui lui confère un caractère de généralité pour les zones citricoles ayant des hauts contenus édaphiques en chlorures et sulfates.

INTRODUCTION

Les plantes sont des organismes complexes qui absorbent les éléments essentiels, pour les convertir biochimiquement en constituants cytologiques et anatomiques des racines, des tiges ou des troncs, des feuilles, des fleurs et des fruits.

La composition minérale d'une espèce végétale est le résultat de tous les facteurs qui ont une influence sur la croissance de la dite plante, et pour le diagnostic de celle-ci les analyses de tissus (27) ont été utiles ; mais on ne connaît pas avec précision ceux qui sont vraiment représentatifs et qui peuvent exprimer l'état de la nutrition végétale. Celui-ci n'est pas statique, parce que la demande de la plante change au cours de son cycle végétatif.

Les déterminations analytiques des bioéléments foliaires, par les méthodes actuelles, sont d'utilité notoire, particulièrement dès que l'analyse foliaire a été considérée comme une des meilleures méthodes de diagnostic de l'état nutritif de la plante (4, 6, 35). Cependant, il est prouvé

(*) - Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (C.S.I.C.) Murcia (Espagne).

que dans la composition minérale de la feuille il y a une variation prononcée, même dans les végétaux de la même espèce et variété (39) ; c'est pourquoi beaucoup de chercheurs se sont préoccupés d'améliorer les méthodes analytiques dans le but de parvenir à des interprétations convenables des résultats (2, 5, 11, 12, 36, 37, 38) et ont considéré comme primordial le problème de la prise d'échantillons (25, 29).

Dans un grand nombre d'espèces végétales on a proposé diverses relations entre les constituants chimiques de la partie aérienne de la plante (1, 13, 14, 15, 16, 17, 26), comme moyen utile pouvant contribuer à une meilleure compréhension de la nutrition végétale. Nous avons utilisé ces critères pour les appliquer au cours de la croissance et du développement de la feuille sur les espèces du genre *Citrus* dont on connaît l'importance économique acquise dans beaucoup de pays.

MATÉRIEL ET MÉTHODE D'EXPÉRIMENTATION

PLANTE, SOL ET EAU

Les parcelles expérimentales où ont été réalisés ces travaux de recherches sont situées dans des zones éminemment citricoles et fruitières du sud-est de l'Espagne.

Deux plantations d'orangers furent choisies, de la variété Verna, âgés d'environ douze ans, greffés sur bigaradier. Elles sont situées respectivement sur les territoires de Santomera (n) et de Beniajan (s) de la province de Murcia. Nous avons adopté les critères expérimentaux décrits dans les communications antérieures (6, 8, 11, 28, 29, 30, 31, 33, 34).

La prise et la préparation des échantillons pour leur analyse, et les méthodes employées dans les déterminations analytiques, ont été exposées dans des travaux antérieurs (8, 9, 10, 32).

Dans ces travaux la teneur en éléments est exprimée en meq/100 grammes de matière sèche (3, 15, 16, 40, 41).

A Santomera (n), le sol est de formation alluviale de type Vega, de couleur brune plus ou moins jaunâtre et dépourvu de graviers. Il n'a pas de salinité nocive.

L'analyse du profil agricole (tableau 1) indique que c'est un sol notablement calcaire, caractère qui augmente avec la profondeur, de basse salinité et de texture limoneuse, avec une grande capacité d'échange de cations et un pouvoir chlorosant très élevé, de basse teneur en phosphore et en potassium assimilables, en sodium, en chlorure et en sulfate calcique, de teneur moyenne en matière organique et en azote total, élevée en magnésium assimilable et très forte en calcium assimilable.

Le sol de Beniajan (s), de formation colluviale est brun-rougeâtre, caillouteux et peu profond.

De l'étude du tableau 1 on déduit qu'il s'agit d'un sol calcaire salin et alcalin, de texture limono-sableuse, avec une capacité moyenne d'échange de cations et un pouvoir chlorosant élevé, de teneur très basse en phosphore assimilable, moyenne en matière organique, azote total et chlorure, élevée en potassium assimilable, en sodium d'échange et en sulfate calcique, et très forte en calcium et magnésium assimilables.

L'eau d'arrosage à Santomera (n) provient du canal de la Fontanilla, dont la qualité est acceptable pour la culture des *Citrus* (tableau 2), avec un coefficient SAR de 3, 5.

L'eau d'irrigation (s) provient d'un puits situé sur la rive droite du torrent de la corniche du port de Garruchal, prélevée par pompage. De l'analyse réalisée, on déduit qu'elle est saline à un très haut degré (coefficient SAR 4, 7) et préjudiciable pour la culture des agrumes (tableau 2).

TABLEAU I

	normale (n)	saline (s)
Analyse granulométrique		
Eléments grossiers (>2 mm Ø) (p. cent)	14,89	1,35
Eléments fins (p. cent)	85,11	98,65
Sable grossier (p. cent)	9,80	15,20
Sable fin (p. cent)	39,00	41,20
Limon (p. cent)	29,60	29,80
Argile (p. cent)	19,38	11,04
Texture	limon	limon-sablonneux
Analyse chimique-physique		
C. totale d'échange (meq/100 g)	21,25	10,93
pH (H ₂ O)	7,55	7,95
pH (HCl)	7,20	7,75
EC5 (µmho. cm ⁻¹)	516	2.892
Analyse chimique		
Carbonate calcique total (p. cent)	45,50	35,50
Carbonate calcique actif (p. cent)	19,22	13,44
Carbone total (p. cent)	1,29	1,50
Matière organique (p. cent)	2,22	2,76
Azote total (p. cent)	0,16	0,14
C/N	8,00	11,50
Phosphore assimilable (p. p. m.)	4	8
Potassium assimilable (meq/100 g)	0,74	1,70
Calcium assimilable (meq/100 g)	34,80	51,20
Magnésium assimilable (meq/100 g)	5,60	6,80
Sodium total (meq/100 g)	0,72	2,40
Chlorures (Cl ⁻) (meq/100 g)	0,28	1,20
Sulfate calcique (p. cent)	0,05	1,08

TABLEAU 2

	normale (n)	saline (s)
pH	7,15	7,30
Conductivité à 25°C (µmho/cm)	2.550,00	4.762,00
SAR	3,50	4,70
Classification	C ₃ S ₂	C ₄ S ₂
	meq/litre	
Chlorures (exprimés en Cl ⁻)	7,9	14,59
Sulfates (exprimés en SO ₄ ²⁻)	11,66	51,45
Carbonates (exprimés en CO ₃ ²⁻)	-	-
Bicarbonates (exprimés en CO ₃ H ⁻)	6,29	4,19
Calcium	8,00	21,60
Magnésium	7,60	26,40
Sodium	9,78	23,00
Potassium	0,23	1,10

RÉSULTATS

CATIONS : Na + K + Ca + Mg

Plusieurs chercheurs ont étudié la variation de la somme des principaux cations dans les plantes, mais sont en désaccord sur les résultats obtenus ; les uns trouvent de la constance dans le total des teneurs (3, 23, 41) et les autres non (15, 18, 40).

Les courbes de la figure 1 représentent la somme des cations au cours de la croissance et du développement de la feuille d'oranger (*Citrus sinensis* L. OSBECK, var Verna), la courbe n correspond au cas physiologiquement normal, la courbe s correspond au cas de l'influence de concentrations élevées d'ions Cl⁻ et SO₄⁼ ; leur comparaison montre l'existence de différences quantitatives notables entre les sommes des cations dans la feuille, lesquelles subissent des variations avec l'âge de celle-ci. Dans le premier cas (n), on remarque un accroissement progressif et intense pendant la période de jeunesse ; la somme atteint un niveau maximum, puis diminue jusqu'à la maturité foliaire complète. Dans le second cas (s), la somme est maxima au tout début de la croissance, puis diminuera progressivement presque jusqu'à la sénilité foliaire.

Les évolutions considérées répondent à des équations de régression :

$$y_n = -52,95 \cdot 10^{-4} x^2 + 182,92 \cdot 10^{-2} x + 2,28 \cdot 10^2$$

$$y_s = 36,57 \cdot 10^{-4} x^2 - 178,74 \cdot 10^{-2} x + 5,40 \cdot 10^2$$

significatives au 0,1 pour 100 (R = 0,894 et 0,888).

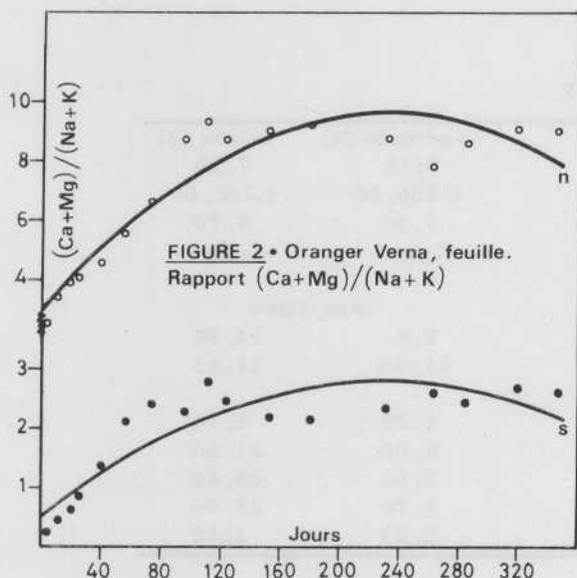


FIGURE 2 • Oranger Verna, feuille.
Rapport (Ca+Mg)/(Na+K)

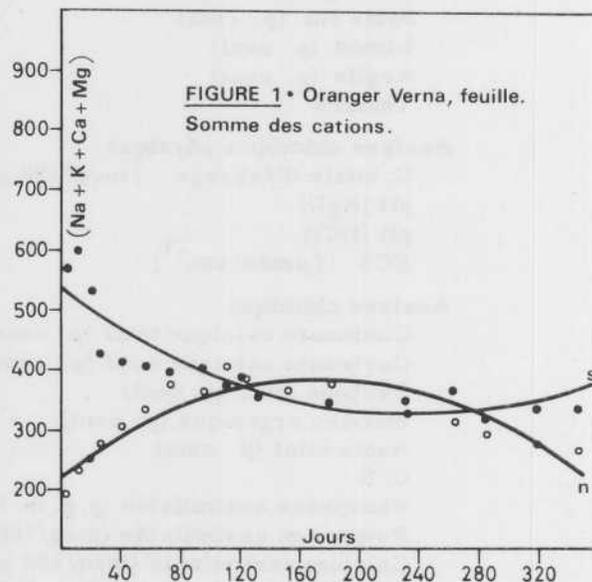


FIGURE 1 • Oranger Verna, feuille.
Somme des cations.

n = oranger normal
s = oranger influencé par la salinité
x = temps exprimé en jours

RAPPORT : (Ca + Mg) / (Na + K)

On a étudié l'évolution foliaire de couples de bioéléments afin de mieux détecter les besoins nutritifs des plantes (6, 7). D'autre part, pour étudier la composition en cations des plantes, on a utilisé le rapport : cations bivalents/cations monovalents (24).

Les différences trouvées dans les valeurs des rapports (Ca + Mg) / (Na + K), dans les feuilles des plantes considérées dans ce travail (courbes n et s, figure 2) nous indiquent clairement la composition distincte en cations.

Les rapports sont plus élevés dans la feuille physiologiquement normale que dans celle influencée par la salinité, mais dans les deux cas on observe des accroissements progressifs pendant la jeunesse foliaire, ce qui indique une

accumulation de cations bivalents pendant cette période ; il arrive le contraire pendant la maturité et la sénilité de la feuille, où il existe une stabilisation de ceux-ci.

Les équations respectives de régression :

$$y_n = -12,90 \cdot 10^{-5} x^2 + 59,72 \cdot 10^{-3} x + 28,37 \cdot 10^{-1}$$

$$y_s = -4,20 \cdot 10^{-5} x^2 + 19,55 \cdot 10^{-3} x + 54,14 \cdot 10^{-2}$$

significatives au 0,1 pour 100 ($R = 0,948$ et $0,890$), définissent les caractéristiques différentielles des deux types de feuilles.

RAPPORT : $(Na + K + Ca + Mg) / (N + P)$

Quelques chercheurs ont trouvé une étroite relation entre la somme de cations et la somme d'anions dans les parties aériennes de diverses plantes, et associent les valeurs élevées de ce rapport aux basses teneurs en azote (15, 17, 21, 22). On a également confirmé que lorsque les niveaux d'azote oscillent peu, la somme des cations varie à peine, et c'est sûrement la raison pour laquelle quelques auteurs affirment que la somme des cations est constante dans les plantes (18, 19, 20).

Sur les courbes n et s (figure 3), on présente les valeurs du rapport $(Na + K + Ca + Mg) / (N + P)$ respectivement dans l'oranger physiologiquement normal (n), et dans celui qui subit l'influence de hautes concentrations d'ions Cl^- et SO_4^{2-} . Les résultats obtenus montrent des accroissements rapides pendant la jeunesse foliaire et, dans les deux cas, reflètent une prédominance des cations sur l'azote et le phosphore, ce qui semble confirmer, pour ces plantes, l'existence d'un mécanisme régulateur pour la balance des cations et des éléments plastiques mentionnés.

Il est intéressant de noter la tendance des valeurs constantes du rapport considéré, pendant les étapes centrale et finale de la grande période de croissance de la feuille correspondant aux mois d'été et d'automne.

Les équations de régression correspondantes :

$$y_n = \frac{x}{16,15 \cdot 10^{-2} x + 24,03 \cdot 10^{-1}}$$

$$y_s = -9,57 \cdot 10^{-5} x^2 + 3,39 \cdot 10^{-3} x + 34,25 \cdot 10^{-1}$$

sont significatives au niveau de probabilité du 0,1 pour 100 ($r = 0,966$ et $R = 0,914$).

RAPPORT : $(Fe + Mn) / (N)$

Pendant la grande période de croissance et de développement de la feuille normale d'oranger (courbe n, figure 4) le rapport $(Fe + Mn) / (N)$ a une tendance linéaire à l'augmentation. Les valeurs présentent des accroissements progressifs et intenses jusqu'à la sénilité foliaire et on constate, avec un critère statistique, que la somme des teneurs en fer et en manganèse est étroitement liée à celle de l'azote ; c'est pour cela que la corrélation trouvée

$$y_n = -11,66 \cdot 10^{-8} x^2 + 74,29 \cdot 10^{-6} x + 48,57 \cdot 10^{-4}$$

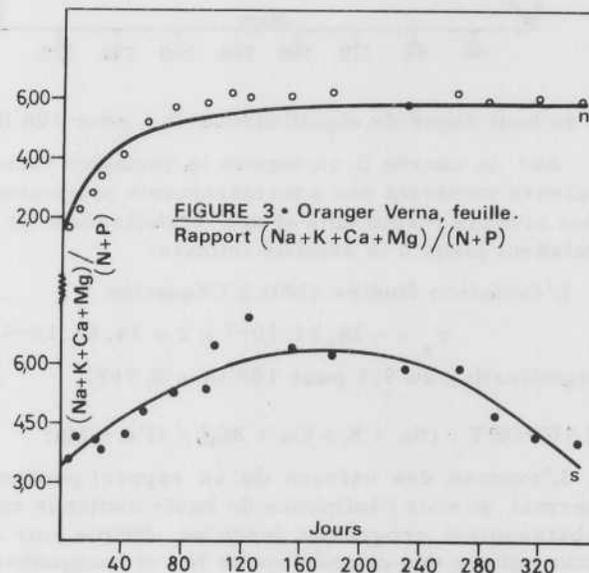
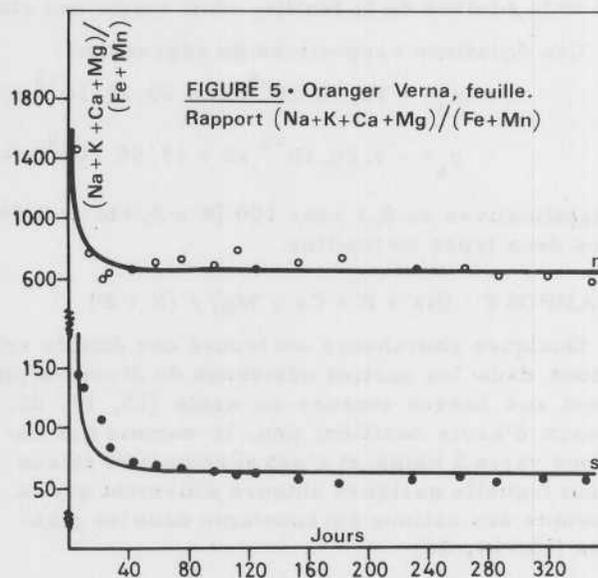
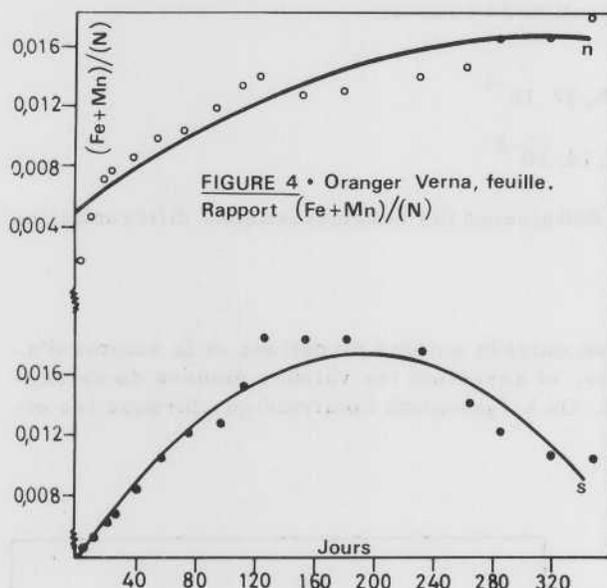


FIGURE 3 • Oranger Verna, feuille.
Rapport $(Na+K+Ca+Mg)/(N+P)$



a un haut degré de signification, 0,1 pour 100 ($R = 0,952$).

Sur la courbe S on expose la variation marquée du même rapport avec l'âge de la feuille. Les valeurs montrent des accroissements progressifs et intenses pendant la période de jeunesse, avec des niveaux maximums et une stabilisation de ceux-ci pendant la maturité ; postérieurement, ils baissent jusqu'à la sénilité foliaire.

L'évolution étudiée obéit à l'équation :

$$y_s = - 38,27 \cdot 10^{-7} x^2 + 14,63 \cdot 10^{-4} x + 35,29 \cdot 10^{-3}$$

significative au 0,1 pour 100 ($R = 0,962$).

RAPPORT : $(Na + K + Ca + Mg) / (Fe + Mn)$

L'examen des valeurs de ce rapport pendant la cinétique de croissance de la feuille d'oranger normal et sous l'influence de hauts contenus en Cl^- et SO_4^{2-} (courbes n et s, figure 5) démontre un abaissement progressif jusqu'au 40ème jour de jeunesse foliaire, ce qui indique une accumulation initiale des oligoéléments fer et manganèse, et ensuite une stabilisation prolongée saisonnière se présente jusqu'au moment de la sénilité, mettant en relief que les teneurs des éléments essentiels alcalins et alcalins-terreux sont étroitement liés aux oligoéléments fer et manganèse. Les équations de régression trouvées, significatives au 0,1 pour 100 ($r = 0,847$ et $0,834$) sont :

$$y_n = \frac{x}{15,61 \cdot 10^{-4} x - 38,63 \cdot 10^{-4}}$$

$$y_s = \frac{x}{16,82 \cdot 10^{-3} x - 65,29 \cdot 10^{-3}}$$

CONCLUSIONS

Les critères adoptés dans cette publication décrivent et caractérisent comparativement les lois physiologiques qui régissent la dynamique évolutive de diverses relations entre éléments essentiels au cours de la croissance et du développement de la feuille d'oranger (*Citrus sinensis* L. OSBECK, var. Verna), normale d'une part et sous l'influence de hautes concentrations d'ions Cl^- et SO_4^{2-} d'autre part.

Les équations de régression déterminées dans ce travail, avec les représentations graphiques correspondantes, mettent en relief l'existence de différences quantitatives très notables dans la composition minérale de la feuille, en ce qui concerne les périodes de jeunesse, de maturité et de sénilité.

Les niveaux de concentration de la somme (Na + K + Ca + Mg) subissent une variation marquée avec l'âge de la feuille ; ils acquièrent les valeurs maxima pendant la période de jeunesse, avec tendance à la stabilisation de celles-ci pendant les moments de maturité et de vieillissement foliaire.

L'évolution du rapport (Ca + Mg) / (Ca + K) met en relief des accroissements progressifs pendant la jeunesse et la sénilité de la feuille, ce qui démontre une accumulation de cations bivalents pendant ces périodes ; cependant, il arrive tout le contraire pendant la maturité foliaire.

L'étude du rapport (Na + K + Ca + Mg) / (N + P) démontre, de façon concrète, une prédominance de cations sur l'azote et le phosphore, pendant la jeunesse de la feuille, dont le mécanisme régulateur pour le bilan des cations, en relation avec les éléments plastiques considérés, agit contrairement pendant les périodes de maturité et de sénilité foliaire.

Durant la cinétique de croissance et de développement de la feuille physiologiquement influencée par la salinité, le rapport (Fe + Mn) / (N) manifeste des tendances successives à l'élévation, à la stabilisation et à la diminution pendant les périodes de jeunesse, de maturité et de sénilité foliaire. Cependant, la feuille physiologiquement normale offre à tout moment une tendance à l'augmentation dans les trois périodes.

Il est intéressant de noter la tendance à des valeurs constantes du rapport (Na + K + Ca + Mg) / (Fe + Mn) pendant les étapes pratiquement initiale, centrale et finale de la grande période de croissance de la feuille d'oranger, normal comme sous l'influence de la salinité. Il indique qu'il existe une accumulation des oligoéléments fer et manganèse.

Les auteurs remercient vivement M. Manuel COM-ALABART pour sa collaboration dans la traduction du présent travail.

BIBLIOGRAPHIE

- 1 - ALLAREDA (J.M.) y MARTIN (A.). 1967. Estudio de las relaciones entre los diferentes compuestos minerales de gramíneas y leguminosas a lo largo del ciclo vegetativo. *Anal. Edaf. Agrob.*, 26, 1101-1114.
- 2 - BAR-AKIVA (A.). 1968. Induced formation of enzymes as a possible measure on micronutrient requirement of citrus trees. II. European and Mediterranean Colloquium on nutrition control in crop plants. Sevilla, 573-581.
- 3 - BEAR (F.E.) and PRINCE (A.). 1945. Cation-equivalent constancy in alfalfa. *J. Amer. Sci. Agron.*, 37, 217-222.
- 4 - BOULD (C.). 1968. Leaf Analysis as a diagnostic method and advisory aid in crop nutrition. *Exper. Agric.*, 4, 17-27.
- 5 - BOULD (C.), BRADFELD (E.G.) and CLARKE (G.M.). 1960. Leaf analysis as a guide to the nutrition of fruit crops. I. General principles sampling techniques and analytical methods. *J. Sci. Food Agric.*, 11, 229-242.
- 6 - CARPENA (O.). 1966. Contribucion al conocimiento de la clorosis férrica en Citrus, *Memoria C.E.B.A.S. Murcia*.
- 7 - CARPENA (O.). 1967. Determinaciones de las necesidades nutritivas de los Citrus en experiencias de campo. *Hierro. An. Univ. Murcia*, 25, 19-57.
- 8 - CARPENA (O.), ABRISQUETA (C.), SANCHEZ (J.A.) y GUILLEN (M.G.). 1957. Composición química de hojas de Citrus. I. Limonero. *Anal. Edaf. y Agrob.*, 16, 59-75.
- 9 - CARPENA (O.), MONLLOR (E.) y HELLIN (E.). 1966. Analisis foliar. I. Técnica del muestreo en Citrus. Limonero. *Agroq. Tec. Alim.*, 6, 459-467.

- 10 - CARPENA (O.), MONLLOR (E.) y HELLIN (E.). 1967. Analysis foliar. II. Técnica de muestreo en Citrus. Naranja. *Agroq. Tec. Alim.*, 7, 91-97.
- 11 - CARPENA (O.), ORTUÑO (A.) y PARRA (M.). 1968. Dinámica del hierro durante el crecimiento de la hoja de naranja. II. Coloquio Europeo y Mediterraneo. Control de la Fertilización de las plantas cultivadas. Sevilla, 547-557.
- 12 - CHAPMAN (H.D.). 1964. Techniques proposées pour le prélèvement et le manutention des échantillons foliaires en vue de déterminer l'état nutritif de quelques productions agricoles, horticoles et arbustives. *Fruits*, 19, 367-378.
- 13 - CROOKS (W.M.) and KNICHT (A.H.). 1962. An evaluation of published data on the mineral composition of plants in the light of the cation-exchange capacities of their roots. *Soil Sci.*, 93, 365-373.
- 14 - CROOKE (W.M.), KNICHT (A.H.) and KEAY. 1964. Composition, cation exchange properties and uronic acid content of various tissues of conifers. *Forest Science*, 10, 415-427.
- 15 - CUNNINGHAM (R.K.). 1964. Cation-anion relationships in crop nutrition. I. Factors affecting cations in Italian ray-grass. *J. Agric. Sci.*, 63, 97-101.
- 16 - CUNNINGHAM (R.K.). 1964. Cation-anion relationships in crop nutrition. II. Factors affecting the ratios of the cations/sum of the anions in Italian raygrass. *J. Agric. Sci.*, 63, 103-108.
- 17 - CUNNINGHAM (R.K.). 1964. Cation-anion relationships in crop nutrition. III. Relationships between the ratios of sum of the cations/sum of the anions and nitrogen concentrations in several plant species. *J. Agric. Sci.*, 63, 109-111.
- 18 - DIJKSHOORN (W.). 1957 a. A note on the cation-anion relationship in perennial raygrass. *Neth. J. Agr. Sci.*, 5, 81-85.
- 19 - DIJKSHOORN (W.). 1957 b. Effect of the anion and cation content of perennial raygrass. *Neth. J. Agr. Sci.*, 5, 233-238.
- 20 - DIJKSHOORN (W.). 1958 ab. Nitrogen, chlorine and potassium in perennial raygrass and their relation to the mineral balance. *Neth. J. Agr. Sci.*, 6, 131-138.
- 21 - DIJKSHOORN (W.). 1958 b. Nitrate accumulation, nitrogen balance and cation-anion ratio during the regrowth of perennial raygrass. *Neth. J. Agric. Sci.*, 6, 211-221.
- 22 - DIJKSHOORN (W.). 1959. The rate of uptake of chloride, phosphate and sulphate in perennial raygrass. *Neth. J. Agric. Sci.*, 7, 194-201.
- 23 - ITALLIE (Th. B. van). 1938. Cation equilibria in plants in relation to the soil. *Soil Sci.*, 46, 175-186.
- 24 - KICK (P.C. de). 1964. The physiological significance of the potassium-calcium relationship in plant growth. *Autlook on Agriculture*, 4, 93-98.
- 25 - MARTIN-PREVEL (P.), DEL BRASSINE (J.), LOSSOIS (P.) et LACOEUILHE (J.J.). 1965. Echantillonnage des agrumes pour le diagnostic foliaire. III. Influence du caractère fructifère ou non fructifère des rameaux, de leur hauteur et de l'ombrage, *Fruits*, 21, 577-587.
- 26 - MATTSON (S.) and KARLSON (N.). 1944. VI The composition and base status of the vegetation in relation to the soil. *Lantbr. Högsk. Ann.*, 12, 186-203.
- 27 - OHLROGGE (A.J.). 1960. Mineral nutrition of soybeans. *Advances in Agronomy*, 12, 229-263.
- 28 - ORTUÑO (A.), CARPENA (O.) y HERNANSAEZ (A.). 1968. Nuevas orientaciones en las evoluciones del hierro durante el desarrollo de la hoja de limonero. II. Coloquio Europeo y Mediterraneo. Control de la Fertilización de las plantas cultivadas. Sevilla, 519-529.
- 29 - ORTUÑO (A.), HERNANSAEZ (A.) y PARRA (M.). 1968. Evoluciones de macronutrientes durante la dinámica del crecimiento y desarrollo de la hoja de limonero. I. En condiciones fisiológicamente normales y bajo la influencia de la salinidad. *Anal. Edaf. y Agrob.*, 27, 817-834.
- 30 - ORTUÑO (A.), HERNANSAEZ (A.), PARRA (M.) y CARPENA (O.). 1970. Evolutions de bioéléments pendant la croissance et le développement de la feuille d'oranger. I. En conditions physiologiquement normales et sous l'influence de la salinité. *6ème Colloque international d'Analyse des Plantes et problèmes des Fumures minérales. Rehovot.*
- 31 - ORTUÑO (A.) y PARRA (M.). 1965. Nuevo índice fisiológico en las relaciones suelo-planta-agua. *Anal. Edaf. y Agrob.*, 24, 315-325.
- 32 - ORTUÑO (A.), PARRA (M.) y ALCARAZ (C.) 1964. Evoluciones de los niveles de nitrógeno en órganos de Citrus durante la floración primaveral. *Anal. Edaf. y Agrob.*, 23, 743-754.
- 33 - ORTUÑO (A.), PARRA (M.) y HERNANSAEZ (A.). 1967. Evoluciones fisiológicas de macronutrientes durante la dinámica del crecimiento y desarrollo de la hoja. *Anal. Edaf. y Agrob.*, 26, 1487-1498.
- 34 - ORTUÑO (A.), PARRA (M.) y HERNANSAEZ (A.). 1969. Evoluciones fisiológicas de bioelementos en flor de albaricoquero Bulida. *Anal. Edaf. y Agrob.*, 28, 677-685.