

Poivron: adaptation de la solution nutritive en système recyclé

D. PIVOT, J.-M. GILLIOZ, Agroscope RAC Changins, Centre d'arboriculture et d'horticulture des Fougères, CH-1964 Conthey

@ E-mail: dominique.pivot@rac.admin.ch
Tél. (+41) 27 34 53 511.

Résumé

Afin d'évaluer la solution nutritive recommandée pour le poivron en culture hors sol avec recyclage complet, deux essais ont été conduits en serre en 2002 et 2003. Les équilibres ioniques recommandés ont été ajustés en cours de culture, en fonction de la valeur nutritive de l'eau du réseau et des résultats d'analyses des solutions recyclées. L'analyse de la composition minérale des plantes a montré que les quantités d'éléments consommées par le poivron ne correspondaient pas à celles de la solution nutritive recommandée. Les déséquilibres concernaient les éléments P, K, Ca et Mg. En diminuant la concentration en P à 1,1 mmol/l et en Ca à 2,2 mmol/l et en augmentant la concentration en K et en Mg à respectivement 12,5 et 1,3 mmol/l, la composition de la solution nutritive se conforme aux quantités consommées par les plantes et s'adapte mieux au recyclage complet.

GEN, 1999). Les ions en excès s'accumulent dans le drainage et, par conséquent, dans la solution nutritive recyclée, ce qui engendre des déséquilibres (PIVOT *et al.*, 1996; REIST *et al.*, 1995). La solution nutritive recyclée doit être corrigée au plus près des besoins de la plante. L'ajustement en continu des concentrations de chaque élément dans les solutions nutritives n'est pas réalisable actuellement et seuls des paramètres de guidage comme le pH et la conductivité (EC) permettent de régler les apports. Selon MORARD (1995), et pour autant que la faible concentration d'un ion ne constitue pas un facteur limitant pour la croissance du végétal, il y a peu de différences dans la production de matière sèche à partir de solutions nutritives différentes (SONNEVELD et VAN DER WEES, 1989; DE KREIJ *et al.*, 2003). Morard mentionne que la solution nutritive doit fournir les éléments minéraux indispensables dans des proportions analogues à celles dans lesquelles elles se trouvent dans le végétal. La difficulté de bien gérer la solution nu-

Introduction

La pratique intensive des cultures hors sol est récente, elle date des années 1975-1980 et s'implante actuellement en Europe pour les cultures sous serre (MORARD, 1995). Cependant, dans les années qui viennent, seuls les systèmes

entièrement recyclés seront acceptables du point de vue de la protection de l'environnement. En système fermé, la gestion de la composition de la solution nutritive recyclée est complexe à cause des variations de la consommation en eau et de l'absorption des éléments nutritifs (JEANNEQUIN et FABRE, 1993; MA-



Fig. 1. Vue partielle de la culture le 28 août 2002.



Fig. 2. Vue de l'essai le 1^{er} septembre 2003.

tritive recyclée en système fermé conduit à s'intéresser plus précisément à la formulation des solutions nutritives.

Une culture de poivron en hors-sol a été mise en place en 2002 et 2003 dans le but d'estimer l'équilibre nutritif recommandé (SONNEVELD et STRAVER, 1992) pour la culture hors sol avec recyclage complet, à partir des quantités d'éléments effectivement consommées par la plante.

Matériel et méthode

Dispositif expérimental

Le poivron hors sol a été cultivé en serre pendant deux saisons en 2002 et 2003, avec le cultivar Spirit F1 (ez) (fig. 1 et 2). La densité de plantation était de 3,3 plantes/m². Le calendrier des deux cultures est indiqué dans le tableau 1. Des substrats organiques, aisément recyclables, ont été utilisés. En 2002, le substrat était un terreau de type 217 fabriqué par Ricoter SA (40% de compost d'écorces, 35% de fibres de bois et 25% de fibre de coco); en 2003, un substrat de Palmeco peat® a été utilisé.

Tableau 1. Calendrier de culture.

	2002	2003
Semis	13 mars	10 janvier
Plantation	23 mai	3 avril
Début de récolte	12 juillet	26 mai
Fin de récolte	4 nov.	12 nov.

Composition de la solution nutritive

L'équilibre ionique proposé par SONNEVELD et STRAVER (1992) a été utilisé comme base de la solution nutritive (tabl. 2). Les consignes ont été fixées pour un pH de 5,5 et une conductivité (EC) de 2,6 mS/cm. L'analyse complète de la solution nutritive recyclée a été faite toutes les trois semaines. Le résultat de l'analyse a permis de corriger pour la période suivante les quantités de fertilisants à apporter, de manière à respecter l'équilibre nutritif et la consigne d'alimentation recommandés par SONNEVELD et STRAVER (1992). Cette procédure est conçue pour remédier au déséquilibre des rejets. Le système de recyclage complet réutilise, pour confectionner le nouvel apport nutritif, une partie des éléments en surplus rejetés avec le drainage. Ces rejets varient en fonction de l'absorption par la plante de l'eau et des éléments nutritifs. De plus, certains éléments peuvent s'accumuler du fait de la richesse de l'eau du réseau, aggravant le déséquilibre nutritif.

La préparation de la solution nutritive est guidée par le pH et la conductivité (EC). Le pilotage du pH ne pose pas de problème.

Tableau 2. Composition minérale et équilibre K/Ca de la solution nutritive recyclée du poivron en culture hors sol selon SONNEVELD et STRAVER (1992); macro-éléments (mmol/l).

NO ₃	H ₂ PO ₄	SO ₄	NH ₄	K	Ca	Mg	K/Ca
19,0	2,0	1,125	1,25	11,0	4,5	1,0	2,4

Tableau 3. Valeurs nutritives minimales et maximales de l'eau du réseau utilisées pour la confection des solutions nutritives recyclées (mmol/l).

Année	pH		EC		SO ₄		Ca		Mg	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
2002	7,3	8,3	0,23	0,30	4,0	31	41,6	65,7	5,7	8,4
2003	7,4	8,1	0,15	0,82	8,0	318	26,8	138,0	2,6	36,4

Celui de l'EC en revanche ne reflète pas les proportions ioniques de la solution nutritive, car on ne connaît pas précisément la quantité d'éléments nutritifs récupérés du drainage.

Analyses et préparation de la solution nutritive recyclée

Les minima et les maxima de la composition de l'eau du réseau sont donnés dans le tableau 3. Pour les deux années considérées, le pH a été stable. En 2002, l'EC moyenne a été de 0,27 mS/cm; les quantités moyennes en sulfate (16,7 mg/l), en calcium (52,3 mg/l) et en magnésium (7,35 mg/l) étaient peu élevées et n'ont pas posé de problèmes d'accumulation pour la confection des solutions nutritives recyclées. En 2003, par contre, la composition de l'eau du réseau a varié de manière importante (tabl. 3). L'EC moyenne a été de 0,36 mS/cm et les quantités moyennes en sulfate (68,1 mg/l), en calcium (64,8 mg/l) et en magnésium (10,5 mg/l) ont été plus élevées qu'en 2002. On a enregistré des variations épisodiques pendant deux à sept jours. Avec une évolution imprévisible de la durée et de la quantité des éléments apportés par l'eau du réseau (pour le sulfate, par exemple, un facteur de variation de 8 a été atteint en 2002 et de 40 en

2003!) (tabl. 3), la qualité de la solution nutritive recyclée n'est pas assurée en cas de fortes fluctuations.

Analyses et contrôles de la solution nutritive recyclée

En 2002, les mesures journalières du pH de la solution nutritive recyclée ont varié de 4,8 à 6,4, avec une moyenne de 5,5. Lors des préparations de la solution nutritive, l'EC était en moyenne celle de la norme (2,6 mS/cm). Lors des préparations de la solution nutritive en 2003, les mesures journalières du pH ont varié de 5,4 à 6,5, avec une moyenne de 5,6. La mesure moyenne de l'EC de la solution nutritive a été proche de la norme (2,7 mS/cm). Les valeurs des analyses et des mesures journalières obtenues sont proches des consignes, ce qui démontre le bon fonctionnement du système.

Apport de la solution nutritive recyclée (fertigation)

L'irrigation a été faite avec un goutte-à-goutte (un goutteur par plante; débit technique 2 l/h). La durée des apports a été de

Tableau 4. Rendements en 1^{er} choix des fruits cueillis verts et mûrs et poids moyens des fruits (pm).

Année	Rendements fruits verts		Rendements fruits rouges		Déchets (kg/m ²)
	1 ^{er} choix (kg/m ²)	pm (g)	1 ^{er} choix (kg/m ²)	pm (g)	
2002	7,0	136,2	2,0	129,6	0,8
2003	7,4	139,8	4,2	124,0	1,8

Tableau 5. Rendements totaux des poivrons et des fruits en matière fraîche (MF) et sèche (MS).

Année	Rendement total (g/m ²)		Rendements fruits (g/m ²)	
	MF	MS	MF	MS
2002	12 123,5	1096,4	9730,4	669,4
2003	19 093,3	1991,1	13 425,3	1057,7

1 minute/irrigation. On a fourni en moyenne 1,2 l de solution nutritive par plante et par jour. La fertigation a été déterminée avec des apports journaliers fixes le matin (deux à cinq selon la période de culture). Des apports complémentaires de solution nutritive recyclée (3 à 28 supplémentaires par jour) ont été apportés en fonction de la radiation journalière.

Récolte des fruits

Les exigences du marché pour la récolte des poivrons sont de 70 g par fruit au minimum, pour des fruits verts ou mûrs. Les fruits mûrissants sont conduits à maturité; il faut alors 18 à 20 jours de plus pour les obtenir.

Résultats et discussion

Rendements

Les rendements en 1^{er} choix et les rendements totaux (plantes et fruits) sont consignés dans les tableaux 4 et 5. Le rendement en poivrons de 1^{er} choix sur laine de roche, signalé par ANDREAS et REINTGES (2002), était de 89,4 g/m²/j et en tous choix de 96,3 g/m²/j. Dans nos conditions, les rendements en 1^{er} choix ont atteint 77,6 g/m²/j en 2002 et 67,8 g/m²/j en 2003 sur des substrats organiques. Des différences de rendement peuvent être marquées entre les récoltes effectuées en fruits verts ou à maturité. Le substrat utilisé peut aussi influencer le rendement. Les auteurs cités précédemment ne fournissent pas d'information sur ces points.

Composition de la solution nutritive

La composition de la solution nutritive recyclée a été ajustée en cours de culture en fonction des résultats d'analyses donnés dans les figures 3 à 6. On relève que les analyses des solutions nutritives recyclées ont montré un niveau moyen inférieur en NO₃, PO₄, K et Ca, respectivement de 16, 58, 15 et 1% par rapport à la solution nutritive recyclée corrigée en 2002 et de 37, 73, 4 et 37% en 2003. Le Mg est plus élevé de 5% en 2002 et de 12% en 2003. L'analyse a montré que le sulfate était inférieur de 5% en 2002 et supérieur de 27% en 2003 dans la solution recyclée. Cela provient de l'apport de sulfate par l'eau du réseau, soit 76% en 2003. Les teneurs différentes obtenues pour les divers éléments ont montré la difficulté de maintenir les concentrations ioniques souhaitées en système recyclé; en outre, ces diffé-

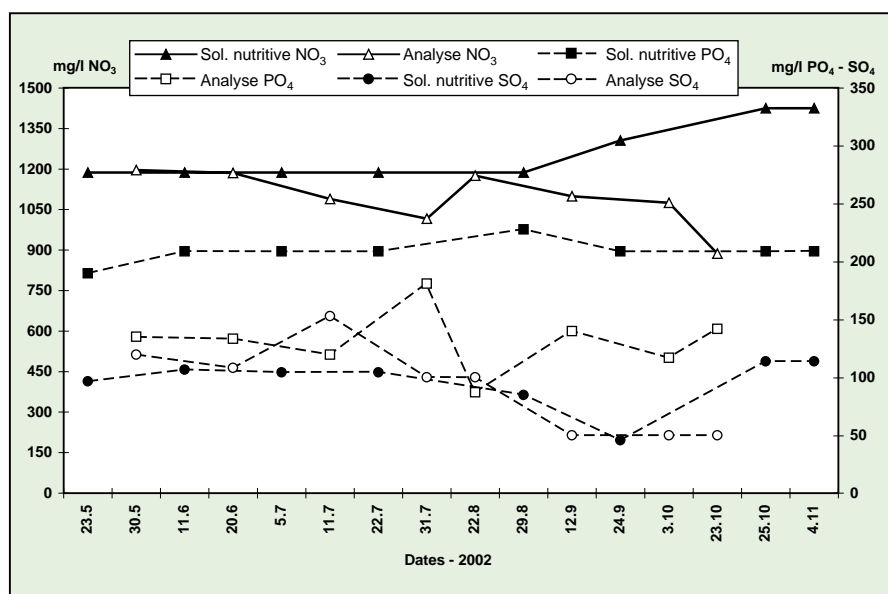


Fig. 3. Corrections de la composition de la solution nutritive et analyses des anions en 2002.

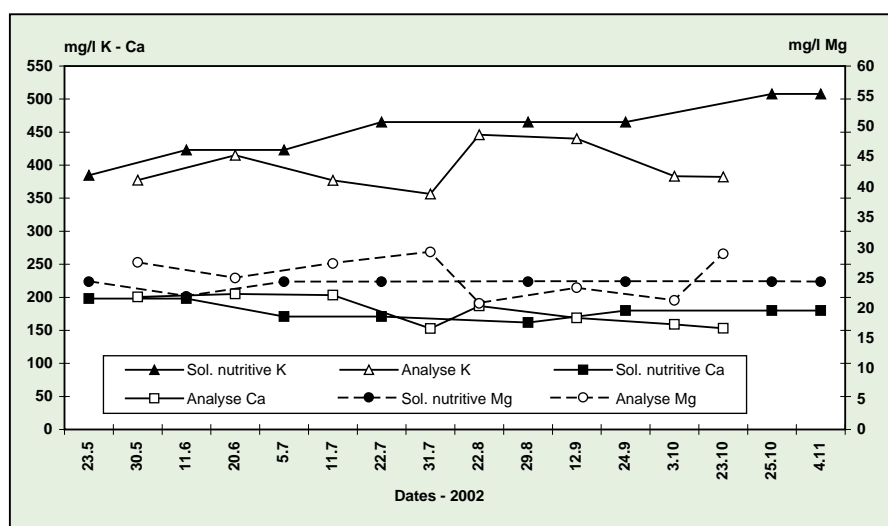


Fig. 4. Corrections de la composition de la solution nutritive et analyses des cations en 2002.

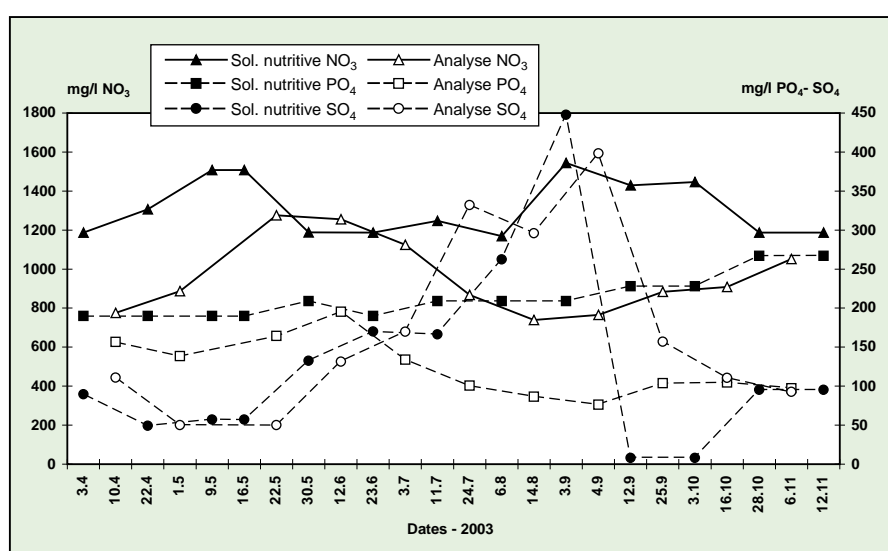


Fig. 5. Corrections de la composition de la solution nutritive et analyses des anions en 2003.

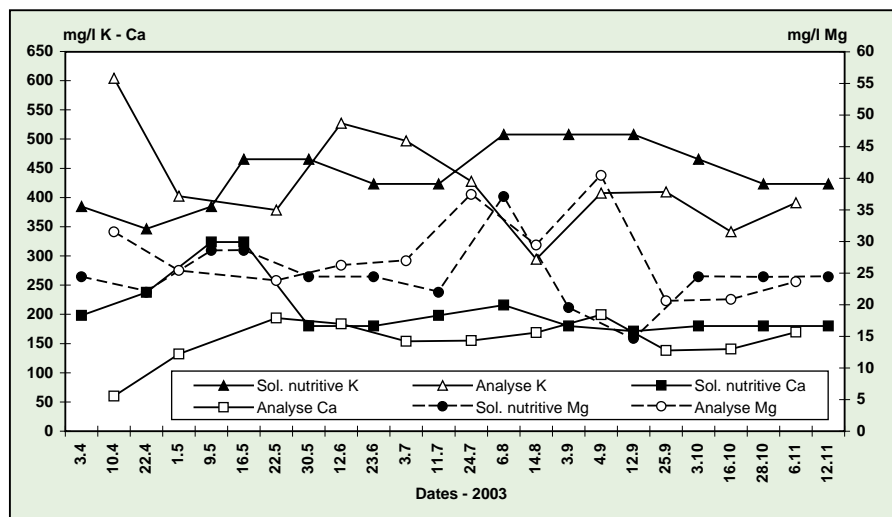


Fig. 6. Corrections de la composition de la solution nutritive et analyses des cations en 2003.

rences ont été importantes d'une année à l'autre.

Par rapport à la norme proposée par SONNEVELD et STRAVER (1992), les analyses en 2002 ont révélé un niveau moyen inférieur en NO_3 , PO_4 , K et Ca, respectivement de 8, 47, 6 et 3%. En 2003, le niveau était inférieur en NO_3 ,

PO_4 et Ca, de 23, 57 et 20%, tandis que l'apport de K était plus élevé de 1%. Le Mg était plus élevé de 5% en 2002 et de 13% en 2003 par rapport à la norme. Pour sa part, le sulfate dans la solution recyclée était inférieur de 18% en 2002 et supérieur de 37% en 2003 par rapport à la norme.

Tableau 6. Quantités (mmol/plante) et proportions (%) des éléments minéraux consommés par le poivron.

Eléments	Quantités absorbées				Moyenne (%)
	2002		2003		
	(mmol/plante)	(%)	(mmol/plante)	(%)	
NO_3	1261,73	56,2	1297,39	52,9	54,5
H_2PO_4	71,62	3,2	65,46	2,7	2,9
K	718,86	32,0	852,71	34,8	33,5
Ca	123,28	5,5	148,04	6,0	5,8
Mg	71,36	3,2	88,10	3,6	3,4
K/Ca	5,83		5,76		

Tableau 7. Calcul de la composition de la solution nutritive à partir des proportions des éléments absorbés par les plantes.

Eléments	Solution nutritive selon SONNEVELD et STRAVER (1992)		Moyennes des proportions d'éléments absorbés (%)	Solution nutritive calculée (mmol/l)
	(mmol/l)	(%)		
NO_3	19	50,7	54,5	20,4
H_2PO_4	2	5,3	2,9	1,1
K	11	29,3	33,5	12,5
Ca	4,5	12	5,8	2,2
Mg	1	2,7	3,4	1,3
CIT ¹	37,5			37,5
K/Ca	2,4			5,7

¹CIT: concentration ionique totale.

En comparant les résultats moyens des analyses des deux années considérées, les apports en NO_3 , PO_4 et Ca se sont révélés inférieurs de 14, 7 et 16% et supérieurs en SO_4 , K et Mg respectivement de 47, 7 et 8% en 2003 par rapport à ceux de 2002.

Éléments absorbés par la plante, équilibre et adaptation de la solution nutritive

Les résultats figurant au tableau 6 montrent que les quantités d'éléments minéraux consommées par les plantes sont très proches pour les deux années d'expérimentation, indépendamment des différences importantes enregistrées lors de la fabrication des solutions nutritives recyclées.

Par contre, les proportions des éléments nutritifs absorbés par les plantes (tabl. 6 et 7) diffèrent de l'équilibre minéral proposé dans la solution nutritive de SONNEVELD et STRAVER (1992). Cela est particulièrement marqué pour le phosphate, le magnésium, le calcium et, dans une moindre mesure, pour le nitrate et le potassium. Cela se traduit par un apport supérieur dans la solution nutritive calculée de 7% pour le NO_3 , de 14% pour le K, de 30% pour le Mg et par une diminution de 51% pour le Ca et de 45% pour le P (tabl. 7). SONNEVELD et STRAVER (1992) ont précisé que les solutions nutritives proposées pouvaient être sujettes à des modifications; ces auteurs n'ont pas fourni d'indications sur leur méthode de détermination de l'équilibre minéral.

Conclusions

- Deux cultures de poivron en 2002 et 2003 ont montré que la composition minérale de la solution nutritive utilisée en système recyclé ne correspondait pas aux teneurs en P, Mg, K et Ca absorbées par la plante.
- En diminuant la concentration en P à 1,1 mmol/l et celle en Ca à 2,2 mmol/l, en augmentant celle de K et de Mg respectivement à 12,5 et à 1,3 mmol/l, la composition de la solution nutritive devient conforme aux quantités consommées par les plantes et semble mieux adaptée au recyclage complet.

Remerciements

Cet essai a été réalisé avec le concours de Chr. Darbellay et R. Farinet, que nous remercions pour leur collaboration. Nous remercions également G. Collaud et S. Amiguet de Sol-Conseil pour les analyses des solutions et des végétaux.

Bibliographie

- ANDREAS C., REINTGES T., 2002. Paprika. Keine Ertragsunterschiede zwischen zwei Steinwolle-Typen und drei Sorten. Versuche im deutschen Gartenbau-Gemüsebau. Rheinischer Landwirtschafts-Verlag GmbH, 53123 Bonn, 233 p.
- JEANNEQUIN B., FABRE R., 1993. Procédé de culture hors sol à circuit fermé. Etudes et perspectives. *PHM Revue horticole* **338**, 21-26.
- DE KREIJ C., VOOGT W., BAAS R., 2003. Nutrient solutions and water quality for soilless cultures. Naaldwijk Office, P.O. Box 8, 2670AA Naaldwijk. Revised version, Brochure 191, 34 p.
- MAGEN H., 1999. Recirculating nutrient solutions in greenhouse production. 9th IP-ISSAS Regional Workshop, December 5-8, Haikou, Hainan, PRC, 8 p.
- MORARD P., 1995. Les cultures végétales hors sol. S.A.R.L. Publications Agricoles. Agropôle, BP 200, F-47931 Agen, 304 p.
- PIVOT D., REIST A., GILLIOZ J.-M., RYSER J.-P., 1996. Qualité de l'eau d'irrigation, environnement climatique et nutrition de la tomate cultivée sur substrat en solution recyclée. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **28** (6), 399-405.
- REIST A., PIVOT D., GREUTERT F., 1995. Ajustement automatique des ions nitrates dans les solutions nutritives pour les cultures hors sol. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **27** (3), 185-189.
- SONNEVELD C., STRAVER N., 1992. Nutrient solutions for vegetables and flowers grown in water or substrates. PTG serie: Voedingsoplossingen glastuinbouw no 8, 9e edition, PTG Naaldwijk, 45 p.
- SONNEVELD C., VAN DER WEES A., 1989. Voedingsoplossingen voor teeltren in steenwol in het Westland en de Kring.Tomaat, Komkommer, Paprika, Aubergine. PTG serie: Voedingsoplossingen glastuinbouw no 1, 7e edition, PTG Naaldwijk, 32 p.

Summary

Sweet pepper: adaptation of nutritive solution for recycled systems

To evaluate the nutritive solution recommended for soilless production of sweet pepper with complete drainage recycling, two trials were carried out in greenhouse in 2002 and 2003. The recommended ionic balance used in the nutritive solution was adapted along the cultivation period to adjust the variations of the tap water quality and the composition of the recycled nutrient solution.

The analysis of the mineral composition of the plants showed that the proportions of the elements consumed by sweet pepper did not correspond to those provided by the nutritive solution; imbalances were revealed for the elements P, K, Ca and Mg. By decreasing the concentration of P to 1.1 mmol/l and that of Ca to 2.2 mmol/l and by increasing the concentration of K and Mg respectively to 12.5 and 1.3 mmol/l, the composition of the nutritive solution corresponds better to the quantities consumed by the plants and is more adapted for complete recycling system.

Key words: mineral composition, nutrient solution, recycled solution, soilless, sweet pepper.

Zusammenfassung

Anpassung der Nährlösung bei Gemüsepaprika in Recycling-System

Im Jahre 2002 und 2003 wurden zwei Versuche bei Gemüsepaprika durchgeführt. Es ging hierbei um die Beurteilung der empfohlenen Nährlösung im geschlossenen System (Recycling). In Abhängigkeit der Nährwerte des Wassers und der zurückgewonnenen Nährlösung wurden die verwendeten Ionengleichgewichte der Nährlösung während der Kulturdauer angepasst. Die Analyse der Mineralgehalte der Pflanzen hat gezeigt, dass der Anteil der aufgenommenen Elemente nicht der mineralischen Zusammensetzung der verabreichten Nährlösung entsprach. Ungleichgewichte wurden bei P, K, Ca und Mg festgestellt. Bei Verminderung des P-Gehaltes auf 1,1 mmol/l sowie desjenigen von Ca auf 2,2 mmol/l und bei gleichzeitiger Erhöhung des K und Mg-Gehaltes auf 12,5 beziehungsweise auf 1,3 mmol/l entspricht die Nährlösung den von der Pflanze aufgenommenen Elementen. Diese Nährlösung ist demzufolge für geschlossene System geeigneter.

Riassunto

Peperone: adattamento della soluzione nutritiva nel sistema di riciclaggio completo

Due esperimenti sono stati messi a punto in serra nel 2002 e nel 2003 allo scopo di valutare la soluzione nutritiva raccomandata per il riciclaggio completo per la coltura di peperone. Gli equilibri ionici raccomandati, utilizzati nella soluzione nutritiva, sono stati aggiustati nel corso della coltura secondo i valori nutritivi dell'acqua della rete ed i risultati delle analisi della soluzione riciclata.

L'analisi della composizione minerale delle piante ha dimostrato che la proporzione degli elementi consumati dal peperone non corrispondono a quelli forniti dalla composizione minerale della soluzione nutritiva raccomandata; lo squilibrio è stato individuato per gli elementi P, K, Ca e Mg. Diminuendo la concentrazione in P a 1,1 e quella del Ca a 2,2 mmol/l ed aumentando quella del K e del Mg rispettivamente a 12,5 e a 1,3 mmol/l, la composizione della soluzione nutritiva diviene conforme alle quantità consumate dalle piante e meglio adattata per il riciclaggio completo.

V I N A L Y T I K



Certifié selon ISO 9001-2000

Votre partenaire pour l'analyse des vins

Vinalytik • Franzosenstr. 14 • CH-6423 Seewen
Téléphone 041 819 34 68 • Fax 041 819 34 74
E-mail: info@vinalytik.ch • www.vinalytik.ch

PÉPINIÈRES VITICOLES

production personnelle:

JEAN-CLAUDE

- gage de qualité
- nombreuses références auprès des viticulteurs suisses depuis 20 ans



73250 FRETERIVE
FRANCE

TÉL. 00 33 479 28 54 18

00 33 479 28 50 22

FAX 00 33 479 28 68 85

E-MAIL: jeanclaud.fay@wanadoo.fr