

## Adaptation de la solution nutritive pour le fraisier cultivé sur substrat recyclé

D. PIVOT, J.-M. GILLIOZ et Ch. CARLEN, Station fédérale de recherches en production végétale de 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

Un essai a été conduit en serre dans le but d'évaluer la solution nutritive recommandée jusqu'à présent pour la production de fraises sur substrat avec recyclage complet. Les variétés de fraises Elsanta et Darselect cultivées hors sol dans cet essai ont montré un niveau d'adaptation différent. Les rendements ont été plus élevés pour la variété Elsanta, les teneurs en sucre de ses fruits exprimées en °Brix en revanche ont été plus basses que celles de Darselect.

La solution nutritive utilisée s'est révélée inadaptée en solution recyclée, car l'analyse de la composition minérale des plantes a montré un déséquilibre dans leurs teneurs en K et en Ca. La formulation de la solution nutritive a été réévaluée à partir de la consommation en éléments minéraux des parties aériennes et des racines des plantes. La nouvelle solution nutritive calculée a une concentration plus élevée en K, plus faible en Ca et donc un rapport K/Ca plus élevé. Des essais complémentaires sont nécessaires pour tester cette solution nutritive en recyclage complet.

### Introduction

La composition minérale de la solution nutritive constitue une composante capitale de la réussite des cultures hors sol, particulièrement dans un système recyclé. Les formulations sont complexes et l'évolution des éléments nutritifs en milieu aqueux ne l'est pas moins. L'ajustement en continu des concentrations de chaque élément dans les solutions nutritives n'est pas réalisable actuellement, seuls les paramètres de guidage comme le pH et la conductivité (EC) permettent de régler les apports. Le pilotage du pH ne pose pas de problème, mais celui de l'EC ne reflète pas les proportions ioniques de la solution nutritive. Pour la culture du fraisier, les compositions minérales recommandées pour les solutions nutritives sont nombreuses et variées (SONNEVELD et DE KREY, 1985; SONNEVELD et STRAVER, 1989; HENNION *et al.*, 1998; LIETEN, 1999; RAYNAL-LACROIX et CARMENTRAN, 2001). Selon MORARD (1995), et pour autant que la faible con-

centration d'un ion ne produise pas une carence chez le végétal, il y a peu de différence de production de matière sèche à partir de solutions nutritives différentes. Morard reconnaît cependant que l'amélioration de la qualité intrinsèque

des produits conduit à s'intéresser plus précisément à la formulation et à la gestion des solutions nutritives. Dans le but de tester la composition de la solution nutritive recommandée en système de production ouvert dans un système fermé avec recyclage complet, le bilan des nutriments a été évalué. Les apports totaux sont comparés aux éléments exportés par la plante (N, P, K, Ca, Mg) qu'on ajoute à ceux restés dans le bac de récupération du drainage et dans les substrats en fin de culture. Ce travail a été effectué dans le cadre du projet COST 836.

### Matériel et méthode

#### Aspect cultural

Les variétés de fraisiers Darselect et Elsanta ont été cultivées en pots placés dans un tube de PVC, d'une longueur de 5 m, soutenu à 1,5 m du sol, avec une pente de 1% (fig. 1). La densité de plantation était de 12 plantes/m<sup>2</sup>. La culture a commencé le 21 août 2001 pour se terminer le 6 mai 2002.

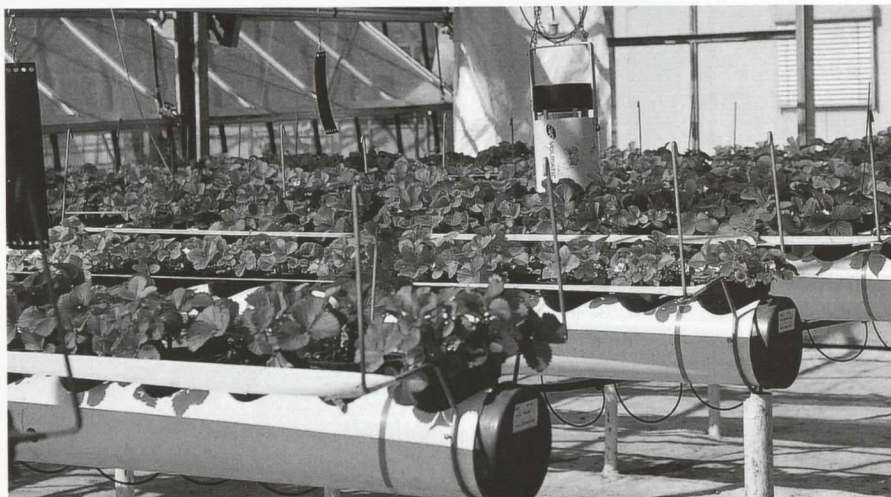


Fig. 1. Vue de la culture.

## Support de culture

Le substrat était un terreau pour conteneurs de type 217, fabriqué par Ricoter SA (40% de compost d'écorces, 35% de fibres de bois et 25% de fibres de coco), aisément recyclable.

## Consignes d'alimentation

La composition minérale de la solution nutritive selon LIETEN (1999) est différente en période de végétation et en production, entre autres par le rapport K/Ca (tabl. 1). Les consignes de base ont été fixées pour un pH de 5,5 et une conductivité (EC) de 1,2 à 1,5 mS/cm.

## Fertigation

La fertigation a été réalisée au goutte-à-goutte (un goutteur par pot: débit 2 l/h), à raison de une à trois irrigations quotidiennes de deux minutes, selon le drainage. L'apport de la solution nutritive ainsi que le pilotage du pH et de l'EC ont été gérés avec le système DGT Volmatic ami 5000. La régulation du pH a été faite par adjonction d'acide nitrique.

## Mesures de la qualité

Dans les fruits, la teneur en sucre est donnée par l'indice de réfraction (°Brix). L'acidité totale (exprimée en ml NaOH 0,1N) est analysée par titration d'un échantillon de 10 ml de jus à un pH de 8,1.

## Résultats et discussion

### Rendements et qualité des fruits

Les rendements totaux des fraisiers (plantes et fruits) ainsi que les teneurs en sucre sont donnés dans les tableaux 2 et 3. Pour la variété Elsanta, le rendement réalisé équivaut à celui de 5,96 kg/m<sup>2</sup> obtenu par LIETEN et MISOTTEN (1993). La teneur en sucre de la variété Elsanta est restée nettement inférieure à celle de la variété Darselect durant les deux périodes de récoltes. En automne et au printemps, la première récolte de la variété Darselect présente une faible teneur en sucre; ensuite celle-ci augmente, probablement à cause de la diminution de la charge en fruits. Selon le barème proposé par CARLEN et ANÇAY (2003), la qualité gustative d'une fraise est considérée comme moyenne de 6,9 à 7,7 °Brix, comme bonne de 7,8 à 8,6 °Brix et très bonne au-delà de 8,6 °Brix. Selon ce barème dans cet essai, la qualité gustative des fruits d'Elsanta est à considérer comme mauvaise, celle de Darselect comme moyenne à très bonne selon les dates de récoltes. Il n'existe pas de relation établie entre les teneurs en sucre et en acidité (tabl. 3), comme l'ont déjà mentionné PIVOT et GILLIOZ (2002).

**Tableau 1. Composition minérale et équilibres K/Ca de la solution nutritive du fraisier en culture hors sol selon LIETEN (1999); macro-éléments (mmol/l).**

	NO <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	SO <sub>4</sub>	NH <sub>4</sub>	K	Ca	Mg	K/Ca
Ⓐ	11,5	1,5	1,5	0,5	3,5	4,5	1,5	0,78
Ⓑ	11	1,5	1,5	0	5,5	3,5	1,5	1,57

Ⓐ Composition pour la période de végétation.

Ⓑ Composition pour la période de floraison/production.

**Tableau 2. Rendements totaux des fraisiers et des fruits en matière fraîche (MF) et matière sèche (MS).**

	Rendement total (g/m <sup>2</sup> )		Rendement fruits (g/m <sup>2</sup> )	
	MF	MS	MF	MS
Darselect	5126,2	506,9	4434	309,6
Elsanta	6319,5	613,1	5382	342,0

**Tableau 3. Teneur en sucre (°Brix) et acidité (ml NaOH 0,1N) des fraises aux différentes dates de récolte.**

Dates	Darselect		Elsanta	
	(°Brix)	(NaOH ml)	(°Brix)	(NaOH ml)
10.10.01	6,5	12,55	5,9	13,76
16.10.01	7,2	11,37	5,6	11,38
23.10.01	9,1	11,89	5,7	11,01
22.4.02	6,7	12,51	5,8	12,63
29.4.02	7,4	10,85	6,2	9,66
6.5.02	7,8	12,79	6,1	11,12

**Tableau 4. Quantités (mmol/plante) et proportions (%) des éléments minéraux consommés par la plante pour les variétés Darselect et Elsanta. Comparaison entre un système recyclé et ouvert pour la variété Elsanta.**

Éléments	Quantités absorbées					
	Darselect <sup>1</sup>		Elsanta <sup>1</sup>		Elsanta <sup>2</sup>	
	(mmol/plante)	(%)	(mmol/plantes)	(%)	(mmol/plante)	(%)
NO <sub>3</sub>	51,19	53,5	63,37	52,4	74,68	57,5
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	4,68	4,9	5,63	4,7	4,77	3,7
K	27,95	29,3	35,62	29,5	33,84	26,0
Ca	7,52	7,9	10,75	8,9	11,68	9,1
Mg	4,26	4,4	5,59	4,6	4,76	3,7
K/Ca	3,72		3,31		2,90	

<sup>1</sup>Selon nos résultats, en système recyclé.

<sup>2</sup>Selon LIETEN et MISOTTEN (1993), en système ouvert.

**Tableau 5. Calcul de la composition de la solution nutritive pour le système recyclé à partir des proportions d'éléments absorbés par les plantes.**

Éléments	Solution nutritive selon LIETEN (1999)		Moyennes des proportions d'éléments absorbés <sup>1</sup>	Solution nutritive calculée
	(mmol/l)	(%)	(%)	(mmol/l)
NO <sub>3</sub>	11,25	49,5	53,0	<b>12,05</b>
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	1,50	6,6	4,8	<b>1,09</b>
K	4,50	19,9	29,4	<b>6,68</b>
Ca	4,00	17,6	8,4	<b>1,91</b>
Mg	1,50	6,6	4,5	<b>1,02</b>
CIT <sup>2</sup> mmol/l	22,75			<b>22,75</b>
K/Ca	1,13			<b>3,50</b>

<sup>1</sup>Moyenne entre Darselect et Elsanta (tabl. 4).

<sup>2</sup>CIT: concentration ionique totale.

## Éléments absorbés par la plante et équilibre de la solution nutritive

La solution nutritive doit fournir les éléments minéraux indispensables dans des proportions analogues à celles du végétal (MORARD, 1995). Les résultats montrent que les proportions absorbées par les plantes (tabl. 4) diffèrent de l'équilibre minéral de la solution nutritive (tabl. 5). Cela est particulièrement vrai pour K et Ca. Par comparaison, les proportions consommées par la plante de la variété Elsanta, calculées à partir des exportations par LIETEN et MISOTTEN (1993) pour une culture en système ouvert, sont similaires aux nôtres (tabl. 4). La teneur en calcium semble trop élevée et le taux de potassium trop bas dans la solution nutritive utilisée (LIETEN, 1999), qui ne paraît pas bien adaptée en solution recyclée (tabl. 4 et 5). Les teneurs en sucre insatisfaisantes des fruits (tabl. 3), sauf pour Darselect en fin de récolte en automne 2001, nous ont conduits à reconsidérer la composition de la solution nutritive. D'autres essais ont montré que l'augmentation du taux de Ca dans la solution nutritive fait baisser l'acidité des fruits, mais que la fermeté et la conservation de ceux-ci sont améliorées. La diminution du taux de potassium entraîne la diminution des sucres et de l'acidité dans les fruits (LIETEN, 2001; RAYNAL-LACROIX et CARMENTRAN, 2001).

## Adaptation de la solution nutritive

Pour améliorer la qualité gustative, la composition de la solution nutritive recommandée devrait être adaptée au système avec recyclage complet.

A partir des quantités consommées par la plante et de la concentration ionique totale (CIT), on peut calculer la nouvelle formule de la solution nutritive (tabl. 5). La nouvelle composition minérale proposée a une concentration en K plus élevée, en Ca plus faible et donc un rapport K/Ca plus élevé et devrait fournir des fraises de meilleure qualité gustative.

## Bilan minéral

Le bilan des fertilisants (fig. 2 à 6) permet de quantifier les minéraux prélevés par la plante (différemment selon la variété), par le substrat et ceux qui sont restés dans le bac de drainage; on peut ainsi comparer ces valeurs à la somme des éléments apportés. La somme de tous les éléments analysés ou retrouvés reste inférieure aux apports. En général, il y a toujours quelques pertes (cir-

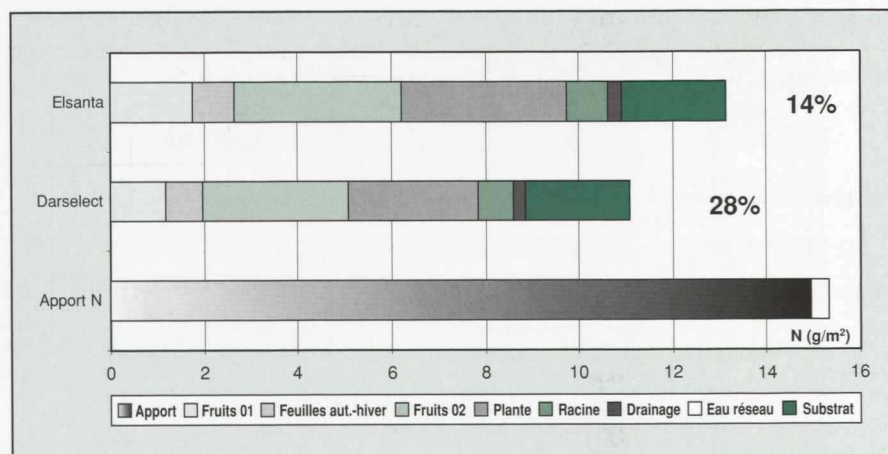


Fig. 2. Bilan minéral en azote. Variétés Darselect et Elsanta.

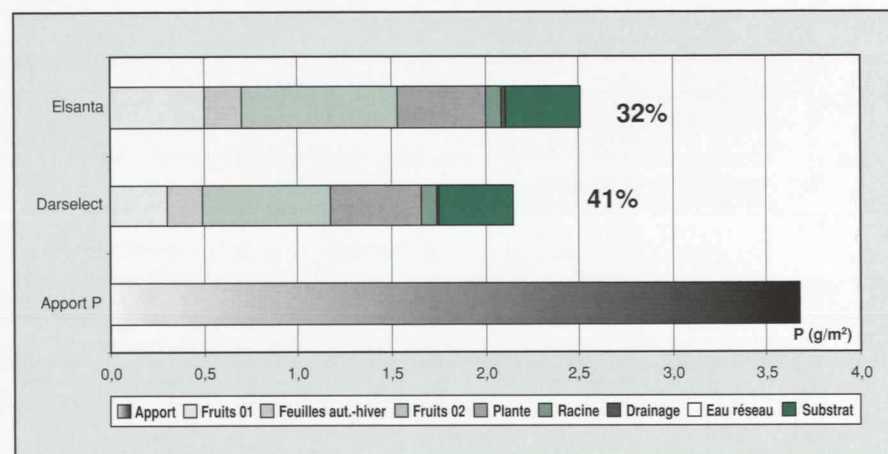


Fig. 3. Bilan minéral en phosphate. Variétés Darselect et Elsanta.

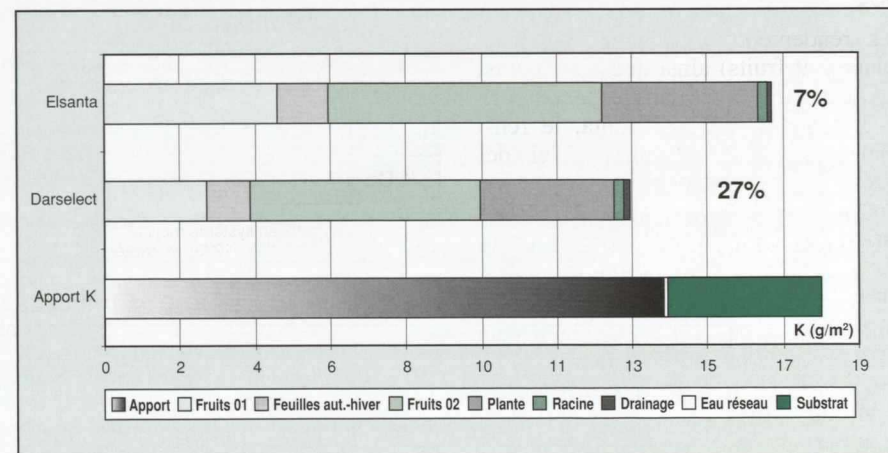


Fig. 4. Bilan minéral en potassium. Variétés Darselect et Elsanta.

cuit, nettoyage des filtres, etc.). Pour l'azote (entre 14 et 28% de l'apport ne sont pas retrouvés), des pertes par volatilisation sont possibles, la dénitrification peut être favorisée par une humidité élevée du substrat organique et conduire à une oxygénation déficiente du support de culture. Ces pertes restent difficilement quantifiables. De plus, le dosage chimique de l'azote par la méthode Kjeldahl ne prend pas en

compte les quantités d'azote sous forme nitrique.

Pour les éléments P, Ca et Mg, des composés insolubles (phosphates de magnésium ou de calcium) peuvent se former en cours de culture et s'accumuler dans le bac de drainage ou dans les bacs de solutions stocks. Des dépôts se forment sur les goutteurs, ce que l'on peut observer également dans les tubes PVC. Les différences plus élevées

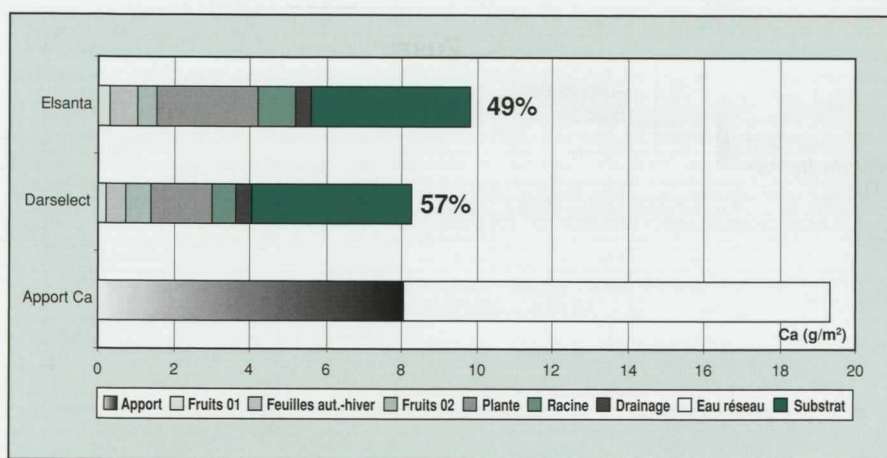


Fig. 5. Bilan minéral en calcium. Variétés Darselect et Elsanta.

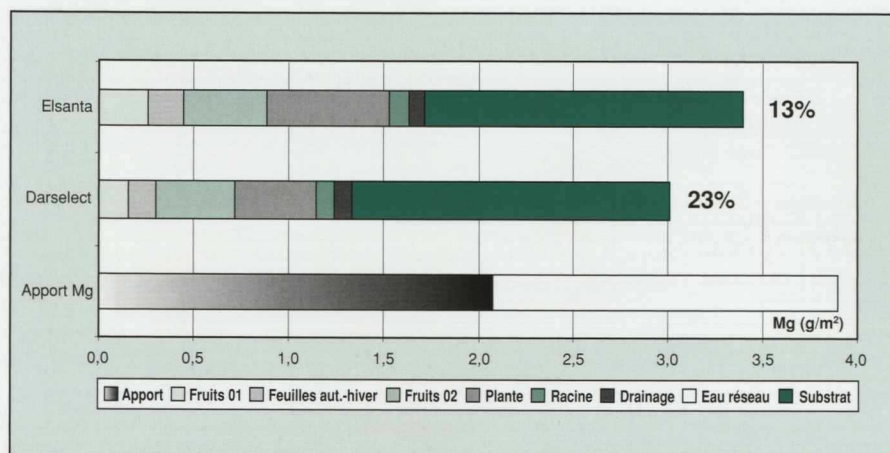


Fig. 6. Bilan minéral en magnésium. Variétés Darselect et Elsanta.

en Ca pourraient s'expliquer par les concrétions de carbonate de calcium. Pour le potassium, on a constaté que le substrat libérait une certaine quantité de cet élément (fig. 4).

Des imprécisions sont toujours possibles à chaque étape de la réalisation des analyses (échantillonnage, séchage, filtrations, etc.). Il est intéressant de constater que la fraction non retrouvée de chaque élément était toujours plus importante avec la variété Darselect. Cela peut être dû au rendement total et à la consommation en éléments moins élevés de cette variété par rapport à Elsanta (tabl. 4).

### Remerciements

Cet essai a été réalisé avec le concours de F. Berthouzo, Chr. Darbellay et R. Farinet, que nous remercions pour leur collaboration, ainsi que P.-Y. Cotter pour les analyses de la qualité des fruits. Nous remercions également S. Amiguet et B. Jermann de Sol-Conseil pour les analyses des solutions des végétaux et des substrats ainsi que pour leurs précieux conseils.

### Bibliographie

- CARLEN C., ANÇAY A., 2003. Measurement of the sensory quality of strawberries. *Acta Horticulturae*, in press.
- HENNION B., GAUTIER C., GAILLARD P., POMMIER J. J., RAYNAL C., 1998. Dossier fraise hors sol. Programmation, irrigation, fertilisation. *Fruits et Légumes* 164, 42-45.
- LIETEN P., 1999. Guidelines for nutrient solutions, peat substrate and leaf values of «Elsanta» strawberries. Communication COST ACTION 836 Integrated research in berries, 2d meeting WG4, nutrition and soilless culture. Versailles, 16-18 December 1999.
- LIETEN P., 2001. Effect of nutrition on fruit quality. Communication COST ACTION 836 In-

### Conclusions

- La difficulté d'obtenir des fraises contenant suffisamment de sucre a conduit à reconsidérer la composition de la solution nutritive en culture recyclée.
- La composition minérale de la solution nutritive utilisée en système recyclé ne correspondait pas en particulier aux teneurs en K et Ca de la plante.
- En augmentant la concentration en K à 6,8 mmol/l et en réduisant celle en Ca de 1,9 mmol/l, la composition minérale de la solution nutritive devient conforme aux quantités consommées par la plante. Des essais supplémentaires devront encore confirmer l'adaptation de cette solution nutritive au système avec recyclage.
- Au bilan minéral, les différences entre les apports et les exportations sont importantes, sans toutefois être concluentes.

egrated research in berries, 3d meeting WG4, nutrition and soilless culture. Conthey, 15-17 February 2001.

- LIETEN F., MISOTTEN C., 1993. Nutrient uptake of strawberry plants (cv. Elsanta) grown on substrate. Strawberry II. *Acta Horticulturae* 348, 299-306.
- MORARD P., 1995. Les cultures végétales hors sol. S.A.R.L. Publications Agricoles. Agropôle, BP 200, F-47931 Agen, 304 p.
- PIVOT D., GILLOZ J.-M., 2002. Fraisières hors sol: effets de l'humidité sur le rendement, la qualité des fruits et la nutrition. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* 34 (4), 233-236.
- RAYNAL-LACROIX C., CARMENTRAN M., 2001. Fertilisation du fraisier. Rendement et qualité des fruits. *Infos-Ctifl* 170, 41-44.
- SONNEVELD C., DE KREY C., 1985. Nutrient solutions for vegetables and flowers grown in water or substrates. PTG serie: Voedingsoplossingen glastuinbouw n° 8, 5<sup>e</sup> édition. PTG Naaldwijk, 30 p.
- SONNEVELD C., STRAVER N., 1989. Nutrient solutions for vegetables and flowers grown in water or substrates. PTG serie: Voedingsoplossingen glastuinbouw n° 8, 9<sup>e</sup> édition. PTG Naaldwijk, 45 p.

### Riassunto

#### Adattamento della soluzione nutritiva alla fragola coltivata su substrato riciclato

Una prova è stata condotta in serra allo scopo di valutare la soluzione nutritiva sinora raccomandata per la produzione di fragole su substrato con riciclaggio completo. Per la prova sono state utilizzate le varietà Elsanta e Darselect, le quali hanno mostrato un diverso livello di adattamento. Elsanta ha fornito le rese più elevate ma con un tenore zuccherino dei frutti, espresso in °Brix, più basso in confronto a Darselect. La soluzione nutritiva utilizzata si è rivelata inadatta in soluzione riciclata, poiché l'analisi della composizione minerale delle piante ha evidenziato uno squilibrio nei loro tenori in K e Ca. La formulazione è stata quindi rivalutata a partire dai consumi in elementi minerali delle parti aeree e delle radici delle piante. La nuova soluzione nutritiva calcolata ha una concentrazione più elevata in K, più debole in Ca e quindi un rapporto K/Ca più elevato. Delle prove complementari sono necessarie per testare questa soluzione nutritiva in riciclaggio completo.

### Summary

#### Adaptation of the nutritive solution for strawberry production in soilless systems with drainage recycling

A glasshouse trial was made to evaluate the recommended nutritive solution for soilless strawberry production in systems with complete recycling of the drainage. The two cultivars used in this experiment showed different results. Elsanta produced a higher yield, but had a lower sugar content of the fruits compared to Darselect.

The nutritive solution revealed to be not adapted for systems with complete recycling of the drainage, because the analysis of mineral composition of the plants showed an imbalance of the components K and Ca. The composition of the nutritive solution was re-evaluated in relation to the consumption of mineral components of the whole plant. The calculated solution had a higher concentration of K, a lower concentration of Ca and as a consequence a higher K/Ca ratio. Further experiments are necessary to test this nutritive solution proposed for systems with complete recycling of drainage.

**Key words:** mineral composition, nutrient solution, recycled solution, soilless, strawberry.

### Zusammenfassung

#### Anpassung der Nährlösung für Erdbeerkulturen auf Substrat mit Rezyklierung der Drainage

Mit dem Ziel die bisher empfohlene Nährlösung für Erdbeeren auf Substrat in einem System mit Rezyklierung der Drainage zu testen, wurde ein Versuch im Gewächshaus angelegt. Die dabei angebauten Sorten zeigten unterschiedliche Resultate. Die Erträge waren höher und der Zuckergehalte der Früchte (°Brix) tiefer für Elsanta im Vergleich zu Darselect.

Die Zusammensetzung der Nährelemente in den Erdbeerpflanzen zeigte dass die getestete Nährlösung vor allem aufgrund der K und Ca-Gehalte unausgeglichen war und nicht für Systeme mit Rezyklierung der Drainage geeignet zu sein. Die Zusammensetzung der Nährlösung wurde aufgrund der von der ganzen Pflanze aufgenommenen Menge an Nährstoffen neu beurteilt. Die dabei berechnete Nährlösung enthält einen höheren K-Gehalt, einen tieferen Ca-Gehalt und dementsprechend eine höheres K/Ca-Verhältnis. Weitere Versuche sind notwendig, um diese für Systeme mit Rezyklierung der Drainage vorgeschlagene Nährlösung zu testen.

## Informations agricoles

### Le Manuel des effets secondaires réactualisé!

NEVENEFFECTENGIDS

SIDE EFFECTS MANUAL

MANUEL DES EFFETS SECONDAIRES

**biobest**<sup>N.V.</sup>  
BIOLOGICAL SYSTEMS



En réactualisant le *Manuel des effets secondaires des produits phytosanitaires sur les bourdons et les auxiliaires*, Biobest N.V. permet à tout un chacun d'accéder à l'information la plus complète et la plus précise du moment. Le succès incontestable du *Manuel des effets secondaires* (déjà à sa quatrième édition) se base principalement sur les ré-

sultats de nos propres expérimentations. Il est de plus complété par une étude approfondie de la bibliographie, ainsi que des essais réalisés par des firmes et des collègues du pays ou étrangers. De nouvelles matières actives et de nouveaux agents biologiques ont été ajoutés et les résultats des matières actives déjà connues ont été com-

plétés. Tout comme les précédents manuels, cette nouvelle édition trouvera sa place auprès des milliers de personnes qui l'ont déjà acquis, que ce soit le conseiller technique, le producteur, le scientifique ou les pouvoirs publics.

Le manuel réactualisé peut être obtenu chez Biobest N.V. et auprès de tous ses distributeurs pour la somme insignifiante de 6 € (+ frais de port et d'emballage).

Le manuel peut toujours être consulté sur notre site Web [www.biobest.be](http://www.biobest.be). Le grand avantage de cette version sur Internet est qu'il n'est pas nécessaire de posséder un mot de passe ou un code d'entrée. Consulter les informations est donc facile, rapide et totalement gratuit!

*Si vous souhaitez plus d'informations sur le nouveau manuel, vous pouvez nous contacter sur [info@biobest.be](mailto:info@biobest.be) ou contacter un conseiller Biobest auprès de: Biobest N.V., Ilse Velden 18, B-2260 Westerlo (Belgique), tél. +32 14 25 79 80, fax +32 14 25 79 82, Internet: [www.biobest.be](http://www.biobest.be) ou contacter notre distributeur:*

**Andermatt Biocontrol AG,**  
Stahlermatten 6,  
CH-6146 Grossdietwil,  
tél. 062 917 50 00, fax 062 917 50 06,  
e-mail: [sales@biocontrol.ch](mailto:sales@biocontrol.ch),  
Internet: [www.biocontrol.ch](http://www.biocontrol.ch)