

DONNÉES DE BASE POUR LA FUMURE DES CULTURES DE LÉGUMES, DE FLEURS ET DE FRAISES SUR SUBSTRAT


ÉDITION 2005



Données de base pour la fumure des cultures de légumes, de fleurs et de fraises sur substrat

Edition 2005

D. PIVOT, Céline GILLI et C. CARLEN, Agroscope RAC Changins, Centre des Fougères, CH-1964 Conthey

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

Introduction

La fertigation (fertilisation et irrigation) en culture hors sol permet d'économiser l'eau et d'optimiser les apports nutritifs. La solution nutritive doit être équilibrée et adaptée aux besoins évolutifs des cultures sur substrat. Sa composition minérale joue un rôle capital dans la réussite des cultures sur substrat, surtout en système recyclé. Les formulations sont complexes et l'évolution des éléments nutritifs en milieu aqueux ne l'est pas moins. Quel que soit le système de fertigation choisi (ouvert ou fermé), les techniques de production doivent être conformes à la législation sur la protection de l'environnement.

Cette publication donne les recommandations en matière de fertigation pour les cultures hors sol de jeunes plants de légumes, d'aubergines, de concombres, de laitues, de poivrons et de tomates, pour les cultures florales d'alstroémères, d'anthuriums andreanum, d'œillets, de gerberas et de rosiers, ainsi que pour le fraisier.

Recommandations de fumure

Systèmes ouverts et fermés

Le système **ouvert** (SO) permet l'apport d'une solution nutritive fraîche à chaque irrigation. Les effluents doivent être récupérés pour d'autres cultures. Cette réutilisation des rejets nécessite de connaître leur teneur en éléments fertilisants; elle doit se pratiquer d'après les données de base de la fumure des différentes cultures. Le risque de dissémination des agents pathogènes transmis par l'eau drainée n'est pas évalué.

Le système **fermé** (SF) ou clos permet un **recyclage dynamique** des rejets sur la culture en place. Le recyclage complet réutilise les rejets du système, dont la composition varie en fonction de l'absorption de l'eau et des éléments nutritifs par la plante. Il peut en résulter une accumulation de certains éléments et des déséquilibres nutritifs,

d'où la nécessité de pratiquer régulièrement des analyses complètes de la solution nutritive (toutes les trois semaines environ) afin de la rééquilibrer. Globalement, le recyclage permet une économie importante en eau et en engrais. Son inconvénient majeur est le risque de déséquilibre minéral et phytosanitaire. Actuellement, les techniques de recyclage de la solution nutritive consistent à ajuster le pH et l'électroconductivité (EC) aux consignes données.

Solution nutritive

La solution nutritive contient des macro-éléments (azote, phosphore, soufre, potassium, calcium, magnésium) et des oligo-éléments (fer, manganèse, zinc, bore, cuivre, molybdène). Elle doit être préparée en tenant compte de la composition de l'eau du réseau, car les apports minéraux de cette dernière peuvent être importants et couvrir les besoins du végétal cultivé en sulfate, calcium et magnésium ou même excéder ceux-ci.

La composition minérale de l'eau du réseau est liée à son origine (source, nappe, etc.); elle peut varier passablement, même en cours de saison. Une eau ayant une salinité inférieure à 0,5 mS/cm peut être utilisée sans problème; par contre, si la salinité excède 1 mS/cm, l'eau devient inutilisable, en particulier pour le recyclage. Une salinité élevée de l'eau du réseau provoque l'accumulation d'éléments favorisant les déséquilibres nutritifs.

La préparation de la solution nutritive se fait à partir d'engrais solubles. Pour composer une solution équilibrée, la quantité de chaque engrais doit être calculée. Des formules complètes peuvent aussi être utilisées. Il convient toutefois de vérifier au préalable que les équilibres entre les éléments correspondent bien à ceux que l'on recherche.

Suivant le procédé, on pourra gérer la fertigation avec une ou trois pompes doseuses: une pour contrôler le pH (acide), les deux autres en fonction du système choisi et pour éviter des réactions avec la préparation des mélanges (précipitations). Les pompes doseuses

Tableau 1. Masse molaire (MM) des éléments chimiques utilisés pour la préparation des solutions nutritives.

ÉLÉMENT	MM (g/mol)	ÉLÉMENT	MM (g/mol)	ÉLÉMENT	MM (g/mol)
N - Azote	14,00	O - Oxygène	16,00	Mn - Manganèse	54,90
P - Phosphore	30,97	H - Hydrogène	1,00	B - Bore	10,81
S - Soufre	32,06	C - Carbone	12,01	Zn - Zinc	65,37
K - Potassium	39,10	Na - Sodium	22,99	Cu - Cuivre	63,55
Ca - Calcium	40,08	Cl - Chlore	35,45	Mo - Molybdène	95,90
Mg - Magnésium	24,31	Fe - Fer	55,85	Si - Silicium	28,09

Tableau 2. Compositions en éléments minéraux des solutions nutritives des CULTURES DE LÉGUMES en système ouvert (SO) et système fermé (SF).

CULTURE	MULTIPLICATION ¹	LAITUE	AUBERGINE		CONCOMBRE		POIVRON		TOMATE	
Système	SF	SF	SF	SO	SF	SO	SF	SO	SF	SO
EC (mS/cm)	2,4	2,6	1,7	2,1	1,7	2,2	1,6	2,1	1,6	2,6
PH	5-6,2	5-6,2	5-6,2	5-6,2	5-6,2	5-6,2	5-6,2	5-6,2	5-6,2	5-6,2
Macro-éléments (mmol/l)										
NH ₄ ⁺	1,25	1,25	1	1,5	1	1,25	0,5	0,5	1	1,2
K ⁺	6,75	11	6,5	6,75	6,5	8	5,75	6,75	6,5	9,5
Ca ²⁺	4,5	4,5	2,25	3,25	2,75	4,0	3,5	5	2,75	5,4
Mg ²⁺	3,0	1	1,5	2,5	1	1,375	1,125	1,5	1	2,4
NO ₃ ⁻	16,75	19	11,75	15,5	11,75	16	12,5	15,5	10,75	16
SO ₄ ²⁻	2,5	1,125	1,125	1,5	1	1,375	1	1,75	1,5	4,4
H ₂ PO ₄ ⁻	1,25	2	1	1,25	1,25	1,25	1	1,25	1,25	1,5
Si ^a		0,5			0,75	0,75				
Oligo-éléments (µmol/l)										
Fe	25	40	15	15	15	15	15	15	15	15
Mn	10	5 ^b	10	10	10	10	10	10	10	10
Zn	5	4	5	5	5	5	4	5	4	5
B	35	30	25	35	25	25	25	30	20	30
Cu	1	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Mo	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

¹Sur laine de roche. ^aFacultatif. ^bPlants sur cubes de tourbe: on n'ajoute pas de Mn à la solution.

injectent l'engrais soit directement dans le réseau de fertigation, soit dans un bac de mélange recevant les eaux de recyclage du drainage.

Préparation de la solution nutritive

Rappel de quelques notions de chimie:

■ L'**atome** est la plus petite partie d'un corps pur (éléments chimiques: O; N; K, etc.). Il est formé de pro-

tons, de neutrons et d'électrons. La masse d'un atome est exprimée en unité de masse molaire (g/mol) (tabl.1).

- La **molécule** est un assemblage d'atomes (eau: H₂O; oxygène: O₂, éthanol: C₂H₅OH; etc.)
- Un **ion** est un atome ou une molécule qui a gagné ou perdu un ou plusieurs électrons. Un **cation** est un ion chargé positivement (K⁺, Ca²⁺); un **anion** est un ion chargé négativement (NO₃⁻, SO₄²⁻).

La masse molaire d'une substance est égale à la somme des masses atomiques présentes, exprimée en grammes (1 mole de C = 12 g). Une mole d'une substance quelconque contient le même nombre d'entités élémentaires. La composition des solutions nutritives est exprimée en millimoles [mmol] pour les macro-éléments et en micromoles [µmol] pour les oligo-éléments.

Les produits utilisés pour la préparation des solutions nutritives peuvent être hydratés ou non, leurs formules

Tableau 3. Concentrations optimales en éléments minéraux des solutions de l'environnement des racines dans le substrat pour les CULTURES DE LÉGUMES.

CULTURE	MULTIPLICATION	LAITUE	AUBERGINE	CONCOMBRE	POIVRON	TOMATE
EC (mS/cm)	2,5	2,5	2,7	2,7	2,7	3,7
pH	5,5	5,5	5,5	5,2	6,2	5,5
Macro-éléments (mmol/l)						
NH ₄ ⁺	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
K ⁺	6,5	6	6,2	8	5	8
Ca ²⁺	<5	<8	<6	<8	<8	<8
Mg ²⁺	6	7	6,2	6,5	8,5	10
NH ₄ ⁺	3	1,5	4,5	3	3	4,5
NO ₃ ⁻	18	19	20	18	17	23
Cl ⁻	<5	<10	<6	<1	<12	<12
SO ₄ ²⁻	2,5	2	3	3,5	3	6,8
HCO ₃ ⁻	<1	<1	<1	<1	<1	<1
H ₂ PO ₄ ⁻	1,5	1	0,9	0,9	1,2	1
Si ^a		0,5		0,6		
Oligo-éléments (µmol/l)						
Fe	35	40	25	25	15	25
Mn	5	1	7	7	5	7
Zn	7	5	7	7	7	7
B	50	50	80	50	80	50
Cu	0,7	1	0,7	1,5	0,7	0,7
Mo	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

^aFacultatif.

chimiques peuvent différer et les densités et puretés des acides varier suivant leurs origines. Comme pour les formules complètes, il est par conséquent indispensable de bien vérifier leurs compositions lors du calcul et de la préparation de la solution nutritive. Il est tout aussi important de s'assurer de la qualité des produits utilisés, ceux-ci ne devant pas contenir trop d'impuretés, d'adjuvants, de formulation à base de carbonates ou d'hydroxydes, afin d'éviter la formation de composés insolubles dans les bacs de solutions mères.

La concentration des solutions mères est en général 100 à 200 fois plus élevée que celle des solutions nutritives. Elle est souvent limitée par la solubilité des produits eux-mêmes. La règle commande de ne pas mélanger des éléments contenant des sulfates ou des phosphates avec du calcium pour éviter une précipitation; deux bacs au moins de solutions mères sont ainsi préparés pour pouvoir séparer les éléments in-

compatibles. Les acides peuvent être dilués dans un bac à part, afin de faciliter la gestion du pH. L'ajout des oligo-éléments se fait dans le bac contenant les phosphates et les sulfates, l'ajout de fer dans celui contenant le calcium.

La composition des solutions nutritives recommandées pour les cultures de légumes est présentée dans le tableau 2; celle des cultures de fleurs figure dans le tableau 6 et du fraisier dans le tableau 8.

Apport de la solution nutritive

La solution nutritive est modulée en fonction de la période de culture et du stade de végétation. Les quantités d'eau et d'éléments nutritifs absorbés peuvent varier selon les besoins de la culture. Il est donc nécessaire de bien contrôler, d'adapter et de délimiter les flux, afin d'optimiser l'alimentation minérale.

Le volume de drainage quotidien représente 15 à 25% de l'apport pour une culture en système ouvert non recyclé, voire plus en système fermé.

Adaptation de la solution nutritive

Avant la plantation, il est nécessaire d'imbiber les substrats de culture avec les éléments nutritifs. Les concentrations optimales en différents éléments minéraux dans le substrat pour les cultures maraîchères, florales et de fraisiers sont mentionnées dans les tableaux 3, 7 et 9.

Pour corriger et adapter l'apport nutritif, il est indispensable d'analyser régulièrement la composition de la solution nutritive apportée aux plantes et la solution du substrat de culture (environnement des racines) ou du drainage. En général, les analyses se pratiquent toutes les trois semaines, principale-

LÉGUMES

ment en système fermé. Pour évaluer rapidement la concentration en éléments minéraux, on mesure l'électroconductivité (EC) dans le drainage. Cette mesure reflète l'intensité relative de l'absorption de l'eau et des éléments minéraux. En période de fortes chaleurs, la plante consomme plus d'eau que d'éléments minéraux et, en période de faible luminosité, le végétal absorbe plus d'éléments minéraux.

Tableau 4. Adaptation de la solution nutritive pour la saturation du substrat: différence (en mmol) par rapport à la concentration recommandée pour la CULTURE DE LÉGUMES correspondante (tabl. 2).

ÉLÉMENT	CULTURE			
	AUBERGINE	CONCOMBRE	POIVRON	TOMATE
NH ₄	-0,4	-0,4	-0,15	-0,3
K	-2,0	-2,5	-2,0	-3,5
Ca	+0,7	+0,7	+0,7	+0,9
Mg	+0,5	+0,75	+0,75	+1,0
NO ₃			+0,75	
B (μmol/l)	+10	+10	+16	+10

Spécificités des CULTURES DE LÉGUMES

Pour favoriser la croissance et le développement optimal des cultures maraîchères cultivées sur substrat, les recommandations du tableau 2 peuvent être reconsidérées à l'aide des indications du tableau 4, pour la saturation des substrats, et de celles du tableau 5 pour favoriser la bonne croissance des plantes, durant les quatre à huit premières semaines de la culture.

Pour la tomate, lorsque la charge en fruits est élevée, la teneur en potassium de la solution nutritive peut être augmentée durant de courtes périodes (sept à dix jours) de 1 à 2 mmol/l sous forme de KNO₃.

Tableau 5. Adaptation de la solution nutritive pour favoriser la croissance pendant les quatre à huit premières semaines de culture: différence (en mmol) par rapport à la concentration recommandée pour la CULTURE DE LÉGUMES correspondante (tabl. 2).

ÉLÉMENT	CULTURE			
	AUBERGINE	CONCOMBRE	POIVRON	TOMATE
NH ₄	+0,1	+0,1	+0,1	+0,1
K	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0
Ca	+0,45	+0,45	+0,45	+0,45
Mg				+0,5*
NO ₃				+1,0*

*Jusqu'au moment où les plantes sont bien enracinées dans la natte.



Tableau 6. Compositions en éléments minéraux des solutions nutritives des CULTURES DE FLEURS en système ouvert (SO) et système fermé (SF).

CULTURE	PLANTES EN POTS ¹	ALSTRÆMÈRE		ANTHURIUM ANDREANUM		CÉILLET		GERBERA		ROSIER	
		SF	SO	SF	SO	SF	SO	SF	SO	SF	SO
Système	SF	SF	SO	SF	SO	SF	SO	SF	SO	SF	SO
EC (mS/cm)	1,6	1,2	1,6	0,8	1,1	1,1	1,8	1,1	1,6	0,7	1,6
pH	5-6,2	5-6,2	5-6,2	5-6,2	5-6,2	5-6,2	5-6,2	5-6,2	5-6,2	5-6,2	5-6,2
Macro-éléments (mmol/l)											
NH ₄ ⁺	1,1	0,7	0,7	0,3	0,3	0,75	1,0	0,75	1,5	0,8	1,0
K ⁺	5,5	4,3	5,8	3,5	3,9	4,4	6,75	4,5	5,5	2,2	4,5
Ca ²⁺	3,0	2,0	3,5	0,9	1,3	1,5	3,5	1,6	3,0	0,8	3,25
Mg ²⁺	0,75	0,7	1,3	0,7	1,0	0,6	1,0	0,4	1,0	0,6	1,5
NO ₃ ⁻	10,6	7,3	11,2	4,7	6,4	7,25	13,0	7,25	11,25	4,3	11,25
SO ₄ ²⁻	1,0	1,2	1,95	0,8	0,8	0,7	1,25	0,7	1,25	0,5	1,25
H ₂ PO ₄ ⁻	1,5	0,7	1,0	0,7	0,8	0,7	1,25	0,6	1,25	0,5	1,25
Oligo-éléments (µmol/l)											
Fe	20	25	25	15	15	20	25	25	35	15	25
Mn	10	5	5	0	0	5	10	5	5	5	5
Zn	3	4	4	3	3	3	4	3	4	3	3,5
B	20	20	30	20	30	20	30	20	30	20	20
Cu	0,5	0,75	0,75	0,5	0,75	0,5	0,75	0,5	0,75	0,5	0,75
Mo	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

¹Sur argile expansée.

Tableau 7. Concentrations optimales en éléments minéraux des solutions de l'environnement des racines dans le substrat pour les CULTURES DE FLEURS.

CULTURE	PLANTES EN POTS ¹	ALSTRÆMÈRE	ANTHURIUM ANDREANUM	CÉILLET	GERBERA	ROSIER
pH	5,5	5,5	5,5	5,8	5,2	5,5
Macro-éléments (mmol/l)						
NH ₄ ⁺	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
K ⁺	4,5	5	3	7	6	5
Ca ²⁺	<4	<5	<3	<4	<6	<6
Mg ²⁺	4	5	2	5	5	5
NH ₄ ⁺	1	2	1,2	2,2	2	2,5
NO ₃ ⁻	9,5	13	5	14	13	12,5
Cl ⁻	<5	<5	<3	<4	<6	<8
SO ₄ ²⁻	2	2,5	1,5	3	2,5	2,5
HCO ₃ ⁻	<1	<1	<1	<1	<1	<1
H ₂ PO ₄ ⁻	1	1	0,75	0,9	1	0,9
Oligo-éléments (µmol/l)						
Fe	15	30	15	20	40	25
Mn	5	5	2	3	3	3
Zn	4	5	4	5	5	3,5
B	40	40	40	60	40	20
Cu	0,7	1	1	1	1	1
Mo	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

¹Sur argile expansée.

FRAISES

Tableau 8. Compositions en éléments minéraux des solutions nutritives pour la **CULTURE DE FRAISES** en système ouvert (SO).

PÉRIODE	VÉGÉTATION	FLORAISON - FRUCTIFICATION
EC (mS/cm)	1,2 (0,8-1,6)	1,4 (0,8-1,8)
pH	5,8 (5,2-6,4)	5,8 (5,2-6,4)
Macro-éléments (mmol/l)		
NH ₄ ⁺	1,0	0,0
K ⁺	3,5	5,5
Ca ²⁺	4,5	3,5
Mg ²⁺	1,5	1,5
NO ₃ ⁻	10,5	11,0
SO ₄ ²⁻	1,5	1,5
H ₂ PO ₄ ⁻	1,5	1,5
Oligo-éléments (µmol/l)		
Fe	15-20	15-20
Mn	15-20	15-20
Zn	7,5-10	7,5-10
B	8-12	8-12
Cu	0,7-1,0	0,7-1,0
Mo	0,3-0,5	0,3-0,5

Tableau 9. Plages optimales des différents éléments minéraux dans le substrat (tourbe) pour la **CULTURE DE FRAISES** en système ouvert (SO).

Macro-éléments (mmol/l)	
NH ₄ ⁺	1,0
K ⁺	1,5-3,0
Ca ²⁺	1,2-2,5
Mg ²⁺	0,5-1,0
NO ₃ ⁻	2-6
SO ₄ ²⁻	< 2
H ₂ PO ₄ ⁻	0,2-0,6
Oligo-éléments (µmol/l)	
Fe	10-25
Mn	5-10
Zn	10-15
B	10-15
Cu	0,5-1

Références

- GUÉRINEAU C., 2003. La culture du fraisier sur substrat. Réalisation Ctifl et Cref. Editions Ctifl, Paris, 165 p.
- DE KREIJ C., VOOGT W., BAAS R., 2003. Nutrient solutions and water quality for soilless cultures. *PPO-Glas Brochure 191* (revised version), Naaldwijk, 34 p.
- 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.
- SONNEVELD C., VAN DER WEES A., 1989. Voeding-soplossingen voor teelten in steenwol in het Westland de Kring. Serie: Voedingsoplossingen glastuinbouw 1, 7^e éd., 32 p.
- SONNEVELD C., 1989. A method for calculating the composition of nutrient solutions for soilless cultures. Serie: Voedingsoplossingen glastuinbouw 10, 3^e éd., 13 p.

Spécificités des **CULTURES DE FRAISES**

Afin de favoriser un bon développement végétatif, une production de fruits de qualité et d'éviter l'avortement des fleurs, l'EC du drainage doit être contrôlée régulièrement et ne pas dépasser 2 mS/cm. Toute dérive de ce facteur de plus de 20% par rapport à la solution nutritive apportée aux plantes

nécessite un ajustement de l'EC de la solution de départ. Le pH du drainage peut varier de 5 à 7 sans conséquences sur le comportement des plantes.

