

GRUNDLAGEN FÜR DIE DÜNGUNG VON GEMÜSE-, BLUMEN- UND ERDBEEKULTUREN AUF SUBSTRAT

AUSGABE 2005



Grundlagen für die Düngung von Gemüse-, Blumen- und Erdbeerkulturen auf Substrat

Ausgabe 2005

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

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

Einleitung

Dank der Fertigation (Flüssigdüngung) kann im bodenunabhängigen Anbau Wasser eingespart und eine optimale Nährstoffzufuhr erzielt werden. Die Nährlösung muss allerdings ausgewogen und den Wachstumsbedürfnissen der auf Substrat angebauten Kulturen angepasst sein. Ihre mineralische Zusammensetzung spielt für den erfolgreichen Anbau von Substratkulturen, insbesondere in Systemen, bei denen die Restnährlösung rezykliert wird, eine entscheidende Rolle. Die Formulierungen der Nährlösung sind komplex. Dies gilt ebenso für das Verhalten der Nährstoffe in wässrigem Milieu. Unabhängig davon, welches Fertigationssystem (offen oder geschlossen) gewählt wird, muss die Produktionstechnik die Auflagen der Gesetzgebung zum Umweltschutz erfüllen. Diese Publikation enthält Empfehlungen für die Fertigation im bodenunabhängigen Anbau von Gemüsekulturen wie Auberginen, Gurken, Lattich, Peperoni und Tomaten, von Blumenkulturen wie Alstromerien, Flamingoblumen (Anthurium Andreanum), Nelken, Gerbera, Rosen sowie von Erdbeerkulturen.

Düngungs-empfehlungen

Offene und geschlossene Systeme

Das **offene** System (oS) ermöglicht die Zufuhr einer frischen Nährlösung bei jeder Bewässerung. Die Abwässer werden aufgefangen und in anderen Kulturen eingesetzt. Die Wiederverwertung der Abwässer bedingt, dass deren Gehalt an Nährstoffen bekannt ist und die Düngungsgrundlagen für die jeweiligen Kulturen berücksichtigt werden. Die Gefahr der Verbreitung von Krankheitserregern über das Drainwasser ist nicht untersucht.

Das **geschlossene** System (gS) ermöglicht ein **dynamisches Recycling** der Abwässer auf derselben Kultur. Bei der vollständigen Wiederverwertung werden die Abwässer des Systems rezykliert, deren Zusammensetzung je nach Wasser- und Nährstoffaufnahme durch die Pflanzen variiert. Dabei kann es zu einer Anreicherung gewisser Elemente und folglich zu einem Nährstoff-Ungleichgewicht kommen. Aus diesem

Grund sind regelmässig (ca. alle drei Wochen) vollständige Analysen der Nährlösung durchzuführen. Insgesamt lassen sich mit der Wiederverwertung beachtliche Mengen an Wasser und Düngemitteln einsparen. Die Gefahr eines mineralischen und phytosanitären Ungleichgewichts ist der grösste Nachteil. Zurzeit beinhaltet die Recycling-technik eine Regulierung des pH-Wertes und der elektrischen Leitfähigkeit (EC) gemäss den Vorgaben.

Nährlösung

Die Nährlösung enthält Makroelemente (Stickstoff, Phosphor, Schwefel, Kalium, Kalzium, Magnesium) und Spurenelemente (Eisen, Mangan, Bor, Zink, Kupfer, Molybdän). Bei ihrer Aufbereitung ist die Zusammensetzung des Leitungswassers zu berücksichtigen, denn dessen Mineralstoffgehalt kann den Bedarf der Pflanzen an Sulfat, Kalzium und Magnesium bereits decken oder sogar übersteigen.

Die mineralische Zusammensetzung des Leitungswassers hängt von dessen Ursprung ab (Quelle, Grundwasser

etc.) und kann selbst während der Anbausaison deutlich schwanken. Wasser mit einem Salzgehalt von weniger als 0.5 mS/cm kann problemlos verwendet werden; wenn hingegen der Salzgehalt 1 mS/cm übersteigt, ist das Wasser insbesondere für die Rezyklierung unbrauchbar. Ein stark salzhaltiges Leitungswasser hat eine Anreicherung von Elementen zur Folge, die das Nährstoffgleichgewicht stören.

Die Nährlösung wird aus löslichen Düngemitteln hergestellt. Für eine ausgewogene Lösung muss die Menge jedes einzelnen Düngemittels berechnet werden. Die Verwendung von Komplettformulierungen ist ebenfalls möglich. Es wird aber empfohlen, vorgängig zu überprüfen, ob die Anteile der einzelnen Elemente den Bedürfnissen der jeweiligen Kultur entsprechen.

Je nach Verfahren wird die Fertigation mit einer oder drei Dosierpumpen vorgenommen. Eine Pumpe dient der Kontrolle des pH-Wertes (Säure), die beiden anderen werden je nach gewähltem System eingesetzt und verhindern Reaktionen zwischen den Mischpräparaten (Ausfällungen). Die Dosierungs-

GEMÜSEKULTUREN

Tabelle 1. Molarmasse (MM) der für die Aufbereitung der Nährlösungen verwendeten chemischen Elemente.

ELEMENT	MM (g/mol)	ELEMENT	MM (g/mol)	ELEMENT	MM (g/mol)
N - Stickstoff	14,00	O - Sauerstoff	16,00	Mn - Mangan	54,90
P - Phosphor	30,97	H - Wasserstoff	1,00	B - Bor	10,81
S - Schwefel	32,06	C - Kohlenstoff	12,01	Zn - Zink	65,37
K - Kalium	39,10	Na - Natrium	22,99	Cu - Kupfer	63,55
Ca - Calcium	40,08	Cl - Chlor	35,45	Mo - Molybdän	95,90
Mg - Magnesium	24,31	Fe - Eisen	55,85	Si - Silicium	28,09

Tabelle 2. Zusammensetzung der Nährlösungen für GEMÜSEKULTUREN im offenen System (oS) und geschlossenen System (gS).

KULTUR	MULTIPLIKATION ¹	LATTICH	AUBERGINE		GURKEN		PEPERONI		TOMATE	
			gS	oS	gS	oS	gS	oS	gS	oS
System	gS	gS	gS	oS	gS	oS	gS	oS	gS	oS
EC (mS/cm)	2,4	2,6	1,7	2,1	1,7	2,2	1,6	2,1	1,6	2,6
pH-Wert	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
Makroelemente (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				
Spurenelemente (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

¹Auf Steinwolle; ^afakultativ; ^bPflanzen auf Torfwürfel: keine Mn-Zugabe zur Lösung.

pumpen führen den Dünger entweder direkt dem Fertigungsnetz oder einem Mischbehälter zu, der das Drainagewasser zur Wiederverwertung auffängt.

Aufbereitung der Nährlösung

Ein paar chemische Grundbegriffe:

■ Ein **Atom** ist der kleinste Baustein eines chemischen Elements (O, N, K usw.). Es besteht aus Protonen, Neutronen und Elektronen. Die

Masse eines Atoms wird in Molarmasse-Einheiten angegeben (g/mol; Tab.1)

- Ein **Molekül** ist eine Verbindung aus Atomen (Wasser: H₂O; Sauerstoff: O₂, Ethanol: C₂H₅OH usw.)
- Ein **Ion** ist ein Atom oder ein Molekül, das entweder Elektronen «verloren» oder «dazubekommen» hat. Ein **Kation** ist ein **positiv geladenes Ion (K⁺, Ca²⁺)**; ein **Anion** ist ein negativ geladenes Ion (NO₃⁻, SO₄²⁻).

Die Molarmasse einer Substanz entspricht der Summe der vorhandenen atomaren Masse in Gramm (1 Mol C = 12 g). Ein Mol irgendeines Stoffes enthält dieselbe Anzahl Elementarteilchen. Die Zusammensetzung der Nährlösungen wird für die Makroelemente in Millimol (mmol) und für die Spurenelemente in Mikromol (µmol) angegeben.

Die für die Aufbereitung der Nährlösung verwendeten Produkte können in gelöster oder fester Form vorliegen; ihre chemischen Formeln sowie die

Tabelle 3. Optimaler Mineralstoffgehalt der Lösungen des Wurzelraums im Substrat für GEMÜSEKULTUREN.

KULTUR	JUNGPFLANZEN- VERMEHRUNG	LATTICH	AUBERGINE	GURKEN	PEPERONI	TOMATE
EC (mS/cm)	2,5	2,5	2,7	2,7	2,7	3,7
pH-Wert	5,5	5,5	5,5	5,2	6,2	5,5
Makroelemente (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		
Spurenelemente (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

^aFakultativ.

Dichte und Reinheit der Säuren sind je nach Ursprung unterschiedlich. Wie bei den Komplettformulierungen muss daher die Zusammensetzung bei der Berechnung und Aufbereitung der Nährlösung genau überprüft werden. Ebenso ist die Qualität der verwendeten Produkte zu kontrollieren: Es dürfen nicht zu viele Verunreinigungen, Antiklumpmittel und Formulierungen auf Kohlenstoff- bzw. Hydroxydbasis vorhanden sein, um die Entstehung von Verbindungen zu verhindern, die sich in der Mutterlösung nicht auflösen lassen.

Die Konzentration der Mutterlösungen ist in der Regel 100 bis 200 Mal höher als diejenige der Nährlösungen. Sie ist oft durch die Löslichkeit der Produkte selbst begrenzt. Es gilt die Regel, dass sulfat- oder phosphathaltige Elemente nicht mit Kalzium gemischt werden dürfen, um ein Ausfällen zu verhindern. Es werden folglich mindestens zwei Behälter mit Mutterlösung vorbereitet, um unverträgliche Stoffe von einander

zu trennen. Für eine bessere Steuerung des pH-Wertes können die Säuren in einem separaten Behälter aufgelöst werden. Die Zugabe von Spurenelementen erfolgt im Gefäß mit den Phosphaten und Sulfaten und die Eisenzugabe im Gefäß, welches das Kalzium enthält.

Die empfohlene Zusammensetzung der Nährlösungen ist für Gemüsekulturen in Tabelle 2, für Blumenkulturen in Tabelle 6 sowie für Erdbeeren in Tabelle 8 angegeben.

Zufuhr der Nährlösung

Die Nährlösung ist der Kulturperiode und dem Entwicklungsstadium angepasst. Die von den Pflanzen aufgenommenen Mengen an Wasser und Nährstoffen können je nach Bedarf der Kulturen variieren. Für eine optimale Mineralstoffversorgung sind daher die Stoffflüsse genau zu kontrollieren, anzupassen und abzugrenzen.

Die tägliche Drainagemenge entspricht im offenen System ohne Rezyklierung 15 bis 25% der gesamthaft zugeführten Wassermenge im geschlossenen System mehr als 25%.

Anpassung der Nährlösung

Vor der Anpflanzung müssen die Kultursubstrate mit Nährlösung getränkt werden. Die optimalen Konzentrationen der verschiedenen Mineralstoffe im Substrat für Gemüse-, Blumen- und Erdbeerkulturen sind in den Tabellen 3, 7 und 9 aufgeführt.

Zur Regelung der Nährstoffzufuhr muss die Zusammensetzung der den Pflanzen verabreichten Nährlösung und der Kultursubstratlösung im Wurzelbereich bzw. des Drainagewassers regelmäßig überprüft werden. In der Regel erfolgen die Analysen alle drei Wochen,

GEMÜSEKULTUREN

vor allem bei den geschlossenen Systemen. Zur schnellen Bestimmung der Mineralstoffkonzentration wird die elektrische Leitfähigkeit (EC) im Drainagewasser gemessen. Diese Messung gibt Aufschluss über das relative Ausmass der Wasser- und Mineralstoffaufnahme. Während Hitzeperioden nehmen die Pflanzen mehr Wasser als Mineralstoffe auf und in Perioden mit wenig Licht verbrauchen sie mehr Mineralstoffe.

Tabelle 4. Anpassung der Nährlösung zur Sättigung des Substrats: Abweichung (in mmol) zur empfohlenen Konzentration für die entsprechende GEMÜSEKULTUR (Tab. 2).

ELEMENT	KULTUR			
	AUBERGINE	GURKEN	PEPERONI	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

Besonderheiten der GEMÜSEKULTUREN

Zur Förderung des Wachstums und zur Sicherstellung einer optimalen Entwicklung von Gemüsekulturen auf Substrat können für die Sättigung der Substrate bei Kulturbeginn die Empfehlungen der Tabelle 2 unter Berücksichtigung der Angaben in Tabelle 4 befolgt werden. Während der ersten vier bis acht Kulturwochen werden die Empfehlungen in Tabelle 2 unter Berücksichtigung der Angaben von Tabelle 5 angepasst..

Für Tomaten kann der Kaliumgehalt der Nährlösung bei hohem Fruchtansatz für kurze Zeit (7 bis 10 Tage) um 1 bis 2 mmol/l in Form von KNO₃ erhöht werden.

Tabelle 5. Anpassung der Nährlösung zur Wachstumsförderung während der ersten 4 bis 8 Anbauwochen: Abweichung (in mmol) zur empfohlenen Konzentration für die entsprechende GEMÜSEKULTUR (Tab. 2).

ELEMENT	KULTUR			
	AUBERGINE	GURKEN	PEPERONI	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*

*Bis die Pflanzen im Substratvlies gut verwurzelt sind.



Tabelle 6. Zusammensetzung der Nährlösungen für **BLUMENKULTUREN** im offenen System (oS) und geschlossenen System (gS).

KULTUR	TOPF-PFLANZEN ¹		ALSTROMERIEN		FLAMINGO-BLUMEN		NELKEN		GERBERA		ROSEN	
	gS	oS	gS	oS	gS	oS	gS	oS	gS	oS	gS	oS
System	gS	oS	gS	oS	gS	oS	gS	oS	gS	oS	gS	oS
EC (mS/cm)	1,6	1,6	1,2	1,6	0,8	1,1	1,1	1,8	1,1	1,6	0,7	1,6
pH-Wert	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	5-6,2
Makroelemente (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	
Spurenelemente (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	

¹Auf expandierter Tonerde.

Tabelle 7. Optimaler Mineralstoffgehalt der Lösungen im Substrat des Wurzelraums von **BLUMENKULTUREN**.

KULTUR	TOPF-PFLANZEN ¹		ALSTROMERIEN		ANTHURIUM ANDREANUM		NELKEN		GERBERA		ROSEN	
	gS	oS	gS	oS	gS	oS	gS	oS	gS	oS	gS	oS
EC (mS/cm)	1,7	2	1	2,2	2	2						
pH-Wert	5,5	5,5	5,5	5,5	5,8	5,2	5,5					
Makroelemente (mmol/l)												
NH ₄ ⁺	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	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						
Spurenelemente (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						

¹Auf expandierter Tonerde.

ERDBEEKULTUREN

Tabelle 8. Zusammensetzung der Nährlösungen für **ERDBEEKULTUREN** im offenen System (oS) und geschlossenen System (gS).

ZEITPERIODE:	VEGETATIVE WACHSTUMSPHASE	BLÜTE - FRUCHTBILDUNGSPHASE
EC (mS/cm)	1,2 (0,8-1,6)	1,4 (0,8-1,8)
pH-Wert	5,8 (5,2-6,4)	5,8 (5,2-6,4)
Makroelemente (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
Spurenelemente (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

Tabelle 9. Optimaler Mineralstoffgehalt im Substrat (Torf) für **ERDBEEKULTUREN** im offenen System (oS).

Makroelemente (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
Spurenelemente (µmol/l)	
Fe	10-25
Mn	5-10
Zn	10-15
B	10-15
Cu	0,5-1

Referenzliste

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

Besonderheiten der ERDBEEKULTUREN

Zur Sicherstellung eines guten Wachstums der Pflanzen und einer einwandfreien Fruchtproduktion sowie zur Vermeidung von sich nicht entfaltenden, abortierenden Blütenanlagen muss der EC-Wert des Drainagewassers regelmäßig kontrolliert werden und darf 2 mS/cm nicht überschreiten. Bei einer

Abweichung dieses Faktors um mehr als 20% gegenüber der den Pflanzen zugeführten Nährlösung muss die EC der Ausgangslösung angepasst werden. Der pH-Wert des Drainagewassers kann ohne Auswirkungen auf das Verhalten der Pflanzen zwischen 5 bis 7 schwanken.

