

カーネーションの養液土耕における時期別養分吸収量に基づく高収量・環境保全型施肥法

誌名	日本土壌肥料学雑誌 = Journal of the science of soil and manure, Japan
ISSN	00290610
著者	小河, 甲 山中, 正仁 宇田, 明 ほか1名,
巻/号	76巻1号
掲載ページ	p. 63-67
発行年月	2005年2月



カーネーションの養液土耕における時期別養分 吸収量に基づく高収量・環境保全型施肥法*

小河 甲**・山中正仁**・宇田 明**・渡辺和彦**

キーワード カーネーション, 養液土耕, 養分吸収量, 収量, 土壌養分

1. はじめに

近年、野菜や花き等の施設園芸では、養液土耕栽培を導入する生産者が増えてきた。目指すところは、低コストで環境に優しく、かつ省力的に高品質で増収が望める栽培システムである。養液土耕に関する研究は全国各地で行われている^{1,5,7)}。兵庫県は全国でも有数のカーネーションの産地であり、ここでも山中ら⁸⁻¹¹⁾の研究成果等の活用により、養液土耕の普及割合は年々増加している。

養液土耕栽培における施肥量の決定には、作物の時期別養分吸収量とともに作物と地表面からの蒸発散量による水消費量の把握が必要となる。さらにカーネーションは、長期間にわたって採花を繰り返し切り花を生産するため、植物体の生長量と養分吸収量との関係を時期別に明らかにする必要がある。この点について、養液栽培のバラでは寺田ら⁶⁾の報告があるが、カーネーションについてはまだ明らかでない。

また、時期別養分吸収量に基づいた施肥を行うことは、作物の生長に必要な量の養分を逐次供給し続けることが可能なので、根系の発達が旺盛になる⁹⁾ことや土壌の塩類集積等養分の変化による化学的ストレスが軽減されて、作物の良好な生育が維持される²⁻⁴⁾ことなどから、収量の増加が期待できる。

ここでは、給液条件を変えてカーネーション‘ノラ’を栽培し、高収量・高品質を維持できる時期別吸収量を明らかにした。さらに、時期別水吸収量¹²⁾も考慮した給液プログラムを作成し、このプログラムに基づいた施肥法が植

物体の生育に応じた環境に優しい施肥方法であることを実証した。また、養液土耕栽培に欠かせない簡易診断について、土壌溶液と土壌中の硝酸性窒素含有率の関係から土壌溶液での診断の可能性を検討したので報告する。

2. 試験方法

1) 養液土耕システム

養液土耕のシステムは幅 85 cm のベンチにアルミ蒸着フィルムを被覆して、点滴チューブ (NETAFIM 製, RAM 17) を 2 本設置した。液肥の給液回数 は 1 回に比べて 3 回以上で収量が増すこと⁹⁾より、毎日 9 時 30 分, 12 時 30 分, 15 時 30 分の 3 回に分けて与えた。また、供試した土壌は母材が和泉層群砂岩の山土 (土性: 埴壤土) に毎年、ピートモスを約 $0.07 \text{ m}^3 \text{ m}^{-2}$ 混和したもので、カーネーションを連作しているベンチである。土壌の化学性は $\text{EC } 42 \text{ mS m}^{-1}$, $\text{pH } 6.5$, 硝酸性窒素 116 mg kg^{-1} , P_2O_5 (トルオグ法) $2,157 \text{ mg kg}^{-1}$, $\text{K}_2\text{O } 301 \text{ mg kg}^{-1}$, $\text{CaO } 3,530 \text{ mg kg}^{-1}$, $\text{MgO } 436 \text{ mg kg}^{-1}$ であった (2001 年 7 月分析)。

2) 給液方法および給液濃度試験 (試験 1)

試験区は養液土耕給液による高濃度 ($\times 1.5$), 中濃度 ($\times 1$), 低濃度 ($\times 0.5$) の 3 区および散布給液の中濃度 ($\times 1$) の合計 4 区とした。施肥は養液土耕 3 号 (窒素 (N): リン酸 (P_2O_5): カリ (K_2O): カルシウム (CaO): マグネシウム (MgO) = 15: 15: 15: 5: 1.5) を水に溶かして液肥として使用し、総施肥量は中濃度区で $\text{N}: 110$, $\text{P}_2\text{O}_5: 110$, $\text{K}_2\text{O}: 110$, $\text{CaO}: 37$, $\text{MgO}: 11 \text{ g m}^{-2}$, 給液量は土壌 pF 1.5 を最適条件とする山中ら¹²⁾の時期別水吸収量に基づいて調整し、1 日当たり 1.2~6.9 L の間で時期ごとに変化させた。散布給液は散水ノズルで養液土耕給液の中濃度の 1 週間分量を毎週 2 日に分けて給液した。これら中濃度区の 4 週ごとの施肥量と給液量を表 1 に示した。

2001 年 7 月 11 日, ‘ノラ’ を 10 cm 角 8 目フラワーネット中 2 目抜き 6 株植え, 株間 20 cm, m^2 (ベンチ) 当たり栽植密度 36.1 株で定植した。7 月 31 日に 5 節残して摘心し, 9 月 6 日に株当たり 4 本に整枝した。最低夜温は 12 月 1 日から 1 月 3 日まで 10°C , 1 月 4 日から 4 月 30 日まで 13°C とした。

Kinoe Ogawa, Masahito Yamanaka, Akira Uda and Kazuhiko Watanabe: Application of Drip Fertilization on Nutrient Uptake for Four Weeks of Carnation to Large Yield and Environmental Preservation

* 本研究は先端技術等地域実用化研究促進事業「環境保全型・省力型養液土耕栽培による花きの高品質安定生産技術の開発」として行われた。

** 兵庫県立農林水産技術総合センター (679-0198 加西市別府町南ノ岡甲 1533)

2004 年 4 月 30 日 受付・受理

日本土壌肥科学雑誌 第 76 巻 第 1 号 p. 63~67 (2005)

表1 施肥量と給液量

		定植後週数 (週)												合計
		4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	
施肥量 (g m ⁻²)	N	2.3	7.5	10.1	11.4	7.4	5.0	5.0	7.4	8.8	13.4	14.9	17.2	110
	P ₂ O ₅	2.3	7.5	10.1	11.4	7.4	5.0	5.0	7.4	8.8	13.4	14.9	17.2	110
	K ₂ O	2.3	7.5	10.1	11.4	7.4	5.0	5.0	7.4	8.8	13.4	14.9	17.2	110
	CaO	0.8	2.5	3.4	3.8	2.5	1.7	1.7	2.5	2.9	4.5	5.0	5.7	37
	MgO	0.2	0.8	1.0	1.1	0.7	0.5	0.5	0.7	0.9	1.3	1.5	1.7	11
給液量 (L m ⁻²)		36.1	51.3	71.4	88.1	70.1	57.5	67.4	86.2	121.7	147.6	140.8	201.7	1,140

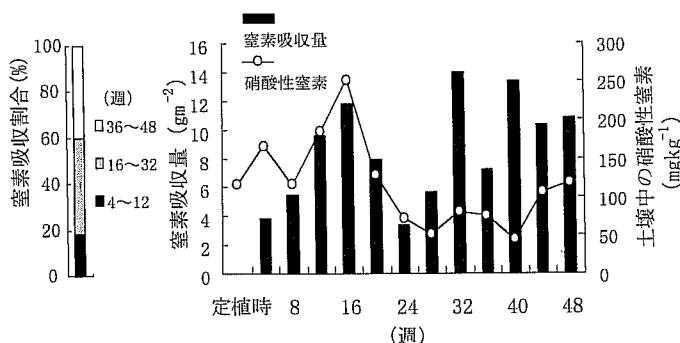


図1 時期別窒素吸収量および土壤中の硝酸性窒素の推移
給液方法および濃度は養液土耕・中濃度である。

3) 給液プログラムに基づいた施肥法による試験 (試験2)

試験区の設定は、試験1で求めた4週ごとの養分吸収量から算出した給液濃度を1倍(1倍区)として給液プログラムを作成し、その1.5倍(1.5倍区)濃度を与える2区を設置した。液肥は給液プログラムに応じて4週間ごとに濃度組成を変化させて施用した。

耕種概要は2002年7月11日、10 cm角8目フラワーネット中2目抜き6株植え、株間20 cm, m²(ペンチ)当たり栽植密度36.1株で定植した。8月1日に5節残して摘心し、9月4日に株当たり4本に整枝した。最低夜温は12月1日から1月3日まで10°C、1月4日から4月30日まで13°Cとした。

4) 試験調査項目

乾物重は定植後から、収量は16週目から4週間の合計を求めた。窒素(N)、リン酸(P₂O₅)、カリ(K₂O)、カルシウム(CaO)、マグネシウム(MgO)の吸収量についてもサンプリングした4週間の合計を求めた。同時に株下の土壌およびエミッターから5 cm離れた場所で、ミズトールを用いて土壌溶液を採取した。なお、土壌溶液の採取開始時間は給液2時間後とした。土壌溶液は硝酸性窒素のみ、土壌は硝酸性窒素、P₂O₅(トルオーグ法)、K₂O・CaO・MgO(交換性塩基)について測定した。また、収量と品質および摘除した茎葉を含む全乾物重を調査した。植物体の分析は、Nは乾式燃焼法(NCアナライザー)、その他は硝酸-過塩素酸による湿式分解後、P₂O₅はバナドモリブデン酸法、K₂Oは炎光法、CaOとMgOはICP発

光分析装置で測定した。土壌および土壌溶液の硝酸性窒素はイオンクロマト法、土壌の交換性塩基は酢酸アンモニウム抽出後、K₂Oは炎光法、CaOとMgOはICP発光分析装置で測定した。

3. 結果および考察

1) 時期別養分吸収量

養液土耕・中濃度給液の4週ごとの窒素吸収量および土壌中の硝酸性窒素の推移を図1に示す。定植後16週まで、植物の生育に応じて窒素吸収量は増加するが、土壌中の硝酸性窒素も増加した。これはこの時期の窒素施肥量が過剰であったためと考えられる。しかし、その後24週まで植物体の窒素吸収量の減少とともに土壌中の硝酸性窒素も減少した。これは窒素の施肥量が植物体の必要量以下であったために、土壌中に蓄積した窒素を吸収した可能性があると考えられる。その後、2番花ピークの40週目には再び窒素吸収量が多くなり、土壌中の硝酸性窒素は44 mg kg⁻¹まで下がったが、それ以降の施肥量は吸収量を上回るため、土壌中の硝酸性窒素は増加し、定植始めの含量にまで戻り、栽培全期間中の土壌養分の収支はとれていた。

栽培期間中の全窒素吸収量に対する生育ステージ別吸収割合は、採花しない4~12週までに18.3%、16~32週目の1番花収穫期間は41.4%、36~48週目の2番花収穫期間には40.3%となり、切り花収量が多い2番花収穫までに全吸収量の約60%を吸収していた。

給液方法の違いによる養分吸収量は表2に示すように、点滴給液である養液土耕では散布給液に比べてK₂O以外の全てで低くなった。これは、贅沢吸収しやすいカリが、

表2 給液方法および給液濃度の違いによる各養分吸収量と施肥効率

給液方法	給液濃度*	養分吸収量 (g m ⁻²)					施肥効率 (%)**				
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
養液土耕	低	88.5	47.9	153.0	71.8	16.6	161	87	278	399	276
	中	103.2	53.4	159.7	70.3	16.9	94	49	145	185	154
	高	106.6	46.7	159.8	67.7	15.8	64	28	96	123	93
散布	中	111.7	57.1	156.6	78.5	18.8	102	52	142	207	171

*中濃度 (N : 110, P₂O₅ : 110, K₂O : 110, CaO : 37, MgO : 11 g m⁻²). 低濃度および高濃度は中濃度の0.5倍および1.5倍濃度とする。

**施肥効率 = 各養分吸収量 / 施肥量。

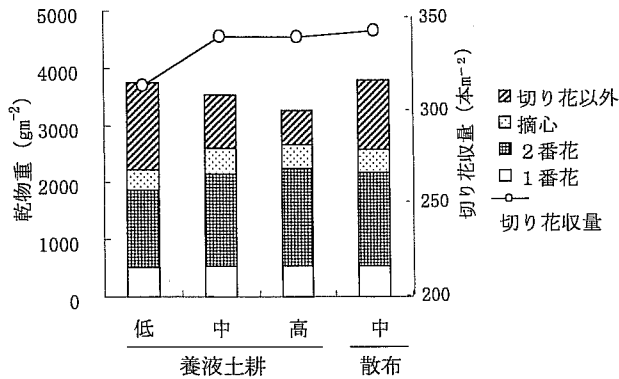


図2 給液方法および給液濃度の違いによる収量と器官別乾物重

給液方法や濃度が異なっても土壤中から多量に吸収した結果と考えられる。養液土耕において、給液濃度の差による施肥量に対する養分吸収量の割合を施肥効率でみると、中濃度ではNがやや少なくP₂O₅は半量であった。K₂O, CaO, MgOについてはかなり高く施肥量以上に吸収していた。本試験に適用した施肥量では、施肥効率から判断してP₂O₅過剰, K₂O, CaO, MgO不足であった。

2) 給液方法および給液濃度の違いが収量に及ぼす影響

給液方法および給液濃度の違いによる1, 2番花の切り花乾物重は図2に示すように、切り花収量と同様に養液土耕・低濃度給液区は低いものの他は大差がなく、給液濃度が高くなるにつれて切り花以外の乾物重は少なくなった。散布・中濃度給液区は養液土耕・中濃度給液区と比べて、切り花量に差はないが、それ以外の乾物重が増加した。

以上の結果、養液土耕栽培では、給液の肥料濃度が低くなるほど乾物重は増加するが、低濃度区では切り花の割合が少なくなった。また、給液方法を比較すると、散布に比べ養液土耕(点滴)では切り花以外の割合が少なくなった。表2で示したように養分吸収量は散布に比べて養液土耕で少なかったことから、養液土耕栽培では、少ない施肥量でより多くの切り花収量が得られたことになる。

3) 給液プログラムに基づいた施肥法が植物および土壤に及ぼす影響

試験1により得られた時期別養分吸収量と既存の吸水量データ¹²⁾から算出した給液プログラムを表3に示す。この給液プログラムと全成分同濃度(1倍区)と1.5倍の濃

度(1.5倍区)で翌年度に栽培を行った。その結果、表4に示すように養分吸収量は1倍区でも対照区である前年度の養分吸収量を各養分とも上回り、施肥効率が高くなった。1.5倍区の養分吸収量は1倍区とほぼ同等で施肥効率は低くなり、過剰養分の土壤への残存および排液としての流出が考えられた。

表5に示すように、作成した給液プログラムに基づいた施肥1.5倍区は、1倍区と比べて切り花の収量はやや増加するものの品質ともに差は認められなかった。また、1倍区は全期間同じ組成の養液を供給した場合(表1の施肥法, 対照区)と比べて切り花の収量は増加するが品質ともに大差はなかった。このことから、1倍区における養分吸収量が対照区に比べて増加したことは贅沢吸収、あるいは施肥バランスの改善による結果とも考えられる。

図3に示す土壤中の硝酸性窒素は、吸収量に対して過剰な施肥の1.5倍区では、養分の土壤中への残存が大きくなった。他の養分についても同様の傾向がみられた。また、作成した給液プログラムに基づいた施肥1倍区では、対照区と比べて過不足が少なく推移し、栽培終了後の土壤への残存もなかった。

以上の結果、土壤中に蓄積した養分も含め施肥の過剰施用は、植物体の養分吸収量を高くするが切り花収量に大差はなく贅沢吸収となり、土壤中への蓄積および排液への流出が多くなる可能性がある。給液プログラムに基づいた施肥法は切り花収量を減少させることなく、土壤中への養分蓄積がない環境保全型施肥法であると考えられる。

4) 硝酸性窒素における土壤と土壤溶液の関係

養液土耕栽培において、適正な養水分管理を行うには、日々の土壤や植物体の診断が必要になる。土壤溶液の分析は土壤や植物体よりも簡易に行うことができる。そこで、緩衝能を持つ土壤と簡易診断に用いる土壤溶液との硝酸性窒素における関係について検討した結果、図4に示すように、1%水準で正の相関(r=0.658)があったが、標準誤差は61.3と大きかった。図3に示した土壤中の硝酸性窒素の変動(1倍区)からみると、その誤差は大きく、今のところ土壤溶液での簡易診断は土壤中の硝酸性窒素量を把握する目安程度にしか使用できないと考えられる。しかし、採取場所や採取開始時間などの検討により、土壤溶液による簡易診断の精度は向上する可能性があり、現場でも容易に適正な養水分管理ができるものと考えられる。

表 3 時期別給液濃度に基づいた給液プログラム

成分	給液濃度 (g m ⁻³)											
	定植後週数 (週)											
	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48
N	105	107	135	133	113	59	85	162	59	90	73	53
P ₂ O ₅	33	35	41	50	45	27	45	86	40	48	47	46
K ₂ O	118	154	213	177	155	83	123	243	90	138	128	112
CaO	50	58	75	79	66	35	54	105	38	68	62	52
MgO	16	17	19	19	16	8	13	25	9	16	14	12

給液プログラムは施肥量が N:110, P₂O₅:110, K₂O:110, CaO:37, MgO:11 g m⁻², 給液量は pF 1.5 を最適条件とした時期別水吸収量に基づいて算出。

表 4 給液プログラムに基づいた施肥法による各養分吸収量と施肥効率

施肥区*	養分吸収量 (g m ⁻²)					施肥効率 (%)**				
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
1 倍区	109.8	58.5	191.0	99.0	22.1	120	124	133	153	153
1.5 倍区	114.8	60.9	191.2	89.2	20.5	83	86	89	92	95
対照区	103.2	53.4	159.7	70.3	16.9	94	49	145	185	154

*対照区は表 1 に基づき給液 (前年度データ), 1 倍区および 1.5 倍区は表 3 の給液プログラムに基づいた施用濃度および 1.5 倍濃度とする。

**施肥効率 = 各養分吸収量 / 施肥量。

表 5 給液プログラムに基づいた施肥法による切り花収量と品質

施肥区* ¹	収量 (本 m ⁻²)	切り花順位* ²	切り花長 (cm)	切り花重 (g)	茎径* ³ (mm)	茎下垂度* ⁴
1 倍区	348.1	1 番花	66.7	23.5	3.4	2.3
		2 番花	75.7	38.2	4.3	1.0
1.5 倍区	353.0	1 番花	62.8	22.0	3.4	1.8
		2 番花	74.6	37.9	4.3	1.0
対照区	338.3	1 番花	66.2	22.4	3.5	1.7
		2 番花	76.6	40.3	4.5	1.3

*¹対照区は表 1 に基づき給液 (前年度データ), 1 倍区および 1.5 倍区は表 3 の給液プログラムに基づいた施用濃度および 1.5 倍濃度とする。

*²1 番花: 摘心後伸長した分枝を採花したもの, 2 番花: 1 番花の採花後伸長した分枝を採花したもの。

*³上位第 5 節間の中央部最大径。

*⁴切り花の先端から 45 cm の位置で水平に保ち支点と花を結ぶ角度を数値化 (10° 未満: 1, 10~20°: 2)。

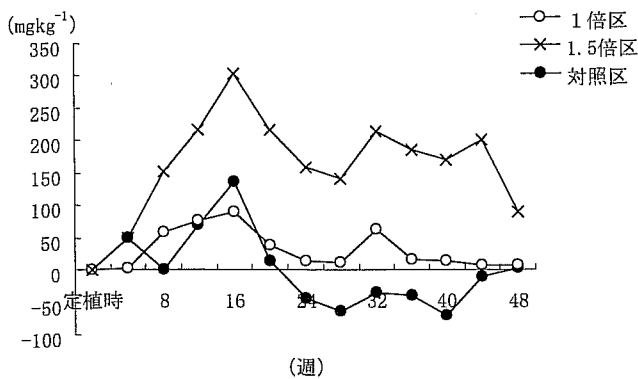


図 3 給液プログラムに基づいた施肥法における土壌中の硝酸性窒素の推移

定植時の土壌中の硝酸性窒素量を全施肥区 0 (mg kg⁻¹) として換算。

対照区は表 1 に基づき給液 (前年度データ)。

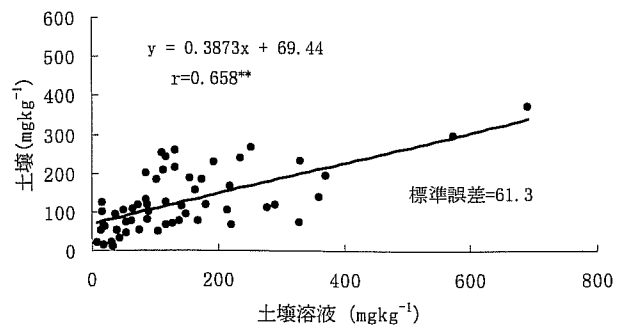


図 4 土壌と土壌溶液中の硝酸性窒素含有率の関係
**1%水準で有意。

4. まとめ

養分吸収量から求められるカーネーション養液土耕栽培の全施肥量は、N:105, P₂O₅:55, K₂O:160 g m⁻²程度であった。Nの時期別吸収割合は採花するまでに18.3%, 1番花収穫期に41.4%, 2番花収穫期に40.3%であった。2番花の乾物割合は全体の75%を占めるが、その収穫を上げるためには、2番花収穫期までに60%のN施用が必要であることが明らかとなった。さらに、施肥量が異なっても、養分吸収量や収量に与える影響は小さかった。これらの結果を参考にして、4週間ごとの養分吸収量に基づく給液プログラムを策定した。このプログラムに基づいて施肥を行うと、過剰養分の土壌への蓄積が少なく、高収量が維持できた。今後、カーネーション養液土耕栽培における現場への普及に当たり、この時期別養分吸収量に基づいた高収量・環境保全型施肥法が有効であると考えられる。

文 献

- 1) 金子英一：ボリュームのある切り花連作障害を避けて省力快適作業, グリーンレポート, 356, 6~7 (2001)
- 2) 小野信一・藤井義晴：ハウス栽培における土壌の塩類集積とその回避対策, 土肥誌, 65, 62~65 (1994)
- 3) 小野信一：ハウス栽培における土壌の塩類集積回避法, 農及園, 69, 888~892 (1994)
- 4) 小野信一：施設栽培におけるノンストレス型施肥とは, 同上, 71, 307~311 (1996)
- 5) 六本木和夫：養液土耕による施設栽培キュウリの養水分管理, 同上, 70, 909~912 (1995)
- 6) 寺田幹彦・景山詳弘・小西国義：養液栽培におけるバラの生長と養水分吸収との関係, 園学雑, 66, 149~155 (1997)
- 7) 渡邊知文：省力・減肥につながる土壌溶液ECと土壌水分pFの目安, グリーンレポート, 356, 2~3 (2001)
- 8) 山中正仁・宇田 明：カーネーションの養液土耕による灌水・施肥の省力栽培技術, 平成9年度近畿中国農業研究成果情報, p. 233~234 (1998)
- 9) 山中正仁・宇田 明：カーネーション養液土耕の給液管理, 平成13年度近畿中国四国農業研究成果情報, p. 409~410 (2002)
- 10) 山中正仁・宇田 明・小河 甲・宮浦紀史：点滴チューブを用いた毎日の給液がカーネーションの生育, 収量および切り花品質に及ぼす影響, 近畿中国四国農研, 1, 51~54 (2002)
- 11) 山中正仁・宇田 明・小河 甲：カーネーションの養液土耕による据え置き(2年切り)栽培, 平成14年度近畿中国四国農業研究成果情報, p. 355~356 (2003)
- 12) 山中正仁・宇田 明・小河 甲：カーネーションの水吸収量の時期別推移, 平成14年度花き試験成績書, 兵庫県-24, 兵庫県農林水産技術総合センター (2003)