

# 小型反射式光度計を用いたシクラメンの 植物体及び土壌溶液の簡易栄養診断

伊藤 淳次\*・奥野かおり\*\*・道上 伸宏\*

## Simple Nutritional Diagnosis of Plant and Soil solution with Handy Reflecting Photometer on Cyclamen

Junji Ito, Kaori Okuno and Nobuhiro Michiue

### I 緒 言

島根県の1997年度のシクラメン粗生産額は約2億2千万円で、花きのなかではボタン、キクに次いで多い。生産者は専門的経営農家であり、栽培技術が高く生産物の市場での評価は高い。その多くは後継者があり、また、新規就農者で栽培を希望する事例もみられることから、今後生産量の増加が期待される。

シクラメンの肥培管理は液肥と置肥を組み合わせた追肥を主体として行われる。各生産者はシクラメンの生育を観察しながら、経験に基づいた独自の方法でこれを行うため生育や品質に差が生じやすい。追肥の要否やその施用量を決める際の判定材料として数値化が可能となれば、経験の浅い栽培者の早期技術向上の助けとなる。そのためには、植物体や用土の養分分析手法の簡易化や栄養診断のための基準設定が必要である。シクラメンの先進産地では既に、土壌溶液や樹液の栄養状態を呈色反応による迅速養分テスト法(渡辺, 1983)で診断し、肥培管理に活用する技術が確立されている(峰岸, 1988)。迅速養分テスト法は高価な分析機器を使用しない優れた方法であるが、栽培現場で行うには試

薬の取り扱いや分析操作がやや煩雑で、熟練しないと分析結果に誤差を生じやすいなどの難点があるため、更に簡易な分析手法の導入が望まれている。

本報では、まずモデル農家で栽培されているシクラメンから土壌溶液と葉柄の搾汁液を継続的に採取して分析し、各生育ステージの養分状態を既往の診断基準と比較した。次に、近年簡易分析機器として種々の分野で利用されている小型反射式光度計を用いて土壌溶液及びシクラメン搾汁液の養分分析を行い、栽培現場への導入について検討した。

本研究の実施に当たり、分析試料や肥培管理に関する資料を快く提供いただいた勝部寿真氏に深く謝意を表する。

### II 試験方法

#### 1. 現地栽培シクラメンの土壌溶液及び葉柄搾汁液中の無機成分濃度の推移

高品質シクラメンを生産している島根県平田市の農家において栽培されている、F<sub>1</sub>系品種の‘オフエリア’及びパステル系品種の‘シュールベルト’を供試した。両品種とも平均的生育を示している株を20鉢選定して調査株とし、この

うち3鉢にはポラスカップを埋設しておき土壌溶液の採取を行った。また、残りの17鉢から調査日ごとに5～7鉢を選び、完全に展開した若い葉を1枚ずつ採取した。調査は1997年の5月（主芽発達期）から11月（開花期）まで1～2週間に1回行った。

土壌溶液採取用の針型ポラスカップには外径3mm、長さ10cmの熱電対用2穴型多孔質磁性絶縁管を使用した。これを塊茎と鉢壁の中間部分の用土に垂直に埋設しておき、採水時に真空採血管と連結して土壌溶液を吸引採取した。また、葉柄搾汁液は採取した葉の葉柄部分を2～3mmの長さで切断し、ニンニク搾り器で搾汁した。

採取した土壌養液及び葉柄搾汁液中の硝酸態窒素 ( $\text{NO}_3\text{-N}$ )、アンモニア態窒素 ( $\text{NH}_4\text{-N}$ )、りん酸 ( $\text{P}_2\text{O}_5$ )、カリウム ( $\text{K}_2\text{O}$ )、カルシウム ( $\text{CaO}$ ) 濃度はそれぞれイオンクロマトグラフ法、インドフェノール比色法、モリブデンブルー比色法、炎光光度法、原子吸光光度法で測定した。

シクラメンは前年の11月下旬から12月下旬に播種後、3月中旬から4月上旬に3号鉢に移植し、更に6月下旬から7月上旬に5号鉢に移植した。

栽培期間中に行った追肥は以下のとおりである。3号鉢への鉢上げまでに、 $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}$ (%) = 9-45-15の液肥（以後は濃度のみ9-45-15と略記する）の3000倍液を5回、鉢上げ後から5号鉢への移植期までに15-16-17の3000倍液及び14-8-25の2800倍液を各20回施用した。鉢替え後、

7月中旬から9月上旬までは15-11-29の3000倍液を1週間から2週間間隔で6回施用した。また、重さ1.2gの錠剤タイプで5-10-15の固形肥料を7月26日、8月8日及び9月5日の3回、同じく8-10-15の固形肥料を9月19日と30日に、さらに、10月18日以降は、12-10-12の固形肥料を20日間隔で置肥した。

## 2. 小型反射式光度計による分析法の検討

上記の現地採取試料の分析結果をもとに、濃度分布が分散するように土壌溶液及び葉柄搾汁液の各10点を選定した。これらの試料を小型反射式光度計（メルク社製：RQフレックス）で分析し、常法による測定値と比較した。

次に小型反射式光度計で $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{P}_2\text{O}_5$ 、 $\text{CaO}$ を分析するときに必要な前処理操作において、試料、分析試薬の採取精度や分析規模が測定値に及ぼす影響を調べた。これは、栽培現場での分析を想定して行ったもので、供試液量が規定量であるものと±10%の誤差を含むものとを比較した。分析規模の比較では、試料及び添加試薬の量を規定規模の3/5、2/5に縮小し影響を調査した。

## Ⅲ 試験結果

### 1. 現地栽培シクラメンの土壌溶液及び葉柄搾汁液中の無機成分濃度の推移

供試したシクラメンの葉数は、5月から9月にかけて図1に示したように、ほぼ2～3日に1枚の割合で増加した。

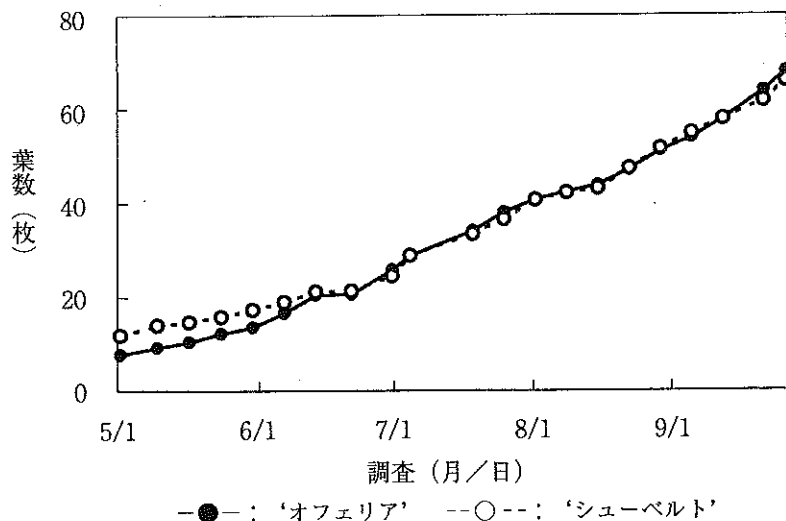


図1 シクラメン展開葉数の推移

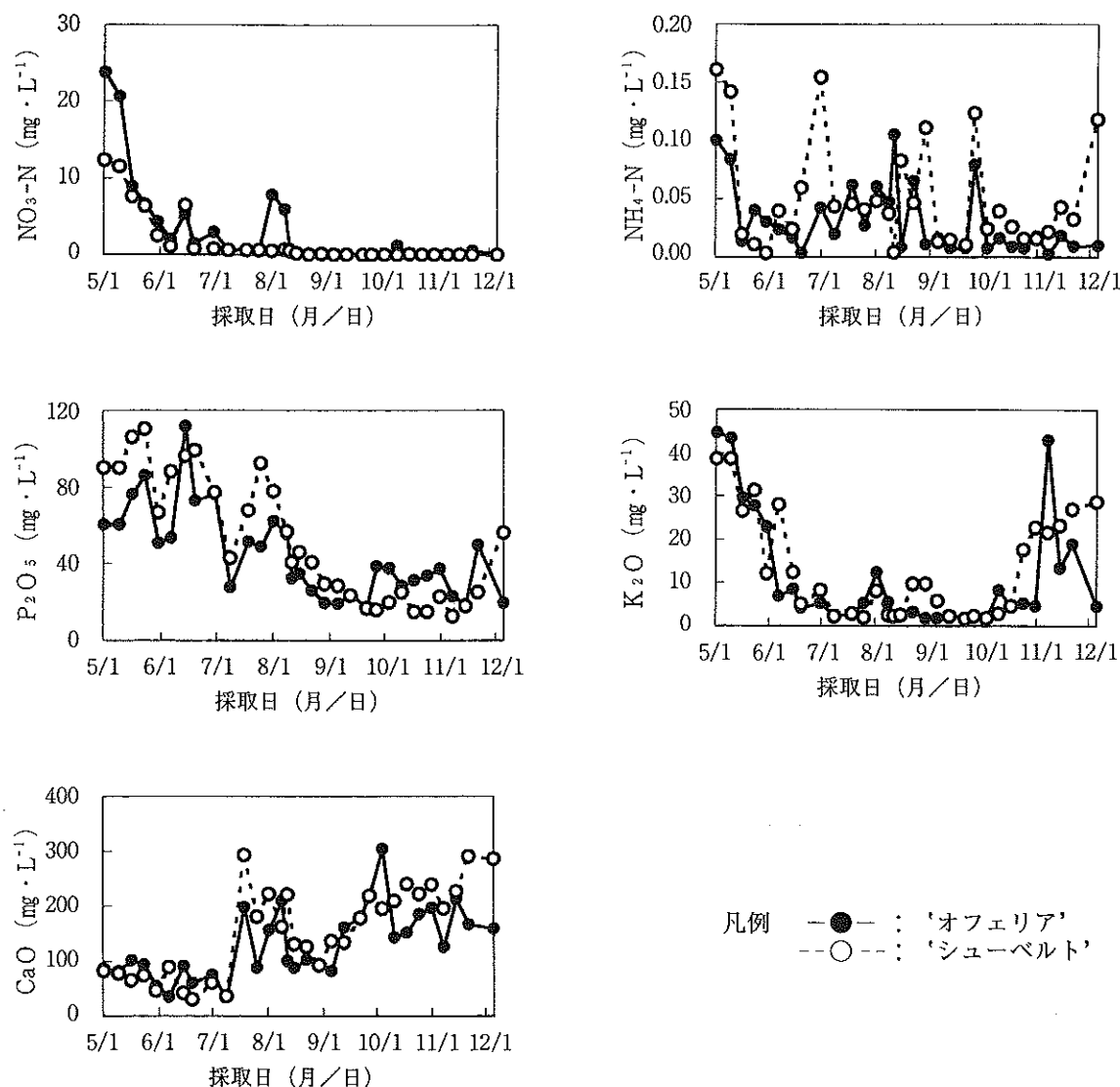


図2 土壌溶液中の無機成分濃度の推移

### 1) 土壌溶液中の無機成分濃度

1品種当たり3鉢から採取した土壌溶液に含まれる各無機成分の平均濃度の推移を図2に示した。3鉢の値はほとんどが平均値±25%の範囲内にあったが、まれに高濃度となる試料があった。その場合はこれを除外し2鉢の平均値を示した。いずれの成分とも、品種による濃度レベルの違いは明確でなかった。

NO<sub>3</sub>-Nの濃度範囲は0～23 mg · L<sup>-1</sup>であったが、シクラメンの生長とともに急速に濃度が低下し、5号鉢に移植した後の土壌溶液中にはほとんど残存しなかった。

NH<sub>4</sub>-Nは測定全期間を通して1 mg · L<sup>-1</sup>以下であり、土壌溶液中の濃度は低かった。

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>濃度はおおむね10～120 mg · L<sup>-1</sup>の範囲で推移したが、生育ステージの進行とともに漸減傾向を示した。

K<sub>2</sub>O濃度は初め45 mg · L<sup>-1</sup>前後であったが、漸減し6月中旬には約10 mg · L<sup>-1</sup>に低下した。その後、同レベルの濃度で推移したが10月下旬以降再び濃度が高くなった。

CaO濃度は3号鉢での栽培期間中20～100 mg · L<sup>-1</sup>で推移したが、5号鉢への移植後は100～300 mg · L<sup>-1</sup>の範囲内で漸増傾向にあった。

### 2) 葉柄搾汁液中の無機成分濃度

シクラメンの葉柄搾汁液に含まれる各無機成分濃度の推移を図3に示した。濃度変化のパタ

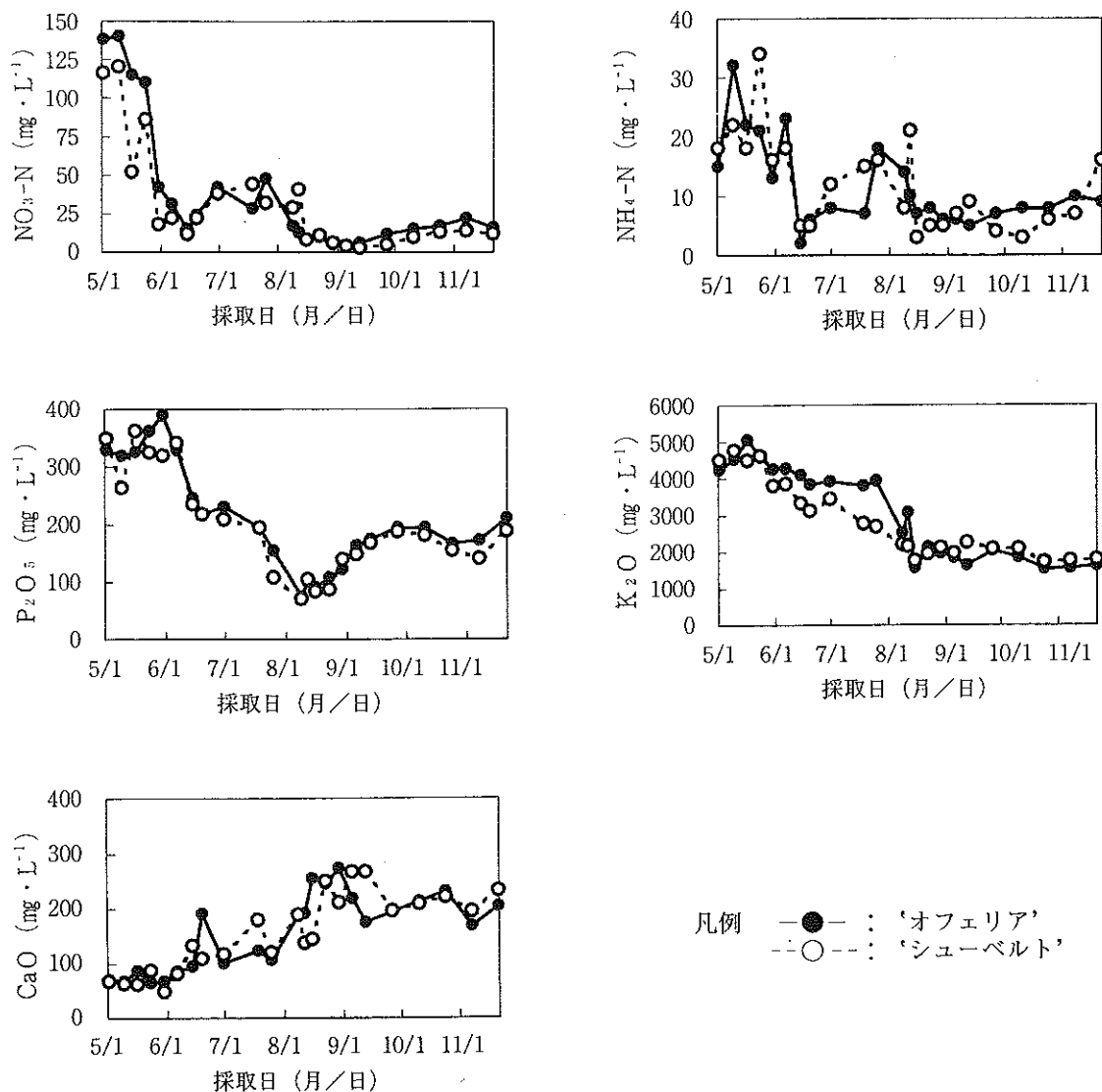


図3 シクラメン葉柄搾汁液中の無機成分濃度の推移

ーンは成分によって異なったが、品種による差は明確でなかった。

NO<sub>3</sub>-Nは、調査開始後5月下旬までは100mg・L<sup>-1</sup>前後の比較的高いレベルにあったが、6月から8月中旬にかけてはほぼ25~50mg・L<sup>-1</sup>の範囲にあり、それ以降は25mg・L<sup>-1</sup>以下に低下した。

NH<sub>4</sub>-Nはおおむね5~20mg・L<sup>-1</sup>の範囲内にあり、変動幅は小さかった。

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>濃度は5月から6月上旬にかけて300~400mg・L<sup>-1</sup>の範囲にあったが、その後漸減し8月上旬には約50mg・L<sup>-1</sup>まで低下した。以後上昇し9月上旬に150mg・L<sup>-1</sup>レベルに達した後は横這いとなった。

K<sub>2</sub>O濃度は調査開始当初4,000~5,000mg・L<sup>-1</sup>で

あったが、その後漸減し8月上旬には2,000mg・L<sup>-1</sup>前後に低下し、以後同レベルの濃度で推移した。

CaOはK<sub>2</sub>Oとは逆のパターンを示し、5月の初めは80mg・L<sup>-1</sup>であったのが、シクラメンの生長とともに次第に高くなり、9月上旬には約300mg・L<sup>-1</sup>となった。その後はやや濃度が低下し、ほぼ200mg・L<sup>-1</sup>レベルで推移した。

## 2. 小型反射式光度計による分析法の検討

小型反射式光度計で分析が可能な5成分について、常法による測定値との関係を図4に示した。いずれの成分とも、簡便法と常法との間には有意水準1%で相関があり、両者はよく合致

した。この関係は試料が土壌溶液でも、またシクラメン葉柄の搾汁液であっても同様であった。

次に小型反射式光度計による分析に伴う前処理において、供試液の採取量及び分析規模が測定値に及ぼす影響をそれぞれ表1及び表2に示した。NH<sub>4</sub>-Nは供試液量が10%増加または減少すると測定値もほぼ同じ割合で増減した。また

供試液及び添加試薬を規定量の3/5以下にすると測定値が低下し、繰り返しの伴う誤差は拡大した。一方、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>及びCaOは供試液量と測定値の大小に一定の傾向はなく、測定値の処理間差は小さかった。また、分析規模を2/5に縮小しても測定値に対する影響は小さかった。

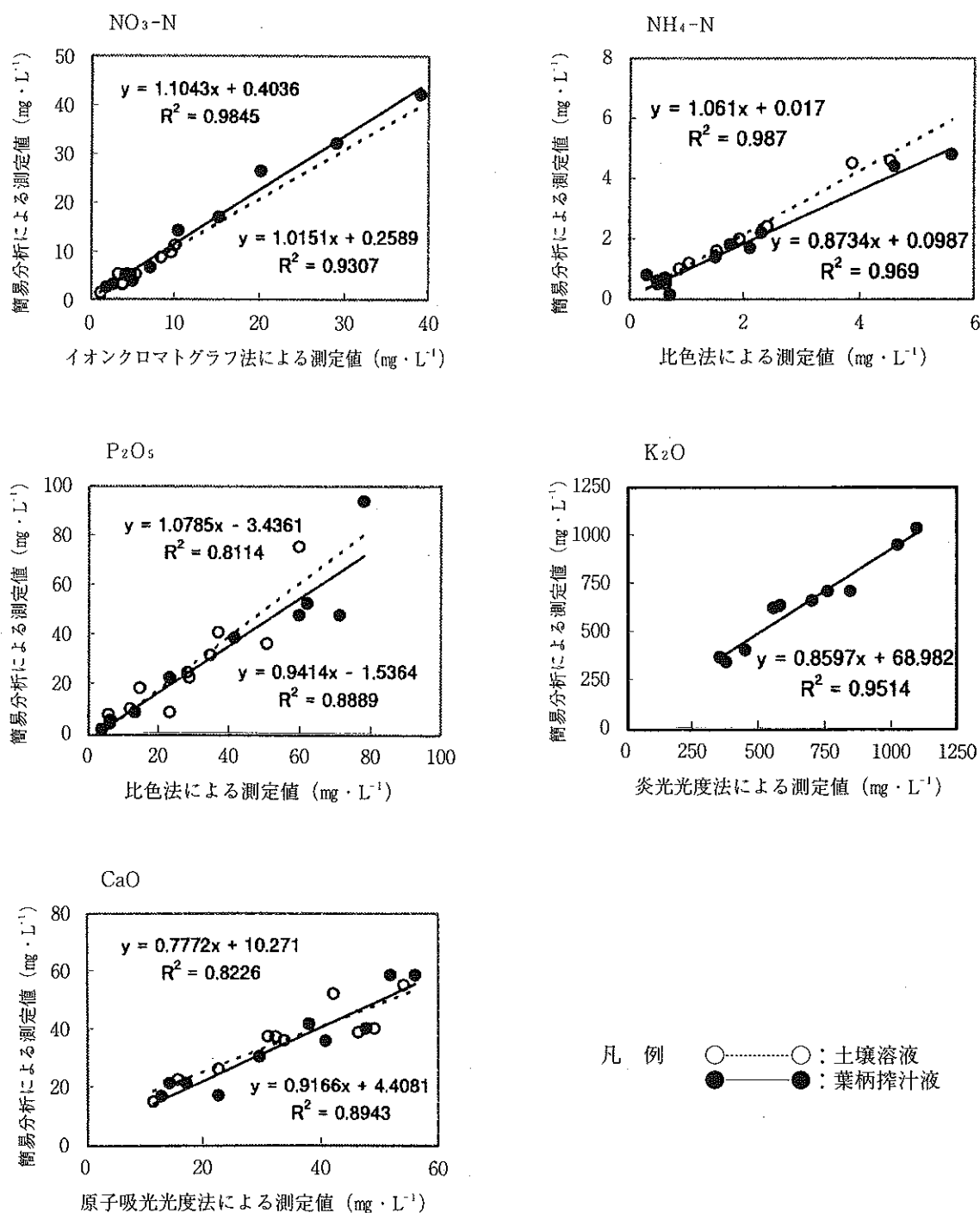


図4 無機成分濃度の測定値における小型反射式光度計を用いた簡易分析と常法との関係

表1. 小型反射式光度計を用いた簡易分析における供試液量と測定値

測定成分	試料濃度 ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	供試液量別の測定値 ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )		
		規定液量 <sup>a)</sup>	+10%	-10%
NH <sub>4</sub> -N	2	2.40 $\pm$ 0.04 <sup>b)</sup>	2.64 $\pm$ 0.08	2.08 $\pm$ 0.07
P	25	25.6 $\pm$ 0.5	24.6 $\pm$ 0.5	23.4 $\pm$ 0.5
Ca	10	10.4 $\pm$ 0.4	9.6 $\pm$ 0.1	10.4 $\pm$ 0.2

a) : NH<sub>4</sub>-H及びPは5 ml, Caは6 ml.b) : 5反復の平均 $\pm$ 標準誤差.

表2. 小型反射式光度計を用いた簡易分析における分析規模と測定値

測定成分	試料濃度 ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	供試液量別の測定値 ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )		
		規定液量 <sup>a)</sup>	3 / 5	2 / 5
NH <sub>4</sub> -N	2	2.40 $\pm$ 0.04 <sup>b)</sup>	1.54 $\pm$ 0.10	1.26 $\pm$ 0.12
P	25	25.6 $\pm$ 0.5	25.4 $\pm$ 1.2	25.2 $\pm$ 1.3
Ca	10	10.4 $\pm$ 0.4	10.2 $\pm$ 0.4	10.1 $\pm$ 0.5

a) : NH<sub>4</sub>-H及びPは供試液5 mlに試薬10滴添加, Caは供試液6 mlに10滴添加.b) : 5反復の平均 $\pm$ 標準誤差.

## IV 考 察

### 1. 現地栽培シクラメンの土壤溶液及び葉柄搾汁液中の無機成分濃度の推移

本報告で調査した農家はシクラメンの栽培経験が長く、生産物は市場で高い評価を得ている。施肥は液肥を主体にし、置肥を組み入れて省力化を図りつつ、きめ細かな管理がされていた。このため土壤溶液の各無機成分濃度に急激な変動はみられなかった。このことは根の活性をはじめ植物体を健全に保つ上で重要と推察される。

さて、シクラメン及び用土の養分管理については、栃木県（峰岸，1988）で葉柄から抽出した樹液による生育ステージ別の栄養管理指標及び用土の土壤溶液や排出液の栄養診断指標が示されている。また、神奈川県（郷間，1993）の栽培暦には土壤溶液のNO<sub>3</sub>-N濃度の基準が生育ステージ別に表示してある。それぞれ採取方法に若干の違いはあるものの診断に支障を来すほどではないと考えて、これらの指標、基準値と本報告の調査結果とを比較した。

まず養分管理上最も重要と考えられるNO<sub>3</sub>-Nをみると、土壤溶液中の濃度は栃木県では75～150 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ が適当であるとしている。また、神奈

川県では幼苗期から夏越え期までは、おおむね20～40 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ を、それ以降は50～100 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ を目標にしている。本県の事例では6月中旬以降はおおむね1 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 以下の低濃度で推移しており両県の値とは大きく異なった。一方、葉柄搾汁液のNO<sub>3</sub>-Nは「花らい発育伸長期」に当たる10月頃の濃度が栃木県の管理指標の1/2から1/4であった他は、各ステージとも同レベルであった。また、葉色は淡くなく植物体は必要量のNO<sub>3</sub>-Nを吸収しているものと考えられた。これらのことから土壤溶液中の濃度が低いのは供給量と吸収量が均衡した結果であり、必ずしも施肥量が不足しているわけではないと推察した。ただし、搾汁液中のNO<sub>3</sub>-N濃度が低かった「花らい発育伸長期」については好適濃度レベル及び施肥量について今後検討する必要がある。

NH<sub>4</sub>-NとK<sub>2</sub>Oも土壤溶液中の濃度が栃木県の好適指標値よりかなり低い反面、葉柄の搾汁液中には同レベルかそれ以上含まれていた。これについてもNO<sub>3</sub>-Nと同様の理由で問題はないと考えられる。

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>濃度は土壤溶液、搾汁液ともに好適指標値よりやや高く、CaOは土壤溶液、搾汁液とも好適指標値の濃度レベルにあった。

本報告で調査したシクラメンは、展開葉数や

葉色をみると概ね順調な生育経過を示したと考えられた。しかし、その土壌溶液組成や葉柄搾汁液中の濃度はCaOを除いて既往の診断指標の好適値とは異なった。これには、生産しようとする株の大きさや、用土の組成、肥培管理に対する考え方の相違が影響したものと推察される。したがって、既往の指標、基準値や本試験で調査したモデル農家の数値を絶対視するのは適切ではない。これらを参考にしつつ、生産者自らが測定データを蓄積してモデルを再構築し、日常の管理へのフィードバックを繰り返して、理想に近づけていくことが有効と考えられる。

## 2. シクラメンの土壌溶液及び葉柄搾汁液分析における小型反射式光度計の利用

品質の高い農作物を生産するためには、植物の養分吸収特性をふまえ、そのときの植物体や土壌の栄養状態に応じた肥培管理を行うことが重要である。近年、全国の先進的農家や産地では栽培開始前の土壌診断だけでなく、リアルタイム診断と呼ばれる考え方を導入している。これは土壌溶液や養液栽培の培養液、植物体の搾汁液などを栽培現場で分析し、結果をその後の施肥に反映させ品質向上に役立てようとするものである。栽培現場で実用性がある分析法の条件としては、操作が簡単で時間がかからないことや劇薬など取り扱いに注意を要すものを使用しないこと、さらに、分析経験の有無が測定値に影響しないことが求められる。

小型反射式光度計は、成分ごとに用意された専用の試験紙を試料液に浸して発色させ、これに光をあて反射光の強度から濃度を計算してデジタル表示するものである。その簡便さから尿検査など健康診断に利用されてきたが、最近では農業場面での利用も増えており、アスコルビン酸や硝酸態窒素の測定による農産物の品質チェック（建部ら、1994）や作物汁液の多成分分析に利用できること（井上ら、1997）が報告されている。分析項目によっては試験紙の発色の前処理に水酸化ナトリウムなどの劇薬を使用するが、専用容器から滴下するだけであり危険は少ない。

植物や土壌の栄養診断の根幹となるのは、分析対象部位及び分析成分の抽出方法である。栄

養状態を的確に反映し、対象植物の生育に対する悪影響の少ない部位や方法が望ましく、植物ごとに検討されている。シクラメンでは、峰岸（1988）の報告があり、展開後ある程度肥大した、最も旺盛な発育をしている葉の葉柄を用い、両端約1 cmを切除した後、これを2 mm程度にスライスし、その切片0.2 gに10倍量の水を加えたものを分析し、測定値の10倍を樹液濃度としている。また、土壌診断には土壌溶液及び排出液を用いている。ここでいう土壌溶液は乾土重の5倍量の蒸留水を加えて30分間振とう後、静置して得られる上澄液であり、排出液は水で飽和状態にした用土に50 mlの水を滴下し、鉢底から流出する液である。

本報告では、現場での0.2 g レベルの秤量は困難であると考え、葉柄切片の搾汁液を分析した。また、用土の養分診断には土壌溶液を供試することとした。伊藤（1982）は土壌溶液組成を指標にして液肥の施用を調節すれば、 $\text{NO}_3\text{-N}$ を中心とする培地の養分管理が可能としている。シクラメン栽培でも追肥は液肥が中心であるため、土壌溶液を診断対象とするのが適切と考えたからである。

小型反射式光度計のシクラメンの栄養診断への適応性を判定するにあたって、常法による分析値と小型反射式光度計の測定可能な濃度範囲とを比較した。その結果、土壌溶液の $\text{K}_2\text{O}$ は濃度が検出限界以下であるため測定できないが、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 及び $\text{P}_2\text{O}_5$ は原液のまま、また、土壌溶液のCaO及び葉柄搾汁液の $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{P}_2\text{O}_5$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ 、CaOは10倍に希釈した液で測定できると判断した。そこで、これらの成分について診断液の原液あるいは10倍希釈液を供試して常法による測定値と比較した結果、共存物質の影響は少なく、常法とよく合致する結果が得られた。

栽培現場での分析では、使用できる分析器具に制約があり、誤差を生じやすいので秤量や希釈などの操作は最小限にとどめたい。小型反射式光度計による $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{P}_2\text{O}_5$ 、CaOの分析では、前処理として一定量の診断液を専用容器に採取し、これに試薬を滴下する必要がある。診断液の採取時に生ずる誤差が測定値に与える影響を調べるために±10%の範囲で採取量を変化さ

せたところ、 $P_2O_5$ 、 $CaO$  ではほとんど問題にならなかった。一方、やや誤差が大きかった $NH_4-N$  に関しても、試料の濃度レベルが低いため、この程度の誤差によって誤った診断を下すおそれは小さいと判断した。

葉柄の搾汁液分析では供試液量も重要な問題である。5～7本の成長した葉柄から採取できる搾汁液量は多くても約2 mlであるため、これを10倍に希釈しても5成分を測定するとほとんど残らない。そこで、 $NH_4-N$ 、 $P_2O_5$ 、 $CaO$ の分析において、供試液及び添加試薬の量を減らすことによって分析規模を縮小し、測定値に対する影響を調べた。その結果、 $NH_4-N$ は測定値の低下が明らかで規模の縮小はできなかったが、 $P_2O_5$ 及び $CaO$ では影響が小さく、2/5までは縮小でき供試液の節約が可能であった。

以上のように小型反射式光度計を用いて、シクラメンの土壤溶液中の $NO_3-N$ 、 $NH_4-N$ 、 $P_2O_5$ 、 $CaO$ 濃度及び葉柄搾汁液の $NO_3-N$ 、 $NH_4-N$ 、 $P_2O_5$ 、 $K_2O$ 、 $CaO$ 濃度の測定が簡便にできることが明らかとなった。

## V 摘 要

シクラメン及び用土の養分状態を生産現場で診断する際の参考にするため、モデル農家において採取した土壤溶液並びに葉柄搾汁液の養分組成の推移について調査した。また、小型反射式光度計を用いた簡易分析手法について検討した。

1. 本県のシクラメン生産農家で採取した土壤溶液及び葉柄搾汁液中の無機成分濃度を、他県の栄養診断指標によって診断した。 $CaO$ は土壤溶液、搾汁液共に好適水準にあった。 $NO_3-N$ 、 $NH_4-N$ 及び $K_2O$ は土壤溶液中の濃度が好適水準を大きく下回る期間が多かったのに対し、搾汁液中の濃度は一部の期間を除いて概ね好適水準

にあった。 $P_2O_5$ は土壤溶液及び葉柄搾汁液中の濃度が好適水準をやや上回った。

2. 針型ポーラスカップで吸引採取した土壤溶液と葉柄搾汁液中の $NO_3-N$ 、 $NH_4-N$ 、 $P_2O_5$ 、 $K_2O$ 及び $CaO$ 濃度を、小型反射式光度計及び常法によって測定した結果、両者には1%水準で相関が認められた。

3. 小型反射式光度計による簡易分析において、通常の肥培管理で栽培したシクラメンの葉柄搾汁液の $NO_3-N$ 、 $NH_4-N$ 、 $P_2O_5$ 、 $K_2O$ 、 $CaO$ 及び土壤溶液の $CaO$ は採取液の10倍希釈液で測定できた。また、土壤溶液の $NO_3-N$ 、 $NH_4-N$ 及び $P_2O_5$ は原液のまま測定できたが、 $K_2O$ は検出限界以下で測定できなかった。

4. 小型反射式光度計による簡易分析によって上記の5項目を測定するためには、少なくとも2 mlの試料液が必要であるが、 $P_2O_5$ 及び $CaO$ は分析規模を2/5まで縮小でき、分析試料の節約が可能であった。

## 引用文献

- 郷間光安 (1993) 鉢ものの土壤溶液検定. 農業技術体系花卉編 2, 433-442.
- 井上勝弘・柳 龍煥・増田泰三・米山忠克 (1997) 作物汁液の多成分分析への小型反射式光度計の適応性. 土肥要旨集43, 123.
- 伊藤純雄 (1982) 土壤溶液組成の動態測定法と野菜の養分管理. 野菜試報A. 10, 169-184.
- 峰岸長利 (1988) シクラメンの簡易栄養診断に基づく施肥管理. 関東東海農業の新技术 5号, 250-255.
- 建部雅子・米山忠克 (1994) 栄養診断のためのメルク R Q flexによる硝酸、アスコルビン酸の簡易測定法. 土肥要旨集40, 108.
- 渡辺和彦 (1983) 野菜の要素欠乏と過剰症. タキイ種苗, 124.



### Summary

For the nutritional diagnosis on *Cyclamen* cultivated in Shimane Prefecture, mineral concentrations of the soil solutions and petiole juices which took sample in the model farm were measured, and these were compared with diagnostic criteria in the other prefectures. And the simplified analysis technique using Handy Reflecting Photometer (Merck RQ-flex) analysis system was examined.

1. CaO concentration in the soil solutions and petiole juices which took sample in this farm was in the suitable level. The concentration of  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  in the soil solutions in most period were considerably lower than the suitable level. However, these nutrients concentration in the petiole juices were approximately in the suitable level. And  $\text{P}_2\text{O}_5$  concentration in the soil solutions and the petiole juices was slightly higher than the suitable level.
2. There was the correlation between conventional method and simplified method at the 1 % level, when the the concentration of  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  and CaO in the the soil solution and the petiole juice were measured.