

4 . 土壌の化学性の測定

陽イオン交換容量 (CEC)、交換性塩基 (石灰、苦土、加里)、可給態リン酸及び可給態ケイ酸の分析法は SPAD 分析法による簡便法を記した。pH 及び EC の測定は土壌養分分析法委員会編「土壌養分分析法」に基づいている。

1) pH の測定

1) 原理

土壌に純水を加えて振とうした時、遊離してくる水素イオンの活量をガラス電極 pH メーターで測定する。

2) 分析手順

50mL スチロールびんに風乾細土 10g、純水 25mL を入れる。

栓をして、30 分間浸透する。

pH の測定を行う (電極を入れてから 30 秒位おいて読む)。

3) 注意点

測定値の表示は小数点以下 1 位までとする。

土壌と純水は 1 : 2.5 の割合で測定することが原則であるが、EC も同時に測定する場合は簡便法として 1 : 5 で測定してもそれほど pH 値に差がない。

(2) 電気伝導率 (EC) の測定

1) 原理

土壌を純水で浸出し、その電気伝導率を測定することによって、塩類濃度の過多を推定する。測定は 1cm^2 の 2 枚の電極板を 1 cm 間隔で溶液中においたとき、極間の電気抵抗値の逆数をこの溶液の比電気伝導率とよび、 S (ジーメンズ) / cm で表わせる。

温度が 1 上昇すると電気伝導率は約 2 % 増加するから、比電気伝導率の測定値は、通常 25 に補正して表示する。

2) 分析手順

100mL スチロールびんに風乾細土 10g、純水 50mL を入れる。

栓をして、60 分間浸透する。

電気伝導度計で測定する。

3) 注意点

測定値の表示は、 mS / cm で小数点以下第 2 位まで表示する。電気伝導度計によっては異なる単位で表示される場合がある。その場合には次の通り単位換算を行う。

$$1 \text{ mS} / \text{cm} = 1 \text{ mmoh} / \text{cm} = 1 \text{ dS} / \text{m} = 100\text{mS} / \text{m}$$

ほ場条件下での電気伝導率を正確に測定する場合は、未風乾土を供試する。この際、未風乾土の含水率を測定して、乾土と水の割合が 1 : 5 になるように純水を加える。

(3) 陽イオン交換容量 (CEC) の測定

1) 原理

陽イオン交換容量は土壌のもつ陰イオン電荷の総量をあらわすものである。この測定は、酢酸アンモニウム溶液を用い、土壌の交換基に飽和されている陽イオンをアンモニウムイオンで交換飽和させ、過剰の酢酸アンモニウムをアルコールで洗浄後、塩化カリウム溶液でアンモニウムイオンを交換浸出したものについて、アンモニウムイオンを定量し、陽イオン交換容量を求めるものである。なお、アンモニウムイオンの定量は、水酸化カリウム、フェノールおよびニトロプルシッドナトリウムの混合溶液と次亜塩素酸ナトリウム溶液を加え、インドフェノールの青色を発色させて比色をおこなうインドフェノール法である。

2) 分析試薬

交換試薬：pH 7 N - 酢酸アンモニウム

洗浄試薬：pH 7 80%メタノール

抽出試薬：10%塩化カリウム

CEC発色試薬A：フェノール、ニトロプルシッドナトリウム、EDTA・2Na混合溶液

CEC発色試薬B：0.1%次亜塩素酸ナトリウム

3) 分析手順

<準備>

ロートにシリコン管を取付け、押し棒を使って目皿、ろ紙リングを順に装填する。

ロート架にロートを取り付けシリコン管をピンチコックで閉じる。

ロートの紙垂に受器を置く。

<交換・抽出>

CEC用ロートに交換試薬 10mL をあらかじめ入れておく。

風乾細土 1g をロートに添加する。

15分間静置した後、ピンチコックを開放し、ろ過しながら受器に受ける。

洗浄試薬 5mL を加え、ロート内壁を伝わせながらロート内を洗浄する(1回目洗浄)。

同一の操作を繰り返し、液を完全に抜く(2回目洗浄)。

ロート内に抽出試薬 10mL 加える。

15分間静置した後、ろ過して受器に受け、抽出液とする。

抽出液 2mL を振とうびんに採取する。

<希釈・比色定量>

振とうびんに純水 23mL を加え、振とうびんの 25 の目盛りまで満たし、よく振とうする。

振とうびんから 0.5mL を吸い上げ別の試験管に移す。

試験管に純水 6mL を加える。

発色試薬 A 2mL を加え、よく振とうする。

発色試薬 B 2mL を加え、よく振とうする。

30分間静置し、比色計で測定する。

比色	
測定ランプ	PHOTO
モード	SOIL
項目	CEC
波長	640nm
測定濃度域	0 ~ 44.6me/100g 土壌

4) 注意点

交換から抽出を簡便法で操作した場合、土壌によっては抽出率が低くなる場合がある。

発色安定時間 2時間

発色試薬 A、B は要冷蔵

(4) 交換性石灰の測定

1) 原理

O C P C はアルカリ性で Ca^{2+} と錯体を形成し、紫赤色を呈するのでこれを測定する。本法は 8 - オキシキノリンを添加することにより、 Mg^{2+} の妨害を除去できるが、多量の Fe^{3+} に妨害される。

2) 分析試薬

抽出試薬：pH 7 N - 酢酸アンモニウム

石灰発色試薬原液 A：オキシキノリンを含む O C P C 溶液（要冷蔵）

石灰発色試薬原液 B：pH 11 緩衝液

石灰発色試薬：発色試薬原液 A を 1 に対して、同原液 B を 10 の割合で混合する。

使用当日調整

石灰ブランク用試薬：pH 7 N - 酢酸アンモニウム

3) 分析手順（簡便法）

風乾細土 1g を薬包紙にとる。

土が残らないようにはけを使って振とうびんに移す。

石灰抽出液(原液を 5 倍希釈)20mL を加える。

30 分間振とうし、ろ過する。

ろ液 0.2mL を試験管に採取する(ブランクはブランク用試薬を 0.2mL 分注する)。

石灰発色試薬 5mL 添加(ブランクも同様添加)。

比色(5 分後)

測定ランプ	PHOTO
モード	SOIL
項目	CaO
波長	570nm
測定濃度域	0 ~ 1,000mg/100g 土壌

4) 注意点

簡便法で抽出した場合の測定値は、常法による測定値より多少低めになる（80～90％）。

発色は温度の影響を受けるので20～30℃の室温で操作することが望ましい。

発色安定時間 2時間

発色試薬原液Aは要冷蔵

交換性石灰・苦土は分析感度が高いので、試験管類は十分に洗浄したものを使用する。

交換性石灰・苦土・加里の高濃度の希釈分析は必ずN-酢酸アンモニウムで希釈すること。

（5）交換性苦土の測定

1）原理

キシリジブルー1はアルカリ性で、 Mg^{2+} と錯体を形成し、赤紫色を呈するのでこれを測定する。カルシウム、マンガンも同様の反応をするがGEDTAによりその影響を除去できる。また、鉄、アルミニウムなどのイオンも発色を妨害するがトリエタノールアミンを添加することにより妨害を除去できる。

2）分析試薬

苦土発色試薬：GEDTA、トリエタノールアミンを含むpH 11.7キシリジブルー1溶液

苦土blank用試薬：pH 7 N-酢酸アンモニウム

3）抽出

交換性石灰に同じ

4）分析手順

ろ液0.2mLを試験管に採取する（blankはblank用試薬を0.2mL分注する）。

苦土発色試薬5mL添加（blankも同様添加）。

比色（20分後）

測定ランプ PHOTO

モード SOIL

項目 MgO

波長 515nm

測定濃度域 0～100.0mg/100g 土壌

5）注意点

簡便法で抽出した場合の測定値は、常法による測定値より多少低めになる（90～95％）。

発色は温度の影響を受けるので、15℃以下で操作するときには、静置時間を30～40分に延長しておこなう。

発色安定時間 2時間

（6）交換性加里の測定

1）原理

フレームフォトメーターを使用した炎光光度法によって測定する。

2) 分析試薬

加里 100 合わせ用試薬：K₂O 50ppm 標準液 (pH 7 N - 酢酸アンモニウム溶液)

加里ブランク用試薬：pH 7 N - 酢酸アンモニウム

3) 抽出

交換性石灰に同じ

4) 分析手順

抽出る液を直接炎光光度法によって測定

測定ランプ FLAME

モード SOIL

波長 768nm (加里干渉フィルター挿入)

測定濃度域 0 ~ 100.0mg / 100g 土壌

5) 注意点

試料液等の中に異物があると SHIPPING チューブに目づまりをおこすので注意する。

高濃度の場合の希釈は必ず抽出試薬 (pH 7 N - 酢酸アンモニウム) を使用する。

(7) 可給態リン酸の測定 (トルオーグ法)

1) 原理

リン酸イオンがモリブデン酸アンモニウムおよび酒石酸アンチモニルカリウムと反応して生成するヘテロポリ化合物をアスコルビン酸で還元し、生成したモリブデン青を測定する。Cl⁻、SO₄²⁻などのイオンが多量に存在しても妨害しないが、ひ素は同様の発色をして妨害する。また、Fe³⁺は多量に存在するとモリブデン青を退色させるが、アスコルビン酸の添加量を多くすることにより、妨害を除去できる。

2) 分析試薬

トルオーグ法リン酸発色試薬原液 A：モリブデン酸アンモニウムと酒石酸アンチモニルカリウムを含む硫酸酸性溶液

トルオーグ法リン酸発色試薬 B：アスコルビン酸粉末を蒸留水で溶解

発色試薬：発色試薬原液 A 20mL に発色試薬原液 B を試薬マス大 (1mL カップ) にすり切り一杯加えて溶かす。(使用当日調整)

抽出試薬：0.002 N - 硫酸

3) 分析手順

風乾細土 0.5g を 120mL スチロールびんに入れ、抽出液 100mL を加える。

30 分間振とうし、No.5B のろ紙でろ過し、ろ過する。

低濃度測定の場合、試験管にろ液 8mL を採取、純水 6mL を加える。

高濃度測定の場合、試験管にろ液 2mL を採取、純水 6mL を加える。

リン酸発色試薬 1mL を添加する(ブランクも同様添加)。

比色(10 分後)

測定ランプ	PHOTO
モード	SOIL
項目	Tr - P ₂ O ₅ (L) 低濃度測定時 Tr - P ₂ O ₅ (H) 高濃度測定時
波長	710nm
測定濃度域	低濃度測定 0 ~ 50.0mg/100g 土壌 高濃度測定 0 ~ 200 mg/100g 土壌

4) 注意点

測定濃度域によって、ろ液の採取量が異なるので注意する。

発色安定時間 24 時間

発色試薬原液 A は医薬用外劇物なので注意する。

(8) 可給態ケイ酸の測定

1) 原理

ケイ酸は酸性溶液中でモリブデン酸アンモニウムと反応し、黄色のけいモリブデン酸を生成する。これをアスコルビン酸で還元すると青色のけいモリブデン酸青となるので、これを測定する。リン酸もけい酸と同様の反応をして、りんモリブデン酸黄を生成するが、酒石酸を添加することによりこれを分解して妨害を除去できる。

2) 分析試薬

けい酸発色試薬 A : モリブデン酸アンモニウムの塩酸酸性溶液 (要冷蔵)

けい酸発色試薬 B : 酒石酸溶液

けい酸発色試薬 C : アスコルビン酸粉末

けい酸ブランク用試薬 : pH 4 N - 酢酸ナトリウム

抽出試薬 : pH 4 N - 酢酸ナトリウム

3) 分析手順

風乾細土 5g を 120mL スチロールびんに入れ、抽出液 50mL を加える。

時々振とうしながら、抽出し(40、5 時間)、ろ過する。

ろ過液 0.5mL を試験管に採取し、純水 8mL を加える。

発色試薬 A を 1mL 添加し、20 分放置する(ブランクも同様に添加)。

発色試薬 B を 1mL 添加し、3 分放置する(ブランクも同様に添加)。

発色試薬 C を試薬さじ(小)にすり切り一杯加え、5 分間放置する。

比色(10 分後)

測定ランプ	PHOTO
モード	SOIL
項目	SiO ₂
波長	810nm
測定濃度域	0 ~ 100.0mg/100g 土壌

4) 注意点

発色試薬操作中、発色試薬Bを加えた後、放置時間が長すぎるとけいモリブデン酸をも分解して誤差を生じるので、所定の時間を守ること。

(9) 土壌の酸度矯正法

1) 酸性土壌の矯正

測定手順

乾土 100g の土壌をビニールシート上にひろげ、炭カルなどを 0.1、0.2、0.4g と量をかえて添加し、最大容水量の 60 ~ 65 %となる純水を加えて、500mL ビーカーに入れる。ポリフィルムでふたをし、よく混ぜて3 ~ 5日放置する。純水 200mL を加え 攪拌し、30分してから pH を測定する。

* 土壌は水分 W % とすると、 $10,000 / (100 - W)$ で乾土 100g 相当となる。

* 簡易な容水量の求め方：ろうとにろ紙を入れて純水でよくぬらし、水がたれなくなってから全体の重量を測定する(重量 A)。その後、ろうとに土壌 30g を入れて十分に純水を加え、水がたれなくなってから全体の重量を測定する(重量 B)。

$$\text{容水量 (\%)} = \frac{0.3 \times \text{供試土壌の水分 (\%)} + (B - A - 30)}{B - A} \times 100$$

添加量の求め方

アルカリ資材の添加量と測定した pH との関係を図 - 1 のように示し、図から希望する pH に矯正するのに必要なアルカリ資材の量を求める。土壌の仮比重が 1 の場合、乾土 100g 当たり 0.1g のアルカリ資材は 10a で深さ 10cm の乾土量に換算すると 100kg に相当する。

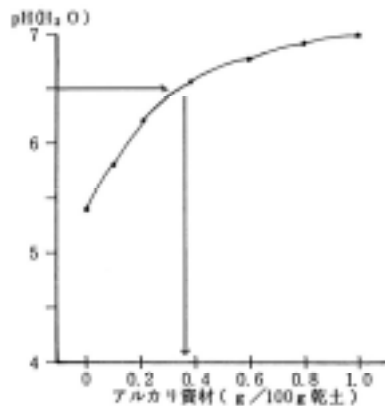


図-1 アルカリ資材添加量と pH の関係

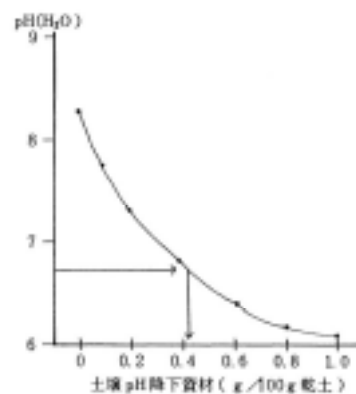


図-2 土壌 pH 降下資材添加量と土壌 pH の関係

2) アルカリ性土壌の矯正

土壌がアルカリ性で pH を下げる必要がある場合には、希硫酸や硫黄粉末もしくは土壌 pH 降下資材を添加し、土壌が酸性の場合と同様に処理して 10a 当たりの資材添加量を求める。硫黄粉末や土壌 pH 降下資材は固体資材であり、アルカリ資材の場合とまったく同様にして求めることができるが、希硫酸の場合には以下に述べる操作が必要である。

試薬

5%硫酸：水約 900mL に硫酸 50g を加え、冷えてから更に水を加え 1000mL とする。

処理手順

乾土 100g 相当の土壌をビニールシート上にひろげ、5 %硫酸を 1、2、3、4、8、16mL と量をかえて添加し、水で最大容水量の 60 %に調整し混合してから 500mL ビーカーに入れ、ポリフィルムでふたをし一晩放置する。水 200mL を加え攪拌し、30 分してから pH を測定する。

添加量の求め方

土壌が酸性の場合と同じく、図 - 2 のように示して添加必要量を求め、10a 当たりに換算する。

3) 注意事項

土壌により緩衝能が異なるので、土壌ごとに添加試験をした方が正確である。

添加試験はビニール袋で行ってもよい。土の量を 1kg とすると添加資材をグラム単位にすることができる。pH を測定するときは、その一部を供試する。

硫黄粉末は冬の低温期間中は pH 降下に必要な微生物反応が期待できず、効果を発揮できない。希硫酸と土壌 pH 降下資材は季節を問わず速効的である。

本県の土壌は元来微酸性である。土壌がアルカリ化し pH 降下を必要とするような場合は、土壌改良資材の二重投資となり大変不経済である。いつも適正域に維持できるよう、改良に心がけることが大切である。

(10) RQフレックスによる硝酸イオン迅速分析法

1) 原理

サンプル中の硝酸は還元剤によって亜硝酸になり、酸性バッファー中で生じた亜硝酸と芳香族アミンが反応し、ジアゾニウム塩を生成する。ジアゾニウム塩はN - (1 - ナフチル) - エチレンジアミンとアゾカップリングし、赤紫色のアゾ化合物を生成する。この呈色部分に光を当て、その反射光の強さからサンプル中の硝酸の濃度を測定する。

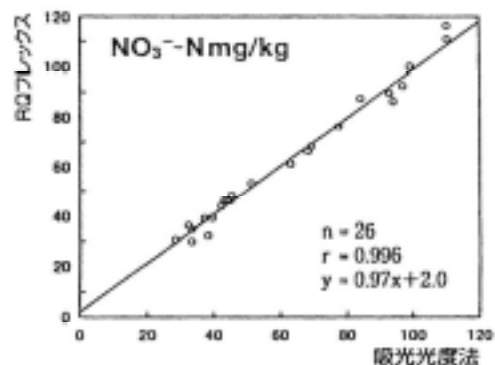
2) 分析機器

小型反射式光度計 (RQフレックス) は試験紙と小型反射式光度計がセットになっている。試験紙のロットごとに波長の補正や検量線が書き込まれたバーコードを用いて、条件設定を行い、濃度を読みとるもので、携帯用として現場での診断が可能である。

測定方法は、試験紙を試料に浸すのと同時に光度計のスタートスイッチを押す。反応時間終了 5 秒前を知らせるアラーム音が鳴ったら、試験紙を光度計のアダプターにはさみ測定する。

測定結果は画面に表示される。

RQフレックスと機器分析との相関性



3) 分析手順

乾燥した土壌10gをビーカー等にとる。

純水 50mL を加え、充分にかくはんする。

土壌溶液をろ過する。

ろ過をRQフレックスで測定する。

4) 計算式

$$\text{NO}_3\text{イオン mg} / \text{乾土 kg} = \text{RQ測定値} \times 5$$

5) 注意点

高濃度 (225ppm 以上) の場合は希釈し、希釈倍率を測定値に掛ける。

土壌中のリン酸、石灰、苦土、カリはそれぞれSPADと同じ抽出液で同様に前処理を行い、RQフレックスにて測定。一方、ブランクも測定し、定量値から差し引く。

(11) 汁液診断

近年、小型反射式光度計 (RQフレックス) による簡易な栄養診断が注目されている。特に、野菜や花の葉柄部分に硝酸態窒素が多いことから、この部位を用いたリアルタイムの栄養診断が検討されている。特に、果菜類やバラ等で汁液中の硝酸濃度の適正な目安が報告されている。(地域重要研究成果報告:「リアルタイム土壌溶液・栄養診断による施設園芸作物の効率的肥培管理システムの開発」(1995))

群馬県は専門技術員調査研究、農業技術センターの調査により若干の知見が得られたので併せて紹介する。

1) 採取部位

- キュウリ : 14 ~ 16 節の本葉の葉柄、または、側枝第一葉の葉柄
- トマト : ピンポン玉程度に肥大した果実周辺の葉の葉柄
- ナス : 最新の展開葉から 3 葉目の葉柄
- イチゴ : 最新の展開葉から 3 葉目の葉柄
- バラ : 採花枝の下から 3、4 枚目の 5 枚葉の葉柄
- キク : 展開葉からその下の 3 枚目間での葉

2) 汁液の採取方法

キュウリ、トマト、シクラメン等は葉柄中の汁液が多いので、1cm 程度にカッターナイフで切ってニンニク搾り器で搾る。

バラは葉柄中の汁液が少ないので、葉柄部分を切り取り、それを 2mm 程度に切って 30 倍量の純水を加えて乳鉢で摩砕し、ろ過して汁液を採取する。

キクは葉をみじん切りにし、20 倍量の純水を加えて乳鉢で摩砕し、ろ過して汁液を採取する。

3) 測定方法 (小型反射式光度計 (RQフレックス) システム)

硝酸イオン : 試験紙を適正な倍率に希釈した試料に 2 秒間浸し、同時に光度計のスタートスイッチを押す。反応時間終了 5 秒前を知らせるアラーム音が鳴ったら、試験紙を光度計のアダプターにはさみ込み、画面に表示された測定値を読む。

その他イオン：RQフレックスの測定マニュアルに従って測定する。

4) 診断の目安

汁液診断はまだ試験例が少なく、現在のところ、埼玉県園芸試験場等の報告を参考にしているが、バラ・キクについては群馬県の結果を用いた。

表-1 バラの適正な葉色値と葉柄汁液中養分濃度

項目	月	品 種							
		ローローゼ	ブレス	シモナ	ティネク	トホネ	マリオネット	パニティ	
葉色	9月	45 ~ 47	44 ~ 47	42 ~ 44	44 ~ 46	43 ~ 50	45 ~ 46	49 ~ 51	
	12月	45 ~ 49	46 ~ 50	44 ~ 47	45 ~ 48	45 ~ 48	46 ~ 49	50 ~ 53	
	2月	45 ~ 48	49 ~ 52	42 ~ 43	44 ~ 48	43 ~ 50	46 ~ 48	50 ~ 53	
	3月	44 ~ 49	48 ~ 50	47 ~ 49	46 ~ 49	47 ~ 49	45 ~ 49	47 ~ 50	
	4月	45 ~ 49	49 ~ 50	51 ~ 52	46 ~ 50	51 ~ 52	43 ~ 47	46 ~ 52	
	5月	45 ~ 48	45 ~ 48	47 ~ 49	47 ~ 50	47 ~ 49	45 ~ 49	54 ~ 57	
	6月	45 ~ 49	45 ~ 50	51 ~ 51	48 ~ 48	51 ~ 51	46 ~ 47	52 ~ 57	
硝酸 NO ₃ (mg/L)	9月	400 ~ 700	200 ~ 800	1000 ~ 1800	400 ~ 1400	300 ~ 1000	700 ~ 1200	1200 ~ 1800	
	12月	400 ~ 1000	300 ~ 900	800 ~ 1600	700 ~ 1400	500 ~ 1400	700 ~ 1300	800 ~ 1500	
	2月	200 ~ 400	400 ~ 600	700 ~ 1000	700 ~ 1400	400 ~ 1400	700 ~ 1300	1100 ~ 1400	
	3月	200 ~ 500	300 ~ 700	1000 ~ 2100	700 ~ 1400	100 ~ 500	600 ~ 1200	900 ~ 1500	
	4月	100 ~ 400	300 ~ 700	300 ~ 700	400 ~ 500	100 ~ 200	300 ~ 500	800 ~ 1500	
	5月	100 ~ 500	100 ~ 600	600 ~ 800	300 ~ 800	300 ~ 400	400 ~ 700	800 ~ 1200	
	6月	200 ~ 500	100 ~ 600	300 ~ 600	600 ~ 1000	700 ~ 900	700 ~ 1300	800 ~ 1200	
リン酸 P ₂ O ₅ (mg/L)	9月	200 ~ 400	100 ~ 400	200 ~ 500	600 ~ 900	100 ~ 400	200 ~ 400	300 ~ 500	
	12月	100 ~ 500	100 ~ 400	200 ~ 600	300 ~ 800	100 ~ 600	100 ~ 500	200 ~ 600	
	2月	100 ~ 300	100 ~ 200	100 ~ 300	300 ~ 800	100 ~ 600	100 ~ 300	300 ~ 500	
	3月	100 ~ 700	200 ~ 500	300 ~ 900	600 ~ 1200	100 ~ 500	500 ~ 700	200 ~ 600	
	4月	100 ~ 300	100 ~ 300	200 ~ 400	300 ~ 400	100 ~ 200	200 ~ 300	200 ~ 600	
	5月	100 ~ 400	100 ~ 300	400 ~ 600	200 ~ 700	200 ~ 400	100 ~ 300	300 ~ 600	
	6月	200 ~ 500	100 ~ 400	200 ~ 700	700 ~ 1000	400 ~ 500	300 ~ 500	300 ~ 600	
カリウム K (mg/L)	9月	4000 ~ 5000	5000 ~ 6000	5100 ~ 5700	4000 ~ 4500	4000 ~ 5000	4000 ~ 6500	5000 ~ 6000	
	12月	4000 ~ 5500	5000 ~ 6500	4300 ~ 6600	4000 ~ 6000	4500 ~ 5500	5000 ~ 6000	5000 ~ 6500	
	2月	4000 ~ 5000	6000 ~ 8000	5700 ~ 7100	4000 ~ 6500	4500 ~ 5500	5000 ~ 5500	5500 ~ 7000	
	3月	3500 ~ 5000	4500 ~ 7500	4700 ~ 6800	5000 ~ 6500	4500 ~ 5500	5000 ~ 5500	6000 ~ 7500	
	4月	3500 ~ 4500	6500 ~ 7000	5300 ~ 5900	4000 ~ 5000	3500 ~ 4500	4000 ~ 6500	5000 ~ 7000	
	5月	3500 ~ 6000	4500 ~ 6500	5300 ~ 6500	4000 ~ 5000	4500 ~ 5500	4500 ~ 5000	4500 ~ 6500	
	6月	4000 ~ 5000	4500 ~ 6500	5200 ~ 6600	4500 ~ 5000	4500 ~ 5500	4500 ~ 5500	4500 ~ 6500	

注) ミナレットの葉色素計による 群馬県専技調査研究(1997)をもとに、群馬県園芸試験場調査結果(1998~2000)の結果を加えて補強

表-2 キクの適正な葉の汁液中養分濃度(微量要素) (群馬県農業技術センター)

定植後日数	鉄(mg/L)		マンガン(mg/L)		亜鉛(mg/L)	
	輪ギク	スプレーギク	輪ギク	スプレーギク	輪ギク	スプレーギク
2週	6.9 ~ 8.7	3.4 ~ 6.8	1.6 ~ 2.9	3.6 ~ 6.7	2.6 ~ 4.4	1.9 ~ 4.4
4週	3.1 ~ 4.6	1.9 ~ 4.3	1.0 ~ 2.1	1.4 ~ 3.5	2.3 ~ 6.2	1.1 ~ 3.9
6週	2.7 ~ 3.5	2.4 ~ 4.7	0.8 ~ 1.8	1.2 ~ 5.0	1.9 ~ 4.9	2.1 ~ 4.5
8週	3.9 ~ 5.0	2.2 ~ 5.9	0.9 ~ 2.8	1.1 ~ 4.0	2.6 ~ 6.1	2.0 ~ 6.9
発蕾	2.6 ~ 4.2	2.0 ~ 5.3	1.1 ~ 2.4	1.2 ~ 3.4	3.3 ~ 9.3	1.6 ~ 6.5
12週	1.8 ~ 5.1	1.7 ~ 4.4	1.1 ~ 2.3	1.7 ~ 4.1	4.3 ~ 8.2	1.6 ~ 3.7
収穫	1.2 ~ 3.9	1.6 ~ 3.5	1.6 ~ 3.6	1.3 ~ 4.4	3.5 ~ 7.5	1.4 ~ 2.7

展開葉から下3枚目までの葉をみじん切りにし、乳鉢ですり潰す。

輪ギクは東毛世域の9月定植の施設栽培、スプレーギクは吾妻世域の6月定植の雨よけハウス栽培が対照。

表-3 キクの適正な葉の汁液中養分濃度(多量要素)

養分 (mg/L)	定植後 日数	輪ギク	スプレーギク				
		精興の誠	ヨコオ	ゴ-ルダ-ン-ポン	嵯峨の秋	舞風車	ハ件ガ
硝酸 NO ₃	2週	3000 ~ 4000	2000 ~ 3000	5000 ~ 2000	1000 ~ 2500	1000 ~ 5500	1000 ~ 4000
	4週	3500 ~ 4500	5000 ~ 8500	1500 ~ 5000	3500 ~ 4500	2000 ~ 6000	3000 ~ 4000
	6週	2000 ~ 3000	4000 ~ 6500	2500 ~ 5000	2000 ~ 3000	3000 ~ 4000	1500 ~ 5500
	8週	2500 ~ 3000	4000 ~ 7000	1000 ~ 2000	2000 ~ 3000	2000 ~ 4500	1500 ~ 3000
	発蓄	2000 ~ 4000	4000 ~ 7000	1500 ~ 2500	500 ~ 1500	2500 ~ 4500	2500 ~ 4500
	1 2週	1500 ~ 3500	4000 ~ 7000	1500 ~ 2500	2500 ~ 4000	2000 ~ 6000	3000 ~ 7000
	収穫	1500 ~ 4000	500 ~ 2000	500 ~ 2000	2500 ~ 4000	1500 ~ 6500	4000 ~ 5000
リン酸 PO ₄	2週	400 ~ 550	450 ~ 650	600 ~ 800	100 ~ 300	650 ~ 800	550 ~ 850
	4週	450 ~ 700	200 ~ 300	400 ~ 550	250 ~ 300	450 ~ 600	350 ~ 450
	6週	200 ~ 450	150 ~ 400	550 ~ 800	150 ~ 200	500 ~ 650	700 ~ 850
	8週	300 ~ 400	450 ~ 750	550 ~ 900	150 ~ 200	550 ~ 700	650 ~ 950
	発蓄	200 ~ 500	350 ~ 700	550 ~ 900	350 ~ 800	500 ~ 700	700 ~ 1000
	1 2週	150 ~ 400	450 ~ 650	600 ~ 900	200 ~ 250	450 ~ 850	650 ~ 750
	収穫	100 ~ 800	300 ~ 500	400 ~ 650	100 ~ 250	400 ~ 600	400 ~ 650
カリ K	2週	4500 ~ 8500	5000 ~ 9000	5500 ~ 9500	6000 ~ 8000	6000 ~ 7000	4500 ~ 5500
	4週	6000 ~ 7000	10500 ~ 11500	8000 ~ 9000	9000 ~ 11500	6500 ~ 9000	5000 ~ 7500
	6週	5500 ~ 7000	7000 ~ 8500	6500 ~ 8500	6000 ~ 9000	7500 ~ 8500	7000 ~ 9000
	8週	5000 ~ 7500	7500 ~ 8500	7500 ~ 8500	8500 ~ 9000	7000 ~ 8000	6500 ~ 7500
	発蓄	5000 ~ 6500	7500 ~ 9000	8000 ~ 10000	8000 ~ 11000	7000 ~ 8500	7000 ~ 7500
	1 2週	6000 ~ 7500	6500 ~ 10000	7000 ~ 11000	11500 ~ 13500	5000 ~ 9500	6500 ~ 9000
	収穫	7000 ~ 7500	7500 ~ 8000	9500 ~ 9600	11500 ~ 12500	7500 ~ 11000	7500 ~ 10500
カルシウム Ca	2週	400 ~ 950	550 ~ 1250	150 ~ 1000	400 ~ 1250	550 ~ 1300	550 ~ 1250
	4週	700 ~ 900	400 ~ 550	200 ~ 400	400 ~ 600	300 ~ 550	250 ~ 1000
	6週	600 ~ 800	350 ~ 500	220 ~ 400	500 ~ 750	400 ~ 600	600 ~ 900
	8週	600 ~ 1000	300 ~ 450	150 ~ 450	350 ~ 650	300 ~ 550	450 ~ 600
	発蓄	550 ~ 1050	250 ~ 500	300 ~ 500	400 ~ 700	450 ~ 600	450 ~ 700
	1 2週	600 ~ 1100	250 ~ 450	300 ~ 500	550 ~ 1550	450 ~ 1000	1050 ~ 1800
	収穫	1150 ~ 1900	550 ~ 750	750 ~ 1200	1200 ~ 1950	950 ~ 1500	1500 ~ 2450
マグネシウム Mg	2週	300 ~ 500	300 ~ 600	150 ~ 450	150 ~ 400	250 ~ 350	200 ~ 300
	4週	400 ~ 500	150 ~ 350	200 ~ 350	150 ~ 250	150 ~ 200	150 ~ 200
	6週	350 ~ 450	250 ~ 350	150 ~ 300	150 ~ 250	150 ~ 300	200 ~ 250
	8週	350 ~ 450	150 ~ 350	150 ~ 300	150 ~ 250	150 ~ 300	200 ~ 250
	発蓄	350 ~ 650	300 ~ 350	150 ~ 300	200 ~ 250	150 ~ 250	250 ~ 300
	1 2週	350 ~ 600	250 ~ 350	450 ~ 550	250 ~ 300	150 ~ 350	250 ~ 300
	収穫	450 ~ 750	350 ~ 500	200 ~ 500	200 ~ 300	150 ~ 500	250 ~ 550

表 - 4 汁液診断の硝酸濃度の目安

作物名	作型及び収穫期間	測定部位	硝酸濃度(硝酸態窒素濃度)	備考
キュウリ	半促成 3月下旬～6月下旬	14～16節の葉または側枝葉	4月上旬：3500～5000ppm (790～1130ppm) 5～6月：900～1800ppm (200～4100ppm) 6月以降：500～1500ppm (110～340ppm)	*
	促成 9月中旬～11月中旬		収穫全期間：3500～5000ppm (790～1130ppm)	
トマト	促成 12月中旬～2月上旬 半促成 5月中旬～7月上旬	ピンポン玉程度に肥大した果実周辺の葉柄	収穫全期間：1500～3000ppm (340～680ppm) 収穫全期間：1000～2000ppm (230～450ppm)	*
	促成 2月下旬～7月上旬	収穫果実周辺の小葉柄	1～2月：4000～5000ppm (900～1100ppm) 3～4月：1800～3600ppm (410～810ppm) 5～6月：500～1500ppm (110～340ppm)	
ナス	露地 7月上旬～10月上旬	最新の展開葉から3葉目の葉柄	7月上旬まで：3500～5000ppm (790～1130ppm) 8月上旬以降：2200～3600ppm (500～810ppm)	六本木 (1993)
			7月上旬まで：(800～1200ppm) 8月上旬以降：(500～800ppm)	
イチゴ	促成 12月下旬～5月上旬	最新の展開葉から3葉目の葉柄	11月上旬～1月上旬：1700～2600ppm (380～590ppm) 2月下旬まで：1300～2200ppm (290～500ppm) 4月上旬まで：900～1800ppm (200～410ppm)	六本木

*は、地域重要研究成果報告「リアルタイム土壤溶液・栄養診断による施設園芸作物の効率的肥培管理システムの開発」(1995)による。

5) シクラメンの樹液(汁液)診断

群馬県農業技術センターが作成したシクラメンの樹液(汁液)診断に基づく施肥管理技術を以下にまとめた。

基本的考え方

シクラメンの樹液中に存在する硝酸態窒素濃度は、根から吸われた窒素と、葉で同化され、有機化された窒素の収支が現れていると考えている。葉で同化される窒素のスピードは光合成によって支配されているため、シクラメンの光合成条件が良いほど窒素の有機化が進み、樹液中硝酸態窒素濃度は下がる傾向になる。反対に、光合成に適さない高温や、葉温を上げる強日照条件が続くと、上がる傾向となる。気候は人為的に操作することはできないため、樹液診断に基づく施肥管理とは、その年ごとの気候に見合った、言い換えると年ごとの光合成速度に見合った施肥量を、樹液中の硝酸態窒素濃度から判断し、不足分を補っていくという技術である。

樹液採取部位

完全展開した直後の葉柄を採取し、ニンニク搾り器で搾汁したものをを用いる。個体差による影響を

少なくするため5鉢程度から葉柄を採取する。

樹液分析をする成分

樹液診断をする成分は、施肥管理に診断値に基づき処方として反映できるものである。K₂Oは窒素と同じ割合で施肥管理をしていれば、樹液値が大きく変化することがないことから、NO₃-NとP₂O₅を週1回程度測定する。

樹液中の硝酸態窒素と芽の動き

シクラメン樹液中の硝酸態窒素濃度は芽の動きと密接な関係があり(表-5)、それによって花芽が優先となるか葉芽が優先となるかの方向性が決定されると考えられる。

表-5 シクラメン樹液中の硝酸態窒素濃度と芽の動きの関係

硝酸態窒素濃度	芽の動き	
0 ~ 25ppm	生育停滞、花芽も葉芽も動きが悪い	
25 ~ 50ppm	花芽優先の動き	
50 ~ 100ppm	花芽・葉芽が分化	花芽優勢 ↑ ↓ 葉芽優勢
100 ~ 200ppm		
200 ~ 300ppm	芽の生育が最も旺盛。見かけ上は葉の増加が多く花芽は動いてこない	
300 ~ 500ppm	施肥過剰気味、このとき分化した葉や花に濃度障害の症状が現れるものもある	
500ppm ~	施肥過多、芽が枯れるものがある	

生育ステージと樹液中の硝酸態窒素目標値

シクラメンの生育ステージと作型の関係は図-3の通りである。「側芽の確保」から「花芽分化」、「葉数増加と花芽の伸長」の3つのステージに分けて考えることができる。それぞれのステージにおいて硝酸態窒素濃度の目標値を考慮して、施肥管理を行う(図-4、表-6)。

特に「側芽の確保」ステージにおける側芽数は、最終的な葉数に最も大きな影響を与える。このステージで側芽を増やせば、秋以降の葉枚数の増加期には葉分け等の管理作業が多くなる。そのため、それぞれの経営方針や労力等を考慮し、目標とする側芽数を決定する。花芽分化期までの施肥管理は、葉数を増やして手をかける人は上限付近を目標にし、手をかけないで作る人は下限を目標にする。さらに、下限付近でも株が大きくなる場合は、播種期を遅らせる等で調整する。

月旬	11			12			1			2			3			4			5			6			7			8			9			10			11			12		
	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下			

図-3 シクラメン6号鉢出荷の作型

表 - 6 シクラメンの生育ステージと樹液中の硝酸態窒素濃度目標値

生育ステージ	目標値	ステージの特徴
側芽の確保の時期	100 ~ 250 ppm	葉数の確保は花芽分化期までに側芽が増えていることが必要。この時期の側芽の増え方が秋期の肥料要求量に直結する。
花芽分化の時期	100 ~ 150 ppm	11月下旬に開花するの花の分化は7月下旬頃になる。梅雨明けの高温期となるため、光合成能力が低下し、樹液濃度が高くなりやすい。300ppm以上となると奇形花が分化する可能性が高くなる。
葉数増加と花芽の伸長期	50ppm	夜温度が下がる9月中旬から出荷までは、正常に分化した葉芽、花芽を伸長させる時期となる。肥料要求量も多く、葉数の増加が著しい。
	100 ~ 200 ppm	出荷期1ヶ月前～出荷までは葉色の維持のため樹液濃度を上げる

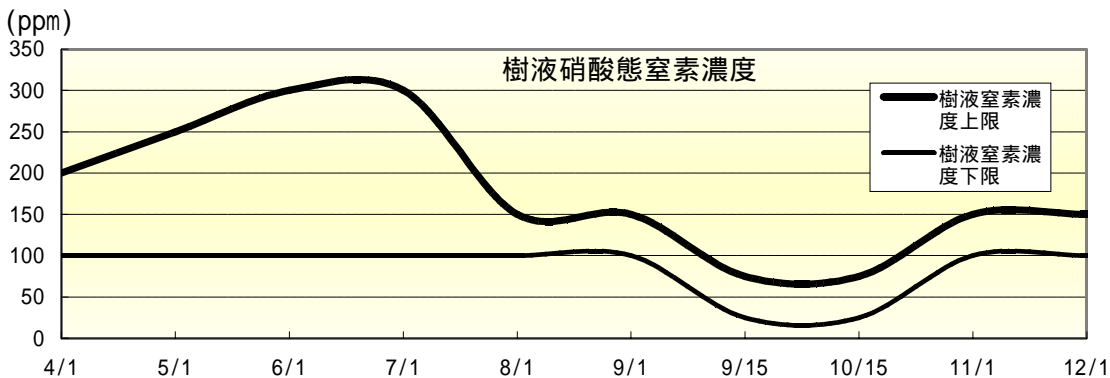


図 - 4 時期別の樹液中硝酸態窒素濃度管理（12月上旬出荷）

樹液中のリン酸目標値

樹液中のリン酸濃度は年間を通し 100 ~ 200ppmで管理する。硝酸態窒素濃度ほど施肥管理に敏感に反応しないが、芽の動きが活発になる5月下旬 ~ 6月と、9月中旬 ~ 10月にかけて急激に低下することがある。特に 6月のリン酸不足は側芽数の増加に関わるので注意する。

樹液中硝酸態窒素濃度に基づく窒素施肥の処方

目標値を下回った場合に施用する液肥は、N-P-Kが 1:1:1に含まれる成分比のものをを使い、窒素濃度を生育ステージ別に、側芽数の確保の時期が50 ~ 150ppm、花芽分化の時期が50 ~ 100ppm、葉数増加と花芽の伸長の時期が100 ~ 200ppmに調整して施用する。施肥濃度をどの程度にするかは、1週間お

きのデータが下降しているときには高めの濃度で、平行または上昇しているときには低めの濃度を用いる。

樹液中リン酸濃度に基づくリン酸の処方

リン酸は赤土等火山灰土を用土に用いた場合、施肥されたリン酸が用土に吸着され、施肥の効果が現れにくい。火山灰土を用いる場合は、リン酸の吸着量を表すリン酸吸収係数を基に、その60～80%のリン酸を基肥として施用しておく。さらに、樹液濃度が下限値から低下する場合は、第1リン酸カリをリン酸濃度が100ppmになるよう調整し、液肥として施用する。