

# 土壤管理

## 1 球根花き栽培立地条件別土壤の特徴と問題点

### (1) 普通畑

露地普通畑の土壤は、降雨や気温・風など自然の影響を直接受ける。特に雨水は、土壤に含まれるいろいろな成分を溶脱する。中でも石灰や苦土など塩基類は多量に溶脱されるため、土壤の酸性化が進む。一方、産地では化学肥料に偏重した多肥栽培、規模拡大に伴う機械の大型化が土壤の化学性や物理性を悪化させ、塩基バランスの崩れ、耕盤形成、連作障害など種々の問題が発生している。

### (2) 施設栽培

施設栽培の土壤は、雨水による影響をほとんど受けない閉鎖された特異的な環境下にある。このため、塩基類がほとんど溶脱されることなく、塩類集積による濃度障害、塩基バランスの崩れ、ガス障害などが発生しやすい。また、過剰施肥や、様々な土壤改良資材の無計画な投入を行い、更に土壤環境を悪化させているケースが散見される。

### (3) 転換畑

転換畑の土壤は、稻作の用水確保を前提とした水田への作付けであるため、十分な排水条件が整えられていない。一般に、地下水位が高く、地表水の排水も悪いため、湿害が起こりやすい。また、大孔隙が多く毛管水の移動が悪いため、過湿とは反対の干ばつ害も受けやすい。また、転作面積の増大により乾田化が進み、以前より地力が低下していることが指摘されている。

以上、立地条件別土壤の特徴と問題点を記述したが、養分のアンバランスや土壤の老朽化、物理性の悪化など様々な障害を防止するためには、栽培する作目や立地条件及び土壤の特徴を考慮に入れた土壤改良や地力の維持増強に努めなければならない。また、定期的に土壤分析を行い、その結果に基づく施肥設計を心がけることが大切である。

## 2 畑土壤の管理法

### (1) 球根花きの種類と好適土壤条件

#### ア チューリップ(ユリ科)

##### (ア) 土性

チューリップは砂土から重粘な土壤まで、かなり広い範囲で栽培が行われている。しかし、土質の差異によって生育や収量、品質に大きな差があり、砂壤土が最も好適である。

土壤の水分供給量が同じ状態の時には、土壤中の気相割合が高いほど収量が高いといわれ、順調に生育するには、土壤水分pF2.0前後、土壤の空気含量15%以上が必要とされている。砂土は気相割合が高いものの乾燥しやすい傾向があり、一般に保肥力、保水力に乏しく、肥料が流失しやすい欠点がある。反面、春先からの地温上昇が早いため生育が促進さ

れ、収穫が早まって花芽分化の早い促成切り花用球根が得られる。

埴壌土は保水力、保肥力が大きく、団粒構造が雨雪により劣化し、排水不良や過湿になりやすい。耕うん、植え付け、掘り取りなどの作業が砂土に比較して困難であり、機械化を推進するにも問題点が多い。栽培管理の困難性から病害が発生しやすく、球根品質も劣る傾向にある。

#### (イ) 作土と耕盤

チューリップの根は糸状根で、斜下方向へ30~60度の角度の広がりで伸長し、水平方向への伸長はほとんどみられない。狭い範囲に根群が分布するため、生育に必要な根群を形成させるためには、できるだけ作土深が深いことが必要である。砂壌土の良く深耕された畑では、根は60~70cmの深さまで伸長しており、根の伸長(根量)は作土深と密接な関係がある。

田や畑は長年の耕作で地表下10~15cm前後のところに硬い耕盤が形成されており、これがチューリップの根の伸長を阻害している場合が多い。このように作土深が浅い場合は、根群が浅くかつ根量が少ないため生育が劣り、土壌水分や温度変化の影響を受けやすい。

水田の場合、多くは耕盤にグライ層が発達している。こうしたところでは、仮に耕盤を破碎しても下のグライ層までは根の伸長は期待できない。また、ガスの発生などによる障害を受けることがある。したがって、浅いところに硬い耕盤がある田畠は栽培に適しておらず、栽培する場合は土壌改良が必要である。

#### (ウ) 地下水位

地下水の高低は土質とともに球根・球根切り花生産に大きな影響を及ぼす。十分な根群形成や地下からの毛管水の利用等を考慮した場合、地下水位は60cm以下が望ましい。地下水位の低い場合は、かん水により補うことができるが、地下水位が高い場合は下げるのにかなりの困難が伴うので、避けなければならない。また、隣接した水田や用排水路から漏水してくるようなほ場も極力避ける。

#### (エ) 連作、輪作

チューリップでは連作障害がみられ、連作すると急激に生育が劣ってくる。新規栽培の場合は2作目まではそれほど大きな影響がみられないが、3作目には急激に生育が劣る。また、輪作作物を選定する場合、チューリップと共に土壌伝染性病害虫(特に球根腐敗病、軟腐病、ネダニ)におかされる作物、例えば、ユリ、タマネギ、ニンニクなどのユリ科作物は避ける必要がある。

連作障害(いや地現象や土壌伝染性病害虫)を避けるためのチューリップの休閑年数については、従来からの慣行や経験からみて、少なくとも2年は必要である。

### イ ユリ類(ユリ科)

保水性に富み排水良好な砂壌土から壤土が好適で、極端な砂土や重粘土は適さない。適正pHは5~6程度で、酸性には比較的強い。

球根養成では連作を嫌い2年目以降から極端に収量が低下するので、少なくとも3~5年程度の輪作が必要である。一方、切り花栽培では連作の影響は比較的小ないが、土壌消毒などで万全を期すことが重要である。

特に、オリエンタル系ユリでは、好適土壌条件はほぼスカシユリと同様であるが、より排水の良いところが適当である。また、盛夏期には水分が不足するので、かん水施設のあるところが望ましい。

ウ スイセン(ヒガンバナ科)

土壌条件は砂土と重粘土を除けば、土質を選ばなく適応性は広い。ただし、球根肥大期の5～6月は水分を必要とするので、この時期に乾燥するほ場は適さない。適正pHは6.8～6.9と中性に近い条件が良い。

エ アイリス(アヤメ科)

チューリップとほぼ共通した条件が必要であるが、耕土層が深く排水性の良い砂壌土から壤土が好適である。

オ クロッカス(アヤメ科)

土壌条件の適応幅は比較的広いが、排水性の良い砂壌土から壤土が適している。排水不良で重粘土の水田転換畑は適さない。

カ グラジオラス(アヤメ科)

土壌条件はあまり選ばないが、砂壌土や壤土で排水が良く、水持ちの良いところが適する。乾湿の差が激しい砂土や黒ボク土は、生育が遅れ開花率も低下しやすいので適さない。適正pHは5～6で弱酸性を好む。

キ カラー(サトイモ科)

土壌条件をあまり選ばないが、砂壌土や壤土で排水性と保水性が良く、有機質の多いところが適する。乾湿の差が激しい砂土や黒ボク土は生育が遅れるので適さない。適正pHは6.0～6.5を好む。

以上をまとめると表1のようになる。

表1 球根花きの種類と土壤条件

品目	好適土壤	最適pH	耕土深	地下水位	要素欠乏	休耕年限
チューリップ (ユリ科)	砂壌土	6.0~6.5水田 6.5~6.8砂丘	20cm以上	-60cm以下	Ca、B	2年以上
ユリ類 (ユリ科)	砂壌土	5.0~6.0	30cm以上		Ca	3~5年
スイセン (ヒガンバナ科)	砂壌土~壤土	6.8~6.9	30cm以上			
アイリス (アヤメ科)	砂壌土~壤土	6.0~7.0	30cm以上			
クロッカス (アヤメ科)	砂壌土~壤土	6.0前後	30cm以上			
グラジオラス (アヤメ科)	砂壌土~壤土	5.5~6.0	30cm以上			3年
カラー (サトイモ科)	砂壌土~壤土	6.0~6.5	30cm以上			3~5年

## (2) 土壤の改良目標値

表2に示す改良目標値は、化学性については「通常の肥培管理を行って通常な収量をあげ得ると考えられる数値の幅を示したもの」を取り扱ったものである。このため、基準値の上限を越えたあるレベルまでは障害が出ないが、施肥効果のない領域があり、それを更に越えたところに過剰障害の発生する点があるものと考えられる。

物理性については、化学性の場合と異なり、過・不足の極端な危険性を示すことは困難なので、多くは適・不適の境を示す。

表2 普通畑土壤の改良目標値

項目	土壤の種類	低地		台地	低地・台地
		砂丘未熟土	褐色低地土	褐色森林土 黄色土	黒ボク土 淡色黒ボク土
化 学 性	pH(H <sub>2</sub> O)	6.0~6.5	6.0~6.5	6.0~6.5	6.0~6.5
	pH(KCl)	5.0~6.0	5.0~6.0	5.0~6.0	5.0~6.0
	陽イオン交換容量 (CEC) (5以上)	(15)	(15)	(15)	(20)
	塩基飽和度 (%)	100~120	70~90	70~90	60~80
	石灰飽和度 (%)	70~90	49~63	49~63	42~60
	苦土飽和度 (%)	20~24	14~18	14~18	12~16
	加里飽和度 (%)	5~12	3.5~9	3.5~9	3~8
	バラ ンス CaO/MgO MgO/K <sub>2</sub> O	6以下 2以上	3.5~3.8 10~2	6以下 2以上	3.5~3.8 4~2
	有効態リン酸 (mg/100g) (トルオーグ法)	20~60	20~60	20~60	20~60
	腐植 (%)	(1以上)	(3以上)	(3以上)	—
物 理 性	電気伝導度 (dS/m) (施設園芸土壤)	0.2~0.5	0.5~1.0	0.5~1.0	0.5~1.5
	粗孔隙 (pF1.5の時)	10以上	10以上	10以上	10以上
	作土の厚さ (cm)	30以上	30以上	30以上	30以上
	ち密度 (山中式:mm)	20以下	20以下	20以下	20以下
	透水係数 (cm/秒)	10 <sup>-4</sup> 以上	10 <sup>-4</sup> 以上	10 <sup>-4</sup> 以上	10 <sup>-4</sup> 以上
	地下水位 (cm)	-60 以下	-60 以下	-60 以下	-60 以下

注) 陽イオン交換用量及び腐植は参考値とする。

表3 普通畳土壌の陽イオン交換容量(CEC)に対する塩基含量の目標値

CEC	単位	石灰:CaO	苦土:MgO	加里:K <sub>2</sub> O	合計
5	cmol/kg	4.0~4.5	1.0~1.2	0.2~0.3	5.2~6.0
	mg/100g	110~130	20~25	10~14	...
	飽和度(%)	80~90	20~24	4~6	104~120
10	cmol/kg	6~7.5	1.5~2.0	0.4~0.5	8.0~10
	mg/100g	170~210	30~40	19~24	...
	飽和度(%)	61~75	15~20	4~5	80~100
15	cmol/kg	8~11	2.5~3.0	0.5~0.7	11.2~13.9
	mg/100g	230~290	50~55	24~33	...
	飽和度(%)	55~70	17~18	3.5~5	75~93
20	cmol/kg	9~12	2.5~3.2	0.6~0.8	24~36
	mg/100g	250~340	50~65	28~38	...
	飽和度(%)	45~60	13~16	3~4	60~80
25	cmol/kg	11~15	3~4	0.7~0.9	15~20
	mg/100g	320~420	60~80	33~42	...
	飽和度(%)	45~60	12~16	3~3.6	60~80

注) 1cmol/kg(モル当量)はCaO:28.0mg、MgO:20.2mg、K<sub>2</sub>O:47.1mgで計算。

1me=1cmol/kg

### (3) 球根花きの生理障害と土壤要因

生理障害は、最初に葉に現れることが多い。切り花は葉も観賞対象なので、葉に生理障害を生じると商品価値が著しく低下する。

花きの生理障害は、さまざまな理由で生じるが、化学肥料を過剰施用するなど、不適切な土壤管理によって障害を引き起こしている場合が多い。

例えば、リン酸は従来から品質を高めるとされ、多施用しても障害が生じにくいことから、基準量以上のリン酸が施用されやすい。しかし、一定量以上のリン酸の施用は、生育を不良にし、鉄欠乏などの障害を引き起こす場合がある。

したがって、基準量以上の養分蓄積が花きの生育に悪影響を与えることは、すべての要素についていえることから、土壤診断に基づいて適正に施用することが大切である。

塩基バランスを適正に保つためには、堆肥など有機物に含まれる塩基を計算に入れて、土壤改良資材を施用する。また、微量要素を施用する場合は、適量幅が狭い要素が多いので、特に施用基準を守ることが大切である。

土壤酸度は、土壤中の養分の溶解や花きの吸収・利用に大きく関与し、花きの生育に大きく影響する。また、品目・品種によっては花色にも影響する。

土壤が酸性になると、アルミニウム、鉄、マンガンなどが活性化して土壤溶液中に過剰に解離してくるが、カルシウム、マグネシウム、ホウ素、モリブデンが溶脱により減少し、リン酸はアルミニウムと結合して不溶化する。また、硝化細菌の活性低下に伴う窒素吸収へ悪影響を及ぼし、花きの生育は著しく阻害され、欠乏症や過剰症の障害も発生する。その他、土壤の保肥力も小さくなる。

チューリップでは土壤中のカルシウムが欠乏し、花首折れ曲がりや葉に割れや水浸状障害が発生する。また、ホウ素の溶脱が大きくなり、ホウ素欠乏による花首折れ、花弁の色抜けが助長される。さらに窒素の過剰施用による花弁の色抜け(ホウ素欠乏による色抜け症とは異なる)が発生する。

グラジオラスでは、夏季栽培でアンモニア系肥料や有機物肥料を多用した場合、アンモニア態窒素の過剰吸収が原因とされる葉の先端または周縁部がネクロシスを起こしやすい。ユリ類に多くみられる葉焼け障害は、单子葉植物であるユリ科植物がもともとカルシウム含量が双子葉植物（葉乾重中1～2%）に比較して少なく（葉乾重中 $10^{-1}$  %オーダー）、直接的には部分的なカルシウム欠乏であるとされている。しかし、それに至るまでにはマグネシウム過剰、アルミニウム過剰、過リン酸塩過剰、土壤の酸性化などのさまざまの土壤要因が複雑に絡み合っているほか、球根の大小や気象条件も大きく関与する。気象条件による障害は高温多湿の時期に、特に曇天続きから急に晴天に変わったときに激発する。葉焼け障害は地上部の急速な生育に上根の発達が伴わない高温多湿の時期に、茎上部に密集している上位葉の伸長が旺盛な部分で発生・進展する。しかし、葉焼け障害の決定的な解決策は現在のところまだない。したがって、土壤面からの改良策は、現段階では土壤pHの矯正、マグネシウム含量などに十分留意することが必要である。

上述のように現場で特に発生しやすく、問題となる生理障害はカルシウム欠乏症であるので、ここで症状や発生原因等について記す。

#### ア カルシウムの欠乏症

カルシウムが土壤中に欠乏した場合はもちろんのこと、必要量が存在しても、カリウムやマグネシウムなどの陽イオンの拮抗作用によって吸収が妨げられ、欠乏症を生じることがある。また施設栽培では、土壤溶液濃度の上昇によりカルシウム吸収が阻害され、欠乏症を生じることがある。さらに土壤の乾湿によっても、欠乏症が現れたりする。

カルシウムは生体内で再移動しにくい元素であり、生長の最も盛んな頂芽、あるいは根の生育、主として根毛の生育が抑制される。そして外見的には頂芽の壊死、その近傍の葉の生育不良、黄化などが観察される。

農業生産面で大きな問題となるのは、土壤中にカルシウムが豊富に含まれているにもかかわらず、部分的に発生するカルシウム欠乏症である。

原因是、植物体の展開葉（外葉）と未开展葉（内葉）では蒸散に大きな差があり、大半のカルシウムは蒸散の激しい展開葉に分配され、蒸散の少ない未开展葉にはカルシウムの移動はほとんどないことから部分的カルシウム欠乏症が発生するといわれている。

夜温湿度が高くて展開葉、未开展葉とも蒸散が少なく、水分上昇が活発に行われているときは、カルシウム欠乏症の発生部位である未开展葉の先端へもカルシウムが正常に分配されるといわれている。

しかし、抑制ユリや促成チューリップでは地上部の急速な生育に根の発達が伴わないとめ、水分上昇がほとんど期待できない上、未开展葉からの水分蒸散が少ないので、葉焼け障害や水浸状障害が発生しやすい。

#### イ カルシウム欠乏症の対策

前述のように、土壤中にカルシウムが多量に存在していてもカルシウム欠乏症が発生するため、葉面散布の効果が期待される。また、根が健全に機能することが大前提であることから根部を発達させるため、土壤を適温に保つことが効果があるとされている。

表4 作物に欠乏症または過剰症の出る各要素の土壤中含量(参考) (高橋ら 1980)

要 素		欠乏症の出やすい含量	健全土壤の含量	過剰害の出やすい含量
多量要素	窒素	硝酸態0.5mg以下 アンモニア態2.5mg以下	硝酸態3~8mg アンモニア態5~15mg	砂質土10mg 粘質土20mg以上
	リン酸( $P_2O_5$ )	有効態8~20mg	有効態30~100mg	有効態300~500mg以上
	カリ( $K_2O$ )	置換性10mg以下 (野菜は10~20mg以下)	置換性15~20mg	置換性30~40mg以上
	石灰( $CaO$ )	置換性100mg以下	置換性200~400mg	置換性500mg以上
	苦土( $MgO$ )	置換性10~15mg以下	置換性25~50mg	
微量要素	ホウ素(B)	有効態0.4mg以下	有効態0.8~2.0mg	有効態7mg以上
	マンガン(Mn)	易還元性50~60mg以下 置換性2~3mg以下	易還元性100~250mg 置換性4~8mg	易還元性300mg以上 置換性10mg以上
	鉄(Fe)	置換性4~8mg以下	置換性8~10mg	
	亜鉛(Zn)	可溶性4mg以下	可溶性0.8~40mg	可溶性100mg以上
	銅(Cu)	可溶性0.5mg以下	可溶性0.8~1.5mg	可溶性5mg以上
	モリブデン(Mo)	有効態0.03mg以下	有効態0.05~0.4mg	

注) 上記の数字はだいたいの目安であり、実際にはより高い含有量でも過剰害が起きない場合がある。  
 特にリン酸の場合は、作物の種類によって著しく異なるほか、栽培様式や気象条件による相違も大きい。  
 多量要素は乾土100g中mg、微量元素は乾土1,000g中mg。  
 「作物の要素欠乏・過剰症」より引用。

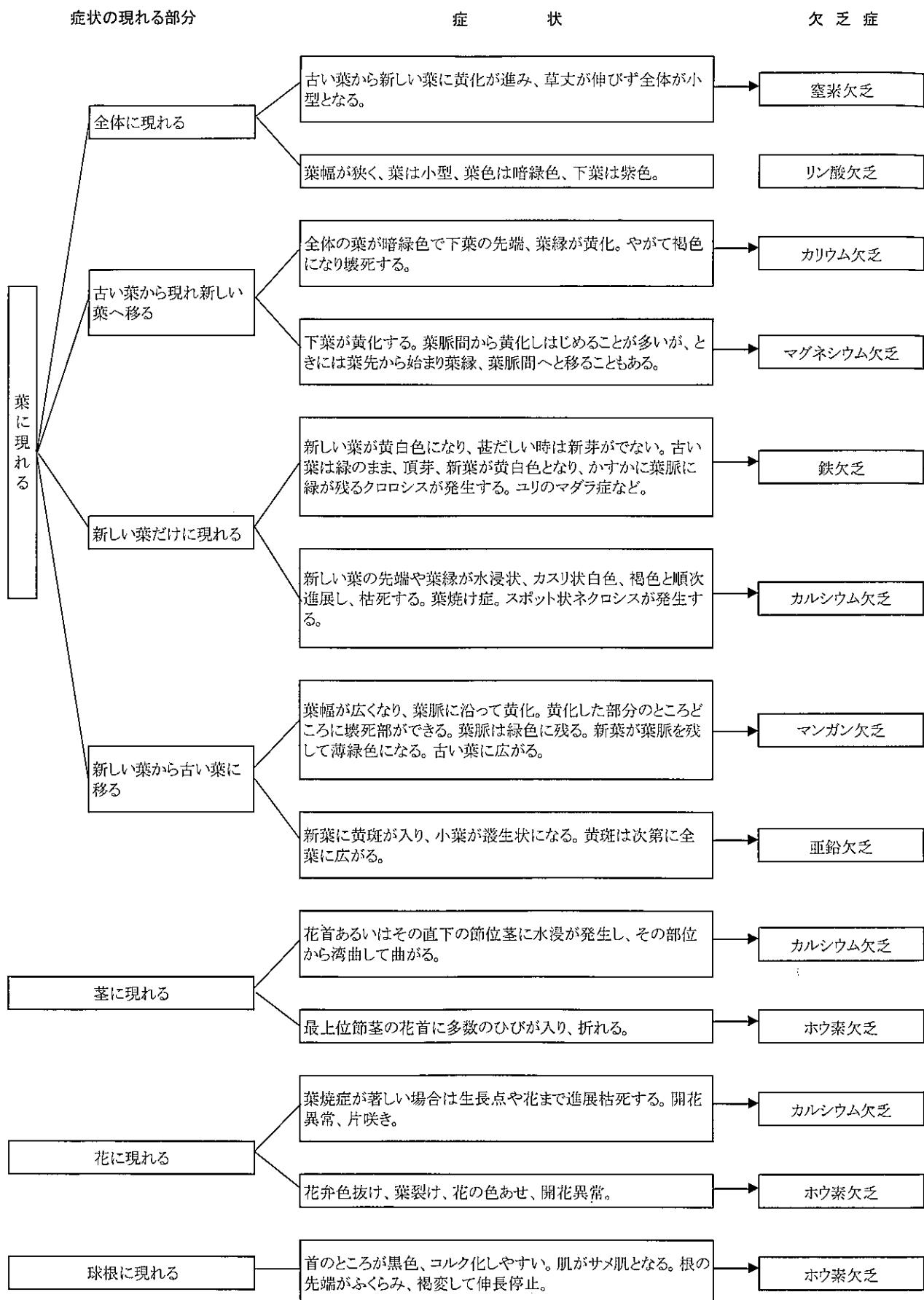


図1 花きの要素欠乏の現れ方

#### (4) 土壤の種類別特徴と改良対策

花き畑土壤の改良に当たっては、対象となる土壤の特徴を良く理解し、欠点を是正し長所を伸ばす対策をとらなければならない。

##### 【代表的土壤の特徴】

- 砂丘未熟土：砂丘地の土壤で、排水過大、保肥力乏しい。
- 褐色低地土：排水良好な沖積低地に分布、細粒質のものは保肥力、養分状態とも中～良、中粗粒質のものは保水性小さく、養分の溶脱が多い。
- 褐色森林土：排水の良い丘陵地、山麓などに分布。表土は浅く、腐植含量少ない。下層は、ち密で、作土深、有効土層の確保が必要。概して酸性強く、過乾のおそれがある。
- 黄色土：山麓傾斜面に分布。表層の腐植乏しく、下層は黄色でち密。強粘質で透水性、保水性とも不良。強酸性で保肥力に乏しい。
- 黒ボク土：火山灰土壤、腐植に富む表層を有し、保水力大、孔隙に富み透水良、塩基が溶脱しやすい。リン酸吸収係数が著しく大きい(1,500以上を黒ボク土に分類)。
- 淡色黒ボク土：主に台地や山麓地に分布。腐植含量が少ないので保肥力・保水力が弱く過乾になりやすい。

表5 土壤の種類別特徴と対策

土壤の種類		特 徴					対 策					
		土壤の乾湿	養分保持力	養分供給力			土壤の乾湿		養分保持力		養分供給力	
				酸度	リン酸	塩基	明暗きよ	かんがい	客土	深耕	堆きゅう肥	リン酸
低地	砂丘未熟土	多、 少	弱	少	少	×	◎	◎	△	◎	○	◎
	褐色低地土	中 大 ↓ 中	中	多 ↓ 中	多	△	△	×	○	◎	○	○
台地	褐色森林土	多 ↓ 中	大 ↓ 中	強	少	少	△	○	×	◎	◎	◎
	黄色土	中 大 ↓ 中	中	少	少	△	○	×	◎	○	○	○
低地 台地	黒ボク土	多	大	ごく 強	少	少	△	◎	×	◎	◎	◎
	淡色黒ボク土											

注) 土壤の乾湿については、過乾もしくは過失のおそれが多いか、中程度が、少ないかという判別をした。

対策必要度:◎大、○中、△少、×無(含マイナス効果)

特徴の表示は地力保全対策資料第35号による生産力可能性分級基準によった。

## (5) 土壤改良対策

### ア 酸性土壤の改良

土壤の酸性化が進むと、微生物活動のさまたげや土壤中リン酸の不溶化、微量元素の不足、さらには吸収細根の活力を著しく低下させて作物の生育に大きな影響をあたえる。そこで作物の最適pHに改良するため、石灰質資材を利用する。

花きの最適pHは表1のように花きの種類によって異なるが、一般にpH6.0～6.5(H<sub>2</sub>O)程度なので、これを改良目標値とする。

#### (ア) 中和石灰量の算出方法

##### a 緩衝能曲線法による算出

試 科：定めた地点ごとに地表から15cmの土壤を柱状に採取し、良く混合し風乾後10gを供試する。

試 薬：粉末CaCO<sub>3</sub>(日本薬局方)

溶 媒：蒸留水(または純水)

振 と う：広口ポリエチレン製100ミリリットルの容器を用い、常温で24時間浸漬した後、少なくとも5時間振とうする。

試験区分：CaCO<sub>3</sub>の混入量は0、10、25、50、100、200mgの6区分とし必要に応じて適宜追加する。

pH測定：ガラス電極法による。

##### b 緩衝能曲線図の作成方法

縦軸pH、横軸乾土10g当たりのCaCO<sub>3</sub>mg(測定は風乾土を使用するので換算する。)

$$1\text{ha} \times \text{作土} 15\text{cm} \text{深あたりの炭カル(市販)投入量(t)} = 15dw / (1.79 \times P)$$

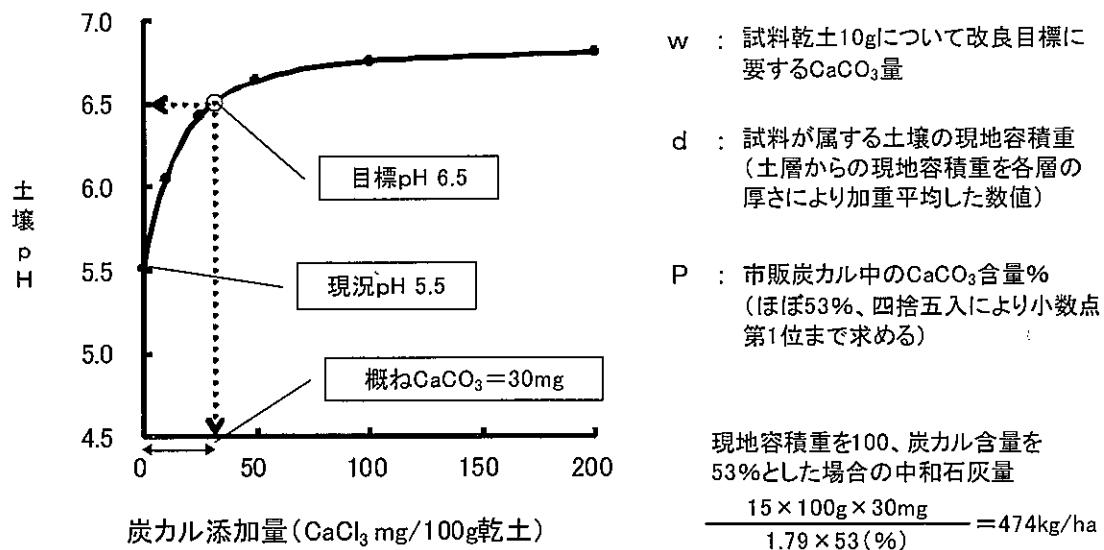


図2 緩衝能曲線による中和石灰量の算出方法

注) 目標pHは作物により異なるので注意する。

##### c 簡易中和石灰量の算出

それぞれの土壤ごとに緩衝曲線をつくることが望ましいが、作成が難しい場合は、次のような中和の目安を参考にすると良い。

土壤の種類毎にpHを1.0上げるための炭カル必要量は以下のとおりである。

沖積砂質土壌	: 60~100kg	平均80kg / 10アール・10cm
三紀粘質土壌	: 110~145kg	平均130kg / 10アール・10cm
沖積壤土・埴土	: 125~155kg	平均140kg / 10アール・10cm
黒ボク土	: 230~265kg	平均250kg / 10アール・10cm

中和した土壤のpHは、安定するまでに時間がかかるので、1週間以上たった後、再度pHを測定し、中和した方が良い。

#### (イ)石灰質資材の施用法

土壤診断結果に基づいて石灰質資材を選択する。

表6 石灰質材と中和石灰量の換算

石灰資材	炭カル	苦土炭カル	消石灰	ようりん	けいカル	備考
アルカリ分% (石灰・苦土含量)	53	53	65	50	45	苦土炭カルはCaO32%、MgO15%である。MgoをCaOに換算すると $56 \times 15 / 40 = 21$ であるので $32 + 21\% = 53\%$ である。
炭カルからの換算 (倍率)	1	1	0.8	1.3	1.5	ようりん、けいカルは中和能力が弱く炭カルが持つ中和力の80%にすぎない。
石灰質資材の 中和速度	やや速	やや速	速	遅	遅	

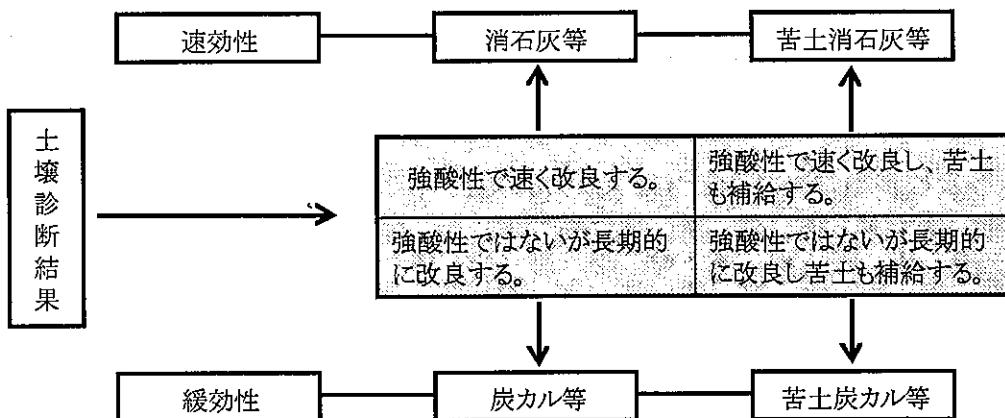


図3 土壤診断結果に基づく石灰質肥料の選び方

#### (ウ)ピートモスの簡易中和法

酸度未調整のピートモスはpHが3.0~5.5と低く、球根花きの種類によっては生育阻害を起こすので使用前にピートモス1リットルに対して消石灰を2~3gを加えて良く混合し、酸度を矯正する。なお、ピートモスのpHを測定するときは重量比で5倍量または容量比で2.5倍量の蒸留水を加えて1時間振とうし、pHメーターで測定する。

## イ リン酸資材の施用法

リン酸肥料の保証成分とようりん対比率を表7に示す。

表7 リン酸肥料の保証成分とようりん対比

肥料名	ようりん	苦土 重焼りん	ダブリン (20%のもの)	ダブリン (35%のもの)	リンスター	重過石	過石
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	20	35	20	35	30	40	17
*ようりんから の換算率	1	0.6	1	0.6	0.7	0.5	1.2

注) \* ようりんを 1 とした場合の倍率(施用量)

### (ア) リン酸吸収係数を考慮したようりん施用量算出法

$$\left. \begin{array}{l} \text{リン吸} \\ \text{仮比} \\ \text{改良する土層の厚さ} \end{array} \right\} \frac{2,100}{0.6} \quad \left. \begin{array}{l} \text{の土壤} \\ 10\text{cm} \end{array} \right\} \text{リン酸吸収係数の10%を} \\ \text{ようりんで施用する。}$$

#### 計算例

$$\begin{aligned} & \text{土壌 } 100\text{g 当たり } 2,100\text{mg の P}_2\text{O}_5 \text{ を吸着} \\ = & \text{土壌 } 1\text{t 当たりでは } 2.1\text{t の P}_2\text{O}_5 \text{ を吸着} \\ & \text{土壌 } 100\text{t 当たりのP吸 } 100\% \text{ 相当の P}_2\text{O}_5 \quad 2.1\text{t} \\ & \text{土壌 } 100\text{t 当たりのP吸 } 10\% \text{ 相当の P}_2\text{O}_5 \quad 0.21\text{t} \\ & \text{土壌 } 60\text{t} (\text{仮比重}0.6) \quad 10\% \text{相当の P}_2\text{O}_5 \quad 0.126\text{t (126kg)} \\ & 2,100 \times \frac{10}{100} \times 0.6 \times \frac{100}{20} = 630(\text{kg}) \\ & \begin{array}{cccc} \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \text{リン吸} & 10\% \text{相当} & \text{仮比重} & \text{ようりん中のP}_2\text{O}_5 \text{量} \end{array} \end{aligned}$$

表8 リン酸吸収係数10%に相当するようりんの量

りん酸 吸収係数	土 1t 当たりの量 (kg)	10アール当たり10cm深に対する量 (kg)		備 考
		軽い土	重い土	
普通 700	3.5	210	350	土壌の調査結果からこの表を適当に修正して使用する。
強い 1,400	7.0	420	700	
ごく強 2,100	10.5	630	1,050	

注) リン酸吸収係数100は、土壌1t当たりようりん0.5kgに相当する。

リン酸吸収係数700は、各種土壌の平均で、粘土や黒ボク土はこれより高い。

軽い土は容積重60、重い土は100とした計算である。

0~15cm層のリン酸吸収係数を基準として、有効態リン酸がほとんどない(2mg以下)場合はその10%相当量を施用量とする。また、有効態リン酸がある程度(5mg)存在する場合は、リン酸吸収係数の4~5%相当量を10アール当たりの作土深10cm土量に換算し、その量を3倍(有効土層30cm相当)した量を畑地の施用量とする。

(イ)リン酸吸収係数と有効態リン酸含量からのようにりん算出法

不足リン酸量に対する必要ようりん量を表9に示す。

表9 必要ようりん量(kg)

りん酸 吸収係数	不 足 リン 酸 量									
	1mg	2mg	3mg	4mg	5mg	6mg	7mg	8mg	9mg	10mg
2,000 以上	60	120	180	240	300	360	420	480	540	600
1,500 内外	40	80	120	160	200	240	280	320	360	400
1,000 以下	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200

注) 不足リン酸は、目標リン酸含量(10mgまたは15mg)から実際の有効態リン酸測定値を差引いた量(mg)。

く溶性リン酸100kgのリン酸富化量は、リン吸2,800内外の土壤で5~7mg、リン吸2,000内外土壤で10mg、1,500内外で15mgである。

ようりん1,000kgのpH上昇効果は、腐植質火山灰土壤で0.3~0.5である。

カルシウム、マグネシウムは、含有量がそのまま有効にはたらく。

## ウ 有機質資材の施用

### (ア)有機質施用量

有機質の施用適量は場条件、有機質の種類、花きの種類によって異なる。標準的な施用基準として、10アール当たり2~3t程度とされている。土壤改良の目的で粗大有機物を多量に施用することもあるが、素材の成分、特に窒素含量には注意しなければならない。

### (イ)緑肥の導入

稻わらなどの有機物源が入手しにくい地域では、栽培の休閑期を利用して青刈とうもろこしやソルゴーなど飼料作物を栽培し、これを畑に還元して栽培する。理想的な緑肥作物としては、生長が速いこと、地上部が良く繁茂して多汁質であることで、やせた土壤でも良く生長するものでなければならない。生長が速いほど利用しやすく、水分が高いほど分解も速くなる。

以下に代表的な緑肥作物の特徴を示す。

#### a エンバク野生種

短期間で有機物のすき込みをする場合に適している。線虫抑制効果に優れている。

は種期：春まき4月下旬～6月中旬、夏まき8月上旬～9月上旬(年2作可能)

は種量：10アール当たり10～15kg(散播)

施肥量：10アール当たり窒素、リン酸、カリ成分量で各5kg

すき込み時期：栽培60日前後、草丈80cmから出穂期ころが適期

すき込み後の腐熟期間：3～4週間

#### b ソルガム

有機物生産量が極めて高く、ハウス土壤の塩類除去に適している。

は種期：6月上旬～7月下旬

は種量：10アール当たり4～5kg(散播)

施肥量：10アール当たりカリのみ成分量で0～8kg

すき込み時期：草丈1.5～2.0mが適期

すき込み後の腐熟期間：3～4週間以上

c ヘアリーベッチ

雑草の発生を抑制し、根粒菌の窒素固定により土壤を肥よく化する。

は種期：春まき4月上旬～5月上旬、秋まき8月上旬～9月上旬

は種量：10アール当たり3～5kg(散播)

施肥量：10アール当たり窒素成分量で0～4kg、リン酸、カリ成分量で各5kg

すき込み時期：草丈30～40cmあるいは自然枯死後(すき込まなくても分解する。)

表10 緑肥作物の効果と選定の目安

物理性の改善	団粒構造の形態 緑肥による粗大な有機物のすき込みは土壤中の孔隙率を増加させ、土壤粒子の単粒を団粒化する。 (全てに共通、特にトウモロコシ、ソルゴー、エンバク野生種)
化学性の改善	透水性の改善 深根性のマメ科作物を主体に、緑肥の根は土壤に深く進入し、排水性を改善する。 (アカクローバー、セスピニア、シロカラシ)
生物性の改善	保肥力の増大 土壤にすき込まれた有機物は、微生物に分解されて腐植を形成する。腐植は肥料成分のプラスイオンを吸着し、その流亡を防ぐ。 クリーニングクロップ ハウスの過剰塩類を緑肥に吸収させ除去する。 (ソルゴー、ギニアグラス)
	空中窒素固定 マメ科の緑肥作物は根に根粒が着生し、植物が利用できない空中窒素を固定する。 (アカクローバー、セスピニア、レンゲ、ヘアリーベッチ、クロタラリア)
	豊富な土壤微生物相の形成 作物の根はムシグエルを放出する。このムシグエルをえさとして豊富な微生物群が増殖する。(全てに共通) また、マメ科緑肥、ヒマワリ、トウモロコシは内生菌根菌と共生し、後作のリン酸吸収能を高める。 土壤病害の軽減 異なる科の緑肥栽培(イネ科作物にマメ科緑肥を導入等)は連作を輪作体系化し、有用微生物を増殖、土壤病害の軽減につながる。 有害線虫の抑制 だいこん、にんじん、ごぼう等で問題になるキタネグサレ線虫の抑制。 (エンバク野生種、ギニアグラス、マリーゴールド) トマト、きゅうり等で問題になるサツイモネコブ線虫を抑制。 (クロタラリア、ギニアグラス) 雑草抑制 アレロパシーによる雑草抑制効果。(ヘアリーベッチ等)

(ウ) 堆肥、きゅう肥

堆肥とは様々な有機物を原料とし、好気的発酵によって成分的に安定化するまで腐熟させたものをいい、稲わらなどをあらかじめ堆積し、切り返して腐熟を進める方法は古くより行われてきた。

堆肥の施用効果は、三要素の供給、微量要素の供給源としての働き、また土壤環境を良くする働きとして、肥料分の保持、微生物の種類及び量の増加、物理性の改良、有害物質の緩衝作用等である。

a わら、野草堆肥

良質な堆肥で土壤改良効果が高いが、現在は生産が少なくなっている。わらや野草は炭素率が高いので、窒素質資材を添加して堆積する。

b 牛ふん、牛ふん堆肥

生の牛ふんにモミガラ等を混合して水分率50~60%に調整後、堆積発酵させると堆肥になる。

肥料成分は豚ふんや鶏ふんを堆肥化したものより低いが、肥効が穏やかで、昔から用いられている堆肥やきゅう肥に近い成分含量を示す。

c 豚ふん、豚ふん堆肥

畜舎内で尿と分離し、機械攪拌や切り返しを行い、生ふんの水分率を50~60%まで乾燥させ、数回切り返しを行い堆積発酵させたものである。完熟化したものは、悪臭が無く、扱いやすく、牛ふんと比較して窒素含量が高いので、有機質肥料として施用する方が良い。

しかし、未熟なものは他の有機物と同様にガス障害が発生することがあるので注意する。また、肥料的効果が大きいことから、成分含量に注意して、生育過剰等の障害を起こさないように施用量に留意する(家畜ふん堆肥はカリ成分が多い。)。

d 鶏ふん、鶏ふん堆肥

鶏ふんを乾燥させた乾燥鶏ふんと、水分率50~60%の生乾きにしたものと堆積発酵させたもの、強制発酵槽を用いて機械的に好気性発酵処理した堆肥がある。鶏ふんの肥料成分は、牛ふんの約3倍、豚ふんの約1.5倍であり、堆肥化されたものの成分は、牛ふん堆肥や豚ふん堆肥よりも高いため、有機質肥料として施用する方が良い。

鶏ふん堆肥は、肥料成分が高いので過剰施用に十分注意する必要がある(窒素成分量は製造方法により差が大きいため確認して使用する。)。

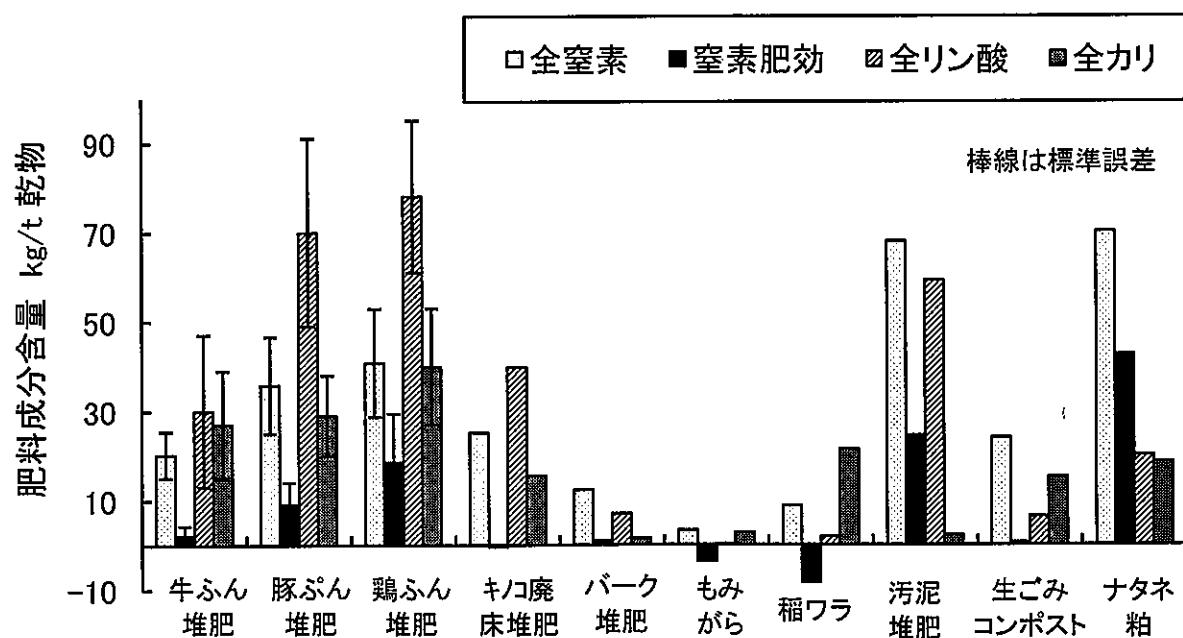


図4 各有機質資材の有効肥料成分量 (2008)

### (エ) 木質入り家畜ふん堆肥

稻わらなどに代わる畜舎の敷料として、オガクズやチップ等が多く使われるようになり、稻わらに劣らぬ吸水性と脱臭性があり、畜産農家や堆肥センターにおける水分調節材となっている。

木質資材は、炭素率が数百から時には千数百という高い値を示すばかりでなく、リグニンなどの難分解性の有機物が多いため、堆肥化に時間がかかるとともに、タンニンやフェノール性酸などの有害物質が含まれているため、6か月以上堆積し、作物に障害を起こさないようにする必要がある。家畜ふん堆肥は畜種によってそれぞれ特性があるが、木質入り家畜ふん堆肥についても、使用する樹種や利用部分によって、堆肥の性質が異なっている。

### (オ) 肥料節減

家畜ふんの連年施用により、土壌中にリン酸とカリの蓄積が起るので、化学肥料のリン酸とカリ、特にカリの減量(牛ふんの場合で2/3、豚ふんまたは鶏ふんで1/3減量)を行う。また、土壌中に有機態窒素も蓄積されているので、家畜ふん施用に当たっては、それらに含まれる窒素分の単年度の肥効率とともに、蓄積された窒素成分の時期別無機化率を考慮する必要性がある。

表11 家畜ふん堆肥の窒素有効化率(%)の推定値(作物別肥料施用基準)

(神奈川県 平成13)

処理形態	牛ふん	豚ふん	鶏ふん
生ふん・乾燥ふん	30~40	60~70	60~70
ふん主体堆肥化物	20~30	40~50	40~50
おがくず混合堆肥化物	10~20	20~40	20~40

### (カ) バーク(樹皮)堆肥の施用

バーク堆肥は、樹皮に鶏ふん、硫安、尿素などを加え、堆積発酵させたものである。窒素、リン酸の含有量からみると、稻わら堆肥と大差ないが、物理性に及ぼす影響は同一視できない。施用したバーク堆肥は耕うんなどで年々機械的に破碎されて、次第に細かい粒子となっていくが、化学的にはあまり分解が進行せずに残留する可能性が大きいので、施用した際は、土壌の孔隙量、最大容水量の増大と容積率の低下をもたらすこともあるので注意する。

表12 バーク堆肥の乾物当たり化学組成 (河田 1981)

範囲組成	pH (H <sub>2</sub> O)	C (%)	N (%)	C/N	CEC (me)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	K <sub>2</sub> O (%)	CaO (%)	MgO (%)	Na <sub>2</sub> O (%)
最高	8.1	52.7	2.38	62.8	103.0	1.88	0.92	8.00	0.80	0.35
最低	5.4	39.2	0.91	19.0	59.8	0.15	0.26	2.80	0.15	0.01
平均(14点)	7.1	46.7	1.55	30.1	83.0	0.88	0.54	4.70	0.44	0.12

(キ)各種有機物の成分と堆積腐熟化の意義と利点

炭素率の低下：堆積時に窒素源を添加して分解を促進し、作物への窒素飢餓を避ける。

肥料成分濃度：分解によって質量(乾物)が減少し、相対的に各種養分濃度が高まり、肥効発現が促進される。

微生物の種類：堆積中に有用微生物が増殖して種類・数ともに豊富になり、土壌病害菌や数の増加に対する抵抗力を増大させる。

発酵熱の生成：60～80℃の発酵熱により、雑草種子、病原菌、害虫卵を死滅させる。

有害物の消滅：易分解性有機物の急激な分解による有機酸アンモニアの障害の回避や木質中のフェノール酸、タンニン、脂質の分解除去。

その他の他：悪臭・汚物感を低減し、容積、重量、粘性が減少し、搬送や施用に有利となる。

表13 堆肥原料の特性と組み合わせの目安（藤原 2003）

資材名		原料の特性					施用効果		特性分類
		水分	炭素	窒素	リン酸	カリ	肥料効果	土壌改良	
家畜ふん	牛ふん	◎	○	○	○	◎	○	○	M N
	豚ふん	◎	△	○	○	○	○	△	M N
	鶏ふん	○	△	○	○	○	○	△	M N
	馬ふん	○	○	○	○	○	○	○	M N
植物質	ワラ類	×	○	△	△	○	△	○	m n
	モミガラ	×	○	×	×	×	×	○	m n
	野菜カス	○	○	○	△	○	○	○	M N
木質	オガクス・木クス	×	○	×	×	×	×	○	m n
	パーク	△	○	×	×	×	×	○	m n
	せん定カス	△	○	×	×	△	△	○	m n
	キロ廃場地	○	○	△	△	○	△	○	m n
食品カス	生ゴミ	○	○	○	△	△	○	△	M N
	オカラ	○	○	○	△	△	○	△	M N
	コーヒーカス	○	○	×	×	×	×	○	M n
	茶カス	○	○	△	×	△	△	○	M n
	ビールカス	○	○	○	△	△	○	○	M N
	焼酎カス	○	△	○	△	○	○	×	M N
	果樹カス	○	○	○	△	△	○	○	M N
	ハ'ガス	△	○	×	×	△	×	○	m n
	酒カス	○	○	○	△	△	○	△	M N
	タマゴ殻	×	×	△	×	×	×	△	m n
	米ぬか	×	○	○	○	○	○	○	m N
	魚腸骨	○	△	○	○	△	○	△	M N
	海草	○	○	△	△	○	△	△	M n

注) ◎:多い ○:やや多い △:やや少ない ×:少ない

M:水分多い m:水分少ない N:養分多い n:養分少ない

原料を組み合わせる場合、特性分類にある同じアルファベットの大文字と小文字の原料を組み合わせると良い。

農文協「堆肥のつくり方・使い方」より引用。

表14 各種有機物の成分 (藤原 2003)

原料	種類	水分	全炭素	全窒素	炭素率	リン酸	カリ	石灰 (カルシウム)	苦土 (マグネシウム)	PH	ナトリウム
牛ふん	生ふん	80.1	34.6	2.19	15.8	1.78	1.76	1.7	0.83	-	-
	ふん主体堆肥	66	33.3	2.1	16.5	2.06	2.19	2.31	0.99	8.4	-
	木質混合堆肥	65.4	38.5	1.66	24.6	1.59	1.7	1.91	0.75	8.3	-
豚ふん	生ふん	69.4	41.1	3.61	11.4	5.54	1.49	4.11	1.56	-	-
	ふん主体堆肥	52.7	35.4	2.86	13.2	4.11	2.23	3.96	1.35	8.4	-
	木質混合堆肥	55.7	36.5	2.11	19.3	3.37	1.84	3.35	1.08	8.4	-
鶏ふん	採卵鶏乾燥鶏ふん	63.7	48.8	6.18	7.9	5.19	3.1	10.98	1.44	7.6	-
	プロライー乾燥鶏ふん	40.4	31.2	4	7.8	4.45	2.97	1.6	0.77	-	-
	ふん主体堆肥	38.5	29.3	2.89	12.5	5.13	2.68	11.32	1.36	8.5	-
馬ふん	木質混合堆肥	52.4	33.8	1.93	19.8	4.09	2.14	9.12	0.96	8.4	-
	ふん主体堆肥	60.7	28.6	1.4	20.4	1.6	1.6	2.1	0.8	-	-
	ワラ混合堆肥	28.5	-	1.3	-	1.06	1.91	1.2	-	-	-
ワラ類	木質混合堆肥	56.8	-	1.37	-	0.46	0.44	3.12	-	-	-
	稻ワラ	10	38	0.49	77	0.17	1.88	0.51	0.14	-	-
	オオムギ	10	45.2	1.46	98	0.21	2.18	0.5	0.16	-	-
モミガラ	コムギ	10	41.2	0.32	129	0.18	1.76	0.36	0.1	-	-
	稻ワラ堆肥	75	28	1.64	18	0.77	1.76	1.99	0.55	-	-
	モミガラ	10	34.6	0.36	96	0.16	0.39	0.04	0.04	-	-
野菜	モミガラ堆肥	55	32	1.1	44	1.2	1	1.5	0.3	-	-
	キャベツ	85	46.8	3.26	14.3	1.15	4.82	1.73	0.44	-	-
	コマツナ	89	39.3	3.82	10.3	1.82	9.25	3.41	0.74	-	-
野菜	ハクサイ	88	41	3.62	11.3	1.8	11	4.7	1	-	-
	タマネギ	81	49.7	1.21	41.1	0.5	1.09	1.89	0.32	-	-
	ニンジン	73	48.5	1.55	31.3	0.7	4.16	0.69	0.18	-	-
野菜	ジャガイモ	79	50.4	1.55	32.5	0.65	2.59	0.05	0.19	-	-
	ナガネギ	88	48.4	3.33	14.5	1	3.18	1.39	0.46	-	-
	ダイコン(葉)	91	44.3	2.51	17.6	0.58	5.78	3.4	0.37	-	-
野菜	カボチャ	76	38.6	2.64	14.6	1.21	4.72	7.18	1.98	-	-
	メロン(茎葉)	83	37.8	2.35	16.1	0.95	4.94	5.44	2.43	-	-
	スイートコーンズ	73	47.3	1.43	33.1	0.96	3.19	0.49	0.31	-	-
野菜	野菜クズ(キャベツ)堆肥	-	43.8	2.8	15.6	2.8	7.5	1.7	0.8	-	-
	オガクズ	30	47.1	0.06	785	0.02	0.13	1.7	0.03	5.6	-
	オガクズ鶏ふん堆肥	54	35.1	1.53	22.9	4.49	2.69	13.9	1.1	9.2	-
パーク	パーク	-	50.9	0.33	154.2	-	-	-	-	6	-
	パーク堆肥	60	40.1	1.21	33.1	0.84	0.72	2.72	0.42	8.3	-
	せん定クズ	14	50.7	0.86	58.9	0.16	0.41	1.54	0.3	5.2	-
エキゾ外廃地	せん定クズ堆肥	73	40.4	2.03	19.9	0.48	0.88	3.34	0.77	7.1	-
	エキゾ外廃地	66	49.2	2.16	22.8	2.3	3.11	0.43	0.52	-	-
家庭生ゴミ	乾燥型	12	50.8	4.54	11.2	1.37	1.33	8.26	0.31	5.4	0.57
	分解型A	12.2	37.8	3.75	10.1	1.8	1.55	14.92	0.4	7.1	0.86
	分解型B	31	44.1	2.52	17.5	1.15	1.83	6.75	0.36	8.2	0.68
事業系生ゴミ	ホテル	7.5	46.5	4.6	10.1	1.42	1.05	3.57	0.18	5.2	0.78
	スーパー	24.6	33.5	4.09	8.2	1.27	2.11	2.69	0.32	6.1	0.83
	市場	12.8	34.1	3.31	10.3	1.26	4.62	2.56	0.6	7.5	0.53
オカラ	レストラン	7.7	42.8	3.63	11.8	1.45	1.09	3.95	0.2	5.6	0.8
	オカラ	79	49.8	4.36	11.4	0.83	1.6	0.31	0.16	-	-
	オカラ堆肥	73	44.7	3.63	13.1	2.39	4.04	1.06	0.43	-	-
コーヒーカス	コーヒーカス	66	55.2	2.17	25	0.24	0.44	0.14	0.2	-	-
	コーヒーカス堆肥	31	49.2	3.63	13	3.84	1.78	0.16	0.34	-	-
茶カス	緑茶カス	5.01	51	5.02	10.2	0.83	0.8	-	-	5.5	-
	ウーロン茶カス	8.35	52.1	3.63	14.4	0.45	1.05	-	-	4.8	-
	紅茶カス	5.86	50	4.54	11	0.65	0.36	-	-	5.5	-
ビールカス	茶カス堆肥	-	43	2.4	43	3.2	2	-	-	7.9	-
	乾燥ビールカス	10	51.6	4.3	12	1.4	0.05	-	-	-	-
	ビールカス堆肥	32	25.6	3.17	8	5.81	0.3	4.05	-	-	-
焼酎カス	甘藷焼酎カス	93.5	-	0.24	10.3	0.07	0.22	0.04	0.02	4.2	-
	ムギ焼酎カス	93.8	-	0.39	-	0.09	0.05	0.01	0.02	3.7	-
	黒糖焼酎カス	95.1	-	0.49	-	0.09	1.06	0.37	0.61	4.2	-
果汁カス	焼酎カス牛ふん堆肥	44	32.7	2.37	13.8	2.74	2.62	2.46	0.7	8.9	-
	ミカンジュースカス	85	-	0.15	45	0.03	0.17	-	-	-	-
	米カス	10	-	2.79	16	5.35	1.82	-	-	-	-
アオサ	アオサ	84	-	3.1	9	0.5	3.1	-	-	-	-

水分以外は乾物当たり%

注) 農文協「堆肥のつくり方・使い方」より引用。

表15 各種有機物の炭素率

成分種類	C (%)	N (%)	C/N	分解の 難易	原料100kgのC/N比を30 にするのに必要な窒素量	石灰窒素 の必要量
稻わら	45	0.6	75	難	0.9kg	4.3kg
麦稈類	46	0.5	92	難	1.0kg	4.8kg
イネ科植物	45	0.5	90	難	1.0kg	4.8kg
れんげ	46	2.7	17	易	—	—
マメ科植物	50	3.0	17	易	—	—
大豆粕	51	9.0	6	易	—	—
糀がら	40	0.5	80	難	0.8kg	3.8kg
落葉	48	0.9	53	やや難	0.7kg	3.3kg
樹皮	50	0.5	100	非常に難	2.8kg	13.3kg
オガクズ	46	0.2	230	非常に難	7.5kg	35.7kg
牛ふん	41	1.8	23	易	—	—
豚ぶん	43	3.9	11	易	—	—
鶏ふん	42	4.5	9	易	—	—

表16 各種堆肥の特性 (神奈川 1994)

堆肥の種類	施用効果		施用上の注意	
	肥料的	物理性改良		
稻わら堆肥	中	中		
家畜ふん堆肥	牛ふん 豚ぶん 鶏ふん	中 大 大	中小 小	肥効は速効性で化学肥料に近いので成分量に注意する。
木質混合堆肥	牛ふん 豚ぶん 鶏ふん	小 中 中	大 大 大	未熟なものを施用すると、窒素飢餓を引き起こすことがある。害虫の発生にも注意が必要。
バーク堆肥		小	大	C/N比が高く肥料効果は小さい。
モミガラ堆肥		小	大	C/N比が高く肥料効果は小さい。
都市ゴミコンポスト		中	中	C/N比が高い。異物の混入に注意する。
下水汚泥堆肥		大	小	石灰や重金属の含有量に注意。
食品産業廃棄物		大	小	全窒素、リン酸が高く速効性。

## エ かん水と間断日数

1回のかん水量は、ほ場容水量と生育に影響のできる水分との差、及び根群域のある土層の厚さとその水分消費割合などから計算される。

作物の生育状態や蒸散量、土壤条件、収穫目標によってかん水量は違ってくるが露地栽培では1回20~40mm、施設栽培では5~20mmとし、水量の少ないときは回数を増やす。

かん水量の算出は主根域土壤が生育阻害水分点に達したときの保水量とほ場容水量、土層の厚さなどから計算式が作られるが、土層の決定は必ずしも容易でない。簡易な方法として蒸発計による蒸発量にかん水ロスを10~20%見込んでかん水量を決めることができる。

間断日数は保水性、地下水位などの土壤条件及び気象条件によって異なる。

表17 かん水開始時期と間断日数

項目	保水性の良い土壤	保水性のやや悪い土壤	保水性の悪い土壤
	火山灰土(微粒) 沖積粘質土	赤黄色土 火山灰土(粗粒) 砂質壤土	砂土
深さ10cmのかん水開始点	pF:2.7~3.0	pF:2.3~2.7	pF:1.6~2.0
間断日数	5~7日	3~5日	2~3日

注) pFとは水が土壤に引きつけられている強さの程度を、水柱の高さ(cm)の対数で表した数値で、土壤の水分保持力を表す。

#### オ 整地・施肥

##### (ア) 作業順序

ほ場清掃→耕起・碎土→土壤消毒→耕うん・碎土→有機物施用→混耕→石灰散布→混耕  
→肥料散布→混耕→整地→植え付け

##### (イ) ほ場清掃

雑草や前作のほ場残さの持ち出しなどほ場内外の清掃を行なう。

##### (ウ) 耕起・耕うん・碎土

一般に機械の導入によって土壤が踏圧され、ち密度を増し硬くなるが、特に耕うん時にロータリーのとどかない耕盤部に硬い層が形成され、下層部への通気や通水を妨げている。山中式土壤硬度計で15mm以上になると根が伸長しにくくなり、25mm以上になると根はほとんど伸長できない。

水田の耕盤部は山中式土壤硬度計で20mm以上のところが多く、水田転換畠ではこれが大きな障害となる。深く耕すことは、作土層を広げ根張りをよくする第一条件である。一般に作土の深さは15~20cm程度で、それ以下は根の伸長が困難な不適条件のほ場が多い。また、水田転作で荒起しの状態では、土塊が大きく隙間が過剰で、根が機能的に養分吸収することや伸長ができないほか、しまりの悪い球根になるなど、弊害が生じやすい。

土を良く乾かし、碎土を繰り返し実施し、土塊ができるだけ小さく、また土壤孔隙量を多くし、通気性を良くする必要がある。

##### (エ) 土壤消毒

土壤消毒には薬剤処理によるほか、太陽熱消毒法、蒸気消毒法、熱水消毒法、土壤還元消毒法等がある。それぞれ実施条件、装備・処理費用に大きな違いがあり、処理効果にも特徴があるので、目的とする病害虫や経済性等を考慮し、後述する内容を参考に選択する。

##### (オ) 有機物の施用

良く腐熟化した有機物をあらかじめ前作後あるいは植え付け1~3か月前に施用する。土壤中に施用された有機物は分解し、腐朽物質及び腐植となり、地力維持増強に役立つ。

##### (カ) 石灰散布

土壤pHを測定して中和石灰量を求め、植え付け10日~1か月前に石灰質資材を散布し、良く混耕して土壤の酸性を矯正する。

##### (キ) 肥料散布

それぞれの品目に応じた適正施肥量からほ場に投入した有機物に含まれる塩基(窒素、カリなど)を考慮した、あるいは差し引いた量を施用する。植え付け3~7日前に散布し、良く耕

して十分土となじませる。

### 3 施設栽培土壤の管理法

#### (1) 施設栽培土壤の問題点

県内における施設栽培地帯の土壤は、大別して河川流域の沖積土壤、海成の砂土及び洪積層火山灰土などである。

沖積土地帯は大半が砂壤土であり耕土は深く通気性、排水性なども良く、生産力も高い。

沖積層の埴壌土地帯も一部にあるが、水田から転換されたものが多く、耕土は比較的浅く、土塊が大きく、排水不良などの条件もあって栽培上の問題点が多い。

砂土地帯は通気性、排水性が良く、作業もしやすいが、保水性に乏しく、土壤の緩衝能が小さいために施肥や水分管理上に問題が生じやすい。

施設栽培では、収量の安定と向上が特に要求され、土壤要因としては土壤の物理性、化学性、耕土の深浅、肥よく度、有機物の質と量などが問題となる。

本県の施設栽培のうち、冬期間除覆するパイプハウスでは、塩類集積の障害は太平洋側などに比べ少ないが、周年利用型施設では2~3年で塩類の濃度障害、地力低下、土壤構造の悪化などが起こり生産が不安定になる場合が多い。

施設栽培ではあらかじめ土壤調査を行い、その結果に基づいた土壤管理を行なって生産を安定させることが必要である。

#### (2) 施設栽培土壤の特異性

施設栽培では、雨が入らないために肥料の溶脱が少なく、しかも施設内温度が高いため土壤や作物体からの水分蒸散が激しい。水分の補給はかん水だけになるため、養分の移動は露地と異なり下方に溶脱せずに、水分蒸散により逆に表層に集積する。

この結果、表層土壤の塩類濃度が高まり、水分や養分の吸收阻害、養分間の不均衡による要素欠乏症、有毒ガスの発生などさまざまな障害が起きやすい。

また、より高収益性を求める結果、栽培作物が限定されるとともに、高度周年利用のため、連作体系となりやすく、土壤の改良がおろそかになる傾向があり、土壤微生物を含めた土壤の組成のバランスが崩れ、土壤病害虫の発生が多くなるなど連作障害が発生しやすい。

#### (3) 県内の施設土壤の実態

県内施設園芸土壤(野菜、果樹栽培施設含む)の肥料成分集積の実態を調査した結果、多くの分析項目で分析値が基準値よりも過剰域に分布しており、硝酸態窒素では32%のほ場で100g当たり20mgを超えていた。有効態リン酸は63%のほ場がやや過剰もしくは過剰域にあり、交換態塩基類ではカリウム(K<sub>2</sub>O)で47%、カルシウム(CaO)で31%、マグネシウム(MgO)で74%のほ場がやや過剰もしくは過剰と診断された。

これら肥料成分の集積の原因としては、長年にわたる過剰施肥に加え、家畜ふん堆肥の過剰施用が考えられ、堆肥施用の際は含有肥料成分を考慮した施肥設計を心がける。

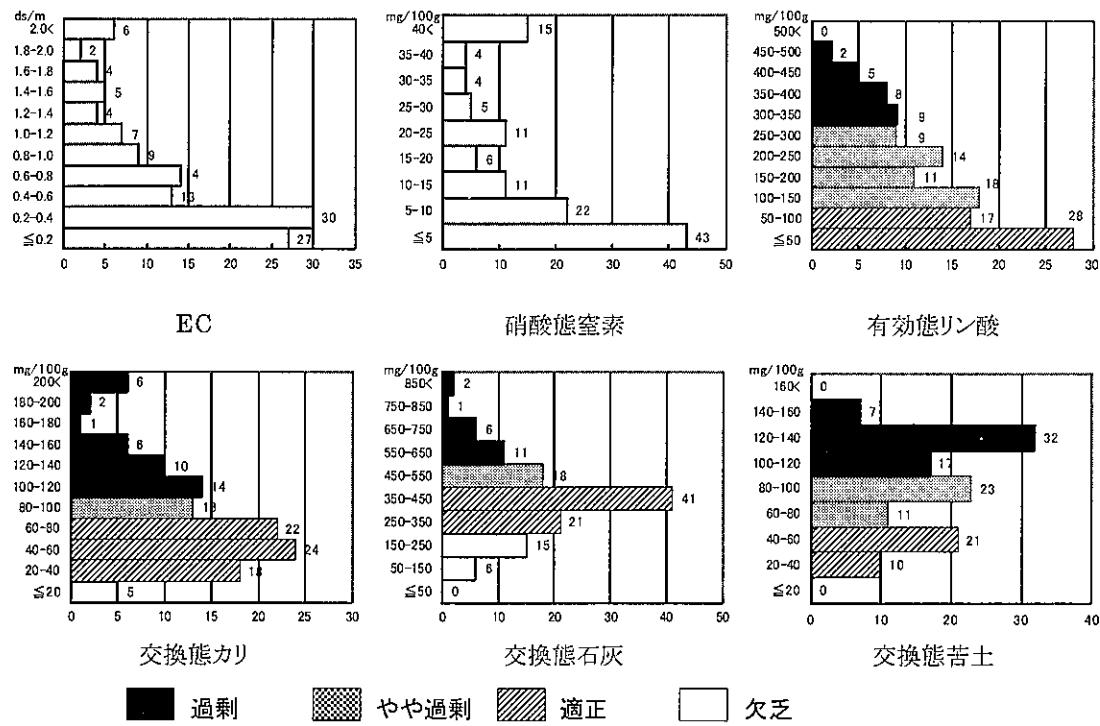


図5 県内の施設栽培における土壌化学性の階層別度数分布 (2006)

注) EC、硝酸対窒素には基準値を設けていない。

棒線の右記数字は、ほ場数。

#### (4) 塩類集積、EC値と作物の生育阻害

##### ア 塩類集積の影響

塩類集積によって作物が生育障害を起こす機構は次のようにいわれている。

①土壤溶液の浸透圧増加による作物の吸水阻害

②特定成分やイオンの害作用

③成分濃度や組成の不均衡による養分吸収の異常

特に土壤中に多量に蓄積したアンモニアによるカルシウム・カリの吸収阻害、pHの変動による微量元素の吸収阻害、また塩基組成のアンバランスからくる吸収阻害などがある。したがって、塩基バランスを考慮し下記を基準とする。

$$\begin{aligned} \text{MgO}/\text{K}_2\text{O} &\cdots \cdots 2 \text{以上} \\ \text{CaO}/\text{MgO} &\cdots \cdots 6 \text{以下} \end{aligned}$$

塩類濃度を知る方法としては、電気伝導度計によりECを測定する方法があり、土壤別による作物と濃度障害の関連が明らかにされている。

表18 土壤のECと作物生育の関係

作物名	最適 EC(1:5) mS/cm			障害発生 EC(1:5) mS/cm		
	粘質土	壤質土	砂質土	粘質土	壤質土	砂質土
カーネーション	0.5~1.3	0.3~0.8	0.2~0.5	1.8~2.7	1.0~1.6	0.7~1.0
キク	0.5~1.0	0.3~0.7	0.2~0.5	1.7~2.5	1.0~1.5	0.7~1.0
バラ	0.4~0.8	0.3~0.6	0.2~0.4	0.8~1.4	0.9~1.3	0.6~0.9
スカシユリ	0.3~0.5	0.2~0.3	0.1~0.2	0.8~1.2	0.5~0.7	0.3~0.5
テッポウユリ	0.2~0.5	0.1~0.3	0.1~0.2	0.7~1.0	0.4~0.6	0.3~0.4

注) 障害発生ECとは作物の収量や品質が低下するEC値を表している。

「和歌山県土壤肥料対策指針」より抜粋。

#### イ ECの影響

ECが高い場合は、特に関係の深い硝酸態窒素含量を把握し、高い場合は基準施用量から残存量を差し引いて施用することが必要である。チューリップの場合は0.2~0.3mS/cm、ユリの場合は0.5mS/cmを超える場合は基肥の窒素減肥が必要となる場合が多い。これらの数値を超えるような場合は、生育状況、ECの変化を見ながら施肥を調整していくのが望ましい。

#### ウ EC測定法と測定値の判断

風乾細土20gに対し、重量比で5倍量の蒸留水で1時間振とうし、電気伝導計でECを測定する。なお有機物を混合した育苗床土など仮比重の低い土壤は、重量比で10倍量または容量比で5倍とする。また、現地で生土(未風乾土)を測定する場合は、土壤中の水分を考慮して25gに対し95ミリリットルの蒸留水で浸出する簡便な方法を用いると良い。

土壤溶液の電気伝導度は藤沼によればおよそ次式で得られる。

$$1:5 \text{ の値} \times 7.7 \doteq \text{土壤溶液EC}$$

また土壤溶液の浸透圧は氷点下降法その他の方法で測定されるが、およその値は電気伝導度(EC)から次式で概算され、全塩濃度や全カチオン濃度なども近似値が得られる。なお、栽培に適する土壤溶液濃度は花きの種類や生育度などによって異なる。

$$\text{浸透圧 (bar)} = 0.36 \times \text{EC (mS/cm)}$$

$$\text{全塩濃度 (mg/l)} = 640 \times \text{EC (mS/cm)}$$

$$\text{全陽イオン濃度 (me/l)} = 10 \times \text{EC (mS/cm)}$$

### (5)ガス障害

県内の施設でも、冬期間における暖房機の不完全燃焼によるガス害や、施肥の過多・未熟有機物の施用によるアンモニアガス、亜硝酸ガスの障害を受けることがある。密閉栽培をする場合や、特に低温期から高温期に向かう作型では、施肥やかん水に十分注意する必要がある。

#### ア アンモニアガスの障害

アンモニアガスは、尿素などを多用した場合、急速にアンモニアになるため、硝酸への変化が間に合わず、土壤中に集積して施設やトンネル内に揮散して障害を起こす。空気中の濃度が約40ppmで障害が発生する。

## イ 亜硝酸ガスの障害

窒素肥料を多用した場合、微生物がアンモニアを硝酸にする速度が間に合わず、亜硝酸が土壤中に集積する。

一方、硝酸化成が進み、硝酸が増加するにつれpHが低下する。pH5程度になると亜硝酸がガス化して土壤中から揮散し、施設やトンネル内に充満して障害を起こす。空気中の窒素濃度が約20ppmで被害を受け、そのときの露滴pHは4.2～3.8程度といわれている。

## ウ ガス障害に対する対策

基本的には施肥量の適正化、肥料の種類の検討、肥料の表面施用や石灰質資材との同時施用を避ける等に留意するとともに、施用に当たっては土と早く混合することが必要である。

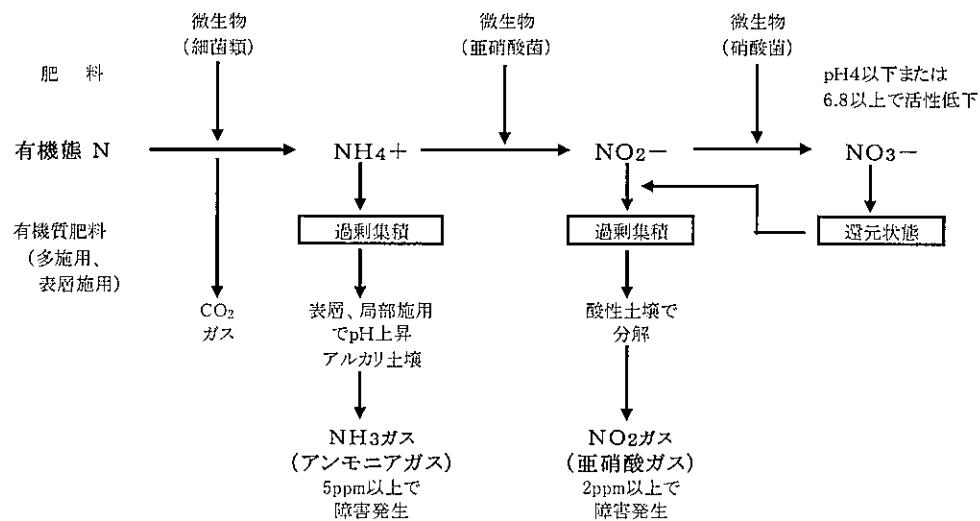


図6 窒素ガス発生機構

注) JA全農にいがた「施肥診断技術者ハンドブック」より

表19 ガス害のハウス露滴pHの判定

露滴pH	判 定
7.0 以上	アンモニアガスが優勢に発生している。アンモニアガスによる障害はpH9.5以上で起こる。
7.0～6.2	ガスの発生がないか、または亜硝酸ガスとアンモニアガスがほぼ同量発生している。被害なし。
6.2～5.6	亜硝酸ガスの方が優勢に発生している。警戒態勢に入る。
5.6～4.6	作物の抵抗性が弱いとき、亜硝酸ガスの障害を出すおそれあり。約pH5.6となればガス発生防止対策を実施する。
4.6 以下	ほとんどの場合、亜硝酸ガスの障害を受けるおそれあり。

## (6) 施設栽培土壤の管理

好適な土壤環境を保つためには、定期的な土壤分析に基づいた肥培管理を、継続して行うことが大切である。作物ごとに土壤の改良目標値が定められているので、長期的な視点に立ち、望ましい改良目標値に近づけていくことを心がける。土壤中に投入した過剰養分を取り除くには、多大な労力、時間、費用がかかるので、大量の土壤改良資材や肥料の投入は慎重に行うべきである。

前述のとおり、新潟県内には過剰に塩類集積した施設土壌が見られる。濃度障害の軽減対策としては、施肥法、表層集積防止、深耕、除塩、床土更新など色々な方法があるが、基本的には適正な施肥量と地力増強、さらに栽培期間中及びその前後に土壤溶液濃度を測定し、かん水などの栽培管理とともに、障害発生を防止することが大切である。

#### ア 適正な肥培管理

作物の種類や養分吸収量などを考慮し、養分吸収に見合った施肥を計画的に行う。

また、作付前にEC値を測定して肥料成分の残量を推定し、施肥量を決定する。

施用する肥料の形態としては、同じ成分量を施用する場合、硫安や硫酸カリウムのような硫酸根肥料に比べ、塩安や塩化カリウムのような塩酸根計肥料の方がEC値を高めやすいので、EC値が高い場合は硫酸根肥料を使用する。緩効性の肥料や有機質肥料などの利用も良い。pHが高い場合は、石灰質資材の投入を控え、未調整ピートモスを入れてpHの低下を図る手法もある。

#### イ 有機物の施用と深耕

一般に、花きは酸素の要求量が高いので、土壌の物理性の良否が生育や収量を左右する。施設では過度のかん水や、耕うんなどの条件により土壌が固結しやすいので、収量の向上や安定上特に重要視される。

土壌改良には堆肥など有機物の施用が効果的である。有機物や腐植は土壌の孔隙量、保水力を増し、塩基の交換容量を増加させて土壌改良効果は高く、多くの利用が望まれている。

県内の施設土壌では作土の浅いものがあり、収量などの面で問題が多いことから、深耕(天地返し)の実施は濃度障害防止からみても大きな効果がある。深耕はトレンチャーなどによるものが省力的で、その深さは50~60cmで上層下層の土を混合する。また、集積した塩類の除去方法としては、水によるかけ流し除塩や湛水除塩、クリーニングクロップ(イネ科作物等)の導入による除塩等がある。

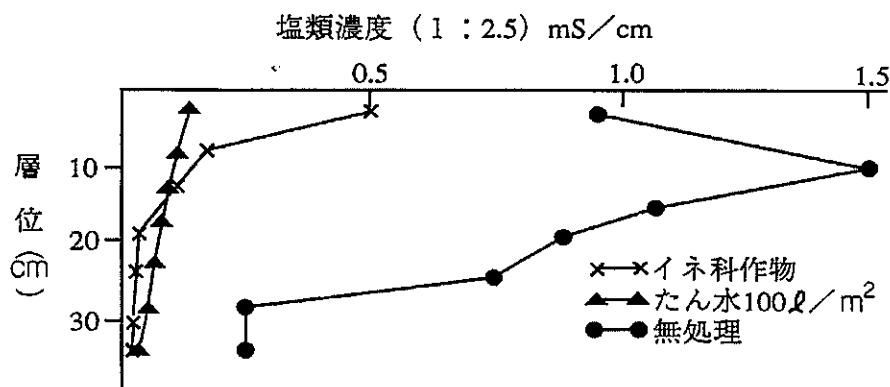


図7 イネ科作物導入による除塩効果 (愛知県農総試 園研)

表20 施設栽培における青刈り作物の養分吸収量(10アール当たり) (松沢ら 1984)

青刈作物	収量(t)		成分(kg)		
	生重	乾重	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
トウモロコシ	5~7	0.8~1.4	20~30	3~4	50~90
ソルガム	5~7	1.0~1.3	20前後	3~5	30~70
シコクビエ	5~7	0.6~1.0	10~25	1~3	30~50
エンバク	3~6	0.45~0.75	10~20	2~4	20~50
ライムギ	3~4.5	0.5~0.6	10~20	2~4	30~40
イタリアンライグラス	3~6	0.4~0.6	10~20	1~4	20~40

#### 4 土壌及び作物体の簡易栄養診断法

小型反射式光度計(商品名:RQフレックス)は、簡易に作物体や土壌養分、堆肥の分析ができる測定方法として県内では簡易診断やリアルタイム診断としての使用例が比較的多い。

園芸作物では、栽培期間中の土壌養分や作物体の養分をリアルタイムで分析・診断することにより、合理的かつきめ細やかな肥培管理や生理障害の原因究明が可能となっている。そのためには、産地における品目ごと、生育ステージごとのデータ蓄積が重要である。

##### (1) 土壌栄養の診断

土壌溶液を採取し栄養診断する方法として、減圧吸引法と生土容積法がある。

###### ア 必要な器具

RQフレックスシステム一式、各種試験紙、採水器、広口ビン

###### イ 土壌溶液の採取

###### (ア) 減圧吸引法(採水器(商品名:ミズトール)による土壌溶液の採取)

減圧吸引法は、真空ポンプ等により、土壌中の溶液を直接採取する方法であるが、乾燥した土壌では、溶液の採取が困難である。

- ①ポーラスカップの埋設位置は、株と株の中間地点とし、かん水チューブから5cm程度離れた地面から15~20cmの深さの位置にする。
- ②採取地点は3カ所とする。
- ③かん水後、1~2日経過した後に集水器を真空にし、土壌溶液を吸引採水する。
- ④採水量は、調査項目にもよるが、30ミリリットル以上であればかなりの項目を調査することが可能である。

###### (イ) 生土容積抽出法

生土容積抽出法は、土壌水分の少ない栽培法や作物で、採水器では採水が困難な場合に生土から純水で土壌溶液を抽出する方法である。

- ①生土1:蒸留水2~生土1:蒸留水5にして抽出液を得る。
- ②土の採取地点は5カ所とする。
- ③1分ずつ2回振とうし、静置後上澄液またはろ過したろ液を分析用として使用する。

###### 〈例〉1:2の場合

300ミリリットル程度の広口ビンに、蒸留水を100ミリリットルを入れておき、採取した土を枯れ

葉などの夾雑物を取り除き、良く混和し150ミリリットルになるまで土を入れる。

#### ウ 溶液の測定分析

溶液が得られたら、RQフレックスシステムを使って各要素の濃度を測定する。

土(乾土)：水を重量比により抽出した場合の硝酸イオン濃度は、便宜的に次式により従来主に使用している「mg/100g乾土」表示に書き換えることができる。

$$\text{硝酸態窒素} = \frac{\text{水抽出硝酸イオン濃度} \times \text{浸出液量}}{(\text{ml}/1000\text{ml})} \times (100\text{g}/\text{サンプル土壤}) \times 0.226^*$$

(mg/100g) (mg/L) (ml/1000ml) (g)

\*  $\text{NO}_3^-$  から  $\text{NO}_3-\text{N}$  への換算係数

サンプル土壤が乾土の場合は、測定濃度(mg/L)に下記の係数を乗ずれば、「mg/100g乾土」の単位に換算できる。

土壤:水=1:5 の場合 表示値に 0.113 を乗ずる(EC測定溶液で可)。

土壤:水=1:10 の場合 表示値に 0.226 を乗ずる。

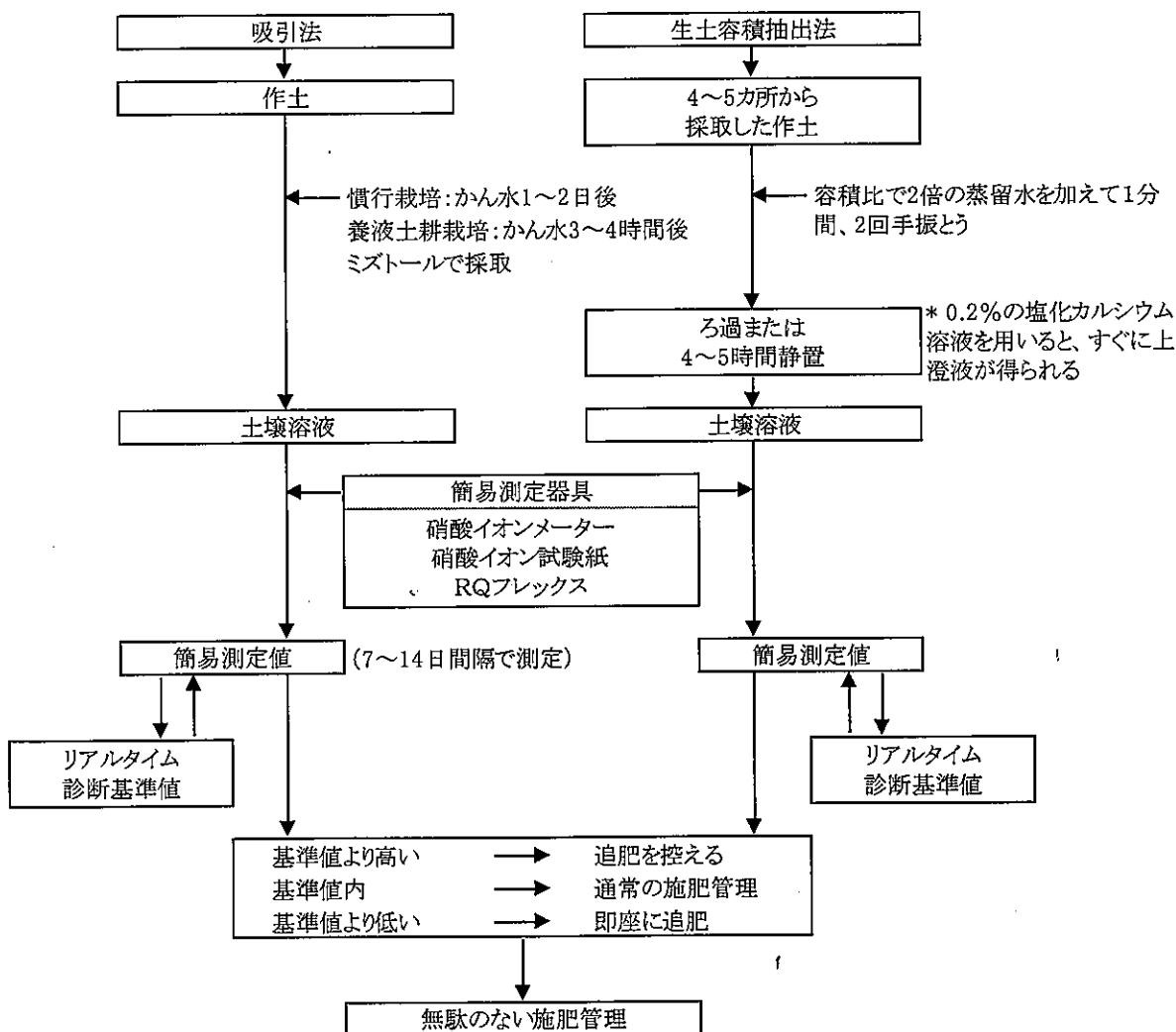


図8 RQフレックスによる土壤溶液の測定手順 (六本木、加藤)

注) 農文協 「野菜・花卉の養液土耕」より引用。

## (2) 作物体の栄養診断

### ア 必要な器具

RQフレックスシステム一式、各種試験紙、ニンニク搾り器、乳鉢など

### イ 作物体の汁液採取方法

いくつかの部位から採取した葉等を①ニンニク搾り器で搾る方法(搾汁法)、②乳鉢などですりつぶす方法(磨碎法)、③スライスして水で浸出する方法(スライス法)に大別されるが、①の搾汁法が一般的である。

### ウ 汁液の分析

最も重要な診断項目は、窒素の指標としての硝酸イオンであるが、目的によりカリやリン酸、カルシウム、あるいは微量要素も測定することができる。測定は、土壤溶液分析と同じである。

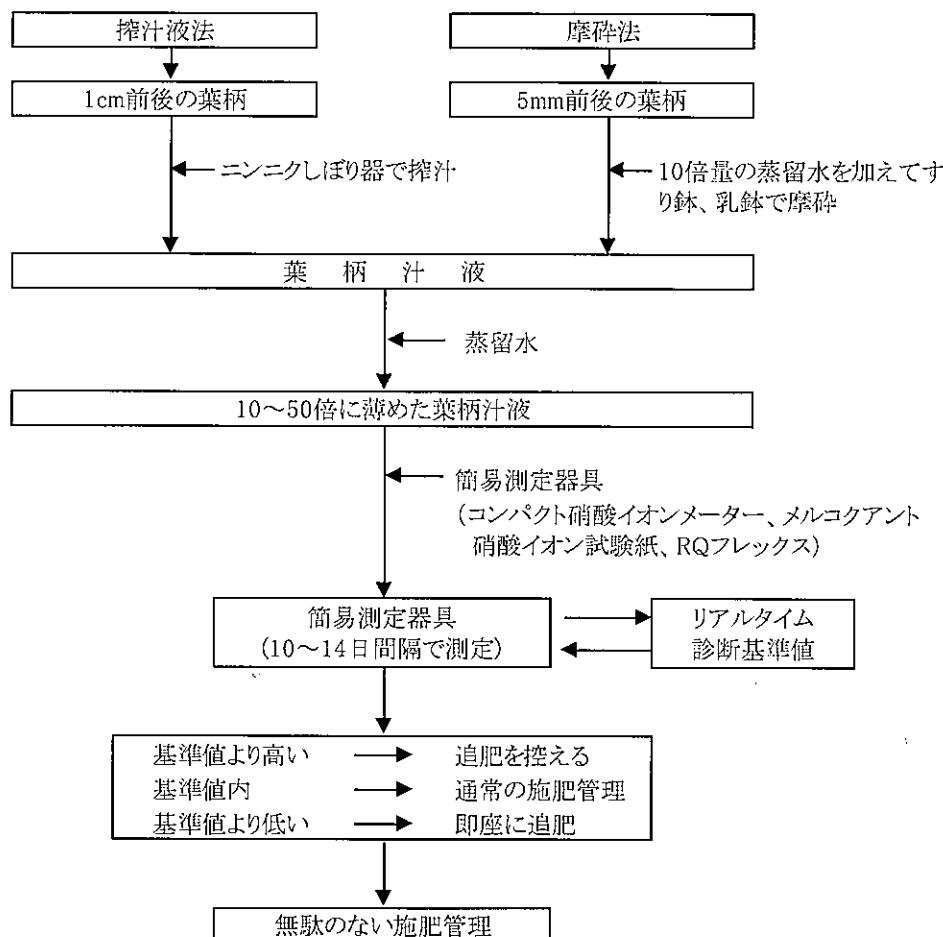


図9 RQフレックスによる作物体影響の測定手順 (六本木、加藤)

注) 農文協 「野菜・花卉の養液土耕」より引用。!

表21 リアルタイム診断のための植物体汁液採取方法(参考)

作物名	採取方法	採取する部位
キク	摩碎法	つぼみのついていない最上位完全展開葉直下の茎を用いる。この茎の数節の節間を用いる。
スプレーギク トルコギキョウ デルフィニウム	摩碎法 スライス法	つぼみのついていない最上位完全展開葉直下の茎を用いる。この茎の数節の節間を用いる。
カーネーション	スライス法	つぼみのついていない20cm程度伸長した茎を用いる。その中で、最上位完全展開葉直下の茎を用いる。この茎の数節の節間を用いる。
バラ	摩碎法	発らい時期の最上位完全展開葉を挟んだ上下2節の茎を用いる。

表22 花きにおける植物体の栄養診断基準値(硝酸イオン含量)の目安(参考) (六本木、加藤)

作物名	県名	測定部位	採花期	診断時期	診断基準値(ppm)
バラ (ローテローゼ)	千葉	採花枝の下から3~4枚目の葉柄を磨碎	10~6月	秋期~冬期	900~1500
				春期	600~900
				夏期	300~600
カーネーション (ノラ)	滋賀	未着らい枝の下位節の葉柄をスライス	1~2月	9月	2,200~2,300
				11月	1,700~1,800
カーネーション	栃木	完全展開葉直下の茎をスライス	8月上旬定植	生育期	900~1,800
				発らい~開花	450~900
トルコギキョウ	栃木	最上位完全展開葉直下の茎をスライス	5月下旬	定植後1~4週	0~25
				5~21週	0~45
				22週以降	0~25
デルフィニウム	栃木	最上位完全展開葉の葉柄をスライス	4月下旬	定植後1~3週	110~220
				4~16週	220~900
				17週以降	110~220
カラー・チルドシ アナ	栃木	最上位完全展開葉の葉柄をスライス	4月下旬	養成株	90~220
				開花株	0~90
スプレーギク	栃木	最上位完全展開葉直下の茎をスライス	7月中旬	定植後0~2週	45~220
				4~7週	220~450
				8週以降	45~110
キク	宮城	上位、中位、下位葉の中央部分を磨碎	短日処理による7月下旬~8月上旬	短日処理前 上位葉	2,500~3,500
				中位葉	3,000~4,000
				下位葉	2,500~3,500
				短日処理期間 上位葉	3,500~5,000
				中位葉	3,500~4,500
				下位葉	3,500~4,500

注) 農文協「野菜・花卉の養液土耕」より一部改編。

## 5 転換畑土壤の管理技術

転換畑で畑作物を栽培する上での問題点としては、従来稲作の用水確保を前提としてきた水田での栽培のため、畑転換に十分な排水条件が整えられていないことである。一般に、地下水が高く、地表水の排除も悪いため場が過湿となり、畑作物の生育に支障をきたしやすく、排水対策が土壤管理技術の基本的な課題となる。また、大孔隙が多く毛管水の移動が悪いために、過湿とは反対の干ばつ害も受けやすい。

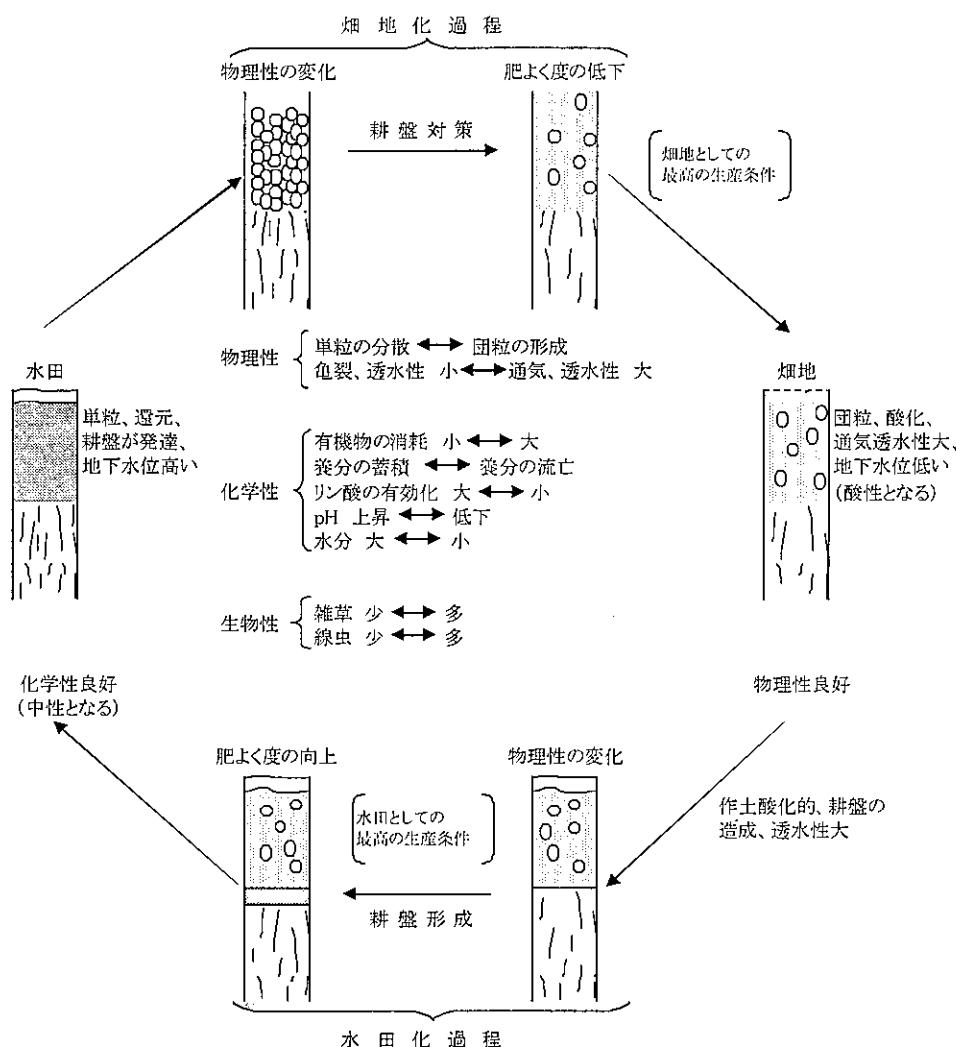


図10 田畑転換による土壤特性の変化 (本谷 1974)

### (1) 転換畑土壤の改良目標

転換畑といえども畑作物を栽培することからすれば、一般の畑土壤の改良目標に近づけることが究極の目標であることは当然である。しかし、水田を転換してまだ歳月の浅い転換畑では、水田土壤の性質が多分に残っているので、当面は表23のような物理性の改良とする。なお、化学性の改良目標については、普通畑土壤に準じて行う。

土壤の物理性が不良な転換畑では、湿害と干害が同居する場合が多い。また、化学性についても、転換により土壤の酸性化や塩基類の溶脱、有効態リン酸や全窒素の減少など化学性にも変化が起こるので、十分注意しなければならない。このような化学性の変化は、転換後1~3年の間が著しい。

表23 輪換畑土壤の物理性の目標値

項目		目標値
作土の厚さ		20cm以上(根菜類は30cm以上)
主要根群 域の状態	最大ち密度(山中式)	20mm以下
	粗孔隙量	気相率15~20%(pF1.5気相率)
	易効性水分	地表下40cmまでの土層に20mm以上(pF1.8~2.7)
酸化層の厚さ		25~30cm(果樹園を除く)
地下水位	飼料作物	20~40cm
	大豆・麦・そば・野菜・花き	30cm以下
	果樹	100cm以下
地層水残留日数		1日以下
作土の碎土率		粒径2cm以下の土塊が70%以上

## (2) 排水対策

県内の水田土壤の75%は排水不良のグライ土壤で占められていることと、大部分は粘質な土壤であるため、転換畑で高品質安定生産を目指すには、前述の改良目標により近づけることが必要であり、それには徹底した排水改良を行なうことが必須の条件である。

排水不良の主な原因は、排水路の水位の低下不能、粘質土壤における透水性不良、傾斜地での伏流水や平坦地での地下水位の上昇等がある。

表24 排水方法の区分

層位	深さ(cm)	施工・管理	区分			
			當農排水	土木的排水	接合部	
耕土層	0~15	耕起、うね立、田面排水小溝				
耕盤層	15~25	切断、深耕、心土耕				
下層	25~80	心土破碎、弾丸暗きよ、トレーナー(糞がら)暗きよ、排水路、本暗きよ				

### ア 地表水の排水対策

一般に転換畑は畠地に比べ透水性が小さく、地表残留水を地下水として排除することは困難であり、営農的に地表水の排水対策が必要となる。そのため、ほ場内の排水溝の掘削が有効であり、その効果は土壤タイプ等にもよるが有効範囲が深さ30cmくらい、両側3m以内の程度といわれている。

また、高うね栽培も地表水排除の有効な方法で、うね間を排水溝に接続すると効果的である。高うね栽培では、うねの高さは、作付期間中の地下水位を基準にして、地下水位からうねの頂部までの高さを壤土では40cm以上(埴壤土では50cm以上)になるようにうねを作ることが基本となる。排水効果を更に高めるには、「うね間の均平を図る」、「うね長を短くする」、「うね方向に暗きよを直交させる」などの工夫が必要である。

#### イ 有機物施用による物理性の改善

堆きゅう肥等の粗大有機物の施用は、土壤構造の発達を促進し、通気性、透水性、保水性等物理性の改善効果が大きいことと、微量要素の供給にも役立つ。なお、稻わらやモミガラ等の未熟な植物残さを施用する場合、土壤中での分解に伴い、土壤の一時的な還元状態や窒素飢餓を引き起こしやすいので、は種や植え付け直前の時期を避ける必要がある。また、窒素飢餓を考慮し基肥窒素の增量も検討する必要がある。

表25 植物残さの種類と孔隙率

種類	施用量 kg/a	孔隙率*		気相率*	
		%	比	%	比
残さ無添加	0	62.4	100	29.9	100
稻わら	30	65.4	105	32.7	109
	60	-	-	-	-
麦桿	30	64.3	103	31.4	105
	60	64.3	103	33.4	111
トウモロコシの 茎葉	30	64.1	103	32.3	109
	60	66.8	107	34.5	115
もみがら	20	64.9	104	33.3	111
	40	66.4	106	34.5	115

注) \* 地下水位が31.4cmのとき測定した。

#### ウ 地下水位の低下

地下水位を低下させるには、排水路の水位を下げるとともに、暗きょを設ける必要がある。しかし暗きょ排水を行なっても、水田のかんがい期には隣接田や用水路から、横方向からの浸透水によって湿害が発生しやすいので、水を遮断するために明きょやかなり深い遮断きょが必要となる。ほ場での作業性や維持管理の面からみると、明きょより図11のような簡易遮断きょの方が有効である。さらに、粘質土では水の縦浸透が不良の場合が多いので、深耕や心土破碎の併用によって土壤中に亀裂をつくり、透水性や通気性の改善を図る。

いずれにしても、基本的には基幹水路の水位に影響されるため、個人では抜本的な水位低下は望めず、広域的な対策が必要である。

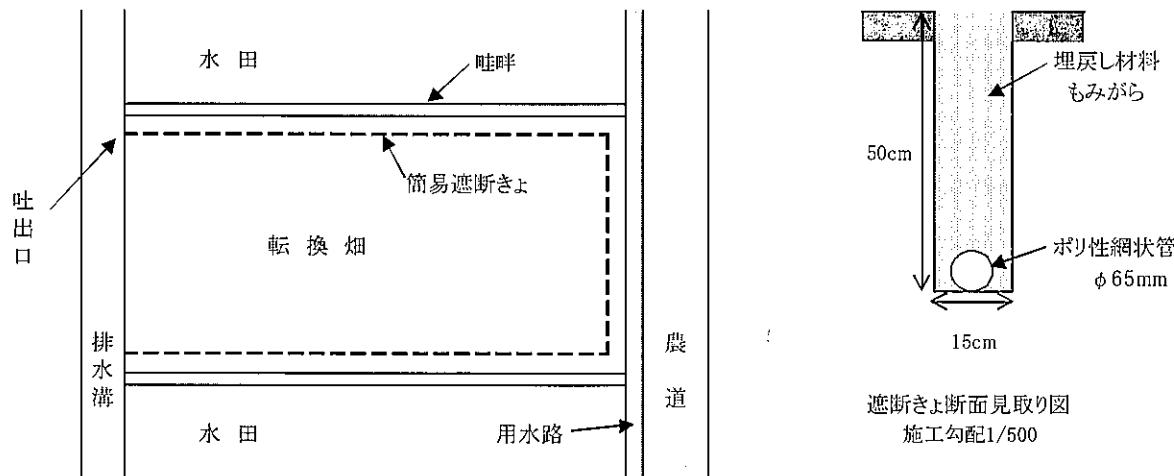


図11 簡易遮断きょ施工例

## エ 土壌改良資材の投入

水田土壌は、普通畑土壌に比べ石灰や苦土など塩基含量が少なめである。こうした水田土壌を転換畑として畠地化すると塩基類が溶脱して土壌の酸性化が急速に進むので、苦土を含む石灰資材を投入して酸度を矯正する必要がある。石灰資材の投入に当たっては、土壌水分が少ないと効果が劣る。

リン酸については、水田土壌の還元状態で有効化しやすいが、転換畑では有効態リン酸が不足しやすいので、リン酸資材の投入も忘れてはならない。

このほか、硫化物の化学変化により土壌の酸性化を助長したり、土壌の還元状態が続くと可溶性のマンガンが増加し、作物によってはマンガン過剰症が発生するので注意する。

## 6 土壌消毒に伴う土壌管理

花き類の土壌消毒には、薬剤処理法、太陽熱消毒法、蒸気消毒法、熱水消毒法、土壌還元消毒法等がある。従来は薬剤処理による消毒が主流であったが、臭化メチルの廃止や環境に対する負荷軽減等への配慮から、物理的消毒法へと変遷してきている。

### (1) 薬剤処理による土壌消毒

薬剤を全体に均一にゆきわらせるため、ほ場全面の耕起、碎土、均平が重要である。薬剤処理後は、新たな感染源の持ち込みに注意し、深いところほど消毒が不完全であるので、深耕はしない。また、消毒した場合、通常より肥効が強く現れるので、施肥量を1~2割程度減らす。その他、消毒方法や注意事項については農作物病害虫雑草防除指針に従う。

### (2) 太陽熱消毒法

日射による熱を利用する消毒法であり、実施時期は梅雨明け後から8月下旬の間に限られる。

#### 【実施手順】

- ① 罷病残さ等を取り除く。
- ② 切りわら10アール当たり1t(緑肥、モミガラ、堆肥、乾燥牛ふん等でも可能)を散布する。
- ③ 石灰窒素10アール当たり50~100kgを散布する(施用しない場合もあるが防除効果は劣る。使用する場合は次作の窒素成分を差し引く。除草剤の成分カウントに注意する。)。
- ④ できるだけ深く耕うんし、その後、土の表面積を増やし、熱を深くまで伝えやすくするためにうね幅60~70cm、高さ20~30cmにうね立てする。
- ⑤ 事前にたっぷり散水して、土壌水分を十分に保つ。
- ⑥ ポリフィルムやビニールで全面を被覆し、通路にかん水する。
- ⑦ 施設の場合は、完全に密閉して蒸し込み状態にする。
- ⑧ リゾクトニア菌、ピシウム菌の場合は10日、フザリウム菌、根こぶ病菌の場合は30日で防除できる。
- ⑨ 新たな感染源の持ち込みに注意する。品目によっては基肥を施用し、うね立て後に消毒を実施し、土壌を動かさずにそのまま栽培できる。

### (3) 土壌還元消毒法

環境に優しい土壌消毒技術として施設野菜栽培を中心に導入が進んでいる。花き栽培ではアスター・ストック萎ちょう病やトルコギキョウ株腐病に対して防除効果が確認されている。米ぬか等の有機物を土壌に混和し、かん水、被覆することで還元化を促進して土壌中の病害虫を死滅させる手法である。病害虫が死滅する仕組みは明らかではないが、太陽熱や発酵熱による高温、かん水や微生物の呼吸による無酸素状態、微生物が產生する有機酸、還元化により溶出した金属イオン等が相互に作用していると考えられる。また作物の生育改善効果が知られており、県内ではユリ切り花栽培において、根傷みによる生育不良や切り花品質低下の対策として導入される事例がある(表26)。

表26 土壌還元消毒後に栽培したユリ(カサブランカ)の切り花品質 (2009)

土壌還元消毒	切花長	茎長	花房長	花梗長	花らい長	花数 うち 奇形 花とび	プラス チング	落葉数 節数	生葉数 葉数	黄化葉 葉数	
	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)						
あり	121.0	93.6	27.4	10.9	12.3	6.9	0.1	0.3	18.5	77.4	0.4
なし	109.5	84.0	25.6	10.8	11.7	7.0	0.0	0.0	22.4	76.2	2.5
<hr/>											
土壌還元消毒	中心葉		止め葉		頂葉		茎径	茎強度			
	葉長 (cm)	葉幅 (cm)	止め葉 (cm)	葉幅 (cm)	葉色 SPAD	葉色 SPAD	基部 (mm)	中心 (mm)	上位 (mm)	(°)	
あり	18.1	3.5	20.8	3.8	55.7	50.7	17.2	11.0	10.0	2.0	
なし	15.5	3.3	19.0	3.4	60.7	54.3	16.7	10.0	9.3	2.1	

#### 【実施手順】

- ① 作物残さを除去し、ほ場を耕うんしておく。
- ② 有機物(例:米ぬかアール当たり100kg)を均一に散布し土壌と混和する。
- ③ 散水チューブ等で十分にかん水する。
- ④ 穴の開いていないビニールで被覆しハウスを3週間以上閉め切る。
- ⑤ ビニールを除去し土壌を乾燥させる。
- ⑥ 耕うんして土壌を酸化状態に戻す。植え付けは5日後以降に行う。

#### 【注意事項】

- ・ 30℃以上の地温が確保できる6~9月に実施する。
- ・ かん水量は1平方メートル当たり150リットル以上を目安とし、全体に水たまりができるまで十分にかん水する。
- ・ 透排水性の悪い土壌、砂質土等では効果が劣る場合がある。
- ・ 米ぬか等の窒素を含む有機物を利用する場合には、有機物から供給される窒素分を考慮し品目や品種に応じて施肥量を調節する。
- ・ 防除が困難な病害もあるため、導入に当たっては他の土壌消毒と併せて検討する。

#### (4) 土壤蒸気消毒法

県内のユリ切り花産地では、切り花品質の向上を目的に土壤蒸気消毒が導入されている。本来、蒸気消毒は高熱によって病害虫を防除する技術であるが、多くの作物で根量増加、生育改善、增收、果実肥大などの効果が認められている。生育が改善する理由には不明な点も残されているが、地力の発現促進、有害微生物の減少、いや地物質の除去等が考えられている。また、死滅した多くの菌が分解、再利用される過程で、土壤の還元化が進み、同時に種々の有機酸が発現する。これによってマンガンが可溶化することが知られており、一部の作物ではマンガン過剰症を発症するおそれがある。新潟県内のユリ及びチューリップ栽培では、蒸気消毒によるマンガン過剰症の発生は報告されていない。

土壤蒸気消毒により、ユリ切り花の品質は顕著に向上する。蒸気消毒後に作付けしたユリは根群の発達が良く、吸肥力が向上するため、蒸気消毒を実施しない場合に比較して切花重が20~30%増加し、葉色は濃緑化する。また、施肥効率が向上し、慣行窒素施用量に対して60%以上の減肥が可能となる(表27)。ただし、切り花ボリュームが増加する反面、茎が柔らかめの生育となるので、換気、かん水、品種選定などに注意が必要である。

蒸気消毒を実施しても土壤の化学性は大きく変化しないので、従来どおり良質な有機物を積極的に投入する必要がある(図12)。

表27 ユリ切り花栽培における蒸気消毒が生育量、施肥量に及ぼす影響 (2006)

項目	蒸気消毒	2002	2003	2004	2005	2006	合計
切花重 (g/本)	処理	339	367	254	231	365	—
	無処理	289	315	213	180	274	—
増加率 (%)		118	117	119	128	133	—
茎堅さ (度)	処理	0.0	10.5	1.7	17.3	21.3	—
	無処理	2.4	29.3	8.3	27.5	27.6	—
施肥窒素量 (N·kg/10a)	処理	8.4	8.0	3.0	3.0	5.0	27.4
	無処理	8.4	8.0	8.0	13.0	15.0	52.4
削減率 (%)		0	0	62.5	76.9	66.7	47.7

注) 基部を支持して45°に傾けたときの下垂角度を5°刻みで測定した。

##### 【実施手順】

- ① 罷病残さ等を取り除く。
- ② 施肥、耕うん、うね立てを行い、うねの上、あるいは土中にホースやパイプを設置する。  
(新たな感染源を持ち込まない観点からうねの上の方が望ましい)。
- ③ 蒸気が漏れないようビニールやキャンバスシート等で被覆する。
- ④ 蒸気消毒機により一定時間蒸気を噴出させ、目的の深さの温度が一定の温度に達するのを待つ(30~40cmの深さで60~70°Cを目安とするが、目的により調整する)。
- ⑤ 被覆を取り除き、地温が下がるまで2~3日放置する。
- ⑥ できるだけ土壤を動かさず、病原菌等を持ち込まないよう注意して、植え付けを行う。

##### 【注意事項】

- ・ 蒸気消毒機は専用の機械が各社から販売されているが、いずれも高価であり、共同利用、機械レンタル等での対応を検討する。

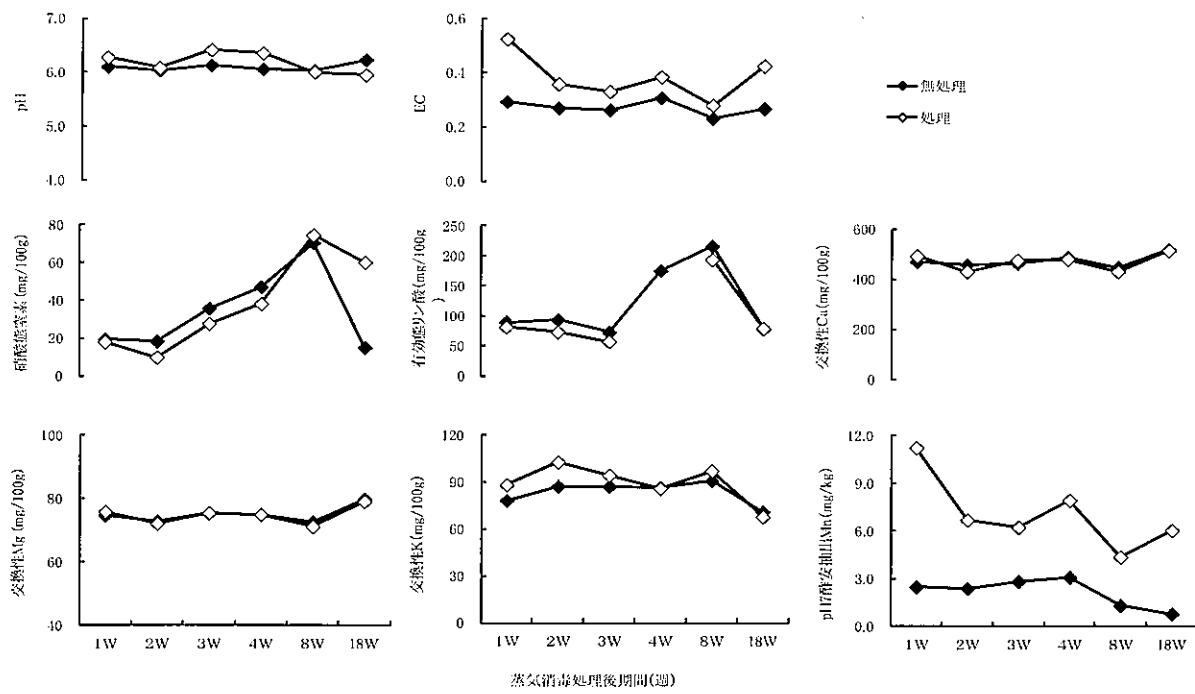


図12 土壤蒸気消毒がその後の土壤化学性に及ぼす影響 (2006)