

II 共通事項

1 土壤肥料

(1) 土壤管理

ア 土壤改良対策

(ア) 土壤の改良目標

青森県では、花きの品目ごとの改良目標値は特に示していないが、蔬菜や果菜類に準じて改良すればよい。施設の場合は施設野菜に準ずる。(表1, 表2) 特殊なpH条件を要求する品目(ツツジ科やリンドウなど)では、適したpHに矯正する必要がある。

(イ) 深耕

近年は作業の手軽さから、耕うんはロータリー耕によることが多いが、土壤の物理性に関しては問題点もある。耕起、碎土、整地が1工程で出来て省力的だが、耕深が浅く、土層の反転もない。耕起された土壤は膨軟となるが、耕深以下は車輪による踏圧で次第に圧縮され、排水、通気性が不良となつてすき耕盤が形成される。(図1)

また、ロータリーで耕起する場合には団粒構造などの土壤構造を破壊しやすいため、耕起に当たっては土壤水分がほ場容水量の状態で行う様にし、ロータリーの回転速度も早すぎないように注意しなければならない。

深耕ロータリーは、通常のロータリーよりも深く耕起することが出来、根域を拡大する効果があるが、トラクターが大型化すれば踏圧は増し、深いところにすき耕盤が形成されることに違いはない。

下層土の土壤硬度が硬く、生育に影響がある場合は、露地ほ場ではプラウ耕が効果的である。施設ではプラウ耕は難しいので、深耕を行うか、トレンチャーで心土破碎を行う。深耕の効果はほぼ3年間持続する(表3、4)。

また、ハウスを休ませることにはなるが、計画的に深根性の緑肥やトウモロコシなどを作付けして下層土まで膨軟化を計るなどの方策も有効である。

作土層が拡大すると、根域が広がることで根張りが良くなり、植物体が環境の変化に対して強くなって、気象変動による害(干害、湿害、高温など)や、生理障害の発生を予防、軽減する。愛知県では、輪ギクの作土層を30cmまで拡大することで、生理障害の減少と切り花品質の向上が見られた。長野県では毎年深耕した場合にカーネーションの採花本数が1割程度増加した(表5)。他の品目においても、効果が期待される。

(ウ) 深耕適正の判定

深耕を行った場合には、下層土まで「土づくり」を行う必要がある。堆肥などの有機物や塩基類、リン酸などが不足する場合は同時に土壤改良が必要である。土壤を1cm深く耕せば、10aあたりで約10tの土が増える。

a プラスになる場合

表層30cm以内に火山砂礫層、盤層などの緻密層のある場合、これらの破碎混層耕。

表3 耕起方法と土壌物理性 (昭和60年7月)

耕起方法	土層	三相分布 (p F 1.5) %			液相		有効水分%	飽和透水性係数 cm/s
		固相	液相	気相	p F 1.5	p F 2.7		
ロータリー	作土	29.6	47.2	23.2	47.2	30.0	17.2	8.9×10^{-3}
	次層	33.8	58.7	9.50	56.7	32.6	24.1	5.4×10^{-6}
駆動型 ディスクハロー	作土	30.7	47.6	21.7	47.6	28.2	19.4	9.5×10^{-6}
	次層	33.9	52.3	13.8	52.3	31.8	20.5	3.9×10^{-4}
フレンドャー	作土	29.1	50.7	20.2	50.7	30.4	20.3	2.1×10^{-4}
	次層	28.2	47.5	24.3	47.5	31.0	16.5	4.4×10^{-3}

表4 物理性におよぼす深耕の効果 (長野野花試 昭55)

項目 深さ cm	硬度 (山中式)			根長 cm	高着率 (%)			液相率 (%)			液相率 (%)			孔びき率 (%)		
	0~10	~20	~30		0~10	~20	~30	0~10	~20	~30	0~10	~20	~30	0~10	~20	~30
無処理	22	22	25	23	38	36	40	25	25	29	37	37	31	62	62	60
深耕1年目	16	15	14	60	27	27	30	19	29	28	54	54	42	73	73	70
深耕3年目	12	10	21	41	19	19	38	20	20	30	61	53	34	81	81	84
深耕5年目	10	14	20	34	15	15	25	18	18	33	87	67	41	85	85	74

表5 カーネーション生育調査 (2番花生産量)

項目	草丈	1本重	a当たり取穫本数	所比	比率
無処理	59.4 cm	23.1 g	10,250 本		100%
深耕1年目	59.5	25.9	10,626		104%
深耕3年目	59.8	23.2	11,000		107%
深耕5年目	54.5	24.8	11,375		111%

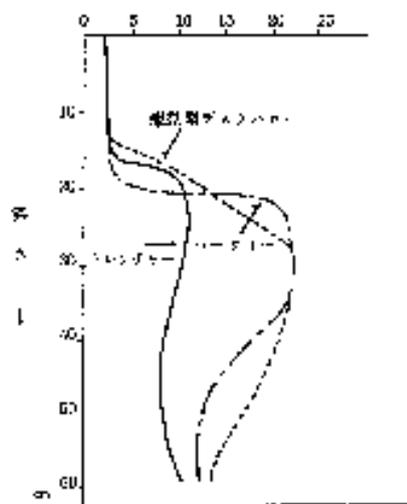


図1 耕樹方法と貫入抵抗値

(エ) 排水対策

近年は転換畑での施設栽培も増加しており、排水対策は重要である。

地下水位の高いところや、不透水層、盤層のあるところでは、降雨などにより湿害の生ずる危険があ

るので高畝栽培や明渠、心土破碎を行い、さらに、排水の困難なところでは暗渠排水を併行して行う。

p F と地下水位の関係

p F	1.00	1.30	1.48	1.60	1.70	1.78	1.84	1.90	1.95	2.00
水位	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

地下水位の深さだけで、作土層の適正水分環境が保たれるということではないが、現実的に転換畑では地下水位の高さが問題にされる場合が多い。地下水位の高さは気相率に関係し、作物根が十分な伸長、活動する気相率を20%とすると、各土壌別に気相率を満足するための地下水位は以下のとおりである。

砂土	20cmより低い地下水位が必要
砂土、埴土、埴壤土	30cmより低い地下水位が必要
埴土（水田）	100cm以下の地下水位が必要
埴土（畑）	60cmより低い地下水位が必要
火山灰土壌	20cmより低い地下水位が必要

上記の深さに、作物の根群域の厚さを加えた値が、表面から地下水面までの必要深となる。

その他、目安として、下方への浸透量が50mm/日以上とか、土壤改良事業計画基準での田畑転換では、4時間雨量の4時間排除ということなどがある。

(オ) 有機物の施用

近年、環境保全への関心の高まりから、畜産由来の廃棄物を有効利用するため、堆厩肥化して農地に還元しようという動きが大きい。しかし、堆厩肥であっても栄養素を含んでおり、無計画な投入は土壤の養分バランス等に影響する。施設栽培では、ほ場区画が露地よりも小さいこともあって、1回の施用量が多めに投入されることが多い。堆肥は水分が多く、性状によっては実投入量がかみにくい、過剰な施用は避けるべきである。どうしても大量投入が必要と思われる場合でも、1度に行わず期間をあけて数回に分け、計画的に行うべきである。

施設栽培では肥料的效果をあまり期待せずに、物理性改善や長期的な地力増進効果、多様な環境に対するバッファとしての土壤環境の改良を目的にすべきである。土づくりにはC/N比が比較的高い資材が良い。投入量は常識的に考えて通常2 t/10 a程度、多くても4 t/10 aを越えないようにすべきである。

a 堆肥（粗大有機物堆積物を含む）

文字通りの堆肥は、動物性のふん尿を混和しない、植物性有機物の堆積分解物である。これらの材料は、一般に窒素含有率が低いため、全炭素量に比べ全窒素量が少なくC/N比が極めて高い。C/N比の高い未分解物を土壤に多量に施用すると微生物によって無機態窒素の有機化が急激に起こり、場合によっては1次的な窒素飢餓をおこす。また、排水不良地では有機物中の易分解性有機物の急激な分解に伴い土壤が著しく還元状態となり、作物の生育を阻害することがある。

そのため、あらかじめ原料を堆積腐朽させ（腐朽促進のため少量の窒素源を加えることもある）易分解性の炭水化物量を低下させることにより、C/N比を下げたから施用しなければならない。

腐熟の基準は、C/N比20以下、乾物の窒素含量2%以上、還元糖割合35%以下という線が考えられる。腐熟度は、外見及び感触によって簡易に未熟、中熟、完熟の見当をつけることが出来る。

未熟～中熟のものでは、暗黄～暗褐色を示し、材料の原型が1/2～1/3程度見られるもの。

完熟では黒褐色を示し、材料の原形がほとんど認められず、手で握りしめた時暗褐色の汁液がしたたり、やや粘りけを感じるものである。

b 家畜ふん堆積物

稲わら等と混合した厩肥、おがくずやパークなどの木質資材を混合したものなどがある。

未熟物を投入した場合、ふん尿中の易分解性有機物（炭水化物、含窒素化合物）が急激に分解され、土壌が異常還元の状態になり根に障害を与える。また、施設ではアンモニアなどのガス害を生じやすい。したがって、堆積の主目的は、易分解性有機物の含量をある程度まで低下させること、脱水及び堆積中の発熱で病害虫その他を死滅させることにある。

家畜ふんの代表的なものは、牛ふん、豚ふん、鶏ふんがあげられる。牛ふんの完熟した堆積物は比較的C/N比が高く、土づくり的要素が強い。一方豚ふん、鶏ふんは完熟してもC/N比が低下せず、施用した場合肥料的要素が強い。家畜ふんは、飼料に様々な重金属や塩類が添加されるため、特に豚ふん、鶏ふんなどでカリウムや亜鉛などの含有量が多い。露地栽培では、野菜などで堆肥により化成肥料を代替する研究が進められているが、砂漠的環境で塩類集積が進行する施設栽培では、化成肥料にくらべ投入する絶対量が非常に多い堆肥で化成肥料を代替することはなかなか難しい。宮城県ではハクサイの施肥量を半減させるために牛ふん堆肥を10 t / 10 a、無肥量とするために15 t / 10 aが必要であった。施設でのこのような大量投入はガス害が心配され、切り花栽培では薦められない。

施設栽培ではむしろ物理性改善資材や長期的な地力増進効果といった土づくりをねらった投入が適している。C/N比を一つの目安とすれば、牛ふん堆肥、馬ふん堆肥（あるいはただの堆肥）などが施設での施用に向いている。豚ふん堆肥や鶏ふん堆肥は施設栽培にはあまり薦められない。土づくりには肥料的効果の少ない資材を用いるべきである。

c 緑肥作物の施用

堆厩肥に変わる有機物の補給策として緑肥作物を作付けしてすき込む場合がある。施設栽培で緑肥を作付けすることは希であろうが、作付けした場合には地力増進効果が期待される。ただしすき込んだ直後には、有機酸による一時的なpHの低下や、易分解性有機物による窒素飢餓が予想されるので、次作との作期を十分考え、鋤込み後に期間があげられるように計画する必要がある。深根性のイネ科牧草などは、深耕の出来ないハウスなどで深層まで土壌改良したい場合に効果的である。

露地では、枝物で果樹の草生法で利用される緑肥作物を流用することが出来る。マメ科のヘアリーベッチは、強い被覆能力とアレロパシー効果で雑草を押さえ、窒素固定での地力増進が期待できる。マルチムギは春に播種すると出穂せず、ロゼット状態で地表を覆うので雑草を押さえ夏を過ぎると自然に枯れる。冬前に鋤込むことで地力増進が期待できる。

(カ) 酸性土壌の改良

a 酸性土壌の害

土壌が酸性になると、土壌中に大量に存在する置換性アルミニウムが活性化し、直接根に損傷を与えらるといわれている。また水素イオンの直接の害も考えられる。そのほか、各イオンの可溶性の変化から、欠乏症や過剰症を引き起こす（栄養診断の項目参照）。イオンの可溶性の変化による害はアルカリ側でも同様に起こる。

間接的な影響として、菌相の変化が上げられる。一般に土壌が酸性化すると細菌や放線菌が減少し糸状菌が増える。逆に中性になると細菌型となり、放線菌も増える。生産力的には有機物の分解が好氣的細菌によって行われる方が有利とされている。カビについてもフザリウム菌は酸性側でよく生育する。

b 品目による最適pH

一般的に作物の多くは微酸性（pH6.0～6.5）が最適pHとされる。これは、根に障害を起こさず、各種イオンをバランスよく利用できるためと考えられる。

しかし一部の植物では特殊なpHを要求することが知られている。エリコイド菌根と共生するツツジ科植物では、強酸性土壌に適応し、自然状態では火山地帯の硫気孔荒原や崩壊地などの過酷な酸性土壌で独特の植生を作っている。これらで観賞用に栽培されるのは、シャクナゲ類、久留米ツツジやさつき、レンゲツツジ、ヤシオツツジなどのツツジ属、ドウダンツツジ属、ブルーベリーやコケモモなどのスノキ属、エリカ類等である。またキノコ類と外生菌根を形成する針葉樹も生育地のpHは酸性であり、ユニア類はツツジ科の植物と相性がよく、ほ場の共有がしやすい。ツバキや茶、サザンカなどのカメリア属も酸性に強く、植物体に多量のアルミニウムイオンを蓄積することが知られている。その他の広葉鑑賞樹は酸性土壌を好むわけではないが、樹木は草本よりも土壌の酸性に対しやや強く、土壌改良にかかる経費の関係もあって実栽培ではやや酸性が強いほ場で栽培されることが多い。雑草ではスギナ、オオバコなどが酸性を好むので、土壌酸度の目安となる。

一般に酸性を好むとされるリンドウであっても4.8を切るような強酸性では生育が優れず、中池は最適pHを5.5～6と見積もっている（要素障害のリンドウの項目参照）。一方ややアルカリ性を好むとされるトルコギキョウでもpH7.4を越えると障害を起こすことが知られており、極端なアルカリ性を好む植物は栽培植物ではあまり知られていない。

以上のことを考えあわせれば、いろいろな品目を作付けするようなほ場では土壌を微酸性の6～6.5前後に保つことが望ましいと考えられる。酸性の土壌では、石灰資材の施用によって酸性を中和し、微酸性に保つことが望ましい。（栄養診断の項、花きの種類と好適土壌酸度参照）

c 土壌のアルカリ化、Caの蓄積

近年土壌診断を実施しないで、毎年石灰を多量に投入してきたためにpHが7以上に上がりすぎているほ場が多く見られるので、無計画な石灰施用はやめるべきである。ほ場では窒素成分の富化も同時にみられ、硝酸の酸性も考えあわせれば、植物が硝酸を吸収した場合には更にpHが上がる危険性がある。

る。

一方、現場の施設ほ場では、塩類集積が進んでおりCaの土壌蓄積が著しい。Caが多量にあるにも関わらず、pHが低いほ場も見受けられ、pHがやや低くても、ECが高い、あるいは硝酸態窒素が多い場合には、pHの矯正程度を加減して、できるだけCa資材の施用を控えるべきである。pHが5を切るなどあまりに低い場合には、pH矯正が優先する。

Caのみで矯正すると他の塩基とのバランスを崩すので、実際の施用には苦土炭カルなどを用いる。

d 酸性土壌の矯正

土壌を最適なpHにするためには、必要な石灰量(中和石灰量)を求めなければならない。土壌によってCECが異なり、従って中和に必要な石灰量は異なるので、一番合理的なのは、石灰添加量とpH上昇曲線の関係から中和石灰量を算出する緩衝曲線法である。

中和に必要な石灰量は土壌の緩衝能の大小によって異なり、腐植質土壌は緩衝能が高く施用量が多くなる。一方砂質土壌は緩衝能が小さいため、同量の石灰を使用すると矯正力が大きいので石灰過剰にならないよう注意する必要がある。そのためには土壌の緩衝能を測ることが必要で、石灰添加量とその時のpHを測定し作図して得られたpH上昇曲線が緩衝曲線となる。(図5)

緩衝曲線作成に水酸化カルシウムを用いる場合は添加時に通気が必要なため、通常水酸化ナトリウムが用いられるが、この場合には必要な石灰量がやや少なくな見積もられることが多い。

それぞれの土壌ごとに緩衝曲線を作成すればよいが、作成は容易ではないので簡便にアレニウスの表を目安にすることもできる。(表7)

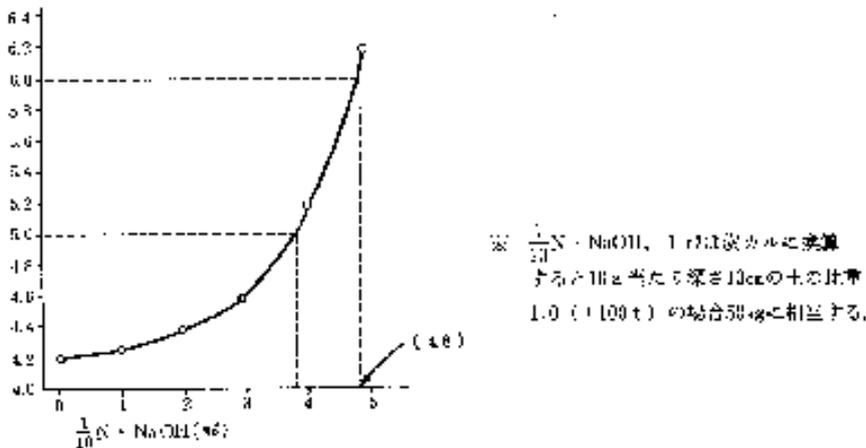


図5 緩衝曲線(例)

中和石灰量の量は実験室の試薬量であり、これを石灰資材に換算しなければならない。

$$\text{炭カル量 (kg)} = 50 \times \frac{1}{10} N \cdot \text{NaOH量 (ml)} \times \text{比重} \times \frac{\text{改良する深さ (cm)}}{10}$$

この式から図一5の緩衝曲線の中和石灰量を求めると

(比重1.0、矯正する深さ20cm目標の場合)

$$\text{PH6.0に改良する中和石灰量} = 50 \times 4.8 \times 1 \times \frac{20}{10} = 480\text{kgとなる。}$$

これを各石灰資材のアルカリ分により区分すると

- 炭カル、苦土炭カル、てんろ石灰の場合は100%量 480kg
- 消石灰、苦土石灰の場合は80%量 380kg
- 苦土生石灰、生石灰、ピクトリーの場合同50%量 240kg

簡易中和石灰量の算出

それぞれの土壌ごとに緩衝曲線をつくるのが望ましいが、作製は容易でないので表7のような中和の目安を参考にするとよい。

表7 アレーニウス氏表による酸性矯正用炭酸石灰施用量 (kg/10a)

[矯正目標PH6.5 (H₂O) に要する10a当kg深さ10cm]

土性	PH 濃度	4.0	4.2	4.4	4.6	4.8	5.0	5.2	5.4	5.6	5.8	6.0	6.2	6.4	記号 土性
		砂壤土	含む	424	390	356	323	289	255	221	188	154	120	86	
含む	634	581	533	480	431	379	330	278	229	176	128	75	26		
含む	966	908	820	750	671	593	514	435	356	278	199	120	41		
壤土	含む	634	581	533	480	431	379	330	278	229	176	128	75	26	L
	含む	844	776	709	641	574	506	439	371	304	236	169	101	34	
	含む	1,268	1,166	1,065	964	863	761	660	559	458	356	255	154	53	
植壤土	含む	844	776	709	641	574	506	439	371	304	236	169	101	34	C L
	含む	1,054	971	885	803	716	634	548	465	379	296	210	128	41	
	含む	1,549	1,425	1,301	1,178	1,054	930	806	683	559	435	315	193	61	
壤土	含む	1,054	971	885	803	716	634	548	465	379	296	210	128	41	C
	含む	1,268	1,166	1,065	964	863	761	660	559	458	356	255	154	53	
	含む	1,830	1,684	1,538	1,391	1,245	1,099	953	806	660	514	368	221	75	
腐植土	含む	2,063	1,892	1,721	1,568	1,403	1,238	1,073	908	743	570	413	248	83	I I

(注) 1. 消石灰使用の場合は0.8を乗じた量を加算する。
2. 火山灰土の場合は普通土壌より比重が軽いので、この量より30%内外を減じた方がよい。

(キ) 塩基成分の改良とバランス

土壌養分中のカルシウム、マグネシウム、カリウムなどを塩基成分と呼んでいる。土壌中の塩基が少ない場合はそれらの養分の吸収が少なくなるばかりでなく土壌pHが低下し、窒素、リン酸及び微量元素の吸収も阻害されるので生産力を維持するためには塩基の補給が特に重要である。

花き栽培のように多肥栽培の土壌ではこれら養分のバランスが崩れやすく、生育に好ましくない状態になっていることが多く、特に施設栽培では塩類集積が著しいほ場が多い。このため、単にpHだけの測定で塩基を測定しない場合は十分な診断が出来ないことも多いので、できるだけ塩基も測定するようにする。

a 塩基のバランス

カルシウム、マグネシウム、カリウムはお互いに塩基が牽制しあい、これを拮抗現象という。そのため、全体の塩基飽和度の他に3塩基のバランスがとれていなければならない。たとえば塩基飽和度80%であれば、土壌粒子の陰電荷の5割をカルシウムが、2割を苦土が、1割をカリが、そして残り2割をアンモニアが占めている状態が理想的である。

作物の塩基の吸収のしやすさは $K > Mg > Ca$ である。 Ca 、 Mg 、 K の相互関係は

Ca の吸収は、 Mg 、 K の多用で抑制される。

Mg の吸収は、 K の多用で抑制される。

K の吸収は、 Ca 、 Mg の多用で抑制される。

b 塩基の改良目標

一般的に土壌の塩基 ($CaO+MgO+K_2O$) の土壌中での飽和度は80%程度が適当である。改良目標は、石灰、苦土、加里の飽和度とバランス { CaO/MgO (当量比)、 MgO/K_2O (当量比)} から石灰、苦土、加里含量を算出する。改良の目標は CaO/MgO (当量比) は6以下、 MgO/K_2O (当量比) は2以上が望ましい。(理想的には $CaO/MgO=5$ 、 $MgO/K_2O=2$ 、 $CaO:MgO:K_2O=10:2:1$ である)

品目により許容範囲がことなるので、改良目標値は微妙に異なってくる。花きの品目別の改良目標値は、細谷ら(1995)の「花きの栄養生理と施肥」に詳しいので参照されたい。

c 計算方法

塩基バランスの算出は当量比で計算するので、まず塩基のミリグラム当量 (me) を算出する。

各成分のミリグラム当量 (me) は以下のとおりである。

$$\begin{array}{l} CaO : 1 \text{ meは} 40 + 16 / 2 = 28\text{mg} \\ MgO : 1 \text{ meは} 24 + 16 / 2 = 20\text{mg} \\ K_2O : 1 \text{ meは} 39 \times 2 + 16 / 2 = 47\text{mg} \end{array} \quad \left[\begin{array}{l} \text{me (ミリグラム当量)} \\ = \text{分子量} / \text{原子価} \end{array} \right]$$

(計算例)

$$\left[\begin{array}{l} CaO 300\text{mg} \\ MgO 60\text{mg} \\ K_2O 50\text{mg} \end{array} \right] \text{ のとき } \left[\begin{array}{l} CaO 300 / 28 \approx 11\text{me} \\ MgO 60 / 20 \approx 3\text{me} \\ K_2O 50 / 47 \approx 1\text{me} \end{array} \right] \quad \left[\begin{array}{l} CaO/MgO = 6 \\ MgO/K_2O = 2 \end{array} \right] \text{ となる}$$

(2) 施肥管理

ア 施肥法の考え方

現在行われている各種切り花栽培の施肥法は、歴史的な産地形成の経緯や技術の導入経路なども含めた慣行的な栽培法が、各産地において、経験的、試行錯誤的に改良されてきたものであって、一部を除いては、決して植物の生態的特性から定められたものではない。

従って、畦幅や通路幅、栽植距離やピンチの方法等、栽培管理自体が異なるほ場について、ひとくくりで面積あたりの施肥量や施肥時期を論じるのは、あまり意味がないことを理解した上で、各論の品目ごとの施肥量、施肥時期等を参考にしてほしい。

だからといって全く参考にならないわけではないから、自らの慣行の栽植距離や施肥法、栽培密度及び自らの経験と鑑みて、各論の品目ごとの施肥量等を加減することが实际的である。

品目ごとの時期別養分吸収量は比較的よく解っているので、それらが追肥時期の参考となろう。なお、花きの施肥については、細谷ら(1995年)の「新版・花きの栄養生理と施肥」に品目ごとに詳しく述べられている。たとえここで詳しく述べても国内で得られるデータは限られており、丸写しとなんら代わりはなくなるので差し控える。成書を参照されたい。

(ア) スターター

よく、定植初期には、スターターとして速効性肥料が必要と言われる。全て化成肥料で、追肥体系で施肥を行う場合には、常識的に考えると、作期全体の施肥量を10とすれば、3～5割程度をスターターとし、のこり5～7割を適宜生育期間にあわせて分けて追肥するのが一般的であろう。

しかし養分吸収曲線から言えば、植物が生育初期に養分を大量に必要とする証拠はない。だが、栄養素の濃度は、植物に対する環境からの信号であり、一度植物が栄養素が足りない状態であると信号を判断して自分の成長をセーブした状態（ロゼットしたり、成長を停止する）に入ると、それから生育が回復するには長い期間を用ることが多い。そのため、生育初期に植物がこうしたセーブモードに入らないために、十分量の肥料がある状態に置くのがスターターの役目と考えたい。

また、土壌は養液に比べて養分が移動しにくく、根域が貧弱な場合は根近傍の養分濃度が低下して、そこでは養分が欠乏することが考えられるので、上乘せとしてある程度の養分濃度が必要である。

(イ) 追肥（養液土耕の施肥管理も参照のこと）

追肥は、液肥、置き肥の2種類があるが、灌水チューブに液肥混入機をつなげれば、液肥での追肥が省力化できる。追肥は1回の量を出来るだけ少なく、回数は出来るだけ多く行えば、ロスを少なくし、植物の生育にも良い結果が得られる。

しかし、労力から言って施肥回数には限度があるから、自分の経営にあわせて施肥回数を決定する必要がある。

イ 養液土耕の施肥管理

(ア) 生育ステージとは？

ここで、生育ステージに合わせた施肥とはどのようなことであろうか？1期切りの花きの養分吸収曲線はたいがいS字に上っていく。定植あるいはピンチ後はあまり養分を吸収せず、ある期間を経て後、急激に吸収を始め、生育後期（多くは発蕾期以降）吸収量の伸びを鈍化させる。この傾向は、植物体全体で考えれば窒素もそれ以外の栄養素も同じであって、その絶対量が異なるだけである。（図6）

(イ) 養液土耕の施肥の考え方（一般の施肥にも共通する）

景山、小西らは、福助ギクにおいて、水耕栽培で窒素の養分吸収曲線を微分してもとめた2日ごとに吸収された量を最初の液肥に添加していった（図7）ところ最初に無窒素で2日遅れで吸収量を与えた場合と生長量は同じであった。つまり植物はほとんど0ppmに近いところでも養分を吸収できたのである（図8）。しかし、土耕栽培で同じような実験を行ったところ、窒素吸収にはある一定濃度の上乗せが必要であった。これは、土壌中では根近傍の窒素が利用されても、その他の部分から根近傍に窒素が移動しにくいことと、窒素の土壌への吸着と吸着された窒素の発現等が関与しているからであろうと考えられる。小西らは、キクにおける土壌中の窒素肥料濃度が $12.5\text{mg}/\text{土}1\%$ （図9）以上必要であるとした。

ほ場での栽培では、根域全体（畝全体）がこの濃度以上に維持される必要があるので、上乗せ濃度はもうすこし濃く考える必要があるが、常識的な範囲で上乗せすれば良品生産は期待できる。

(ウ) 施肥の実際

上記の考え方は、養液土耕栽培での施肥設計にそのまま応用可能であり、養分吸収曲線が明らかになれば施肥設計は難しいことではない。

活着までは慣行と同じく通常の散水チューブで管理し活着を確認してから点滴灌水による管理に移行する。通常施設栽培では養分が富化しているので、この場合スターターは必要ない。特に土壌消毒した場合は、窒素の発現が見られるので活着以後も土壌中の硝酸態窒素濃度が下がってくるまで窒素を施肥する必要はない。

活着から発蕾期まで（養分吸収曲線で急激に吸収量が増加する期間）は、吸収量がほぼ線形に増加するので、吸収量を期間（日）で割れば、1日に必要な施肥量が求められる。土耕では吸収量そのまま計算すると生育が劣るので、吸収量に $0.3\sim 0.5\text{kg}/\text{a}$ 程度上乗せした値を期間で割ればよい。

発蕾後は、採花終期までの吸収量を、期間で割った施肥量を施肥する。期間が短いので特に上乗せは必要ない。この期間は短いので活着から採花終期までで、前出の計算を行っても結果は大きく変わらないと思われる。

1期切りではない場合は、発蕾後に極端に施肥量を減ざると、次作に影響する可能性があるので、発蕾期までの施肥量のまま管理しても良い。この場合、とくに栄養診断が必要なわけではない。

(エ) 施肥管理の注意点

養分が極端に富化しているほ場では、無施肥でも無機態窒素が多量に存在する場合がある。他県の栽培試験で極端な減肥が成功しているのは、こうした地力窒素が利用されている結果と見なして良い。養分が富化したほ場で養液土耕を行う場合には、窒素肥料の上乗せが必要ない場合も考えられる。この判

断は作前の土壌分析や、土壌養液や生土抽出法による硝酸態窒素のモニターで行う。判断は品目で異なるが、きちんとした診断基準は明らかではない。

富化したほ場で施肥の加減を行うには、リアルタイム診断が欠かせない。植物体を用いる場合と、土壌をモニターする場合があるが、現在各県で出されている植物体の指標値は幅が広く適正值で桁が変わる場合も多い。土壌をモニターする方が、今までの施肥管理から移行しやすく、わかりやすいのではないかとと思われる。

硫酸根等がないかぎり同じほ場では硝酸態窒素とECがほぼ平行に変化するが、ほ場が変わればECと硝酸態窒素濃度の関係は変わる。兵庫県で試験したところ、養液土耕栽培では、慣行に比べ同じECでは硝酸態窒素が高かった。つまり、慣行と同じ硝酸態窒素濃度を維持するには、低いECで管理する必要があった。この関係は1例かもしれないので、やはりECではなく硝酸態窒素で管理していくのが適していると思われる。自分のほ場でECと硝酸態窒素の関係が安定していることが確かめられれば、以後ECでの管理も可能かもしれないが、栽培中、何度かは硝酸態をチェックした方がよい。

簡易診断器機については六本木 和夫・加藤俊博(2000年)の「野菜・花卉の養液土耕」に詳しく掲載しているので参照されたい。

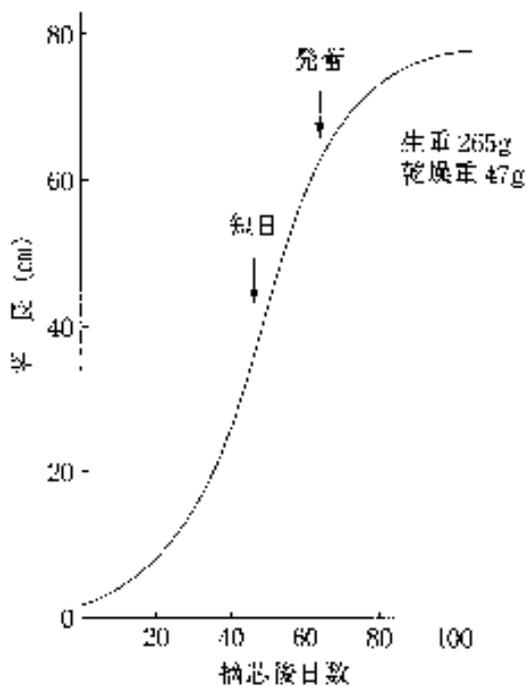


図6 切り花ギクの生長曲線

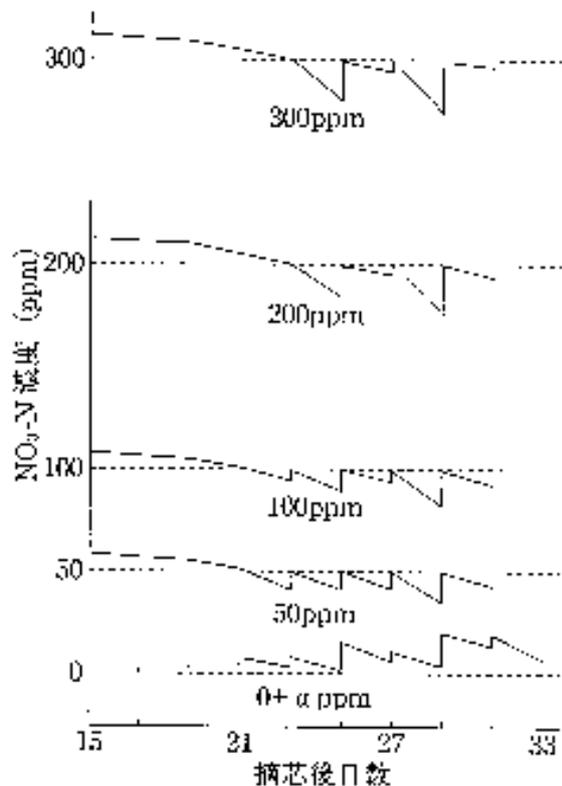


図7 キクの水耕栽培における培養液中の窒素濃度の変化

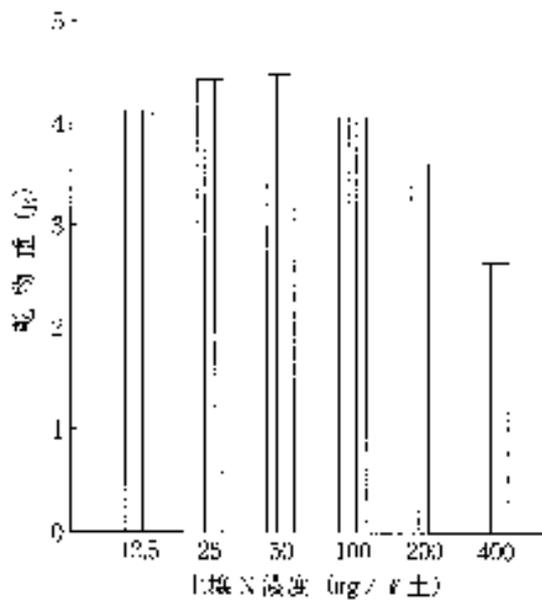


図8 土壤中の窒素濃度とキクの生長窒素濃度処理開始後15日間の地上乾物重の増加

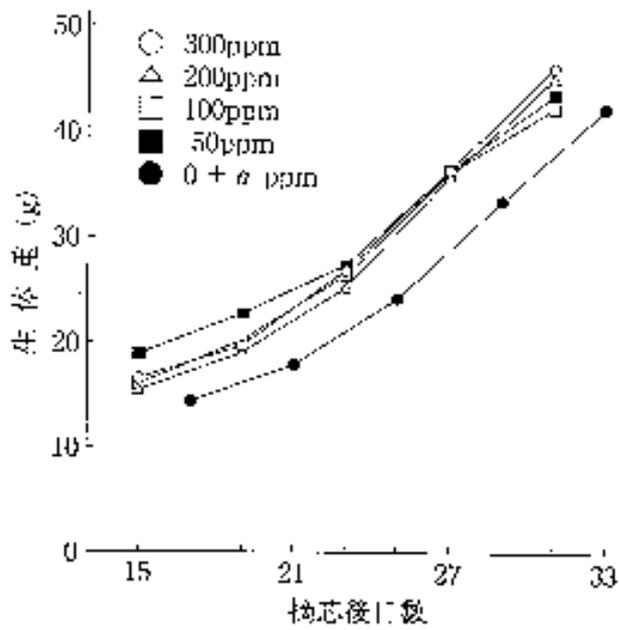


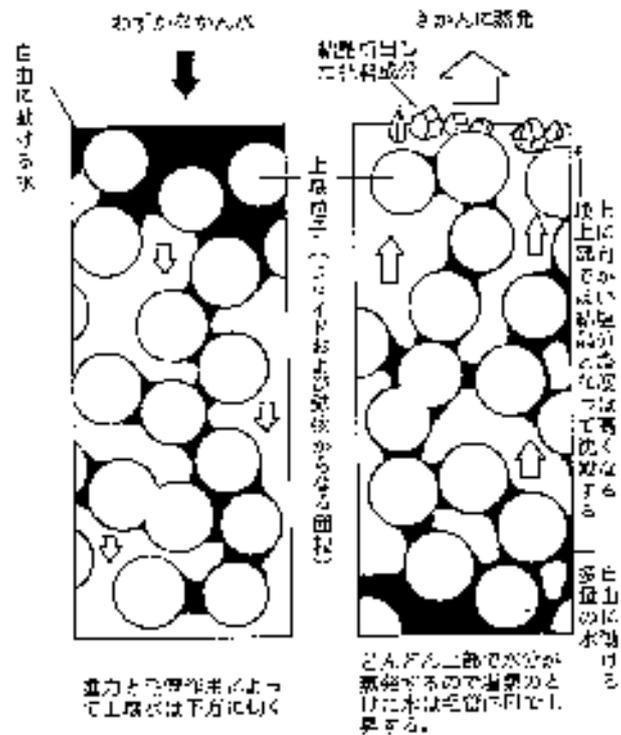
図9 培養液の窒素濃度とキクの生体重増加

(3) ハウス土壌の管理

ア ハウスの塩類集積障害

水田や畑ではかんがい水や降雨によって肥料分が流亡溶脱して土壌中に集積することが少ないので、普通の施肥量ではまず塩類濃度障害を起すことは少ない。ところが被下の温室やハウス栽培では一般の露地栽培では見られないような塩類濃度障害やガス障害（主として亜硝酸ガス）が発生し思わぬ失敗をすることがある。この障害はひどくなると栽培者にも判るが軽い場合は一般に気がつかない場合が多いようである。

ハウスの連作障害といわれているいくつかの原因の中でも塩類集積によるこの障害は決しておろそかに出来ない問題となっている。



いずれの場合も土壌コロイドは置換性塩で飽和されており、吸着力がなくなっているため、水にとけた塩類は自由に動く、つまり右図の状態では塩基を含む水を煮つめて結晶をつくっているのと同じことになっている。

図-10 ハウスの塩類集積の過程

そこでハウスの塩類濃度障害を起す主な原因となるものを述べると

- (ア) 同じ土壌が毎年連作利用されるので肥料塩類が集積しやすい。
- (イ) 被覆されているので降雨による肥料塩類の流亡溶脱が少ない。(普通のかん水程度では効果なし)
- (ウ) 必要以上に肥料をやりがちである。
- (エ) 乾燥しやすいのでかん水をおこたった場合、土壌の毛細管現象により下層部の塩類が上層部に上昇し

て、その部分に集積しやすい。

(オ) 強い酸性土壌では一般に根の働きが悪く、抵抗力が弱くなるので濃度障害を助長する。塩類濃度障害を起した作物は枯死しないまでも次のような生育状態になる。

(ア) 葉色が青味を帯びた緑色になり生育が遅れる。ひどいときは下葉から黄化してくる。

(イ) 葉面から水分蒸散の激しい高温時には葉がしおれて枯れる。

(ウ) 収穫期になっても果菜類では果実の肥大が悪い。

イ ハウス土壌の診断

(ア) 観察による診断

a 作物を見ての診断

- 葉の元気がなくなり、激しく日中にしおれ、夕方再び元気になる。
- 葉色が濃くなり又葉の表面がピカピカ光るようになる。
- 根の色が褐変してくる。
- 全般的にハウス全体が生育不ぞろいになる。

b 土壌表面を見ての診断

- 土壌にかん水しても浸透しにくくなる。
- 土壌表面に塩類が白く結晶してくる。
- 土壌表面に赤カビ、青カビがはえてくる。

c ハウスの水滴を見ての診断

- ハウスのビニールの水滴をなめてみてヌルヌルしていればアンモニアが発生している。酸味がある場合は亜硝酸ガスが発生している。

(イ) 機器による診断

a 電気伝導度計 (ECメーター)

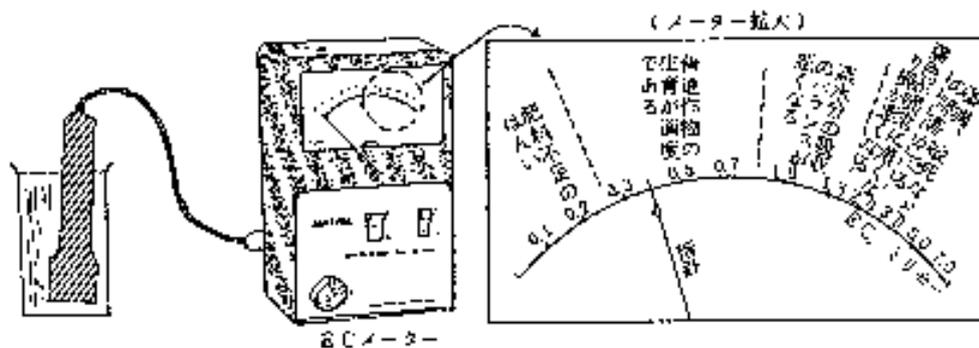


図-11 塩類濃度障害の限界点

表8 (参考) 野菜の塩類濃度の抵抗性と施肥量

濃度	弱い (EC-0.3~0.5ミリモ-)	中 (EC-0.5~1.0ミリモ-)	強い (EC-1.0~1.5ミリモ-)
耐性作物	み つ ば い ち ごと レ タ ス い ん げ ん た ま ね ぎ そ ら ま め	き ゆ う り ピ ー マ ン に ん じ ん ね ぎ な す ト マ ト	セ ル リ ー か ぶ は く さ い ほうれんそう だ い こ ん キ ャ ベ ツ
基 肥	0.5ミリモ-付近では30% 減肥とする。 (弱いもの)	1.0ミリモ-付近では30% 減肥とする。 (中程度のもの)	1.5ミリモ-付近では50% 減肥する。1.5以上無肥料。 (中程度のもの)
追 肥	普通量	30%減肥	状況に応じて追肥

ウ 土壌塩類濃度障害対策

土壌の塩類濃度が高まったときの対策は次のとおりである。

- (ア) 青刈作物(とうもろこし、ソルゴー、麦、はとむぎなど)に吸収させて青刈し搬出する。
- (イ) 洗浄して除塩する。(耕起し1回に100mm(10% μ /m²)のかん水をして流出させる操作を3回繰返す)。流亡は硝酸が最も速く、石灰、苦土、加里の順に遅い。過剰の加里を流出させようとすると、石灰の不足をきたすことがあるので注意する。
- (ウ) 土壌の保肥力を高める。濃度障害の起りやすい土壌は砂質土壌や腐植の少ない土壌である。その改良には良質粘土の客入、有機物の施用、ペントナイト、バーミキュライト、ゼオライトなど吸着力の強い資材の施用が望まれる。
- (エ) 深耕による塩類濃度の低下(下層土のECを測って必要な深さに耕起する。)
- (オ) 基肥、追肥を減らす。(表8参照)
- (カ) 塩類濃度を高めない肥料の施用。

a 濃度を高めない肥料

種 類	主 な 肥 料
緩効性窒素を含むもの	I B化成、CDU化成など
有機質肥料を含むもの	配合肥料、有機化成
粒度の大きい緩効的なもの	粒状固形肥料
比較的残留酸根の少ないもの	硝酸系高度化成、高度化成(りん安)

b 液 肥

- (a) 自由に濃度を調整でき、又各成分量を作物の要求に合わせて調整できる。
- (b) 追肥に最適である。

c 追 肥

根が位置するところは避け、施肥は何回にも分けて行う。1回10アール5kg以下とする。

(キ) 有機物の施用と物理性の改良

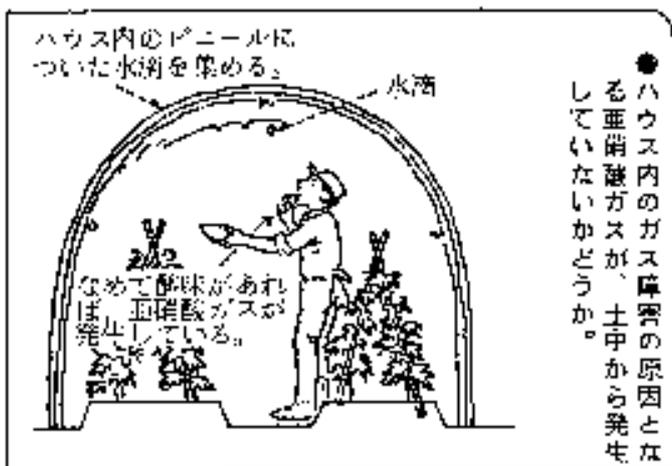
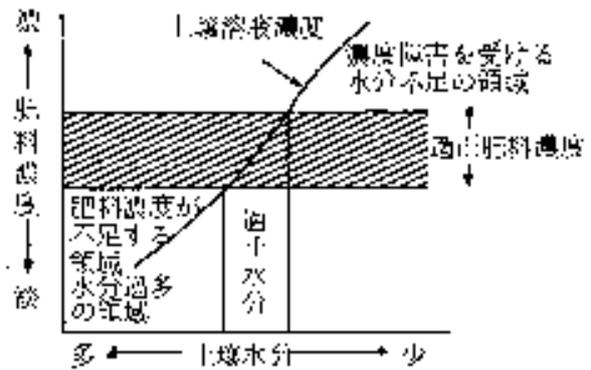
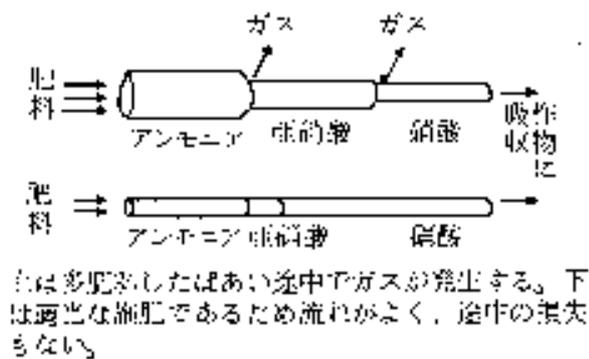
ハウスではかん水回数が多いため、土が固結しやすく、このため有機物を大量に入れて土壌の物理性を改良しなければならない。又作物は酸素要求量が大きいため物理性が良くなければならない。

(ク) そ の 他

土壌の消毒を行ったときは、塩類濃度は高まり易い。消毒によって、土壌微生物の活動が抑えられ、肥料の微生物による分解、固定が遅れ、土壌吸着が悪くなるためである。消毒を行った時は多肥しないように注意する必要がある。また地表の乾燥は濃度を高めるので適度のかん水を行うことが大切である。

エ ハウス内の亜硫酸ガス障害

塩類が集積することにより作物への障害が現れるが、その現れ方の一つが先に述べた濃度障害であり、もう一つは微生物活動の抑制不均衡からくる障害である。ガス障害の発生は微生物相のバランスのくずれによるものである。塩類濃度の高い土壌の場合、割合、アンモニア、亜硝酸が蓄積し、徐々にガス化する。露地の場合は発生しても空中に揮散するがハウスの場合には一定の空間内に充満し、それが一定程度に達するとガス障害として発生する。



図一20 施肥量と土壌水分の関係

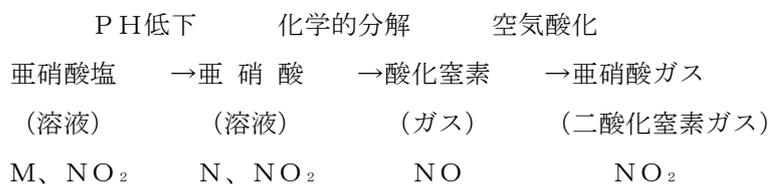
(防 除 法)

- (ア) 基肥は緩効性肥料を用いるとき、又基肥に有機質肥料を用いる場合は十分に早く施し、土になじませておく。
- (イ) 肥料の種類については同じ塩でもアンモニア塩>カリ塩>リン酸塩の順で硫化物、高度化成より低度化成が、有機質肥料より無機質肥料が塩類濃度を高めるので肥料の選択を注意して施すようにする。
- (ウ) 発芽時、活着時の多肥はひかえる。
- (エ) かん水をして適性水分を保持する。
- (オ) 追肥が必要な場合回数を多くする。
- (カ) PHを5.0以下にしない。

表9 ハウス水滴のPHによる亜硝酸ガス害の対策

露滴のPH	亜硝酸ガス発生状況と対策
7.0以上	アンモニアガス発生、多量のアンモニアガスは被害を出す
7.0~6.2	ガス発生なし、被害なし
6.2~5.6	亜硝酸ガス多く、被害の危険がある
5.6~4.6	亜硝酸ガス発生多く、時には被害発生、PHを高める必要がある
4.6以下	亜硝酸ガス多発、被害常発、PHを高める必要がある

○ 亜硝酸塩からガスへの経路



(4) 施設花きの生理障害（特に栄養障害）と栄養診断

ア 栄養診断（総論）

植物の栄養診断については、古い資料であるが、茅野（1977年）がまとめた資料がある。それによれば、「植物の栄養状態を診断する技術は植物栽培において必須のものである。残念ながら、わが国では栄養診断に関する組織的研究はなされていないし、専門的な研究者・技術者も少ない。」としている。茅野（1993年）の新たなまとめでも内容にあまり変化はみられない。

それでも、県単位、産地単位で特定品目の生理障害や栄養障害が発生した場合に、植物体の分析などが行われ、本質的にその植物に必要な濃度等といった値は解明されないものの、対処療法的な知見は蓄積されつつある。

特に花きについては、品目・品種が多いこと、露地栽培、あるいは野菜栽培と比べても作形が多く、それによって栽培環境が大きく異なることなどがあって、品目・品種、あるいは作型ごとに栄養診断に資するだけの知見が蓄積されているとはいえない。

しかし、特定の栄養素が要求される組織や、栄養素の移動のしやすさは、概ね植物で共通しており、もちろん希には特定元素を多量に要求する植物があるものの、栄養障害の生じる部位や症状は、種を越えて似ている場合が多い。

普及センターの土壤診断室において植物体の分析を迅速に行うことが出来ない現状では、現場で参考になると思われる「野菜における養分分析の検索表」を掲載している茅野（1977年）の文献は十分参考になる。

なお、その品目に適さないpHや高すぎるECなどによって、生育が阻害されている例も多い。植物栄養素の可給性に及ぼすpHの影響（図14 Truog, 1948年、 Peterson, 1981年）花きの種類と好適土壤酸度（表10 鶴島：1983年）も示しておく。

表10 花卉の種類と好適土壤酸度（鶴島，1983）

花卉の種類と好適土壤酸度（鶴島，1983）

酸度 (pH)	適する花卉の種類
強酸性(5以下)	ツツジ、アザレア、ガーデニア、ペゴニア類、アジアンタム、ネフレロジス、アナナス、スズラン、アゲラタム、カラー、クンマチスなど
弱酸性(5～7)	キク、バラ、フリ、シクラメン、カラー、ポインセチア、フクシア、ハナシロワブ、キンギョソウ、パフィオペディルム、シンビジウム、カネーション、ストック、ペチュニア、チュウリップなど
中性(7)	ジニア、マリーゴールド、プリムラ類、マーガレット、アスタなど
アルカリ性(7以上)	キンセンカ、シネリリア、ゼラニウム、ガーベラ、スイートピー、ジャーマンアイリスなど

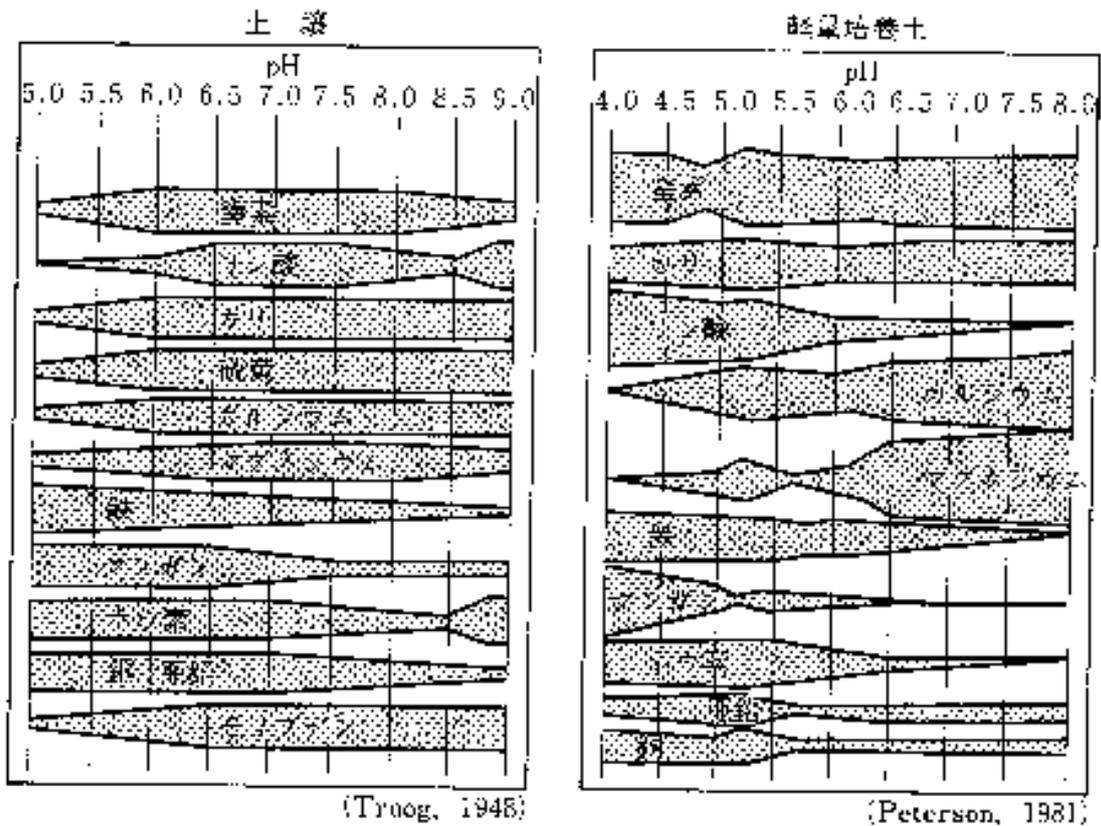


図14 植物栄養素の可給性に及ぼすpHレベルの影響

注 左 ; (Truog, 1948) 右 ; (Peterson, 1981)

主要花きといくつかの特記すべき品目においては、品目別に明らかになっている知見を別項（イ主要品目の主な生理障害）でまとめたので、更にそちらを参照してほしい。

各栄養素の植物に対する影響等については、日本化成肥料協会発行の「肥料の知識」がわかりやすく、これは、協会無料で配布されている。引用等の問題があるので、詳しくは章末の参考文献を当たられたい。

イ 主要品目の主な生理障害（欠乏症及び過剰症）

(ア) キク

一口にキクといっても、夏ギク、夏秋ギク、秋ギクによって、遺伝的性質は異なるし、作型とも相まって、起きやすい生理障害は異なってくる。また異常ではなく遺伝的な表現型によって、外観が生理障害に見える場合や、先天的に特定元素の吸収が悪い品種は存在する。またスプレーギクや小菊でも、その中に輪ギクと同じ程度に生態的な遺伝子型が存在するので、ひとくくりで生理障害を語ることは難しい。

以下に、はっきり証明されたわけではないものの、県内で見られた、生理障害が原因と思われる症状とその予想される原因をまとめた。また、別項として、アメリカ植物病理学会発行の文献から、元素別の生理障害とその症状、および症状による検索表を参考資料として章末に訳出、転載したので参考にしてほしい。

a マンガン欠乏症と思われる症状

県内の夏菊の高温期に採花する作型で、中上位葉の葉縁～葉裂片中央部の葉脈間に弱～中程度のクロロシスが見られる場合が多い。

現状での夏菊主力品種である「精雲」や、次期主力品種として期待される「岩の白扇」でも同じ症状が見られ、土壤中のマンガン含量が低い例が1件見られた他は、極端な土壤の塩基バランスの崩れなどが見られない。

原因は判然としないが、キクの施設土壤でもCa、Mg、Kなどの塩基類は蓄積傾向であり、拮抗作用によって他の微量な塩基類は吸収されにくくなっていることが予想される。そのような土壤状態で、発蕾後に切り花を堅くするなどの理由で灌水が控えられ、土壤の水分環境が悪くなっているところに、高温で根の活性が落ちると、微量要素の吸収が間に合わなくなることが1因ではないかと考えられる。

また、根張りが悪い場合には、環境が悪化したときの対応能力が低く、要素欠乏を起こしやすいので、栽培初期に十分な根張りを確保できるような土壤の物理性改善や、栽培管理も求められる。

b 生育初期のシュート先端からのクロロシス

症状から見るかぎり鉄欠乏症ではないかと思われるが、十分なサンプル量が集まらず、原因は判然としない。土壤中で鉄の絶対量が不足することは考えにくいので、一時的なpHバランスの崩れや他塩基類の拮抗作用によって植物が利用できない状態になっていると考えられる。県内の夏菊で数件持ち込みがあったが、品種は「精雲」等である。

c 「精興の誠」の葉裂片周辺部に見られる黄色斑点

原因は今のところ解明されていない。症状は作形を問わず発生し、元来持っている品種固有の特性と言ってしまうえばそれまでのような気もするが、現場では問題になっている。

症状は、下位葉の葉裂片周辺部に黄色斑点として現れ、症状が進行すると、中位葉及び上位葉にも同じ斑点が生ずる。この症状から判定するとマグネシウム欠乏症の初期症状に似ているが判然としない。マグネシウムを含む葉面散布剤や土壤改良材が、症状を軽減したとの報告もある。

同じ条件で栽培をしても、「精興の誠」を含む特定品種が症状を見せることから、特定元素の吸収能力が低い品種であることははっきりしている。

(イ) バラ

バラの養液栽培では、シュート先端部の葉脈間からクロロシスを起こす欠乏症が見られることがあり、鉄欠乏症と考えられる。

井戸水などは鉄分の多い場合などもみられるが、鉄イオンは色々な価数で存在することが出来、水にはおもに2価鉄として融けている。しかし、酸素の多い水中では容易に反応して3価鉄となり錆色の沈殿となってしまう。そのため、元々用水に含まれていた鉄分は殆ど養液栽培で用いることが出来ない。養液栽培では、鉄は沈殿を避けるためにEDTA-鉄などのコロイドにして施用されている。植物が利用、吸収できる鉄も2価鉄である。

一方、土壤や溶液中には同じ2価のイオンとしてマンガン(Mn)があり、性質が似通っているため

に、お互いに拮抗的に働くことが知られている。**マンガンの多い場合には鉄欠乏を、鉄の多い場合にはマンガン欠乏**を起こす場合が多い。

養液栽培の水溶液中では、実際に植物の吸収する量よりも多量に微量元素を与えないと植物は利用できない。しかし吸収量は少ないため、各栄養素の変化を考えずにpH、ECのみで溶液を管理し、液肥を補充していくとどうしても微量成分だけが濃度を濃くし、バランスも崩れる。**マンガンも養液を入れ替えなければ蓄積傾向**が見られ、その結果、吸収されにくいコロイド鉄は、**拮抗作用によって吸収が阻害され鉄欠乏を起こすと考えられる**。そのため、現状の市販システムによる循環式養液栽培については微量元素の管理等検討を要する部分が多い。

養液栽培ではその他にも、それぞれの成分濃度の過不足によって、過剰症や欠乏症の発生事例が少ない。単純な欠乏症ではなく、他の養分との拮抗によって発生したり、ノブレスの銅欠乏ではマンガンの過剰が助長して著しい障害を呈したりする。参考として、表11に微量元素の拮抗を示した。また、特異な養分吸収特性を持った新品種が導入されて栄養障害を起こす事例も増加している。特徴的な症状を示す障害では観察により診断することも可能である。表12にバラにおける多量要素、微量元素の欠乏症・過剰症を示したので参考にされたい。

バラは、多年生木本であり、他の切り花栽培と根本的に管理方法が異なるため、作期の短い品目と同じように比べることは難しい。バラの栽培法に関する成書は多数出版されていると思われるので、詳しくはそれらを参照されたい。

表11 微量元素の拮抗

元 素 名	吸収・移動を受けやすい無機成分	吸収をおさえる(拮抗する)無機成分
鉄	Fe	Ca(HCO ₃) ₂ , P, Mn, Zn, Cu, Ni, Co
マンガン	Mn	K, N, Ca, Cl, Fe, Zn, P, Mg
亜鉛	Zn	Ca, P, N, K, Mn, Fe
銅	Cu	K, Zn, Ca, N, Fe, P, Mn
ホウ素	B	(Ca), Cu, N, K
モリブデン	Mo	P, K, N(NH ₄ , NO ₃), SO ₄
塩素	Cl	P

要素	過剰症状	欠乏症状
N	<p>▷ 葉の緑深く、小葉の縁とたるみ、アンモニア型葉の広率が減少する。特に高山期には葉が枯死する。根の生長、葉の生長が抑制される。アンモニア型葉の生長が抑制される。</p>	<p>▷ 葉の葉よりも古い葉が緑色を失い、老葉は黄色となり、やがて葉が脱落する。葉は小さくなり、葉は緑く弱くなる。花の生長が抑制される。アンモニア型葉の生長が抑制される。</p>
P	<p>▷ 葉が、まじり、葉のややくちやくち、葉の縁が、葉は硬くなり、葉の生長が抑制される。葉の生長が抑制される。葉の生長が抑制される。</p>	<p>▷ 葉、シユームの生長が抑制される。葉の生長が抑制される。葉の生長が抑制される。葉の生長が抑制される。</p>
K	<p>▷ 葉の縁が、葉は硬くなり、葉の生長が抑制される。葉の生長が抑制される。葉の生長が抑制される。葉の生長が抑制される。</p>	<p>▷ 葉の縁が、葉は硬くなり、葉の生長が抑制される。葉の生長が抑制される。葉の生長が抑制される。葉の生長が抑制される。</p>
Ca	<p>▷ カルシウム濃度が低い場合、葉がややくちやくち、葉の生長が抑制される。葉の生長が抑制される。葉の生長が抑制される。葉の生長が抑制される。</p>	<p>▷ カルシウム濃度が低い場合、葉がややくちやくち、葉の生長が抑制される。葉の生長が抑制される。葉の生長が抑制される。葉の生長が抑制される。</p>
Mg	<p>▷ マグネシウム濃度が低い場合、葉の縁が、葉は硬くなり、葉の生長が抑制される。葉の生長が抑制される。葉の生長が抑制される。葉の生長が抑制される。</p>	<p>▷ マグネシウム濃度が低い場合、葉の縁が、葉は硬くなり、葉の生長が抑制される。葉の生長が抑制される。葉の生長が抑制される。葉の生長が抑制される。</p>
S	<p>▷ 硫黄濃度が低い場合、葉の縁が、葉は硬くなり、葉の生長が抑制される。葉の生長が抑制される。葉の生長が抑制される。葉の生長が抑制される。</p>	<p>▷ 硫黄濃度が低い場合、葉の縁が、葉は硬くなり、葉の生長が抑制される。葉の生長が抑制される。葉の生長が抑制される。葉の生長が抑制される。</p>

要素	過剰症状	欠乏症状
Fe	<p>▷ 葉の縁が、葉は硬くなり、葉の生長が抑制される。葉の生長が抑制される。葉の生長が抑制される。葉の生長が抑制される。</p>	<p>▷ 葉の縁が、葉は硬くなり、葉の生長が抑制される。葉の生長が抑制される。葉の生長が抑制される。葉の生長が抑制される。</p>
Mn	<p>▷ マンガン濃度が低い場合、葉の縁が、葉は硬くなり、葉の生長が抑制される。葉の生長が抑制される。葉の生長が抑制される。葉の生長が抑制される。</p>	<p>▷ マンガン濃度が低い場合、葉の縁が、葉は硬くなり、葉の生長が抑制される。葉の生長が抑制される。葉の生長が抑制される。葉の生長が抑制される。</p>
Zn	<p>▷ 亜鉛濃度が低い場合、葉の縁が、葉は硬くなり、葉の生長が抑制される。葉の生長が抑制される。葉の生長が抑制される。葉の生長が抑制される。</p>	<p>▷ 亜鉛濃度が低い場合、葉の縁が、葉は硬くなり、葉の生長が抑制される。葉の生長が抑制される。葉の生長が抑制される。葉の生長が抑制される。</p>
B	<p>▷ 珪素濃度が低い場合、葉の縁が、葉は硬くなり、葉の生長が抑制される。葉の生長が抑制される。葉の生長が抑制される。葉の生長が抑制される。</p>	<p>▷ 珪素濃度が低い場合、葉の縁が、葉は硬くなり、葉の生長が抑制される。葉の生長が抑制される。葉の生長が抑制される。葉の生長が抑制される。</p>

(ウ) カーネーション

カーネーションの生理障害については、「切り花栽培の新技术・カーネーション・上巻」(誠文堂新光社)に詳しく記載されているので、特にそちらを参照してほしい。

ここでは県内での知見を含めて記載する。

a 窒素 (N)

欠乏症: 普通窒素は十分に施肥しているため、栽培地で欠乏を起こすことはまずないが、症状を記載しておく。窒素が欠乏するとまず葉色が淡くなり、節間がつまりはじめ、その後裏側に向かって巻いていた葉は真っ直ぐになって堅くなり、新しい葉は内側に巻くように針状になる。全体に茎葉が堅くなり、側枝の発達は抑えられる。開花は著しく遅延して、開花しても短茎である。

過剰症: カーネーションは、窒素の多肥には強い系統が古くから選抜されているため、過剰害はでにくい。窒素肥料のきき具合は、展開後葉色が十分濃くなった成熟葉(できるだけ新しい葉)の裏側への巻き具合で確かめることができる。

窒素肥料が効きすぎている場合、葉は著しく裏側にカールし、葉幅が広くなり、葉の長さも長くなる。窒素が効きすぎると葉がややもろく折れやすい。

b リン (P)

欠乏症: カーネーションでは、はっきりとしたリン酸欠乏症は出にくいのが、可給態リン酸の低いほ場にリン酸を施すと、茎葉重が増加し切り花長が長くなって花の大きさがやや大きくなるなど切り花品質が向上することから、欠乏すると相対的に生育が押さえられると考えられる。

極端に欠乏すると、矮化して茎が細くなり、花は小さくなる。

リン酸は、国内の施設土壌では蓄積される傾向にあり、可給態リン酸も高くなっている場合が多い。県内の畑作地では黒ぼく土壌が多いが、黒ぼく土壌ではリン酸吸収係数が高く、土壌に吸着されるためリン酸の肥効は低く、従来からリン酸資材によって土壌改良が施されてきた。しかし、県内の黒ぼく土地帯に立地する施設にあっても、長く連作されているほ場ではリン酸が蓄積され、欠乏症での心配はほとんどない。

新しく施設を建設した場合はリン酸が欠乏する場合もあるので、土壌分析を行って必要量を土壌改良で施すべきである。なおリン酸資材の投入に当たっては、副成分のアルカリ分、特にカルシウムも多量に投入されることに注意する。(土壌管理の項を参照)

過剰害: リン酸の過剰害は出にくく、県内の連作ほ場では可給態リン酸が500mg/100gを越えるような場所もあるが特に害は見られていない。ただし、過剰になると、茎葉が軟弱化して萼割れが増加し切り花品質が相対的に悪くなるとされ、はっきりした症状として、葉先枯れが起こることがある。

c カリウム (K)

欠乏症: フランセスコなどの品種では、カリウムの養分吸収量は生育に従って線形に増加するが、古い品種では生育後期にカリウム吸収量が急に増加するものもあり、品種間差があることが知られている。発蕾期(目視で花芽が確認できる頃)以降には、カリウムの要求量は急激に増えるが、根からのカリウム吸収量が追いつかない場合に、上位葉の葉先に葉先枯れを起こすことがある。

発蕾期以降のカリウム欠乏を原因とする葉先枯れの発生程度には品種間差が知られ、同じほ場で栽培していても、品種によって激発するものと全くでないものがある。フランセスコは特に葉先枯れの

起きやすい品種として知られている。

カーネーションはカルシウムをよく吸収する植物として知られ、生育初期の葉先枯れがカルシウム欠乏で起きると考えられているため、カルシウム資材を土壌改良で投入する農家が多い。更に pH 調整でもカルシウム資材が投入されるため、土壌のカルシウム飽和度は高く過剰な場合が多い。生育後期の葉先枯れは上記のようにカリウムが原因と考えられるので、葉先枯れ回避のためにカルシウム資材を投入するのは避けるべきである。カルシウムの施用は逆にカリウムの欠乏症を起こしやすくする。

(カルシウムの項目参照)

県内でもカリウム欠乏と思われる症状が南部地域、津軽地域を問わずよく見られ、発生原因はいくつか考えられる。土壌にカリウムが十分あっても植物が利用できない場合と土壌自体にカリウムが欠乏している場合がある。

採花期に近くなると、堅い切り花にするために水を切る場合が多いが、土壌が乾燥するほど植物は塩基類を利用しにくくなり、特にカルシウムなどほかの塩基類が過剰の場合には拮抗作用によってカリウムの吸収が阻害されやすくなる。

また高温期になると地温が上昇し、根の活性が衰えることにより、植物が吸収できない場合も考えられる。県内では冬越しや春定植の7月～8月に採花する作型で発生が多い。平成12年度は非常に暑い夏だったが、7月から非常に高温で推移し、県内各地で葉先がれが発生した。発生したほ場でも全く発生しない品種もみられることから、過去に葉先枯れをよく発生していた品種であれば作付けをさけることも必要となってくる。

カリウム飽和度の低い未開土壌での作付けでは、地温が低い冬季でも葉先枯れが起きやすいが、施設の連作ほ場では土壌のカリウムはむしろ過剰な場合の方が多く、そうした心配は必要ないと思われる。特にリンゴ畑や開墾地などに施設を新設した場合には注意を要するので、事前に土壌分析を行い、ケイ酸カリなどで土壌改良を行ってから作付けする。

葉先枯れを回避するには、液肥でカリウムを追肥するか葉面散布する方法があるが、採花期に土壌を乾燥させすぎないなどの水管理も重要である。総合的に考えて植物が根から利用しにくい状態であると判断されるなら、葉面散布が簡便である。

液肥の場合は、発蕾が確認されてから、それまでよりもカリウム含量が高い液肥に切り替える。葉先がれが例年見られる品種などでは有効な方法と思われる。

葉面散布には硫酸カリウムなどでもよいが硫酸などあまり利用されない成分が含まれているので液体ケイ酸カリウム肥料が適している。ケイ酸は双子葉植物への効果は証明されていないが、カーネーションなどでは施用するとケイ酸含量が増え茎葉を堅くするとの報告がある。液体ケイ酸カリウムは、水田、芝生用に開発された窒素成分を含まない微量要素入りの液肥で、カーネーションへの葉面散布の場合10倍程度の希釈液を用いる。葉面散布はいきなりすべてに行わずに、小さな部分で試してから行った方が安全である。

カリウムは植物体内で融通される栄養素のため、極端に欠乏すると古い組織から新しい組織に転流されて、下葉からの枯れ上がり、中位葉への壊死斑点などを生じる。

過剰害：カーネーションではカリウムは贅沢吸収され、植物体が吸収できる状態に置かれると旺盛に吸収し、たとえば液肥でカリウム含量が常時高い場合などには、採花期に株の中位の節から茎折れ

する過剰障害を引き起こす場合がある。

採花期まで特に外見上の障害はみられないが、採花期になると茎が途中から折れ始める。採花した切り花も柔軟性を欠き、もろく節から折れやすい。カリウムの過剰で植物体に柔軟性がなくなりもろくなっているところに、昼夜の水分状態の変化と蕾の成長による重みで茎折れが始まると考えられる。しかしホウ素欠乏ほどもろくはならず、外観の生育は非常によく見える。発生してしまっただけからはその後のカリウムの施用を控えるしか対策はないものの、次作の施肥設計ではカリウムの施用量を減らすなど注意が必要である。

カリウム過剰による茎折れは、株の中位の節からまるで手で折ったように見え、ホウ素欠乏による縦にも裂け褐変する症状と区別できる。

土壌中にカリウムが多い場合は、カルシウムの吸収が阻害されて茎葉が軟弱化する。

塩基飽和度は各成分ごとに見るほかに、 MgO/K_2O 比などをチェックして塩基のバランスに注意する必要がある。文献ではカーネーションに適した土壌の MgO/K_2O 比は1～3程度である。(土壌管理の項参照)

e カルシウム (Ca)

欠乏症：カーネーションは、カリウム、窒素に次いでカルシウムを多く吸収し、カルシウムを多量に必要とする植物として知られる。

カルシウムは細胞壁を形成するのに用いられるため転流されにくい。欠乏すると茎葉が柔らかく軟弱になり、成長点付近から欠乏が始まるため、幼葉の先端や蕾から枯れてくる。栄養成長期～発蕾期の葉先枯れはカルシウム欠乏が多い。さらに症状が進んだ場合、成長点が座死し側枝が増加して下位葉は葉色が暗化する。発蕾後に起こった場合、蕾が開花しなかったり、萎縮する。

県内の施設ほ場では、カルシウムが著しく蓄積されている場合が多く、カルシウム欠乏は出にくいと考えられるが、土壌の乾燥や高温など環境条件によって、植物がカルシウムを利用できない場合には、出る場合も考えられる。

土壌中のマグネシウムが多い場合には、拮抗作用によってカルシウムの吸収が押さえられ葉先枯れを起こしやすい。特に、塩基飽和度は各成分ごとに見るほかに、 CaO/MgO 比などをチェックして塩基のバランスに注意する必要がある。文献ではカーネーションに適した土壌の CaO/MgO 比は3.5～6程度である。

過剰害：カルシウムを多量に吸収して過剰害を起こすことは少ないが、カルシウムが土壌中に多量に蓄積すると、拮抗作用によって植物体は他の塩基類を吸収しにくくなるため、カリウム欠乏、ホウ素欠乏などを起こしやすくなる。採花期の土壌の乾燥や、高温による根の活性の低下が重なると更に他の欠乏症を起こしやすくなる遠因となるので、適正なCa飽和度になるようにこころがけたい。

また、リン酸は過剰にあっても害が少ないことから多量に投入されるが、リン酸資材のようりん、過石等には、保証成分ではない(袋に含量Caとして書かれていないので注意が必要)が副成分としてアルカリ分や灰分が入っており、カルシウムが多量に投入されていることになるので、気をつけたい。

カーネーションはCaを旺盛に吸収する植物なので、施肥目的のCaはある程度必要であるが、土壌分析の結果次第で土壌改良としての大量投入はさけなければならない。

f マグネシウム (Mg)

欠乏症：中位葉の葉脈間からクロロシスを起こし淡緑色となった葉脈が鮮明に浮き出る。さらに症状が進むと葉脈も黄化して、その後下位、上位葉にも症状が広がる。

マグネシウムは葉緑体の構成成分なので、不足すると葉色が淡化して光合成能力が低下する。症状は、完全に成熟して光合成を一番旺盛に行っている中位葉の部分から始まる。一般的にマグネシウム欠乏は急激に現れる。

過剰害：土壌中に多量に蓄積した場合、植物体は拮抗作用でCa欠乏を起こす場合がある。適正な塩基バランスが重要である。(カリウム、カルシウムの項目を参照。)

g マンガン (Mn)

欠乏症：症状は上位葉から起こり、葉脈間に淡緑色のクロロシスを起こす。

マンガンは鉄とともにアルカリ性になると利用しにくくなり、欠乏症を起こす。カーネーションの生育に適した土壌pHは弱酸性であるから極端なpH矯正は行うべきではない。

過剰害：過剰症は中下位葉の葉先などに不整形の褐色斑点を生じてのちに壊死する。上位葉や若い組織は鉄欠乏も起こして淡色化し、クロロシスを生じる。

土壌pHが酸性に近くなると、マンガンを吸収しやすくなり、過剰害を起こしやすい。特に蒸気消毒の後では、温度が高すぎた場合など水溶性マンガンが増えて、害が起きやすいとされる。また、マンガンと鉄は植物体内での動態の性質が似ており、拮抗的に働くので、鉄欠乏を起こしやすくなる。

h 鉄 (Fe)

欠乏症：鉄は、転流されない栄養素なので、症状は上位葉など新しい葉から起こり、中、下位葉は正常に見える。葉脈間にマンガンよりも激しい退色を示すクロロシスを起こす。

鉄はマンガンとともにアルカリ性になると利用しにくくなり、欠乏症を起こす。カーネーションの生育に適した土壌pHは弱酸性であるから極端なpH矯正は行うべきではない。また、pHが低い場合でもマンガンが過剰の場合拮抗作用で鉄欠乏を引き起こす。

i ホウ素 (B)

欠乏症：栄養生長期間に発生すると短茎となり節間が詰まって、全体に植物体は堅くもろくなる。節間や葉の付け根などが割れ、割れた周辺が褐変しやすい。症状がひどくなると、成長点は座死して頂芽優性が失われ、奇形した腋芽が叢生して茎がねじ曲がる。シュートは伸張せずそのまま発蕾しない。ホウ素欠乏による各部のひび割れは特徴的でわかりやすい。

発蕾後に発生すると、ブラインドをおこして開花に至らなかったり、開花しても著しく花卉数を減らした奇形花になり花卉の縁が褐変して壊疽症状を呈する。

連作によって土壌の可給態ホウ素量が低下することによって、1970年代には西南暖地などで多発したが、その後ホウ素質材の施用などで、土壌にホウ素が不足することに起因するホウ素の欠乏症は少なくなっている。

ホウ素質材を施用していなくても、稲わら等はホウ素含量が多く、稲わら堆肥などの有機物を計画的に施用しているほ場では、土壌中のホウ素不足を心配する必要はない。

近年問題になるのは、むしろ植物がホウ素を吸収、利用できないために起こるホウ素欠乏である。

pHが高い場合には不溶化し欠乏を起こしやすくなる。また、カルシウム、カリウムなどの塩基類

が土壌中に多量に存在する場合には、拮抗作用によって欠乏を起しやす。土壌の極度な乾燥や高温による根の活性低下は、これらの原因を助長して症状を起しやすくする。(カリウム、カルシウムの項目を参照)

(エ) トルコギキョウ

a 茎折れ症

発蕾期に花首が折れる症状で、症状がチューリップのホウ素欠乏症に類似することから現場ではホウ素資材の葉面散布が行われているが、健全株と障害株のホウ素含量に差はなく、また土壌にホウ素資材を施用しても茎折れを回避できないのでホウ素欠乏症である確証はない。品種間差が知られ、生育が旺盛な株に発生が多い傾向がある。

原因には温度と土壌水分が大きく関係していると考えられ大雨が降って地下水水位が上がった直後に天候が晴天に急変したりすると、発生することがある。

b カルシウム欠乏

葉先枯れの症状はチップバーンとも呼ばれ、軽度であれば葉先が白く枯れる程度にとどまるが、症状が激しい場合は、成長点が壊死して、プラスチックを起こす。

葉先枯れは、カルシウムの欠乏と関係が深いことが知られている。しかし、施設の連作土壌は、Caが蓄積される場合が多く、必ずしも土壌中のCa不足が原因とはならない。

土壌中にCaがあっても、植物が吸収できない状態にあることが1番の原因であると思われる。

急激な植物の伸長で、Ca吸収が間に合わなくなると葉先枯れが出やすい。曇天が続いた後に晴天になるなど天候が急変すると植物の生育量にも急激な変化が起こり、葉先枯れが起きやすくなると考えられ、梅雨明け前後に発生が多い。野上(1988)は1日あたりの主茎伸長量が1cm程度になると葉先枯れを起こすとしている。

また、地下部の発達が弱い場合や、根域が狭い場合、根の活性が低下している場合などが原因として考えられ、地上部に比較して地下部の生育状況のバランスが悪い場合に起こりやすいと考えられるので、すき耕盤を破碎するなどの土壌物理性の改善や、水管理などの耕種的予防策も重要である。

品種間差も知られており、地下部の発達が遅い、あるいは地上部の生育が極端に早い品種は葉先枯れが出やすいと考えられ、あずまの粧、あずまの薫はあずまの雪、あずまの波よりも葉先枯れが出やすい。

野上(1988)は葉先枯れ防止に、緩行性の被覆肥料の使用、カルシウム剤の葉面散布が有効であるとしている。

(オ) デルフィニウム

デルフィニウムにおける生理障害の知見は少ないが、島根農試では、ベラドンナ系の品種について水耕による症状の再現試験が行われているので、それらの原因と症例を以下に記す。なお画像は島根農試より提供していただいた。一部他県の知見も加えている。

島根農試の試験は、パーライトで1ヶ月育苗後、160リットルの容器に1/2園試処方の基本培地を入れたものに移植栽培し、5ヶ月後に基本培地から各養分を欠如、あるいは過剰添加して経過を観察したもので

ある。

また、フラワーセンターにおいて、平成12年度、フォルカフリーデンに生理障害によると思われるクロロシスが発生した。中位葉の裂変部の葉縁を中心に網目状にクロロシスが観察され、島根農試の症例と照らすとマンガン欠乏に似ているが原因は今のところ不明である。やや高温期に発生が多い傾向が見られることから、土壌の化学性だけではなく環境条件も影響していると考えられる。

a リン (P)

欠乏症：明確な症状は発現しなかった。

過剰害：試験濃度 (1,000ppm) では、カルシウム欠乏と同様の障害が発生し、これは、拮抗作用によるカルシウムの吸収阻害と考えられる。一般的にPの過剰害は植物に出にくいので、ほ場レベルではこのようなカルシウム阻害は出にくいと思われる。

b カリウム (K)

欠乏症：下位葉の裂片葉縁部からクロロシスを起こし、進行すると裂片端から壊死を始め、さらに古い葉から枯れ上る。カルシウム過剰の場合にも、拮抗作用によって葉のK含量が低下し、下位葉葉縁部からクロロシスを起こす。

カリウムは転流する栄養素なので、不足すると古い組織から新しい組織に送られて古い部分から枯れ上がると考えられる。

過剰害：試験濃度 (K₂Oで10,000ppm) では、Ca欠乏と同様の障害が発生し、これは、拮抗作用によるカルシウムの吸収阻害と考えられる。

c カルシウム (Ca)

欠乏症：先端葉の生育が阻害され、新葉の葉脈間に黒点斑を生じる。また上位葉の葉柄や花茎、花梗の一部に折れ曲がり症が発生する。カリウムの過剰でも同様な症状が発生する。カルシウムは移動しにくい栄養素なので、不足すると新しい組織から症状が出ると考えられ、株が軟弱化するのだと思われる。

過剰害：Caの過剰吸収ではなく拮抗作用によって、カリウム欠乏の症状が下位葉に現れる。

d マグネシウム (Mg)

欠乏症：下位葉の裂片を中心に葉脈間からクロロシスを起こす。

過剰害：試験濃度 (MgOで1,000ppm) では、カルシウム欠乏と同様の障害が発生し、これは、拮抗作用によるCaの吸収阻害と考えられる。

宮崎県の報告では、パシフィックジャイアント系デルフィニウムで芯止まり症が報告され、マグネシウムの含有率が正常のものより高く、同時にカリウムの含有率も高かった。土壌の乾燥やアンモニア系窒素肥料の使用は芯止まり症の発生を増加させることも報告されている。

e マンガン (Mn)

欠乏症：上中位葉の葉脈間がまだらにクロロシスを起こす。新葉は比較的正常に見える。進行すると裂片先端部から茶褐色に壊死する。

過剰害：先端部がクロロシスを起こすほか、側枝を含む新葉の葉縁部、葉脈沿いに特徴的な不整形の茶褐色斑を生じる。

f 鉄 (Fe)

欠乏症：先端部から新葉の葉脈間がクロロシスを起こし退色が他の障害よりも激しい。(図30参照)

過剰害：下位葉裂片葉縁部がクロロシスを起こし、やがて茶褐色に壊死する。また下位葉～中位葉の裂片葉縁部を中心に葉脈沿いに細かい茶褐色斑点を生じる。

g 亜鉛 (Zn)

欠乏症：明確な症状は発現しなかった。

過剰害：明確な症状は発現しなかった。

h 銅 (Cu)

欠乏症：明確な症状は発現しなかった。

過剰害：下位葉の裂片葉縁部や葉脈間が黄～黄白化し、進行するとそこから壊死する。

i ホウ素 (B)

欠乏症：症状は成長点付近に現れ、節間が詰まって先端葉、花穂上部などが奇形となる。花梗が水浸状になり、折れ曲がる症状も散見される。

過剰害：下位葉の葉縁部からクロロシスが始まって全葉に広がり、症状が進むと裂変先端から褐変壊死し、症状は次第に上位葉に及ぶ。

(カ) リンドウ

a カルシウム欠乏症

転作田の転換畑で栽培されるリンドウでは、特に早生品種において、採花時期が近くなり花卉が見え始めると急に枯れ上がる症状が近年広く岩手県内などで問題になっている。激発した場合は、ほとんど採花できないような場合もある。この原因は、カルシウム欠乏とされ、原因は土壌中のCa飽和度が低いことと、pHが低いことが原因であるとされる。

リンドウは、酸性を好む植物として転作田でよく栽培されるが、それでもpHが5を切って、4.8程度になってくると、低pHによる障害を起こすことが解ってきた。

対策として、pHの矯正とCa飽和度を上げることを目的として、炭カルや石灰などのアルカリ性カルシウム資材を施用する事が岩手県では奨励されている。pH矯正の目標は5.5である。

b 鉄欠乏症

同じく転換畑のリンドウ栽培で、養成株や、採花株の栄養成長期には鉄欠乏が発生する場合がある。シュート先端から葉脈も含めた激しいクロロシスを起こし、色が黄白～白っぽくなる。

低pHでは鉄の可給性は良いので、逆に溶解性の増した鉄が流亡しやすくなる場合がある。転換畑では、水分状態が高い場合が多いので流亡が1つの原因ではないかと考えられる。また、ほ場によってはマンガンの拮抗作用も考えられる。

(4) 鉢物（花壇苗）の生理障害と栄養診断

鉢物や花壇苗は、畑で作付けする切り花と異なり、限られた用土（培養土、養土などともいわれるがほぼ同じと考えて良い）あるいは培地で栽培されるため、用土の物理性や化学性には十分注意が必要である。用土に求められる物理性や化学性は成書に詳しいのでそれらを参照されたい。参考文献として長村（1995）の「鉢物の培養土と養水分管理」が良い。

用土に用いる培地資材は、同じバーミキュライト、ピートモスであっても、産地や腐熟度、加工の仕方などが異なり、自然、物理性や化学性も様々である。使用する際には、そのようなことも念頭に置かなければ、再現性の高い生産を行うことは出来ない。施設園芸協会では「園芸用育苗培地利用の手引き(1995)」を発行しており、便利である。

鉢物では、単独の栄養素の過不足で発生する障害よりも、問題が発生する場合には、培養土の配合方法や管理、化学性の改良が不十分な場合が多い。これは、用土が基本的には品目にあわせて配合されるためである。ここでは、本県で見られる問題について、特に記載しておく。

ア 低pH（pH矯正の不具合）

鉢物の用土では、前出のPeterson（1981）の表でも明らかなように、土壌に比べて栽培が可能なpHの幅は前後に広がる。これは鉢物の水分管理が畑状態とは異なることと、近年では軽量培土が用土の主流になっているためである。しかし、目標とするpHの矯正は、ほ場条件に準じた方がよい。

窒素肥料を施肥すると硝酸の発現によってpHは低下し、0.5以上も下がる場合もあるので、ツツジ科など特殊な品目を除いては6.5前後を目標に矯正した方がよい。しかし、通常植物はアルカリ性になると生育障害を起こすので、窒素肥料を施す前であっても7.0を越えるような矯正はすべきではない。

近年の培養土はピートモスが主体となっている場合が多いが、ピートモスは含まれる有機酸によって強酸性である場合が多い。酸度を矯正する場合はピート単独で行わずに、配合した後の用土全体に対して行うべきである。他の配合する用土の化学性によって、ピート自体の酸度矯正の程度が変化するからである。ピート単独で、ある割合のカルシウム資材配合比で酸度が矯正されたからといって、ピートの量だけで、配合土のpH矯正に必要な資材量は求められない。パーライトを配合するとpHが下がるとの報告があるが、パーライト自体は塩基置換容量も低く性質もほぼ中性である。ピート単独で矯正できたと思っても、配合することで、ピート自体の有機酸の溶出程度などが変化するとも考えられるので、やはり配合後に酸度を矯正すべきである。

なお、炭カルなどによる酸度の矯正はしばらく安定しないので、用土を配合し酸度矯正する場合は、矯正資材混和後、用土が適度に湿った状態で数週間ねかせる必要がある。資材混和直後に測定したpHで矯正を済ませると、栽培期間中にCaが溶出しすぎるなどして、pHが最適な範囲から外れてしまう場合がある。

イ 用土の配合むら

近年、用土を軽量にするために、ピートモス、パーライト、バーミキュライトなどが用いられるが、これらの粒子は乾燥状態では非常に軽く、輸送、貯蔵、冠水などで容易にむらを生ずる。培養土の生産地で

よく混和され均一にされたものであっても、振動を加えればパーライトなどは浮き上がり分離してしまう。

各農家は利用の際に、むらをなくすためもう1度混和することが必要な場合もあるので、注意しなければならない。

栽培期間中でも、パーライトやピートモスなどは上からの強い灌水を行うと浮き上がることもあるので、管理方法にあわせて、用土を選定する必要がある。

用土のむらは、更にpHのむら、肥効のむらにもつながるので、十分注意が必要である。

ウ 高EC

鉢物ではほ場栽培よりECが高くても、栽培が可能である。これは、用土が軽量で仮比重が小さいため、重量比でECを測定すると、より大きな体積に分布する塩基類の量が測定されるためである。従って、根の接する養分の濃度は同じECでは鉢物用土の方が薄くなる。この見かけのECの高さを解消するため、一部では鉢物のECを容量比で1:2や1:5で測定することも推奨されている。容量比でのEC適正值は外国文献に詳しい。

しかし、高くても良いといっても限度があり、高すぎるECは根の障害を起こす。品目ごとに示すことは難しいが、目安として、pHに問題がないのに根が褐変するなどの障害を受けておりかつECが高めで、病害が原因として考えられないときにはその品目には測定したECでは高すぎると判断してよい。

エ 硝酸態窒素

近年、簡易診断器機が多数開発され、硝酸態窒素の分析が簡便に行えるようになってきた。鉢物用の土壤溶液採取器も各種販売されているので簡便である。鉢花の三層分布は、pF1.7前後で議論されることが多いので、そのような状態の土壤溶液を採取するのが良い。pF1.7とは、ほぼ飽和揚水量の状態である。鉢の底部を浅水につけて1昼夜ほど置いた状態は、だいたいpFが1.7~1.8位である。pFは水面からの高さで変化するので、土壤溶液採取器は、垂直ではなく、鉢の真ん中くらいの高さに穴をあけ水平に差し込む方が良い。

参考・引用文献

- 1) 長野県「花き栽培指標、花きの栄養と土壌管理」長野県（平成5年）
- 2) 青森県畑作園芸試験場、「平成11年度東北土壌肥料研究会資料、青森1-6、有機質資材及び有機質肥料の特性」農水省東北農試（平成12年）
- 3) 宮城県園芸試験場、「平成11年度東北土壌肥料研究会資料、宮城1-5、露地野菜における牛ふん堆肥の施用を主体とした減化学肥料栽培と可給態窒素の簡易測定法」農水省東北農試（平成12年）
- 4) 長村智司、「鉢花の培養土と養水分管理、鉢物の施肥技術」、農文協（平成7年）
- 5) 小西国義、「花き園芸の進展、Ⅲ土壌・養水分管理」、養賢堂（平成12年）
- 6) 六本木和夫、加藤俊博、「野菜・花卉の養液土耕、第3章栄養管理の基本とリアルタイム診断」、農文協（平成12年）
- 7) 藤原俊六郎ら、「土壌診断の方法と活用」、農文協（平成8年）
- 8) Peterson, J. C. Modify your pH perspective. *Floists' Review* 169(1981)
（長村智司、「鉢花の培養土と養水分管理」、農文協（平成7年）より間接引用）
- 9) 茅野充男、「植物の化学調節 12(2)、植物の栄養診断」、(昭和52年)
- 10) 茅野充男、「植物細胞工学 5(6)、実験植物栽培法6、植物の栄養診断」、(平成5年)
- 11) Truog, E. Lime in relation to availability of plant nutrients. *Soil Sci.* 65(1948)
（長村智司、「鉢花の培養土と養水分管理」、農文協（平成7年）より間接引用）
- 12) 鶴島（昭和58年）（長村智司、「鉢花の培養土と養水分管理」、農文協（平成7年）より間接引用）
- 13) 越野正義、「肥料の知識」、日本化成肥料協会（平成12年）
- 14) 細谷 毅、「花卉の栄養生理と施肥、主な花卉の栄養特性と施肥、キク」、誠文堂新光社（平成7年）
- 15) 吉村、、「作物の要素欠乏過剰症、カラー写真編要素欠乏・過剰、各種障害の症状、キクのマグネシウム欠乏症状」、農文協（昭和55年）
- 16) 前田、、「作物の要素欠乏過剰症、カラー写真編要素欠乏・過剰、各種障害の症状、キクの鉄欠乏症状」、農文協（昭和55年）
- 17) 中田、西沢、、「作物の要素欠乏過剰症、カラー写真編要素欠乏・過剰、各種障害の症状、キクの亜鉛欠乏症状」、(昭和55年)
- 18) 清水 武、「原色要素障害診断辞典」、農文協（平成2年）
- 19) 加藤 俊博、「切り花の養液管理、ロック・新培地・養液土耕・水耕」、農文協（平成6年）
- 20) 河合 俊彦、細谷 毅、「主な花卉の栄養生理と施肥、バラ(花卉の栄養生理と施肥:238-249)」、(平成7年)
- 21) 前田、、「作物の要素欠乏過剰症、カラー写真編要素欠乏・過剰、各種障害の症状、バラの鉄欠乏症状」、農文協(昭和55年)
- 22) 米村 浩次、「切り花栽培の新技术、カーネーション、上巻」、誠文堂新光社（平成2年）
- 23) 松尾 多恵子、「新版花卉の栄養生理と施肥、主な花卉の栄養特性と施肥、カーネーション」、農文協（平成7年）
- 24) 青森県農業推進研究センター「平成12年度指導奨励事項・指導参考資料等、カーネーション栽培施設の土壌実態とその対策」、青森県農業研究推進センター（平成12年）

- 25) 前田、,「作物の要素欠乏過剰症、カラー写真編要素欠乏・過剰、各種障害の症状、カーネーションの鉄欠乏症状」、農文協（昭和55年）
- 26) 中田、,「作物の要素欠乏過剰症、カラー写真編要素欠乏・過剰、各種障害の症状、カーネーションのホウ素欠乏症状」、農文協（昭和55年）
- 27) 清水 武、「原色要素障害診断辞典」、農文協（平成2年）
- 28) 野上 雅弘、「農耕と園芸.12、トルコギキョウの葉先枯れ防止対策技術」、誠文堂新光社（平成10年）
- 29) 大川 清「花専科*育種と栽培、トルコギキョウ(ユーストマ)」、誠文堂新光社（平成4年）
- 30) 馬場、五十嵐、,「作物の要素欠乏過剰症、カラー写真編要素欠乏・過剰、各種障害の症状、チューリップのホウ素欠乏」、農文協（昭和55年）
- 31) 伊藤 淳次「平成7年度花き試験研究成績概要集(公立)－近畿・中国－、島根県-12、特産花卉の栄養診断技術の確立、デルフィニウムの栄養障害の症状と発現濃度」、野菜・茶業試験場（平成8年）
- 32) 上田 重英ら、「平成6年度花き試験研究成績概要集(公立)－四国・九州－、宮崎県-16、デルフィニウムの生理障害対策、(1)生理障害の解明と適正土壌管理技術」、野菜・茶業試験場（平成7年）
- 33) 上田 重英ら、「平成7年度花き試験研究成績概要集(公立)－四国・九州－、宮崎-33-35、デルフィニウムの生理障害の解明と適正土壌管理技術の確立試験1)-2)」、野菜・茶業試験場（平成8年）
- 34) 吉池 貞蔵、「花専科*育種と栽培、リンドウ」、誠文堂新光社（平成4年）
- 35) 岩手県農業研究センター、「平成12年度東北農業試験研究推進会議土壌肥料研究会(夏期)現地検討会資料、県中南部りんどう畑の土壌環境実態、低石灰土壌でのりんどう生育に対する石灰資材施用効果(石鳥谷町)」、東北農業試験研究推進会議（平成12年）
- 36) 佐藤 喬、新毛 晴夫、「日本土壌肥料学会東北支部会平成12年度岩手大会、高生産性リンドウ生産基盤の土壌理科学生に関する研究(第2報)、～生育に対する石灰資材施用効果～」、日本土壌肥料学会東北支部会（平成12年）
- 37) 長村 智司、「鉢花の培養土と養水管理」、農文協（平成7年）
- 38) 嶋田永生、「園芸用育苗培地利用の手引き、園芸用育苗培地とその特性」、日本施設園芸協会（平成7年）
- 39) 日本施設園芸協会編、「園芸用育苗資材・装置利用の手引き」、日本施設園芸協会（平成7年）