

# そ菜施肥の要点

北海道立上川農業試験場

南 松 雄

そ菜の栽培様式は露地栽培と施設栽培とに二大別されるが、その種類、作型が極めて多岐にわたるため、水稲や畑作物に比べ高度な栽培技術を要し、その施肥法も極めて複雑である。

近年、ハウス栽培、礫耕栽培などそ菜栽培技術の進歩とともに、施肥面においても、堆きゅう肥の不足、化学肥料の進出に伴って有機質肥料主体の肥培から無機質肥料へと変遷するにつれて多肥栽培の傾向が強くなり、そのため、土壌の酸性障害、微量要素の欠乏、塩類集積に伴う生育障害などの問題が表面化し、それに対処する有用な土壌肥料の知見も打ち出されつつあるので、最近の試験研究のデータを中心にして、そ菜施肥の新技術について述べてみる。

## そ菜の養分吸収

一般に、そ菜類は栽培期間の比較的短い多肥作物であり、その施肥法の巧拙は収量の多少、品質の優劣を左右する。

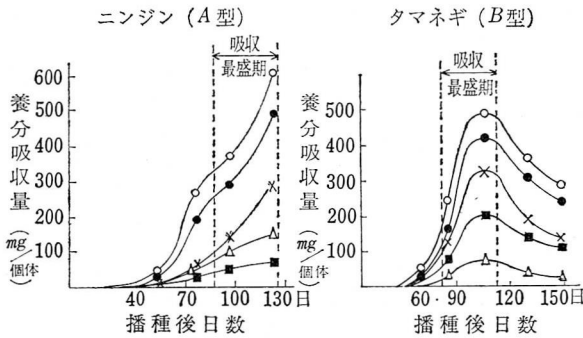
まず、主要そ菜の養分吸収量を一覽表に

第1表 主要そ菜の施肥量及び養分吸収量

区分	種類	収量 (kg/a)	施肥成分量 (kg/a)			養分吸収量 (kg/a)				
			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
果菜類	キュウリ	834	3.8	3.0	3.7	1.98	0.71	3.36	2.30	0.63
		900	3.3	3.0	3.5	2.43	0.63	4.59	1.98	0.45
葉菜類	カンサイネギ	475	3.0	1.8	2.5	1.95	0.56	2.34	1.49	0.31
		455	3.3	1.6	2.8	2.36	0.80	2.53	1.26	0.28
根菜類	ニンジン	250	2.1	1.5	2.0	0.94	0.47	1.25	0.43	0.11
		545	2.2	1.4	1.8	1.28	0.50	1.70	0.57	0.11
平均		575				1.71	0.59	2.43	1.24	0.29
小麦		300				0.83	0.34	0.43	0.15	0.15

すると第一表のようになる。そ菜類の養分吸収量は普通作物に比べて各成分ともかなり多く、特に窒素、石灰、加里、苦土の吸収量が著しく高いことが特徴的である。もちろん、この養分吸収量はそ菜の生産量に

第1図 そ菜の養分吸収経過



応じて異なるが、種類別に養分吸収量の多少について比較すると、窒素、磷酸、加里、石灰、苦土などの吸収量が最も多いそ菜は果菜類で、次いで葉菜類であり、吸収量が少ないそ菜はタマネギ、根菜類である。このように、大量要素の窒素、磷酸、加里とならんで石灰及び苦土の吸収が多いことは、当然、そ菜の施肥並びに土壌管理の上で注目しなければならない点である。

つぎに、そ菜の生育時期別の養分吸収経過についてみると、第一図に示すように、ニンジンとタマネギとの間には明らかな差異がみられる。すなわち、ニンジン(A型)は生育初期の養分吸収が緩慢で、地上部の生育量と生体重の増加とともに吸収が旺盛になり、収穫期まで養分吸収が増加するに

対し、タマネギ(B型)では養分吸収最盛期が生育中期(鱗莖発生前期より莖葉倒伏期)にあって、吸収曲線としては山型を示し、収穫の約60日前から三〇〜四〇日間に全吸収量の六〇〜八〇%が吸収され、その後は葉部より鱗莖部に吸収養分が移行し、吸収速度が減少する形をとっている。このように、そ菜の養分吸収の型はそ菜の種類によって異なるが、生育最盛期と養分吸収最盛期とが生育後期にあるのをA型、生育中期にあるものをB型に二大別されており、果菜類(トマト、キュウリ)、根菜類(ニンジン、ダイコン)、結球葉菜類(カンラン、ハクサイ)はA型に、タマネギ、ネギなどの葉菜類はB型に該当する。一般に、A型は栄養生長の吸収型、B型は栄養生長後、体内養分の移動によって結実または貯蔵を行なうものの吸収型と言える。A型は養分的に窒素、加里、石灰、苦土の吸収が多く、B型では磷酸の吸収及びその役割が重要である。

## そ菜の施肥基準の問題

そ菜は必要以上に多肥栽培の傾向があるとともに、他の畑作物に比べて窒素、磷酸、加里はもちろん、石灰、苦土などの塩基吸収量が多く、そ菜の種類によって肥料成分の使用度が異なり、土壌によっても肥料の必要量が異なる。

第二表のタマネギ、ニンジン、ハクサイの三要素試験の結果からも分かるように、タマネギとニンジンでは磷酸の肥効が、ハクサイでは窒素の肥効が特に顕著に認めら

第2表 主要野菜に対する三要素の肥効

種類 項目 区別	タマネギ		ニンジン		ハクサイ	
	取量 (kg/a)	取量比 (%)	取量 (kg/a)	取量比 (%)	取量 (kg/a)	取量比 (%)
無窒素区	502	93	184	91	405	44
無磷酸区	480	89	151	75	757	82
無加里区	537	99	198	98	803	87
三要素区	543	100	202	100	919	100

れ、加里の肥効は各野菜とも比較的小さく、施肥法としては磷酸、窒素に重点をおくべき事が分かる。

また、同一野菜でも、土壌の種類によって天然養分供給量、肥料の利用率、その適量も異なるので、野菜別に普遍的な施肥基準を作成することはなかなか困難である。実際の場面における施肥基準の問題としては、野菜に対してどれほどの肥料要素を施用すべきか、また、如何にして有効に施用するかということである。

現段階で、施肥適量を決定するには栽培地域において実施する適量決定試験による方法と、野菜の養分吸収量から計算する二つの方法とがあるが、いずれも一長一短がある。このように、各野菜別に正確な施肥量を計算する資料はまだ不足であるが、参考までに施肥量計算方法の一例を示した。

第3表 作物、土壌別の施肥倍率（山崎）

成分 作物別 土壌別	N			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			K <sub>2</sub> O		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
砂 土	1.5	1.8	2.0	1.0	1.5	2.0	1.0	1.2	1.5
砂 壤 土	1.2	1.5	1.8	0.5~3.0	0.8~4.0	1.0~6.0	0.5	0.8	1.0
壤 土	1.0	1.2	1.5	0.5~3.0	0.8~4.0	1.0~6.0	0.5	0.8	0.8
植 壤 土	0.8	1.0	1.2	0.5~3.0	0.8~4.0	1.0~6.0	0.5	0.5	0.8

(註) A: 養分吸収力の強い作物 トマト・カンラン  
 B: 養分吸収力の中間の作物 キュウリ、タマネギ・ニンジン  
 C: 養分吸収力の弱い作物 ハクサイ

が第三表である。この表は野菜の種類、土壌条件、肥料の利用率、作物の養分吸収量と吸収力の強弱、地力の供給割合などを検討して作成した施肥倍率であり、これを利用して比較的便利である。

なお、野菜は栽培期間が短く、多肥性の作物であるため、施肥管理とあわせて肥料の効率を高めるような土壌管理が必要である。

事実、土壌水分と磷酸量との関係についてみると、土壌水分が潤沢な条件下では磷酸増施の効果が顕著に認められ、乾燥条件下では石灰、苦土の吸収が抑制される。

また、土壌水分と窒素用量との関係についての試験データによると、土壌水分が多い場合の窒素適量が高く、水分不足の土壌条件下では逆に適量が低く、土壌水分条件により窒素施用量に限界があるものと思われる。

このように、野菜の養分吸収は外的条件（地温、土壌の通気性、水分、土壌反応、肥料濃度など）によって左右されるため、各野菜の施肥基準は養分吸収量を軸として、環境条件を加味しながら立てる必要がある。

そ菜畑における石灰の溶脱

最近、生産地のそ菜に生育障害が発生したり、そ菜畑の生産力の低下が云々されている。これは、そ菜の連作に伴う病虫害の発生や土壌の酸性化、濃度障害、また、これに伴って招来される微量元素欠乏、土壌の理化学性の不良化などが関係している場合が多く、その原因は必ずしも単一ではなく、いろいろの原因が挙げられる。しかし、多くの土壌にもっとも共通的なものは塩基の流亡に伴う土壌の酸性化である。

まず、第一表から分かるように、そ菜が吸収する成分量は普通作物などに比べるとどの成分も多いが、特に目立つことは石灰の吸収量が表類の八倍以上と極めて高いことであり、同時に、そ菜栽培における化学肥料（特に生理的酸性肥料）の連用と多用は土壌酸性化の主要因となっており、そ菜栽培では土壌酸性化の原因の一つに窒素成分がある。

第4表 窒素肥料の連用が跡地土壌に及ぼす影響

種類	PH (H <sub>2</sub> O)	置換性石灰 (mg/乾土100g)
無窒素区	6.50	111
硫安区	4.73	65
石灰窒素区	7.39	138
尿素区	5.22	89
塩安区	4.40	64

(註) 窒素施用量は2.0 kg/a, 3年連用圃場

今仮りに、窒素3 kg/a 施用したそ菜が施肥窒素の中心30% 吸収利用したとすると、土壌に残った窒素によって四 kg/a 相当の石灰が硝酸石灰の形で流亡、溶脱し、表層土壌の酸性化を促進することになる。

これは一例の計算にすぎないが、窒素が多用されると、それだけ石灰の流亡量が多くなる事が十分考えられる。それに加えて、そ菜に吸収されて土壌から略奪される石灰の多いことにも注目しなければならぬ。その結果、土壌の酸性化が進むと、苦土、モリブデンなどの微量元素が欠乏しやすくなる。

また、窒素質肥料の種類によって土壌の酸性化する程度が異なる。第四表は窒素質肥料を三年連用した場合の跡地土壌の状態を示している。石灰窒素区のpHはほとんど中性に近い値を示しているが、尿素区はpH五・二と低下し、更に硫安区と塩安区は四・七、四・四とその低下度は激しくなっており、土壌中の置換性石灰含量も同様の傾向を示している。このように、肥料の種類によっても土壌反応は大きく影響されるものである。

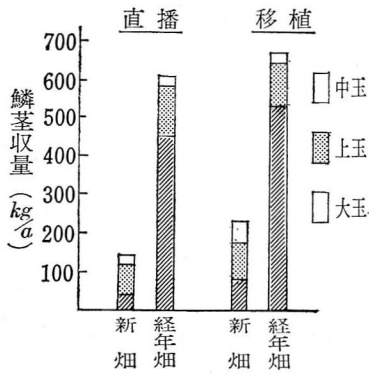
さらに、石灰欠乏の原因としては、土壌の酸性化の他に土壌乾燥に伴う土壌溶液濃度の上昇、あるいはアンモニアや加里の過剰など要素間の不均衡が指摘され、また、トマトの尻腐れ、セルリーの心腐れなどの石灰欠乏の発生は高温によっても促進される。

いずれにしても、そ菜畑では置換性石灰含量が土壌一〇〇%相当たり四〇〇%相当前後必要であると言われている。

### タマネギに対する磷酸の多施効果

多くのそ菜の中で、タマネギは土壤条件からみた適地の幅が狭い作物と言われ、また、磷酸に対する肥効が高いことが認められている。第二図に示したように、新規にタマネギを作付した畑では、連作している経年畑に比べ生育が不良で、収量、品質とも著しく低下し、極端な場合には収穫期になっても倒伏、枯葉せず青立現象を呈し、

第2図 新畑と経年畑のタマネギ収量比較



第5表 磷酸質肥料の多施によるタマネギ畑の改良

年次	初年		2年目(残効)	
	収量(kg/a)	収量比(%)	収量(kg/a)	収量比(%)
慣行区	325	100	294	100
磷酸5kg区	358	110	315	107
10	428	132	338	115
15	449	138	356	121
20	462	142	368	125
25	472	145	367	124

(註) 共通肥料として窒素1.2, 磷酸1.5, 加里1.0kg/a施用

貯蔵タマネギとしての商品性を喪失してしまう場合が多い。

従って、一般的には堆肥、米ヌカ、鶏糞など有機質肥料を多用しながら連作を行い、時間と経費をかけて徐々に熟畑化が図られ、満足な収量を得るために四〜五年以上の年月を要している現状である。

この新畑におけるタマネギの生育及び結球不良性の原因は土壤磷酸の供給力、磷酸吸収の不良性に基因していることが北海道立中央農試の調査によって明らかになり、さらに、洪積土、沖積土、火山灰土など栽培地の土壤条件が異なっても、その低収性の改良対策としては第五表に示したように、タマネギ作付け初年目に磷酸一五〜二〇kg/a程度に相当する過石を全層施用し、土壤中の有効態磷酸濃度を八〇mg/100g以上に高めることにより、初期生育の促進と鱗茎の肥大化が良好になり、収量的にも三〇〜四〇%の高い増収率を示してその効果が顕著に認められ、磷酸質肥料の多施に

よるタマネギ畑の熟畑化の方式が確立されている。

### 施設園芸の生理障害

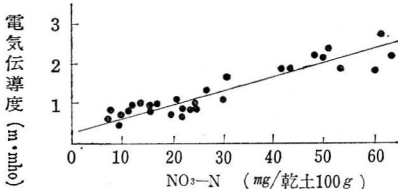
近年、そ菜栽培におけるハウス栽培の比重が可成り高くなり、施設園芸が盛んになるにつれて、各地で塩類濃度障害、ガス障害が問題になってきているので、これらの要因と対策について考えてみる。

#### (1) 塩類集積による害

ハウス内土壌は露地土壌と異なり、降水の影響が全くなく、蒸散の激しい環境であるため、土壌中の肥料の溶脱が極めて少なく、むしろ、表層へ集積する傾向がある。

肥料塩類の集積が作物の生育に及ぼす影響には生理的な萎凋障害と石灰、苦土、硼素などの吸収不調による生理障害とがあり、一般に、土壤溶液の塩類濃度は土壤の水浸出液の電気伝導度ミリムーオ(m.mho/cm)で表示され、この電気伝導度は土壤溶液中に溶けている硝酸、加里、ソーダ、アンモニア、石灰、苦土などの成分量が多いほど高いが、ハウス土壌では、特異なものを除き、第三図に示すように、電気伝導度と硝酸態窒素含量との間に極めて高い関係が認められる。また、ハウス土壌は露地土

第3図 電気伝導度と硝酸態窒素量との関係



壤に比べて、石灰、苦土、加里、硝酸含量が極めて多く、露地土壌の四〜六倍に達し、電気伝導度も五〜一〇倍以上の高い値を示している。

この電気伝導度は土壤の種類により、また、肥料の溶解度や解離度の差によって著しく影響される。すなわち、第六表に示すように、作物が生育障害を起こす電気伝導度値は土壤の種類によって異なり、腐植含量の多い土壌や粘土含量の多い土壌では砂質の土壌よりも限界電気伝導値が高い。高濃度の塩類による障害の程度も作物の種類によって、また、生育の時期により異なる。一般に、そ菜類は普通作物よりも塩類に対する抵抗性は小さく、且つ、そ菜の中ではアスパラガスやホウレンソウなどは比較的抵抗性は大きい。キュウリ、トマトなどは弱く、生育の初期には塩類濃度障害を受け易いため、トマトでは一・五m.mho、キュウリでは一・二m.mhoを限度とし、これ以下で定植するようにした方がよい。

また、各種の単肥を同一成分量施用した場合の土壤溶液濃度への影響を比較すると、第七表のように、肥料の種類及び形態によって土壤溶液の浸透圧は著しく異なり、一般的にみて窒素質肥料が高く、ついで

第6表 作物生育限界点と電気伝導度(m.mho/cm)

項目	生育阻害限界点			枯死限界点		
	キュウ	ニ	トマト	キュウ	ニ	トマト
沖積砂土	0.6		0.8	1.4		1.9
沖積植壊土	1.2		1.5	3.0		3.2
火山灰植壊土	1.5		1.5	3.2		3.5

第7表 肥料の種類と土壤溶液の浸透圧比較

肥料	土壤			
	沖積土壌	三土	層壤	灰壤
硫酸 塩 硝酸 磷 尿	安安	100	100	100
	安安	280	253	228
	安素	124	108	98
	安素	111	69	35
硫酸 過 重 溶	加加	20	38	29
	石石 磷	69	64	56
過 重 溶	17	25	30	7
	12	12	7	7

(註) 硫酸区の浸透圧を100とした場合の浸透圧指数

で、加里肥料、磷酸質肥料の順である。窒素質肥料の中では塩安が高く、尿水は低く、溶解度や解離度の大きい肥料ほど土壤溶液濃度が高い傾向を示している。

従って、ハウス栽培において高い生産を維持するためには、土壤溶液中の塩類濃度を高めぬ施肥法(基肥肥料としては、塩化物を含まない高度化成が安全である)が根本であり、その他に塩類集積による生育障害を防止する対策として、多量灌水あるいは湛水による集積塩類の除去、深耕による土壤の均質化などが効果をあげている。

さらに、ハウス土壤は常に灌水が行なわれる関係上、土壤表面が固結し、可溶性塩類の集積も加わって、土壤の物理性が悪化し易いので土壤管理には十分注意を要する。

(2) ガス障害

一般に、窒素質肥料を施用すると土壤微生物の働きで有機態窒素はアンモニアに、アンモニアは亜硝酸に、亜硝酸は硝酸態窒

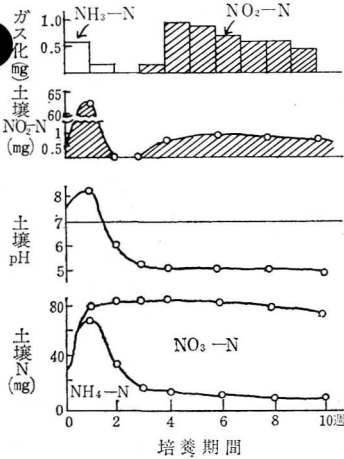
素に変化して作物に吸収されて行く。従来、ガス障害と言えばアンモニアガスによる障害が主体であって、尿素や油粕などの有機質肥料を多量に施した場合に、分解によって生成される炭酸アンモニアの集積のため、局部的に土壤のpHがアルカリ性に傾くために、アンモニアガスが発生して障害を起こすものとされており、尿素などを一・五kg/a以上施用して温度が三〇度以上になるとアンモニアガスによる被害の危険性があると言われている。

ところが、最近、高知農試の調査によって問題になっているのは亜硝酸ガスによる障害である。普通の施肥量では土壤中でアンモニアが硝酸に変化するとき、一時的に亜硝酸はできるが、この亜硝酸はすぐ硝酸に酸化される。しかしながら、多量の窒素肥料(六kg/a以上)の施用と有機物の存在によって土壤が七・五以上になると、アンモニア→亜硝酸→硝酸の過程の中で、微生物の作用によって変化する亜硝酸→硝酸の段階の細菌(硝酸化細菌)が不活発になり、土壤中に亜硝酸が集積するようになり、

土壤のpHが下がって、やがて、亜硝酸のガスが発生し、ハウス内に充満してガス障害を起こす。第四図に、尿素の土壤における変化と亜硝酸イオンの集積及びガス化との関係を示す実験結果を示した。また、土壤から亜硝酸がガス化する条件としては、第五図に示したように、亜硝酸イオンを含まない低pHの土壤で温度の高いつ時にガス化量が多くなると報告している。

第八表のガス障害ハウスの内露滴分析結果よりも分かるように、一般にハウスのビニール内側の露滴の反応を酸性にするがガスは亜硫酸ガスであり、露滴のpHをアルカリ性にするガスはアンモニアガスであり、亜硝酸は空气中に約二〇PPM、アンモニアは約四〇PPMあれば作物に障害

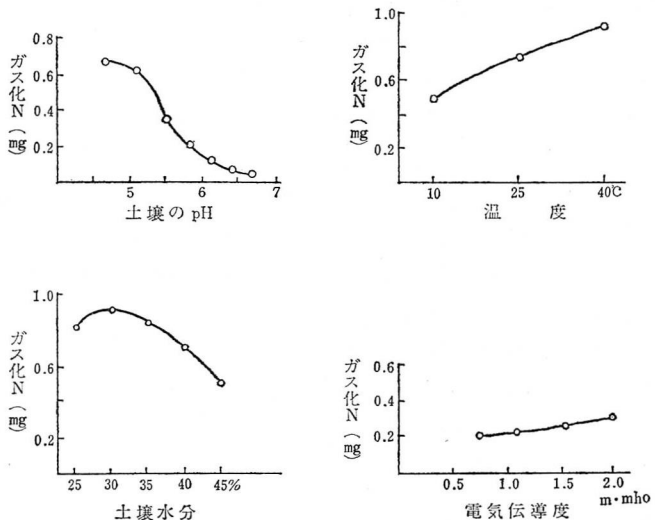
第4図 施用尿素の土壤における変化と窒素のガス化



第8表 ガス障害ハウス中の露滴分析

被害程度	pH	含有N (PPM)	
		NH <sub>3</sub> -N	NO <sub>2</sub> -N
大	3.6	9.3	21.0
中	4.7	5.6	16.0
小	4.9	5.6	10.0
健全	6.8	7.0	5.0

第5図 NO<sub>2</sub> ガス揮散の条件



を起こすと言われている。

このガス障害は塩類集積による濃度障害と同様に、粘土含量が少なく窒素の吸着力の弱い土壤に出易い。ガス障害の対策として、まず第一に多肥栽培を避け、土壤のpHを一時に上昇させるような尿素、石灰の施用量を制限することであり、亜硝酸ガス害の防止法としては硝酸化抑制剤の施用が効果をあげている。しかしながら、ハウス栽培に関する研究の歴史は浅く、作物の生育障害についても現象としてとらえられているに過ぎない問題が多い。