

第V章 野菜の栄養生理的特性と土壌の 肥沃度に対応した施肥と肥培管理法

土壌本来の自然肥沃度と人為的な養分富化によって形成された土壌の肥沃度に対応して、栄養生理的特性に基づき群別した野菜別に、施肥・肥培管理法を確立する。なお、野菜の群別は、前章で論述した①栄養生長型野菜（葉菜）、②結球野菜、③栄養生長・生殖生長同時進行型野菜（果菜）に区分した。

第1節 栄養生長型野菜（葉菜類） に対する施肥と肥培管理

1. 背景及び目的

栄養生長型野菜（葉菜類）は、一般的に在ほ期間が比較的短かく、栄養生長体である葉部を可食する。栄養生長から生殖生長に転換し花芽を着け、抽台・開花すると、その品質価値は著しく低下する。また、葉部を利用するため、葉の退色も商品価値を落す。このような葉菜類の代表としてハウレンソウを取りあげ、その肥培管理法について検討した。

ハウレンソウ畑で代表される軟弱野菜（1981年に1,200ha）は近年、著しい面積拡大をし、各種土壌へ進出、そのため、産地の土壌条件が複雑多岐にわたっている。これら軟弱野菜畑の栽培的特色は、土地高度利用の集約的農業で、年間3～4回のハウレンソウ栽培が同一ほ場で行われ、そのつど肥料・資材が施用されている。

その1作の施肥量はすでに述べた（第9表）が、一例として、札幌市東部農協管内の農家3戸の年間施肥実例を、第48表に示した。比較的少肥のA農家において、年間3作栽培で10a当りN65.4kg, P₂O₅45.3kg, K₂O27.9kg施用しており、多肥のB農家はN121.3kg, P₂O₅70.4kg, K₂O112.4kgの肥料を施用した。一方、C農家は化学肥料は少肥のA農家とほぼ同量であるが、生ケイフン6t/10aを施用し、合計量ではN135.6kg, P₂O₅97.8kg, K₂O66.0kgに達した。

第48表 ハウレンソウ栽培農家の施肥実例

農家別	作期	施肥量 (kg/10a)		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
A 農 家	1	18.8	12.0	8.0
	2	18.8	12.0	8.0
	3	18.8	12.0	8.0
	他*	9.0	9.3	3.9
	計	65.4	45.3	27.9
B 農 家	1	40.8	22.0	39.6
	2	36.2	20.0	34.6
	3	36.2	20.0	34.6
	他*	8.2	8.4	3.6
	計	121.3	70.4	112.4
C 農 家	1	16.0	10.0	10.0
	2	16.0	10.0	10.0
	3	16.0	10.0	10.0
	他*	87.6	67.8	36.0
	計	135.6	97.8	66.0

注) *：生ケイフン、乾燥ケイフン由来の成分量
A農家は、乾燥ケイフン300kg・B農家は270kg・C農家は、生ケイフン6tを10a当り施用
なお、乾燥ケイフンは、N：3.0%、P₂O₅：3.1%、K₂O：1.3%、生ケイフンはN：1.46%、P₂O₅：1.13%、K₂O：0.6%として計算した。

このような多肥・高度肥培管理下において、軟弱野菜畑の養分蓄積は著しく進み、第II章、第1節ですでに述べたように、リン酸、塩基が豊富に蓄積し、取りわけ、好石灰作物とされているハウレンソウに対する塩基資材の施用が慣行化しているため（第10表）、軟弱野菜畑は著しい高塩基状態にある。また、堆厩肥や有機質肥料の施用事例が多く、地力Nの富化及び2作、3作目における土壌中残存N量の増加が認められている。

ところで、ハウレンソウの養分吸収量は2t/10a収量レベルでN8.4, P₂O₅2.1, K₂O11.1, CaO2.1, MgO2.7kgである¹²⁰⁾ことを考えるなら、

ハウレンソウ畑に対する現在の施肥と肥培管理は過度と言わざるを得ない。

このような現在の施肥・肥培管理法を土壌の養分蓄積状態（肥沃度）に対応した施肥・肥培管理法の確立によって合理的に是正するため、以下の試験を行った。

2. N・P肥沃度に対応した施肥量の決定

1) 試験方法

試験地は、札幌市常盤の栽培来歴が異なり、養分蓄積状況に明確な差異が認められた山田氏A、B、Cほ場と、札幌市有明の山口氏ほ場、松本氏ほ場、永光氏ほ場の4カ所、計6試験地である。供試土壌の化学性及びその特徴を第49表に取りまとめた。

前章のハウレンソウに対する有効態P適正領域（夏どりハウレンソウで $\text{Truog-P } 50 \sim 150 \text{ mg P}_2\text{O}_5/100\text{g}$ ）の検討結果をふまえて、① $\text{Truog-P } 50 \text{ mg P}_2\text{O}_5/100\text{g}$ 以下をP低蓄積状態の土壌（低P土壌と略す、以下同様）、② $50 \sim 150 \text{ mg}/100\text{g}$ をP中蓄積状態の土壌（中P土壌）、③ $150 \text{ mg}/100\text{g}$ 以上をP高蓄積状態の土壌（高P土壌）と規定した。一方、熱水抽出性N量で、① $7 \text{ mg}/100\text{g}$ 以下を易分解性N低蓄積状態の土壌（低N土壌）、② $7 \sim 14 \text{ mg}/100\text{g}$ を易分解性N中蓄積状態の土壌（中N土壌）及び、③ $14 \text{ mg}/100\text{g}$ 以上の易分解性N高蓄積状態の土壌（高N土壌）と区分した。その結果、供試土壌は、第49表に示すように6種に分け得た。

第49表 供試土壌の化学性（ハウレンソウ試験地）

ほ場名	pH (H_2O)	EC (ms/cm)	Truog-P ($\text{mg P}_2\text{O}_5/100\text{g}$)	熱水抽出性N ($\text{mg}/100\text{g}$)	CEC ($\text{m.e}/100\text{g}$)	交換性塩基($\text{mg}/100\text{g}$)			塩基飽和度 (%)	N・P肥沃度別 土壌タイプ	土壌の種類
						CaO	MgO	K ₂ O			
1) 山田A	6.9	0.18	46.2	4.1	20.5	639.5	91.8	92.4	143	低P低N土壌	洪積土
2) 山田B	7.3	0.11	87.4	12.6	24.7	735.0	79.8	120.5	133	中P中N土壌	"
3) 山田C	7.1	0.22	291.4	18.2	27.7	855.9	60.8	141.3	132	高P高N土壌	"
4) 山口	7.0	0.18	145.5	3.8	17.0	382.7	30.6	182.3	112	中P低N土壌	沖積土
5) 松本	5.9	0.13	37.6	14.7	16.9	272.6	19.8	85.2	74	低P高N土壌	泥炭土
6) 永光	6.3	0.09	241.5	4.2	12.9	408.3	31.4	89.9	122	高P低N土壌	沖積土

注1) 低P： $\text{Truog-P } 50 \text{ mg}/100\text{g}$ 以下、中P：同 $50 \sim 150 \text{ mg}/100\text{g}$ 、高P：同 $150 \text{ mg}/100\text{g}$ 以上とした。

低N：熱水抽出性N $7 \text{ mg}/100\text{g}$ 以下、中N：同 $7 \sim 14 \text{ mg}/100\text{g}$ 、高N：同 $14 \text{ mg}/100\text{g}$ 以上とした。

2) 洪積土：火山灰表層疑似グライ土で、山田Cほ場は、暗色表層を有する。

沖積土：中粒質褐色低地土

泥炭土：無機質表層泥炭土

試験処理は、①山田ほ場においてはN施肥量4段階（10, 15, 20, 25 $\text{kg N}/10\text{a}$ ）とP施肥量3段階（15, 30, 60 $\text{kg P}_2\text{O}_5/10\text{a}$ ）の組合せ、12処理区と、P施肥量0でN15 kg 施肥区を参考区として併設した。②山口ほ場においては、N施肥量2段階（10, 20 $\text{kg N}/10\text{a}$ ）とP施肥量4段階（0, 15, 30, 60 $\text{kg P}_2\text{O}_5/10\text{a}$ ）の組合せ、8処理区とした。一方、③松本・永光ほ場においては、N施肥量4段階（10, 15, 20, 25 $\text{kg N}/10\text{a}$ ）とP施肥量4段階（0, 10, 25, 50 $\text{kg P}_2\text{O}_5/10\text{a}$ ）の組合せ、計16処理区とした。

なお、各試験地とも15 $\text{kg K}_2\text{O}/10\text{a}$ を共通施肥した。

試験は2カ年にわたって行い、1980年には山田ほ場及び山口ほ場を供試し、夏どり及び秋どり栽培を行った。夏どり栽培は、施肥を6月15日に行い、6月20日に「パイオニア」をは種し、7月23日（は種後43日目）に収穫した。秋どりは8月20日施肥、8月25日に「シンフォニー」をは種し、10月3日（は種後40日目）に収穫した。一方、1981年には、松本・永光ほ場で夏どり栽培を行った。

6月8日に施肥し、6月16日に「サンシャイン」をは種し、7月24日(は種後38日目)に収穫した。なお、試験規模は、山田ほ場は1区2m²、2連制、山口、松本、永光ほ場は1区6m²、2連制とした。

2) 結 果

(1) N・P処理と土壤中の無機態N・有効態P量

各試験地の土壤中Truog-P量は、P増肥に伴い明らかに増加し、処理間差が認められた(第50表)。一方、無機態N量は、ほぼN増肥につれ増

加したが、1980年(山田、山口氏ほ場)の作付期間中には多量に存在し、施肥後やや降雨の多かった1981年(松本、永光氏ほ場)にはその存在量が前年に比べ少なく、処理区間に一部不規則な増減が認められた。しかし、両年とも高N土壌(山田C、松本ほ場)において、施肥量を上回る無機態N量が栽培期間中に認められ、易分解性Nの分解・放出が示唆され、収穫跡地の残存N量も多い傾向にあった(第51表)

第50表 P施肥に伴う土壤中 Truog-P 量の変化

試験地別	P施肥量 (kgP ₂ O ₅ /10a)	pH (H ₂ O)	EC (m s/cm)	Truog-P (mgP ₂ O ₅ /100g)
山A ほ 田場	15	6.92	0.707	46.5
	30	7.12	0.777	60.2
	60	7.04	0.825	65.7
山B ほ 田場	15	6.91	0.766	102.0
	30	7.17	0.778	115.2
	60	7.17	0.837	147.8
山C ほ 田場	15	7.02	0.860	339.6
	30	7.03	0.837	358.0
	60	7.06	0.943	379.7
山 口 ほ 場	0	6.52	0.489	145.5
	15	6.49	0.452	163.2
	30	6.23	0.516	172.9
	60	6.38	0.481	186.8
松 本 ほ 場	0	5.30	0.203	38.8
	10	5.30	0.205	48.8
	25	5.05	0.365	51.5
	50	4.85	0.333	73.0
永 光 ほ 場	0	6.13	0.288	237.5
	10	6.55	0.150	240.0
	25	6.25	0.238	263.4
	50	6.15	0.410	273.1

注1) Truog-P含有量は同一P施肥量区の平均値である。

2) 1作跡地の分析結果である。pH・ECの測定は、山田A・B・Cほ場及び山口ほ場は、施肥後15日目(は種後10日目)、松本、永光ほ場は、施肥後、16日目に行った。

第51表 N施肥に伴う土壤中無機態N量の変化

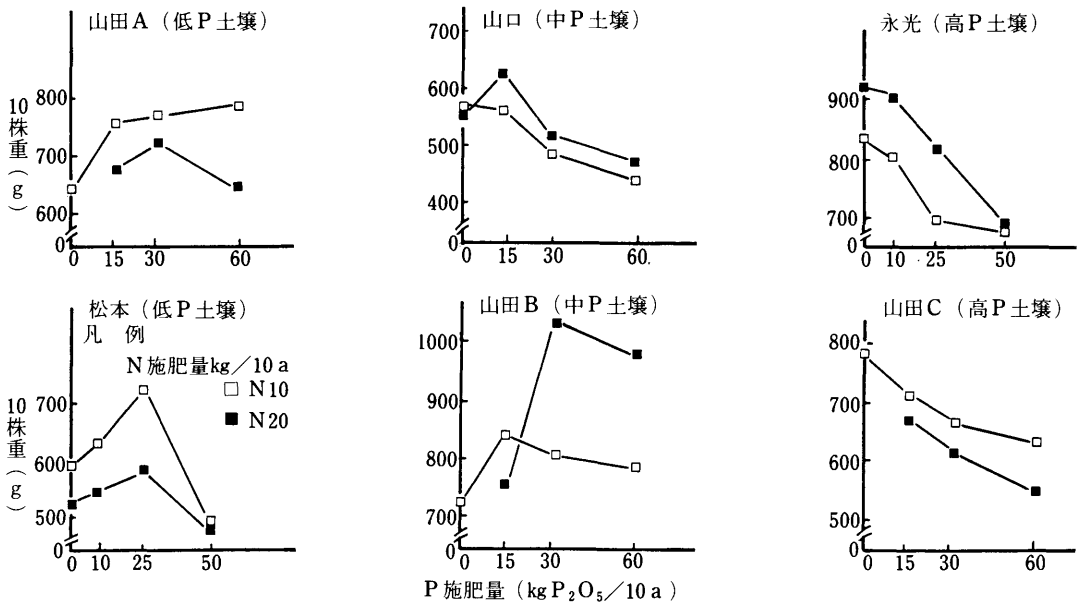
試験別	N施肥量 kg/10a	1作目施肥後 ^{注1)}		無機態N (mg/100g) ^{注3)}	
		pH	EC	1 ^{注1)}	2 ^{注2)}
山田 A ほ 場	10	6.97	0.605	10.42	4.26
	15	7.05	0.724	16.30	4.50
	20	7.04	0.836	20.10	4.50
	25	7.03	0.868	20.15	4.90
山田 B ほ 場	10	7.12	0.653	13.35	5.54
	15	7.04	0.716	16.93	5.03
	20	7.10	0.850	19.85	4.55
	25	7.07	0.955	24.68	4.93
山田 C ほ 場	10	7.06	0.760	20.14	5.52
	15	7.04	0.840	24.98	6.13
	20	7.07	0.927	29.59	7.63
	25	6.98	0.922	35.76	9.26
山ほ 口場	10	6.45	0.454	13.65	4.11
	20	6.36	0.915	19.25	4.05
松 本 ほ 場	10	5.28	0.240	7.65	5.18
	15	5.18	0.263	15.63	17.20
	20	5.08	0.928	34.98	7.58
	25	4.98	0.350	16.35	7.38
永 光 ほ 場	10	6.35	0.205	4.13	2.99
	15	6.43	0.308	8.23	3.15
	20	6.23	0.360	9.80	8.06
	25	6.08	0.513	12.40	4.17

注1) pH・EC測定は、山田A・B・Cほ場及び山口ほ場は、施肥後15日目、松本、永光ほ場は、施肥後16日目である。

2) 1作目、収穫跡地

3) 無機態N量 = NO₃-N + NH₄-N量

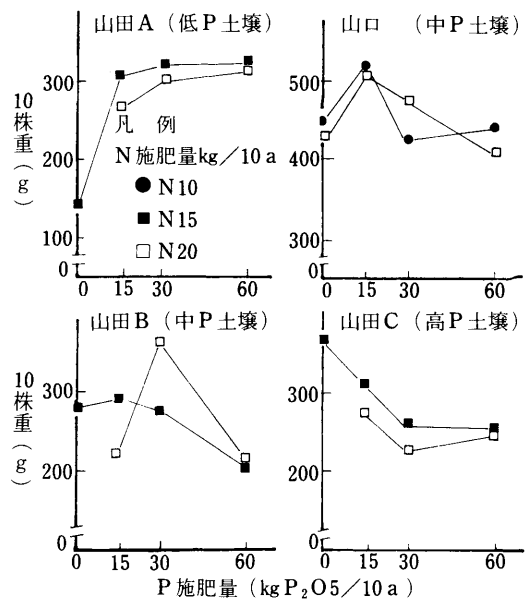
(2) P 肥沃度に対応した P 施肥量



第50図 夏どりホウレンソウのP肥沃度別に見たP施肥適量

夏どり栽培において、P施肥反応を検討したところ、①低P土壌の山田Aほ場と松本ほ場においてはP施肥量25~30kgP₂O₅/10aで安定的に多収を示し、②中P土壌の山田Bと山口ほ場では15~30kgP₂O₅/10a施肥で、③高P土壌の山田Cと永光ほ場においては0kgP₂O₅/10a施肥で、最も収量が多かった(第50図)。

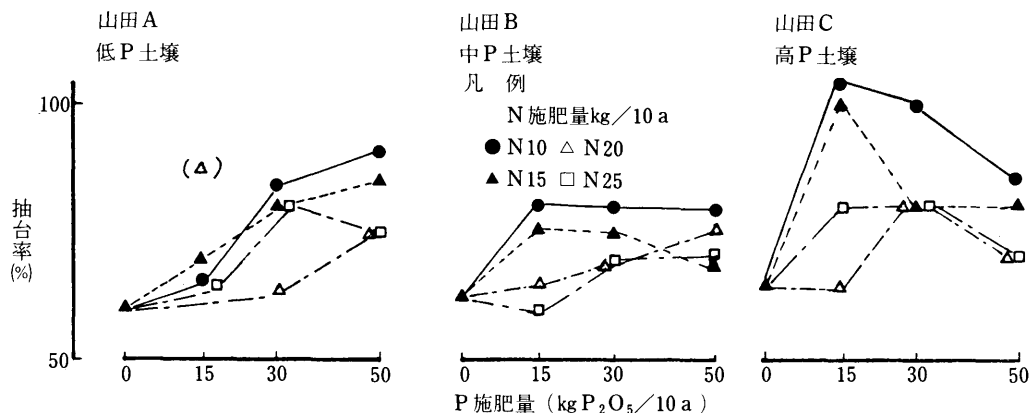
秋どりホウレンソウの場合は、①低P土壌(山田Aほ場)では30kgP₂O₅/10a以上で、②中P土壌(山田Bと山口ほ場)では15~30kgP₂O₅/10aで、③高P土壌(山田Cほ場)では0kgP₂O₅/10aで良好な収量を示し、ほぼ、夏どり栽培の結果と一致した(第51図)。



第51図 秋どりホウレンソウのP肥沃度別に見たP施肥適量

一方、P増肥は低P・中P土壌で抽台率を高めるが、高P土壌では全般的に他土壌に比べ抽台率が高く、あまり判然としなかった。なお、N増肥

により抽台率は低下傾向を示した。この傾向はP肥沃度の高い土壌ほど顕著であった(第52図)。

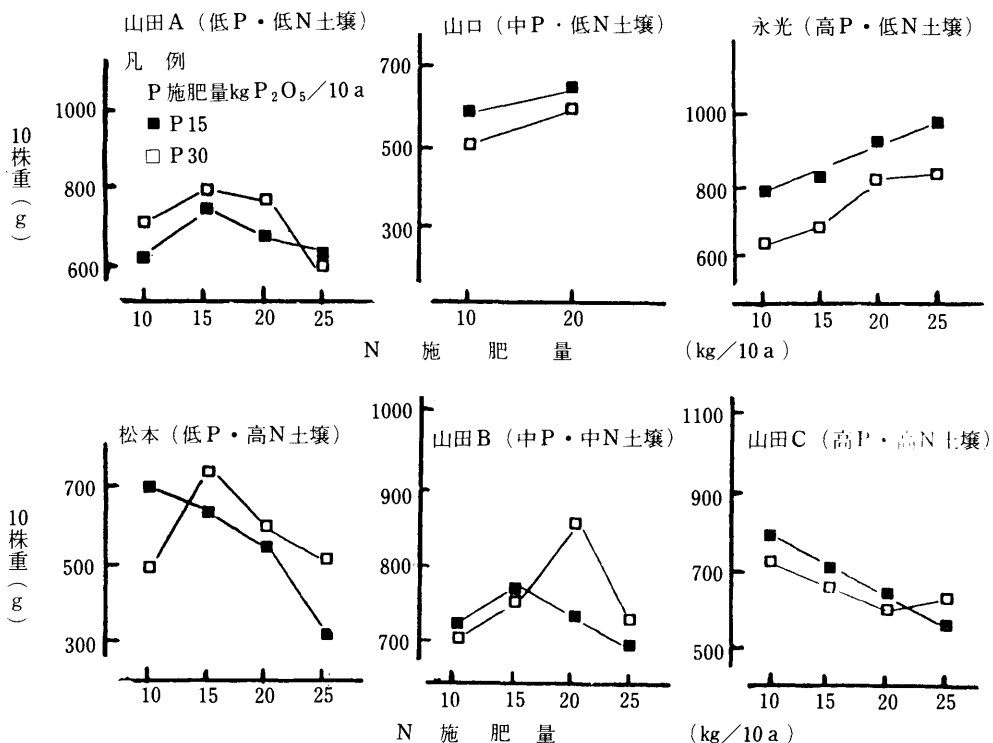


第52図 P肥沃別にみたN・P施肥に伴うホウレンソウの抽台率の変化

(3) N・P肥沃度に対応したN施肥量

夏どりホウレンソウの場合(第53図), 熱水抽出性N量7 mg/100g以下の低N土壌条件下の, ①

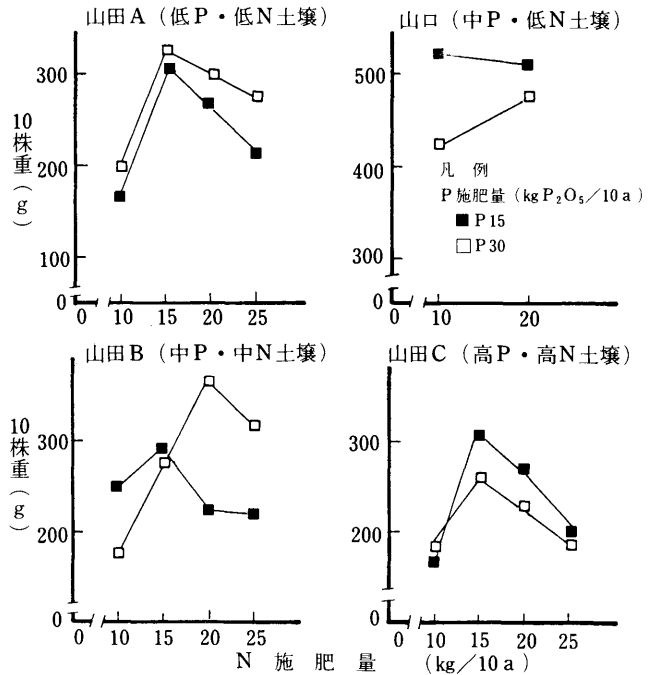
低P低N土壌(山田ほ場)では15kgN/10a施肥が, ②中P・低N土壌(山口ほ場)では10kgより20kg N/10a施肥が, ③高P・低N土壌(永光ほ場)では20



第53図 夏どりホウレンソウのN・P肥沃度別にみたN施肥適量

～25kgN/10aが最も多収を示した。一方、熱水抽出性N量が7～14mg/100gの範囲の中N土壌で、④中P土壌の状態にある山田Bほ場では15～20kgN/10a施肥が、また、熱水抽出性N量が14mg/100g以上の、⑤低P高N土壌（松本ほ場）では10～15kgN/10a施肥が、⑥高P高N土壌（山田Cほ場）では10～15kgN/10a施肥が最も多収を示した。

同様な検討を、秋どりホウレンソウについて行くと、①低P・低N土壌（山田Aほ場）では15kgN/10a、②中P・低N土壌（山口ほ場）では20～10kgN/10a、③中P・中N土壌（山田Bほ場）では20～15kgN/10a、④高P・高N土壌（山田Cほ場）では15kgN/10aが、多収を示した（第54図）。



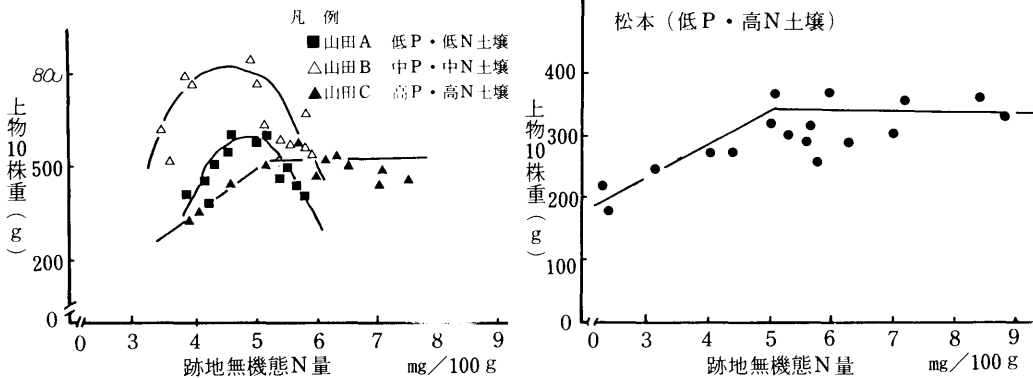
第54図 秋どりホウレンソウのN・P肥沃度別にみたN施肥適量

(4) 無機態N残存量と品質

ホウレンソウに対するN施肥において、留意すべき点は葉色である。株重が大きくても、退色した葉が多いと、それを摘葉しなければならないし、全体的な黄化・退色が著しい場合は上物収量になり得ない。そこで、前述、N・P用量試験地の上物収量と収穫時の残存無機態N量の関係を検討した。

山田3ほ場においては、Bほ場が最も収量レベ

ルが高く、残存N量が4～5mg/100g程度で良好な上物収量が得られた。Aほ場はほぼ同程度の、Cほ場は6mg/100g以上のN残存条件で、上物収量が増加した。また、松本ほ場においても、5mg/100g以上の無機態N残存条件で、上物収量は高まった（第55図）。



第55図 収穫時の残存N量と夏どりホウレンソウの上物収量の関係

3. EC値による残存N量の推定と

N施肥量の適正化

1) 試験方法

1980～1981年にかけて、札幌市真栄、有明、滝野地区のハウレンソウ畑(22カ所)を、①施肥後10日前後(発芽時)、②施肥後20日前後(生育中)、③収穫跡地にわたって、0～20cm部の土壤を採土し、無機態N量(アンモニア態N量+硝酸態N量)とEC値を測定した。その内、中粒質～粗粒質(CEC10～20m・e/100g)の沖積土(12カ所)、42点に限定し取りまとめた。また、前述の山田A. B. Cほ場(洪積土)についても、①施肥後20日目と、②収穫跡地について同様な検討を行った。なお、1982年函館市西桔梗地区(無機質表層泥炭土)のハウレンソウ畑を、①施肥後10日前後及び②収穫跡地の土壤を採取し同様な分析を行った。

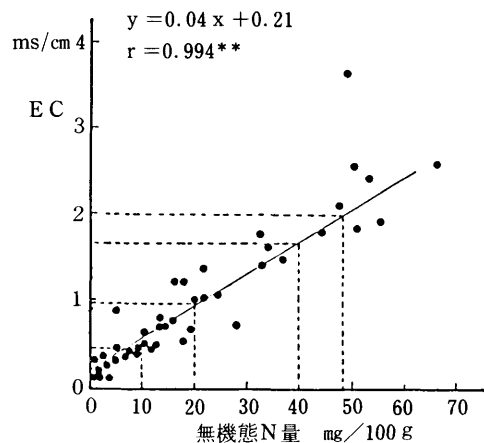
第52表 残存N量の推定に基づくN施肥量の
補正早見表

EC値	推定による 残存N量	N施肥量(kg/10a)			
		10	15	20	25
>1.0	20	0	0	0	5
1.0～0.75	15	0	0	5	10
0.75～0.50	10	0	5	10	15
0.50～0.25	5	5	10	15	20
0.25～0	0	10	15	20	25

一方、山田ほ場(A. B. Cほ場を1つに取りまとめた)においても、無機態N量とEC値の間に正の相関関係が認められて(n=108, r=0.904**, y=34.76x-8.28, y:無機態N量, x:EC値)、また、函館市西桔梗地区のハウレンソウ畑においても同様な結果が得られた(n=32, r=0.960**, y=62.50x-5.94)。しかし、各土壌ごとに、無機態N量とEC値の間に成り立つ、回帰直線は異なり、三者を比較するならば、CECが大きな無機質表層泥炭土の西桔梗地区で無機態N量の増加に対応するEC値の上昇が最も小さく、次いで、洪積土の山田ほ場(CEC20m・e/100g以上)、そしてCECが最も小さかった真栄、有明地

2) 結果

札幌市真栄、有明地区のハウレンソウ畑における土壤中の無機態N量は1～67mg/100gの範囲に分布し、EC値は0.09～3.70m・s/cmの広がりをもっていた。そして、両者の間には第56図に示すように、正の相関関係が認められ、その回帰式より第52表のように、例えば、EC1.0m・s/cm以上で20kgN/10a以上、1.0～0.75m・s/cmの範囲で15kgN/10aというように、無機態Nの残存量を想定した。その結果、2作目以降のN施肥量は、N・P肥沃度に対応した基本施肥量から残存N量を差し引いた値とした。



第56図 有明地区の中・細粒質土壌における
土壌中の無機態N量とEC値の関係
注) y: EC x: NO₃-N
x = 24.37y - 3.44

区の沖積土(CEC10～20m・e/100g)でEC上昇が顕著であった。

4. 塩基資材の施用法

1) 試験方法

前述、札幌市常盤の山田氏A. B. Cほ場において、塩基資材3種(炭カル、硫マグ、硫加資材)と施用量2レベル(CaOは50, 200kg/10a, MgOとK₂Oは25, 50kg/10a施用)の組合せ6処理と無処理区の計7処理に、K7.5kg施肥、K無施肥区を参考区として併設した。なお、資材施用処理は夏どり栽培に対してのみ行い、秋どりは、一律に施肥のみとした。

供試土壌条件, 供試品種, 耕種概要等はすべて, 前述, 2-1) の試験方法と同一である。なお, 標準施肥量は10a当り N15kg, P₂O₅ 15kg, K₂O 15kgとし, 夏どりのK資材施用系列のみ処理との関連で, 結局, K施肥量4レベル(0, 7.5, 15, 50

kgK₂O/10a)とした。

2) 結果

炭カル添加によりCa飽和度は高まり, 塩基飽和度を押し上げた。そして, 1作・2作目を通し収量はCa飽和度75~80% (塩基飽和度100-105

第53表 炭カル施用に伴う土壌のpH、Ca飽和度の変化とホウレンソウの収量

ほ場別	Ca処理	pH		Ca飽和度(%)		塩基飽和度(%)		収量		体内成分含有率(%)1作目		
		1*	2*	1	2	1	2	1	2	CaO	MgO	K ₂ O
山田Aほ場	CaO-0	6.48	6.39	70	72	95	97	100(525)	100(255)	0.86	1.80	14.46
	CaO-50	6.55	6.28	75	74	102	99	98	103	1.00	1.82	13.94
	CaO-200	6.30	6.27	104	95	132	118	93	100	1.28	1.65	15.49
山田Bほ場	CaO-0	7.12	7.00	82	81	102	100	128(670)	126(320)	0.77	1.32	15.15
	CaO-50	7.12	7.20	87	86	102	100	120	122	0.88	1.17	14.98
	CaO-200	7.20	7.30	118	110	136	126	69	105	0.96	1.10	15.15
山田Cほ場	CaO-0	6.80	7.07	85	86	106	104	116(605)	102(260)	0.70	1.65	14.80
	CaO-50	6.47	6.86	100	90	119	107	103	100	0.86	1.34	15.66
	CaO-200	6.40	6.87	108	104	129	123	78	86	0.97	1.08	15.32

注1)*1:1作目(夏どり)、2:2作目(秋どり)

2) ()は、10株重gを示す。

第54表 硫マグ施用に伴う土壌pH、Mg飽和度の変化とホウレンソウの収量

ほ場別	Mg処理	pH		Mg飽和度(%)		塩基飽和度(%)		収量		体内成分含有率(%)1作目		
		1*	2*	1	2	1	2	1	2	MgO	CaO	K ₂ O
山田Aほ場	MgO-0	6.48	6.39	19	17	95	97	100(525)	100(255)	1.80	0.86	14.98
	MgO-25	6.42	6.33	22	20	117	117	90	100	2.10	0.76	14.46
	MgO-50	6.28	6.52	26	24	111	116	55	61	2.37	0.71	13.25
山田Bほ場	MgO-0	7.12	7.00	11	10	102	100	128(670)	126(320)	1.32	0.77	15.15
	MgO-25	7.12	7.20	13	12	133	117	133	139	1.30	0.85	15.32
	MgO-50	7.22	7.28	16	15	139	123	142	144	1.61	1.02	15.29
山田Cほ場	MgO-0	6.80	7.07	9	9	106	104	116(605)	102(260)	1.00	0.86	14.80
	MgO-25	6.52	6.91	13	14	124	117	119	116	1.42	1.01	15.84
	MgO-50	6.42	6.94	17	19	132	122	126	111	1.63	1.00	16.01

注1)*1:1作目(夏どり) 2:2作目(秋どり)

2) ()は、10株重gを示す。

%)で良好となり, それを超えると低下した。なお, 炭カル施用により体内Ca含有率は高まるが, Mg含有率は低下し, 特に, 収量低下の著しいB, Cほ場のCaO200kg施用区で顕著であった(第53表)。

硫マグ施用量の増加に伴い土壌中のMg飽和度は高まり(第54表), 飽和度17~19%を超えると

減収した。一方, 土壌中Mg飽和度の上昇に対応し, 特に, Mg飽和度の高かったAほ場で顕著に体内Mg含有率が高まり, Ca, K含有率がやや低下した。しかし, B, Cほ場においては, Mg含有率の上昇はむしろCa・K含有率を高めた。このことは, Mg飽和度の上昇に伴う生育抑制・収量低下がMgそのものの増加による加能性を示した。

硫加施用量の増加に伴い土壌中K飽和度は高まり、収量は標準15kg施用区より、減肥(7.5kg施肥)区または無施用区で高く、資材添加に伴うK飽和度の上昇は減収をもたらした(第55表)。なお、K減肥による増収効果はK蓄積量の多いほど、

すなわち、C>B>Aほ場の順に明らかであった。ところで、K飽和度の上昇は体内K含有率を高める一方、Ca、Mg含有率を低下させる傾向にあった。

第55表 硫加施用に伴う土壌pH、K飽和度の変化とホウレンソウの収量

ほ場別	K 処 理	pH		K飽和度(%)		塩基飽和度(%)		収 量		体内成分含有率(%) 1作目		
		1	2	1	2	1	2	1	2	K ₂ O	CaO	MgO
山田Aほ場	K ₂ O-0	—	—	—	—	—	—	99	78	—	—	—
	K ₂ O-7.5	—	—	—	—	—	—	102	98	—	—	—
	K ₂ O-15	6.48	6.39	6(56.7)**	7(66.2)**	95	97	100(525)	100(255)	14.46	0.86	1.80
	K ₂ O-25*	6.40	6.13	10	10	98	100	92	106	15.66	0.82	1.91
	K ₂ O-50*	6.25	5.69	14	13	101	104	80	96	15.86	0.68	1.71
山田Bほ場	K ₂ O-0	—	—	—	—	—	—	101	99	—	—	—
	K ₂ O-7.5	—	—	—	—	—	—	104	105	—	—	—
	K ₂ O-15	7.12	7.00	6(81.3)	8(92.9)	102	100	100(670)	100(320)	15.15	0.97	1.42
	K ₂ O-25*	7.22	7.21	10	9	137	116	55	94	15.32	0.85	1.30
	K ₂ O-50*	7.20	7.20	11	11	124	105	45	83	15.94	0.76	1.17
山田Cほ場	K ₂ O-0	—	—	—	—	—	—	108	101	—	—	—
	K ₂ O-7.5	—	—	—	—	—	—	109	106	—	—	—
	K ₂ O-15	6.80	7.07	9(110.4)	9(110.4)	106	104	100(605)	100(260)	14.80	0.96	1.36
	K ₂ O-25*	6.20	6.86	10	11	119	111	84	92	14.12	0.94	1.18
	K ₂ O-50*	6.40	6.85	12	12	118	113	73	52	15.84	0.85	1.08

注 1) 1:1作目(夏どり) 2:2作目(秋どり), ()は、10株重gを示す。

*:夏どりに対してのみ、秋どりは、一律K₂O15kg施肥。

**:()は交換性K₂Oのmg/100gを示す。

第2節 結球野菜に対する施肥

結球野菜タマネギ・ニンニクやハクサイ・キャベツ・レタスなどは結球現象を共通的に示す野菜であり、前者は結球形成を起こす刺激が茎の先端の芽に最も強く働きかける直接的結球とされ、後者は葉の先端が内側に巻きこみ、葉柄が短縮し、葉身下部の肥厚と相まって葉球を形成する間接的結球とされている²⁰²⁾。このような球の形成及びそれに続く球の肥大充実期に対し、それ以前の生育相を栄養生長相と言っている²⁰²⁾。

本節では、結球野菜の代表として、直接的結球を行うタマネギと、間接的結球を行うハクサイを取りあげた。

[A、タマネギに対する施肥法]

1. 背景及び目的

タマネギは北海道を代表する特産野菜の1つであり、その栽培面積は現在8,000haを超え、生産地も従来の石狩、空知、上川の沖積地帯より、その周辺部の洪積土、泥炭土へ進出するとともに、近年、網走地方での面積拡大が著しい。このような栽培面積の急激な拡大と、単位面積当り収量の飛跳的向上を可能とした技術は、P資材多施用による熟畑化技術(肥培管理法)^{28,75,124,126)}であり、その効果は現在も転作畑において顕著に認められている。

一方、前章において指摘したように、タマネギに対する施肥量の増加は近年著しく、しかも、年々の多肥傾向に加えるに、秋に施用されるP・塩

基資材の施用量も多く^{189,190)}、タマネギ畑では、作物栄養上 unnecessaryな吸収や過度の養分残存が生じ、すでに第II章で詳述したように、一般畑作畑、一般野菜畑に比べ養分蓄積傾向、取りわけP蓄積が著しく進んでいる。一方、急激な面積拡大に伴う栽培年数の著しく異なる新・旧畑の併存状況は、タマネギ畑の養分蓄積状態を一層複雑にしている。

このような養分蓄積状況（肥沃度）の著しく異なるタマネギ畑に対して、従来のような一律な施肥・肥培管理法では適切な対応ができない状況にあり、その対応技術が求められている。そこで、タマネギ畑の肥沃度に対応した、適切な施肥法の

確立を図ることを目的に、以下の試験を行った。

2. N・P肥沃度に対応した施肥量の決定

1) 試験方法

(a) 試験は1977,1978年の2カ年、第56表に示す18カ所の試験地において実施した。試験地土壌の化学性は表示する通りであり、供試土壌は、沖積土の褐色低地土と灰色低地土、及び無機質表層泥炭土の3群に大別された（第56表）。

ハウレンソウに比べ在ほ期間が長いタマネギにおいては、熱水抽出性N量の基準値を引き下げ、①5mg/100g以下を低N土壌とし、②5~10mg/100gの範囲を中N土壌、そして③10mg/100g以上

第56表 タマネギに対するP用量試験を行った試験地の土壌化学性

試験地	pH (H ₂ O)	CEC (m-e/100g)	交換性塩基 (mg/100g)			塩基飽和度 (%)	Truog-P量 (mgP ₂ O ₅ /100g)	熱水抽出性N (mg/100g)	土壌肥沃度 タイプ	土壌名	栽培歴別
			CaO	MgO	K ₂ O						
①札幌・岩田*	6.58	25.7	613.6	78.8	80.0	107.2	142.2	4.47	高P低N	褐色低地土	熟畑
②札幌・万所	5.91	285	584.4	42.6	65.4	85.6	49.9	19.14	低P高N	無機質表層泥炭土	新畑
③札幌・五十嵐*	6.50	40.1	986.4	54.9	77.3	98.8	194.5	19.42	高P高N	"	熟畑
④南幌・北野新畑	7.21	12.3	201.4	108.2	20.4	105.9	78.1	2.04	低P低N	褐色低地土	新畑
⑤南幌・北野熟畑	7.15	13.9	372.5	91.9	58.5	137.8	112.6	2.87	中P低N	"	熟畑
⑥長沼・下村	6.40	13.5	323.5	103.0	17.8	70.0	27.7	2.81	低P低N	"	新畑
⑦農試・Hpほ場	5.92	14.3	265.1	117.3	21.6	106.8	106.2	2.73	中P低N	"	熟畑
⑧農試・Lpほ場	6.28	15.2	248.3	121.9	20.5	101.4	72.7	2.99	低P低N	"	新畑
⑨栗山・久保	7.12	22.8	349.7	160.4	83.6	97.8	113.4	3.69	中P低N	"	熟畑
⑩栗山・富沢	6.60	13.7	295.7	69.9	28.1	107.0	43.2	2.24	低P低N	"	新畑
⑪岩見沢・景安	5.88	23.9	428.9	39.3	41.0	76.0	110.0	11.20	中P高N	無機質表層泥炭土	熟畑
⑫岩見沢・中山	6.30	24.6	383.7	66.8	24.6	73.7	31.3	11.47	低P高N	"	新畑
⑬砂川・上杉*	5.80	30.8	502.1	81.9	84.9	77.4	170.6	8.22	高P中N	灰色低地土	熟畑
⑭長沼・大塚	6.49	15.7	314.7	127.2	52.0	119.1	140.9	3.90	高P低N	褐色低地土	"
⑮長沼・渡辺	5.94	15.2	425.5	102.7	61.0	142.3	105.1	4.34	中P低N	"	"
⑯札幌・氏家**	5.63	25.3	546.0	59.5	115.3	103.6	113.4	6.32	中P中N	灰色低地土	"
⑰札幌・坪野**	5.91	29.0	576.5	86.7	112.2	118.3	158.3	5.12	高P中N	"	"
⑱由仁・鳩**	6.68	18.2	308.6	106.7	76.2	98.7	151.0	4.95	高P低N	褐色低地土	"

注) 熟畑：タマネギ栽培年数5年以上 新畑：タマネギ栽培年数5年以下

*：1977年のみ試験を行う。 **：1978年のみ

を高N土壌とした。その結果、沖積土の内、褐色低地土は、ほぼ低N土壌に、灰色低地土は中N土壌に、無機質表層泥炭土は高N土壌に含まれた。

一方、前章で述べたタマネギに対するP適正領

域 (Truog-P 80~130mgP₂O₅/100g) を前提に、①Truog-P 80mgP₂O₅/100g以下の領域の土壌を低P土壌、②Truog-P 80~130mgP₂O₅/100g領域を中P土壌、そして③Truog-P 130mg

$P_2O_5/100g$ 以上の領域を高P土壌と区分した。

試験処理はP施肥量4段階(0, 10, 25, 50kg $P_2O_5/10a$)とN施肥量2段階(15, 25kgN/10a)の組合せ8処理で、農家慣行を参考区とした。Kは各区20kg $K_2O/10a$ を共通施肥した。試験規模は1区20 m^2 , 2連制である。その他の栽培法は農家慣行に準じ、定植は5月6日~12日の間に、各試験地とも終了した。なお、以下の試験とも供試品種は「札幌黄」である。

(b) 1975年、道央10カ所の現地農家ほ場並びに道立中央農試ほ場の、計11カ所において、N施肥量4段階(10, 15, 20, 25kgN/10a)の用量試験を行

った。供試土壌の種類とその一般化学性は第57表に示す通りである。また、熱水抽出性N量とTruog-P量による肥沃度区分を適応し、土壌肥沃度タイプとして併記した。なお、熱水抽出性Nは、1978~1979年に各試験地の同一ほ場から再採取して、分析、測定した。

施肥は化成肥料(苦土入複合硫加磷安S121, S502, S662など)を利用し、10a当り P_2O_5 40kg, K_2O 20kgを共通施肥することを一応の目標に、設定したN用量に合わせて行った。そのため、実際のP施肥量は35~42kg $P_2O_5/10a$, K施肥量は17~22kg $K_2O/10a$ となった。試験規模は1区20

第57表 タマネギに対するN用量試験を行った試験地の土壌化学性

試験地	pH (H_2O)	CEC (me/100g)	交換性塩基 (mg/100g)			塩基飽和度 (%)	Truog-P量 ($mgP_2O_5/100g$)	熱水抽出性N (mg/100g)	土壌肥沃度 タイプ	土壌名
			CaO	MgO	K_2O					
①中富良野・吉井	5.09	19.6	214.0	53.2	70.2	60.2	76.0	13.7	低P高N	暗色表層褐色森林土
②岩見沢・幌向	5.82	26.8	601.2	16.0	32.8	85.7	136.5	21.0	高P高N	無機質表層泥炭土
③岩見沢・西川	5.55	17.0	365.6	26.1	50.4	90.8	140.2	10.0	高P高N	"
④長沼・農試	6.42	18.6	272.5	131.2	29.0	90.9	60.2	2.9	低P低N	褐色低地土
⑤砂川	6.59	15.2	344.3	89.5	35.2	115.3	62.4	3.4	低P低N	"
⑥滝川	6.49	16.0	318.5	96.0	62.2	109.4	160.0	4.1	高P低N	"
⑦栗山	6.98	23.7	422.8	58.9	48.0	80.5	148.5	4.4	高P低N	湿性未熟火山性土
⑧富良野・上五区	6.85	13.1	280.4	57.3	36.4	104.2	88.2	3.9	中P低N	褐色低地土
⑨中富良野・本幸	5.70	18.0	232.3	22.3	47.8	57.9	118.4	4.5	中P低N	褐色森林土
⑩札幌・篠路	6.38	24.8	598.9	71.8	93.0	108.7	188.6	6.9	高P中N	褐色低地土
⑪札幌・丘珠	5.30	30.4	428.5	54.8	78.4	64.8	160.7	5.8	高P中N	"

m^2 , 2連制で、その他の栽培管理は農家慣行に準じた。なお、定植は5月5日~18日の間に、各試験地とも終了した。

(c) 1976年、道立中央農試ほ場に充填したN・P肥沃度の異なる4種の土壌(低P高N, 高P高N, 低P低N, 高P低N土壌)を供試し、N施肥量2段階(10, 25kgN/10a)とP施肥量3段階(0, 25, 50kg $P_2O_5/10a$)の組合せ6処理、計24処理区を設定した。一方、Kは20kg $K_2O/10a$ を共通施肥し、試験規模は1区1 m^2 , 2連制である。5月10日に定植し、9月8日収穫した。なお、土壌水分条件を一定にするためpF2.2を目標にかん水を行った。

2) 結 果

(1) P肥沃度に対応したP施肥量

(a)試験より、タマネギに対するP適正領域を前提にP蓄積量から土壌を、前述と同様に、低P, 中P, 高Pに3区分し、P施肥適量を検討した(第57図)。

1977年の結果は、低N・高N土壌ともP施肥適量は、①低P土壌では50kg $P_2O_5/10a$ であり、②中P土壌では10~25kg, ③高P土壌では10kg以下であった。なお、1978年の結果も1977年の結果とほぼ一致した。

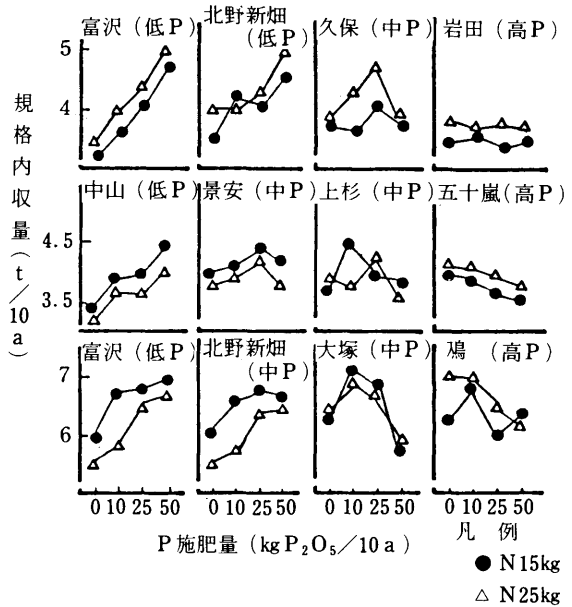
次に、Truog-P量と腐敗球(主として乾腐病による)の関係を検討したところ(第58図右)、土壌の種類に関係なくP蓄積の進行が腐敗球の多

発をうながす傾向が認められ、収穫球数の減少を通じ、収量低下につながった。

さらに、球肥大の良否を規格内球数に占めるL玉（直径7.0cm以上）の割合（L球率）で表現し、P蓄積との関係を取りまとめた（第58図左）。①N肥沃度の低い低N土壌の褐色低地土では $\text{Truog-P } 80\text{mgP}_2\text{O}_5/100\text{g}$ 程度まで、②中・高N土壌の灰色低地土、無機質表層泥炭土では $\text{Truog-P } 140\text{mgP}_2\text{O}_5/100\text{g}$ 程度まで、蓄積P量の増加は球肥大を促進し、それを超えると球肥大を抑制した。

(2) N・P肥沃度に対応したN施肥量

(b)試験より、各試験地の代表として、①低P高N、②高P高N、③低P低N、④高P低Nの4肥沃度タイプの試験地を取りあげた。高N土壌（①、②群）の試験地における無機態N含量は、低N土壌（③、④群）の試験地より、常に多く存

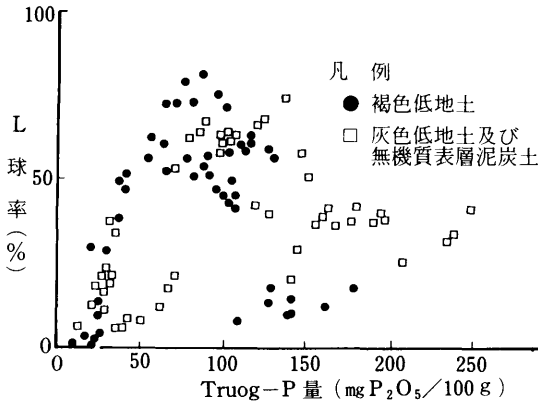


第57図 タマネギのP肥沃度別にみたP施肥適量
注) 図中 () 内は領域を示す。

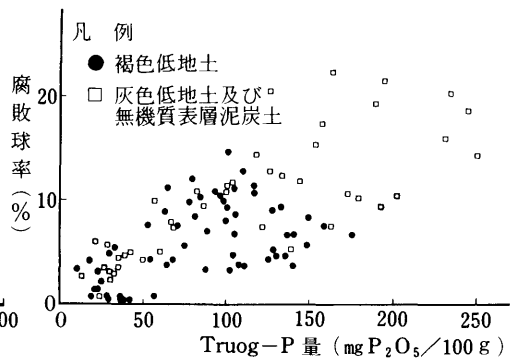
上段：1977年の低N土壌の試験結果

中段：1977年の高N土壌の試験結果

下段：1978年の低N土壌の試験結果



第58図 土壌中の Truog-P 量とタマネギの腐敗球率及び球肥大の関係 (1977年)



在した（第58表）。なお、実際の土壌中無機態N存在量から見る限り、高N土壌の10kgN/10a施肥が低N土壌の20kgN/10a施肥以上に相当した。

さて、代表として取り上げた4種の土壌肥沃度タイプ別に、タマネギのN施肥反応を検討すると（第59図）、①低P高N土壌ではN増肥に伴い収量が著しく低下し、②P蓄積が進んだ高P高N土壌ではN増肥に伴う収量低下が緩和され、N施肥が蓄積P量の影響を受けていた。一方、③低P低

N土壌ではN施肥増につれ一定レベルまで増収し、それを超えると減収した。それに対し、④P肥沃度が高まった高P低N土壌では、N増肥に伴い収量は漸増した。

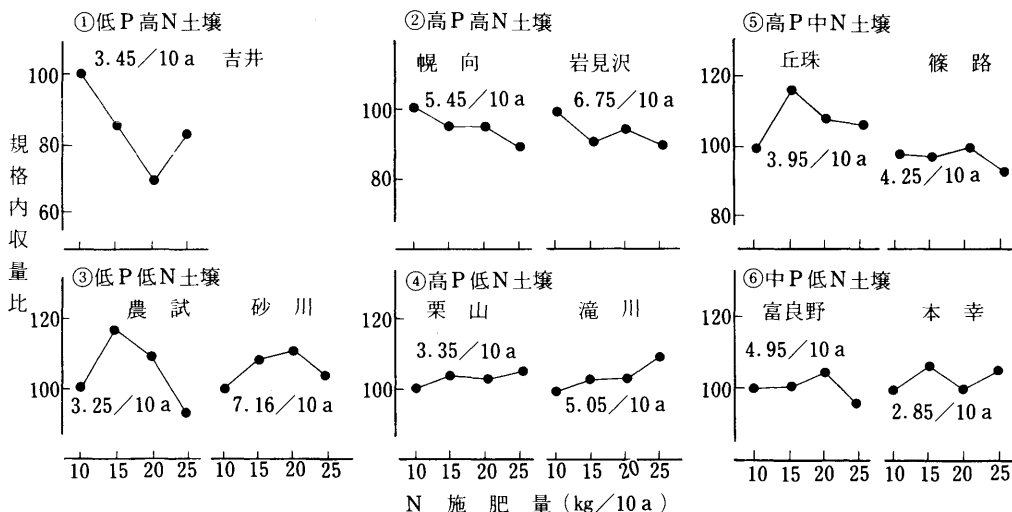
(3) N・P肥沃度とN施肥反応

(c)試験より、高N土壌は低N土壌に比べ、熱水抽出性N量が明らかに多く、かつ、栽培期間中の無機態N量も常に多く推移し（第59表）、高N土壌における10kgN/10a施肥区の無機態N量は、低

第58表 土壤肥沃度タイプ別試験地の無機態N量とTruog-P量

群 別	施肥量 採取時期 試験地名	土壤中無機態N mg/100 g				施肥前 Truog-P (mgP ₂ O ₅ /100 g)
		N 10kg/10 a		N 20kg/10 a		
		6 月	7 月	6 月	7 月	
1 群	吉井	8.06	5.21	17.32	12.44	76
2 群	幌向 岩見沢	26.25	15.67	40.10	34.02	136
		7.26	4.16	12.19	9.01	140
3 群	砂川 農試	2.68	0.91	5.66	3.98	62
		4.81	1.23	7.66	4.23	60
4 群	栗山 滝川	4.63	3.24	9.18	5.77	148
		3.40	2.77	7.44	5.82	160

注) 1群: 低P高N土壤 2群: 高P高N土壤 3群: 低P低N土壤 4群: 高P低N土壤



第59図 N・P肥沃度の異なる試験地におけるタマネギに対するN施肥適量

注) N10kg区の収量を100とした規格内(径4.5cm以上の正常球)収量比で示した。

なお、図中の数値はN10kg区の実測収量である。

N土壤の25kgN/10a施肥区相当量以上存在した。また、高P土壤と低P土壤間のTruog-P量は明らかな差異が認められ、目的とするN・P肥沃度タイプにほぼ合致した。

収量調査結果を、10kgN/10a施肥系列と25kgN/10a施肥系列別に平均値として取りまとめた(第60図)。N・P肥沃度タイプ別に検討すると、①低P・高N土壤ではN増肥で著しい収量低下が認められ、その要因は腐敗球の増加と平均一球重の低下(球肥大の不良)であった。この結果は、前述、(b)試験の結果とよく一致し、N・P肥沃度タ

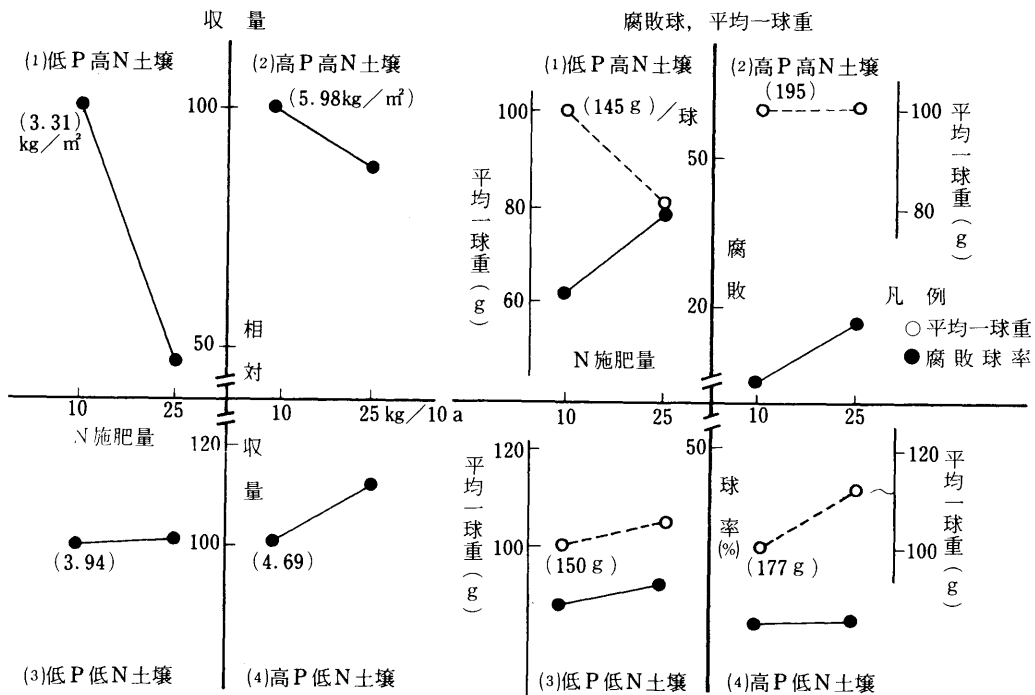
イプが同じ吉井試験地においても、N施肥増によって球肥大が抑制され(L球率、10kgN/10a施肥: 83.0%, 25kgN/10a施肥: 67.8%), 腐敗・欠株率が上昇(10kgN/10a: 21.1%, 25kgN/10a: 25.7%)した。それが②P肥沃度の高まった高P・高N土壤では、N増肥による収量低下が緩和され、現地N用量試験の結果と一致した。

一方、③低P・低N土壤においては、10kgN/10a施肥系列と20kgN/10a施肥系列間に差異が認められなかった。これはN施肥適量が現地試験で示されたように、15~20kgN/10aであるためと考えた。

ところで、④P肥沃度が高まった高P・低N土壌 においても、N増肥により、腐敗・欠株率が高ま ることもなく、球肥大が良好となり、増収した。 低P・低N土壌を除く各土壌のN施肥反応は、

第59表 土壌肥沃度タイプ別無機態N・Truog-P量の推移

土 壌 肥 沃 度 タ イ プ	N施肥量 kg/10 a	無機態N量 (NH ₄ +NO ₃ -N) (mg/100 g)			Truog-P量 (mgP ₂ O ₅ /100)		熱水抽出性N (mg/100 g)	
		6月13日	7月11日	8月11日	施肥前	跡地	施肥前	跡地
		①低P高N土壌	N 10	19.58	10.11	4.52	76.0	85.0
	N 25	21.86	15.33	6.07	75.6	70.1	12.5	9.5
②高P高N土壌	N 10	23.70	17.42	3.74	131.5	127.8	18.0	13.0
	N 25	32.64	22.95	8.01	141.7	131.8	16.1	11.1
③低P低N土壌	N 10	6.71	3.46	0.80	72.9	80.4	4.1	3.8
	N 25	14.46	9.65	1.49	78.5	74.8	3.5	2.8
④高P低N土壌	N 10	7.35	4.70	1.25	140.4	128.1	4.4	4.2
	N 25	16.01	9.89	1.23	130.5	134.1	3.9	4.2



第60図 タマネギにおけるN・P肥沃度別にみたN施肥反応の違い

注) 図中、() 内は、N10kg/10a施肥区の収量平均一球重、腐敗球率である。

P施肥量に関係なく、同一の施肥反応を示した。しかし、低P・低N土壌では、P増肥を伴わないN施肥増は平均1球重を減少させ、減収となった。逆に、P増肥を伴うN施肥増は、腐敗・欠株率を

高めるが、平均1球重を増加させ、収量を向上させた(第60表)。また、同一N施肥条件でP施肥反応を検討すると、10kgN/10a施肥系列ではP施肥増に伴い減収し、25kgN/10a施肥条件ではP増

肥につれ増収した。

生育過程から、この現象を検討すると、10kg N/10a施肥条件でのP増肥は初期生育量（6月13日のG. I）を増加させるが、その後の球肥大始の生育量（7月11日のG. I）はむしろ低下させ、N

増肥を伴ってはじめて、生育に対するP増肥効果が認められた。

3. タマネギに対するN分・追肥法

1) 試験方法

1977年～1979年の3カ年、道立中央農試ほ場に

第60表 低P・低N土壤におけるN・P施肥の相互関係（タマネギ）

N施肥量kgN/10a P施肥量kgP ₂ O ₅ /10a	収量kg/m ²		平均1球重g		腐敗・欠株率(%)		6月13日G. I		7月11日G. I	
	N10	N25	N10	N25	N10	N25	N10	N25	N10	N25
P 0	4.21	3.64	165	145	21.2	21.2	129	111	426	451
P 25	3.86	4.06	142	159	13.6	21.2	141	112	385	500
P 50	3.75	4.14	144	170	18.2	25.6	131	146	369	507

において、タマネギに対するN分・追肥の試験を行った。各年の処理は、第61表に併記したとおりである。1977年及び1978年の定植は5月11日、収穫は9月9日で、1979年の定植は5月14日、収穫は9月19日である。

P・K施肥は各年、各区共通40kgP₂O₅/10a及び20kgK₂O/10aとした。試験規模は1区12m²、2連制で、栽植密度は33,000株/10aである。供試土壤は沖積土で、CEC20.0m・e/100gで、Truog-P量67mgP₂O₅/100g、熱水抽出性N量3.3mg/100gの低P・低N土壤である。

2) 結果

1977年の分施肥効果を検討したところ（第61表）、低P・低N土壤（適正施肥量15～20kgN/10a）の農試ほ場においては、基肥20kgN施肥区が最も多収となり、適量内のN分は、平均1球重の低下のため減収した。1978年も同様に、分施肥は効果なく、6月15日以降の追肥としてみても、基肥20kg区に勝る区はなかった。しかし、1979年の早期施肥（6月1日）について検討すると、分施肥は対応する基肥全量区より、平均1球重が増加し、増収した。また、追肥としても対応する全量基肥区より勝り、早期施肥は、一応、N分・追肥効果が認められた。〔B、ハクサイに対する施肥法〕

1. 背景及び目的

北海道におけるハクサイやキャベツ（結球野菜）、ニンジンやダイコン（根菜）に対する施肥量は比較的少なく、粗放な肥培管理下にある。そのため、これらの結球野菜や根菜が主に栽培され

第61表 タマネギに対する分・追肥効果

年次	N施肥法 基肥量+追肥量 (kgN/10a)	規格内収量		規格外小球
		重量kg/10a	平均1球重g	
1977	①N0	0.66	74	16,300
	②N10	2.03	112	2,600
	③N5+5	1.93	113	3,300
	④N20	2.37	128	1,900
	⑤N5+5×3回	1.79	104	4,200
1978	①N0	0.95	86	10,260
	②N10	2.40	133	3,420
	③N10+5	2.15	127	2,340
	④N15	2.76	152	1,980
	⑤N15+5	2.12	136	3,060
	⑥N20	3.05	159	1,800
	⑦N10+5×2回	2.38	143	2,790
1979	①N10	4.44	185	1,584
	②N10+5	4.94	217	1,224
	③N15	4.61	197	1,440
	④N15+5	4.83	199	1,080
	⑤N20	4.85	198	1,368

注1) 1977年：追肥時期 6月15日及び、3回追肥はさらに6月29日、7月13日に行う。

1978年：追肥時期 6月15日及び、2回追肥はさらに6月1日に行う。

1979年：追肥時期 6月1日に行う。

2) 分施肥・追肥については、例えば、1979年の処理区③N15に対して、②N10+5を、⑤N20に対して、④N15+5を施肥、①N10に対して、②N10+5を、③N15に対して、④N15+5を追肥と考えた。

ている一般野菜畑は養分蓄積量が少なく、特に、交換性Mg、K量が不足し、欠乏症発現の恐れがあった⁵⁶⁾。例えば、道央地区の火山性土に広がる

ハクサイ畑（ハクサイ作付中の一般野菜畑，調査点数113戸）の内，Mg欠乏症発現の可能性が高い交換性MgO10mg/100g以下のほ場は8%程度，欠乏症の発生の恐れがある20mg/100g以下のほ場を含めると，全体の35%にも達した。また，交換性K₂O20mg/100g以下のほ場は全体の40%を超え，泥炭土壌（調査点数66戸）においても8%程度ほ場でK欠乏症発現の恐れが認められた⁵⁶⁾。

すなわち，ハクサイが主に栽培されている一般野菜畑の養分蓄積程度はタマネギ畑や軟弱野菜畑に比べて低く，特に塩基含量が不足傾向にあった。このような養分低蓄積状態にある一般野菜畑の代表的野菜としてハクサイを取り上げ，その施肥について検討した。

2. 試験方法

試験地及び供試土壌の化学性を第62表に示した。9試験地の内，沖積土は3試験地，5ほ場，火山性土は4試験地，泥炭土は2試験地である。

一方，前節のタマネギと同様に，熱水抽出性N量5mg及び10mg/100gで肥沃度を区分し，各試験地をみると，沖積土の3試験地，5ほ場はすべて褐色低地土中粒質であるが，三笠試験地のみ熱水抽出性N量がやや多く，比較的N地力が高い中N土壌であり，残りの試験地は低N土壌であった。泥炭土壌の試験地は熱水抽出性N量が多く，取りわけ，無機表層を持たない札幌市実験農場の土壌は顕著であり，高N土壌であった。

それに対して，火山性土の試験地はすべて中N土壌に属し，その土性は，札幌試験地はローム質（褐色火山性土）で，他は粗粒質であった。なお，千歳試験地は供試2年前まで草地で，一部未分解のルートマットが認められた。また，伊達の2試験地は無機態N5～6mg/100g(NH₄-Nとして2～3mg/100g)が残存し，前作の影響が認められ，熱水抽出性N量が高められている可能性があった。一方，塩基量をみると，千歳試験地では交換性Kが，伊達の両試験地で交換性Mgが不足傾

第62表 ハクサイ栽培試験地の土壌化学性（1981年）

土壌	試験地名	pH (H ₂ O)	交換性塩基(mg/100g)			CEC ($\frac{m\cdot e}{100g}$)	塩基飽和度 (%)	Truog-P ($\frac{mg\ P_2O_5}{100g}$)	熱水抽出性N (mg/100g)	磷酸吸収係数
			K ₂ O	CaO	MgO					
火山性土	伊達・稀府	5.1	39.7	106.0	19.1	17.5	32	54.8	5.0	860
	伊達・館山	5.4	34.3	103.4	15.1	10.2	51	71.5	6.3	650
	千歳	5.7	14.4	290.3	31.0	14.1	87	33.2	5.7	610
	札幌	6.3	79.7	288.3	29.5	25.5	53	33.2	6.6	1,730
沖積土	中央農試H-P	5.9	21.6	265.3	117.3	14.5	109	97.5	4.2	830
	中央農試M-P	6.3	20.5	248.3	121.9	15.2	101	65.1	4.7	970
	中央農試L-P	6.4	21.0	251.6	120.0	15.1	102	40.3	4.5	900
	由仁	7.1	64.8	314.4	111.0	16.8	108	226.3	4.8	930
	三笠	6.6	68.8	351.7	57.3	19.3	88	138.6	7.5	730
泥炭土	北村	6.0	28.4	359.2	83.8	27.8	63	31.5	8.4	1,350
	札幌・実験農場	5.4	35.3	508.0	46.3	30.7	69	29.4	20.7	1,430

向にあった。

処理は，中央農試ほ場（低Pほ場）及び札幌市実験農場においてはP施肥量2段階（15, 30kgP₂O₅/10a施肥）と，N施肥法10種類（①基肥10，②基肥10+追肥5，③基肥15，④基肥15+追肥5，⑤基肥15+追肥10，⑥基肥20，⑦基肥20+追肥5，⑧基肥20+追肥10，⑨基肥25，⑩基肥25+

追肥5kg/10a)の組合せ，30処理区と，P₂O₅50kg施肥で①N10及び②25kg/10a施肥の2区を参考区として併設し，基肥及び追肥の適量を検討した。

一方，農試中P・高Pほ場においては，P施肥量15kgP₂O₅/10a施用で，基肥Nを①10，②15，③20，④25kg/10a施用の4段階，P施肥量30kgP₂O₅/10aで，基肥Nを⑤10，⑥25kg/10a施用の

2段階、計6処理区を設定した。

他の試験地は、P施肥量4段階(0, 15, 30, 50kg P₂O₅/10a施用)とN施肥法3種(①全量基肥10, ②基肥15+追肥5, ③基肥25+追肥5 kg/10a施用)の組合せ12処理区を基本に、P₂O₅15kg施肥で①基肥10+追肥5, ②基肥20+追肥5, ③基肥25kg/10a施用の3区を参考区として、札幌、千歳試験地に併設した。なお、K施肥は各区18kg K₂O/10aとした。

3. 結 果

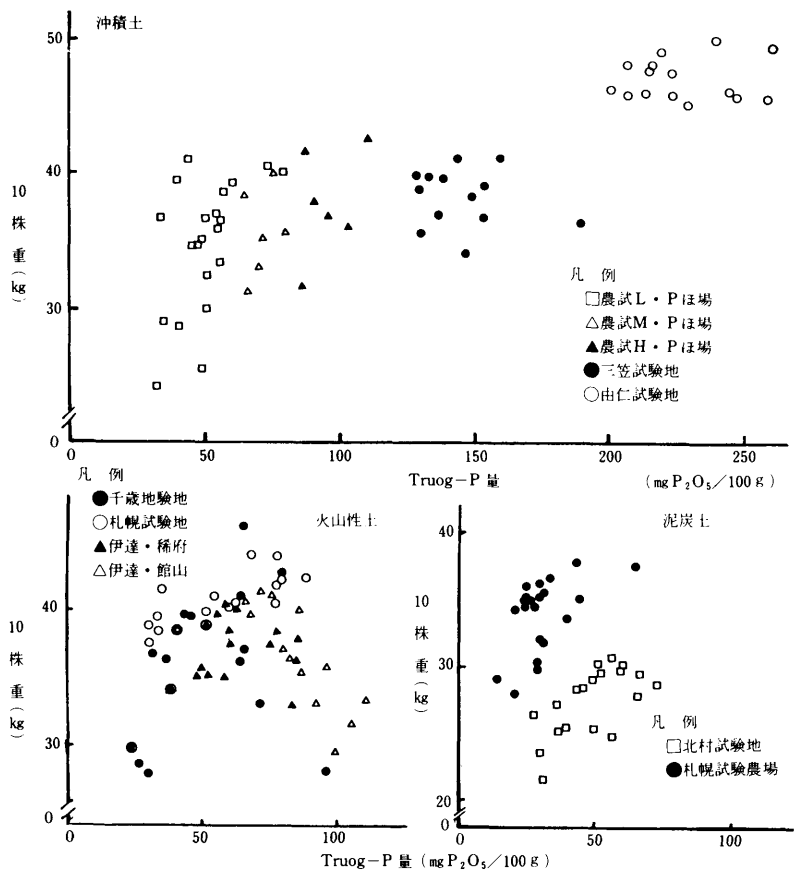
1) 施肥処理に伴う土壤中無機態N・Truog-P量の变化

N・P施肥処理に伴い、各試験地の無機態N量及びTruog-P量は多くなる傾向にあった。また、無機態N量を試験地別に比較すると、札幌市実験農場、北村(泥炭地)>三笠(沖積土)>千歳・札幌(火山性土)>中央農試・由仁(沖積土)の順に、無機態N量が増加し、熱水抽生性N量で示された傾向とほぼ一致した(第63表)。

2) P肥沃度に対応したP施肥量

全試験地についてみると、図示しなかったが、Truog-P量の増加に伴い収量は高まる傾向を示した。しかし、各土壌ごとに、同一Truog-P量で収量が低い事例はP以外の要因が生育を限定していると考え、高収例のみについて着目し検討すると、沖積土ではTruog-P 50mg P₂O₅/100g前後まで収量は増加し、それを超えると判然としなくなり(由仁試験地を除く)、泥炭土壌においても、試験地別にみるとTruog-P

供試品種は「オリンピア」で、栽植密度は60×60 cm, 2,788株/10aとし、試験規模は1区20m²(農試ほ場のみ12m²)、2連制である。栽培概要は、伊達、稀府、館山試験地は8月8日に施肥、8月12日に15日苗を移植し、9月16日に追肥を行い、10月28日に収穫した。他の試験地は7月18日~23日の間に施肥、7月25日には種(直播)し、8月26日~28日の間に追肥を行い、10月17日~30日の間に収穫した。



第61図 各土壌別にみたTruog-P量とハクサイの収量との関係

50mgP₂O₅/100g前後まで収量増加をもたらした。一方、火山性土ではTruog-P 60~70mgP₂O₅/100gを超えると収量はむしろ低下した(第61図)。

次に、P蓄積レベル別にP施肥反応を検討したところ(第62図)、沖積土では、P蓄積量の少な

63表 各試験地追肥直前のTruog-P及び無機態N量

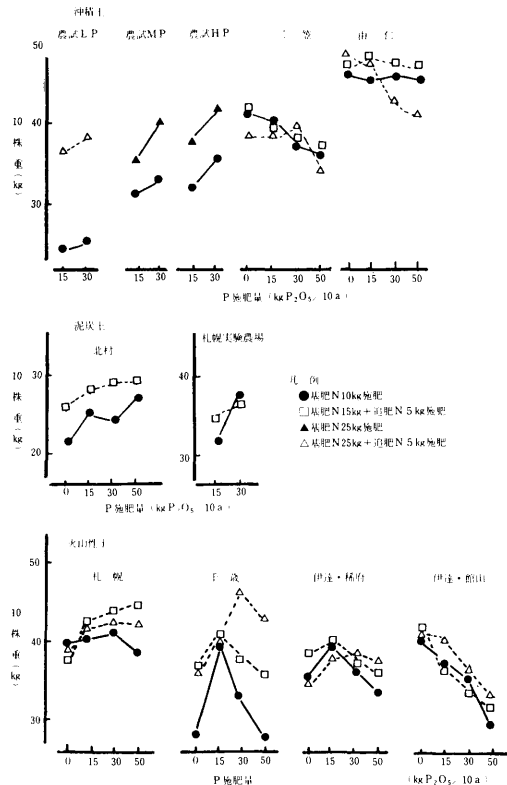
土壌別	項目		Truog-P量 (mg P ₂ O ₅ /100g)		無機態N量* (mg/100g)	
	施肥量kg/10a	試験地名	P ₂ O ₅ 15	P ₂ O ₅ 30	N10	N25**
沖積土	農試	低P	38.4	51.2	1.34	4.56
		中P	64.7	73.1	1.20	2.63
		高P	91.1	107.2	1.80	3.45
	三笠	由仁	139.6	145.0	5.01	8.12
	由仁	由仁	221.8	239.4	2.05	2.49
泥炭土	札幌農試	札幌農試	27.1	34.5	9.76	14.90
	北村	北村	46.0	58.5	12.56	15.37
火山性土	札幌農試	札幌農試	55.5	70.0	2.63	4.71
	千歳	千歳	51.1	67.8	2.31	5.29
	伊達・館山	伊達・館山	59.6	72.2	6.70	10.72
	伊達・稀府	伊達・稀府	83.0	91.4	4.05	13.20

注) * 無機態N量: NO₃-N+NH₄-N量

** : 農試試験地以外は、基肥N25+追肥N5である。

い農試低Pほ場の収量水準が最も低く、P増肥により増収を示し、50kgP₂O₅/10aが施肥適量であった。

P蓄積がやや進んだ農試中Pほ場やTruog-P量が90mgP₂O₅/100gに達した農試高Pほ場においても、P施肥増により収量増加が認められた。しかし、Truog-P 130mgP₂O₅/100gを超えるP蓄積量を示す、三笠、由仁試験地においてはP施肥量0~15kgP₂O₅/10aで最も多収となった。なお、P蓄積量の少ない泥炭土の試験地においては、



第62図 各土壌におけるP肥沃度別にみたハクサイのP施肥適量

沖積土と同様に30~50kgP₂O₅/10a施肥が適量と判断された。

一方、火山性土の試験地においては、P増肥に

第64表 沖積土と火山性土におけるハクサイの成分含有率の比較 (乾物当たり%)

試験地	P施肥量 (kgP ₂ O ₅ /10a)	外 葉					内 葉				
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
沖積土	0	3.12	1.04	14.81	4.32	1.45	4.17	2.29	12.15	1.54	0.79
	10	3.47	1.39	13.77	4.37	1.41	4.20	2.62	13.67	1.68	0.88
	25	3.82	2.41	11.36	4.21	0.80	4.55	2.58	10.82	1.44	0.79
由仁	50	3.68	2.26	10.77	4.15	0.75	4.48	2.68	10.03	1.39	0.69
	0	2.66	1.16	3.40	4.15	0.58	3.43	1.49	3.78	1.26	0.31
	10	2.77	1.55	3.52	3.73	0.40	3.19	1.89	2.93	1.70	0.25
火山性土 千歳	25	2.91	1.45	3.07	2.17	0.37	3.08	1.77	2.78	1.14	0.23
	50	2.77	1.51	2.53	3.09	0.22	3.40	1.98	2.47	1.17	0.21
	0	3.75	0.94	7.08	3.96	0.58	4.41	1.40	4.55	1.49	0.33
火山性土 伊達	10	4.03	1.05	6.78	3.71	0.41	4.10	1.52	4.51	1.18	0.35
	25	3.54	1.19	7.37	3.40	0.37	4.31	1.82	5.50	1.41	0.27
	50	3.56	1.23	5.89	3.44	0.32	4.59	1.89	5.09	1.48	0.26

伴う収量低下が、沖積土と比べ低いP蓄積レベルから生じ、①Truog-P 30mgP₂O₅/100gレベルの札幌試験地では、P施肥量30~50kgP₂O₅/10aで最も多収を示すが、塩基、取りわけ交換性K量の少ない千歳試験地では、15~30kgが施肥適量であった。さらに、②P蓄積量が50mgP₂O₅/100gレベルに増加した伊達・稀府試験地では15kg施肥が、③70mgP₂O₅/100gレベルと最もP蓄積量の多い伊達・館山試験地では0kg施肥が、最も多収であった。

このような、火山性土試験地における、P増肥に伴う収量低下の要因について検討するため、沖積土の由仁試験地を比較対象として、千歳、伊達・館山試験地の体内成分含有率の変化を取りまとめた(第64表)。

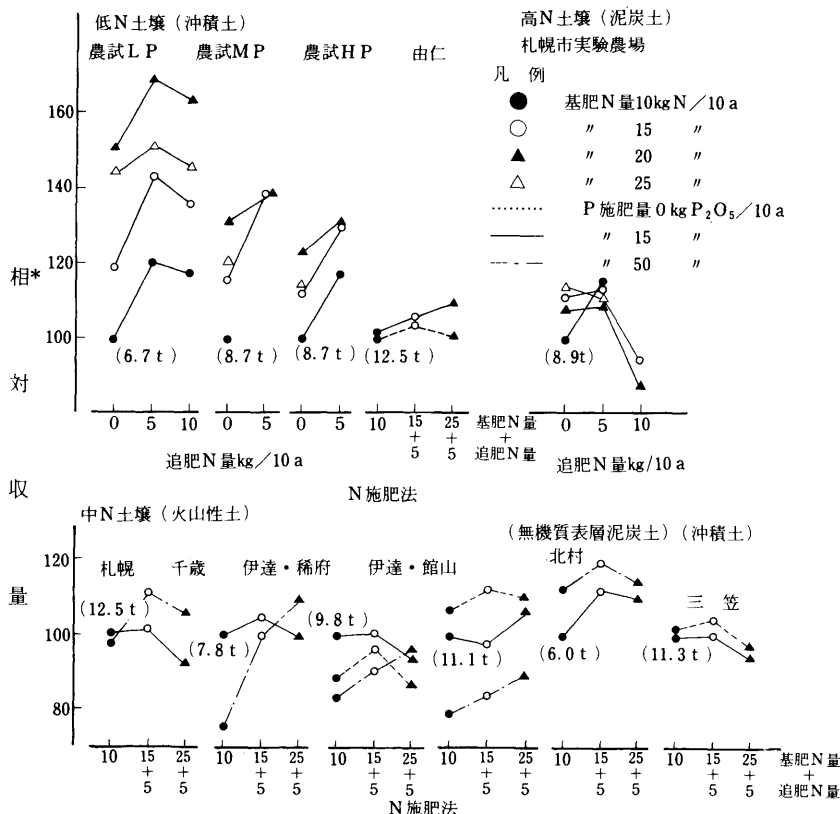
P施肥増に伴い結球期のハクサイの展開葉(外葉)及び結球葉(内葉)のP含有率は、各試験地とも高まる傾向を示し、逆にK及びMg含有率は低下した。取りわけ、収量低下が顕著な千歳試験地のK含有率は由仁試験地と比べ1/4以下と著しく低く、Mg含有率も1/3以下であった。また、伊達試験地においても、N、Ca含有率は由仁試験地と大差ないが、K、Mg含有率は明らかに低かった。

3) N・P肥沃度に対応したN施肥

沖積土で、熱水抽出性Nが5mg/100g以下の低N土壤に相当する各試験地の内、低P・中P土壤に相当する農試ほ場のN基肥適量は20kg/10aであ

り、結球前の追肥5kg/10aは対応する各基肥単独区より増収した。しかし、追肥N量を10kgに増肥すると、むしろ収量は低下し、結局、低P・中P土壤に対しては基肥N20+追肥N5kg/10aが妥当であった。一方、P蓄積がさらに進んだ高P土壤の由仁試験地においては、P施肥量15kgP₂O₅/10a条件の基肥N25+追肥N5kg/10a施肥で多収を示した(第63図)。

火山性土の各試験地は、熱水抽出性Nが5~10mgの範囲におさまる中N土壤で、P蓄積は札幌、千歳試験地<伊達・稀府試験地<伊達・館山試験地の順に高まった。そこで、P蓄積量順にN施肥反応を検討すると、設定した3種のN施肥法の中



第63図 N・P肥沃度別にみたハクサイの施肥適量

相対収量はP施肥量15kgP₂O₅/10a、N施肥量15kgN/10a、施肥区の収量を100とした各区の比である。

注) 図中、()中の数字はP₂O₅15、N15kg区の10a当たり収量である。

では、札幌試験地においてはP施肥量 $50\text{kgP}_2\text{O}_5/10\text{a}$ 施肥条件で、基肥N $15\text{kg}+$ 追肥N 5kg が多収を示し、粗粒質の千歳試験地では $50\text{kgP}_2\text{O}_5/10\text{a}$ 施肥条件の基肥N $25\text{kg}+$ 追肥N 5kg で最も収量が多かった。一方、ややP蓄積が進んだ伊達の2試験地は、P $0\sim 15\text{kgP}_2\text{O}_5/10\text{a}$ 施肥条件で、ともに基肥N $15+$ 追肥 5kg で多収となり、無機質表層泥炭土で、中N・低P土壌に相当する北村試験地でも基肥N $15+$ 追肥 5kg が多収を示した。また、N・P肥沃度が高まった中N・高P土壌の三笠試験も、基肥N $15+$ 追肥 $5\text{kg}/10\text{a}$ が最も多収となった。なお、粗粒火山性土の千歳試験地は、同じ中N土壌の他試験地より、基肥N量が $5\sim 10\text{kg}$ 多く必要とした。

次に、熱水抽出性Nが 10mg 以上の高N土壌に相当する泥炭土壌（札幌市実験農場ほ場）では、基肥N $10+$ 追肥 5kg 施用区、又は全量基肥 20kg 区で収量が高かった。そして、追肥N量を 10kg に増肥すると著しい収量低下が生じた。なお、それは結球割合の減少によった。低P・低N及び中P・低N土壌に相当する農試ほ場のN基肥適量は $20\text{kg}/10\text{a}$ であり、結球前の追肥 $5\text{kg}/10\text{a}$ は、基肥単独区より明らかに増収をもたらした。しかし、追肥N量を 10kg に増肥すると、むしろ収量は低下した（第63図）。さらに、P蓄積が著しく進んだ高P・低N条件の由仁試験地においては、P施肥量 $15\text{kgP}_2\text{O}_5/10\text{a}$ 条件の基肥N $25+$ 追肥 $5\text{kg}/10\text{a}$ 施肥で多収を示した。また、N肥沃度が高まった高P・中N土壌の三笠試験地も、基肥N $15+$ 追肥 $5\text{kg}/10\text{a}$ が最も多収となった。

第3節 果菜に対する施肥（栄養生長・生殖生長同時進行型野菜）

1. 背景及び目的

莖葉・側枝が順次、展開・伸長（栄養生長）しながら、果実の肥大・充実（生殖生長）を図る栄養生長・生殖生長同時進行型野菜のトマト、キュウリ、ナスなどは、苗の移植が栽培の前提となり、古くから育苗及び苗素質の重要性が指摘されている。そのため、本節においても、育苗に関する土

壌肥料の諸問題を、まず論ずるべきであるが、その点については、①育苗床土に対する施肥量^{185,186}、②苗素質・生育と床土の物理性^{173,185}、③農家慣行床土の実態¹⁸¹、④床土の簡易検定法¹⁸³、⑤育苗管理と苗素質^{175,179,182}、⑥苗素質と生産性^{177,187,192}などについて、すでに報告しているもので、本論においては割愛し、本ぼに対する施肥法を中心に検討する。

北海道における果菜類トマト、キュウリ、ナスの栽培面積は、第1章で記述したように、近年、著しく減少し、露地栽培においては3野菜合せても $1,500\text{ha}$ 足らなくなった。しかし、ハウス栽培（ 640ha ）の主幹作物は依然として、これら果菜類であり、収益性も高く、経済的には主要な園芸作物である。また、メロンを含め、これら果菜類は比較的高水準の栽培・管理技術が求められ、いわゆる園芸作物の典型として、従来より野菜研究の中心になってきた。

一方、第2章で記述したように、北海道におけるトマト・キュウリに対する施肥実態は一般野菜の中で最も多肥であり、府県の施肥肥量⁴³に近く、かつ、高度な肥培管理がなされ、有機・無機の資材が施用されている。このような、多肥・高度肥培管理下にある果菜類栽培に対する施肥の合理化を図ることを目的に、トマトを代表作物として、そのN施肥法を中心に検討した。

P施肥については、トマト・キュウリとも、 $\text{Truog-P } 20\sim 30\text{mgP}_2\text{O}_5/100\text{g}$ 程度存在すると、P施肥効果は少なく、 $20\text{kgP}_2\text{O}_5/10\text{a}$ 施肥で問題がないと指摘され²³⁸、また、前章で明らかにしたように、トマトのような同時進行型野菜はP蓄積に対し広域適応性を示すため、蓄積P量の増加に対応したP施肥適量の変化が少ないと予測された。一方、K施肥についても、交換性K量が $20\text{mgK}_2\text{O}/100\text{g}$ 以上あればK施肥効果は少なく、 $20\text{kgK}_2\text{O}/10\text{a}$ 程度の施肥で十分との報告²³⁸がある。

2. 試験方法

道立中央農試ほ場において、1977年5月10日にトマト「ひかり」の70日苗（3月1日は種）、55日苗（3月16日は種）、40日苗（3月31日は種）

をビニールトンネル内に定植し、6月4日にトンネルを除去、同10日に手上げを行った。なお、5月30日までシルバーポリトウで二重被覆し、夜間の保温を図った。供試土壌は沖積土（褐色低地土）で、試験規模は1区5.67㎡、14株、3連制とし、栽植密度は10a当り2,642株（畦幅90cm, 株間45cm）とした。栽培様式はポリマルチ・ビニールトンネル栽培である。

試験処理は、苗素質3処理（70日苗, 55日苗, 40日苗）とかん水2処理（無かん水, pF2.3かん水）とN施肥法4処理（全量基肥40kg/10a, 全量基肥20kg, 基肥20kg+追肥20kg×1回, 基肥20kg+追肥10kg×2回）の組合せである。なお、全量基肥40kgを施肥法A, 基肥20kg+追肥20kg×1回を施肥法B, 基肥20kg+追肥10kg×2回を施肥法C, 全量基肥20kgを施肥法Dと名付けた。

N施肥は基肥・追肥とも硫安を使用し、追肥時期は、施肥法Bは7月20日（定植後40日目）に、施肥法Cは6月10日（定植後30日目）及び7月20日（定植後60日目）に各々行った。なお、P・K施肥量は20kgP₂O₅/10a及び22kgK₂O/10aとし、過石と硫加を施用した。一方、かん水処理は6月10日より開始し、8月25日まで、深さ10cm部のpF2.3をかん水点に、1回10～20mm程度のかん水を行った。

供試したトマト苗は、①40日苗は草丈11.0cm, 葉数5.7枚, 葉重/莖重比（以後、葉/莖比と略す）6.96の若苗, ②55日苗は草丈20.8cm, 葉数8.7枚, 葉/莖比4.40の中苗, ③70日苗は草丈36.7cm, 葉数10.8枚, 葉/莖比2.51の老化苗であった。

3. 結 果

1) かん水効果及び苗素質の影響

土壌水分状態は定植後、一時降雨が多く多水分条件となったが、その後干ばつが続き、土壌は乾燥状態に長く保たれた。そのため土壌水分条件に明らかな処理間差異が生じた（第64図）。なお、無かん水系列は干ばつ条件のため、例年になく尻ぐされ果が多発し、収量レベルが著しく低下した。そこで、まず、かん水効果の有無について検討し、その後、苗素質、N施肥法はかん水系列を中心に

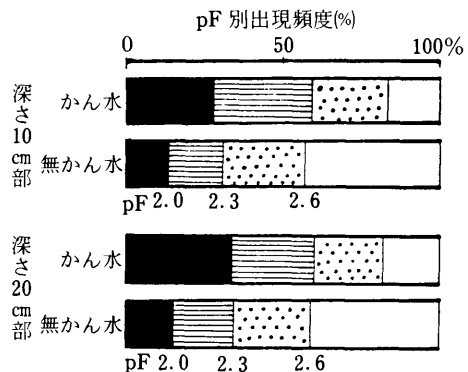
検討を加えた。

かん水効果を全量基肥40kg（施肥法A）で、70日苗（老化苗）、55日苗（中苗）、40日苗（若苗）について検討したところ、各区収穫開始時の全莖葉重及びその時点の栄養生長の中心部位である上部莖葉重は、各苗素質ともかん水区が明らかに無かん水区より勝った。また、その傾向は8月31日の収穫終了時の1株重においても認められた。一方、かん水の有無にもかかわらず、栄養生長量は葉/莖比の大きな若苗ほどおう盛となった。なお、1～3果房の着果数は若苗ほど増加したが、反面、1～6果房の残果数もまた増加した（第65表）。

かん水各区の収量は無かん水各区に比べ、各苗素質において、平均1果重で示される果実肥大が良好となり、さらに着果数の増加を反映して収穫果数もふえ、収量は顕著に向上した。一方、苗素質別にみると、40日苗（若苗）は残果数が多いため収穫果数が少なく、平均1果重も無かん水条件では低下する傾向を示した。なお、かん水条件では55日苗（中苗）の果実肥大が最も良好であった。

2) N施肥法と生育・収量

水分処理の差は土壌中の無機態N量にも明確な差異をもたらし、無かん水列で高く推移した。しかし、各施肥法の傾向は類似的であるため、かん水系列の施肥法を中心に検討した。施肥法A, D



第64図 トマトに対するかん水処理が土壌水分条件に及ぼす影響

の土壤中無機態N量は漸減し、施肥法Bは生育前半及び後半に無機態N量が多く、施肥法Cは無機態N量の変化が最も少なかった(第65図)。

各N施肥法区の栄養生長量を70日苗(老化苗)系列の各区収穫開始時の乾物重でみると、実際のN施肥量が少なく無機態Nが低く推移した区ほど、茎葉・上部茎葉重が増加し、N多量(基肥40kg)施肥は初期生育をやや抑制した。ところが、その傾向はその後逆転し、良好な初期生育を得た施肥法D区は土壤中無機態N量の低下につれ、生

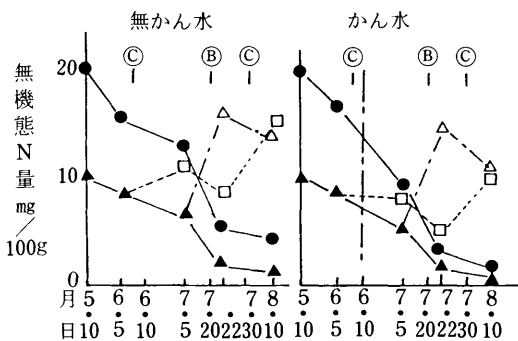
育が停滞する傾向をみせ、初期生育の抑制を受けたN多量施肥区で草勢が順調に回復した。一方、40日苗系列では70日苗系列と逆に、初期生育から土壤中のN量の多い区ほどおう盛な生育を示し、その傾向はその後変らず栄養生長過多となった(第66表)。

収量は、70日苗系列の場合、施肥法Aよりも同量(N40kg)を3回に分施した施肥法Cで最も良好となった。一方、40日苗系列においては、全量基肥40kgの施肥法Aは栄養生長過多となり、収穫

第65表 苗素質・かん水処理がトマトの生育・収量に及ぼす影響

施肥法	苗区別	かん水処理	各区収穫開始時			8月31日		収量調査結果				
			1株乾物重(g)		1~3果房	茎葉重	1~6果房	全収穫果	上物	総収穫果数 (個/10株)	総収量 (kg/10株)	上物収量 (kg/10株)
			全茎葉	上部茎葉	着果数	(g)	残果数	平均1果重 (g)	平均1果重 (g)			
*施肥法A	70日苗 (老化苗)	有	69.2	16.5	14.2	1,013	6.8	133	156	195	25.9	23.4
		無	65.1	11.5	13.9	842	5.8	106	143	174	18.4	13.5
	55日苗 (中苗)	有	118.6	23.1	17.2	1,377	9.2	145	161	162	23.5	18.8
		無	93.8	16.4	16.9	1,143	7.6	102	133	148	15.1	11.6
	40日苗 (若苗)	有	157.5	33.1	19.0	1,507	14.1	140	155	143	20.0	15.8
		無	147.9	24.8	18.8	1,273	16.6	91	114	137	12.5	8.1

注) *：全量基肥40kg/10a施肥条件での検討である。
有：p F 2.3かん水 無：無かん水
8月31日までに収穫し得たものを総収量とした。

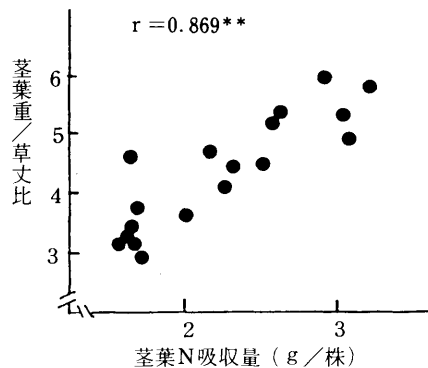


第65図 かん水処理とN施肥法の違いが土壤中無機態N量の推移に及ぼす影響

凡例

- 施肥法A：全量基肥N40kg施肥
- △ 施肥法B：基肥N20kg+追肥N20kg1回施肥
- 施肥法C：基肥N20kg+追肥N10kg2回施肥
- ▲ 施肥法D：全量基肥N20kg施肥

注) 図中の②及び③は施肥法B及びCの追肥時期を示す。



第66図 トマトのN吸収量と草姿不用(茎葉重/草丈比)の関係

第66表 N施肥法がトマトの生育・収量に及ぼす影響

項目 処理別		各区収穫開始時の生育量(乾物量g/株)				調査時点ま でのN施肥量 (kg/10a)	収 量 調 査 結 果				
		上部茎葉	全茎葉	果実	総重量		全収穫果 平均1果重 (g)	上物平均 1果重 (g)	総収穫 果数 (個/10株)	総収量 (kg/10株)	上物収量 (kg/10株)
70 日 苗	施肥法A	16.52	69.20	67.35	136.55	40	133	156	195	25.9	23.4
	施肥法B	18.16	85.70	52.15	137.85	20	141	158	183	25.8	22.1
	施肥法C	17.30	75.57	58.27	133.84	20+10	146	158	210	30.7	26.2
	施肥法D	18.16	85.70	52.15	137.85	20	132	167	164	21.6	17.3
40 日 苗	施肥法A	33.12	157.46	43.66	201.12	40	140	155	143	20.0	15.8
	施肥法B	24.80	137.17	33.08	170.25	20+(20)	149	163	166	24.7	19.6
	施肥法C	32.64	130.57	48.04	178.97	30+(10)	140	151	167	23.4	18.6
	施肥法D	21.11	119.87	41.66	161.35	20	127	157	187	23.7	19.7

注1) ()内は施肥後間もなく、まだ十分に効果が現われていないと思われるもの。
 2) 8月31日までに収穫し得たものを総収量とした。

第67表 トマトに対するN施肥法と成分吸収量(各区収穫開始時)

苗素質	施肥法	部 位	吸収量(mg/株)		体内成分含有率(%)		調査時点ま でのN施肥量 (kg/10a)
			N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	
70 日 苗	施肥法A	上部茎葉	435	75	2.63	0.45	40
		全 茎 葉	1,629	328	2.35	0.47	
		果 実	1,685	600	2.50	0.89	
		総吸収量	3,314	928	—	—	
	施肥法B	上部茎葉	509	125	2.44	0.60	20
		全 茎 葉	1,667	468	1.95	0.55	
		果 実	1,228	498	2.35	0.95	
		総吸収量	2,895	961	—	—	
	施肥法C	上部茎葉	480	116	2.77	0.67	20+10
		全 茎 葉	1,987	486	2.63	0.64	
		果 実	1,402	554	2.41	1.08	
		総吸収量	3,389	1,040	—	—	
40 日 苗	施肥法A	上部茎葉	762	195	2.30	0.59	40
		全 茎 葉	3,209	1,040	2.04	0.66	
		果 実	751	420	1.72	0.96	
		総吸収量	3,960	1,460	—	—	
	施肥法B	上部茎葉	618	156	2.49	0.63	20+(20)
		全 茎 葉	2,904	906	2.12	0.66	
		果 実	676	314	2.04	0.95	
		総吸収量	3,580	1,220	—	—	
	施肥法C	上部茎葉	924	180	2.83	0.55	20+10+(10)
		全 茎 葉	3,067	622	2.35	0.48	
		果 実	1,040	399	2.15	0.82	
		総吸収量	4,107	1,021	—	—	
施肥法D	上部茎葉	501	132	2.37	0.63	20	
	全 茎 葉	2,490	731	2.08	0.61		
	果 実	865	300	2.08	0.72		
	総吸収量	3,355	1,031	—	—		

注) 上部茎葉:第3果房の上部で上下に区分した。

果数が減少し、また平均1果重も施肥法Bより劣り、収量は最も低かった。それに対し、施肥法Bは、平均1果重が大きく、比較的収穫果数も多く、良好な収量が得られた。また、施肥法Dは収穫果

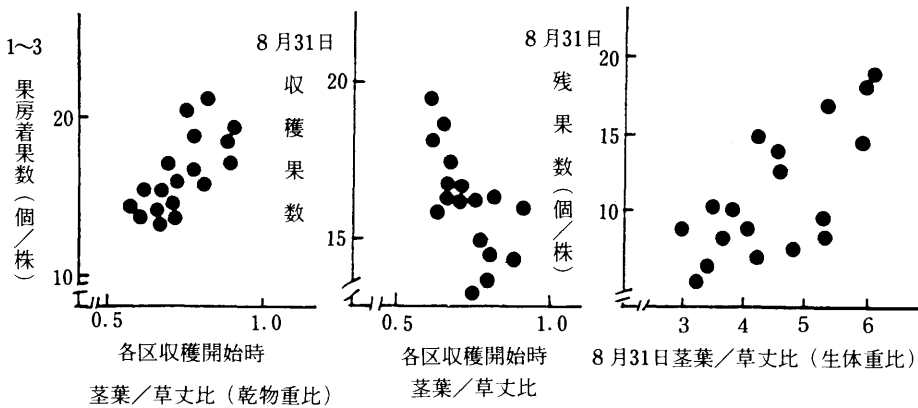
数が多く、施肥法Bと同程度の上物収量を得た。

各施肥法によるN・P吸収量の違いを、かん水系列について第67表に示した。70日苗系列のN吸収量は土壤中無機態Nが高く推移した施肥法Cで多

く、40日苗系列においても栄養生長の中心部位である上部茎葉では、同様に施肥法Cの吸収量が多く、かつ、体内濃度も高かった。このようにN・P吸収がおう盛なものほど、茎葉重/草丈比が大となり、栄養生長過多の傾向が裏付けられた(第66図)。

一方、栄養生長の質的な相違を表現する茎葉重

/草丈比と果実の着果・熟期の早晚について検討し、第67図に示した。茎葉重/草丈比の増加につれ着果数は向上した。しかし、残果数も明らかに高まり、栄養生長量の増加は着果を促進するが、熟期を遅延する傾向が認められた。



第67図 トマトの茎葉/草丈比と着果・残果数の関係

注) 茎葉/草丈比: 茎葉重/草丈比で表記しないかぎり乾物重比である。

第4節 考 察

1. ホウレンソウ(栄養生長型野菜)

に対する施肥と肥培管理

ホウレンソウについて、その養分吸収量に比べて、過剰施肥の傾向にあることは、本道のみの特異事情ではなく、府県においても同様で、例えば愛知県調査事例¹⁶³⁾では10a当りN43kg, P₂O₅30kg, K₂O33kgの肥料が施肥され、千葉県事例²²⁸⁾においてもN38kg, P₂O₅27kg, K₂O10kgの成分が施用されていた。また、ホウレンソウは耐酸性が弱く^{213, 215, 216)}, Ca資材の施用が慣行化している^{163, 228)}。

このような従来の施肥と肥培管理法は、肥沃度の低い低位生産性土壌に対しては妥当であるが、人為的養分富化が著しく進んだ現在の野菜畑においては、時には過剰な施用となり、生産性を阻害する恐れが認められた。

そこで、土壌のN・P肥沃度(養分蓄積程度)に

対応した施肥と肥培管理の合理化を図る目的で、N・P用量試験を行った。その結果、P施肥量はP蓄積量の増加に対応して、①Truog-P50mgP₂O₅/100g以下の低P土壌では25~30kgP₂O₅/10a施肥、②Truog-P50~150mgP₂O₅/100g(中P土壌)の範囲では、抽台率の上昇を抑えるため施肥量をやや下げ10~20kgP₂O₅/10a、③Truog-P150mgP₂O₅/100g以上(高P土壌)では、低温時の水溶性P補給の意味を含め0~10kgP₂O₅/10aが施肥適量と考察した。

一方、N施肥量はタマネギにおいて報告^{193, 199)}したように、熱水抽出性N量で表現されるN肥沃度のみならず、P肥沃度の影響をも受けており、N肥沃度の向上につれ減肥し、P肥沃度の高まりに対応して増肥することが望ましかった。その結果として、第68表に示すように、土壌のN・P水準に対応したN施肥適量を推察した。なお、K施肥量はN施肥量の80%とし、N・P肥沃度に対応して3要素施肥量を取りまとめた。

P蓄積に伴う収量低下はすでに前章で述べたが、本節の試験結果からも、表示しなかったが、体内P含有率(P_2O_5 として)1.5%前後を超えると減収し、また、塩基(Mg, K)含有率の低下が認められた。特に、Mg含有率の低下は葉色の黄化につながり、品質低下の一因となる可能性があり、留意すべきであった。

P蓄積の進行に伴う他成分の吸収抑制と、それに基づく収量低下に対応してN増肥を行うことは、①P過剰蓄積に伴う塩基・微量元素の吸収抑制を回復し、②生育量増大に伴う体内稀釈とそれに起因する生育停滞を防ぐことに効果があるものと考察した。

一方、ハウレンソウの上物収量は収穫時の土壤中に無機態Nが5 mg/100g以上残存している条件で高まった(第55図)。すなわち、栄養生長型野菜であるハウレンソウは、生長の最盛期に収穫することもあって、作物としての活性を収穫時まで維持することが収量増加・品質向上からみて重要であり、収穫時点で一定レベルの土壤中無機態N量が保持されていなければならない。このことは養分吸収量と溶脱量を施肥量算出の基礎とする従来の考え方に、ハウレンソウの作物としての活性を維持するための補償量を、加算しなければならないことを主張するものである。

すなわち、野菜の養分吸収のタイプが山崎²³⁴⁾の指摘するA型に属する葉菜は、生育末期まで一定レベル以上の無機態Nの存在を必要とするとした中安ら¹³²⁾、小山田ら¹⁴⁹⁾の報告と同じ考えに立ち、生育後半のN肥切れに留意すべきと考察した。

農家は経験的にこの点を理解し、肥切れが収量・品質低下につながると必要以上に多肥し、また、栽培期間の短いハウレンソウに多量の堆肥を施用し、地力Nを高め、無機態N量の維持に努めていたものと推察した。

そこで、1作目のハウレンソウ栽培に対しては、N・P肥沃度に対応した施肥量を適用し、2作、3作目の作付に当たっては、前作の残存N量を評価し減肥することが、施

肥の適正化を図る道と考察した。その時土壌ごとに無機態N量(硝酸態N量)とEC値の間に(第56図)、一定の関係が成り立つことを利用し、EC値より残存N量を推定することにより、簡易に2作目以降の施肥の合理化が可能であると考えた(第52表)。なお、そのような試みは、すでにセルリ⁹¹⁾、イチゴ¹⁰⁰⁾、キュウリ¹⁰¹⁾においてなされている。

ところで、2作、3作目のN減肥にあたって、P・Kをどのように取り扱うか問題である。この点、まだ、検討を行っていないが、K、PはNに比べ、より溶脱が少ないことから、当面、KはNと同様に減肥することが妥当と推論した。一方、Pは暖候期の2作目はNと同様に減肥し、3作、4作目の秋どり、晩秋どりは低温期に向うため、基準施肥通りとすることを提案する。

次に、ハウレンソウに対する肥培管理を、その中心的課題である塩基供給にしぼり検討した結果、①望ましい収量を得るためには各塩基を適正領域(診断基準値)内に保つように努め、特に、土壌のCa飽和度は80%後に維持・管理すること、②経年畑(Ca飽和度60%以上)に対するCa資材の春施用は50kgCaO/10a以内とし、③新畑(Ca飽和度60%以下)に対するCa資材の施用は前年秋施用を原則とし、道南農試の成績⁴⁷⁾を基に

第68表 ハウレンソウに対するN・P肥沃度別3要素施肥量

N肥沃度		P肥沃度			施肥要素 (kg/10a)
		Truog-P量(mg P_2O_5 /10a)			
		50mg以下	50~150mg	150mg以上	
熱水抽出性N量 mg / 100g	7mg以下	15	15~20	20	N
		20~30	10~20	0~10	P_2O_5
		12	12~16	16	K_2O
	7mg 5 14mg	[10~15]	15~20	[15~20]	N
		20~30	10~20	0~10	P_2O_5
		12	12~16	16	K_2O
14mg以上	10	[10~15]	10~15	N	
	20~30	10~20	0~10	P_2O_5	
	12	12~16	16	K_2O	

注) K施肥量は、低N土壌(熱水抽出性N 7mg以下)を標準として、N施肥量の80%とした。なお、N肥沃度の向上に伴う、N減肥には連動させなかった。〔 〕は推定値である。

200~300kgCaO/10aを限界量とし、それ以上の多量施用は避けることが妥当との結論を得た。

また、Mg資材の多量施用は明らかに収量低下をもたらすため避けるべきであり、土壌のMg飽和度は、安全性を考慮して20%以下に維持し、吸収量相当のMg供給を原則とし、Mg入化成の有効利用で対処するものとした。なお、Mg飽和度上昇に伴う生育・収量の抑制は、Mg自体のイオン特異性に基づく可能性が示唆された。そして、Kについては、土壌中のK飽和度を10%以下に維持し、K多量蓄積ほ場に対しては無施用または減肥で対応するものとした。

これらの結果から、①各塩基の上限飽和度を超える障害領域のほ場に対しては資材の施用を中止し、②そこまで至らないが診断基準値を超える過剰領域では減肥を行い、③基準値の範囲内におさまるほ場に対してのみ、北海道施肥標準⁴⁹⁾通りの施肥・肥培管理を行うものとする。また、④診断基準値に至らぬ欠乏領域のほ場に対しては、土壌改良資材として塩基を補給する方式を、肥培管理の基本として提唱する。

2. タマネギ（直接結球野菜）に対する施肥

各種野菜に対するP栄養、P施肥に関する研究は古くから多く^{11, 21, 71, 72, 82, 83, 200)}、タマネギに関しても、川崎¹⁰²⁾、吉村²⁴⁴⁾、勝又⁹⁶⁾、景山⁸³⁾らの報告がある。また、畑地の生産力増強のためのP資材施用効果については、本谷⁵⁹⁾、山本²³¹⁾、高橋²⁰⁷⁾によって、すでに明らかにされており、タマネギ畑に対しては、いわゆるP多施による熟畑化技術^{28, 75)}として、広く普及、励行されている。

しかし、これらの報告の多くは、概してP施用の効果のみが指摘され、P過剰蓄積についてふれるものは少ない。ところが、タマネギ畑は一般畑作畑、一般野菜畑に比べ、P蓄積が進み、P過剰障害の恐れが認められる^{189, 196)}。その点を前章で検討し、タマネギの収量がP過剰蓄積で低下することを明らかにし、P適正領域をTruog-P 80~130mgP₂O₅/100gの範囲と結論付けた。

本節においては、このようなP適正領域を前提に、その前後のP施肥反応を検討し、P肥沃度、

換言するならば、蓄積P量に対応したP施肥適量について、次のような結論を得た。すなわち、10a当りP施肥適量(P₂O₅としては)、①Truog-P 80mgP₂O₅/100g以下の低P土壌に対しては50kg、②Truog-P 80~130mgP₂O₅/100g範囲の中P土壌では25~10kg、そして、③Truog-P 130mgP₂O₅/100g以上の高P土壌では10~0kgである(第57図)。

P過剰蓄積によるタマネギの収量低下は、腐敗球の増加と球肥大の抑制によった。なお、P蓄積増による腐敗球の増加(第58図)は、P多施による球内P含有率の上昇が乾腐病の多発につながるのと吉村²⁴⁴⁾の報告や、P施肥量と腐敗球の間に正の相関関係を認めた川崎¹⁰²⁾の指摘と一致した。ところで、徳永²²³⁾による、水稻に対するP多施が体内P含有率を高め、イモチに対する耐病性を弱めるとの報告は、タマネギに対するP多施が乾腐病多発をうながす現象を理解する上で、多くの示唆に富んでいるように思われた。

球肥大についてみると、P蓄積の一定レベルまでの進行は球肥大を促進するが、それを超える過剰蓄積で球肥大は抑制された(第61図)。この際、注目すべき点はN肥沃度の高い灰色低地土、無機質表層泥炭土の限界P蓄積量が異なる点である。すなわち、P過剰蓄積による球肥大抑制が高N土壌において緩和される傾向にあり、前章で明らかにしたところの、N増肥によりP過剰障害が緩和される現象と、一致するものと考察した。

一方、吉村²⁴⁴⁾、勝又⁹⁶⁾らのタマネギに対するN施肥用量試験は、土壌の有効態Pレベルの高まりに伴うN施肥反応の変化について直接的にふれることなく、また、古山²⁸⁾はP多投・蓄積に伴う凋落的生育と、それに対するN増肥の必要性を指摘しながらも、具体的な検討は行っていない、それに対し、本章においては、N肥沃度の差異とともに、P蓄積量の増大がN施肥反応に及ぼす影響に注目しながら、検討した。

その結果、タマネギ、に対するN施肥適量は、N肥沃度のみならずP肥沃度の影響を受け、N肥沃度の上昇に伴いNを減肥し、P肥沃度の高まりにつれN増肥すべきであることが明らかとなった

(第59図)。例えば、すでに報告¹⁹⁶⁾しているが、低N土壌におけるP蓄積の進行は、初期生育をおう盛にし、体内稀釈的にN含有率の低下をもたらし、それが次の球肥大期の栄養生長を衰退させ、いわゆる凋落的生育の一要因となった(第60表)。この場合、N増肥は体内N含有率の低下を防ぎ、栄養生理的活性を維持するため、その後の栄養生長をおう盛に保ち、増収につながるものと考察した。

以上の結果より、土壌のN・P肥沃度に対応した適正N施肥量を推定し、それに前述したP施肥適量を組合せ、N・P肥沃度に対応した3要素施肥量を取りまとめた(第69表)。一方、K施肥量については、北海道施肥基準⁴⁹⁾または農家慣行施肥量¹⁹⁰⁾と同様にN施肥量と等量とし、土壌中の交換性K量の多少により補正するものとした。なお、土壌診断に基づきN・P・K・Ca・Mg施用量を決定する方式についてはすでに報告し^{191, 193)}、現場で活用されている。

ところで、タマネギにおいて球肥大始(7月上・中旬)の体内N含有率が3.0~3.3%を超えるほど、球肥大が抑制されることをすでに報告^{193, 199)}したが、タマネギに対するN追肥は生育後半の体内N含有率を必要以上に高めるため、球肥大の抑

制により減収するものと考察した。また、N施肥適量以上のN増肥も、生育後半まで体内N含有率を必要以上に高く維持し、加藤⁹⁵⁾、Scullyら¹⁵⁹⁾の指摘のように、球に蓄積されるべき光合成産物を、葉の伸長(栄養生長)に消耗し、球肥大を抑制するものと考えた。

すなわち、栄養生長期から、球肥大期に転換する結球野菜のタマネギにおいては、蓄積P量の不足による体内P含有率の低下は球肥大の不良をもたらし²⁸⁾、一方、N多肥あるいは後期N追肥は、生育後半(球肥大期)の体内N含有率を高め、葉部生長と球部生長間の、光合成産物の競合を激化させるために、球肥大を抑制するものと考察した。また、Nを連続供給することを目的とした多回数分施が不良な結果をもたらしたことは(第61表)、後述する栄養生長・生殖生長同時進行型野菜との違いとして、ここで指摘しておく。

以上の結果、タマネギに対する施肥は全量基肥とし、追肥は生育後半の体内N含有率を高め、球肥大を抑制する危険性が高いため、行わないものと結論した。

3. ハクサイ(間接結球野菜)に対する施肥

北海道における結球葉菜・ハクサイ、キャベツの作付面積は約4,000ha(内ハクサイ約2,000ha)とされ、比較的少肥で粗放な肥培管理下にあり、養分蓄積程度も低いとされている⁵⁶⁾。しかし、府県におけるハクサイに対する施肥量は、必ずしも北海道のように少なくはない。

そこで、愛知県の実例¹⁶⁹⁾、東海・近畿地方の各農試の試験結果¹²⁰⁾、茨城¹¹⁵⁾及び長野³⁴⁾の施肥標準について、本節の検討対象である秋どり栽培の目標収量8t/10aに合せ、取りまとめ直すと、愛知県(N:48~64, P₂O₅:40~48, K₂O:64kg/10a)、東海・近畿地方(N:47.2, P₂O₅:23.2, K₂O:40kg/10a)、茨城県(N:33.6, P₂O₅:26.4, K₂O:33.6kg/10a)とも概して多肥であった。

秋どりハクサイに対する北海道の標準量は、長野県における施肥標準³⁴⁾(N:25~30,

第69表 タマネギに対するN・P肥沃度別3要素施肥量

P肥沃度 N肥沃度		Truog-P量 (mgP ₂ O ₅ /100g)			施肥要素 (kg/10a)
		80mg以下	80~130mg	130mg以上	
熱水抽出性N量 (mg/g)	5mg以下	15~20	20	20~25	N
		50	20~10	10~0	P ₂ O ₅
		15~20	20	20~25	K ₂ O
	5mg	10~15	15	15~20	N
		50	25~10	10~0	P ₂ O ₅
		15~20	20	20~25	K ₂ O
10mg以上	10	10	10~15	N	
	50	25~10	10~0	P ₂ O ₅	
	15~20	20	20~25	K ₂ O	

注) K施肥量は、低N土壌(熱水抽出性N 5mg以下)を標準に、N施肥量と等量し、N肥沃度の向上に伴うN減肥に連動させないものとする。

P_2O_5 : 15~20, K_2O : 25~35kg/10a) とほぼ一致した。一方、北海道におけるハクサイに対する農家慣行施肥量は、第II章において述べたように、施肥標準よりもやや少ない傾向にある。

さて、前章において、ハクサイに対するP過剰障害の有無を検討した時、N少肥 (N10, 15kg/10a施肥) 条件下ではTruog-P 60~80mg P_2O_5 /100g前後をピークに、P過剰蓄積に基づく生育抑制・収量低下が認められるが、N多肥条件下ではP過剰障害はほとんど認められず、広域適応性を示すことを明らかにした。

本節における現地試験の結果は、N追肥量を含めると最低で15kg/10aで、全般的にN多肥条件下での検討となり、沖積土においては、Truog-P 50mg P_2O_5 /100g程度までは蓄積P量の増加につれ増収し、それを超えると判然とせず、広域適応性を示し、稗試験の結果とほぼ一致した。しかし、火山性土においては、Truog-P 60~70mg P_2O_5 /100gを超えると、蓄積P量の増加で減収した(第61図)。これは共存する塩基量が少ないため、P増肥に伴い塩基の吸収抑制が生じたためと考察した(第64表)。このような塩基量の少ない火山性土におけるP多肥が、土壌中の交換性Kの不溶化と、初期生育量の増大による体内稀釈によるK含有率の低下のため、牧草の生育・収量を低下せしめるとの報告⁴²⁾はすでに紹介したところである。

その結果、塩基含量が比較的豊富な土壌を標準とした場合、①Truog-P 50mg P_2O_5 /100g以下は50~30kg P_2O_5 /10a, ②Truog-P 50~130mg P_2O_5 /100gの範囲は30~15kg P_2O_5 /10a, ③Truog-P 130mg P_2O_5 /100g以上は15~0kg P_2O_5 /10aが施肥適量と考察した。一方、塩基含量の著しく少ない土壌に対しては、P施肥量を1ランク引き下げ、①Truog-P 50mg P_2O_5 /100g以下は30~15kg P_2O_5 /10a, ②Truog-P 50mg P_2O_5 /100g以上は15~0kg P_2O_5 /10aを当面の施肥適量とみなした。なお、このような土壌に対しては、早急に土壌改良資材として塩基を秋に補給し、標準の施肥適量にもどすよう努めるものとする。

背景及び目的において、ハクサイ栽培ほ場が

比較的塩基蓄積量の少ない状態にあることを指摘したが、茨城県のハクサイ産地においても同様な傾向が報告¹⁴⁹⁾されている。そのため塩基供給は、ハクサイ栽培に当って一般的に考慮すべきと考えた。その塩基資材の施用は第1節 ホウレンソウにおいて述べた技術を活用するものとした。

P過剰障害の軽微なハクサイは、PとNの相互作用があまり明確でなく、Truog-P 130mg P_2O_5 /100g以上の高P蓄積状態においても、それ以下のP蓄積状態のN施肥適量と同程度か、5kg/10a程度の増肥にすぎなかった。しかし、N肥沃度の向上に対応してN施肥適量が減少する点は、タマネギと同様であった。

以上の結果を取りまとめ、第70表のように、N・P肥沃度に対応した秋どりのハクサイに対する3要素施肥量(基肥量)を決定した。なお、現行の施肥標準におけるK施肥量は、N施肥量より土壌の天然K供給力を考慮し、1割程度少なくしている。しかし、ハクサイのK吸収量はむしろN吸収量より多い傾向にあり、府県の施肥標準においてもK施肥量の方が多い。そこで、K施肥量をN施肥量と等量まで増肥し、基準とした。ただし、実際のK施肥量はタマネギにおいて述べたように、土壌診断に基づき補正するものとした。

結球野菜・ハクサイに対するN施肥の1つの特色として、追肥の効果が上げられる(第63図)。

第70表 ハクサイに対するN・P肥沃度別3要素施肥量

N肥沃度	P肥沃度			施肥要素 (kg/10a)	
	Truog-P量 (mg P_2O_5 /100g)	50mg以下	50~130mg		130mg以上
熱水抽出性N量 (mg/100g)	5mg以下	20	20	25	N
		30~50	15~30	0~15	P_2O_5 K_2O
	5mg	15	15	15~20	N
		30~50	15~30	0~15	P_2O_5 K_2O
	10mg	20	20	25	K_2O
		10	10	10	N
10mg以上	30~50	15~30	15~30	P_2O_5 K_2O	
	20	20	25	K_2O	

注) K施肥量は、低N土壌(熱水抽出性N 5mg以下)を標準に、N施肥量と等量とし、N肥沃度の向上に伴う、N減肥に連動させないものとする。

この点、タマネギと異なり、結球直前の追肥は、同量を全量基肥として施用する場合よりも、常に高収を示した。しかし、1回の施用量が多すぎると、栄養生長はおう盛になるが、結球割合が低下し、収量（結球部）は減少した。特に、高N土壌におけるN多量追肥は顕著な減収をもたらした。そのため低N土壌に対しては、1回の追肥量を5~10kg/10a程度、高N土壌に対しては5kg/10a以下が妥当と考察した。

このようにタマネギ・ハクサイのような結球野菜の共通点として、生育後半の多N条件（N追肥条件）が、葉部の生長と収穫部位の生長との間に、光合成産物の競合を生じせしめ、減収要因となる点を指摘し得た。取りわけ、直接結球型のタマネギにおいては、間接結球型のハクサイより、強くその影響を受け、追肥は危険性が高く、全量基肥施肥とした。それに対しハクサイの場合は、過剰のN供給にならない範囲のN追肥が必要不可欠であった。

なお、N施肥量が降雨の影響を受けることは当然であるが、特に、粗粒質火山性土（千歳試験地）においては、本試験の範囲内においてもN増肥の必要性が認められた。しかし、基肥増量は濃度障害による欠株の増加をもたらすので¹⁴⁹⁾、その恐れのない範囲内として、残余はN追肥の回数増加による増量を考慮すべきと考えた。

同様な配慮は、一般の沖積土においても求められ、定植後の降雨量に応じ、追肥量を増量する必要があるものと考察した。この点については残念ながら、本試験の範囲内から明らかにすることが出来ず、土壌タイプ別に、降雨による溶脱量を明らかにし、施肥基準を補正する方式の確立が、今後の課題と思われる。

4. トマト（栄養生長・生殖生長

同時進行型野菜）に対するN施肥法

トマトに対する施肥適量は多い方とされ、N施肥量が30kg/10aを超えると速水・松村⁴³⁾は指摘し、久富・藤本⁴⁵⁾や松村¹²⁰⁾も同様な結果を報告している。それに対し、蟻川・大木⁸⁾、郷間³³⁾はこれらと逆に、トマトに対する施肥適量

を3要素とも20kg程度とし、これ以上は過剰施肥であると指摘した。このような施肥適量の違いは、①作型と結びついた栽培条件の相違、②栽培期間の長短及び目標収量の多少、そして③作物側の主体的能力・苗素質の違い^{44,46,209)}に起因するものと考えた。

トマトの生育・収量に及ぼすN栄養の影響について、Kraus and Kraybill¹⁰⁷⁾やHowlett⁶⁶⁾はN過多条件が体内のC/N比を低下させ、栄養生長過多と開花・結実不良をもたらすと指摘した。一方、景山⁸⁵⁾、巽²²²⁾は育苗段階の検討から、トマト苗の形態的特徴が苗体内のC/N比を中心とした栄養生理的状态を反映していることを明らかにし、苗素質の表現型として葉/茎比、茎葉重/草丈比を提唱した。これら苗素質と本ぼ定植後の栄養生長との関係について検討した久富・藤本^{44,45,46)}は、葉/茎比の大きな若苗ほど定植後、葉が大きく茎が太くなり、茎葉重/草丈比が増加し、収穫期が遅れることを報告している。

一方、トマトに対する好適水分条件は沖森¹⁴⁴⁾によるとpF1.6の多水分であり、竹下²²¹⁾もN施肥量と水分条件の組合せで検討した結果、多水分条件ほど生育・収量が向上するが、N用量との関係はあまり明確でないとした。しかし、著者らの検討によると、pF2.0以下の多水分条件では軟弱果（生理障害果）が多発し¹⁷⁷⁾、かん水施設の未普及をも考慮すると、pF2.0~2.3程度の水分条件が妥当と考えた^{174,184)}。また、かん水条件（pF2.0~2.3）ではN40kg/10aが、無かん水条件ではN20~30kg/10aが施肥適量であり¹⁸⁴⁾、基肥N量はかん水条件で20kg/10a、無かん水系列で15kg程度との結果を得ている^{178,187)}。

そこで、①全量基肥でスタートする土壌中無機態N漸減型の施肥法A及びDを基本に、②生育の前半及び後半に無機態N量の増加がみられるV字型の施肥法B、③一定水準維持型の施肥法Cの3タイプを設定し、トマトの栄養生長と果実の着果・肥大にとって土壌中無機態N量をどのように推移させるのが望ましいか、かん水条件、苗素質との組合せで検討した。

結果を総括するならば、処理としての①かん水

条件、②苗素質、③N施肥法は、この順にその影響力が弱まった（第65表、第66表）。そして、これら3要因が、Nの吸収を主軸として、養水分の吸収を左右し（第67表）、栄養生長の量と質を決定するものと考察した。すなわち、N・P吸収量の多いものほど栄養生長量が増加するばかりか、草姿にも明らかな差異が生じ、そのような栄養生長の質的な違い（草姿）を表現する指標として、茎葉/草丈比を適用したところ、果実の着果、熟期の早晚（残果数）との間に一定の傾向が認められた（第67図）。なお、茎葉/草丈比の増加は、本試験の範囲内では着果数の増加をもたらす反面、熟期の遅延による残果数の上昇をうながし、かつ、尻ぐされ果の発生も高めるため、実際の収穫果数は減少する場合が多かった。

かん水処理についてみると、試験が干ばつ年に行われたため、無かん水系列の養水分吸収が著しく抑えられ、かん水系列に比べ栄養生長が劣るばかりか、果実の着果・肥大が阻害され、収量が激減した（第65表）。また、乾燥条件による尻ぐされ果の多発も収量低下の大きな要因となった。一方、かん水処理は追肥されたNを効果的に根域まで押し下げるため、効果の発現が促進されるものと考察した。

ところで、苗素質の影響についてはすでに報告^{177, 180, 187, 192)}したところであるが、本試験の範囲でも葉/茎比の大きな若苗ほど、明らかに養水吸収がおう盛で、栄養生長が質・量とも過多傾向となった。そのため熟期の遅延による残果数の増加、尻ぐされ果の多発などによって、収穫果数が減少し、収量が低下していた（第66表）。しかし、若苗系列は防除を徹底し、収穫期間を延長するなら、収量が向上し、長期収穫で良好な結果が得られる可能性が認められた。事実、府県における長期多段どり栽培において、育苗日数40～45日の若苗が利用されている²⁵⁾。

そこで、苗素質別にN施肥法を取りまとめるなら、①老化苗は定植後の栄養生長が抑えられ、着果数も少なく、果実肥大も抑制される傾向にあるが、比較的短期間に一定の収量を上げるのに有効であり、かん水（pF2.3）条件ではN40kgを分施

し、土壌中の無機態N量を一定水準に維持する施肥法Cが、無かん水条件では基肥15kg+追肥15kg（施肥法B類似）が妥当と考えた。

②適期（中）苗は、栄養生長過多傾向になるのを防ぐため基肥Nを抑えた施肥法Bまたは類似の基肥15kg+追肥15kgが適当と思われた。

③若苗は栄養生長過多となりやすく、そのため収穫果数が減少し収量が低下しやすい。しかし、長期間収穫をねらう作型では、若苗を利用し得る場面が十分に考えられる。そこで、水分条件・施肥とも抑え気味にして、基肥N量を15kg程度とし、栽培期間に応じ、栄養生長量を適正範囲に維持しながら、5～10kg程度の追肥を行うことが妥当と考察した。なお、適正栄養生長量は、収穫開始時の1株乾物重が80～120g程度で、草丈（cm）と葉数（枚）と地ぎわの茎径（mm）をかけ合せた生育指標（G・I）は $4.0 \sim 7.0 \times 10^4$ 程度であった^{192, 197)}。

以上の結果から考察するならば、速水・松村⁴³⁾、久富・藤本⁴⁵⁾、松村¹²⁰⁾のN施肥量が30kg以上との指摘は、老化苗あるいは長期収穫（若苗の場合も含め）の場合に相当し、ハウス及びトンネル・マルチ栽培に対する施肥量がこれに該当した¹⁸⁴⁾。一方、蟻川・大木⁸⁾、郷間ら³³⁾のN施肥適量20kgという考え方は、若苗あるいは短期栽培（低段密植栽培をも含む）の場合に当てはまり、栽培期間の短い露地栽培トマトの施肥量がそれに近かった。

最後に、栄養生長・生殖生長同時進行型野菜・トマトに対するN施肥の特徴として、土壌中の無機態N量を一定に維持するN連続供給の必要性を指摘しておく。この点は、キュウリにおいても同様で、定植後30日目、収穫終了時とも、無機態N量が10mg/100gを切ると、着花・果数が減少し、収量低下が生ずることをすでに報告している¹⁰¹⁾。ただし、N過剰施用は栄養生長過多となり、トマト・キュウリとも、いわゆる“木ボケ”、“ツルボケ”となり、収量、特に上物収量が低下する。

5. 総 括

土壌の肥沃度と野菜の栄養生理的特性に対応した施肥と肥培管理法の確立を図るべく、①栄養生

長型野菜（いわゆる葉菜－ホウレンソウ）、②結球野菜（直接結球型－タマネギ、間接結球型－ハクサイ）、③栄養生長・生殖生長同時進行型野菜（いわゆる果菜－トマト）について検討した。

栄養生長の最盛期に収穫する栄養生長型野菜は、収穫時点まで作物としての活性を保つことが必要で、そのため収穫跡地に、無機態N残存量が5 mg/100g以上必要であった。これを切る場合は、葉色の退色など品質の低下と上物収量の減少が認められた。そのためN施肥量は必要な残存N量（補償量）に溶脱量を考慮し、N・P肥沃度に対応して、土壌診断に基づき決定するものとした。なお、P施肥量はP肥沃度の向上に伴い減肥し、N施肥量はN肥沃度の高まりに対応して減肥し、P肥沃度の上昇につれ増肥するものとした。すなわち、P過剰蓄積による生育抑制・収量低下が認められる中・高領域適応性野菜であるホウレンソウにおいては、P蓄積の進行に対応してN増肥効果が生じ、NとPの相互作用が認められた。

それに対し、結球野菜のタマネギは、P過剰蓄積による収量低下が認められる点はホウレンソウと同様であり、蓄積P量の増加に対応してN増肥効果も確認し得た。そのため、N施肥量はN肥沃度のみならず、P肥沃度の影響も受け、一方、P施肥量はP肥沃度に対応して決定した。ところで、タマネギにおいては生育後半（球肥大期）の多N条件は、光合成産物の競合が生じ、球肥大を抑制した。そのため、追肥は行わず全量基肥とすることにし、収穫時に土壤中残存N量は必要としないものと考察した。

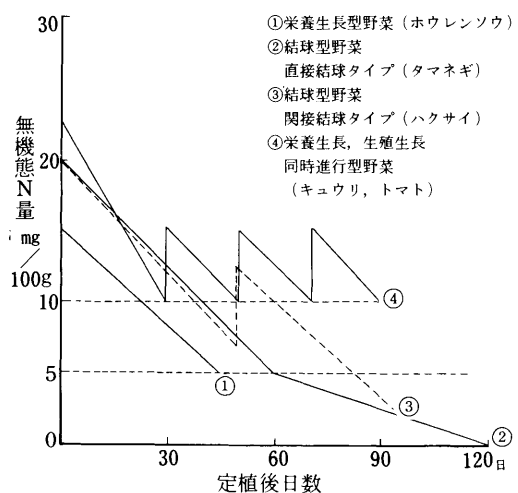
同じ結球野菜でもハクサイの場合は、蓄積P量に対し広域適応性を示すため、P蓄積の進行に伴う生育・収量低下は認められず、N増肥効果も確認し得なかった。そのため、N、P施肥量はN肥沃度及びP肥沃度に、各々独自に対応して決定した。なお、ハクサイはタマネギと異なって、結球前の追肥は必要不可欠であった。しかし、N過剰追肥は結球割合の低下を通じ、減収となるため、避けるべきである。ただし、生育末期まで若干の残存N量が必要と推察した。

一方、栄養生長・生殖生長同時進行型野菜・ト

マトは、本来的に多年性作物であり、収穫打ち切りが人為的な経営の問題として決定されるため、収穫終了時まで作物としての活性を維持することが必要で、そのため施肥成分（主としてNとK）の連続供給が望ましく、分施肥施肥法が妥当と考察した。

以上の結果から土壤中無機態N量の推移を模式化して取りまとめると、第68図のようになる。すなわち、①栄養生長型野菜は存続期間が短いので、基肥重点施肥で、土壤中の無機態N量は生育期間中漸減するが、収穫時に5 mg/100g以上残存N量が存在することが望ましい。②結球野菜の内、直接結球型のタマネギは、全量基肥施用で、無機態N量は漸減し、定植後90日後（球肥大始）に、3～4 mgの残存N量があれば、収穫時には残存N量を必要としない。③結球野菜の内、間接結球型のハクサイは、基肥＋追肥型施肥で、無機態N量は漸減するが、定植後50日目頃の追肥によって一度増加し、その後再度漸減するが、残存N量が零になる前に収穫する。④同時進行型野菜のトマト・キュウリは、追肥重点型施肥で土壤中の無機態N量を10mg/100g程度に維持する、ことが妥当と考察した。

ところで、ハウス栽培キュウリ¹⁰¹⁾及びホウレンソウの2作、3作目栽培に当って、残存N量を



第68図 野菜の群別と望ましい土壤中無機態N量の推移

評価し、それに対応して基肥量を決定する方式を確立したが、その運用に際して、土壌及び肥料形態別に、EC値と無機態N量の関係を事前に検討しておく¹⁰¹⁾、府県においてイチゴ¹⁰⁰⁾やセルリー⁹¹⁾で試みられているように、EC値より残存N量を推定する方式が簡便で実用的と思われる。

塩基資材の施用法を中心とした肥培管理については、好石灰作物ハウレンソウを対象に検討し、土壌の塩基蓄積状態に合せた資材施用法を確立した。すなわち、塩基交換容量の大小で、土壌を3区分(CEC 7～15m・e, 15～25m・e, 25～35m・e/100g)し、各交換容量段階別に各塩基の適正基準幅を設定した。その上で、①適正基準領域に達しない範囲を欠乏領域とし、そのようなほ場に対しては、原則として塩基資材を適正基準幅の中間値まで施用するものとした。なお、資材の施用

は2つの場合に分けて、新規造成畑に対しては、土壌改良を目的に、最低限20cm以上を対象土層とし、前年秋に施用すること、その時のCa資材の施用量は、CaOとして200～300kg/10a以下とした。一方、経年畑に対しては、欠乏した成分の再補給を目的に、春施用で対応し、1回のCaO施用量は50kg/10a以下とした。

②適正基準幅におさまる土壌(適正領域)に対しては、北海道施肥標準を適用し、望ましい現状の維持に努めるものとした。一方、③適正領域を超えるが、各塩基別に設定した上限飽和度に達しない範囲を過剰領域とし、施肥・資材の施用を減量するものとした。さらに、④上限飽和度を超える範囲を障害領域と規定し、資材の施用を中止するものとした。