

Ⅳ タマネギの生育収量に及ぼすりん酸施肥および土壌りん酸肥沃度の影響

タマネギはりん酸施肥反応の高い作物として知られ^{54,64)}、古山・南¹⁸⁾は新畑の生育障害や低収性はりん酸吸収不足によるもので土壌 TRUOG-P 含量を $80\text{mg P}_2\text{O}_5/100\text{g}$ 以上に高める必要性を指摘し、りん酸多施による熟畑化技術²⁹⁾の導入が本道タマネギの生産性を著しく向上させた。しかし近年タマネギ畑のりん酸蓄積が著しく進みしかもりん酸施肥はなお多量であり、また蓄積の著しく高い段階ではむしろ生育収量に対しての抑制的に働いている実態を明らかにした (第Ⅱ章)。

そこで本章においては土壌改良的な多量のりん酸連年施用が生育収量に及ぼす影響や生育収量に最適な土壌有効態りん酸含量の範囲を明らかにし、過剰りん酸蓄積による障害性の要因を検討するとともにりん酸肥沃度別のりん酸施肥基準の設定を試みた。

なお本研究ではりん酸肥沃度の指標として TRUOG-P 含量を用いた。TRUOG法は畑土壌のりん酸肥沃度の指標として十分でなく^{82,85)}、BRAY-2法が良く適合する^{70,119)}という報告もみられる。しかし南ら⁷⁷⁾は本道の非火山性土では TRUOG 法が適合性の高いことを認めており、さらに従来から野菜に関する研究は TRUOG 法が多く用いられ本道をも含め各地域の土壌診断基準にも利用されているので、本研究も TRUNG 法によって行なったものである。

1. りん酸多量施肥が生育収量に及ぼす影響

(1) 試験方法

1972年秋に新畑改良のためりん酸 (P_2O_5) 110 kg/10a・米糠 ($\text{N}2.5\%$, $\text{P}_2\text{O}_54.6\%$) 100 kg/10a

Table 27. Effect of heavy application of phosphorus on growth.

Year	Treatment	Item	Date investigated and growth stage (Upper 1974, Lower 1975)				
			Beginning of top growing (— June9)	Active top growing (June25 —)	Beginning of bulbing (July4 July9)	Active bulb developing (July22 —)	Beginning of lodging (— Aug. 5)
1974	Control	Height cm	—	46.6	60.8	77.8	—
		No. of leaves	—	5.8	8.6	8.3	—
		Growth index	—	270	523	645	—
	Heavy P applied	Height cm	—	50.1	66.1	78.3	—
		No. of leaves	—	6.0	9.0	8.3	—
		Growth index	—	300	595	650	—
1975	Control	Height cm	25.7	—	68.9	—	72.3
		No. of leaves	4.3	—	7.9	—	7.8
		Growth index	111	—	544	—	564
	Heavy P applied	Height cm	27.3	—	69.8	—	67.2
		No. of leaves	4.8	—	8.3	—	6.8
		Growth index	131	—	579	—	457

を施用して造成した北海道立中央農業試験場内圃場で、1973年より窒素20kg・りん酸 (P_2O_5) 40kg・加里 (K_2O) 20kg/10aを標準施肥としてタマネギ栽培を開始し、その一部に対してさらに2か年改良資材としてりん酸110kg/10aを上積み施用してりん酸多量施用の効果を試験した。標準区およびりん酸多量施用区のそれぞれの処理第1年次(1974年)のりん酸施用総量は、米糠中のりん酸を除外して P_2O_5 110+40+40(計190)kg/10aおよび110+40+110+40(計300)kg/10aであり、処理第2年次(1975年)はそれぞれ計230, 450kg/10aである。

供試肥料は硫安・過石・硫加を用い、耕起後に土壤改良資材とともに全面散布しローターベーターで深さ15cmに攪拌混合した。試験区は1区12m²乱塊法4連制で、「札幌黄」を供試品種として標準耕種法に基づき60日前後の標準苗を5月中旬に定植した。栽植密度は33,333株/10aである。

供試圃場の試験開始前の土壌化学性は前章Table 12に記載したとおりである。

(2) 試験結果

生育状況を見ると(Table. 27),りん酸多量区の初期生育は2か年とも標準区より良好で、球肥大始めまで葉数は明らかに多くG.Iも大きかった。しかしその後は標準区との差は判然とせず、2年

目の生育をみると倒伏始めにはむしろ生育が劣った。

また、りん酸多量区は乾物重増加が速やかであるが、球肥大期に入って地上部の衰退が早まり葉の褪色が早く、凋落的な早期倒伏がみられた(Fig. 29)。このためりん酸多量区は球の肥大が十分でなく、倒伏始め以降の乾物重増加は標準区より劣っていた。

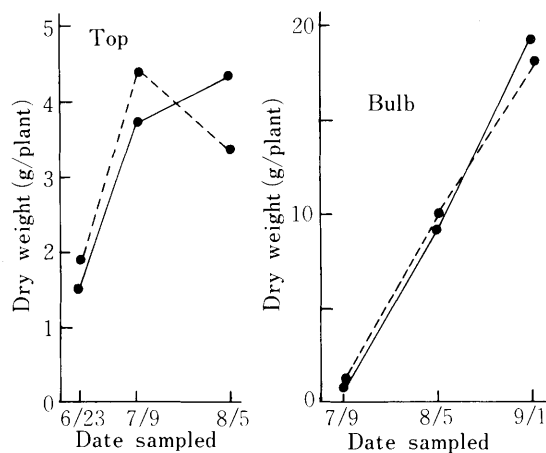


Fig.29. Effect of heavy application of phosphorus fertilizer on the growth of onion(1975).

Note {
 ●—● Standard application plot.
 ●---● Heavy application plot.

収量や規格内球数・平均球重などはTable.28のとおりである。

Table 28. Effect of heavey application of phoshorus on yield and yield components.

Year	Treatment	Marketable		Percentage of large bulbs %	Mean weight of a bulb g	No. of rotten and missing ×100/10a
		Yield kg/10a	No. of bulbs ×100/19a			
1974	Control	4,472	208	73.8	215	119
	Heavey P	4,086	198	66.8	207	129
1975	Control	3,907	222	55.4	176	100
	Heavey P	3,438	218	42.0	158	107

1975年は規格内球数が多いのにもかかわらず球の肥大が不良なため低収となったが、各年ともりん酸多量区は標準区より低収で、とくに球肥大が不良であった1975年はりん酸多量区のL球率や平均球重が劣り低い収量となった。

収量と平均球重や欠株・腐敗との関係を見ると(Fig.30), 収量は平均球重の低下や欠株・腐敗球増加(規格内球数減)に伴ない減少するが、りん酸多量区は球肥大の不良とともに欠株・腐敗が増加し減収につながったことが明らかである。

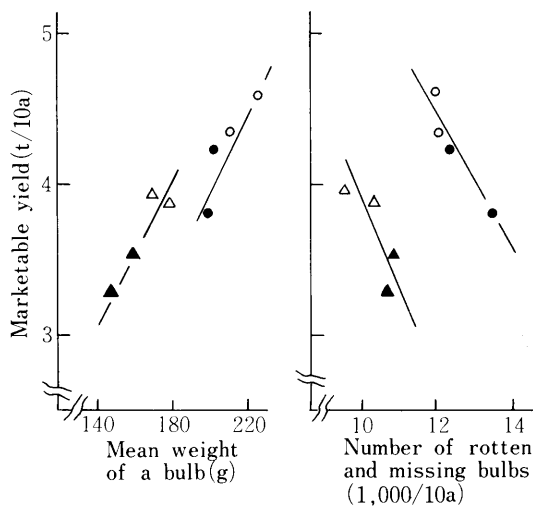


Fig.30. Relation between yield and mean weight of a bulb and number of rotten and missing bulbs.
Note { ○△ Standard application plot (1974, 1975)
●▲ Heavy application plot (1974, 1975)

次に畦間の表層10cmから採取した土壌の化学性を Table 29に示した。

TRUOG-P 含量はりん酸多量施用によって著しく高まり、生育期間中の土壌ECも明らかに高かった。土壌ECの上昇は多量の過石施用によって生じたと推測されるが、このEC上昇がりん酸多量区における欠株・腐敗多発の原因とみなすことができる。

さらにタマネギの養分含有率および含有量を Table 30に示した。りん酸多量施用により葉部のりん酸含有率は顕著に高まり、またその良好な初期生育を反映して3要素含有量とくにりん酸含有量の増大が著しかった。しかし球肥大期以降の生育が急速に衰えたので葉部りん酸含有量は標準区より少なくなり、窒素・加里含有量も著しく低下し球部への移行が速やかであった。このような傾向は処理第1年次(1974年)には第2年次よりも顕著でないが同じようにみられた。球部の含有量に

Table 29. Seasonal change of soil electric conductivity and inorganic nitrogen content in the early growth stage, and other chemical properties of soil after harvest.

Treatment	Electric Conductivity mmho/cm			Content of inorganic N mg/100g			TRUOG-P P_2O_5 mg/100g	Exchangeable base mg/100g			CEC me/100g
	May24	June9	June25	May24	June9	June25		CaO	MgO	K ₂ O	
Control	0.40	0.32	0.39	4.87	4.84	1.87	94	131	60	33	16.7
Heavy P applied	0.77	0.53	0.75	5.03	4.93	1.20	141	192	64	35	17.2

については、りん酸多量区は球の肥大が早まったので球肥大期まで各要素とも多かったが、とくにりん酸含有量の増大が目立った。しかし倒伏始め以降の総含有量は、りん酸多量区の窒素・加里については逆に標準区より低下している。なお収穫時の分析は1974年のみ行なったが、りん酸含有量は標準区より多いが窒素含有量の低下が大きかった。

以上の結果から、りん酸過剰施肥や土壌りん酸の多量蓄積条件ではタマネギのりん酸吸収が旺盛となり生育も良好となるが、球肥大が早まって球肥大期の地上部衰退が急速で倒伏が早まり、球肥大が抑制され減収となる傾向があるものと思われる。

(3) 考 察

りん酸蓄積土壌ではりん酸施肥効果が低下する⁵⁵⁾ので、りん酸施肥効果がみられない場合が多い^{58,130,131)}。一方、作物のりん酸過剰障害については、りん酸の過剰吸収に伴う微量元素の吸収・移動の抑制や障害をその要因とする報告は少なくない^{7,47,54,92,121,122)}、実際の農家圃場においてりん酸過剰による生理障害や減収などの事例についてはほとんど明らかにされていない。河森ら⁶²⁾は、TRUOG-P 含量が800mg P_2O_5 /100gの極端な高りん酸土壌でなおりん酸(P_2O_5)200kg/10a以上の施肥が行なわれている事例があることを指摘しているが、その場合でも直接的な障害は明らかにされていない。したがって関係者はこのようなりん

Table 30. Changes of N·P·K contents in plant by heavy application of phosphorus.

Year	Item	Part	Treatment	June 23 Active top growing stage			July 9 Beginning of bulbing			August 5 Beginning of lodging		
				N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1975	Percentage %	Top	Control	3.66	0.68	5.18	3.75	0.77	5.39	2.42	0.91	2.22
			Heavy P	3.44	0.88	4.69	3.25	0.89	5.22	2.46	1.11	2.32
	Amount of absorbed mg/plant	Bulb	Control	—	—	—	1.57	0.78	2.22	1.38	0.84	1.92
			Heavy P	—	—	—	1.61	0.79	2.32	1.34	0.92	1.96
		Top	Control	50	9	71	135	29	194	105	40	196
			Heavy P	62	16	85	143	40	230	82	37	143
1974	Percentage %	Bulb	Control	—	—	—	16	7	20	112	68	156
			Heavy P	—	—	—	30	15	43	122	84	179
	Amount of absorbed mg/plant	Total	Control	—	—	—	151	36	214	217	108	352
			Heavy P	—	—	—	173	55	273	204	121	322
	Percentage %	Top	Control	2.32	0.80	4.63	2.29	0.56	4.71	—	—	—
			Heavy P	2.69	0.94	4.65	2.53	0.67	4.79	—	—	—
1974	Percentage %	Bulb	Control	—	—	—	0.92	0.61	1.87	1.82	0.85	2.43
			Heavy P	—	—	—	0.93	0.72	1.90	1.78	0.99	2.40
	Amount of absorbed mg/plant	Top	Control	46	16	93	187	45	383	—	—	—
			Heavy P	63	32	109	199	52	376	—	—	—
		Bulb	Control	—	—	—	76	52	157	409	191	545
			Heavy P	—	—	—	79	61	163	385	215	521
1974	Amount of absorbed mg/plant	Total	Control	—	—	—	263	97	540	—	—	—
			Heavy P	—	—	—	278	113	517	—	—	—

酸過剰蓄積については危惧の念を抱きながらも、窒素や加里のように多量施用の障害が現われ難いために農家経済や有限資源の有効利用の面からのみその歯止めを行なっている¹²⁹⁾にすぎない。

しかしりん酸蓄積土壌におけるりん酸多量施用の影響を検討した結果、りん酸多量施用による収量低下を認め、りん酸過剰吸収による球の肥大抑制と欠株・腐敗の多発による規格内球数の減少がその減収要因であることが明らかとなった。

球肥大の抑制については生育の異常促進が原因したものと考えられ、このような蓄積条件でも初期生育は明らかにりん酸増施によって旺盛となり球肥大も早まったが、球肥大後半の凋落的生育によって球の肥大が抑制される結果となった。

りん酸多量施用は栄養器官生長から生殖生長あるいは貯蔵器官発達への転換を早めることが一般的に知られている。早川²⁵⁾は馬鈴薯のストロン発生はりん酸多施によって早まりかつ多くなるが、

その一部は塊茎肥大期には減少してかえってりん酸少肥区よりも塊茎数が減ずることを報告している。また三宅・宇野⁸³⁾はりん酸多量施用がタバコ出葉速度を早め品質を悪化させることを認め、武井ら¹¹¹⁾はキュウリの早収化を報告している。

上記のりん酸多量施用によるタマネギ生育相の異常促進は養分吸収の不均衡によるものと推測される。この不均衡には微量要素の吸収移動阻害との関連も考慮すべきであるが、この点に関しては不明である。しかし本研究におけるタマネギ球部のりん酸含有率は既往の文献^{18,128,131,132)}と対比して同等かそれに近い値であり、一般的な栽培に比しても異常に高い値ではなかった。

なおりん酸多施によってタマネギの初期生育が旺盛となる現象は極めて明瞭であり、このことが慣行栽培の場面でりん酸増施を一そう進めたばかりでなく施肥量全体を著しく高めた原因と考えられる。すなわち、りん酸増施による生育促進効果は顕著であるが、古山・南¹⁸⁾が既に指摘しているようにリン酸のみの増施は後半の生育凋落を招き窒素を増施することによって凋落的傾向が緩和されるので、りん酸増施は必然的に窒素増施に向かうことになる。また慣行施用肥料は化成肥料が用いられているので、りん酸増施は窒素・加黒の増施を伴うことになる。しかし一方では多量の窒素施用は球肥大を遅らせる傾向がある(第三章)ので一そうりん酸増施を必要とし、さらに窒素過剰吸収を抑制するために加里増施を行なうという野菜施肥の一般的な考え方⁴⁴⁾もあって、ますます施肥量全体が増加したものと推測される。

次いでりん酸多量施用による欠株・腐敗の多発については、本試験ではりん酸(過石)多施による土壌E Cの上早と関連があると考えたが、りん酸過剰吸収が病害多発の直接的要因となったかどうかについては証明できなかった。しかし吉村¹³²⁾はタマネギ茎盤部りん酸集積が尻ぐされ(おそらく乾腐病とみられる)を助長すると提言し、東田・大崎²⁷⁾も多発圃は球部窒素・りん酸含有率が高いことを認めている。茎盤部りん酸集積の調査を行っていないが、現象的には吉村の指摘と同様にりん酸多量施用が乾腐病多発につながっており、

りん酸過剰吸収が何らかの機作によって乾腐病発病を助長する可能性が示唆された。

2. 土壌りん酸肥沃度と生育収量の関係ならびにりん酸肥沃度別施肥基準

(1) 試験方法

1978年に北海道立中央農業試験場内のほか道央タマネギ地帯の農家圃場13か所の現地試験地を設け、タマネギの生育収量に及ぼす土壌りん酸肥沃度の影響とともに、種々の肥沃度段階におけるりん酸施肥反応と差異を検討した。さらに1979年も農業試験場内のほかに9試験地で補足的に試験した。

試験処理はりん酸(P_2O_5)施肥量0, 10, 25および50kg/10aの4処理とし、窒素施肥量2水準(15, 25kg/10a)を組合せた8処理に、農家慣行施肥を参考区とし1区20m²、2連制で試験した。共通肥料として加里(K_2O)20kg/10aを硫加で施用し、窒素・りん酸は硫安・過石で施用した。施肥処理以外は農家慣行栽培管理とし各試験とも「札幌黄」の慣行苗を移植栽培した。定植は5月10日前後と指定したので5月6日~12日の間に行なわれたが、五十嵐試験地のみは非常に遅くなって5月19日に定植した。栽植密度は農家慣行により、30,000~33,333株/10aの範囲であった。

試験地土壌は褐色低地土を主とし泥炭土(無機質表層低位泥炭土)および灰色低地土を含んでいるが、各試験地の土壌型および土壌化学性はTable. 31に示したとおりである。

(2) 試験結果

i. 土壌りん酸蓄積量と収量の関係

タマネギの生育収量は試験地による差が大きく、1978年の10a当たり規格内収量は1.7~6.4tの範囲であった³⁶⁾。当年は定植期ごろ土壌が乾燥したが外葉伸長期は多雨の気象条件でおおむね順調な生育であったが、球肥大期以降は降雨が少なく生育が停止して球の肥大が十分でなく、作況は平年並かやや劣る年次であった。

Table 31. Chemical properties of soil in test fields.

Test field and number	Year ¹⁾		pH (H ₂ O)	Exchangeable base mg			CEC me	Base satur- ation %	TRUOG-P P ₂ O ₅ mg	Extra- cted N with hot water mg	Soil type ²⁾	History of field ³⁾
	'78	'79		CaO	MgO	K ₂ O						
① Sapporo, Iwata	○		6.58	614	79	85	25.7	107	142	4.5	B L	Mature
② Sapporo, Mandokoro	○	○	5.91	584	43	65	28.5	86	50	19.1	P	Early
③ Sapporo, Igarashi	○		6.50	986	55	77	40.1	99	195	19.4	P	Mature
④ Nanporo, Kitano early	○	○	7.21	201	108	20	12.3	106	78	2.8	B L	Early
⑤ Nanporo, Kitano mature	○	○	7.15	373	92	59	13.9	138	113	2.9	B L	Mature
⑥ Naganuma, Shimomura	○	○	6.40	324	103	18	13.5	70	28	2.8	B L	Early
⑦ Exp. Stat, HP field	○	○	5.92	265	117	22	14.3	107	106	2.7	B L	Mature
⑧ Exp. Stat, LP field	○	○	6.28	248	122	21	15.2	101	73	3.0	B L	Early
⑨ Kuriyama, Kubo	○		7.12	350	160	84	22.8	98	113	3.7	B L	Mature
⑩ Kuriyama, Tomizawa	○	○	6.60	296	70	28	13.7	107	43	3.2	B L	Early
⑪ Iwamizawa, Kageyasu	○	○	5.88	429	39	41	23.9	76	110	11.2	P	Mature
⑫ Iwamizawa, Nakayama	○		6.30	384	67	25	24.6	74	31	11.5	P	Early
⑬ Sunagawa, Uesugi	○		5.80	502	82	85	30.8	77	171	8.2	G L	Mature
⑭ Naganuma, Ohtsuka	△		6.49	315	127	52	15.7	119	141	3.9	B L	Mature
⑮ Naganuma, Watanabe	△		5.94	426	103	61	15.2	142	105	4.3	B L	Mature
⑯ Sapporo, Ujiie		△	5.63	546	60	115	25.3	104	113	6.3	G L	Mature
⑰ Sapporo, Tsubono		△	5.91	577	87	112	29.0	118	158	5.1	G L	Mature
⑱ Yuni, Nyu		△	6.68	309	107	76	18.2	99	151	5.0	B L	Mature

Notes 1) ○; Regular test field, △; Referential test field.

2) BL; Brown lowland, GL; Gray lowland, P; Peaty soil.

3) Mature; Continuously cropping over 5 years.

Early; Early onion field less than 5 years cropping.

まず各試験地の収穫跡地の TRUOG-P 含量と総収量（規格内球収量および腐敗球以外の規格外球重の合計）の関係を Fig.31 にとりまとめた。なお当年の規格外球には長玉・裂皮球などの多い試験地もあったので、栄養条件と球肥大の関係を検討するため総収量によった。規格外球重は10 a 当たり 8～470kg（平均233kg）で試験地による差が大きい、総収量に占める割合は1～13%（平均5.2%）であった³⁶⁾。

全試験地各処理区の跡地 TRUOG-P 含量と総収量の関係を試験地ごとにグループ分けすると A・B 両ラインの試験地群におおまかに整理でき、各グループごとに検討すると TRUOG-P 含量の増大によって明らかに収量増加がみられる領域Ⅰ、TRUOG-P 含量が増大すると収量が低下していく領域Ⅲ、およびその中間のりん酸蓄積量と収量の関係が判然としないが収量の最も高い領域Ⅱの3つに区分できる。領域Ⅰは有効態りん酸不足領域、

領域Ⅲはりん酸過剰蓄積領域と考えられ、タマネギの収量にとって最適 TRUOG-P 含量の範囲は 80～130mgP₂O₅/100g 程度と推測される。

このようなりん酸蓄積と収量の関係は多収年である1979年においてもほぼ同様な傾向があるものとみられる（Fig.32）。当年は外葉伸長期や球肥大期の生育が旺盛で球の肥大が大きく著しい多収年となり、TRUOG-P 含量増大に伴う収量の変化は前年ほど明瞭でなかったが、基本的には同じ傾向となりりん酸不足領域や過剰領域が認められた。ただしこれらの転換点は TRUOG-P 70mgP₂O₅/100g 程度および150mgP₂O₅/100g 程度にあり、気象的に生育好適条件では栄養的な阻害要因が緩和されて TRUOG-P 適正值の上限域および下限域が拡大されたものと推測される。

ii. 収量構成要因に及ぼすりん酸蓄積の影響

次に収量構成要因に及ぼすりん酸蓄積の影響を

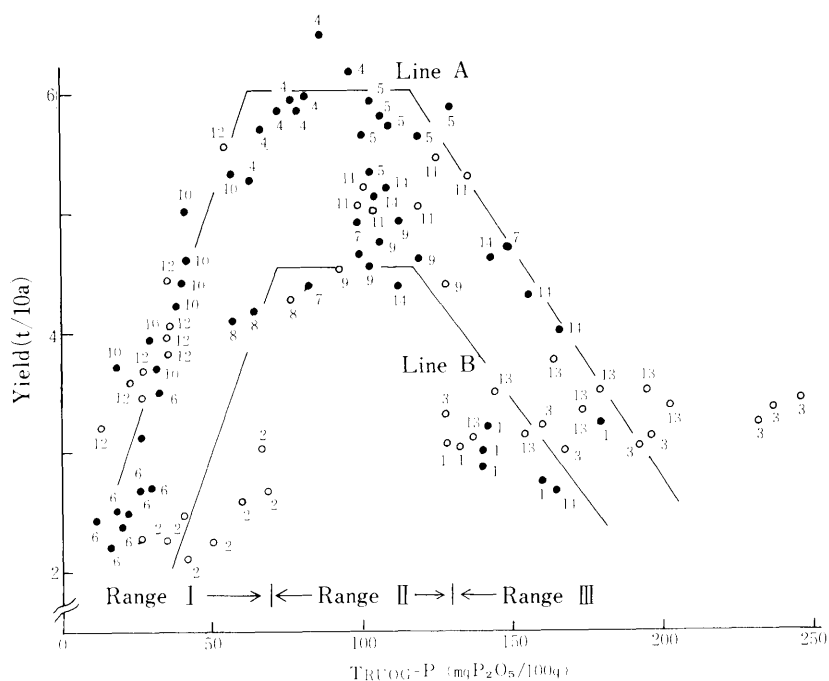


Fig. 31 Relation between TRUOG-P content in soil and yield at harvest time(1978).

Notes ● Brown lowland soil

○ Gray lowland soil, Peaty soil

Numerals in the figure indicate the field number in Tab. 31.

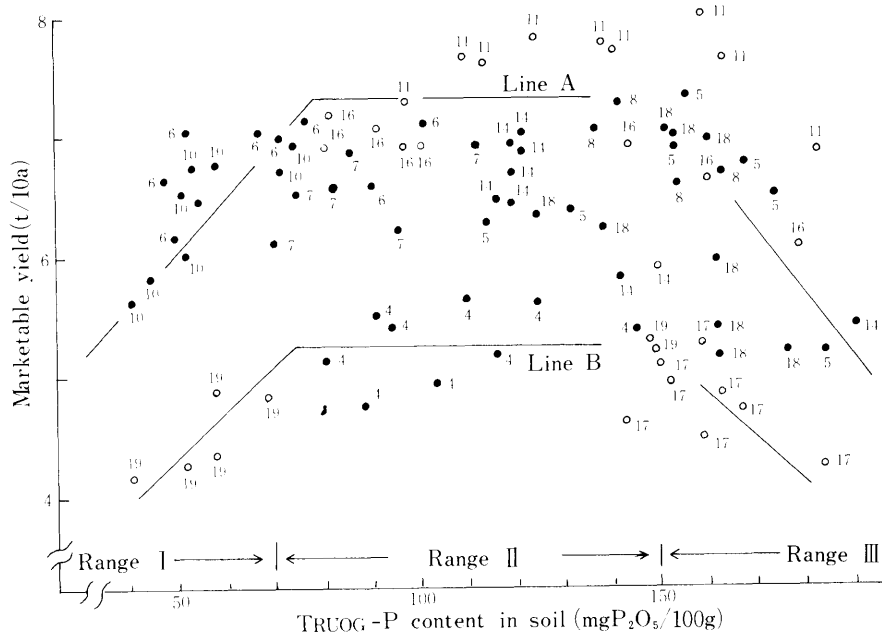


Fig. 32 Relation between yield and TRUOG-P content in soil at harvest time(1979).

Note See Fig. 31.

検討した。まず規格内球数の多少に影響する腐敗球発生割合については TRUOG-P 含量が高いほど多い傾向が得られ (Fig.33), りん酸過剰蓄積

は腐敗球を多発させ収穫球数減少によって収量を低下させる要因となった。

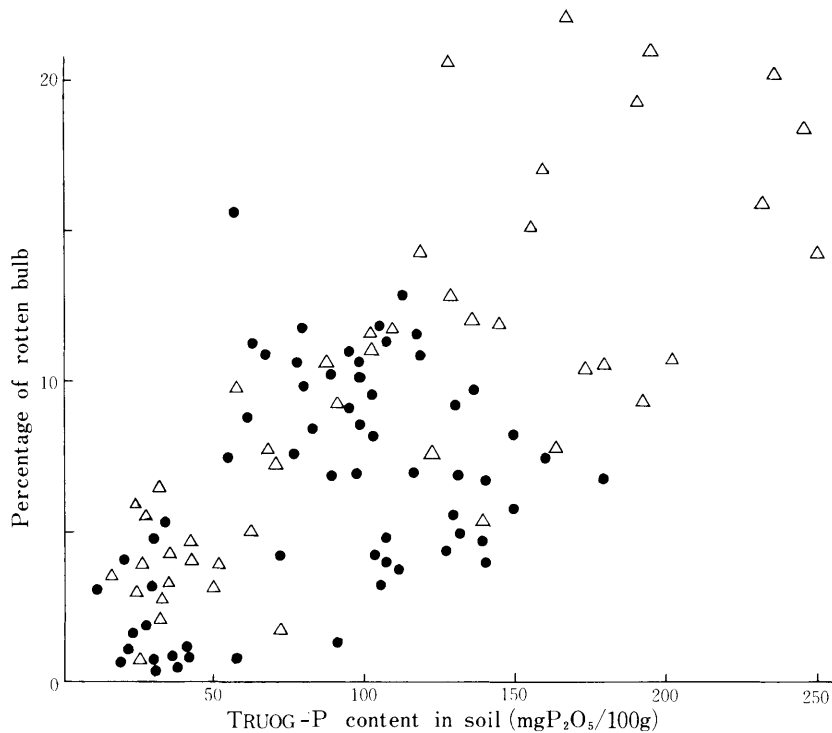


Fig.33 Relation between phosphorus accumulation in soil and occurrence of basal rot.

Note { ● Brown lowland soil
△ Gray lowland and Peaty soil

またりん酸蓄積と球肥大の関係については (Fig. 34), 全体的にみると TRUOG-P 含量が70~140 $\text{mgP}_2\text{O}_5/100\text{g}$ の範囲で平均球重が高い傾向があり, りん酸過剰蓄積や逆に不足条件では明らかに球の肥大が抑制されている。なお土壌別にみると褐色低地土では70~100mg前後までの範囲で平均球重が大きく, それを超えたりん酸蓄積条件では平均球重が低下するが, 灰色低地土および泥炭土では140mg程度まで平均球重が増加していた。褐色低地土は窒素肥沃度の低い土壌で熱水抽出性窒素³⁾ 2~4 $\text{mg}/100\text{g}$ 程度の土壌であるが, 灰色低地土 (熱水抽出性窒素5~8 $\text{mg}/100\text{g}$) および泥炭土 (熱水抽出性窒素10 $\text{mg}/100\text{g}$ 以上) は窒素肥沃度の高い土壌であり (Table 31), 窒素肥沃度によって球肥大に及ぼすりん酸蓄積の影響が異なっていた。

この点については次章で詳細に検討するが, 以上の結果からりん酸蓄積条件が収量構成要因に明らかに影響しており, 過剰蓄積土壌では腐敗による収穫球数の減少と球肥大の抑制によって減収することが認められた。

iii. 栄養生長に及ぼすりん酸蓄積の影響

栄養生長の良否とくに球肥大盛期における栄養生長量の大小は球肥大の良否と密接な関係があり, 収量・収量構成要因は栄養生長量に大きく影響される (第III章)。そこでまず全試験地の球肥大盛期の栄養生長量 (G.I) と球肥大の良否 (L球率) の関係について検討すると高い正相関 ($r=0.685^{**}$, $n=144$) が認められたが, 試験地による生育量の差は大きく (Table 32) 生育相にもかなりの違

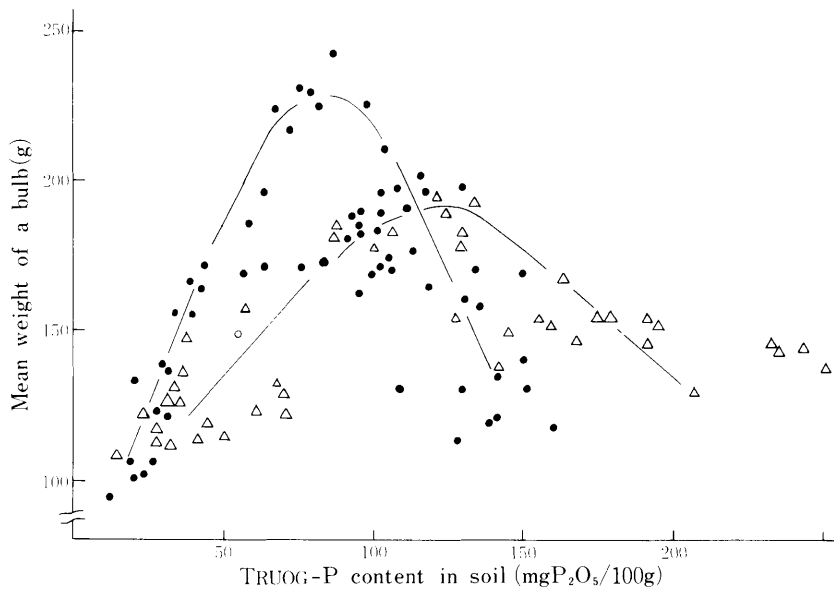


Fig.34 Relation between phosphorus accumulation in soil and development of bulb.

Note See Fig. 33.

Table 32. Changes of growth index by treatment of fertilization.

Date	Test field	Amount of N applied 15 kg/10a				Amount of N applied 25 kg/10a			
		P ₂ O ₅ 0 kg	10kg	25kg	50kg	P ₂ O ₅ 0 kg	10kg	25kg	50kg
June	16 ① Iwata	158	148	177	163	168	151	157	155
	16 ② Mandokoro	40	41	40	39	39	37	39	36
	16 ③ Igarashi	128	129	133	137	122	132	148	132
	20 ④ Kitano early	298	307	322	330	298	328	356	344
	20 ⑤ Kitano mature	298	318	295	299	336	351	358	330
	20 ⑥ Shimomura	55	75	110	196	51	68	127	174
	26 ⑦ Exp. Stat. HP	422	419	423	413	—	—	—	464
	26 ⑧ Exp. Stat. LP	341	365	390	421	351	—	—	406
	18 ⑨ Kubo	241	234	257	264	263	261	255	254
	18 ⑩ Tomizawa	81	92	107	135	75	90	107	141
	18 ⑪ Kageyasu	240	257	278	281	250	260	279	300
	18 ⑫ Nakayama	74	73	75	125	43	53	76	89
	15 ⑬ Uesugi	180	180	202	180	190	172	195	193
July	20 ① Iwata	376	392	367	376	435	422	420	443
	20 ② Mandokoro	461	435	362	431	371	399	380	308
	20 ③ Igarashi	589	591	590	671	585	582	564	543
	19 ④ Kitano early	673	721	692	769	682	776	800	801
	19 ⑤ Kitano mature	649	659	691	670	746	747	740	732
	20 ⑥ Shimomura	391	428	444	480	457	482	489	543
	24 ⑦ Exp. Stat. HP	548	558	573	534	—	—	—	567
	24 ⑧ Exp. Stat. LP	589	546	558	549	615	—	—	578
	18 ⑨ Kubo	600	591	635	571	616	650	697	625
	18 ⑩ Tomizawa	513	617	698	715	521	603	660	752
	18 ⑪ Kageyasu	710	715	722	735	699	727	738	715
	18 ⑫ Nakayama	529	539	587	736	523	598	598	631
	20 ⑬ Uesugi	452	493	451	457	465	476	498	461

いがあったので、このような生育量や生育相の差異とりん酸蓄積の関係を調査した。

6月中旬と7月中旬の各試験地各処理区のG.Iの関係からその生育相について検討すると (Fig. 35), 全体的にみると判然としないが試験地別にみると4つのグループに大別することができる。

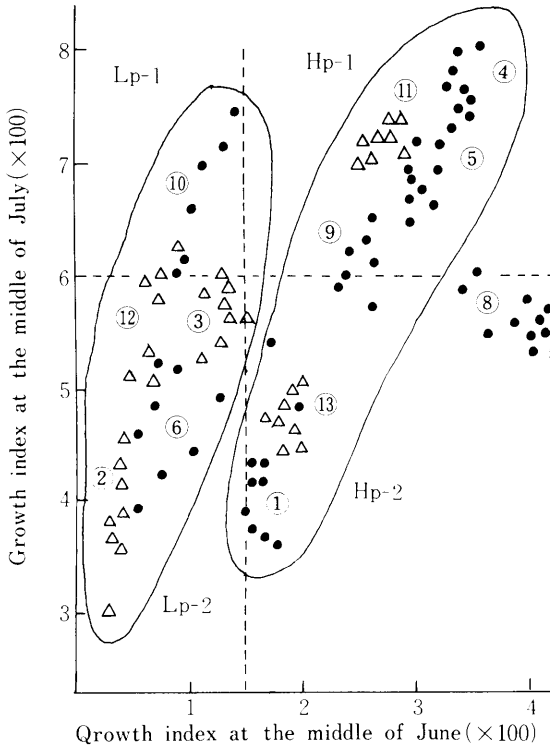


Fig.35 Relationship between change of growth index and type of growth pattern.

Notes See Fig.33, and numerals in the figure indicate the field number in Tab. 31.

Growth type

Hp-1; Vigorous growth over the whole period.

Hp-2; Declining growth in the latter period.

Lp-1; Early poor growth and vigorous in the latter.

Lp-2; poor growth over the whole period.

Growth index in the field 7 and 8 at June were measured too late (7~10 days after).

すなわち初期生育量からみるとG.I150以下で生育が抑制されたグループLpの試験地とG.I150以上の初期生育の良好なグループHpの試験地に分けられるが、さらに球肥大盛期 (7月中旬) の生育量によってこれらを2分できる。グループLp-1

は初期生育が劣るが球肥大盛期には旺盛な栄養生長となり生育ステージが遅延する傾向となる後期回復型、グループLp-2は生育が終始不良でいわゆる新畑の青立ちの生育を示す全期不良型の生育相である。これらのグループLpの試験地はいずれも施肥前の土壌 TRUOG-P 含量が $50 \text{ mgP}_2\text{O}_5/100 \text{ g}$ 以下の新畑 (②万所, ⑥下村, ⑩富沢, ⑫中山各試験地) であった。またグループHp-1は全期間を通じて旺盛な栄養生長を示す全期旺盛型、グループHp-2は初期生育についてはほぼ良好であるが後半 (球肥大期) に生育が停滞するいわゆる凋落的生育となる後期凋落型の生育相である。グループHpはいずれも TRUOG-P 含量が $70 \sim 80 \text{ mgP}_2\text{O}_5/100 \text{ g}$ 以上の試験地 (①岩田, ④北野新畑, ⑤北野熟畑, ⑨久保, ⑪景安, ⑬上杉各試験地) であった (Table 31)。なお⑧農試Lp, ⑦農試Hp試験地はTable 32に記載したようにG.I増加の著しい6月の調査が他試験地より7~10日遅いため6月のG.Iが他試験地に比して過大に計測されており、本来的にはグループHpに包含されるものと思われる。また③五十嵐試験地は前述のように定植期が1週間以上遅れたため初期生育量が小さく、グループLpライン内にあるが本来的にはグループHpに属するものと推測される。

なお初期生育の良否で区分したグループLpおよびHpのそれぞれのグループ内では、外葉伸長期 (6月中旬) の生育が旺盛なものほど球肥大期 (7月中旬) の生育が旺盛な傾向がみられている。

次にこれらの生育相と収量の関係を検討しFig. 36に示した。

全体的にみると7月のG.Iと収量には正の相関がみられ、また個々の試験地ごとにみても腐敗多発によって低収となった一部の試験地 (③五十嵐, ⑬上杉) を除いて上記の関係が明らかであった。しかし詳細に検討すると獲得された栄養生長量 (G.I) は必ずしも等質でなく生育相の差異を反映しており、G.Iが同程度であっても収量水準はFig. 36に実線で区分したように試験地によってかなり異なった。すなわち、G.I300~400および400~500の範囲でみるとHp-2がLp-2より収量が高く、G.I500~600の範囲では収量順位はHp-2 $\geq$ Lp-

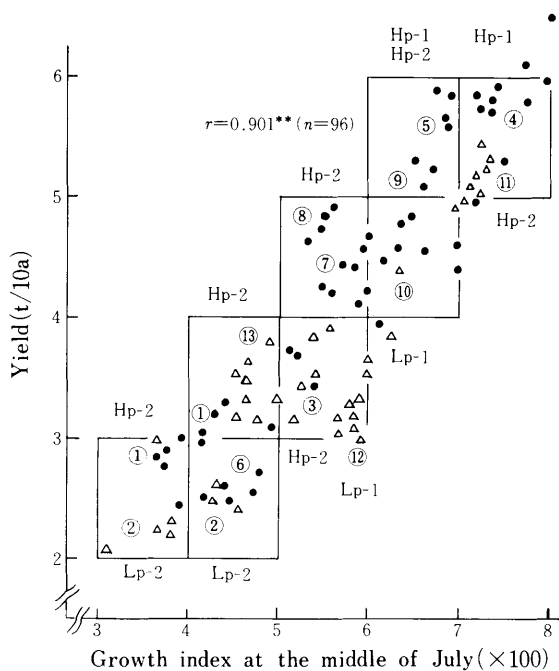


Fig.36 Relationship between yield and vegetative growth increment, growth pattern.

Note See Fig. 35.

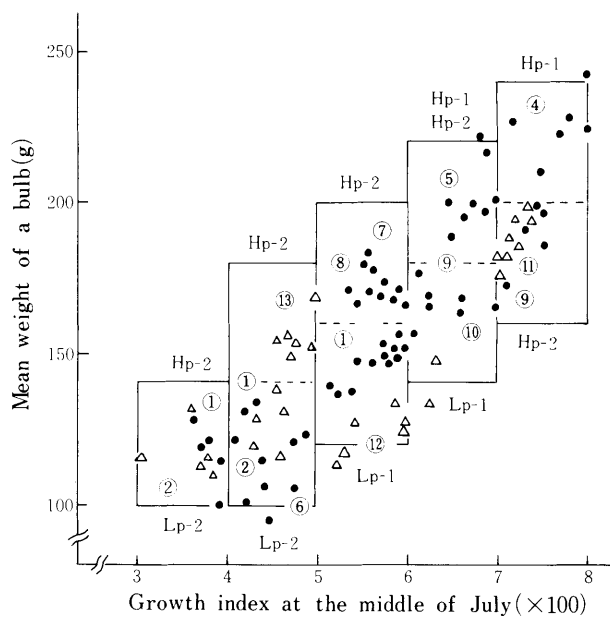


Fig.37 Relation between mean bulb weight and vegetative growth increment, growth pattern.

Note See Fig. 35.

1, 600~700の範囲ではHp-1, Hp-2 > Lp-1, 同じく700~800の範囲ではHp-1 > Hp-2 の関係があった。またこのような関係はG.Iと球肥大の間にも同じようにみられ (Fig.37), G.Iが同程度であっても平均球重はG.I300~400 および 400~500の範囲でHp-2 > Lp-2, 500~600 の範囲でHp-2 $\geq$ Lp-1 などの関係があった。

すなわち, 同一栄養生長量でも生育相の差異で表現される質的な違いが認められ, 初期生育が抑制された全期不良型 (Lp-2), 後期回復型 (Lp-1) に属する試験地は, 初期生育がある程度以上確保された全期旺盛型 (Hp-1), 後期凋落型 (Hp-2) の試験地より球の肥大が抑制され収量

が劣った。

なお上記の生育タイプ別に収量水準をみると最も安定多収なものは全期旺盛型 (Hp-1) であり, 次いで多収であるが不安定な後期凋落型 (Hp-2) および球肥大がやや劣る後期回復型 (Lp-1) となり, 全期不良型が最も低収であった。

このように収量は栄養生長の量および質の影響を受けており, 土壌りん酸蓄積量が初期生育量の大小を通じて生育相に影響を及ぼしているが, 栄養生長に対するりん酸栄養のかかわりについてさらに検討を進めた。まず体内りん酸濃度と6月中旬の初期生育量の関係を取りまとめ Fig.38に示した。

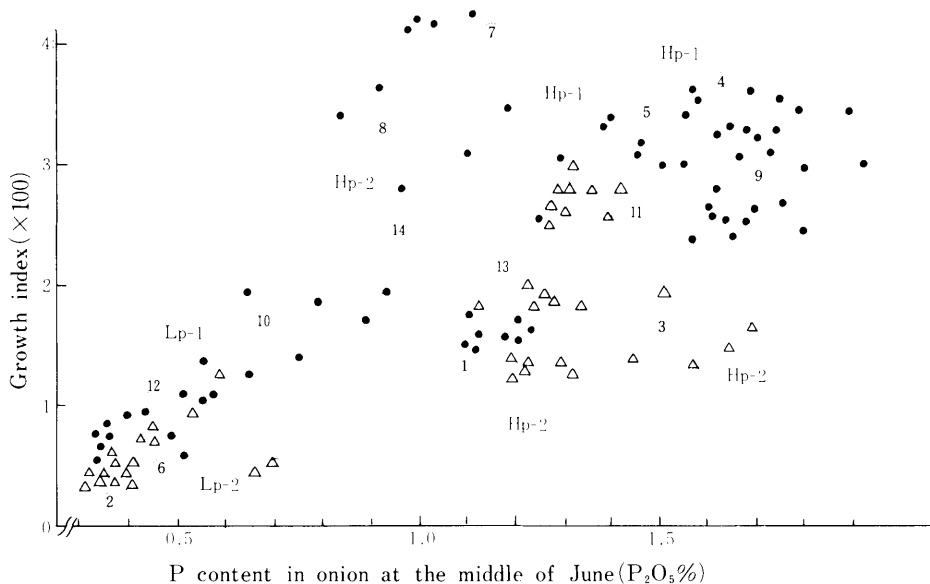


Fig.38 Relation between phosphorus content in onion plant and growth index at the top growing stage.

Note See Fig. 35.

りん酸含有率とG.Iの間には高い正相関がみられりん酸含有率の高い試験地ほど生育が良好な傾向があり, りん酸含有率は全体的にみるとLp-2 < Lp-1 < Hp-1・Hp-2の順に高かった。またTRUOG-P含量50mg P₂O₅/100g 以下の新畑 (グループLp) はりん酸含有率がおよそ0.7%以下にすぎず, 初期生育抑制は土壌の有効態りん酸不足による体内りん酸含有率の低下に起因するもの

と思われた。しかし一方ではHp-2に属する①岩田, ③五十嵐, ⑬上杉試験地は含有率が1%を超えていたがG.Iは小さく, これらが全体的に上記の相関を乱していることが注目される。

そこで土壌 TRUOG-P 含量と体内りん酸含有率の関係をみると (Fig.39), 全体として正の相関がみられ, 含有率はグループLp-2・Lp-1 < Hp-1・Hp-2 < Hp-1の順に高まっていた

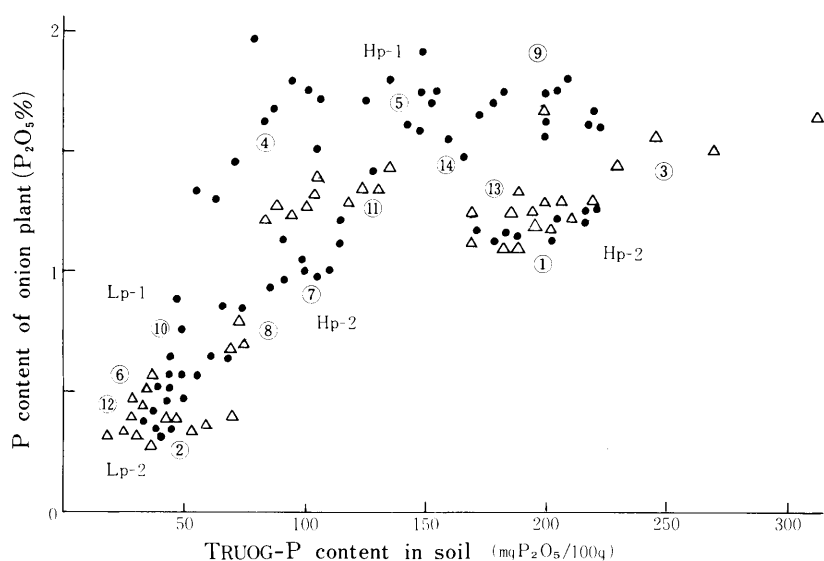


Fig.39 Relation between TRUOG-P content in soil and phosphorus content in onion plant at the top growing stage.

Note See Fig. 35.

とくに TRUOG-P 120 mg P_2O_5 /100g以下の範囲で一そう高い相関関係がみられ、前図のように①岩田、③五十嵐、⑬上杉試験地は全体の相関を乱していた。

この2つの図から前記3試験地のようになりん酸蓄積の著しい条件では体内りん酸含有率は意外に高まらず、しかも初期生育がかえって抑制される場合があることがわかった。この原因についてはりん酸過剰蓄積条件とともに他の土壌要因（水分条件や土壌EC、窒素肥沃度など）の関与があると考えられるが、この試験では明らかでなく別に検討する必要がある。

しかし Fig.38 からみると、良好な初期生育量を一応G.I200~250以上とみなした場合に、それを確保するためにはりん酸含有率を1.0~1.3%程度に高める必要があるものと考えられ、またそのためには Fig.39 から推定すると6月中旬のTRUOG-P含量は80~100 mg P_2O_5 /100g程度まで高めておく必要があると思われる。

iv. りん酸肥沃度に対応したりん酸施肥基準

りん酸蓄積状況が生育や収量に及ぼす影響を試験地全体を通して明らかにしてきたが、次に個々

の試験について先述のりん酸蓄積レベル（領域Ⅰ～Ⅲ）ごとになりん酸施肥反応の差異を検討するため、Fig.40に施肥処理区ごとの収量を示した。

生育初期は多雨であったので窒素肥沃度の低い褐色低土では窒素15kg施用系列よりも窒素25kg施用系列の方が収量が高く、逆に泥炭土・灰色低地土では窒素15kg施用系列が多収を示した。そこで泥炭土・灰色低地土については図の中に土壌型を附記し、また各試験地のりん酸蓄積レベルを収穫跡地の無りん酸区のTRUOG-P含量（mg P_2O_5 /100g）で示した。

TRUOG-P 80 mg P_2O_5 /100g以下の領域Ⅰの各試験地（⑥下村、⑫中山、⑩富沢、④北野新畑、⑧農試Lp）はいずれもりん酸（ P_2O_5 ）50kg区が最も多収を示し、窒素増施によって生育収量が著しく抑えられた②万所試験地でも窒素15kg系列では同様な傾向であった。一方、領域Ⅱに該当する⑦農試Hp、⑪景安、⑨久保、⑤北野熟畑各試験地はりん酸10~25kg区の収量が高く、領域Ⅲ（TRUOG-P含量130 mg P_2O_5 /100g以上）の①岩田、③五十嵐、⑬上杉各試験地では全般にりん酸施肥反応が大きくないが無りん酸区またはりん酸10kg

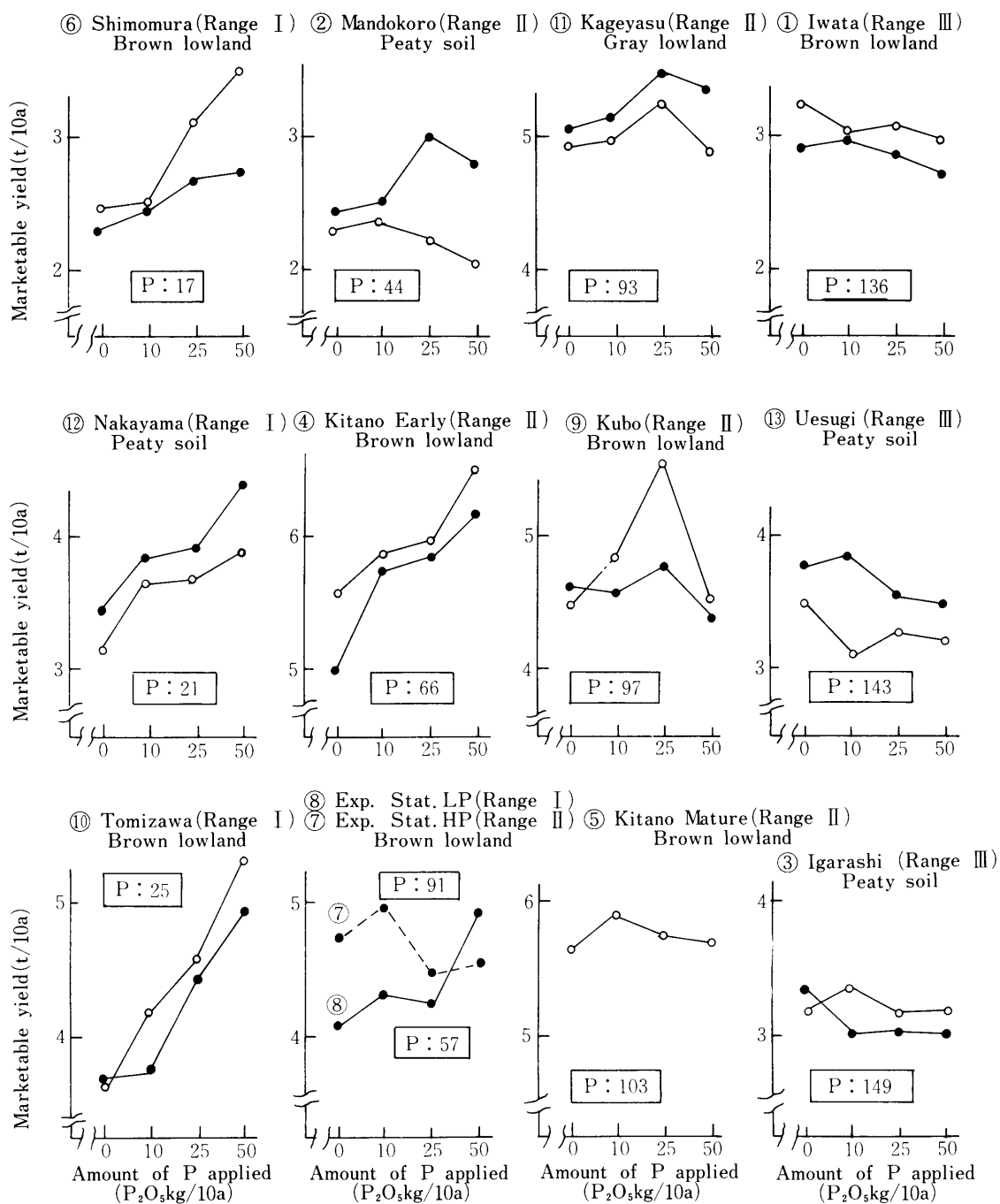


Fig.40 Effect of fertilization on the yield in various P fertility of soil (1978).

Notes { ●—● 15kg N applied
○—○ 25kg N applied

Numerals in the enclosure indicate TRUOG-P content (P₂O₅mg/100g) in soil of non-phosphorus plot.

区の収量が高く、りん酸蓄積レベルによってりん酸施肥適量が異なっていた。なお多収年であった1979年もほぼ同様な傾向がみられた。

(3) 考 察

タマネギの多収技術はりん酸多量施用による土壤有効りん酸蓄積が重要な要因であったが一方ではりん酸蓄積が異常に進んだ。そこで種々のりん酸蓄積水準の土壤について蓄積程度と生育収量の関係を試験した結果、 $\text{TRUOG-P } 80 \text{ mg P}_2\text{O}_5/100 \text{ g}$ 程度まで(領域Ⅰ)ではりん酸蓄積に伴ない生育収量が増大し古山・南¹⁸⁾の指摘とおりであったが、さらに蓄積が進み $130 \text{ mg P}_2\text{O}_5/100 \text{ g}$ 以上(領域Ⅲ)になるとりん酸過剰による収量低下がみられた。このような過剰蓄積による収量低下は気象条件に恵まれた著しい多収年でも同じように認められ、最適りん酸肥沃度はおよそ $80 \sim 130 \text{ mg P}_2\text{O}_5/100 \text{ g}$ と推定し、過剰蓄積による収量低下は球肥大の抑制と腐敗増加による規格内球数の減少によることを明らかにした。

りん酸蓄積と腐敗増加の関係については前項のりん酸多量施用試験でも認められ、当年の過石多量施用による土壤ECの上昇との関連を推定したが、本試験の結果は蓄積りん酸そのものの水準によって明らかに腐敗増加が認められ、本質的にりん酸過剰条件が乾腐病被害増大に関与していることが認められた。病害多発にはりん酸過剰蓄積という単一要因のみでなく窒素施肥による土壤ECの上昇や土壤管理による土壤水分条件の差異などの要因も考えられるが、タマネギ茎盤部のりん酸蓄積が乾腐病を多発させるという吉村¹³²⁾の指摘や、りん酸多施による水稻体内りん酸濃度上昇がイモチ病に対する耐病性を弱めるという徳永ら¹²⁰⁾の報告もあるので、タマネギりん酸栄養条件と病害発生の機作については今後さらに検討すべき問題であろう。

またりん酸過剰蓄積条件における球肥大の抑制については本試験でも早期倒伏が認められており、前項で指摘したりん酸過剰吸収による生育の異常進展によるものと考えられる。なお球肥大を抑制するりん酸蓄積水準は窒素肥沃度の高い土壤(灰

色低地土・泥炭土)ではより高い所にあつて、過剰蓄積による球の肥大抑制は窒素肥沃度の影響を受ける可能性がある。この事実は、生育の異常進展により肥大が抑制されたりん酸多量施用区のりん酸含有率が高く窒素含有率は逆に低かった(前項 Table 30)ことと関連があると思われる。しかし本試験では球肥大期の作物体分析がないので十分に解析できなかった。このようなりん酸栄養条件に及ぼす窒素の影響については別に検討を進める必要がある。

上記のりん酸蓄積水準による収量の変動は生育量や生育相の違いによって生じたものである。すなわち領域Ⅰでは生育初期の体内りん酸含有率が低いと生育が抑制され、この初期生育の不良はその後の生育にも影響を及ぼしている。しかし領域Ⅰの生育も全期不良型(Lp-2)と後期回復型(Lp-1)に分かれ、前者は有効態りん酸不足($\text{TRUOG-P } 50 \text{ mg P}_2\text{O}_5/100 \text{ g}$ 以下)によって栄養生長が初期から著しく劣り、いわゆる青立ちの生育を示し球肥大が強く抑制されて著しく低収となったもので、古山・南¹⁸⁾の指摘のようにりん酸吸収やその移行が不十分であったものと思われる。後者の回復型は球肥大盛期には見かけの生育量を十分に確保したが、生育が遅延し球肥大期に入ってもなお栄養生長が続いて生育量の割には球肥大が不十分であった。

領域Ⅱは最も収量の高いりん酸蓄積適正領域であるが、初期の体内りん酸含有率は必要レベル($\text{P}_2\text{O}_5 1.0 \sim 1.3\%$ 前後)に達して初期生育が良好であった。しかしその後の生育推移で後期凋落型(Hp-2)と全盛旺盛型(Hp-1)に分かれ、後者は球肥大が最も良好で多収となったが、後期凋落型は生育ステージが全体的に進みすぎ球肥大期の生育が停滞したため、生育量に比較して球肥大が良かったものの十分でなく収量が劣った。

領域Ⅲでは初期の体内りん酸含有率が高く初期生育はある程度確保したが、生育ステージの異常進行によって前記の後期凋落型と同様に球の肥大が不良で、腐敗球の多発と相まって収量が著しく低下した。

上記の結果をりん酸蓄積とこれに基づく生育相

の差異によって全体的にとりまとめると、Fig. 31のラインAは後期回復型（領域Ⅰ）→全期旺盛型（領域Ⅱ）→後期凋落型（領域Ⅲ）、ラインBは全期不良型（領域Ⅰ）→後期凋落型（領域Ⅱ）→後期凋落型（領域Ⅲ）へとりん酸蓄積の進行によって生育相が推移することを示している。そして収量水準は全期旺盛型＞後期回復型≧後期凋落型＞全期不良型の順に安定多収となる。

またこのような考え方から目標収量水準を5 t/10aに設定すると、球肥大盛期の栄養生長量をG. I600以上に維持することと併せて外葉伸長期にG. I200～250を獲得する必要がある。このためには外葉伸長盛期の体内りん酸含有率を1.0～1.3%に高めることが必要であり、その前提として土壌TRUOG-P含量を80～130mg P₂O₅/100g程度に富化しておく必要がある。そしてりん酸蓄積がこの段階まで達しない場合は施肥りん酸によってその水準に到達させる必要がある。このようなりん酸富化は本来土壌TRUOG-P含量とりん酸施肥によるその増加程度によって定められるべきであるが、おおまかな基準として栽培試験の結果から領域Ⅰにおいては50kgP₂O₅/10a程度の施肥を、領域Ⅱに対しては本来的にあまり施肥を要しないことになるが栽培試験結果から25～10kgP₂O₅/10a、

領域Ⅲでは無りん酸で十分であり、慣行的な施肥を行なうにしても10kgP₂O₅/10aを超えるべきではないと考えられる。

なお各蓄積領域における収量水準の差異をもたらす生育相の違い、すなわち領域Ⅰの回復型と全期不良型、領域Ⅱの全期旺盛期と凋落型などの差異を生ずる原因については十分に解析できなかった。しかしりん酸過剰蓄積が著しい一部の試験地で体内りん酸含有率が必ずしも高くなく初期生育もあまり十分でない試験地があり、これらの試験地の初期生育や後半の生育凋落はりん酸過剰蓄積ばかりでなく、これに附随して土壌水分や窒素栄養条件およびこれらに関連した土壌ECなど多くの要因の影響が推測される。したがって領域Ⅰ、Ⅱにおける生育相の差異もこのようなりん酸以外の土壌要因がその後の生育に影響したものと考えることができる。

しかしタマネギの生育収量は大局的にはりん酸蓄積レベルの影響を強く受けていることが明らかとなった。すなわちりん酸蓄積量は栄養生長量と生育ステージの進行程度や球肥大・腐敗発生などに影響を与えており、りん酸過剰蓄積段階の存在が明らかとなって、肥沃度に対応した施肥管理の重要性を実証することができた。

V タマネギ畑土壌の窒素・りん酸肥沃度に対応した窒素施肥法

タマネギの生育収量はりん酸肥沃度の影響を強く受け、初期の栄養生長量や収量はりん酸蓄積レベルに応じて変化することを前章で明らかにした。しかし同程度のりん酸蓄積量であっても土壌によって生育相には違いが生じ、さらに過剰蓄積領域は窒素肥沃度によって若干異なることがみられた。そこで生育収量に対するりん酸肥沃度と窒素肥沃度のかかわり合いについて検討するとともに、生育相に違いの生ずる原因について考察し、併せてこれら肥沃度条件に対応した窒素施肥適量を明らかにするため2・3の検討を行なった。

(1) 試験方法

i. 土壌肥沃度類型別窒素・りん酸用量試験

土壌肥沃度の異なる4種の土壌について、気象条件や栽培管理法の違いを消去し肥沃度のみの影響を明らかにするため、北海道立中央農業試験場内で枠試験を行なった。窒素肥沃度は赤塚・坂柳³⁾が提唱し、沢口・南¹⁰⁰⁾がその有効性を報告している熱水抽出性窒素を指標に10mgN/100g以上を高窒素(NHと略記)、5mgN/100g以下を低窒素(LNと略記)土壌に、りん酸肥沃度はTRUOG-Pをもつて130mgP₂O₅/100g以上を高りん酸(HPと略記)土壌、80mgP₂O₅/100g以下を低りん酸(LPと略記)土壌と規定し、それぞれの組合せによりHP-HNおよびHP-LN, LP-HN, LP-LNの4つのタイプの土壌を供試した。HP-HN土壌は岩見沢市幌内の農家タマネギ畑作土(無機質表層低位泥炭土)、HP-LN土壌は砂川市の農家タマネギ畑作土(中粒質褐色低地土)、LP-HN土壌は道立中央農業試験場内の堆肥5年連用タマネギ畑作土(堆肥積算25t/10a, 細粒質褐色低地土)、LP-LN土壌は同じく場内普通タマネギ畑作土(細粒質褐色低地土)である。

これらの土壌を1976年5月に採取し場内コンク

リート枠(1m²)に深さ40cm充填し、施肥処理として窒素施肥量2水準(10および25kg/10a)とりん酸施肥量4水準(0および10, 25, 50kgP₂O₅/10a)の組合せによる8処理区を設け、2連制で試験した。なお供試枠数の関係からLP-HN土壌については一部の処理区を欠き、窒素10kg系列はりん酸0, 25, 50kg区、窒素25kg系列はりん酸0, 50kg区のみ設けた。加里は20kgK₂O/10aを共通肥料とし、施肥は硫安、過石、硫加で行なった。供試品種は「札幌黄」で、5月10日に60日苗を枠当たり64株定植し生育途中に分析試料として抜取り収穫時32株とした。また土壌水分条件をそろえるため各土壌にテンシオメーター(深さ10cm)を設置し、pF2.3に達する都度20mmの灌水を行なった。

しかし畑からの採土が目標より深すぎたため枠充填後の土壌肥沃度が初期の目的水準に達しなかったため、タマネギ1作後の1976年9月にHP土壌に対してP₂O₅400g/m²、LP土壌に対しても200g/m²を過石で施用しりん酸肥沃度の向上を図った。また全区に同時に厩肥(CN比32, N0.57%, P₂O₅0.40%, K₂O1.32%)2kg/m²、米糠(N2.5%, P₂O₅4.6%, K₂O1.6%)200g/m²を施用するとともに、HN土壌に対しては魚粕(N9.0%, P₂O₅1.0%)400g/m²、パーク堆肥(鶏糞添加醗酵, C/N比33, N0.65%, P₂O₅0.45%, K₂O0.25%)1kg/m²を施用した。したがってLN土壌はN16.4g, P₂O₅17.2g, K₂O29.6g/m²、HN土壌はN58.9g, P₂O₅25.7g, K₂O32.6g/m²が1976年秋に施用され、さらにLP土壌には200g, HP土壌には400g/m²のP₂O₅が施用されたことになる。

この試験は上記の土壌充填ならびに資材多量施用の翌年の1977年に行なったものである。

ii. 現地窒素用量試験

窒素・りん酸肥沃度の異なる道央地区11か所の

農家圃場で窒素用量試験を行なった。窒素施用量 4 水準 (10 および 15, 20, 25 kg/10a) とし, りん酸・加里は共通肥料として P_2O_5 40 kg, K_2O 20 kg/10a が施用しうるように高度化成肥料を試作供試した。なお試験地土壌は褐色低地土が主で一部には褐色森林土, 無機質表層低位泥炭土を含んでいる。

試験区は農試場内のみ 1 区 $12m^2$ としたほかはすべて 1 区 $15m^2$ とし各試験地とも 3 連制で試験した。施肥処理以外は慣行栽培管理とし, 品種「札幌黄」の慣行苗 (55~60 苗) を 5 月上旬から中旬に定植

した。栽植密度はおおむね 30,000 株/10a 前後であったが, 篠路試験地のみ 22,000 株で他試験地より少なかった。

試験地および土壌化学性, 肥沃度類型を Table. 33 に示した。このうち 7 試験地の土壌は前記肥沃度類型に適合したが, 他の 4 試験地はそれらの中間的な窒素肥沃度中程度 (MN と略記, 熱水抽出性窒素 5~10 mg/100g) およびりん酸肥沃度中程度 (MP と略記, $TRUOG-P$ 80~130 mg P_2O_5 /100g) として区分し, これら肥沃度類型による窒素施肥反応の差異を収量・収量構成要因の面から検討した。

Table 33. Chemical and physical properties of soil in test fields.

Location	pH (H ₂ O)	Humus %	T-N %	CEC me	Exchangeable base me			$TRUOG-P$ P_2O_5 mg	Extra- cted N with hot water mg	Soil ¹⁾ type	Soil tex- ture	Porosi- ty of rapidly availa- ble water %	Type of ³⁾ fertil- ity
					CaO	MgO	K ₂ O						
Yoshii	5.09	3.82	0.23	19.6	7.6	2.6	1.5	76	13.7	BF	LiC	14.4	LP-HN
Horomui	5.82	10.21	0.47	26.8	21.4	0.8	0.7	136	21.0	P	LiC	22.0	HP-HN
Iwamizawa	5.55	3.24	0.19	17.0	13.0	1.3	1.1	140	10.0	BL	LiC	18.3	HP-HN
Exp. Stat.	6.42	1.62	0.11	16.0	9.7	5.5	0.6	60	2.9	BL	LiC	15.0	LP-LN
Sunagawa	6.59	1.47	0.10	15.2	12.3	4.4	1.3	62	3.4	BL	L	19.9	LP-LN
Takikawa	6.49	4.65	0.13	16.0	11.4	4.8	1.3	160	4.1	BL	CL	15.8	HP-LN
Kuriyama	6.98	4.03	0.23	15.6	15.1	2.9	1.0	148	4.4	BF	SL	16.2	HP-LN
Furano	6.85	1.43	0.08	13.1	10.0	2.8	0.8	88	3.9	BL	SL	19.0	MP-LN
Honkho	5.70	3.55	0.16	18.0	8.3	1.1	1.0	118	4.5	BF	CL	18.5	MP-LN
Shinoro	6.38	2.29	0.16	24.8	21.4	3.6	2.0	188	6.9	BL	LiC	19.9	HP-MN
Okadama	5.30	2.09	0.15	30.4	15.3	2.7	1.7	160	5.8	BL	CL	19.0	HP-MN

Notes 1) BL; Brown lowland, BF; Brown forest, P; Peaty soil.

2) Rapidly available water; pF 1.5~3.8

3) HP; $TRUOG-P(P_2O_5 \text{ mg}/100g)$ over 130

MP; $TRUOG-P(P_2O_5 \text{ mg}/100g)$ 80~130

LP; $TRUOG-P(P_2O_5 \text{ mg}/100g)$ lower 80

HN; Extracted N with hot water, over 10 mg.

MN; Extracted N with hot water, 5~10 mg.

LN; Extracted N with hot water, lower 5 mg.

なおこの試験は1975年に行なったものであるが, 単純に土壌型や土壌化学性 (土壌無機態窒素, 熱水抽出性窒素など) の面から窒素施肥反応の特徴を明確にすることができなかった¹⁰⁷⁾。しかし窒素肥沃度条件に加えてりん酸肥沃度条件を考慮することにより施肥反応の特徴や施肥適量を良く把握しうるので, 前記枠試験の参考試験としてとりまとめを行なったものである。

(2) 試験結果

i. 土壌肥沃度類型別窒素・りん酸用量試験

(i) 土壌別タマネギ生育相と収量水準

まず試験条件として各土壌の養分含量の推移をみると (Table. 34), 土壌の差異が明確で HN 土壌では明らかに無機態窒素含量が高く経過し, 熱水抽出性窒素も HN 土壌と LN 土壌では大きな差があった。また土壌無機態窒素含量は窒素施肥処理によ

Table 34. Seasonal change of chemical properties of soils.

Soil and N applied kg/10a		pH (H ₂ O)		Electric conductivity mmho/cm		Inorganic N mg/100g			Extracted N mg/100g		TRUOG-P P ₂ O ₅ mg/100g
									Before ferti- lizer appli- cation	After harv- est	
		June13	Aug. 10	June13	Aug. 10	June13	July11	Aug. 10			
LP-HN	10	5.53	5.83	0.82	0.33	19.6	10.1	4.5	11.3	7.4	76
	25	5.40	5.63	1.45	0.45	21.9	15.3	6.1	12.5	9.5	76
HP-HN	10	5.02	5.58	1.12	0.51	23.7	17.4	3.7	18.0	13.0	132
	25	4.64	5.22	1.31	0.69	32.6	23.0	8.0	16.1	11.1	142
LP-LN	10	5.64	6.09	0.41	0.28	6.7	3.5	0.8	4.1	3.8	73
	25	5.25	5.87	0.63	0.26	14.5	9.7	1.5	3.5	2.8	79
HP-LN	10	5.70	6.02	0.60	0.39	7.4	4.7	1.3	4.4	4.2	140
	25	5.31	5.71	0.93	0.47	16.0	9.9	1.2	3.0	4.2	131

る差が明確であった。

このような土壌養分条件が生育に及ぼす影響を検討するため、前章Fig. 35にならいます土壌肥沃

度類型と栄養生長量の関係について6月中旬のG.Iと7月下旬のG.Iによって検討し Fig. 41 に示した。なお7月下旬（球肥大盛期）のG.Iは生育が

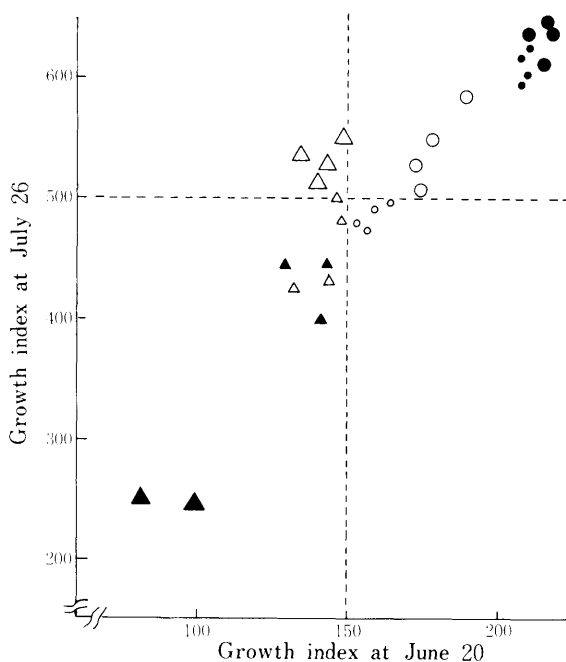


Fig. 41 Relation between change of growth index and type of soil fertility.

- Note
- HP-HN soil with N 10 kg/10a applied.
 - " " with N 25 kg/10a applied.
 - ▲ LP-HN soil with N 10 kg/10a applied.
 - ▲ " " with N 25 kg/10a applied.
 - HP-LN soil with N 10 kg/10a applied.
 - " " with N 25 kg/10a applied.
 - △ LP-LN soil with N 10 kg/10a applied.
 - △ " " with N 25 kg/10a applied.

全般的にやや不良であったので前章 Fig.35 の場合よりも基準を下げG. I500をもって区分し、初期生育（6月中旬）G. I150以下で後期500以下を全期不良型、同じく初期生育150以下で後期500以上を後期回復型、初期150以上で後期500以下を後期凋落型、初期150以上で後期500以上を全期旺盛型とし、生育相を類型化した。

初期生育はLP土壌が不良で、前章で述べたように初期生育は明らかにりん酸蓄積量によって強く影響されており、LP-HN土壌は主として全期不良型、LP-LN土壌は全期不良型～後期回復型の生育であった。これに対してHP-LN土壌は全期旺盛型～後期凋落型、HP-HN土壌は全期旺盛型の生育を示した。しかしこれを窒素施肥処理によ

って区分すると、LP-LN土壌における窒素25kg系列は後期回復型に、HP-LN土壌における窒素25kg系列は全期旺盛型に、LP-HN土壌の窒素25kg系列は全期不良型の中でも一そうその程度が強められており、窒素施肥量によって生育相が変化している。

このようにして球肥大期に確保された生育量は $HP-HN土壌 \geq HP-LN土壌 > LP-LN土壌 > LP-HN土壌$ の順となり、収量レベルはこの獲得された栄養生長量をほぼ反映しているが (Fig. 42)、収量に及ぼす窒素増施の影響は両HN土壌ではマイナスに、HP-LN土壌ではプラスに働き、LP-LN土壌ではりん酸施肥量によって異なり少肥条件（0, 10kgP₂O₅/10a）ではマイナスの効果がみ

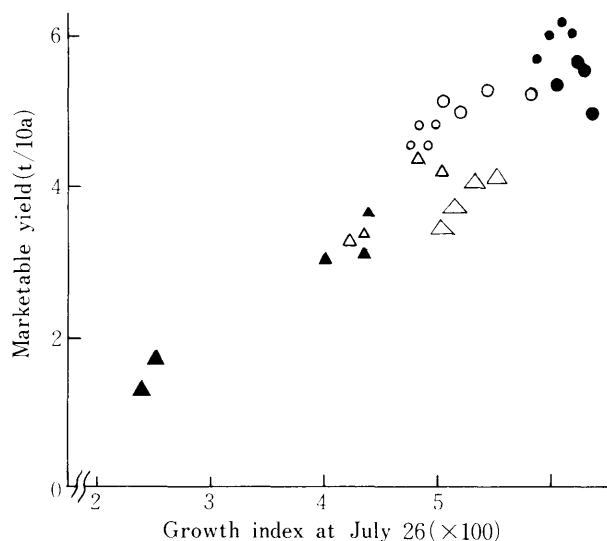


Fig.42 Relation between growth index in the active bulb developing atage and yield.

Note See Fig. 41.

られた。

(ii) 生育・球肥大に及ぼす体内栄養条件の影響

まず初期生育について体内栄養条件の影響を検討すると、りん酸含有率の巾は0.70～1.17%でありあまり大きくないが前章と同様にりん酸含有率と6月のG.Iの間には正の相関 ($r=0.385^*$) があり、りん酸含有率が高いほど初期生育が良好となる傾

向がみられた。また窒素含有率についてもG. I と正相関がみられ (Fig. 43)、全体的にみると窒素含有率4%程度の場合に初期生育が旺盛な傾向があった。しかし窒素増施の各区は一般に窒素含有率が高いが初期生育はむしろ低下しており、りん酸含有率との関連で検討する必要がある。

そこで体内養分含有率に及ぼす肥沃度や施肥処理の影響を検討したのがFig. 44である。窒素10kg

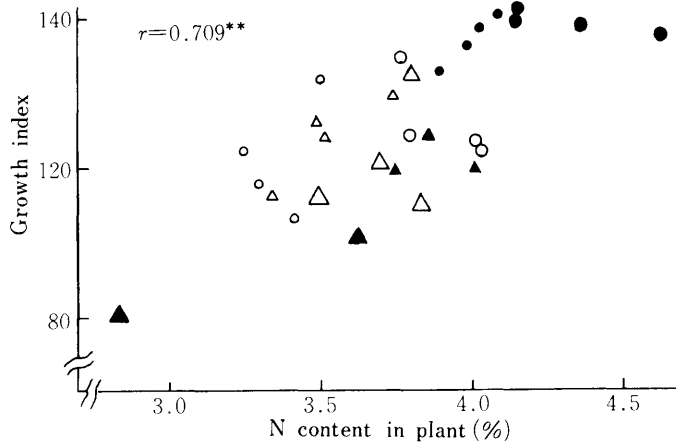


Fig.43 Relation between nitrogen content in plant and growth increment at the early top growing stage.

Note See Fig. 41.

りん酸0 kg区 (以下N10P0区と略記)を標準区としてみると、標準区の窒素含有率はHN土壤の方が当然高いが窒素増施(N25P0区)によってLP-HN土壤以外の各土壤では窒素含有率が高まった。しかし窒素増施によってLP土壤ではりん酸含有率が明らかに低下し、このためFig. 43にみられるよ

うに窒素増施区のG, Iは低い傾向があったものと考えられる。一方、標準区のりん酸含有率はHP土壤の方が当然高く、各土壤ともりん酸増施(N10P50区)によってりん酸含有率が高まるが、LP土壤の場合にその増加が大きくこれに伴って生育が著しく増大するので窒素含有率は低下している。

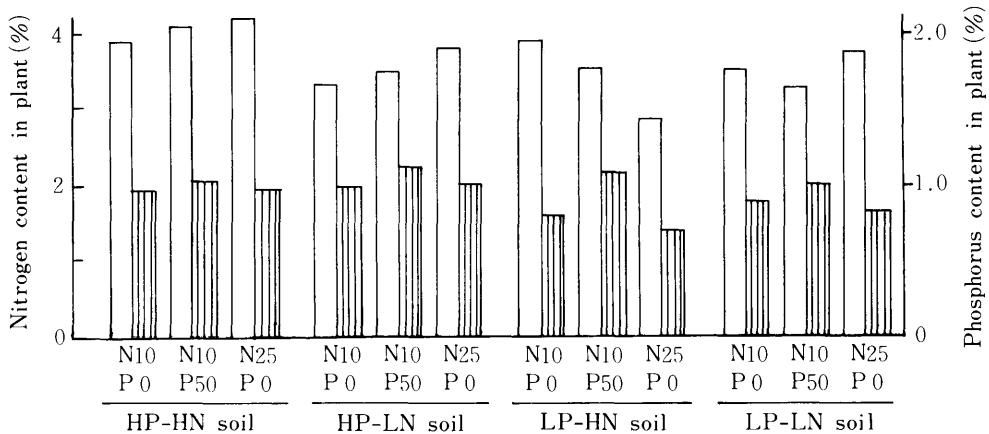


Fig.44 Content of nitrogen and phosphorus in plant at the early growth stage (June 13).

Note Content of nitrogen
 Content of phosphorus

このように体内養分含有率は肥沃度や施肥処理の影響を受けており、初期生育量はりん酸含有率に大きく影響されると同時に窒素含有率の高い場

合に生育が良くなるので、LN土壤におけるりん酸増施は生育に伴って窒素含有率を低下させ、またLP土壤における窒素増施はりん酸含有率を低下さ

せ、いずれの場合も相対的に初期生育を抑えることになると考えられる。なおLP-HN土壌における窒素増施区は生育が著しく抑制されている (Fig. 41, 43) が、りん酸含有率のみならず窒素含有率がかなり低く抑えられており、土壌ECの上昇 (Table.34)による生育阻害を受けているものと推測される。

次いで球肥大期における体内養分含有率と生育量の関係を検討すると、葉部りん酸含有率とG. I. の関係は判然としなくなり、生育の劣るLP土壌の

りん酸含有率はHP土壌に比して必ずしも低くはなかった。一方、窒素含有率とG. I.は負の相関 ($r = -0.349^*$) を示したが、これを詳細にみると3～3.4%をピークに山型の関係を示し (Fig. 45)、窒素含有率の低すぎる場合と逆に高すぎる場合にG. I.が劣る傾向を示した。そして全期旺盛型の生育を示す各区は窒素3～3.4%の間にあり、LP-LN土壌のうち後期回復型を示した窒素25kg施用の各区は窒素10kg施用区より窒素含有率が高かった。

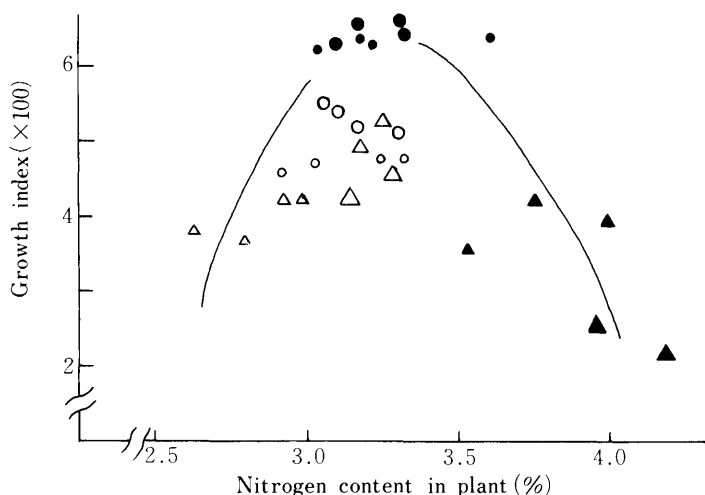


Fig. 45 Relation between nitrogen content in plant and growth increment at the bulb developing stage (June 11).

Note See Fig. 41.

上記のように球肥大期の生育にはある程度の窒素含有率の保持が必要であるが、球の肥大は球肥大期に獲得された栄養生長量の多少に強く影響されるので、球肥大期の窒素含有率と収穫期の平均球重の関係を検討すると (Fig. 46)、前図と全く同様に窒素3～3.4%のときに平均球重が大きい結果が得られた。

この結果は体内窒素栄養条件が球肥大期の栄養生長量と球の肥大を支配する一要因であることを示すもので、窒素過剰や不足条件では生育や球肥大が抑えられている。とくに窒素不足条件はHP-LN土壌の窒素10kg施用各区のように球肥大が早まり栄養生長が早期に凋落した。この時期の葉部りん酸含有率はG. I.と密接な関係がみられず生育の

十分でないLP土壌のりん酸含有率は必ずしも低いので、葉部の窒素含有率とりん酸含有率の比 (以下N/P比という) をもって体内栄養状態を表わす1つの指標としてみると、N/P比と生育量の関係はFig. 47に示すとおりである。この図はFig. 45と同様にN/P比4前後をピークとする山型を示し、N/P比過少領域には後期凋落型の生育相を示したHP-LN土壌の窒素10kg施用の各区およびFig. 41では一応全期不良型に区分したが球肥大が早まり凋落的生育を示したLP-LN土壌のN10P50区、N10P25区、N10P10区が含まれる。したがってこの領域は初期生育の多少にかかわらず後期に窒素栄養条件の不足をきたして早期に栄養生長の衰退する領域と考えることができる。一

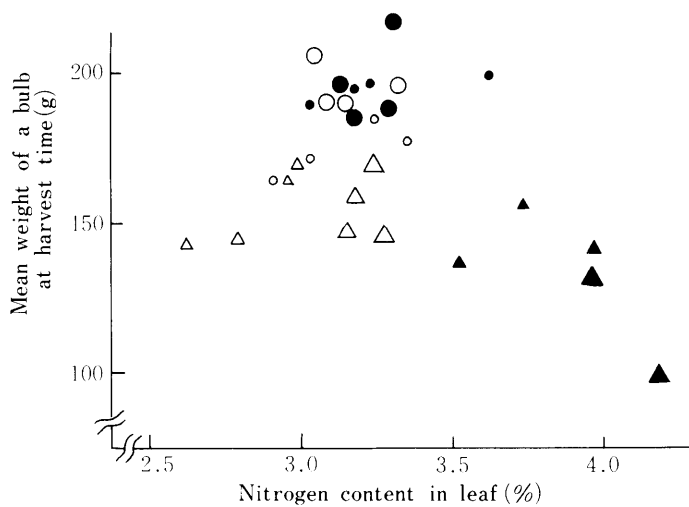


Fig.46 Relation between nitrogen content in leaf at the bulb developing stage and development of bulb.

Note See Fig. 41.

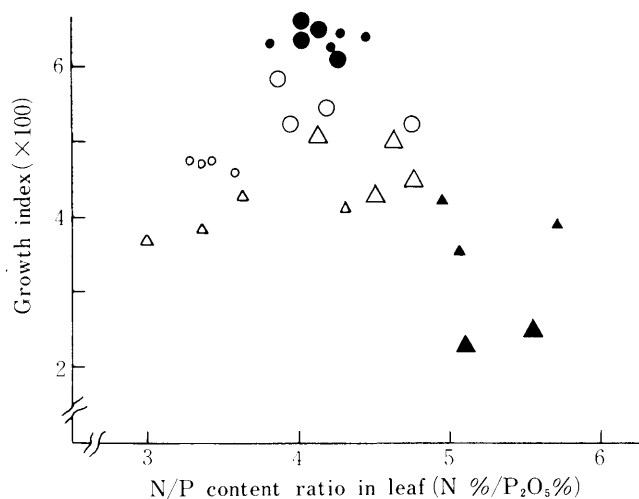


Fig.47 Relation between N/P content in leaf and growth increment at the bulb developing stage (July 11).

Note See Fig. 41.

方、N/P比過大領域には全期不良型のLP-HN土壤各区や、LP-LN土壤N25P0区、N25P10区などの後期回復型を示すものが分布し、球肥大期に至ってもなお窒素優位の栄養状態で球の肥大が遅れるとともに十分に肥大が進まない領域であると考えることができる。また各土壤ごとに施肥処理による変動をみると、変異の小さかったHP-

HN土壤以外の各土壤では窒素増施によってN/P比が増大し、りん酸増施によってN/P比が低下する傾向がみられた。なおN/P比と平均球重の関係もG.Iの場合と全く同じ結果であった。

(iii) 収量・収量構成要因に及ぼす施肥処理の影響の差異

次に土壤肥沃度条件によって収量や収量構成要

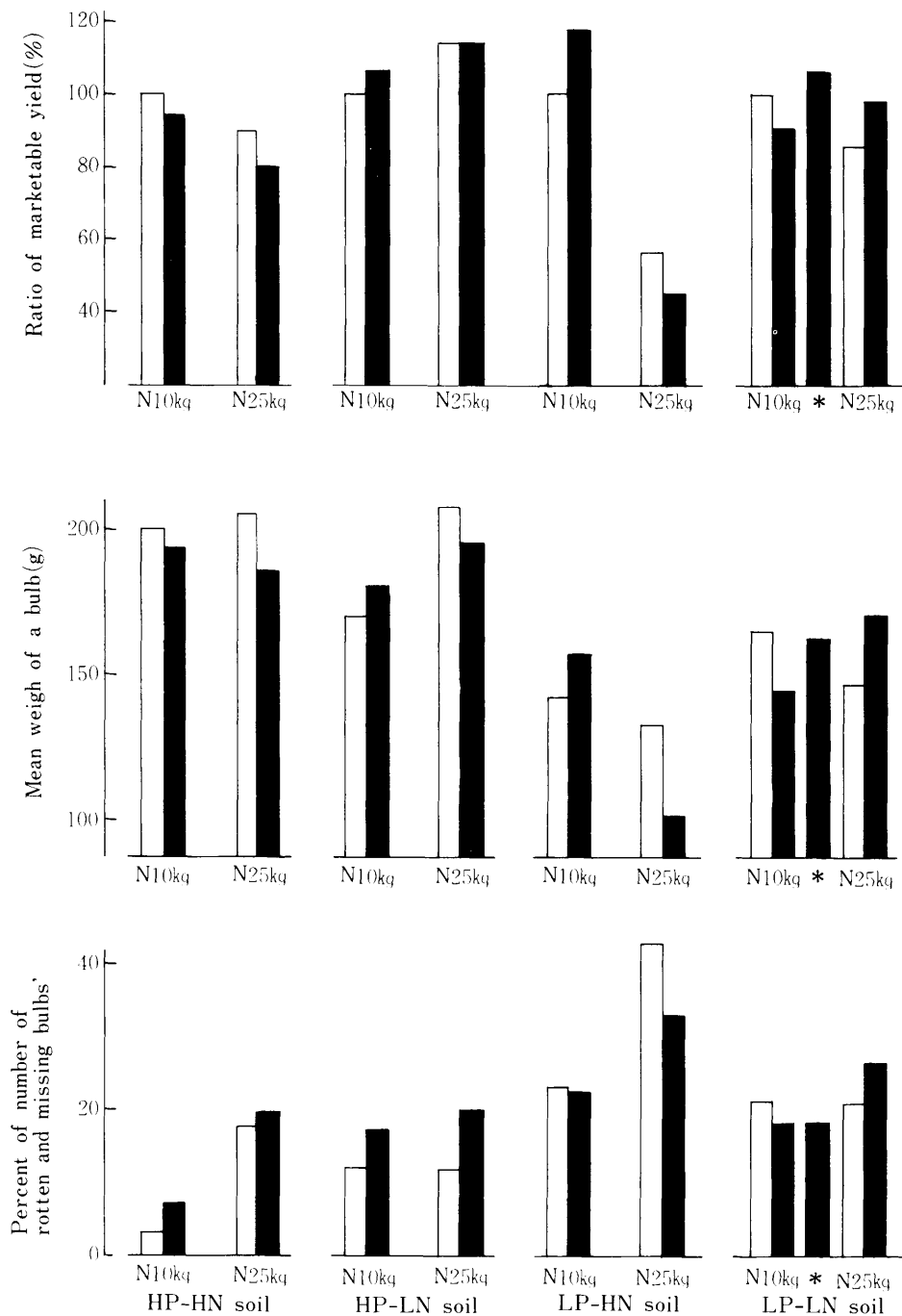


Fig.48 Effect of nitrogen fertilization on yield, mean weight of a bulb and number of rotten and missing bulbs.

Notes { P non-applied plot
 50 kg P₂O₅/10a applied plot
 *Estimated value from another test.

因に及ぼす施肥の影響がどのように変化するか検討した。各土壌ごとのりん酸施肥量0および50kg区の窒素施肥量による収量・平均球重および腐敗球率の変動をFig. 48に示した。

まずLP—HN土壌では窒素増施によって収量が著しく低下したが、窒素増施による収量低下は平均球重の低下および腐敗球増加に伴う規格内球数の減少によるものであった。また窒素10kg施肥ではりん酸増施が平均球重を高めており、球肥大期におけるN/P比低下が収量にプラスに働いていた。しかし窒素25kg施用の場合には土壌ECの上昇の影響が強いためりん酸増施の効果はみられなかった。

HP—HN土壌でも窒素増施は収量を低下させたが、LP—HN土壌よりも減収の程度が軽い。球肥大期における葉部N/P比の変動は小さく（Fig. 47）窒素増施による平均球重の低下は判然とせず、減収要因は腐敗球増加による面が大きい。なおりん酸増施は平均球重の低下と腐敗球増加のため収量がやや低下したが、りん酸蓄積は明らかに過剰

領域にあった（Table 34）。

一方、HP—LN土壌に対する窒素増施は収量を高めており、これは平均球重が増大したことによるものであった。前述のように窒素10kg区では球肥大期の体内N/P比が過小領域にあり後期の生育が凋落的となったために球の肥大が十分でなかったものであろう。

またLP—LN土壌における窒素増施効果はりん酸施肥条件で異なり、りん酸0kg区では窒素増施により平均球重が低下し減少となったが、栄養生長を旺盛にしたりん酸50kg区では腐敗球増加のため増収には至らなかったものの平均球重が増大し増収の可能性をうかがわせた。なお別に行なった窒素用量試験³⁶⁾結果を参考として図示したが、窒素15kg施用では腐敗球増加も判然とせず平均球重増大によって増収した。

ii. 現地窒素用量試験

試験を行なった1975年は外葉伸長期以降に順調な生育状況を示し収量の高い年次であったが、苗

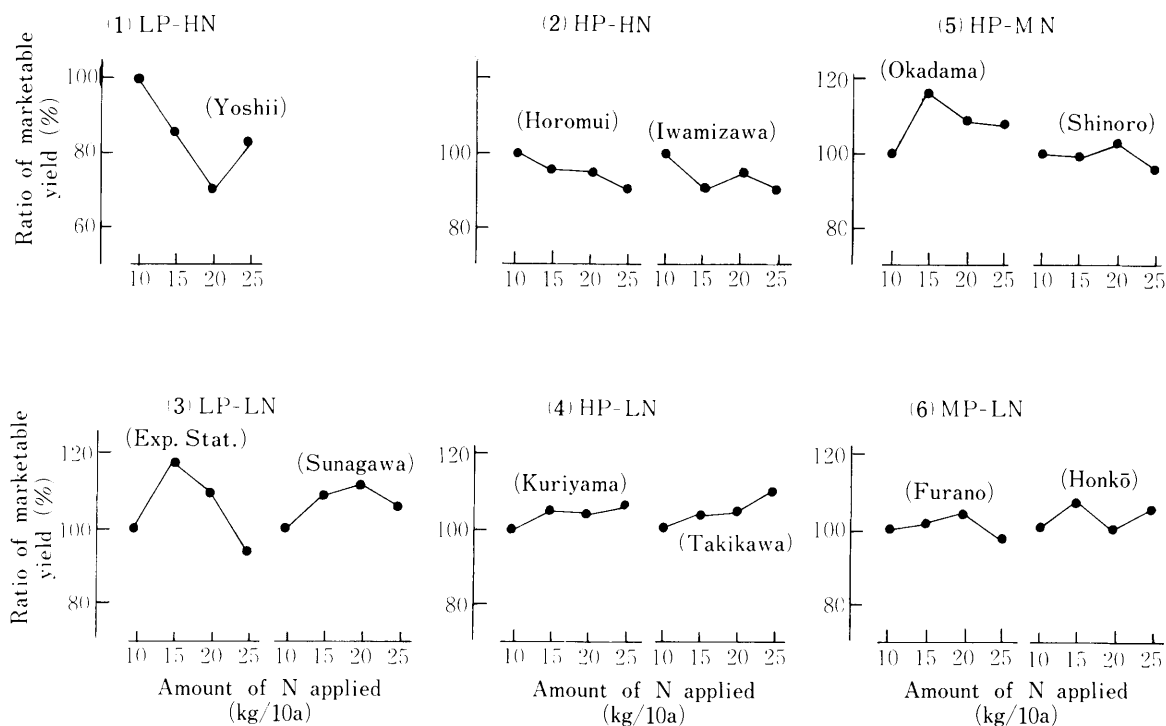


Fig. 49 Change of fertilization effect depend on the difference in type of soil fertility.

活着期に土壤乾燥が進んで一部試験地では腐敗球が多発し収量が低かった。

規格内収量に及ぼす施肥処理の影響は試験地によって異なり、試験地の収量水準や腐敗発生程度などによってもこれらの施肥反応を特徴づけることが難しかった¹⁰⁷⁾が、土壤窒素・りん酸肥沃度によって前記枠試験と同様に各試験地土壌を区分すると施肥反応の特徴を良く説明することができる。規格内収量と施肥量の関係を肥沃度類型ごとにとりまとめFig. 49に示した。

まず(1)LP-HN土壌の吉井試験地では窒素増施によって収量が著しく減収し、りん酸蓄積が進んだ(2)HP-HN土壌の幌向および岩見沢試験地にお

いては窒素増施に伴う収量低下が緩和された。また(3)LP-LN土壌の農試・砂川両試験地ではある程度(15~20kg/10a)の窒素増施は収量を増加させるがそれを超えると減収に転じ、りん酸蓄積が進んで(4)HP-LN土壌(滝川・栗山試験地)になると25kg/10aまでは窒素増施によって収量は漸増傾向を示した。

このような傾向は前記枠試験結果と全く同様であるので、この2つの試験結果から窒素施肥適量はHP-HN土壌では10~15kg/10a、LP-HN土壌では10kg程度、HP-LN土壌では20~25kg、LP-LN土壌では15~20kg程度と考えられた。さらにこれらの中間的な肥沃度類型に区分される(6)MP

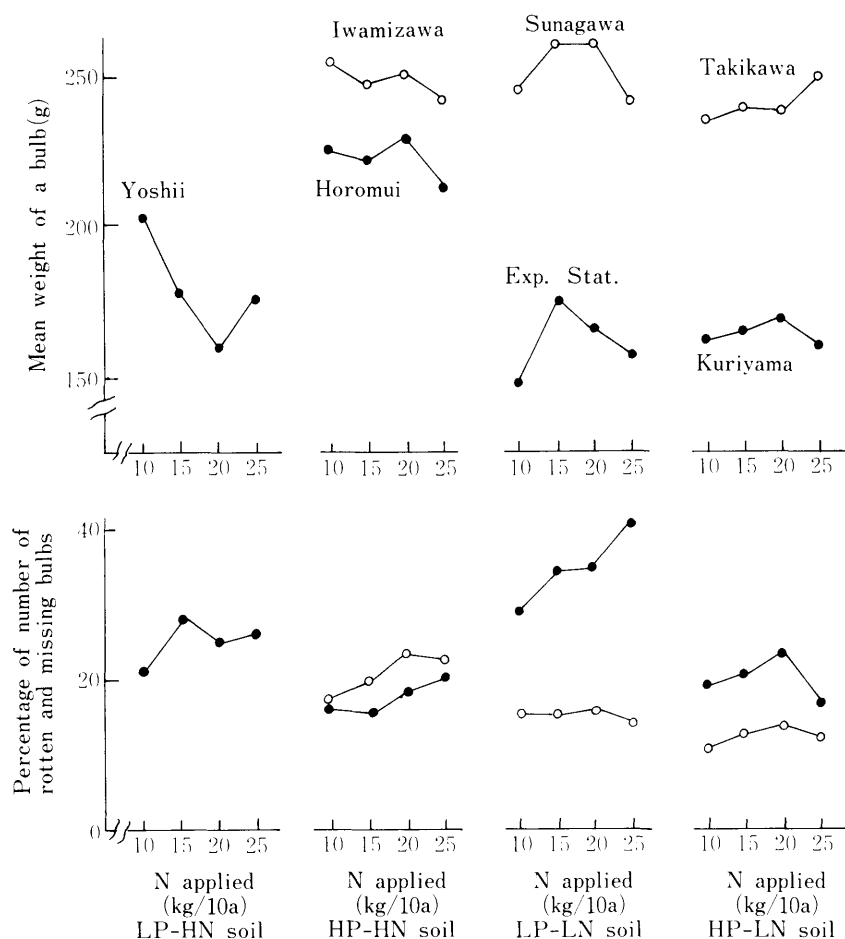


Fig. 50 Change of mean weigh of a bulb and number of rotten and missing bulbs in farm tests of nitrogen application rate.

—LN土壌（富良野・本幸試験地）の施肥適量は20 kg/10a程度とみられ、LN条件におけるLP土壌(3)とHP土壌(4)の施肥適量の中間値であった。また、HP条件におけるLN土壌(4)とHN土壌(2)の中間的な肥沃度である(5)HP—MN土壌（丘珠・篠路試験地）の窒素施肥適量は15～20kg/10aとなつて(4)と(2)の中間的な値であるとみなされる。すなわち肥沃度による窒素施肥反応の違いは養分蓄積の進行に伴い連続的に変化しているようにみうけられる。

次に典型的な4種類の試験地について窒素増施による平均球重および欠株・腐敗球率の変動を検討すると（Fig. 50）、(1)LP—HN土壌における窒素増施に伴う収量低下は腐敗球増加と平均球重の低下によるものであり、(2)HP—HN土壌においても同様であったが平均球重の低下はLP—HN土壌の場合より緩和されており、収量低下があまり大きくなかった原因とみられる。一方、(3)LP—LN土壌では窒素増施により欠株・腐敗が増加した農試試験地でもある程度までの窒素増施は平均球重を増加させるので収量が増大し、(4)HP—LN土壌では窒素増施による平均球重の低下がみられないかまたはLP条件より緩和され、腐敗球はあまり増加しないので窒素増施によって増収する。なお農試試験地のみは欠株・腐敗球が著しく多かったが、この原因として他の試験地と異なり新畑であるため土壌保水性に劣る面があり病害発生を助長させたと考えられる。

以上の結果から、窒素肥沃度が高まってくるほど平均球重低下や腐敗球増加などの窒素増施に伴う障害性が強まり、りん酸蓄積の大きいほど上記の障害性が緩和されるものと思われる。このような収量・収量構成要因の変動の特徴は前記枠試験結果と全く同様であり、窒素施肥適量はLP—HN土壌<HP—HN土壌<LP—LN土壌<HP—LN土壌の順に高まるものと考えられる。

(3) 考 察

前章においてタマネギの生育収量に対する土壌りん酸蓄積の影響を検討し、蓄積レベルに応じ不足領域→適正領域→過剰領域と変化し、これに応じて生育も全期不良型・後期回復型→全期旺盛型

・後期凋落型→後期凋落型へと変化することを認めた。しかし同程度のりん酸蓄積レベルにおいても後期生育の良否によって上記の生育相の違いが生ずる原因については明らかでなかった。

そこで本章において窒素・りん酸の組合せによる4肥沃度類型の土壌について、水分条件を同一に管理した枠試験で生育解析ならびに肥沃度による施肥処理の影響の差異を検討した。その結果、前章と同様に初期生育の良否は体内りん酸栄養条件に強く影響されることを確認したが、同時に初期生育時の窒素含有率が4%程度の高い場合に生育が旺盛であることがわかった。初期生育の旺盛なものほど球肥大期の生育も良好であるが、球肥大期の体内窒素栄養条件はその時期の栄養生長量と密接な関係があった。おおまかに葉部窒素濃度が3～3.4%程度の場合に旺盛な生育を示し、3%以下の場合は後期凋落型、3.4%以上の場合は全期不良型の生育であった。さらにこの関係を体内窒素栄養状態の1指標として窒素含有率とりん酸含有率の比（N/P比）でみると、過小領域は後期凋落型、過大領域は全期不良型および後期回復型の生育を示すものであった。すなわち同程度のりん酸蓄積水準における生育相分化は葉部窒素含有率に強く支配されるが、窒素とりん酸栄養の相互バランスで考えた方が生育相や施肥反応の特徴を良く説明しうられる。

例えばLN土壌におけるりん酸蓄積の進行は初期生育を旺盛にするが、生育量が増大すればするほど体内窒素栄養条件は低下していくので後期の栄養生長を衰退させ凋落的生育相をもたらすことになる。したがってこの場合の窒素増施は窒素含有率を高め栄養生理的活性を維持して、球肥大期の栄養生長を旺盛にし増収する。すなわちりん酸蓄積に伴い窒素増施が必要となっていく、窒素施肥適量は窒素肥沃度のみならずりん酸肥沃度の影響を受けている。またLP—LN土壌における窒素のみの増施はむしろ平均球重を低下させ減収をもたらし、りん酸増施を伴ってはじめて窒素増施による増収がみられることも、りん酸蓄積状況により窒素施肥反応が異なることを示しており、これはまたりん酸蓄積に伴い農家慣行の窒素施肥量が

増大してきた現実と良く符合している。

一方、LP-HN土壌における窒素増施はもともと存在量の少ない土壌りん酸の吸収を一そう阻害して初期生育を抑制し (Fig. 44), 球肥大期に至っても窒素含有率が高く推移し相対的なりん酸不足条件が持続し、全期間生育が不良である。これに加えて本試験の場合は土壌ECの上昇による濃度障害の影響もあり、生育抑制に併せて欠株・腐敗の増加が重なって収量を著しく低下させた。この土壌では窒素を増施するとりん酸増施効果がみられず、窒素施肥量の少ない場合にはじめてりん酸増施効果が生じ球肥大が良好となって収量が増加した。なおHN土壌ではりん酸蓄積が増大してくると窒素増施によるりん酸吸収抑制が緩和されて、初期生育もまたその後に続く球肥大期の栄養生長も旺盛であった。しかし窒素増施によって球肥大期以降の体内窒素含有率が高く推移するので、加藤³⁶⁾、SCULLYら⁹⁹⁾の指摘するように球部に蓄積されるべき光合成産物を消耗して球の肥大にマイナスとなるが、本試験では球肥大の抑制とともに欠株・腐敗球増加の影響により減収した。

このような結果から球肥大期の体内栄養条件と球肥大の良否あるいは収量との関係を模式化したのがFig. 51である。すなわち、球肥大期に窒素優位の栄養条件であるN/P比過大領域は全期不良型から後期回復型の生育相を示し球肥大が十分でなく低収となるが、これらは初期生育時にりん酸吸収が不十分なLP土壌であって、とくに窒素増施あるいはりん酸減肥がN/P比を大きくさせ収量が低下する。したがってこの対策としてはまずりん酸増施と窒素減肥によってN/P比を適正値に近づけることが必要である。またN/P比過小領域は凋落的生育となり球の肥大や収量を抑制するが、HP-LN土壌のりん酸増施や窒素減肥がこの傾向を強める。このためこのような土壌ではりん酸減肥や窒素増施によって窒素・りん酸栄養バランスをとることが必要となる。なお球肥大に関して前章で指摘したりん酸過剰領域が窒素肥沃度の高い土壌ではより高いところにある (Fig. 34) という事実は、上記のN/P比によって良く説明することができる。

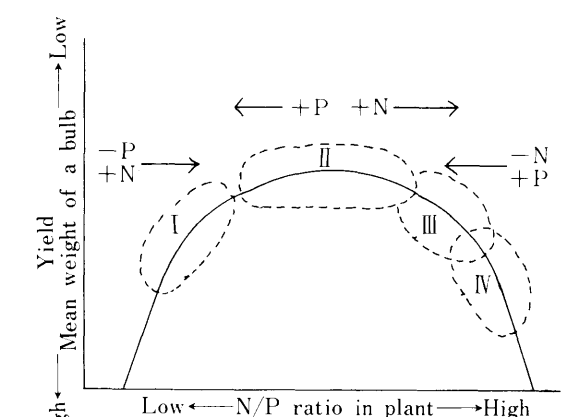


Fig. 51 Diagram illustrating relation between N/P ratio in plant, yield and growth type.

Notes +N, +P: Increasing of nitrogen or phosphorus applied. -N, -P: Decreasing of nitrogen or phosphorus applied.
I, Declining growth in the latter.
II, Vigorous growth over the whole stage.
III, Early poor growth and vigorous in the latter.
IV, Poor growth over the whole stage.

しかしこの考え方は過大あるいは過小肥沃度における生育の特徴や肥沃度に応じた施肥のあり方を理解するためのものであって、窒素およびりん酸の体内栄養条件（養分含有率）の絶対値が本質的な問題であることは論をまたない。例えば窒素肥沃度によってりん酸蓄積水準に多少の差があってもりん酸過剰蓄積による球肥大の抑制は明らかであるし、逆に蓄積過小領域では初期生育が強く抑制され、いずれの場合もりん酸含有率そのものが問題となる。

なお収量に及ぼす肥沃度や施肥の影響については、上記の球肥大状況とともに規格内球数の多少も同時に考慮しなければならない。NH土壌における窒素増施やHP土壌におけるりん酸増施は明らかに欠株・腐敗を増加させ (Fig. 48) 規格内球数を減少させており、乾腐病の発生は初期生育における濃度障害と関連が深く (第Ⅲ章)、さらにりん酸過剰蓄積土壌では多発傾向がみられる (第Ⅳ章)。

以上の結果を総合すると、収量・収量構成要因増大のために重要である旺盛な初期生育とこれに続く旺盛な球肥大期の生育を確保するためには、適正な土壌肥沃度条件が必要であると考えられる。

このように窒素・りん酸肥沃度は相互に関連を

持ちながら生育収量に影響していくが、まずりん酸肥沃度が初期生育の良否を決定的に左右しその後の生育を支配するので、慣行の農家栽培管理においてはりん酸蓄積が急速に進み明らかに過剰蓄積を招来するに至ったものと推測される。これと同時にりん酸過剰吸収による後期の生育凋落回避のための資材多投や窒素増施が必要となって、窒素過剰傾向へ向かって養分過剰蓄積を一そう強めることになったと思われる。すなわちタマネギ畑土壤はかつてのりん酸蓄積が低く窒素・りん酸施肥量も少ない状況から、りん酸増施・熟畑化促進に伴うりん酸蓄積により収量の飛躍的増大の段階に至り、さらにりん酸蓄積が著しく進んで窒素施肥量も増大していき一部の圃場では過剰養分状態に至ったものと考えることができる。そしてこのような窒素施肥量の増大は土壤ECの上昇を招いて気象条件（降雨量）の影響（初期生育抑制・腐敗球多発）を受けやすい慣行の栽培現況に進んでしまったものであろう。

以上の総括的な考えに基づき土壤肥沃度類型ごとに窒素施肥反応の特徴を考慮し、窒素施肥基準を次のように設定した。

まずNN土壤における窒素増施は腐敗球を増大させる傾向が強くなりやすいが、とくにLP条件では窒素吸収に伴うりん酸吸収が不十分で生育後半まで窒素優位の栄養状態が続く。したがってLP-HN土壤では窒素施肥量を10kg/10a程度に抑えTRUOG-P含量80mg P₂O₅/100g程度まで有効態りん酸を富化させることが必要である。しかしHP-HN土壤ではりん酸吸収が多く窒素増施による球肥大抑制も少なく腐敗球増加が減収の最大要因となるので、窒素施肥適量は土壤EC増大の危険性の少ない10～15kg/10a程度である。

一方、LN土壤ではりん酸吸収と窒素吸収のバランスのとれている範囲内での窒素増施は生育収量を増大させるが、HN土壤ほどではないにしろ腐敗球を増加させる。したがってHP-LN土壤では窒素施肥適量20～25kg/10a、後半の窒素過剰傾向を招きやすいLP-LN土壤においては15～20kg/10a程度である。

さらに上記の結果と前章におけるりん酸肥沃度に対応したりん酸施肥の考え方を総合してタマネギの施肥基準をとりまとめ(Table. 35)、土壤診断によって適正施肥を行なうことを提案した³¹⁾。

Table 35. Standard application rate of fertilizer corresponded to soil fertility.

Soil fertility of nitrogen		Fertilizer nutrient	Soil fertility of phosphorus TRUOG-P P ₂ O ₅ mg/100g		
			<80	80～130	130<
Extracted N with hot water mg/100g	< 5	N	15～20	20	20～25
		P ₂ O ₅	50	25～10	10～ 0
		K ₂ O	15～20	20	20～25
	5 ～10	N	10～15	15	15～20
		P ₂ O ₅	50	25～10	10～ 0
		K ₂ O	10～15	15	15～20
	10<	N	10	10	10～15
		P ₂ O ₅	50	25～10	10～ 0
		K ₂ O	10	10	10～15