窒素・りん酸肥沃度に対応したタマネギの窒素施肥法

相馬　暁*　　岩渕　晴郎**　　多賀辰義**

タマネギに対する施肥Nの適量は，土壌のN肥沃度のみならず，P肥沃度の影響を受けている。すなわち，N肥沃度の高い土壌（高N）でのN増肥は，過剰の無機態Nを土壌中に供給し，生育初期の濃度障害，P吸収の抑制，生育後半のN過剰吸収を引き起こす。そのためP肥沃度の低い土壌（低P）では全期間を通じ，生育・球肥大が不良となり，著しく収量を低下させる。それが土壌の高P化により，P吸収が補償され，生育量が増大するため，体内N濃度も稀釈され，N過剰状態が緩和される。一方、低N土壌でのN増肥はP増肥を伴って，はじめて効果が発現し，高P化のみでは体内稀釈的にN濃度が低下し，生育後半の栄養生長が停滞する。これらの結果から，N・P肥沃度の対応したタマネギに対するN施肥量を（10a当り成分量），1）低P高N土壌：10kg，2）中P高N土壌：10kg，3）高P高N土壌10～15kg，4）低P中N土壌：10～15kg，5）中P中N土壌：15kg，6）高P中N土壌：15～20kg，7）低P高N土壌：15～20kg，8）中P低N土壌：20kg，9）高P低N土壌：20～25kgと決定した。

緒　　言

一般畑作物に対するN施肥適量判定の最も信頼すべき方法は，当該地域におけるN用量試験を実施することである。しかし，用量試験の結果は，気象条件や土壌肥沃度などの相違によって適用範囲が限定され，普遍性に乏しい欠点がある。この点を1）栄養診断の活用により克服し，普遍的な適応性を確立せんとする考え[12,13,16,17]と，2）土壌の可給態養分量の測定，換言するなら肥沃度の評価による土壌診断から普遍化を図る試み[1,3,4,11,15]とがある。

本報は，後者の立場から，園芸作物タマネギに対するN用量試験の結果を取りまとめたものである。その際，N肥沃度のみならず，近年，タマネギ畑において蓄積が著しく[20,21]，生育・収量を抑制すら，しはじめているP蓄積[21,22]の影響についても合わせて検討した。なお，N肥沃度については沢口・南[15]の提言に従い熱水抽出性N量で，可給態P量は南等[14]の報告に基づきTruog-P_2O_5量で測定・区分した。

なお，本稿のとりまとめに当たり天北農試場長南松雄博士の御校閲をいただき，心から謝意を表する。

方　　法

1　場内枠試験（1976～1977）

供試土壌は，熱水抽出性N量10mg/100g以上を高N土壌，同5 mg以下を低N土壌，Truog-$P_2O_5$130mg/100g以上を高P土壌，同80mg以下を低P土壌と規定した条件下での，1）低P高N，2）高P高N，3）低P低N，4）高P低N条件の4土壌である。なお，各土壌は1 m^2の枠に，深さ40cmまで搬入・充てんし，供試した。

次に，各供試土壌の由来であるが，まず，1）低P高N土壌は中央農試場内の堆肥5ケ年連用（現物積算25t/10a）ほ場（中粒質褐色低地土）の作土層を，2）高P高N土壌は幌向のタマネギ栽培農家ほ場（無機質表層高位泥炭土の無機質表層）の作土層を，3）低P低N土壌は農試ほ場（中粒質褐色低地土）の作土層を，そして，4）高P低N土壌は砂川のタマネギ栽培農家ほ場（中粒質褐

1983年4月13日受理
*北海道立道南農業試験場　041-12亀田郡大野町
**北海道立中央農業試験場　069-13夕張郡長沼町

色低地土）の作土層を利用した。

施肥処理は，N用量2段階（10，25kg/10a）とP用量4段階（0，10，25，50kg/10a）の組合せ（1部の処理区は1977年増設）で行い，Kは共通施肥として20kg/10a施用した。なお，利用した肥料の形態は，Nは硫安，Pは過石，Kは硫加である。

試験規模は1区1 m²（1枠），2連制である。供試品種は「札幌黄」，栽植密度は定植時64株/m²であるが，生育期間中5度サンプリングを行い，収穫時には32株/m²（10a当り32,000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を埋設し，pF2.3をかん水点とし，1回20mmのかん水を行った。かん水期間は定植直後より7月末までとし，ほぼ1ケ月に3～5回のかん水を行った。

試験は2か年行ったが，N・P肥沃度タイプが所期の目標により近づいた2年目の結果を中心に取りまとめた。当該年の栽培概要は，定植：5月10日，収穫：9月8日，供試品種：「札幌黄」である。また，結果の取りまとめは，N施肥反応の検討を中心に行う関連上，P施肥量0，50kg/10a区を利用し，P施肥量10，25kg区は参考区とした。

2．現地N用量試験（1975）

N・P肥沃度の異なる道央11か所の試験地において，N用量4段階（N10，15，20，25kg/10a）の施肥試験を行った。P，Kは共通施肥として，各々40kg/10a（P_2O_5として），20kg/10a（K_2Oとして）施用した。使用した肥料はこの試験のために特に試作した化成肥料である。

試験地及び供試土壌の化学性は，第1表に示す通りであり，前記試験1の肥沃度タイプに適合する7試験地について検討を加えるとともに，その中間的な肥沃度（熱水抽出性N量5～10mg/100gの中N土壌及びTruog-P_2O_5量80～130mg/100gの中P土壌）の4試験地は参考試験として考察した。

表1　試験地土壌の化学性

試験地	腐植 %	T-N %	pH (H_2O)	CEC m.e/100g	置換性塩基 CaO mg/100g	置換性塩基 MgO mg/100g	置換性塩基 K_2O mg/100g	塩基飽和度 %	Truog-P_2O_5 mg/100g	熱水抽出性N mg/100g	土壌肥沃度タイプ	土壌名
①中富良野・吉井	3.82	0.23	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	10.21	0.47	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	3.24	0.19	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	1.62	0.11	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	1.47	0.10	6.59	15.2	344.3	89.5	35.2	115.3	62.4	3.4	低P低N	〃
⑥滝川	4.65	0.13	6.49	16.0	318.5	96.0	62.2	109.4	160.0	4.1	高P低N	〃
⑦栗山	4.03	0.23	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	1.43	0.08	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	3.55	0.16	5.70	18.0	232.2	22.3	47.8	57.9	118.4	4.5	中P低N	褐色森林土
⑩札幌・篠路	2.29	0.16	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	2.09	0.15	5.30	30.4	428.5	54.8	78.4	64.8	160.7	5.8	高P中N	〃

この試験の規模は1区20m²，3連制であり，耕種法は各試験地の農家慣行に準拠した。

なお，この試験は1975年に行ったものであるが，単純に土壌型や土壌化学性（土壌無機態窒素・熱水抽出性窒素含量など）の面から窒素施肥反応の特徴を明確にし得なかった。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って，施肥反応の特徴や施肥適量を良くは握しうるので，前記枠試験の実証試験として取りまとめを行ったものである。

結　　果

1．場内枠試験

(1)　初期生育と体内N濃度

生育初期（6月13日）の体内N濃度と同時期の生育量（GI＝草丈cm×葉数枚）との間には，高い正の相関関係（r＝0.730**）が認められ，また，次期（7月11日）のG.Iとの間にも同様な関係が成り立っていた（図1）。しかし，詳細に検討するなら，生育初期の体内N濃度が4.0%程度を超えると，生育は頭打ちとなり，既報[23]の結果とも一致し

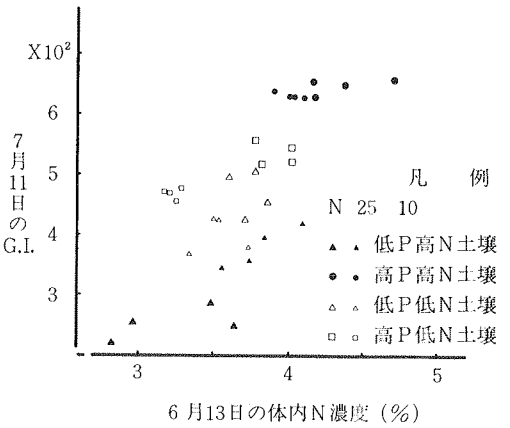


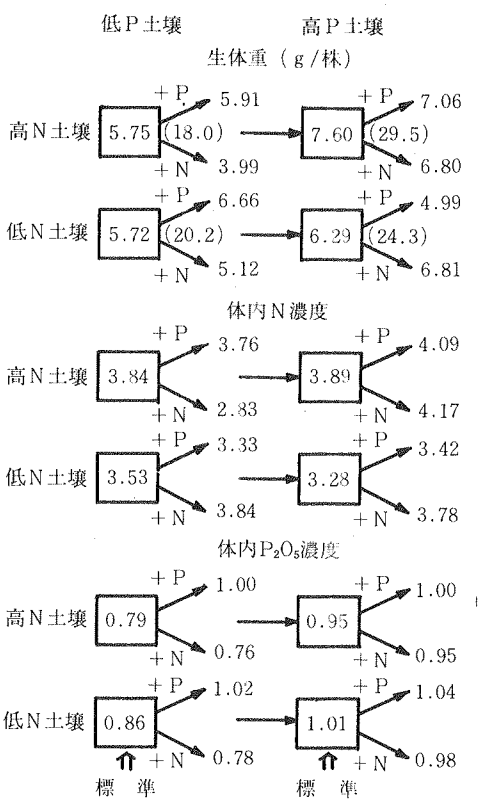
図1　初期（6月13日）の体内N濃度と次期（7月11日）の生育
注）G.I.＝草丈cm×葉数枚

た。このことは生育初期に体内N濃度を少なくとも4.0%程度に高める必要性を示唆していた（図1）。

ところで，体内N濃度は高P高N土壌のN増肥（N25kg/10a施肥）系列で最も高まり，逆に，低P高N土壌のN増肥系列で最も抑えられていた。また，N増肥は高P土壌で体内N濃度を高め得たが，低P土壌では判然としないか，むしろ低P高N土壌のように，体内N濃度を低下させていた。

さらに，土壌間の比較を，N，P肥沃度タイプ別に，P 0 kg，N10kg区の初期生育量（6月13日，20日）で比較すると，高N，低N土壌とも，低P→高P化，すなわち，土壌Pの肥沃度化によって体内P濃度が上昇し，初期生育が良好となった。なお，肥大期の生育も同様な傾向にあった。一方，体内N濃度は，低N土壌における低P→高P化で低下したが，この体内N濃度の低下は初期生育量の増大に伴う体内稀釈の一種と推測され，この処理区で後期の生育が凋落的となった要因と思われる。それに対し，高N土壌ではN供給が充分なため，生育量増大による体内稀釈が起こらず後期まで旺盛であったものと推察した（図2）。

次に，施肥処理についてみると，N増肥（10→25kg/10a）は，低P土壌では，P吸収を抑える傾向にあり，そのため初期生育が抑制され，特に，低P高N土壌では，土壌EC値の上昇と相まって終始生育が不良となったものと思われる。また，



注1）（　）の内の生体重は6月20日の計測値である。
注2）□は標準：N10kg，P 0 kg／10 a を示し，tp：N10kg，P50kg／10 a，＋N：N25kg，P 0 kg／10 a 施肥である。

図2　初期生育（6月13日）と体内N・P濃度

高P高N土壌では，生育後半のN過剰供給の原因となり，球肥大期の体内N濃度を高く維持した。

一方，P増肥は当然ながら体内P濃度を高めるが，低P土壌での効果が著しかった。すなわち，初期生育はP増肥によって良好になったが，その反面，体内N濃度が低下し，前述，土壌の高P化に伴う体内稀釈と同様な傾向を示し，N増肥の効果が期待し得た。

(2)　球肥大期の体内N濃度と球肥大

球肥大期の体内栄養状態と収穫時の平均一球重の関係を検討すると，ほぼ葉部N濃度が3.3%前後で最も球肥大が良好となり，それを超えるN濃度の上昇は球肥大に対し抑制的に作用していた（図3）。

さらに，この関係をタマネギ体内のN・P栄養

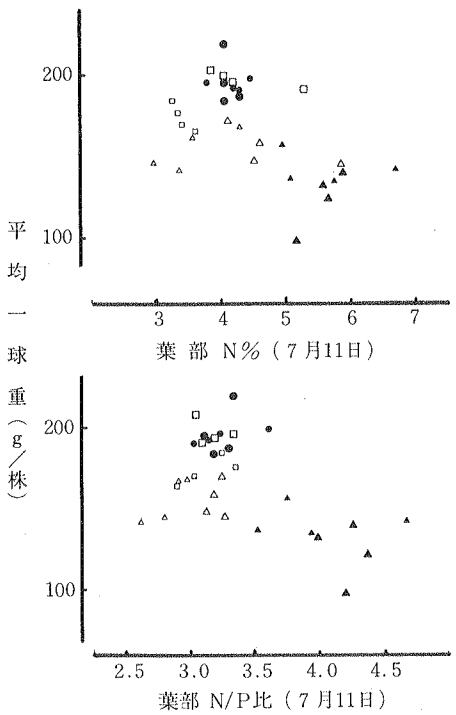


図3　球肥大期の体内N%，N/P比と球肥大

凡例
▲ ▲ 低P高N土壌
● ● 高P高N土壌
△ △ 低P低N土壌
□ □ 高P低N土壌

N25 10kg/10a

状態を示す1つの指標である体内N濃度とP濃度の比（N/P比）で検討した。まず，葉部のN/P比と平均一球重との関係をみると，N/P比3.7~4.1の範囲で，球肥大は最も良好となり，体内N濃度が高N条件（N/P大），換言するならばN優位の栄養状態は，明らかに球肥大を抑制していた。なお，当然ながら，N不足（N/P比過少）領域でも球肥大は不良であった（図3）。同様な傾向は，同期及び，倒伏期（8月10日）の球部N/Pとの間にも認められた。

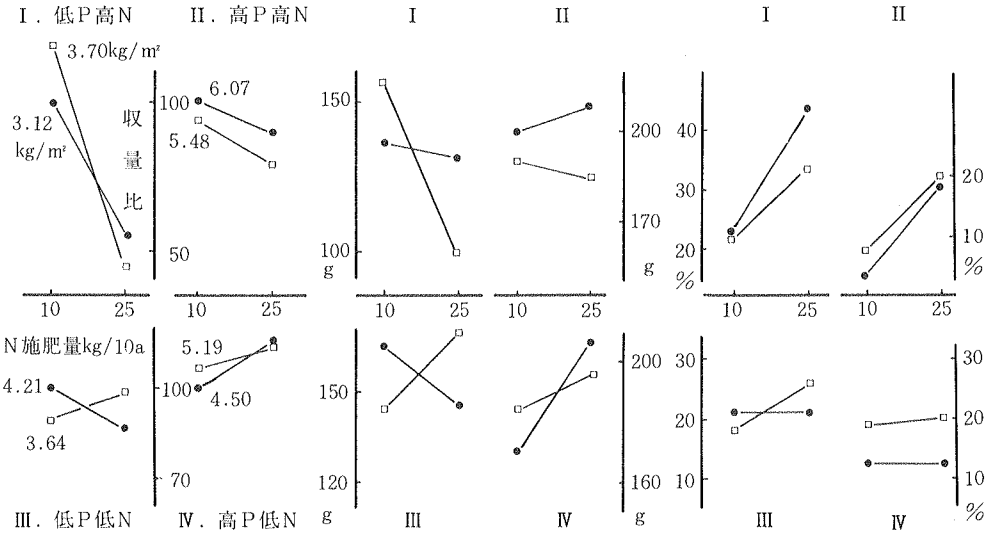
ところで，N/P比過大領域には，①低P高N土壌及び，②低P低N土壌のN25kg施肥系列の一部が属し，N/P比過少領域には，①低P低N土壌と②高P低N土壌のN10kg施肥系列が含まれていた。

(3)　収量調査結果

N・P肥沃度タイプ別に収量調査結果を取りまとめ，図4に示した。結果は，

1)低P高N土壌でのN増肥は著しい収量低下をもたらし，その低下の度合はEC上昇を増幅したP50kg施肥系列でより顕著であった。なお，この収量低下の要因は平均一球重の減少及び腐敗球数の増加に伴う規格内球数の減少であった。

2)高P高N土壌でのN増肥による収量低下は，低P高N土壌より著しく緩和された。この収量低下の緩和は，腐敗球の増加及び平均一球重の



注）Po. N10を100とし図中の数字は収量を示す。

図4　土壌タイプ別N施肥反応の差異

減少が抑えられるか，むしろ平均一球重が増加する（P 0 kg 系列）ことによった。

3)低P低N土壌のN増肥は，栄養生長を旺盛にするP多施条件で，平均一球重の増加を通じ，収量を高めていた。一方，P増肥を伴わないN施肥増は，平均一球重の減少をもたらし，収量が低下した。

4)高P低N土壌でのN増肥は，比較的腐敗球の増加程度も少なく，平均一球重を高めて，収量増加をもたらした。

(4)　土壌肥沃度タイプと生育相

次に，栄養生長量の多少と肥沃度の異なる土壌タイプとの関係を検討するため，既報[22]と同様に，初期生育量（6月中旬）をG.I（草丈cm×葉数枚）150で，球肥大盛期の栄養生長量（7月下旬）をGI.I500（全般的に生育がやや不良だったので既報[22]の600を500に引き下げた）で区分し，初期生育量が150以下で，1)球肥大盛期のG.Iが500以下を全期不良型，2)500以上を後期回復型，そして，初期生育量が150以上で，3)球肥大盛期のG.Iが500以下を後期凋落型，4)500以上を全期旺盛型と，4タイプに生育相を類型化した（図5）。

その結果，1)低P高N土壌の生育は全期不良型で，前述（図3）の体内N/P比過大領域に相当する。2)低P低N土壌は全期不良型～後期回復型で，体内N/P比は適正～過大領域に属し，3)高P低N土壌は全期旺盛型～後期凋落型で，体内N/P比は適正～過少領域に属する。そして4)高P低N土壌では，全期旺盛型の生育相を示し，体内N/P比も適正状態にあった。すなわち，栄養生長最盛期に確保された生育量は，高P高N土壌≧高P低N土壌＞低P低N土壌＞低P高N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た。

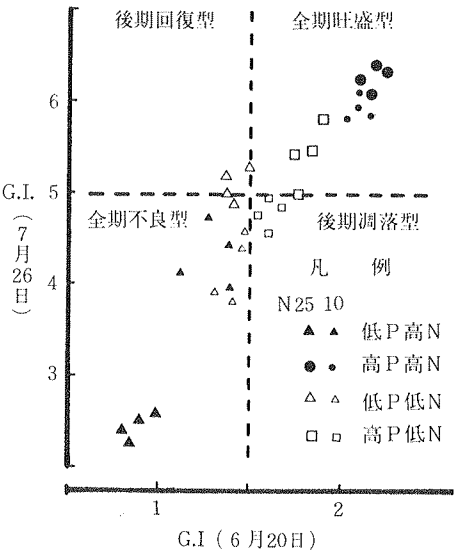


図5　土壌類型と生育相

(5)　土壌肥沃度タイプ別土壌中N・P量の推移

供試土壌の熱水抽出性N量及びTruog-P_2O_5量は，施肥前で高P土壌は130mg/100g以上，低P土壌は80mg/100g以下，高N土壌で10mg/100g以上，低N土壌で5 mg/100g以下であり，所期の目的に合致していた（表2）。

生育期間中の無機態N（$NH_4^-N+NO_3^-N$）量の推移は，高N土壌及びN25kg施肥系列で高く，明確な差異が認められた。なお，低P高N土壌の跡地における熱水抽出性N量は10mg/100gを下回ったが，生育期間中の無機態N量の推移は，低N土壌と明らかに異なり，高N土壌と規定し得

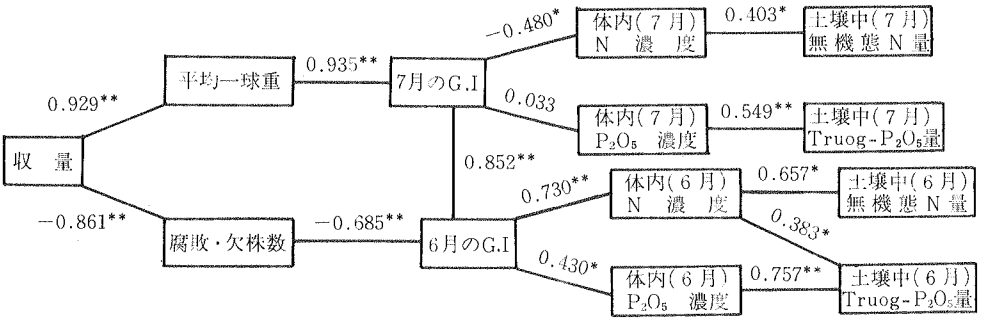
表2　土壌肥沃度別N・P量の推移

土壌肥沃度タイプ	N施肥量 kg／10a	pH(H_2O)		EC(1：5) ミリモー／cm		(NH_4+NO_3-N) mg/100g			Truog-P_2O_5 mg/100g		熱水抽出性N mg/100g	
		6月13日	8月10日	6月13日	8月10日	6月13日	7月11日	8月11日	施肥前	跡地	施肥前	跡地
I低P高N土壌	N10	5.53	5.83	0.823	0.327	19.58	10.11	4.52	76.0	85.0	11.3	7.4
	N25	5.40	5.63	1.445	0.447	21.86	15.33	6.07	75.6	70.1	12.5	9.5
II高P高N土壌	N10	5.02	5.58	1.119	0.511	23.70	17.42	3.74	131.5	127.8	18.0	13.0
	N25	4.64	5.22	1.311	0.692	32.64	22.95	8.01	141.7	131.8	16.1	11.1
III低P低N土壌	N10	5.64	6.09	0.413	0.279	6.71	3.46	0.80	72.9	80.4	4.1	3.8
	N25	5.25	5.87	0.634	0.260	14.46	9.65	1.49	78.5	74.8	3.5	2.8
IV高P低N土壌	N10	5.70	6.02	0.598	0.390	7.35	4.70	1.25	140.4	128.1	4.4	4.2
	N25	5.31	5.71	0.929	0.471	16.01	9.89	1.23	130.5	134.1	3.9	4.2

た。一方，EC値は無機態N量を反映し，高N土壌及びN25kg施肥系列で高く，かつ，同一施肥量ならば，高P高N≧低P高N＞高P低N＞低P低N土壌の順にEC値は低下した。しかし，無機質表層泥炭土に由来する高P高N土壌は，他の3土壌（褐色低地土）に比べ，容積重が小さく，容量換算するなら，高P高N土壌のEC値は，むしろ低P高N土壌より低いものと推定された。

(6)　生育・収量に関与する各要因の総合関係

場内枠試験の32処理区間において認められた結果，1)土壌中N・P量→2)体内N・P濃度→3)栄養生長量→4)収量構成要因（平均一球重・収穫球数）→5)収量，の相互関係を総合的に図6に取りまとめた。



注）図中の6月は6月中旬，7月は7月中旬をす。

図6　総　括　図

まず，収量は，1)球肥大の良否を表わす平均一球重と高い正の相関関係に，2)収穫球数の多少に関与する腐敗・欠株数と高い負の相関関係にあり，従来の報告[6,19]とよく一致した。なお，既に報告しているように[19,22]球肥大の良否は獲得された栄養生長量（7月11日のG.I）の大小によって左右され，一方，腐敗・欠株数は既報[7,19]と同様，初期生育（6月13日のG.I）の良否と密接な関係を示した。

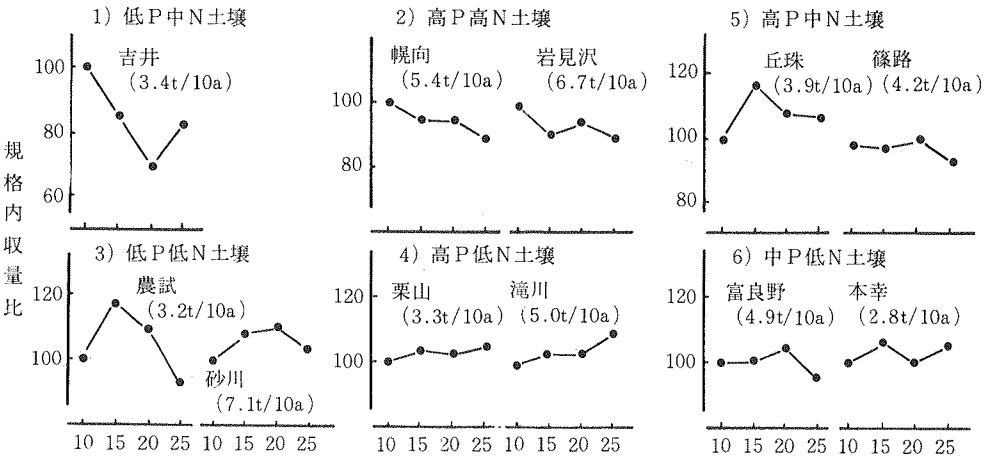
次に，初期の栄養生長量（6月13日）と体内養分濃度の関係をみると，初期生育の旺盛なものほど，体内のN・P濃度が高く，その体内N・P濃度と次期の球肥大盛期の栄養生長量の間に高い正の相関関係が認められた。しかし，球肥大期（7月11日）の体内養分濃度との関係では様相が逆転し，体内N濃度とはむしろ負の相関関係を示し，体内P濃度とは一定の傾向を示さなかった。なお，これら体内N・P濃度は各時期の土壌中無機態N量及び有効態P量と高い正の相関関係にあった。そして，有効態P量と体内N濃度の間に正の相関関係が認められ，P蓄積量の増加がN吸収を促進する傾向が認められた。

これら全体を通覧すると，土壌中のN・P量が多いほど，タマネギの体内N・P濃度を高め，それが初期生育にはプラスに作用し，かつ，次期の球肥大期の栄養生長量をも旺盛にした。そして，獲得された栄養生長量の大小が，平均一球重の増減，腐敗・欠株数の多少を通じ，収量を決定していた。なお，球肥大期の体内高N濃度は逆に球肥大にマイナスに作用していた。

さて，このような全体的展望から，タマネギの収量向上には，旺盛な栄養生長量を確保することが前提であることが明らかとなった。

2．現地N用量試験

前記試験1のN・P肥沃度区分に概当する道央7ケ所の現地試験地におけるN施肥反応を取りまとめた（図7）結果は枠試験とよく一致した。すなわち，1)低P高N土壌である吉井試験地でのN施肥増は，著しい収量低下をもたらし，2)P蓄積が進んだ高P高N土壌である幌向，岩見沢試験地においては，N増肥に伴う収量低下が緩和され，施肥適量は10～15kg/10aであった。また，3)低P低N土壌（農試，砂川試験地）では，N施肥適量は15～20kg/10a程度となり，4)P蓄積の進んだ高P低N土壌（滝川，栗山試験地）では，N増肥により収量は漸増傾向に移り，N20～25kgが施肥適量であった。そして，肥沃度が中間的な4参考試験地の内，5)中P・低N土壌の富良野試験

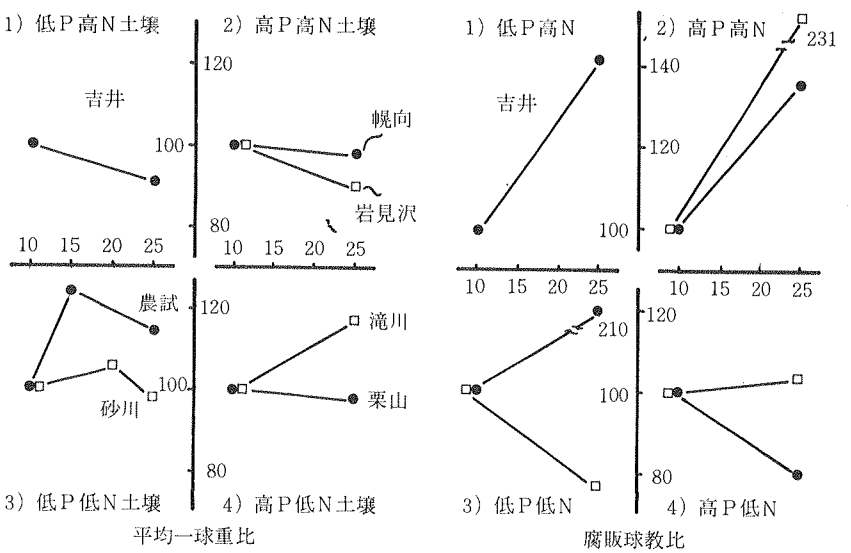


注）N10kg区の収量を100とした規格内（径4.5cm以上の正常球）収量比で示した。

図7　現地試験収量調査結果

地におけるN施肥適量は20kg/10a前後となり，低N条件下の低P土壌と高P土壌における施肥適量の中間値となった。また，6)中N・高P土壌に該当する篠路，丘珠試験地の施肥適量は15～20kg/10aと，これまた高P条件下の低N土壌と高N土壌の施肥適量の中間値となった。すなわち，養分蓄積の進行につれ，N施肥反応は連続的に変化していた。

次に，各試験地のN10kg及びN25kg区の平均一球重・腐敗球数を取りまとめると（図8），1)低P高N土壌の吉井試験地におけるN増肥に伴う収量低下は，腐敗球の増加と平均一球重の減少により，2)高P高N土壌においても同様な要因で収量が低下していたが，平均一球重の減少が少な



注）N10g区の平均一球重，腐敗球数を100とした。

図8　土壌類型と収量構成要因

く，それが収量低下を緩和していた。それに対し，3)低P低N土壌のN増肥は，施肥適量までは，腐敗球の増加が緩慢で，平均一球重を増加させ，収量向上につながった。一方，4)高P低N土壌では，腐敗球の増加をもたらすことなく，滝川では平均一球重の増加を促すため，また，栗山では平均一球重の低下が軽微であるため，N増肥が収量を漸増させた。

論　　議

P資材多投による畑土壌の肥沃化技術の確立[24]と，そのタマネギ畑への導入による熟畑化技術[2]は，北海道におけるタマネギ栽培面積の急激な拡大をもたらしたばかりか，農家慣行施肥量にも多大な変化を引き起こした。すなわち，熟畑化技術導入時（1968年）のタマネギ畑におけるN：P：K施肥量＝8～12：10～15：10～12kg/10a（成分量）が[5]，既報[20]のように現在は20～25：40～50：20～25kg/10aへと増加した。

このような施肥増をもたらした要因は，一つにはP資材多用の効果があまりにも顕著であったため，熟畑化以後も必要以上のP施肥が一般的に行われるに至ったことと，古山等[2]の指摘にもあるようにP多用に伴い生育後半のN, K, Mg吸収が低下し，凋落的生育を示すことに対応し，これら養分の増肥が必要であったことによる。

その結果，タマネギ栽培土壌は，栽培年数の増加につれ，土壌中にPとKが蓄積傾向を示し，とり分けPの蓄積は顕著となり，[20,21]，過剰蓄積による収量低下が認められるに至った[22]。この経緯を包括的に表現するならば，1)土壌中の有効態Pレベルが低く，かつN・P施肥量の少ない状態から，2)土壌有効態Pの著しく豊富で，N・P施肥レベルの高まった状態への移行と言える。

一方，タマネギに対する吉村[25]，南等[14]，勝又等[10]の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・南[2]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。そこで著者等は，N肥沃度の差異と共に，P蓄積量の増大がN施肥反応に及ぼす影響を検討した。

まず，水分条件をコントロールした場内枠試験と，気象条件等の異なる現地N用量試験において，N施肥適量がN肥沃度のみならず，P肥沃度の影響をも受けていることが明らかとなった（図2，図7）。

例えば，低N土壌におけるP蓄積の進行は，初期生育を旺盛にし，体内稀釈的にN濃度の低下をもたらし（図2），それが次の球肥大期の栄養生長を衰退させ（図1，図6），いわゆる凋落的生育の一要因となった。この場合，N増肥は体内N濃度の低下を抑制して，栄養生理的活性を維持するため，球肥大期の栄養生長をも旺盛に保ち，高収につながった。

これらの結果は，南・古山[2]の指摘とも一致し，かつ，土壌のP富化に対応して，N増肥を行ってきた農家慣行施肥技術の一側面の正当性を証明するものであり，先に述べた施肥量増大の理由を明らかにするものである。

さらに，この結果はP蓄積につれて，獲得される栄養生長量が増加し，N増肥が導入される前のN施肥量では必要な体内N濃度[23]（6月上旬4.0%程度）を維持し得ず，N増肥の必要性を示すものであり，まさにN施肥量がP肥沃度の影響を受けていることを示す例証である。また，低P土壌におけるN単独増肥は平均一球重の減少を通じ，むしろ収量低下を促し，P増肥を併用して，はじめてN増肥の効果が表われる現象も，同様に，P富化によりN施肥反応が異なることを示唆している。

一方，低P・高N土壌におけるN増肥はEC上昇をもたらし，根の伸長を抑え，もともと存在量の少ない土壌中Pの吸収を抑制し（図2），初期生育を不良とするのみならず，その後の生育をも抑えたものと推測した。加えるに，EC上昇は濃度障害の併発による腐敗・欠株数の増加をもたらし[7]，収量を著しく低下させた。なお，本試験におけるP多量施肥は，EC上昇を増幅したため，その増肥効果があまり顕著でなかった。しかし，既報[22]のように，P_2O_5 25～50kg施用が望ましいものと思われる。

一方，高N土壌では高P化につれて，N増肥によるP吸収抑制が緩和され，初期生育も，その後に続く球肥大期の栄養生長も旺盛に推移した（図2）。この点においても，N施肥反応がP肥沃度の影響を受けていた。反面，N増肥は球肥大期まで，

体内N濃度を高く維持し，加藤[8,9]，Scully et al[18]の報告にあるように，球に蓄積されるべき光合成産物を消耗し，球肥大を抑制するものと推測した（図3）。

これらの結果を，体内N・P栄養から総括するべく，N・P栄養状態を球肥大期の葉部N/P比で表現し，収量あるいは平均一球重との関係を模式化した（図9）。

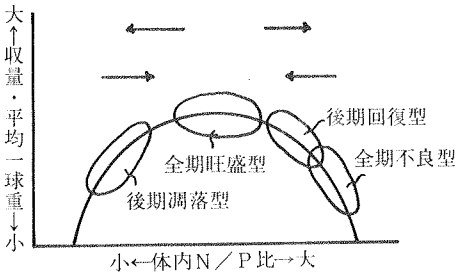


図9　N/P比（7月中旬）生育相：収量の模式図

注）－P：P減肥　　－N：N減肥

まず，N優位の栄養状態であるN/P比過大領域は，低P高N土壌及び低P低N土壌のN増肥及びP減肥系列が該当し，全期不良型生育，後期回復型生育が相当する。これらに対する対応策は，P増肥，N減肥によりN/P比の減少を図り，適正なN・P栄養状態に近づけることである。

一方，N/P比過少の領域は，低P低N土壌と高P低N土壌における，N減肥系列が該当し（図3），後期凋落型生育相を示した。この対策はP減肥とN増肥である。また，適正領域に属するのは，①低P高N土壌のP増肥・N減肥，②低P低N土壌のP増肥・N適量増肥，③高P低N土壌のP減肥・N増肥系列及び④高P高N土壌のP・N減肥系列が該当するものと想定され，本試験の範囲内でも，高P高N土壌，低P低N土壌のN増肥区の一部，高P低N土壌のN増肥区がN/P比適正領域内に含まれており，全期旺盛型生育相を示した。なお，高P高N土壌におけるP増肥はN/P比過少領域，すなわち，後期凋落型生育に転換し，N増肥は栄養生長の遅延をもたらし，球肥大を抑制する可能性が推測された。

また，既報[22]において，P蓄積と球肥大に関して，N肥沃度の差異，すなわち，高N土壌のP適正領域が低N土壌より高いことを報告したが，これもN供給力の小さな低N土壌より，N供給力の大きな高N土壌で，適正N/P比を維持するに，より高P蓄積条件でよいことが一要因となり，本報の結果ともよく一致するものと思われる。

以上の結果より，①低P高N土壌に対するN施肥適量は10kg/10a，②高P高N土壌に対しては10～15kg/10a，③低P低N土壌に対しては15～20kg/10a，そして④高P低N土壌に対しては25kg/10aが妥当な施肥量であった。また，これらの結果から，中N・中P条件の組み合わさった中間的な肥沃度タイプに対するN・P施肥量を検討した結果（図7），⑤中P・低N土壌にはN20kg前後，⑥低P・中N土壌に対してはN10～15kg，⑦中P・中N土壌，N15kg，⑧高P・中N土壌，N15～20kg，⑨中P・高N土壌，N10kg/10aが妥当と思われた。

文　献

1) 赤塚　恵，坂柳迪夫，"畑土壌における窒素供給力の検定方法に関する2，3の考察"．北海道農試彙報．**83**，64-70（1964）．

2) 古山芳広，南　松雄，"北海道における玉ねぎの施肥技術改善に関する試験，(2)，新畑における生育障害とその改良対策について"．北海道立農試集報．**18**，33-47（1968）．

3) Grunes, D. L.; Haise, H. R.; Turner. F. TR.; Allessi, J. "Relationship between yield response to applied fertilizers and laboratory measures of nitrogen and phosphorus availability". Soil Sci. Soc. Am. Proc. **27**, 675-679 (1963).

4) Harmsen, G. W.; Van Schreven, D. A. "Determination of the mineralization of nitrogen in soil". Adv. Agron. **7**, 361-383 (1955).

5) 北海道立農業試験場編，"タマネギ生産改善に関する試験成績書"．1963．p.15-16．

6) 岩渕晴郎，平井義孝，多賀辰義，相馬　暁，"施肥並びに土壌水分条件が春播タマネギの生育・収量・貯蔵性に及ぼす影響，III．貯蔵性低下の要因ならびに本畑生産条件と貯蔵性"．北海道立農試集報．**36**，53-62（1977）．

7) 岩渕晴郎，平井義孝，多賀辰義，相馬　暁，"施肥並びに土壌水分条件が春播タマネギの生育・収量・貯蔵性に及ぼす影響，IV．生育初期における濃度障害と乾腐病発生の関係"．北海道立農試集報．**39**，27-33（1978）．

8) 加藤　徹（杉山直儀編），"結球現象－球の肥大，

充実におよぼす環境要因の影響". 野菜の発育生理と栽培技術. 誠文堂, 1975. p.98-107.

9) 加藤 徹. "タマネギの球の形成肥大および休眠に関する生理学的研究, (5), 球の形成肥大と炭水化物, チッ素およびAuxin代謝との関係". 園学雑. **34**(3), 43-51 (1965).

10) 勝又広太郎, 松尾良満, 桜井雍三. "タマネギの収量と貯蔵性に及ぼす窒素, 燐酸ならびに加里の施肥に関する研究". 愛知農総試研報. B4. 14-18 (1972).

11) Kresgc, C. B.; Merkle, F. G. "A study of the validity of laboratory technigues in appraising the available nitrogen -producing capacity of soils". Soil Sci. Soc. Am. Proc. **21**. 516-521(1957).

12) 串崎光男. "馬鈴薯の栄養生理学的研究, (1), 馬鈴薯の生育過程における無機要素の推移". 北海道農試彙報. **72**, 72-81 (1957).

13) 串崎光男. "馬鈴薯の栄養生理学的研究, (2), 生育過程に伴う窒素化合物並びに炭火化物の消長". 北海道農試彙報. **73**, 48-59 (1957).

14) 南 松雄, 沢口正利, 山崎淑子. "畑土壌肥沃度の診断に関する研究, (1), 土壌燐酸の有効度について". 北海道立農試集報. **19**, 80-86 (1969).

15) 沢口正利, 南 松雄. "畑土壌肥沃度の診断に関する研究, (3), 窒素肥沃度の判定について". 北海道立農試集報. **22**, 48-60 (1970).

16) 島上芙雄, 串崎光男. "春播小麦に対する三要素用量試験, 三要素用量が生育, 収量並びに無機組成に及ぼす影響". 北海道農試彙報. **16**, 15-23 (1961).

17) 下野勝昭, 大崎亥佐雄. "秋播小麦の栄養生理と施肥法に関する研究, (3), 収量および各生産形質に及ぼす播種量と窒素用量の影響". 土肥講演要旨集. **26**, 213 (1980).

18) Scully, N. J.; Parker, M. W.; Borthwick, H. A. "Interaction of nitrogen nutrition and photoperiod as expressed in bulbing and flower-stalk development of onion". Bot. Gaz. **107**, 52-61 (1945).

19) 相馬 暁, 多賀辰義, 岩渕晴郎. "施肥並びに土壌水分条件が春播タマネギの生育・収量・貯蔵性に及ぼす影響. I. 土壌水分及び窒素用量が生育・収量に及ぼす影響". 北海道立農試集報. **35**, 42-52 (1976).

20) 相馬 暁, 多賀辰義, 石井忠雄, 平井義孝, 岩渕晴郎. "北海道・道央地区における野菜栽培土壌の実態とその問題点について". 北海道立農論集報. **44**, 25-36 (1980).

21) 相馬 暁, 岩渕晴郎. "北海道・道央地区のタマネギ栽培土壌の実態とその問題点". 北海道立農試集報. **45**, 17-26 (1981).

22) 相馬 暁, 岩渕晴郎. りん酸肥沃度及びりん酸施肥がタマネギの生育・収量に及ぼす影響". 北海道立農試集報. **47**, 47-56 (1982).

23) 相馬 暁. "タマネギの施肥問題と施肥設計". 農業技術大系, 野菜編8, タマネギ, 農山漁村文化協会, 1973, 基 p. 187-200.

24) 山本 毅, 高橋達児. "改良資材による畑土壌の肥沃化, 第2報, 改良資材の施用が土壌および作物の要素呼収におよぼす影響". 東北農試研報. **35**, 19-36 (1967).

25) 吉村修二. "タマネギ貯蔵中の腐敗におよぼす施肥の影響, (1), 3要素の施肥法が腐敗におよぼす影響". 大阪府農技セ研報. **2**, 17-30 (1965).

Nitrogenous Fertilizer Requirements for Onions Grown under Field Conditions Based on the Nitrogen and Phosphorus (Phosphate) Content of the Soil

Satoru SOUMA* Haruo IWABUCHI**
and Tatsuyoshi TAGA***

Summary

Nitrogenous fertilizer requirements for onions depend on the amount of available phosphorus as well as available nitrogen in the field where the onions are raised. A substantial supply of nitrogenous fertilizer to a field to provide a relatively large quantity of available nitrogen (referred to as the field with a high N content) may increase the content of inorganic nitrogen in the field to high and harmful levels. When onions were raised in such a field, it was observed that the onions were damaged and their uptake of phosphorus nutrients from the soil was inhibited early in their growing period. In addition, their uptake of nitrogeneous nutrients increased to harmful levels late in their growing stage. Where the onions were raised in a field that provided a relatively low level of available phosphorus (referred to as the field with a low P content), the presence of an excess of inorganic nitrogen in such a field stunted the growth and the development of the bulbs throughout their growing period with the result that the yield was markedly decreased. When a sufficient quantity of phosphorus fertilizer was added to such a field, the uptake of phosphorus nutrients was restored to compensate for the deficiency and the concentration of nitrogen in the bulb of the onion was gradually lowered down to about the normal level as the bulb grew larger. On the other hand, a large supply of nitrogeous fertilizer to the field that provided only a small quantity of available nitrogen (referred to as the field with low N content) could not improve the growth and the development of the onions raised in such a field even in the presence of an adequate supply of phosphorus fertilizer. More particularly, when a sufficient quantity of only phosphorus fertilizer was supplied to such a field without adding nitrogenous fertilizer, it was observed that the concentration of nitrogen in the onions gradually declined as their bulbs grew larger and, as a result, development of the bulb was prolonged to late in the growing period. These experiments were carried out to determine the nitrogenous fertilizer requirements for onions (represented by the quantity of nitrogen in nitrogenous fertilizers per field of 10 ares in area) in the following field types under actual field conditions:

1) the field with low P content and high N content: 10 kg N,
2) the field with medium P content and high N content: 10 kg N,
3) the field with high P content and high N content: 10-15 kg N,
4) the field with low P content and medium N content: 10-15 kg N,

*Hokkaido Prefectural Dounanu Agricultural Experiment Station, Ouno, Hokkaido 041-12, Japan.
**Hokkaido Central Agricultural Experiment Station, Saganuma, Hokkaido, 069-13, Japan.
***Hokkaido Prefectural Kamikawa Agricultural Experiment Station, Asahikawa, Cokkaido, 078-02, Japan.

5) the field with medium P content and medium N content : 15 kg N,
6) the field with high P content and medium N content : 15-20 kg N,
7) the field with low P content and low N content : 15-20 kg N,
8) the field with medium P content and low N content : 20 kg N, and
9) the field with high P content and low N content : 20-25 kg N.