

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

相馬 暁* 岩渕 晴郎**

P蓄積の進行に伴うタマネギの収量水準の推移は三つの領域に大別し得た。1) 領域Ⅰは土壤中の有効態P (Truog-P₂O₅) 80mg/100gまでで、P蓄積量の増加が生育・収量を顕著に高めた。特に、施肥前のTruog-P₂O₅量が50mg以下の新畑においては、P吸収不足による初期生育の抑制が著しく、P増施効果が顕著で、50kg/10a施肥(P₂O₅として)が妥当であった。2) 領域ⅡはTruog-P₂O₅ 80~130mgの範囲で、P蓄積量と収量の関係は判然としないが、収量レベルは最も高い。本領域に対するP施肥適量は25~10kgである。3) 領域ⅢはTruog-P₂O₅ 130mg以上の範囲で、P蓄積量の増加が球肥大の抑制と腐敗球の多発を通じ、収量低下をもたらした。本領域に対する施肥量は10kg以下である。以上のところを加味し、収量目標を5t/10aレベルに設定すると、G.I (Growth Index = 草丈cm×葉数枚) 200~250の初期生育を確保し、体内P濃度を1.0~1.3%に高め、球肥大期のG.Iを600以上獲得する必要があるが、そのためには少なくとも、土壤中のTruog-P₂O₅量を80~100mg/100gまで富化せねばならない。

緒 言

畑地の生産力増強に対するP多施の効果は既に多くの研究・報告^{2,6,8,17,18,18,25,27)}により明らかにされており、特に野菜栽培土壌であるタマネギ畑に対しても、新畑造成時を中心に、顕著な効果を示している。^{4,9,19)}それ故に、P多施は熟畑化技術として、現在、タマネギ畑に広く普及・励行されている。

ところで、タマネギに対するP多施用の効果について考えてみると、堀等⁵⁾は水耕において培養液中のAl濃度が1ppmを超えると、タマネギの生育が著しく阻害されることを報告し、さらに富士市の甘藷跡地タマネギの生育障害が、酸性化に伴うAlの活性化とP欠乏による結球抑制に基づくとし、いずれもP増施と酸性矯正によって改善

効果を上げた。従って、本効果は土壤中の可給態P含量と置換性Ca量を高めることによって、活性Al₂O₃とY₁を減少せしめることに起因するものと考えられる。

一方、北海道においても、伊藤⁹⁾はP資材多投による熟畑化技術をタマネギ畑に導入し、古山・南⁴⁾はその効果を土壤肥料的に解明した。すなわち、タマネギ新畑の生育障害がP吸収不足によることを明らかにし、望ましい収量を得るためには、土壤中の有効態PレベルをTruog-P₂O₅で80mg/100g以上に高める必要があると指摘した。⁴⁾

このようにして確立された熟畑技術が、近年、急速なタマネギ栽培面積の拡大と増収をもたらしたが、それに随伴してタマネギ畑のP蓄積は一般畑作畑、一般野菜畑に比べ著しく進み^{22,23)}、そのようなP蓄積の進んだ段階で、タマネギの生育・収量に対し蓄積したPが必ずしも有益に作用していない実態が明らかにされた²³⁾。

そこで、本報においては、タマネギの生産性を最も高めるための土壤中の有効態Pレベル、換言すれば、P肥沃度の適正範囲を明らかにすると共に、

1981年11月1日受理

* 北海道立中央農業試験場, 069-13 夕張郡長沼町

** 北海道立上川農業試験場, 078-02 旭川市永山

P過剰蓄積による障害性を明らかにし、併せて、P肥沃度別P施肥量の策定を検討した。

なお本稿のとりまとめに当り、中央農業試験場化学部長奥村純一博士の御指導、御校閲を、同環境保全部長南松雄博士の御校閲をいただき、ここに心から謝意を表する。

試験方法

試験は1976, 1977年の2カ年、表1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、その土壌タイプは、褐色低地土、灰色低地土、無機質表層泥炭土の三群に大別された。なお、N地力の一尺度となる熱水抽出性N量は、褐色低地土、灰色低地土、無機質表層泥炭土の順に高まっていた。

試験処理はP施肥量4レベル(0, 10, 25, 50 kg/10 a)とN施肥量2レベル(15, 25kg/10 a)の組合せ8処理で、農家慣行を参考区とした。Kは各区共通、20kg/10a 施肥とした。試験規模は1区20m²、2連制である。その他の栽培法は農家慣

行に準じたが、定植日は5月10日前後と指定し、ほぼ5月6日~12日の間に、各試験地とも定植を終了した。ただし、③五十嵐試験地のみは遅く5月19日定植であった。

結 果

1. P蓄積と収量

P蓄積量と収量の関係を、図1(1977年、やや低収年)に取りまとめた。まず、全試験地の跡地Truog-P₂O₅量と総収量の関係はほぼ三つに区分し得た。すなわち、1)P蓄積量の増加が明確な収量増につながる領域I、2)収量水準は最も高いがP蓄積量と収量の関係が判然としない領域II、そして3)P蓄積量の増加が逆に収量低下をもたらす領域IIIである。

これをより具体的に検討すると、1977年においては、図1のように、最も高い収量が得られるP適正領域は、80~130mg/100g程度の範囲と推測された。なお、同年は生育前半が多雨傾向に推移したため、定植後の活着が良好で、初期生育はお

表1 試験地の土壌条件(化学性)

試験地No.	試験地	pH (H ₂ O)	CEC m·e/ 100g	CaO	MgO	K ₂ O	塩基飽和度 %	Truog-P ₂ O ₅ mg/100g	P吸収 係数	熱水抽出性N mg/100g	土壌 タイプ	栽培 歴別
				mg/100 g								
1	札幌・岩田	6.58	25.7	613.6	78.8	80.0	107.2	142.2	1,237	4.47	BL	熟畑
2	札幌・万所	5.91	28.5	584.4	42.6	65.4	85.6	49.9	1,874	19.14	PMC	新畑
3	札幌・五十嵐	6.50	40.1	986.4	54.9	77.3	98.8	194.5	1,722	19.42	PMC	熟畑
4	南幌・北野新畑	7.21	12.3	201.4	108.2	20.4	105.9	78.1	894	2.04	BL	新田
5	南幌・北野熟畑	7.15	13.9	372.5	91.9	58.5	137.8	112.6	850	2.87	BL	熟畑
6	長沼・下村	6.40	13.5	323.5	103.0	17.8	70.0	27.7	980	2.81	BL	新畑
7	農試・Hpほ場	5.92	14.3	265.1	117.3	21.6	106.8	106.2	826	2.73	BL	熟畑
8	農試・Lpほ場	6.28	15.2	248.3	121.9	20.5	101.4	72.7	974	2.99	BL	新畑
9	栗山・久保	7.12	22.8	349.7	160.4	83.6	97.8	113.4	925	3.69	BL	熟畑
10	栗山・富沢	6.60	13.7	295.7	69.9	28.1	107.0	43.2	871	2.24	BL	新畑
11	岩見沢・景安	5.88	23.9	428.9	39.3	41.0	76.0	110.0	1,466	11.20	PMC	熟畑
12	岩見沢・中山	6.30	24.6	383.7	66.8	24.6	73.7	31.3	1,221	11.47	PMC	新畑
13	砂川・上杉	5.80	30.8	502.1	81.9	84.9	77.4	170.6	1,161	8.22	GL	熟畑
14	長沼・大塚	6.49	15.7	314.7	127.2	52.0	119.1	140.9	1,149	3.90	BL	熟畑
15	長沼・渡辺	5.94	15.2	425.5	102.7	61.0	142.3	105.1	994	4.34	BL	熟畑
16	札幌・氏家	5.63	25.3	546.0	59.5	115.3	103.6	113.4	1,370	6.32	GL	熟畑
17	札幌・坪野	5.91	29.0	576.5	86.7	112.2	118.3	158.3	1,426	5.12	GL	熟畑
18	由仁・鳩	6.68	18.2	308.6	106.7	76.2	98.7	151.0	960	4.95	BL	熟畑

注) 土壌タイプ、BL: 褐色低地土、GL: 灰色低地土、PMC: 無機質表層泥炭土、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。

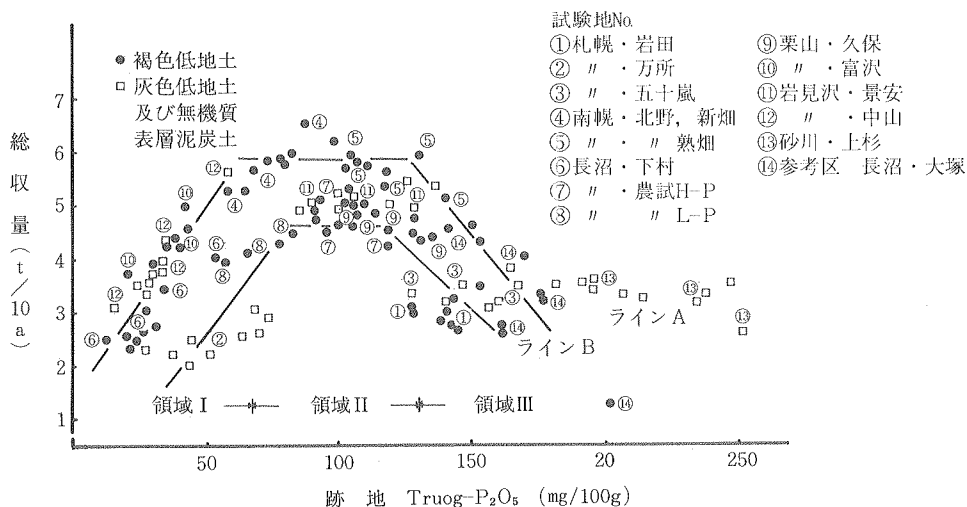


図1 跡地のTruog-P₂O₅量と総収量(1977年, やや低収年)

おむね順調であったが、その後の降雨が少なく、生育が停滞し、各試験地ともやや不良な収量レベルとなった。

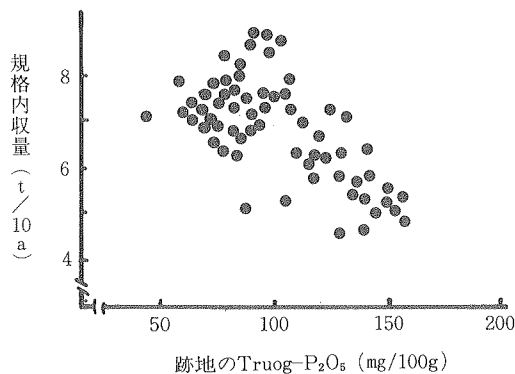
一方、気温は平年並で、順当な降雨があった1978年は多収年であり、表示しなかったが、P適正領域は70~170mg/100g程度の範囲となり、P蓄積に伴う収量動向は、図1と同様に、ほぼ三領域に区分し得た。

ところで、これらの結果は道央地区に広範囲に点在する気象条件の異なる試験地を全体的に取りまとめたものである。そこで、気象条件をそろえ

る意味で、栽培環境が類似的な富良野盆地に地域を限定し、同一処理内容で行った試験結果(1977年)を取りまとめ、図2に示した。P蓄積に伴う収量変化は、前述、図1の結果とほぼ一致し、P過剰蓄積により収量が明らかに低下していた。なお、表示しなかったが、北見・上湧別地区においても同様な結果が得られた。

2. P蓄積が収量構成要因に及ぼす影響

一般に、タマネギの収量は、球肥大の良否と収穫球数によって左右され²¹⁾、収穫球数の多少は栽植密度の粗密の他に腐敗球数・欠株数の影響を強く受けている。そこで、P過剰蓄積による収量低下の要因を解析すべく、まず、跡地 Truog-P₂O₅量と腐敗球(主として乾腐病による)の関係を検討した。結果は図3に示すように、土壤の種類に関係なくP蓄積の進行が腐敗球の多発をうながす傾



注) N(10,20kg/10a)×P(0,10,25,50kg/10a)の組合せ8処理6試験地、供試土壌は褐色低地土。

図2 富良野地区におけるP蓄積と収量(1979年)

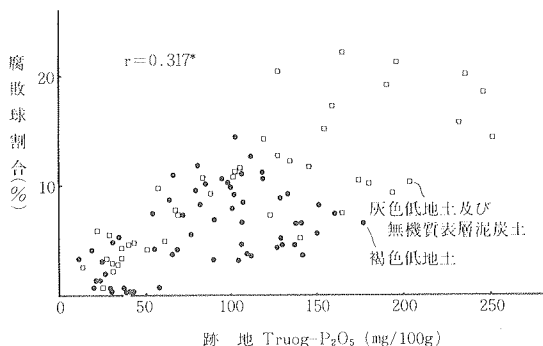


図3 P蓄積とタマネギの腐敗(1977年)

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ていた。

次に、球肥大の良否を規格内球数に占めるL玉（直径7.0cm以上）以上の大球割合（L球率）で表現し、P蓄積との関係を取りまとめた。結果は図4に示すように、N肥沃度の低い（熱水抽出性N 5mg以下）褐色低地土（図中●）においては、 $\text{Truog-P}_2\text{O}_5$ 80mg程度まで、P蓄積増が球肥大を向上させ、それを超えるP蓄積で球肥大が抑制された。一方、中・高N肥沃度（中N：熱水抽出性N 5~10mg/100g、高N：熱水抽出性10mg以上）の灰色低地土、無機質表層泥炭土（図中□）では、 $\text{Truog-P}_2\text{O}_5$ 140mg程度までのP蓄積は球肥大を促進し、それを超えると球肥大を抑制した。

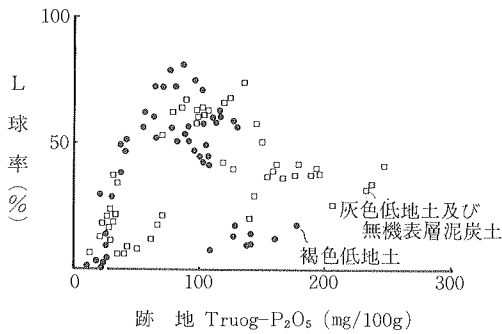


図4 P蓄積と球肥大 (1977年)

以上の結果より、P蓄積が収量構成要因である、1)収穫球数の多少、2)球肥大の良否に関与していることが明らかとなった。

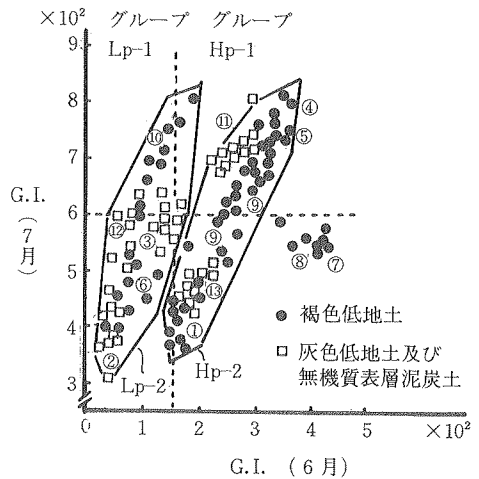
3. 収量構成要因に及ぼす栄養生長の影響

、栄養生長の収量構成要因に及ぼす影響は、既報²¹⁾のように、二つの時期で取りまとめ得た。すなわち、1)外葉発育期（6月上・中旬）の栄養生長量の多少は初期生育の良否を表現し、かつ、その後の栄養生長の推移に関与する。さらに、この初期生育量の多少が腐敗・欠株数の増減を通じ、収穫球数、ひいては収量に影響を与えている^{10,21)}。一方、2)球肥大盛期（7月中・下旬）の栄養生長量は球肥大の良否を通じ、収量に関与する。

そこで、まず本試験の範囲で、獲得された初期生育量の多少と腐敗・欠株の関係について検討したところ、従来のN多施による濃度障害の生育抑制と異なり、P不足に伴う生育抑制は腐敗・欠株の増加に必ずしも結びつかなかった。しかし、球

肥大盛期の栄養生長量と球肥大の良否間には、従来の報告²¹⁾どうり高い正の相関関係が認められた（7月中・下旬のG.IとL球率： $r=0.685^{**}$ 、 $n=144$ ）。さらに本報では、栄養生長の質、すなわち、生育相の違いと収量の関係について検討を進めた。

各試験地の生育相は栄養生長量(G.I)の推移から、図5のように、4グループに分け得た。すなわち、1)初期生育量がG.I 150以下と劣るが、その後急速に回復し、球肥大盛期には旺盛な栄養生長量が確保される後期回復型（グループLp-1）、なお、本タイプは全体的に生育ステージが遅延する。2)いわゆる新畑の“青立ち”的生育相を示し、生育が終始不良な全期不良型（グループLp-2）。3)全生育期間を通じ、旺盛な栄養生長を示す、全期旺盛型（Hp-1）、4)初期生育はほぼ良好であるが、後半に生育が停滞する、いわゆる、“凋落”的生育相を示す後期凋落型（Hp-2）である。なお、前2者（グループLp-1とLp-2、すなわちグループLp）は施肥前の土壤中 $\text{Truog-P}_2\text{O}_5$ 量が50mg/100g以下の新畑で、②万所、⑥下村、⑩富沢、⑫中山の各試験地が含まれ、後2者（グループHp）は $\text{Truog-P}_2\text{O}_5$ 50mg以上の新畑及び熟畑で、①岩田、④北野新畑、⑤北野熟畑、⑨久保、⑪景安、



注1) G.I.=草丈cm×葉数
6月のG.I. 7月のG.I.

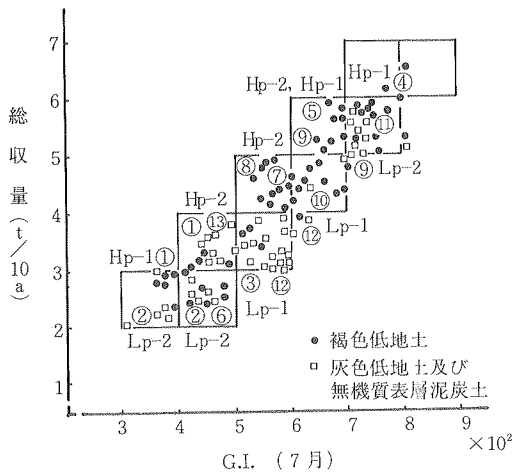
注2) { グループLp 150以下 { 600以上 Lp-1 後期回復型
 600以下 Lp-2 全期不良型
 600以上 Hp-1 全期旺盛型
 600以下 Hp-2 後期凋落型

図5 栄養生長量の推移から見た生育相

⑬上杉, ⑭大塚の各試験地が該当した(表1参照)。

なお、農試ほ場(試験地Na⑦⑧)は6月の生育調査時期が他試験地より8日遅れたため、初期生育量が大きく計測され、グループHpから見かけはズレているが、本来的には同群に含まれるものと推測した。また、③五十嵐試験地は定植期が他試験地より一週間以上遅れたため、初期生育量が小さく、グループLpに含まれるが、本来的にはグループHpに属するものと思われた。次に、これら生育相と収量の関係を見ると、図6のように、まず球肥大盛期の栄養生長量(G.I)と収量の間には明らかに高い正の相関関係が認められた。さらに詳細に検討すると、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いた。例えば、栄養生長量をG.I 100単位で総収量を1t/10a単位で区切り(図中のブロック)、G.Iと収量の間をみると、収量はG.I 3~4×10²区間でグループHp-2がLp-2より高く、G.I 4~5×10²区間ではHp-2>Lp-2、G.I 5~6×10²でHp-2>Lp-1、G.I 6~7×10²でHp-1、Hp-2>Lp-1となった。なお、表示しなかったが、G.IとL球率の間にも同様な結果が得られた。

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、初期生育の抑制を受けた全期不良型(Lp-2)、後期回復型(Lp-1)



注1) 図中の数字は試験地番号
注2) Lp-1: 後期回復型, Lp-2: 全期不良型
Hp-1: 全期旺盛型, Hp-2: 後期凋落型

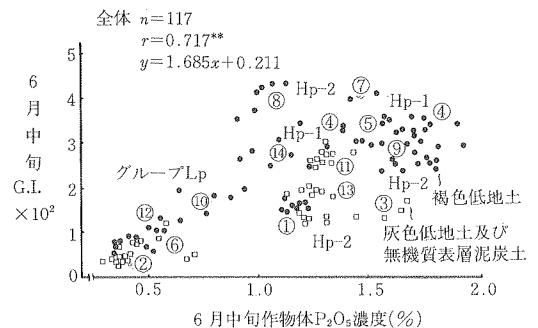
図6 栄養生長の量(G.I.)・質(生育相)と収量

に属す試験地の収量は、初期生育がある程度以上に確保された全期旺盛型(Hp-1)、後期凋落型(Hp-2)に属す試験地より球肥大が抑制され劣った。そして、収量レベルを生育タイプ別にみると、最も安定多収なのは全期旺盛型(Hp-1)であり、次いで、多収であるがやや不安定な後期凋落型(Hp-2)、球肥大がやや劣る後期回復型(Lp-1)となり、全期不良型(Lp-2)が最も低収であった。

4. P栄養と栄養生長

栄養生長の質・量が球肥大を左右し、収量に深く関与していることが明らかとなった。そこで栄養生長に対するP栄養のかかわりについて検討を移すと、まず、体内P濃度と初期生育の間には、図7のように、高い正の相関関係が認められ、1) 全体的にはグループLp-2<Lp-1<Hp-1・Hp-2と体内P濃度が高まった。2) Truog-P₂O₅ 50mg以下の新畑(グループLp)における初期生育の抑制が、土壤中の有効態P不足による体内P濃度の低下に起因することが明らかとなった。なお、3) 初期の体内P濃度とその後の栄養生長量の間にも高い正の相関関係が成り立った(図7, 脚注)。そこで、4) 一応旺盛な初期生育量をG.I 200~250程度とみなすと、それを確保するためには、図7の回帰直線より、1.0~1.3%程度に体内P濃度(P₂O₅として)を高めておく必要が認められた。

それでは、望ましい体内Pレベルを確保するためには、同時期の土壤中有効態P量を、どの程度まで高めるべきか、図8に取りまとめた。Truog-P₂O₅量とタマネギ体内のP濃度の間には、1) 全体としては高い正の相関関係が認められ、かつ、グループLp-2・Lp-1<Hp-1・Hp-2<Hp-2と高



参考: 6月上旬の体内P濃度と7月中旬のG.I.
 $r=0.484^{**}$ $y=1.27x+4.42$

図7 外葉発育期の体内P濃度と栄養生長量

まっていた。2)特に Truog-P₂O₅ 120 mg以下の範囲では一層高い相関関係が成り立ち、3)それを超えると判然としなくなった。結局、体内P濃度を

1.0~1.3%まで高めるには、図 8 の回帰直線 (Truog-P₂O₅ 120 mg 以下) から推定すると、同時期の土壤中 Truog-P₂O₅ レベルを80~100mg程度まで高めておく必要があった。

5. 肥沃度別、P施肥基準

P過剰蓄積による収量低下の原因を、タマネギの収量構成要素である球肥大の良否と、収穫球数の多少から検討し、一方、P蓄積の差異が生育相の相違を通じ、球肥大、収量に関与することを述べてきた。それらの結果を踏まえた上で、全 Truog-P₂O₅ 蓄積レベル (領域 I~III) を対象に、P肥沃度別のP施肥反応を図9に取りまとめた。

1977年の結果は、低N・高N土壤とも、1)P蓄積量が Truog-P₂O₅ 80mg 以下の領域 I では、P施肥量は50kg/10 a が最も多収であり、2)80~130

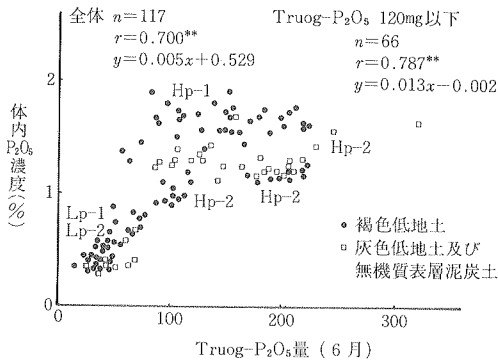
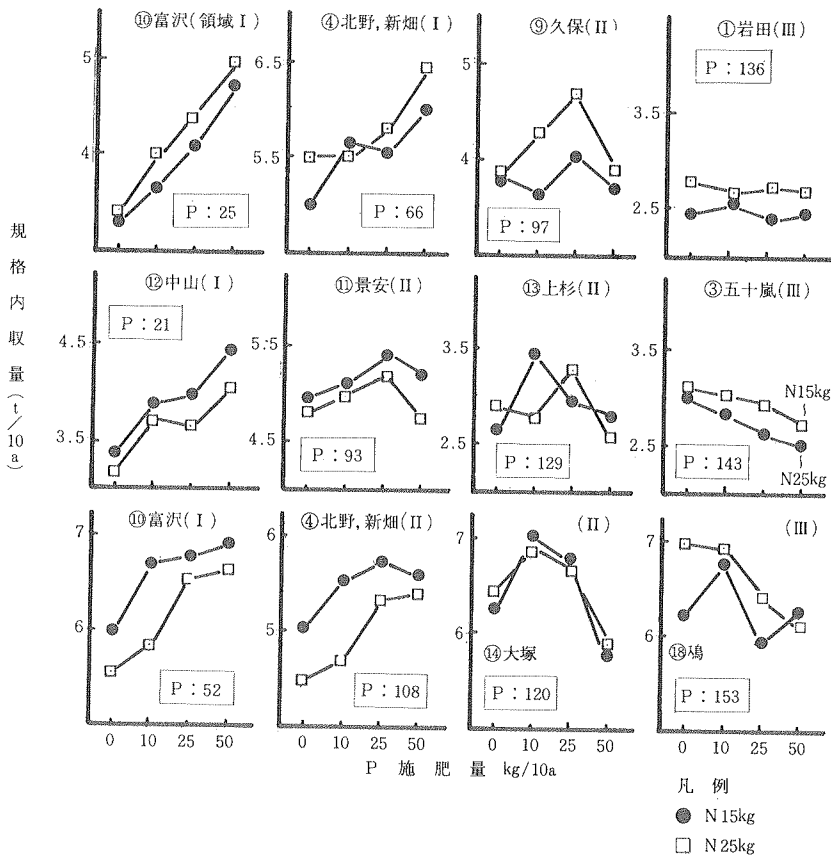


図 8 外葉発育期における Truog-P₂O₅量と体内P₂O₅濃度



上段: 1977年 褐色低地土(低N土壤)群
 中段: 1977年 灰色低地土, 無機質表層泥炭土 (高N土壤)群
 下段: 1978年 褐色低地土(低N土壤)群
 □: POkg区の Truog-P₂O₅量 mg/100g

図 9 P肥沃度別・P施肥量

mgの領域IIでは10~25kg, 3)130mg以上の領域IIIでは10kg以下が適正P施肥量(P_2O_5 として)であった。なお、1978年の結果は、気象条件によって、P過剰障害の発現が緩和されることを示しているが、傾向としては1977年の結果とほぼ一致した。

論 議

各種野菜に対するP栄養、P施肥に関する試験・研究は古くから多く^{1,3,7,12,13,24,28)}、タマネギに対しても、川崎¹⁶⁾、吉村²⁹⁾、勝又¹⁵⁾、景山¹¹⁾等の報告がある。また、道内においても、タマネギに対するP多施は熟畑化技術として広く知られている^{4,9)}。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ているものは少ない。ところが、一般畑作畑、一般野菜畑に比べ、著しくP蓄積が進んだタマネギ畑において、P過剰障害の恐れが認められたのである²³⁾。

図1の結果は、まさにその点を明らかにし、P過剰蓄積がタマネギの収量を低下させることを示している。それが気象条件の異なる多収年(1978年)にも再現され、また、その傾向を一層明確化させる意味で、栽培環境が類似的な富良野盆地(図2)、北見上湧別地区に地域限定した条件下でも同様な結果が得られた。すなわち、P蓄積に伴う収量変化は、年次・気象条件の差異にもかかわらず、同一傾向を示し、一定レベルまでのP蓄積は従来⁴⁾の報告⁴⁾の通り生産性を高めるが、それを越える過剰蓄積は収量低下をもたらした。そして、結論的には土壤中 $Truog-P_2O_5$ 80~130mgの範囲が最も生産性の高い最適P肥沃レベルと推定し得た。

次に、P過剰蓄積に伴う収量低下の要因について、タマネギの収量構成要因である、1)収穫球数(または規格内球数)の多少と、それを支配する腐敗・欠株数の増減、及び2)L球率(または平均一球重)について検討すると、まず、P蓄積の進行は乾腐病の多発をうながし(図3)、収穫球数の減少を通じ、収量を低下させた。この結果は、P多施による球内P濃度の上昇が乾腐の多発につながるとの吉村²⁹⁾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¹⁶⁾の指摘とよく一致した。ところで、徳永等²⁶⁾による、水稻に対するP多施が体内P濃度を高めると共に、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。

一方、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L球率を高めるが、それを越える過剰蓄積は逆にL球率の低下をもたらした(図4)。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った。なお、この点については、N肥沃度・N施肥量との関連で、次報で詳細に検討する予定なので、本報においてはP過剰障害がN肥沃度の影響を受けていることを指摘するにとどめておく。

さて、これまでの結果を取りまとめると、1)P蓄積による腐敗球増加に伴う収量低下を上回る球肥大の向上が認められる範囲内では、P蓄積が収量を高める(領域I)。2)両者の均衡が保たれた状態で、P蓄積と収量の関係が判然としなくなり(領域II)、3)P蓄積が腐敗球増加に加えて、球肥大の抑制をもたらす領域で、収量が低下する(領域III)ものと推論した。

さらに、P蓄積量の増加は、生育ステージを促進し、倒伏を早める傾向にあるが、この点については、今後、タマネギの栄養条件との関連で検討をかさねたい。なお、倒伏は従来⁴⁾の報告にあるように、土壤水分^{14,20)}や、栄養生長量の多少¹⁴⁾などの影響をも受けていた。

ところで、P蓄積は栄養生長の質・量にも多大な影響を与え、

1) $Truog-P_2O_5$ 80mg以下の領域Iでは、土壤中の有効態P不足による体内低P濃度が初期生育を抑制し(図7)、そのためP施肥効果が著しく、50kg/10a施肥が必要であった。なお、領域Iの生育も①全期不良型と②後期回復型に分かれ、前者は有効態P不足($Truog-P_2O_5$ 50mg以下)による栄養生長の絶対量不足と、P吸収・移行不良による球肥大抑制のため、古山・南⁴⁾の指摘にあるように青立ち的生育を示し、収量は著しく低収となった。一方、後者の回復型は球肥大盛期には見かけのG.Iは確保されるが、一般的に生育が遅延し、球肥大期に入ってもなお栄養生長が強く続行し、そのため光合成産物の競合が球部(貯蔵)と葉部(栄養生長)間に生じ、球肥大の不良を招来し、収量

が低下した。

2) $\text{Truog-P}_2\text{O}_5$ 80mg~130mg の領域 II は、最も収量が高く、適正 P 肥沃領域である。同領域においては十分な P 吸収が体内 P 濃度を必要レベルまで高め、良好な初期生育が得られた。しかし、その後の生育推移で、①後期凋落型と②全期旺盛型に分かれ、結局、後者が質・量とも優れた栄養生長を獲得し、最も安定多収となった。それに対し、前者の凋落型生育は、古山・南⁴⁾の指摘にもあるように、生育ステージが全体的に進み、後期生育が停滞し、球肥大がやや不良となり、収量が低下した。

3) $\text{Truog-P}_2\text{O}_5$ 130mg 以上の領域 III は、P 過剰蓄積領域で、土壤中有効態 P レベルを反映し、生育全期間を通じ、P を贅沢吸収し、体内 P 濃度が高く推移した。そのため生育ステージは異常進行し、凋落的生育相を呈し、球肥大の抑制を通じ収量を低下させた。同時に、腐敗球の多発が収量低下を増幅した。

全体を、P 蓄積と生育相の組合せで取りまとめるならば、前述図 1 のライン A は、後期回復型 (領域 I : P 不足領域) → 全期旺盛型 (領域 II : P 適正領域) → 後期凋落型 (領域 III : P 過剰蓄積)、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) と、P 蓄積の進行につれ生育相が推移する。そして、収量レベルは全期不良型 < 後期回復型 ≤ 後期凋落型 < 全期旺盛型の順に、安定多収となる。そこで、今、目標収量水準を 5 t / 10 a レベルに設定すると、まず球肥大盛期の栄養生長量 (G.I) を 600 以上獲得せねばならず、そのためには、G.I 200~250 の初期生育を獲得し、同時期の体内 P 濃度を 1.0~1.3% まで高める必要がある。その前提として同期の土壤中 $\text{Truog-P}_2\text{O}_5$ 量を 80~100mg 程度まで富化しておかねばならない。

最後に、各 P 蓄積領域における収量レベルの差異をもたらす生育相の違い、すなわち、領域 I の回復型と不良型、領域 II の旺盛型と凋落型の生育相の差異が生ずる機作については、今後の検討が必要である。その際、P 蓄積に伴う球肥大の向上・抑制が N 肥沃度によって異なる事実 (図 4) は、N 条件の影響を示唆しており、この点を含め、土壤水分条件・塩基蓄積の差異などと共に、さらに検討を深めたい。このように、P 蓄積以外の要因

の影響をも反映しているが、しかしタマネギの収量は大局的には P 蓄積レベルの影響を強く受けている。すなわち、タマネギの栄養生長量、生育ステージの進行度合、それを総合した型での生育相、そして球肥大、腐敗球の発生、その結果としての収量水準に P 蓄積量 (P 肥沃度) が多大な影響を与えていた。特に、P 過剰蓄積が生育ステージの異常進行、凋落的生育、球肥大の抑制、腐敗球の多発を通じ、収量を低下させるとの新知見を明らかにし得た。

これらの結果を踏まえ、P 肥沃度別の施肥量を、1) 領域 I : 50kg/10 a, 2) 領域 II : 25~10kg/10 a, 3) 領域 III : 10kg/10 a 以下と決定した。

引用文献

- 1) Arnold, C.Y.; Schmidt, W.A. "Soil tests as measure of phosphorus available to tomato on heavy soli". *Soil Sci.* **71**, 105-115 (1951).
- 2) Brenchrey, W.E. "The phosphate requirement of barley at different period of growth". *Ann. Bot.* **43**, 89-110 (1929).
- 3) Eaton, S.V. "Effects of phosphorus deficiency on growth and metabolism of black mustard". *Bot. Gaz.* **113** (3), 301-309 (1952).
- 4) 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, 第 2 報, 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).
- 5) 堀裕, 山崎肯哉, 上浜竜男, 青木正孝. "富士市にみられる甘藍跡玉葱の生育障害について, 第 2 報, 蔬菜産地における土壤生産力低下の 1 例として". *園芸雑*, **27** (4), 221-233 (1958).
- 6) 本谷耕一, 吉野喬. "磷酸施肥に関する基礎研究". *東北農試報*, **32**, 41-60 (1965).
- 7) 位田藤久太郎. "蔬菜の施肥". 蔬菜の施肥と土壤. 朝倉書店, 東京, 1961. p.108-227.
- 8) 石塚喜明. "小麦に対する磷酸の効果, 特に生育の時期と磷酸の効果". *農及園*, **23** (6), 9-13 (1948).
- 9) 伊藤正輔. "リンサン施肥による玉葱畑の熟畑化に関する試験成績". 札幌, 北海道農務部農業改良課, 1966.
- 10) 岩淵晴郎, 多賀辰義, 相馬暁. "施肥並びに土壤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).

- 11) 景山美葵陽, 石原正道, 巽穰, 西村周一. "そ菜のりん酸施肥に関する研究. たまねぎの生育に及ぼすりん酸の効果について". 農技研報, **E7**, 87-105 (1958).
- 12) 景山美葵陽, 新井和夫. "そ菜のりん酸施肥に関する研究, 第2報, 土壤の有効態りん酸とそ菜のりん酸施肥について". 園試報, **A 1**, 197-233 (1962).
- 13) 景山美葵陽, 遠藤敏夫. "そ菜のりん酸施肥に関する研究, 第3報, りん酸吸収に対するトマトおよびキュウリの品種間差異について". 園試報, **A 3**, 61-75 (1964).
- 14) 加藤徹. "球肥大充実期の生理". タマネギ, 野菜編 8. 農業技術大系, 東京, 農文協, 1973, p. 37-46.
- 15) 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, **B 4**, 14-18 (1972).
- 16) 川崎重治. "タマネギの貯蔵性向上と栽培上の諸条件(1)". 農及園, **46**(5), 71-74 (1971).
- 17) 宮沢数雄. "十勝における各種火山灰土壌のリン酸蓄積水準と畑作物の生育". 北海道農試研報, **126**, 1-30 (1980).
- 18) 村山登, 川原崎裕司. "大豆の燐酸栄養に関する研究, 第1報, 燐酸の供給時期が生育・収量に及ぼす影響". 日土肥誌, **28**(5), 19-21 (1957).
- 19) 小田切弘一, 松下利定. "火山灰畑における玉ねぎに対する燐酸多施効果". 農及園, **39**(2), 379-380 (1964).
- 20) 相馬暁, 平井義孝, 岩淵晴郎. "春播タマネギの生育・収量・貯蔵性に及ぼす土壤水分の影響". 北農, **41**(8), 1-12 (1974).
- 21) 相馬暁, 岩淵晴郎, 平井義孝, 多賀辰義. "施肥並びに土壤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, 土壤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).
- 22) 相馬暁, 多賀辰義, 石井忠雄, 平井義孝, 岩淵晴郎. "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". 北海道立農試集報, **44**, 25-36 (1980).
- 23) 相馬暁, 岩淵晴郎. "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).
- 24) 杉山直義. "蔬菜の燐酸施肥に関する最近の研究". 農及園, **27**(5), 6-10 (1952).
- 25) 高橋達治, 山本毅. "改良資材施用跡地におけるとうもろこしの生育, 火山灰土壌の蓄積燐酸の効果について". 東北農試報, **37**, 139-155 (1969).
- 26) 徳永芳雄, 加藤肇, 越水幸男. "水稻の代謝生理とイモチ病との関係, 第2報, 燐酸代謝と葉イモチ耐病性". 東北農試報, **32**, 61-88 (1965).
- 27) 山本毅, 高橋達治. "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吸収におよぼす影響". 東北農試報, **35**, 19-36 (1967).
- 28) 山崎肯哉. "玉葱, 甘藍の肥料養分吸収量". 農及園, **30**(12), 61-66 (1955).
- 29) 吉村修一. "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).

Effect of Phosphate Fertilization and Phosphate Fertility on the Growth and Yield of Onion

Satoru SOUMA* and Haruo IWABUCHI**

Summary

The yield of onions varied according to the amount of P in the soil and the variation in the yield was generally observed under three categories of P levels. (1) Category I : where the amount of available P in the soil (Trough- P_2O_5) ranges from 0 to 80mg Trough- P_2O_5 /100g soil. In this range, the increase in Trough- P_2O_5 deposits directly promoted the growth and yield of the onions. In recently developed paddy fields in particular, where the original amount of Trough- P_2O_5 prior to fertilizer application was less than 50mg Trough- P_2O_5 /100g soil, it was observed that the initial growth of onions was severely inhibited due to insufficient absorption of the available P. The application of P fertilizers was therefore obviously effective in boosting the growth and the yield of onions. The appropriate amount of P fertilizer application is 50kg P_2O_5 /10 are. (2) Category II : where the amount of Trough- P_2O_5 is in the range of 80~130mg Trough- P_2O_5 /100g soil. In this range the yield of onions was the highest of the three categories. However, the relationship between the amount of available P and the yield was not clarified. The appropriate amount of P fertilizer application is 25~10kg P_2O_5 /10 are. (3) Category III : where the amount of Trough- P_2O_5 is more than 130mg Trough- P_2O_5 /100g soil. In this range the yield of onions decreased as the available amount of P increased. This is because an excess of P inhibits the development of the onion bulb and the bulbs became rotten. The appropriate amount of P fertilizer application is 10~0kg P_2O_5 /10 are. For instance, in order to achieve a target yield of 5t onions/10 are, it is necessary to raise the GI (Growth Index = Plant Height (cm) x the number of leaves) to 200~250 and the P content of onions to 1.0~1.3% during the initial growth period and to maintain the GI at more than 600 during the development period of the bulb. Consequently, the amount of Trough- P_2O_5 in the soil should be raised to 80~100mg Trough- P_2O_5 /100g soil.

* Hokkaido Central Agricultural Experiment Station, Naganuma, Hokkaido, 069-13, Japan.

** Hokkaido Prefecture Agricultural Experiment Station Asahikawa, Hokkaido, 078-02, Japan.