

Ⅵ 総 括

1. 研究の目的と構成

北海道のタマネギ栽培は1970年代に急速に拡大発展し、その生産量は国内生産量の30%を超えるに至った。このような近年における急激な作付増加ならびに生産性の向上は、育苗技術や移植機械普及などに支えられた移植栽培導入によるものであるが、その前提としてりん酸資材の多量施用による新畑土壌改良技術の導入普及があった。すなわち、タマネギは連作を続けいわゆる熟畑化が進んでくることによって始めて生産性が上がってくるといわれていたが、新畑の低収性はそのりん酸肥沃度が低いことによるものであってりん酸資材多量施用により1～2年で熟畑なみの生産を挙げることが実証され、土壌改良とともにりん酸多量施肥が行なわれ急激な作付増加と生産性向上が可能となったものである。

しかし作付増加と収量向上に伴い次第に本道産タマネギの品質低下や収量の不安定性が目立つようになった。生産阻害の要因の1つは乾腐病の多発であるが、この発生は気象・土壌などの環境条件による変動が大きく、また過度の施肥管理が生産の不安定性を増大させている可能性がある。さらに収量性の低い土壌条件や栽培条件における収穫物は萌芽などの貯蔵性も低く、生産安定化はその品質向上の面でも重要である。

よって本道タマネギ畑土壌の肥沃度的特性とその生産阻害要因について土壌肥料学的な面から検討を行ない、本道産タマネギの生産安定とその良質化を図るため土壌管理や施肥の改善対策を明らかにしようとして本研究を行なった。

本研究の構成はまず本道タマネギ栽培の先進地でありかつ主産地である道央地区のタマネギ畑土壌ならびにその肥培管理の実態と問題点を明らかにし、次いで生産阻害要因と土壌水分条件および窒素施肥の関連性、さらに近年におけるりん酸重

視の土壌管理や施肥によって生じたりん酸過剰蓄積の障害性、りん酸蓄積の適正範囲について検討を進めた。また生育や収量・収量構成要因に及ぼすりん酸肥沃度と窒素肥沃度のかかわり合いや施肥のあり方について論じ、タマネギの安定多収条件について考察した。

2. タマネギ畑土壌ならびに肥培管理の実態

タマネギ畑土壌はりん酸蓄積が著しく進み塩基飽和度が高まっており、タマネギ栽培が長期にわたるほどこの傾向が強く集約的肥培管理の影響を受けている。とくにりん酸多投による熟畑化促進技術導入後のりん酸蓄積は顕著で、 TRUOG-P 含量が $100\text{mgP}_2\text{O}_5/100\text{g}$ 以上の場合も少なくない。このようなりん酸蓄積土壌では水溶性りん酸もかなり存在し、下層へのりん酸移動もうがわれる。一方、作土の物理性は肥培管理によって概して良好であるが、心土については土壌本来の性状に影響され生育条件として好適でない理学的性の場合もあり、りん酸多投によって可能となった急激な産地拡大や栽培面積が増加した反面、タマネギ畑の土壌環境は広い範囲にわたっており改善を要する場合が少なくない。

このような養分蓄積が近年における生産性向上の大きな要因とみられるが、りん酸蓄積が過度に進んでいる土壌ではむしろ生育抑制の傾向がある。また塩基飽和度上昇の影響は明らかでないが、球肥大始めごろの土壌中の多量の無機態窒素の存在が収量を低下させている傾向がある。さらに重要な事実として窒素多量施肥が乾腐病多発傾向につながり減収要因となっていることが認められた。

したがって北海道施肥標準を著しく上回る慣行の多量施肥や土壌管理による過度の土壌養分富化が収量や生産安定性を損ねている場合があると推

論した。

3. タマネギの生産阻害要因と水管理 ならびに窒素施肥の影響

タマネギの収量増大要因は規格内球数の確保と球肥大の向上にあることを明らかにし、規格内球数減少の最大要因はそのほとんどが乾腐病によるとみられる欠株・腐敗の多発によるものであり、また欠株・腐敗などにより規格内球数の減少が著しい気象・土壌条件では球肥大が不良であることを認めた。

欠株・腐敗球の発生は土壌環境条件による変動も大きいので、土壌水分条件が生育収量や収量構成要因に及ぼす影響を窒素施肥との関連で検討した。倒伏始め以前の外葉の生育期間とくに外葉伸長期における多水分条件（目標pF2.0、月間灌水量90～100mm程度）は生育収量を著しく増大させ球の肥大が良好で欠株・腐敗の発生も少ない。土壌水分の影響は窒素多施の場合ほど顕著で、多量施肥・少水分の場合は生育や球肥大の抑制、欠株・腐敗の増加が大きかった。

欠株・腐敗の多発や生育抑制は土壌ECの上昇と関連が深く、また土壌乾燥や窒素多量施肥はタマネギのりん酸吸収を抑制する。春季に土壌が過乾になりやすい本道のタマネギ栽培では、近年における多肥化傾向が生育抑制や病害多発など気象（年次）条件による生産の不安定性を増大させていると考えられる。とくに乾腐病は生育初期における濃度障害が発生を助長しているとみられる。

窒素施肥適量は降雨条件で異なるので生育初期の濃度障害回避と後半の窒素栄養確保を目的とする窒素追肥について検討したが、追肥による収量増加はあまり期待できず、かつ追肥が遅い場合は球の肥大を抑制するので、濃度障害の危険性が少ない適正施肥量範囲内では基肥中心の考え方が必要である。

4. りん酸施肥および土壌りん酸 肥沃度の影響

りん酸蓄積が進んだ段階でなお土壌改良的なりん酸多量施肥が行なわれている場合が多いので、りん酸多量施肥の影響を検討した。TRUOG-P含量が100mgP₂O₅/100g程度までりん酸蓄積が進んだ段階でも、りん酸多量施肥は初期生育を明らかに増大させるが、球の肥大が早まり栄養生長が早期に凋落して肥大が十分でなく、また乾腐病の発生も多く減収した。

種々のりん酸蓄積段階の多数の現地圃場試験結果から、TRUOG-P 80mgP₂O₅/100g程度までは明らかに球の肥大・収量を向上させるが、130mgP₂O₅を超えた蓄積水準は過剰と認められ、球の肥大を抑制し欠株・腐敗を増大させる。りん酸過剰蓄積による乾腐病多発の主な原因は、吉村¹⁴⁵⁾の指摘するようにタマネギ茎盤部におけるりん酸過剰集積と関係があると思われる。球肥大を抑制する過剰領域は窒素肥沃度の高い土壌では低い土壌よりやや高いところにあり、また同一蓄積水準でも土壌によって生育量や生育相に差が生じ収量水準も異なってくる。りん酸不足領域では初期生育が不良なため全期不良型、あるいは後半に生育が回復して収量もやや高い後期回復型の生育を示し、蓄積適正領域では全期旺盛型の生育で収量の最も高い場合と後半の生育が停滞し収量も低い後期凋落型の生育の場合がある。また過剰領域では後期凋落型生育を示すが初期生育はあまり十分でない。これらの生育相に差を生ずる原因については窒素肥沃度や土壌ECあるいは土壌水分条件などりん酸以外の土壌要因の影響が考えられるが、この試験の段階ではまだ十分に明らかでない。

上記の生育解析ならびにりん酸蓄積水準の異なる種々の土壌のりん酸施肥量試験結果から、高収を得るための生育条件として生育初期（6月中旬）のりん酸含有率を1.0～1.3%程度に高め、初期生育量をG.I200～250程度、後半（7月中旬）の生育量がG.I600以上の旺盛な生育を維持することが必要であると考えた。またこのためにはTRUOG-P含量が80～100mgP₂O₅/100g程度必要であり、りん

酸施肥適量はりん酸蓄積不足領域では $50\text{kgP}_2\text{O}_5/10\text{a}$ 、適正領域では $25\sim 10\text{kgP}_2\text{O}_5/10\text{a}$ の範囲である。過剰領域ではりん酸施肥を要せず、慣行的な施肥を行なうとしても $10\text{kgP}_2\text{O}_5/10\text{a}$ 以下にとどめるべきであると結論した。

5. 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

窒素およびりん酸肥沃度の高低の組合せによる4つの肥沃度タイプの土壌について、水分条件を調整した鉢試験で生育収量に対する窒素肥沃度とりん酸肥沃度のかかわり合いについて検討した。初期生育は体内りん酸含有率に大きく影響されると同時に体内窒素含有率が4%程度の高い場合に旺盛であり、生育後半になるとりん酸含有率よりも窒素栄養条件の影響を受ける。りん酸栄養条件に比して相対的に窒素含有率が過大な場合は後期回復型から全期不良型の生育、逆に過小の場合は後期凋落型の生育となる。球肥大期の葉部窒素含有率 $3.0\sim 3.4\%$ 程度で窒素・りん酸栄養のバランスのとれている場合は全期旺盛型生育となる。すなわち、窒素含有率と同時に窒素とりん酸含有率の比(N/P比)によって相対的な窒素栄養条件を考えると、施肥や肥沃度による生育相の違いや球の肥大の良否を良く説明することができる。

低窒素土壌におけるりん酸蓄積の増大は初期生育を旺盛にするが、窒素施肥量の少ない場合は生育増大に伴い窒素含有率が低下し後期の栄養生長が早期に衰退し凋落的生育となる。この場合の窒素増施は後半の栄養生長を旺盛にし球の肥大を促進する。しかしりん酸蓄積があまり十分でない場合の窒素増施は初期生育が不良なために、後半に生育が増大して後期回復型生育となっても相対的な窒素栄養が過大で成熟が不十分となり球の肥大が抑制される。

高窒素土壌におけるりん酸蓄積不足条件では初期生育が抑制されるとともに後半の窒素過剰の栄養条件によって相対的なりん酸不足条件が持続し、全期間生育が不良となる。この場合のりん酸蓄積増大は初期生育を旺盛にするとともに後半の生育

を増大させる。しかし窒素肥沃度の高い土壌では土壌ECの上昇による濃度障害の影響があり、とくに窒素増施の場合はこれが強まり生育が抑制され球の肥大も低下し、欠株・腐敗が増加する。なお低りん酸土壌における窒素増施はりん酸吸収を抑制するので、一そう生育や球肥大を抑制する。

このように窒素・りん酸肥沃度は相互に関連をもちながら生育収量に影響しており、りん酸過剰領域が窒素肥沃度によって異なることも良く理解できる。また慣行の農家肥培管理が急速にりん酸富化に向かうにつれ次第に窒素過剰傾向を強めた現実とも良く符合する。そしてこのような多肥化傾向が生産不安定性を強めている。したがって安定多収のためには窒素・りん酸肥沃度水準に相応した適正施肥が重要であり、土壌診断による施肥基準を設定した。

6. タマネギの安定多収条件

上記のタマネギ畑土壌の生産阻害要因ならびにタマネギの生育収量に及ぼす土壌水分条件・土壌養分肥沃度や施肥の影響とその生育解析などの研究結果を総合して、春播きタマネギの安定多収条件として次の諸点が指摘される。

(1) 生育条件

i. 良好な初期生育の確保とこれに続く生育後半までの旺盛な栄養生長の維持。

ii. このためには初期生育(6月中旬)における体内窒素・りん酸含有率を高める(窒素4%前後、りん酸 $1.0\sim 1.3\%$)とともに、生育後半(7月中旬)の窒素含有率を過度に高めない。

iii. とくにりん酸吸収は生育を大きく支配するが、過剰りん酸吸収は栄養生長の早期凋落を招き球肥大を抑制するので、窒素栄養条件とのバランスを保つ。

iv. 規格内球数の減少にとって最大要因となる欠株・腐敗の防止を図る。

v. なお上記のような良好な生育条件における収穫物は貯蔵性の高いことが先に明らかにされている。

(2) 土壌および水・施肥管理

i. まず第一に土壌水分条件を規制する土壌理化学性を重視すべきである。とくに生育初期における土壌水分不足は多肥栽培条件と相まって土壌ECを上昇させ、生育抑制や乾腐病による欠株・腐敗を多発させる。

ii. 生育初期から球肥大期における畑かん水(pF 2.0程度)は生育収量を増大させるが、かん水の早期開始が必要である。

iii. リン酸肥沃度はTRUOG-Pとして80~130 mgP₂O₅/100gが適当で、不足領域では生育や球肥大の抑制、過剰領域では球肥大の抑制や腐敗球の多発を招く。

iv. 窒素肥沃度についてはりん酸肥沃度との関連や土壌水分条件を考慮する必要があるが、一般に窒素増施は土壌ECを上昇させ初期生育抑制や欠株・腐敗を増加させる傾向があり、とくに窒素肥沃度の高い場合はこの傾向が強まりさらに生育後半の栄養バランスを崩す。また窒素肥沃度の低い場合はりん酸過剰の影響を受けやすい。

v. タマネギ畑土壌の養分蓄積は一般的に著しく進んでいる場合が多いが、養分蓄積富化の種々の発展段階にあるタマネギ畑土壌に対してはその肥沃度に対応した適正施肥が必要である。またこのような対応が過度の養分蓄積を防止し定安多収を可能とする。

引用文献

- 1) 阿部定夫・勝又広太郎・永吉秀夫(1955)：本邦玉葱品種の結球における感光性と生態分化に関する考察，園学雑，**24**，6—16.
- 2) 赤司和隆・平井義孝・岩瀬晴郎(1977)：窒素供給期間の差異が春播きタマネギの生育収量および球形に及ぼす影響，北海道立農試集報，**37**，45—55.
- 3) 赤塚 恵・坂柳迪夫(1964)：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.
- 4) 青葉 高(1964)：タマネギの球形成および休眠に関する研究，山形大学紀要，**4**，265—363.
- 5) 東 駿次・籠橋 悟・小島昌弘・松村安治・川西英之(1967)：水田における栽培環境とそさい類の生育に関する研究，東海近畿農試研報，**4**，1—22.
- 6) 東 駿次・川出武夫・小島昌弘・木下隆雄(1967)：主要そさいの土壌水分に対する生態反応について，同上，**4**，23—34.
- 7) Bingham, F. T. (1963)：Relation between phosphorus and micro-nutrient in plants. Soil Sci. Soc. Am., **27**，389—391.
- 8) Binkley, A. M. and O. A. Lorenz (1932)：The effect of fertilizer treatments on onion bulb characters, Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., **35**，717—719.
- 9) Böttcher, H. and G. Kolbe (1975)：Einfluss der mineraldüngung auf ertrag, qualität und lagereigenschaften von Dauerswieheln (*Allium cepa* L.) 1. Auswirkungen des stickstoffes auf ertrag und qualität, Archiv für Gartenbau, **23**，143—159.
- 10) 千葉展久・三木英一(1975)：移植タマネギの球の大小と貯蔵性について，北海道園芸研究談話会報，**9**，14—15.
- 11) Davis, G. N. (1957)：Onion production in California, California Agr. Exp. Sta., Ext. Serv. Manual, **22**，1—26.
- 12) 土壌養分分析法委員会(1970)：土壌養分分析法，養賢堂，東京.
- 13) 土壌物理性測定法委員会(1972)：土壌物理性測定法，養賢堂，東京.
- 14) Drinkwater, W. O. and B. E. Janes (1955)：Effect of irrigation and soil moisture on maturity, yield and storage of two onion hybrids, Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., **66**，267—278.
- 15) Dunham, R. J. and P. H. Nye (1976)：The influence of soil water content on uptake of ions by roots. III. Phosphate, Potassium, Calcium and Magnesium uptake and concentration gradients in soil, Journal of Applied Ecology, **13**，967—984.
- 16) 藤沼善亮(1970)：濃度障害と肥料，近代農業における土壌肥料研究，72—76，養賢堂，東京.
- 17) 藤村 英(1966)：タマネギの窒素栄養と抽台に関する研究，京都農試研報，**1**，31—38.
- 18) 古山芳広・南 松雄(1968)：北海道における玉ねぎの施肥技術改善に関する研究，第2報，新畑における生育障害とその改良対策について，北海道農試集報，**18**，33—47.
- 19) 郷間光安・長尾 寛・鎌田春海・松崎敏英(1978)：ハウス土壌養分の過剰対策—りん酸について，土肥講要集，**24**，II，43.
- 20) 花岡 保・伊藤和雄(1957)：玉葱の貯蔵性に関する研究(第1報)球の特性と貯蔵中の萌芽との関係，園学雑，**26**，129—136.
- 21) 花岡 保・伊藤和雄(1959)：玉葱「札幌黄」の系統比較について，北海道農試彙報，**74**，113—118.
- 22) 花岡 保(1974)：たまねぎ，北海道の野菜栽培技術—茎葉編，68—92，農業技術普及協会，

- 江別。
- 23) Hawthorne, L. R. (1936) : Fertilizer experiments with yellow Bermuda onions in the winter garden region of Texas, Texas Agr. Exp. Stat. Bul. **524**, 5—35.
 - 24) 橋田茂和 (1970) : 肥培とガス障害, 近代農業における土壌肥料研究, 77—83, 養賢堂, 東京.
 - 25) 早川康夫 (1962) : 根鉋地方に分布する火山性土の理化学的特性と主幹作物の肥培法について, 北海道立農試報告, **11**, 63—93.
 - 26) 速水昭彦・松村安治 (1970) : そ菜導入による高度利用水田の肥培管理に関する研究, 東海近畿農試研報, **20**, 254—317.
 - 27) 東田修司・大崎玄佐雄 (1982) : 北見地方のタマネギ土壌病害 (乾腐菌) に関する実態調査, 北海道立農試集報, **47**, 31—38.
 - 28) 平野 暁 (1977) : 作物の連作障害, 32—36, 農文協, 東京.
 - 29) 北海道農務部 (1967) : 昭和42年普及奨励・指導参考事項, 16—18.
 - 30) 北海道農務部 (1979) : 北海道施肥標準.
 - 31) 北海道農務部 (1980) : 昭和55年普及奨励・指導参考事項, 49—84.
 - 32) 北海道農務部 (1981) : 土壌診断ならびに作物栄養診断基準.
 - 33) 北海道農業試験場 (1967) : 北海道農業技術研究史, 358—362.
 - 34) 北海道立中央農業試験場 (1975) : 地力保全基本調査成績書 (十勝岳山麓地域).
 - 35) 北海道立中央農業試験場, 同北見農業試験場 (1976) : 総合助成試験成績書「春播タマネギの栽培法改善による品質向上に関する試験成績書」.
 - 36) 北海道立中央農業試験場, 同北見農業試験場 (1980) : 総合助成試験成績書「春まきタマネギの安定確収対策に関する試験成績書」.
 - 37) 北海道立上川農業試験場・同中央農業試験場 (1979) : 昭和51—53年度タマネギ乾腐病発生要因と防除対策試験成績書.
 - 38) 北海道立中央農業試験場 (1980) : 昭和54年度病害に関する試験成績書.
 - 39) 北海道立北見農業試験場 (1975) : 北見地区における玉ねぎ栽培ならびに玉ねぎ畑土壌の実態調査報告書.
 - 40) 堀 裕・山崎肯也・上浜竜雄・青木正孝 (1958) : 富上市にみられる甘藍跡玉葱の生育障害について, 蔬菜跡地における土壌の生産力低下の1例として (第1報), 園学雑, **27**, 1—10.
 - 41) 堀 裕・山崎肯也・上浜竜雄・青木正孝・東隆夫 (1958) : 同 上 (第2報), 園学雑, **27**, 221—233.
 - 42) 位田藤久太郎 (1935) : 蔬菜の根の生理に関する研究 (第2報) 菜葉の有無が根の酸素要求量に及ぼす影響について, 園学雑, **22**, 24—19.
 - 43) 位田藤久太郎・小川幸持・新井和夫 (1957) : 同 上 (第5報) 水耕栽培通気による生育と養分吸収, 園学雑, **26**, 171—177.
 - 44) 位田藤久太郎 (1966) : カリ栄養, そ菜に関する土壌肥料研究集録, 全購連編, 18—22.
 - 45) 位田藤久太郎 (1970) : 施設栽培における施肥障害 — 作物の障害生理, 近代農業における土壌肥料の研究, 84—87, 養賢堂, 東京.
 - 46) 位田藤久太郎 (1976) : 土壌の乾燥がタマネギの生育特に根に及ぼす影響について, そ菜の根の養分生理と土壌環境に関する研究, 42—43.
 - 47) 石塚喜明・田中 明 (1963) : 水稻の栄養生理, 131—143, 養賢堂, 東京.
 - 48) 伊藤 潔 (1956) : 玉葱の抽苔に関する研究, 第2報花芽分化温度について, 園学雑, **25**, 243—246.
 - 49) 伊藤正輔・加藤茂雄 (1967) : リンサン施用による玉葱畑の熟畑化 (第4報), 北海道園芸研究談話会報, **1**, 16—17.
 - 50) 伊藤純雄・徳永義治 (1975) : りん酸過剰障害と土壌りん酸, 東海近畿農試研報, **28**, 137—161.
 - 51) 岩渕晴郎 (1976) : 北海道土地改良地区営農改善対策調査報告書 (畑かん地区) 7—26, 北海道農地開発部.
 - 52) 岩渕晴郎・平井義孝・多賀辰義・相馬 暁

- (1977)：施肥なら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，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.
- 53) 岩淵晴郎・多賀辰義・相馬 暁 (1978)：同上，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.
- 54) 景山美葵陽・石原正道・巽 穰・西村周一 (1958)：そ菜の燐酸施肥に関する研究，たまねぎの生育に及ぼす燐酸の効果について，農技研報，E (園芸) **7**，87-105.
- 55) 景山美葵陽・新井和夫 (1970)：同上，(第2報) 土壌の有効態燐酸とそ菜の燐酸施肥について，園試報，A1，197-223.
- 56) 加藤 徹 (1965)：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 (第5報) 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**，187-195.
- 57) 加藤 徹 (1966)：同上，(第9報) 球の汁液の性質と休眠との関係について，園学雑，**35**，297-308.
- 58) 勝又広太郎・松尾良満・桜井雍三 (1972)：タマネギの収量と貯蔵性に及ぼす窒素，りん酸ならびに加里の施肥に関する研究，愛知県農総試研報，B (園芸) **4**，14-28.
- 59) 川出武夫・小島昌弘・木下隆雄・穂積清之・東 駿次 (1970)：土壤水分の差異とそのそ菜の生育に関する研究，(第1報) 土壤水分の差が秋冬作そ菜類の生育に及ぼす影響，東海近畿農試研報，**20**，15-40.
- 60) 川原祥司・黒川春一 (1979)：野菜栽培における石灰・りん酸レベルと土壌養分の挙動 (第1報)，土肥講要集，**25**，125.
- 61) 河森 武 (1972)：野菜栽培土壌の適性判定と土壤水分管理，土壌の物理性，**26**，14-32.
- 62) 河森 武・肥田和夫・村田治重・土屋史朗・赤川 彰 (1973)：施設園芸の土壌管理に関する研究 (第11報) カーネーション連作土壌におけるりん酸肥料の施肥効果について，静岡農試研報，**18**，120-127.
- 63) 川崎重治 (1971)：タマネギの貯蔵性向上と栽培上の諸条件，農及園，**46**，701-704，775-778.
- 64) 岸田達男・福富敏夫・辻 勝治・古橋勝幸・高杉喜一・上松達三・矢井治夫 (1969)：沖積畑地におけるそ菜の燐酸施肥をめぐる，土肥講要集，**15**，115.
- 65) 小餅昭二・田中征勝 (1974)：タマネギの栽植密度と収量，北海道園芸研究談話会報，**8**，20-21.
- 66) 小餅昭二 (1977)：タマネギの貯蔵上の問題点，北農，**44** (4)，11-19.
- 67) 児玉不二雄・齊藤 泉・高桑 亮 (1976)：タマネギ乾腐病の発生推移，日植病報 (講要)，**42**，94.
- 68) 児玉不二雄・齊藤 泉・高桑 亮 (1976)：タマネギ乾腐病発病の経過とベノミル剤による苗浸漬の効果，日植病報，**42**，480-490.
- 69) 児玉不二雄 (1977)：北海道におけるタマネギの病害，北農，**44** (3)，1-13.
- 70) 近藤 熙・石井和夫 (1979)：土壌中の可溶態主要素濃度と作物による吸収特性の関連について，第1報 リン酸肥沃度の評価法，土肥講要集，**25**，124.
- 71) 久保田 勝 (1968)：トマトの生育障害に関する研究，第1報 ビニールハウス土壌の化学性，とくに塩基集積について，新潟農試報，**18**，25-34.
- 72) Kunkel, R. (1947)：The effect of various levels of nitrogen and potash on the yield and keeping quality of onion, Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., **50**，361-367.
- 73) Lorenz, O. A., J. C. Bishop and D. N. Wright (1955)：Liquid, dry and gaseous fertilizers for onions on sandy loam soils, Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., **65**，296-306.
- 74) 三木英一 (1977)：タマネギ栽培上の問題点，北農，**44** (1)，18-23.
- 75) 南 松雄・古山芳広 (1967)：北海道におけるタマネギ栽培土壌の特性と施肥，北農，**34** (8)，44-56.

- 76) 南 松雄・古山芳広(1968)：北海道における玉ねぎの施肥技術改善に関する研究，第1報 養分吸収の特性と施肥法，北海道立農試集報，**17**，73-86.
- 77) 南 松雄・沢口正利・山崎淑子(1969)：畑土壌肥沃度の診断に関する研究，第1報 土壌磷酸の有効度について，北海道立農試集報，**19**，80-86.
- 78) 南 松雄・古山芳広(1969)：玉ねぎ苗床の施肥の実態と苗素質，北農，**36**(6)，1-17.
- 79) 南 松雄・古山芳広・土居晃郎(1971)：亜鉛欠乏症に起因する玉ねぎの生育障害，北海道立農試集報，**23**，20-30.
- 80) 南川勝次・川崎重治・斉藤久男(1957)：そ菜の生育過程と三要素吸収量，第1報 玉ねぎについて，九州農業研究，**19**，21-24.
- 81) 南川勝次・川崎重次・斉藤久男・植口忠良(1967)：そ菜の貯蔵性に関する研究(第2報) たまねぎの貯蔵性と球の諸形質との関係について，九州農業研究，**29**，225-226.
- 82) 三宅正紀・庄司貞雄・竹内 豊(1964)：各種の可給態土壌磷酸定量法の比較，第2報 各種可給態磷酸定量法による結果とA-Valueとの相関について，北海道農試彙報，**84**，32-39.
- 83) 三宅嘉之・宇野良男(1969)：葉タバコの物理性におよぼすリン酸肥料の影響，土肥講要集，**15**，Ⅱ35.
- 84) 宮里 恵・山本 毅(1966)：土壌中における磷酸の肥沃度について，東北農試研報，**33**，383-405.
- 85) 宮沢数雄(1980)：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.
- 86) 永井 信・花岡 保(1967)：春播きタマネギの生態にらびに生育相に関する研究(第1報) 外観的な生育と栄養生長期の生育相，園学雑，**36**，99-108.
- 87) 永井 信(1967)：同上，(第2報) 葉の重量ならびに乾物率の変化，園学雑，**36**，299-305.
- 88) 日本気象協会北海道支部(1963)：北海道の気候，279-280.
- 89) 農林省振興局(1959)：地力保全対策資料第1号，地力保全基本調査における土壌分析法.
- 90) 大崎玄佐雄・東田修二・吉本寿男・高木敏夫(1978)：北見地方におけるタマネギ畑の土壌肥料学的検討，第1報 乾腐病多発土壌の理化学性と微生物相，土肥講要集，**24**，Ⅱ4.
- 91) 大沢孝也(1961)：砂耕による蔬菜の耐塩性に関する研究(第4報) とくに無機栄養から見た蔬菜の相対的耐塩性と塩害について，園学雑，**30**，241-252.
- 92) Paulsen, G. M. and O. A. Rotimi(1968)：Phosphorus-Zinc interaction in two soybean varieties differing in sensitivity to phosphorus nutrition, Soil Sci. Soc. Amer. Proc., **32**，73-76.
- 93) Pew, W. O. (1958)：Growing onions in Arizona, Arizona Agr. Exp. Sta. Bul. **280**，1-23.
- 94) Rickels, J. W. (1972)：The influence of nitrogen on the growth and maturity of onions grown on organic soil, J. Am. Soc. for Hort. Sci., **97**，37-41.
- 95) 斉藤 泉・児玉不二雄・石坂信之・杉目直行・小山睦寛・高桑 亮(1975)：タマネギ乾腐病の発生分布，日植病報(講要)，**41**，123.
- 96) 斉藤 泉(1976)：北海道土地改良地区営農改善対策調査報告書，26-36，北海道農地開発部.
- 97) 坂上行雄・水沼 豊(1968)：玉ネギの生育と無機養分吸収に及ぼす土壌水分の影響，作物の干ばつと養分吸収に関する研究(第4報)，土肥誌，**39**，375-379.
- 98) 桜谷哲夫・羽生寿郎(1973)：蒸発散量の気象学的・気候学的推定，北海道農試研究資料，**1**，1-15.
- 99) Scully, N. J., M. W. Parker and H. A. Borthwick (1945)：Interaction of nitrogen nutrition and photoperiod as expressed in bulbing and flower-stalk development of onion, Bot. Gaz., **107**，52-61.

- 100) 沢口正利・南 松雄 (1970) : 畑土壌肥沃度の診断に関する研究, 第3報 窒素肥沃度の判定について, 北海道立農試集報, **22**, 48-60.
- 101) 関谷宏三 (1975) : 無機P (分析法), 土壌養分分析法, 235-238, 養賢堂, 東京.
- 102) 嶋田永生 (1970) : 肥培と濃度障害, 近代農業における土壌肥料の研究, 養賢堂, 東京.
- 103) 相馬 暁・岩渕晴郎・平井義孝・多賀辰義 (1976) : 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 土壌水分条件及び窒素用量が生育・収量に及ぼす北海道立農試集報, **35**, 42-52.
- 104) 相馬 暁・多賀辰義・石井忠雄・平井義孝・岩渕晴郎 (1980) : 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.
- 105) 相馬 暁・岩渕晴郎 (1981) : 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**, 17-36.
- 106) Sypien, M., J. Smoter and A. Kepkova (1973) : The influence of nitrogen fertilization on onion quality and storage, *Acta Hort.*, **29**, 341-347.
- 107) 多賀辰義・岩渕晴郎・平井義孝・相馬 暁 (1977) : 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, II 現地施肥実態と窒素施肥法改善, 北海道立農試集報, **36**, 42-52.
- 108) 高桑 亮・児玉不二雄・石坂信之・斉藤 泉 (1976) : タマネギ種子の保菌状況, 日植病報 (講要), **41**, 262.
- 109) 高橋和司・今泉諒俊 (1975) : 栽培作物が土壌に及ぼす影響, (第2報) そ菜類と普通作物の栽培が土壌条件に及ぼす影響のちがい, 土肥講要集, **21**, 90.
- 110) 高橋達児 (1975) : 可溶性Al (分析法)-土壌養分分析法, 94-108, 養賢堂, 東京.
- 111) 武井昭夫・早川岩夫・嶋田永生・有沢道雄 (1975) : 被覆栽培における土壌環境要因の解析と改善に関する研究, (第6報) キュウリの生育並びにりん酸吸収に及ぼす土壌溶液りん酸の影響, 愛知農総試研報, **B 7**, 86-92.
- 112) 竹下純則・吉藤 実 (1965) : 被覆栽培そ菜の土壌肥料に関する研究 (第1報) ビニールハウス土壌の化学性と作柄について, 神奈川園試報, **13**, 51-58.
- 113) 田中 明・早川嘉彦 (1974) : 耐酸性の作物種間差 (第1報) 耐低pH性の種間差 - 比較植物栄養に関する研究, 土肥誌, **45**, 561-570.
- 114) 田中 明・早川嘉彦 (1975) : 同上, (第2報) 耐Al性および耐Mn性の種間差 | 土肥誌, **46**, 19-25.
- 115) 田中 明・早川嘉彦 (1975) : 同上, (第3報) 耐酸性の種間差, 同上, 土肥誌, **46**, 26-32.
- 116) 田中 明・但野利秋・山田三樹夫 (1973) : 塩基適応性の作物間差 (第1報) カルシウム適性-比較植物栄養に関する研究, 土肥誌, **44**, 334-341.
- 117) 田中 明・早川嘉彦・横田木世子 (1976) : 塩基適応性の作物間差 (第5報) マグネシウム適応性-比較植物栄養に関する研究, 土肥誌, **47**, 361-366.
- 118) 巽 穰・景山美葵陽 (1964) : 育苗に関する研究, II. トマト苗の苗素質について (2), 園試報告, **A 3**, 134-159.
- 119) 徳永義治・速水昭彦 (1972) : そ菜あと水田土壌における施肥残効養分量と作物に対する有効性, 東海近畿農試研報, **24**, 105-129.
- 120) 徳永芳雄・加藤 肇・越水幸男 (1965) : 水稻の代謝生理とイモチ病との関係, 第2報 磷酸代謝と葉イモチ耐病性, 東北農試報, **32**, 61-88.
- 121) Watanabe, F. S., W. L. Lindsay and S. R. Olsen (1963) : Nutrient balance involving phosphorus iron and zinc, *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, **29**, 562-565.
- 122) Warnock, R. E. (1970) : Micronutrient uptake and mobility within corn plant in relation to phosphorus induced zinc deficiency, *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, **34**, 765-769.

- 123) Weaver, J. E. and W. E. Bruner (1926) : Root developemet of vegitable crops, 21—36, Mc Graw-Hill Book Co. Inc., New York.
- 124) 八鍬利郎 (1975) : タマネギの生育と発育, 北海道のタマネギ, 60—113, 農業技術普及協会, 江別.
- 125) 八鍬利郎 (1975) : 栽培と貯蔵, 同上, 257—250, 農業技術普及協会, 江別.
- 126) 八鍬利郎 (1975) : タマネギの生産と流通, 同上, 383—468, 同上, 江別.
- 127) 山本 毅 (1969) : 畑地の土壤改良, 土壤肥料新技術, 177—196, 技報堂, 東京.
- 128) 山崎肯也・堀 裕・土浜竜雄・東 隆夫 (1958) : 蔬菜の施肥量決定に関する研究, 第2報 玉葱の肥料養分吸収に及ぼす施肥量の影響, 東海近畿農業研究, 9, 100—103.
- 129) 野菜栽培土壤診断基準作成小委員会 (1975) : 野菜栽培土壤の診断基準のとりまとめ.
- 130) 吉村修一・琴谷 稔・伊藤 清 (1960) : 玉葱に対する施肥要量試験, 大阪府農試研報 (40周年記念論文集), 188—200.
- 131) 吉村修一 (1960) : 玉葱に対する燐酸肥料の肥効について, 大阪府農試研報, 201—207.
- 132) 吉村修一 (1964) : タマネギに対する苦土肥料の肥効について, 大阪府農技センター研報 1, 43—48.
- 133) 吉村修一 (1965) : タマネギ貯蔵中の腐敗に及ぼす施肥の影響 (1) 3要素の施肥法が腐敗に及ぼす影響, 同上, 2, 17—30.
- 134) 吉村修一・正木栄太郎・伊藤 清・琴谷 稔 (1967) : タマネギに対する窒素質肥料の肥効について, 同上, 4, 75—86.
- 135) 吉村修一・佐藤 清・赤木禎二・木村 康・左手勝己 (1972) : ハウスナス連作土壤の対策調査 (I), 大阪府農試研報, 9, 87—98.
- 136) 湯村義男・中島田 誠 (1974) : 施設栽培における土壤水分とかん水点に関する研究, 野菜試報, A1, 141—171.
- 137) Zink, F. W. (1966) : Studies on the growth rate and nutrient absorption of onion, H-*ilgardia*, 37, 203—218.

Study on Characteristics of Soil Fertility of Onion Field and Improvement of Soil and Fertilizer Application Management in Central Hokkaido.

by

Haruo IWABUCHI

Summary

Onion is one of representative vegetable in Hokkaido, and its cropping has increased greatly in recent year, at the same time deterioration in the quality and fluctuation in yield have become an issue.

The present paper deals characteristics of soil fertility of onion field and causes of onion yield decreasing in central Hokkaido, which is the traditional major production area of onions. And with field surveys and cultivation tests, this paper shows the influence of soil fertility on onion yield and yield components, and then points out the improvement of fertilizer application.

1. Soil Fertility of Onion Fields and Manuring Practices

Soil fertility of onion fields are characterized by remarkable accumulation of available phosphorus and high base-saturation. In the greater part of fields, the accumulation of phosphorus are over 100mg/100g soil in terms of TRUOG-P₂O₅, and in a part of fields available phosphorus are over 200mg. The accumulation increases with the length of onion cropping, and is due to intensive manuring practice rather than soil properties.

The accumulation of nourishment is considered an important factor in productivity improvements in recent years. Excessive accumulation of available phosphorus, however, has a tendency to impede growth of onion. The growth effects of rises in intensity of base-saturation is not known, but the presence of large amount of inorganic nitrogen in soil in the latter growth stage shows a tendency to decrease yield. Heavy application of nitrogen also increase the incidence of basal rot of onion by *Fusarium Oxysporum* f. *cepae*, which is an important factor decreasing yields. It may therefore be inferred that with the customary fertilizer application and soil management practices which considerably exceeds the guidelines, the excess nourishment in soil upsets both yield and stable production. With the rapid increase in onion cropping another cause of unstable yield is the increased use of unfavorable field, that is not suited for onion cropping with inferior physical properties of subsoil.

2. Factors Impeding the Growth and Yield of Onions, and Effect of Water Management and Nitrogen Fertilizer Application.

Increasing the number of marketable bulbs and improving bulb development are the components in increasing onion yield. It was found that the most important factor decreasing the number of marketable bulbs is basal rot and missing plant which suffered from basal rot in young stage. When the number of marketable bulbs decreases dramatically, bulb development is also affected. In drier soils the growth is impeded and there are more missing plants and rotten bulbs. Adequate watering (about pF 2.0 soil moisture) from the early growth stage to the active-bulb developing stage greatly increased growth and bulb development, and decreased the incidence of missing plant and bulb rot. With insufficient water supply to soil when large amount of nitrogen fertilizer is applied, the result is poor bulb development and frequent basal rot.

It was found that increases in the frequency of damage and poor growth correlate with rises in soil electric conductivity, and that salt damage in the early stage increased basal rot of onion. From this it is inferred that heavy fertilizer application, as practiced in recent years, intensify the instability of onion production with the climatic fluctuation.

Topdressing of fertilizer to prevent salt damage and to supply the nitrogen required in the latter growth stage was not found very effective, but later topdressing retarded bulb development. It is therefore advisable to apply basal dressing as a basic application of fertilizer.

3. Effect of Phosphate Fertilizer Application and Available Phosphorus Fertility of Soil on the Growth and Yield.

Heavy phosphate fertilizer application improves growth even in P accumulated soil with content of TRUOG-P of 100mg P_2O_5 /100g soil. However, bulb development is retarded by declining growth at the bulb developing stage. The appropriate range of TRUOG-P content is between 80 and 130mg P_2O_5 /100g. When the content is higher the bulb development is affected negatively. Higher P content lead to more frequent basal rot of onion and it is considered that the occurrence of basal rot is related to excessive P absorption of onion plant. The range of P accumulation retarding bulb development varies with the nitrogen fertility of soils, and soils with same P accumulation level have different growth rates, growth pattern and yields. Soils with insufficient P accumulation showed the growth type of "poor growth over the whole period", giving extremely low yields, or "early poor growth and vigorous in the latter stage", giving rather higher yields. Soils with appropriate range of P accumulation brought about "vigorous growth over the whole period", giving high yields, or "declining growth in the latter stage", giving insufficient yields.

From the above growth analysis and the results of phosphate fertilizer application tests, the following requirements for high yields are: A growth index (GI; Plant height cm $\times$ Number of leaves) at the active-top growing stage of 200-250, and a GI at the active-bulb developing stage over 600. In order to achieve an optimum GI, it is necessary to keep appropriate range of TRUOG-P content in soil and to secure phosphorus absorption in the early stage of onion at 1.0-1.3% P_2O_5 . It was shown that the appropriate amount of phosphate fertilizer varies with level of P accumulation in soil.

4. Nitrogen Fertilizer Application Based on the Soil Fertility of Nitrogen and Phosphorus.

Growth analysis and tests of fertilization effect were performed in four types of soil with different fertility of nitrogen and phosphorus, and from the results, the correlation between nitrogen and phosphorus fertility and the optimum fertilizer application are discussed.

Growth in the early stage is strongly affected by the phosphorus content in onion plant, and growth is vigorous when the nitrogen absorption is high, at around 4% of nitrogen. However, growth in the bulb developing stage is affected by the nitrogen absorption rather than the phosphorus absorption. Vigorous growth for the whole period is achieved when nitrogen content in the foliage is 3.0-3.4% at the time of bulb development and nutrient condition of N and P are well balanced. When the content of nitrogen in plant relatively exceeds the phosphorus absorption, there are "early poor growth and vigorous in the latter stage" or "poor growth over the whole period". When the nitrogen content is relatively low, there are "vigorous growth over the whole period" or "declining growth in the latter stage".

From thus, a high phosphorus accumulation in soil together with relative low nitrogen fertility activates growth in the early stage but tends to decline in the latter stage. Here, heavy nitrogen application keeps the vegetative growth vigorous and improves the development of the bulbs. On the one hand, with insufficient range of phosphorus accumulation and high fertility of nitrogen, growth is checked in the early stage and the insufficient phosphorus absorption coupled with high nitrogen absorption at the latter stage causes poor growth over the whole period. Here, heavy application of phosphate accelerates the growth in the early stage and also activates the growth in the latter stage. However, in soil with high nitrogen fertility, onion is susceptible to salt damage caused by the rise in electric conductivity of soil, this undesirable effect is especially enhanced by heavy nitrogen application and results in early poor growth and basal rot. The investigation thus shows that appropriate fertilizer application considering the fertility of soil is indispensable and that the amount of appropriate fertilizer varies with the soil fertility.

The foregoing facts that the excess range of P accumulation varies with nitrogen fertility and that the common fertilizer application practices tended to heavy nitrogen application in parallel with gradual accumulation of phosphorus in soil are explained well by the interaction between nitrogen and phosphorus fertility on onion growth. In order to avoid the excess accumulation of nourishment, growth damage, and unstable yields caused by heavy fertilizer application, fertilizer application standards based on soil diagnosis have been established.

5. Requirements for Stable Increased Yields

From the above findings the following requirements for stable and high yields can be established.

Conditions for the growth of onion:

- 1) Maintaining sound growth at the early stage and vigorous vegetative growth until the bulb developing stage.
- 2) To achieve this, enable high nitrogen and phosphorus absorption in the early stage and relatively

lower nitrogen absorption at the bulb developing stage.

- 3) Especially, high absorption of phosphorus promotes early growth decisively, but it is necessary to evade excessive absorption and maintain the balance between phosphorus and nitrogen.
- 4) Increase of the number of marketable bulbs by preventing the occurrence of missing plants and rotten bulbs.

Requirements for soil and fertilizer application management:

- 1) Control of soil moisture by improving the physical properties of soil: especially, ensuring adequate water supply to soil at the early stage and not applying fertilizer heavily, as this compounds the bad effects.
- 2) Ensuring a stable yields by field irrigation from the early stage until the bulb developing stage.
- 4) Maintenance of the proper balance between nitrogen and phosphorus fertility.
- 3) Maintenance of appropriate range of phosphorus accumulation in soils.
- 5) Preventing excessive nourishment accumulation in soil and ensuring appropriate fertilizer application management considering fertility differences.