第VI章　要　　約

北海道における野菜畑土壌の現状と各種野菜の特性に対応した肥培管理法について研究を行った結果，以下の結論を得た。

1．北海道における野菜生産の現況と土壌肥料学的問題点

1）北海道における野菜生産は選択的発展を遂げている。取りわけ，近年，特産野菜を中心とする生産地の拡大・移動は新・旧産地の併存状態を生ずるとともに，土壌条件の多様化をもたらし，両者が相まって土壌中の養分蓄積状況を複雑多岐にした。

2）そのため，従来の一定地域，一定土壌を対象とした一律な施肥基準・肥培管理方式の適応では，現状に対応し得なくなった。

3）養分蓄積で示される土壌の化学性とその改善に関する問題は，土壌の物理性及びその改善策が一般畑作畑と共通的に取り扱い得るのに対して，まさに野菜栽培土壌の特殊性として，独自の解決が求められている。

2．野菜畑土壌における養分蓄積とその起因

1）養分蓄積状況を通覧すると，野菜栽培土壌における養分蓄積は，土壌間差異で示される自然肥沃度の相違よりも，作付様式に代表される人為的要因によって規制されていた。土壌の種類にかかわらず，P蓄積はハウス土壌＞タマネギ畑≧軟弱野菜畑＞一般野菜畑・アスパラガス畑＞一般畑作畑の順に，塩基飽和度で示される塩基蓄積はハウス土壌＞軟弱野菜畑≧タマネギ畑＞一般野菜畑＞一般畑作畑＞アスパラガス畑の順に，進行していた。

2）土壌間差異は養分蓄積程度の低い一般畑作畑や，一般野菜畑において認められたが，養分蓄積の進んだ軟弱野菜畑やハウス土壌においては，その影響力はほとんど影を潜めていた。結局，野菜栽培土壌は人為的諸要因の影響下にある土壌と判断された。

3）養分蓄積程度を表現する指標としては，蓄積P量が最も妥当であると判断された。なぜなら，土壌中のP量は，塩基のように天然賦与量が多い土壌は少なく，大部分が人間の営農活動に依存することから，人為的要因に強く規制された野菜栽培土壌の養分蓄積状況を示す指標として適していた。

4）P蓄積と塩基蓄積の関係を，土壌別・作付様式別に検討すると，多くの場合，両者の間に正の相関関係が成り立った。しかし，塩基蓄積の進行は必ずしもP蓄積と等量的に進まず，時には，跛行的蓄積を示した。その結果，野菜栽培土壌の養分蓄積状況は，P・塩基蓄積程度により，6群に分かれ（第5図），各作付様式別に，その養分蓄積の特徴を明らかにした。

5）野菜栽培土壌の養分蓄積に最も強く影響を及ぼしている要因は，人為的な施肥と肥培管理技術の集約度であり，作付様式間に認められたP・塩基蓄積の順位は，とりもなおさず，肥料・資材施用量の多少の反映であった。

6）同一の施肥・肥培管理下（同一作付様式）において，栽培年数あるいはハウス設置後年数の増加に伴い，養分蓄積量が増大していることは，現行の施肥・肥培管理技術が，野菜に対し過剰の養分供給を行っていることの証左であった。

7）被覆栽培の導入と被覆期間の長期化とは蓄積養分量を増大させるのみならず，養分蓄積に質的な変化をもたらし，ハウス土壌においては，露地野菜畑のP・塩基蓄積に加うるに，N集積が顕著に進んでいた。

8）北海道の露地野菜畑における明らかな塩基蓄積は，府県に比べ降雨量の少ない条件に加えて，寒地における野菜栽培のため，保温を目的に被覆資材が普及し，土壌が降雨にさらされる期間が短くなったことも一要因であった。

3．養分蓄積の進行と土壌の化学性

＜P＞

1）土壌中の有効態P量は，まず，P蓄積レベルの低い状態の一般畑作畑，アスパラガス畑などにおいては，P固定力の影響を強く受け，一般的にP吸収係数の大きな土壌ほど有効態P存在量が少なかった。また，施肥Pの土壌による固定割合も，P吸収係数の増大に伴い高まった。

2）それに対し，P蓄積が進んだタマネギ畑やハウス土壌では，P吸収係数の影響力は弱まり，土壌による施肥Pの固定割合は，蓄積P量及び施用P量の増加に伴い低下した。

3）土壌中の全P量の増加は有効態P量及び水溶性P量の直接的な増加をうながす一方，可溶性Al·Fe量の減少をもたらし，P吸収係数が低下し，KやZnなどの不溶化も認められた。

4）全P量の増加に伴う有効態P（Truog－P）量の増加には，土壌間差異が認められ，P吸収係数の大きな火山性土で有効化程度が低く，沖積土で高かった。

5）有効態P量と水溶性P量の間には，正の相関関係が認められるが，有効態P量の増加に伴う水溶性P量の増加割合は，泥炭土＞沖積土＞粗粒火山性土＞ローム質火山性土の順であった。

6）人為的な施肥と肥培管理を反映したP蓄積の進行が，土壌のP固定力に変化をもたらし，施肥Pの固定割合の低下を通じ，水溶性P量が増加し，施肥Pの肥効を高めていた。

＜塩　　基＞

7）塩基蓄積は，土壌の塩基交換容量（CEC）の大小に強く影響される反面，塩基資材施用量の影響を直接的に受けていた。

8）塩基蓄積の進行につれて，塩基飽和度の上昇，取りわけ，見かけの飽和度が100％を超える時点で，水溶性塩基量が顕著に増加し，交換態以外に，硫酸塩の存在が確認され，硝酸塩，リン酸塩に加えて，炭酸塩の存在も示唆された。そのため，塩基蓄積の進行に伴い，塩基供給能に差異が生じた。

4．養分蓄積の進行と野菜生産

＜P＞

1）P過剰蓄積によって多くの野菜において生育抑制・収量低下が認められた。その結果を基に各種野菜を3群に区分し，それぞれの有効態P適正領域を以下のように策定した。

①低（Truog－P 50㎎P_2O_5/100g以下）・中領域（Truog－P 50～100㎎P_2O_5/100g範囲）適応性野菜：トウモロコシ，ダイズ，ニンジン，コカブ，ダイコン。

②中・高領域（Truog－P100～200㎎P_2O_5/100g）適応性野菜：ホウレンソウ，シュンギク，レタス，ハクサイ，タマネギ，

③広域適応性野菜：コマツナ，タイナ，トマト，キュウリ。

2）このようなP適応性からみた各群の野菜は栄養生理的に下記の特性を持つと判断された。

①低・中領域適応性野菜

(a)　茎葉の伸長で示される栄養生長から，子実の結実で示される生殖生長に，生育相が転換する栄養生長・生殖生長完全転換型野菜（トウモロコシ，ダイズ）

(b)　根肥大現象によって，生殖生長の前駆体制へ転換するタイプ，いわゆる根菜（ニンジン，ダイコン，コカブ）

②中・高領域適応性野菜

(a)　結球現象によって，栄養生長から転換する，いわゆる結球野菜（直接結球タイプのタマネギと間接結球タイプのレタス，ハクサイ）

(b)　生育の最盛期に収穫し，栄養生長体である葉部を可食部とする栄養生長型野菜（ホウレンソウ，シュンギク）

なお，シュンギク，レタス及びハクサイはN多肥条件で広域適応性を示す。

③広域適応性野菜

(a)　生育の最盛期に収穫し，栄養生長体である葉部を可食部とする栄養生長型野菜（コマツナ，タイナ）

(b)　茎葉の伸長と同時に，果実の肥大・充実が行われ，連続的に収穫される栄養生長・生殖生長同時進行型野菜（果菜－トマト，キュウリ）

3）土壌中における蓄積P量の増加に伴う生育阻害要因の発現は，①蓄積P量の増加と随伴する交換性Ca量の増加による，K，Zn，Mn，Feなど

の不溶化と，それを反映した土壌溶液中濃度の低下，②各要素間の拮抗作用による特定成分の吸収抑制，③N施肥反応の変化（Nの吸収抑制），④土壌溶液中P濃度の高まりを反映した体内P含有率の異常上昇（P過剰吸収），⑤生育量増大による体内成分の稀釈に基づく作物の活性低下，に起因するものと考察した。なお，P過剰害について近年，二，三の指摘[137,150]がなされいるが，詳細な報告としては，伊藤ら[77]による水稲におけるP過剰症の研究のみである。

4）P蓄積の一定レベルまでの進行が，各種野菜の初期生育を中心とした栄養生長量の増大と収穫向上をうながすため，養分吸収量の増加を通じ，増肥，取りわけN増肥を必然的に求める点は，野菜に対する施肥が近年著しく多肥化した一要因として，留意すべきである。

＜塩　　基＞

5）塩基過剰蓄積による生育抑制・収量低下を中心に検討し，各塩基及び全塩基の上限飽和度を下記の如く総括した。

①栄養生長型野菜（葉菜－ホウレンソウ，シュンギクなど）：Ca飽和度90～100%，Mg飽和度20%前後，K飽和度10～15%，塩基飽和度120～130%。

②結球野菜（結球葉菜－レタス，ハクサイなど）：Ca飽和度70～80%，Mg飽和度20%，K飽和度10～15%，塩基飽和度100～115%。

③同時進行型野菜（果菜－トマト，キュウリなど）：Ca飽和度70～80%，Mg飽和度20%，K飽和度10%，塩基飽和度100～110%。

6）現行の診断準値（CEC別適正領域）との組合せによって，①適正領域以下の欠乏領域，②適正領域，③適正領域を超え上限飽和度までの過剰領域，④上限飽和度を超える障害領域に区分した。その上で，①欠乏領域に属すほ場に対しては，適正領域の中間値を目標値として改良資材を施用し，②適正領域に対しては北海道施肥標準を適用し，③過剰領域に対しては減肥，④障害領域に対しては資材の施用中止と，各々の対応策を決定した。

7）塩基過剰蓄積に伴う生育阻害要因として，①PH上昇によるMn，B，Feなど微量要素の不溶化，②塩基相互の拮抗作用による吸収抑制，③イオン特異性による直接的な生育阻害，④多量施用時のEC値上昇による濃度障害，⑤微生物活性の低下による硝酸化成速度の遅延，とを明らかにし得た。

5．各種野菜の特性と土壌肥沃度に対応した施肥と肥培管理法

＜栄養生長型野菜＞

1）栄養生長型野菜の代表としてホウレンソウに対する3要素施肥適量は，土壌診断に基づき，N·P肥沃度に対して，第68表のように決定し得た。なお，N肥沃度は熱水抽出性N量で，P肥沃度はTruog－P量で測定した。

2）栄養生長型野菜は，収穫時点まで作物体の活性を保たねば，葉色の黄化が生じ，品質が劣化し，減収となる。この作物体の活性を維持するために，収穫時に土壌中無機態N残存量が最低限5mg/100g程度必要であり，この量を活性維持のための補償量と規定した。

3）ホウレンソウ栽培においては，収穫時の残存N量を次作の施肥量より減ずることが，施肥の適正化の道であり，そのための簡便法として，残存N量をEC値から簡易に推定する方式を提唱した（第56図，第52表）。

4）ホウレンソウに対する塩基，取りわけCa資材施用効果は顕著であるが，その施用に際しては，①新規造成は秋施用を原則とし，一回の施用量はCaOとして200～300kg/10a以下とした。②経年畑に対しては，一回施用量CaO50kg/10a以下の春施用で対応するものとした。なお，Mg，K資材の施用についても，4領域ごとに対応するものとした。

＜結球野菜＞

5）結球野菜の代表として，まず，直接結球タイプのタマネギに対する3要素施肥適量を，第69表のように，N·P肥沃度に対応して決定した。N施肥量はN肥沃度の高まりに伴い減肥し，P肥沃度の向上に対応して増肥し，一方，P施肥量はP肥沃度の向上に対応して減肥することを基本とし

た。

6）蓄積P量不足で球肥大が顕著に不良となり，また，N多肥もしくはN追肥によって生育後半の体内N含有率を3.0～3.3%以上に高めると，球肥大が抑制されるため，施肥は全量基肥とすべきである。

7）間接結球タイプのハクサイに対する施肥適量を第70表のように決定した。N多肥条件でハクサイは広域適応性を示し，P過剰蓄積による生育抑制・収量低下が認められなかった。そのため，P過剰障害が認められた中・高領域適応性ホウレンソウやタマネギと異なり，P肥沃度の向上に伴うN増肥効果は明らかでなく，N施肥量はN肥沃度の向上につれ減肥し，P施肥量はP肥沃度の高まりに伴い減肥するものとした。

8）追肥効果は顕著であるが，N過剰追肥は結球割合を低下させ，減収となった。そのため，結球前の追肥量は低N土壌に対してN 5～10kg/10a，高N土壌に対してはN 5 kg/10a程度が妥当とした。

＜同時進行型野菜＞

9）栄養生長・生殖生長同時進行型野菜の代表として，トマトに対するN施肥法を検討した。トマトは苗素質の影響を強く受けるめ，苗素質別にN施肥法を決定した。定植後の発根力が強く，養水分吸収のおう盛な若苗以外（適期苗，老化苗）に対するN基肥量は，かん水条件で20kg/10a，無かん水条件で15kg/10a，1回の追肥量はかん水条件で10kg/10a，無かん水条件で5～10kg/10aとした。それに対し，若苗は基肥5～10kg/10aに抑えることが妥当であった。

10)同時進行型野菜であるトマト・キュウリは，収穫打切り時まで茎葉の伸長・増加と果実の肥大・充実が行われており，作物体の活性を保たねばならない。そのために，土壌中無機態N量を一定レベル（10mg/100g)に維持するような，施肥成分連続供給が必要であった。

11）同時進行型野菜・トマト，キュウリに対する基肥は望ましい初期生育量の獲得を目的に，追肥による連続供給はその後の栄養生長と生殖生長を，同時にバランスよく進行させることを目的に行うものであり，追肥回数は収穫量と収穫期間に基づき決定するものとした。なお，N追肥にあたっては等量のKを連動させるものとした。

＜各種野菜の望ましい土壌無機態N量の推移＞

12）これら各型の野菜に対するN供給を模式化して，第68図に示した。①栄養生長型野菜は基肥重点で，収穫時の残存N量は最低限5 mg/100g以上必要である。②結球野菜の内，直接結球型のタマネギは全量基肥で，定植後90日前後に4～5 mg/100gの残存N量を必要とするが，N過剰供給は球肥大を抑制し，収穫時に残存N量を必要としない。③間接結球型のハクサイは基肥＋追肥型施肥が前提で，結球前に球の充実のための養分供給が必要である。しかし，N過剰供給は結球性を低下させ，減収につながる。④栄養生長・生殖生長同時進行型野菜は，初期生育量の確保を目的とした基肥に続き，Nの連続供給により作物体としての活性を維持することが必要である。以上のように，各種野菜の栄養生理的特性の一面を明らかにした。

以上の結果は，土壌診断によって土壌の養分蓄積程度で示される肥沃度を規定し，肥沃度に対応した施肥と肥培管理を，栄養生理的な特性に基づき群別した野菜グループごとに，確立する方策を示した。このような土壌診断に基づく肥沃度対応の施肥・肥培管理技術は，栄養生理的に不必要な養分吸収や土壌に対する過度の養分残存を防ぎ，多肥の直接の害や肥料成分間のバランスの著しい乱れによる拮抗阻害を回避し，高品質野菜を安定多収する道であり，かつ，省資源的な方向での野菜生産を行う技術であると確信する。

参 考 文 献

1）Allen, V. B. Donald, N. M. and William, H. L. 1967 : Induction of Tomato stem and Leaf lesions, and potassium deficiency, by excessive ammonium nutrition, Soil Sci., 103, 319−327.

2）赤司和隆，関口久雄，相馬 暁，1983：露地メロン畑土壌におけるK肥沃度水準別のK施肥量，日土肥学会講演要旨，29, 219.

3）赤沢 伝，吉田恵治，安藤久男，北川芳男，1967：特殊土壌の改良，土地改良に関する技術指針，265〜339，北海道開発局農水部.

4）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，北農試彙報，83, 64〜70.

5）青葉 高，1957：山形県における結球白菜の産地移動について，山形農林学報，12, 9〜15.

6）青木一郎，三宅 信，1968：栃木県におけるビニールハウス土壌の実態について，栃木県農試研報，12, 70〜79.

7）青木茂一，山本有彦，北野 実，1958：石灰の土壌中における移行，流亡に関する研究（第2報），日土肥誌，29, 25〜28.

8）蟻川浩一，大木孝之，1966：トマト三要素試験，そ菜に関する土壌肥料研究集録，169〜173，全購連.

9）蟻川浩一，松崎敏英，前野道雄，1966，深耕と土層改良の効果，そ菜に関する土壌肥料研究集録，88〜93，全購連.

10）蟻川浩一，篠崎光夫，1968：ハウス栽培における塩類集積対策，農及園，43, 979〜982.

11）Arnold, C. Y. and Schmidt, W. A., 1951:Soil test as measure of phosphorus available to tomato on heavy Soil, Soil Sci., 71, 105〜115.

12）Asher, C. J. and Loneragan, J. F. 1967:Respose of plants to phosphate concentration in solution culture:I. Growth and phosphorus content, Soil Sci., 103, 225〜233.

13）Balba, A. M. and Bray, R. H., 1956:New fields for the application of the Mitscherlich equation, Soil Sci., 82, 497〜502.

14）Barker, A. V. Volk, R. J. and Jackson, W. J. 1966:Root environment acidity as a regulatory in ammonium assimilation by the bean plan, Plant Physiol, 41, 1193〜1199.

15）Bernsterin, L. and Hayward, H. E., 1958: Physiology of salt tolerance, Ann. Rev. Plant Physiol., 9, 25〜46.

16）Boswell, F. C. Richer, A. C. and Casida, L. E. 1962:Available soil nitrogen measurments by microdiological techniques and chemical methods, Soil Sci Soc. Amer. Proc., 26, 254〜257.

17）Brenchrey, W. E., 1929:The phosphate requirement of barley at different period of growth, Ann. Bot., 43, 89〜110.

18）Carter, M. R. and Webster, G. R., 1979:Calcium defficiency in solontzic soils of Alberta, J. Soil Sci., 30, 161〜174.

19）出井嘉光，1960：黒石原火山灰土壌の交換性塩基に関する研究，九州農試彙報，3, 181〜258.

20）土壌養分分析法委員会編，1970：土壌養分測定法，養賢堂.

21）Eaton, S. V., 1952:Effects of phosphorus defficiency on growth and metabolism of black mustard, Bot. Gaz., 113, 301〜309.

22）江川友治，関谷宏三，佐藤昭夫，1951：土壌の燐酸吸収に関する一考察，日土肥誌，22, 71〜76.

23）江川友治，関谷宏三，飯村康二，1957：畑土壌の性質と燐酸の肥効の現われ方，農技研報告，B7, 31〜52.

24）遠藤宗男，岡部達雄，1974：ハウス栽培における果菜類の施肥法に関する研究，（第1報）千葉県農試報，14, 111〜118.

25）遠藤喜重，板木利隆，久富時男，1978：施

設利用によるトマトの長期栽培，実用化技術レポートNO53, 11，農林水産技術会議.

26）Friend, M. and Dean, L. A. A., 1952：A Concept concerning the measurement of available soil nutrients, Soil Sci., 73, 261～271.

27）Friend, M. and Sapiro, E. R., 1961：Soil－plant relationships in ion uptake, Ann. Rev. Plant Physiol., 12, 91～112.

28）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.

29）藤原彰夫，1953：土壌の燐酸吸収に及ぼす交換性塩基の影響，東北農試研報，3, 70～76.

30）Gauch, H. G., 1940:Responses of the bean to calcium deficiency, Plant Physiol., 15, 1～21.

31）Gauch, H. G. and Hadleigh, C. H., 1944:Effects of high salt concentrations on growth of bean plants, Bot. Gaz., 105, 379～387.

32）Grunes, D. L., 1959:Effect of nitrogen on the availability of soil and fertilizer phosphorus to plants, Agronomy, 11, 369～396.

33）郷間光安，大木孝之，蟻川浩一，松崎敏英，1973：野菜の施肥基準に関する研究，（第1報），果菜類の施肥基準について，神奈川県農総研報告，113, 11～30.

34）浜島直己，1973：高冷地秋まき夏秋どり栽培，農業技術大系，野菜編7，（ハクサイ）基89～113，農文協.

35）橋田茂和，1965：ビニールハウス栽培の土壌肥料学的問題点，日土肥誌，36, 274～283.

36）橋田茂和，1966：ビニールハウス栽培の塩類濃度障害と簡易測定法，農業技術，21, 27～36.

37）橋田茂和，1966：ハウスにおけるNO_3ガス障害の防止，野菜に関する土壌肥料研究集録，316～327，全購連.

38）橋元秀教，根本　弘，高遠　宏，1966：ハクサイに対するマグネシウムなどの効果，そ菜に関する土壌肥料研究集録，238～242，全購連.

39）橋本　武，1954：作物のマグネシウム栄養に関する研究，第4報，大豆におけるMg，Ca，Kの関係，日土肥誌，25，（補冊1）23～25.

40）波多野隆介，今井弘樹，岡島秀夫，1982：土地利用を異にする土壌の土壌溶液イオン組成に関する研究，第4報，火山性土における水分の移動と肥料塩の再分配について，北海道大学農学部邦文紀要，13(2), 128～137.

41）Hareman, J. E. Brown, E. H. and White, C. D., 1950：Some reaction of phosphate with clay and hydrous oxides of iron and alumium, Soil sci., 70, 257－272.

42）早川康夫，奥村純一，1963：根釧地方火山灰土壌中における燐酸の行動，第3報，燐酸の多用に伴う加里欠乏症の発現について，北海道立農試集報，12, 11～22.

43）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, 254～320.

44）久富時男，藤本幸平，1971：低温期のトマトの生育調整に関する研究，第2報，夜温・土壌水分・光量・苗質および窒素施肥量がトマトの生育・収量に及ぼす影響，奈良県農試報，3, 37～54.

45）久富時男，藤本幸平，1972：低温期のトマトの生育調整に関する研究，第3報，地温・土壌水分・窒素施用量・栽培密度がトマトの生育・収量に及ぼす影響，2^4要因試験，奈良県農試報，4, 27～35.

46）久富時男，藤本幸平，1973：低温期のトマトの生育調整に関する研究，第4報，生育時期別土壌水分・地温・苗齢・窒素施用法の組合せがトマトの生育・収量に及ぼす影響，奈良県農試報，5, 1～11.

47）北海道立道南農試，1978：昭和53年度北海道農業試験会議資料，野菜畑に対する石灰・燐酸資材の施用法.

48）北海道土壌分類委員会編，1979：北海道の農牧地土壌分類第2次案，北海道立農試資料，北海道立中央農試.

49）北海道農務部編，1978：北海道施肥標準，北海道農務部.

50）北海道農務部，1978：十勝地方における「と

うもろこし」の亜鉛欠乏とその対策，普及奨励ならびに指導参考事項，244～248，北海道農務部.

51）北海道農務部稲作園芸課，1978：野菜関係資料，北海道農務部.

52）北海道農務部編，1980：地域別農業の動向，北海道農業の動向，39～45，北海道農務部.

53）北海道農務部，1984：露地メロン・ハクサイ畑における加里肥沃度別適正加里施肥量について，昭和59年度普及奨励ならびに指導参考事項，353～359．北海道農務部

54）北海道立中央農業試験場他，1981：土壌および作物栄養の診断基準，分析法.

55)北海道立中央農業試験場環境保全部.1982：昭和56年度北海道立農業試験会議資料，「馬鈴しょでん粉工場排液の農地散布について」，30～36.

56）北海道立中央農業試験場化学部，1984：昭和58年度北海道農業試験会議資料，ニンジン・ハクサイ畑のP肥沃度に対応した施肥法.

57）本多藤雄，1976：基盤整備に伴う土壌管理，九州における施設野菜の問題点と改善方向，7～20，九州農学研究協議会.

58）本谷耕一，1961：東北における火山灰水田の稲作改良に関する土壌肥料学的研究，東北農試報，21,1～143.

59）本谷耕一，吉野　喬，1965：燐酸施肥に関する基礎研究，東北農試報，32,41～60.

60）堀　　裕，山崎肯哉，上浜龍雄，青木正孝，1958：富士市にみられる甘藍跡地玉葱の生育障害について，蔬菜産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.

61）堀　　裕，山崎肯哉，上浜龍雄，東　隆夫，1958：富士市にみられる甘藍跡地玉葱の生育障害について，蔬菜産地における土壌の生産力低下の1例として（第2報），園学雑，27,221～233.

62）堀　　裕，1959：そ菜産地の生産力低下の諸問題，園芸学全編，614～641，養賢堂.

63）堀　　裕，山崎肯哉，上浜龍雄，青木正孝，1959：蔬菜の石灰栄養に関する研究，第1報，甘藍，玉葱，ほうれんそうの石灰欠乏症状について，東海近畿農試研報，（園芸），5,98～114.

64）堀　　裕，山崎肯哉，上浜龍雄，青木正孝，1959：富士市における秋播早生甘藍生産の推移と所謂芯腐れ症の発生について，蔬菜産地における土壌の生産力低下の1例として（第3報）園学雑，28,267～276.

65）堀　　裕，山崎肯哉，上浜龍雄，青木正孝，1960：蔬菜の石灰栄養に関する研究（第2報）ハクサイの石灰欠乏症ならびにその発生に及ぼす培養液組成および濃度の影響，園学雑，29,169～180.

66）Howlett, F. S.,1963:The effect of carbohydrate and of nitrogen deficiency upon microspogenesis and the development of the male gametophyto in the tomato Lycopersicum esculentum, Ann. Bot.,50,767－804.

67）Hus, Pa, Po, 1965:Fixation of phosphate by aluminium and iron in asidic soils, Soil Sci.,99,398－402.

68）五十嵐孝典，新田一彦，沢田泰男，池　盛重，吉岡真一，庄子貞雄，1964：北海道の各種土壌におけるえん麦のMg対K用量試験，北農試彙報，84,1～9.

69）飯田一郎，丑山文夫，1954：長野県における畑地の特殊成分欠乏土壌改良試験，第4報，苦土，加里，石灰の拮抗について，日土肥誌，25,（補冊1），14～17.

70）今井弘樹，谷山一郎，佐久間敏雄，岡島秀夫,1978：多肥かん水栽培条件下における硫酸根，塩素根，リン酸根肥料の土壌中の挙動，北海道大学農学部邦文紀要，11(2),189～201.

71）位田藤久太郎，1958：タマネギの養分特に燐酸の吸収と移行について，(1)，農及園，33,69～70.

72）位田藤久太郎，1958：タマネギの養分特に燐酸の吸収と移行について，(2)，農及園，33,93～94。

73）位田藤久太郎，1971：施設園芸の環境と土壌，136，誠文堂.

74）石井和夫，1962：火山灰土壌の深耕とその効果，(3)，農業技術，17,61～63.

75）伊藤正輔，1966：リンサン施与による玉葱畑の熟畑化に関する試験成績，北海道農務部農業改良課.

76）伊藤純雄，徳永美治，1975：りん酸過剰障害と土壌りん酸，東海近畿農試研報，28,137～162.

77）伊藤純雄，荒木浩一，1981：土壌溶液のりん酸濃度及び可給態りん酸量とキュウリのリン酸過剰障害との関係，日土肥学講演要旨集，27,28.

78）岩淵晴郎，平井義孝，多賀辰義，相馬　暁，1978：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.

79）岩井　巌，池が谷賢次郎，1958：土壌の石灰及び加里飽和度が作物の生育並びに成分に及ぼす影響について（第3報）ホウレンソウ，岐阜大農研報，9,151～155.

80）岩井　巌，原　徹夫，園田洋次，1973：ホウレンソウの栄養生理と施肥に関する研究，（第2報）土壌のカルシウム飽和度を変化させた場合の各種形態窒素質肥料の肥効，岐阜大農研報，34,177～184.

81）岩田正利，谷内武信，1953：窒素形態の差異と蔬菜の生育，園学雑，22,182～192.

82）景山美葵陽，新井和夫，1958：そ菜のりん酸施肥に関する研究，（第2報）土壌の有効態りん酸とそ菜のりん酸施肥について，園試報，A1,197～233.

83）景山美葵陽，石原正道，巽　　穣，西村周一，1958：そ菜のりん酸施肥に関する研究，な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.

84）景山美葵陽，遠藤敏夫，1964：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，A3,61～75.

85）景山美葵陽，巽　　穣，1964：育苗に関する研究1，トマト苗の素質について(1)，園試報，A2,107～143.

86）景山美葵陽，正木　敬，1966：被覆下そ菜園土壌の生産力低下防止に関する研究（第1報），土壌中の可溶性塩類濃度とそ菜作物の生育の関係について，園試報，B6,95～115.

87）景山美葵陽，正木　敬，片井政一，1968：被覆下そ菜園土壌の生産力低下防止に関する研究（第4報），土壌中の可溶性塩類の除去に関する試験1，園試報，B8,43～77.

88）景山美葵陽，正木　敬，1970：被覆下そ菜園土壌の生産力低下防止に関する研究（第6報），土壌中の可溶性塩類の除去に関する試験2，園試報，B10,91～112.

89）鎌田春海，1975：野菜畑土壌の塩基バランスに関する研究，実用化レポートNo.20,29～37，農林水産技術会議事務局.

90）鎌田賢一，水野直治，1980：道央地帯の水田土壌の塩基，重金属の分布と水稲成分含有率の関係，北海道立農試集報，43,52～62.

91）金田雄二，河森　武，勾坂誠一，川口哲夫，1971：施設園芸の土壌管理に関する研究（第8表），電気伝導計の利用による窒素施用量の策定について――冬，春どりのセルリーに対する試案――，静岡県農試研報，16,97～103.

92）金井真澄，松田方延，1931：肥料養分の損失に関する研究，日土肥誌，5,19～40.

93）関東ハウス土壌研究グループ，1966：ハウス土壌の塩類濃度測定法，農及園，41,60～63.

94）柏倉康光，斉藤恵亮，海老原武久，松本泰彦，1975：コンニャク畑土壌の実態調査と土壌養分改善対策試験，群馬県農試研報，15,25～28.

95）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，(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，34,43～51.

96）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・燐酸ならびに加里の施肥に関する研究，愛知県農総試研報，B4,14～18.

97）川口菊雄，河森　武，万豆剛一，篠原捨喜，1962：蔬菜の栄養障害に関する研究，白菜の芯腐れと栄養障害について，静岡県農試研報，6,33～43.

98）川口菊雄，1964：そ菜の栄養障害に関する研究（続報），土壌溶濃度の変化と養分吸収について，静岡県農試研報，9,85～92.

99）川口菊雄，横森達郎，堀　兼明，鈴木義彦，

大長正文，1973：砂質土壌における養水分の行動と土壌管理に関する研究（第3報），土壌中における石灰，苦土の行動と施用効果について，静岡県農試研報，18,51～58.

100）河森 武，山田金一，萩原貞夫，1970：施設園芸の土壌管理に関する研究（第5報），電気伝導計の利用による窒素施用量の策定について，――腐植質火山灰土壌における半促成栽培イチゴに対する試案――，静岡県農試研報，15,90～93.

101）川原祥司，相馬 暁，目黒孝司，古山芳広，1983：ハウス土壌における肥料形態の影響と抑制キュウリの施肥法，園芸学会昭和58年度秋期大会講演要旨，206～207.

102）川崎重治，1971：タマネギの貯蔵性向上と栽培上の諸条件(1)，農及園，46,71～74.

103）菊地晃二，1981：十勝における土層配列的欠陥と対策，十勝地方のおける土壌類型区分図とその土壌改良対策への応用，北海道立農試集報，34,52～83.

104）金 乗吉，山口益郎，高橋英一，河崎利夫，奥田東，1967：土壌によるリン酸吸収およびその溶出，日土肥誌，38，243～248.

105）小林茂久平，中村吉男，兄木正之，1959：トマトの苦土欠乏症と熔成燐肥の効果，農及園，34,1279～1280.

106）小松鋭太郎，石塚由之，南雲光治，1967：茨木県におけるビニールハウス土壌の塩類集積について，茨木県園試研報，2,57～63.

107）Kraus, E. L. and Kraybill, H. R., 1948:Vegetation and reproduction with special reference to the tomato, Oreg. Agric. Exp. Stn. Bull., 149, 5－9.

108）Krogman D. W. Jagendorf, A. E. and Mordhay, A., 1959:Uncoupers of spinach chloroplast photosynthretic phosphorylation, Plant Physiol., 34, 272－277.

109）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，とくに塩類集積について，新潟県農試報，18,25～34.

110）久保田勝，1968：トマトの生育障害に関する研究，第2報，トマトのマグネシウム欠乏について，新潟県農試報，18,35～40.

111）Kittrik, J. A. and Jackson, M. L., 1957:Electron microscope observation of the reaction phosphate with minerals, leading to a unified theory of phosphate fixation, in soil, J. Soil Sci. 7,81～89.

112）Loneragan, J. F. and Asher, C. J., 1967:Response of plants to phosphate concetration in solution culture;II. Rate of phosphate absorption and its relation to growth, Soil Sci., 103, 311－318.

113）Magistad, O. C. Ayers, A. D. Wadleigh, C. H. and Ganch, H. G., 1943 : Effect of salt concentration, Kind of salt, and climate on plant growth in sand cultures, Plant Physiol., 18, 151－166.

114）Mandal, L. N. and Haldar. M., 1980 : Influence of phosphorus and zinc application on the availability of zinc, copper, iron, manganese and phosphorus in waterlogged rice soil, Soil Sci., 130, 250－257.

115）丸川慎三，1973：平地秋冬どり栽培，農業技術大系，野菜編7，（ハクサイ），基73～87，農文協.

116）増井正夫，福島与平，大林秀夫，守山弘志，1960：メロンの養分吸収に関する研究，第3報，窒素および石灰について，園学雑，29，181～190.

117）Matsumoto, H., Watanabe. N. and Takahashi, E., 1968:Changes of sugar levels in cucumber leaves during ammonium toxicity, Physiol. Plant, 21, 1210～1216.

118）Matsumoto, H., Watanabe, N. and Takahashi, E. 1969:The Suppression of starch synthesis and the accumulation of Uridine Diphosphoglucose in cucumber leaves due to ammonium toxicity, Physiol. Plant, 22, 537－545.

119）松井正徳，1983：施設栽培における養分蓄積の実態――福岡県の実態――九州地域におけ

る塩基及びりん酸蓄積の実態と作物の養分吸収，35～43，九州農政局．

120）松村安治，寺島政夫，川西英之，1966：養分吸収量，そ菜に関する土壌肥料研究集録，159～168，全購連．

121）目黒孝司，川原祥司，相馬　暁，1983：北海道におけるハウス土壌の実態と問題点，日土肥学会講演要旨集，29，218．

122）森次益三，河崎利夫，1980：作物生育ならびに無機養分吸収に及ぼす培養液pHの影響（自動pH栽培の場合），日土肥誌，51，374～384．

123）三木和夫，1969：畑土壌の窒素供給力に関する研究，東海近畿農試研報，18，353～406．

124）南　松雄，古山芳広，1967：北海道における玉ねぎ栽培土壌の特性と施肥，北農，34(8)，44～56．

125）南　松雄，古山芳広，1967：新畑における玉ねぎの低収性とその改良対策，北農，34(10)，29～42．

126）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．

127）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，土壌燐酸の有効度について，北海道立農試集報，19，80～86．

128）南　松雄，古山芳広，土居晃郎，1971：亜鉛欠乏に起因する玉ねぎの生育障害，北海道立農試集報，23，20～30．

129）宮里　愿，山本　毅，1966：土壌中における燐酸の肥沃度について，東北農試集報，33，383～405．

130）水野直治，1979：北海道における蛇紋岩と蛇紋岩質土壌の地理的および化学的特性，蛇紋岩質土壌の化学的特性と農作物の生理障害に関する研究，北海道立農試報告，29，7～11．

131）村山　登，川原崎裕司，1957：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，28，19～21．

132）中安信行，荒井俊邦，1964：そ菜類の窒素施肥に関する試験（第3報），窒素肥料の形態と葉菜の生育について，日土肥学会講演要旨，10，393．

133）中安信行，荒井俊郎，1966：都市近郊のそ菜畑土壌，野菜に関する土壌肥料研究集録，57～64，全購連．

134）中安信行，山本　昇，1966：ハウス土壌における塩類集積，野菜に関する土壌肥料研究集録，290～297，全購連．

135）中安信行，増井正芳，1966：時期別養分吸収，そ菜に関する土壌肥料研究集録，151～158，全購連．

136）Neller, J. R., 1946 : Mobility of phosphate in sandy soils, Soil Sci. Soc. Amer. Pro., 11, 227～230.

137）二宮敬三，今井太磨雄，藤井　浩，1979：タマネギに対する土壌有効態リン酸含量の影響，兵庫県農総セ研報，28，5～10．

138）日本分析化学会関東支部編，1972：水，土壌編3C，公害分析指針6，67～74，共立出版．

139）野本亀雄，1957：畑土壌中における塩基の行動に関する研究（第1報），石灰の溶脱について，東海近畿農試研報，栽培4，140～145．

140）小田切弘一，松下利定，1964：火山灰畑における玉ねぎに対する燐酸多施用効果，農及園，39，379～380．

141）小川和夫，1966：畑地の老朽化と石灰の補給，農及園，41，741～745．

142）岡島秀夫，1976：土壌中のリンの移動と有機物，土壌肥沃度論，157～160，農文協．

143）岡島秀夫，今井弘樹，神山雅之，1981：土地利用を異にする土壌の土壌溶液イオン組成に関する比較研究，第1報，ハウス土壌について，北海道大学農学部邦文紀要，12(3)，200～210．

144）沖森　当，大友譲二，松田　栄，1964：ハウスそ菜に対する灌水試験，農及園，39，1382～1392．

145）興津伸二，本多藤雄，大和茂八，1967：そ菜栽培における肥料溶脱に関する研究（第1報），カンランおよびエンドウ作りについて，園学会，昭42春研究要旨，212～213．

146）興津伸二，1968：そ菜畑における肥料の流亡と防止法，農及園，43,671～674.

147）太田 一，児玉敏夫，渡辺和之，1962：蔬菜類の生育，収量に及ぼす深耕処理の影響，園学雑，31,23～32.

148）Olsen, S. R. and Watanabe, F. S., 1957:A method to determine a phosphorus adsorption maximum of soils as mesured by Langmuire's isotherm, Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 21,144－149.

149）小山田勉，石川 実，石川昌男，1974：八千代町におけるハクサイ栽培土壌の理化学性の実態と養分吸収について，茨城県農試研報，15,113～119.

150）小財 伸，1983：大豆およびうり類に対するりん酸過剰蓄積の影響，九州地域における塩基及びりん酸蓄積の実態と作物の養分吸収，103～117，九州農政局.

151）Peck, N. H., 1978:Removal of the elements by vegetables and alfalfa, J. Amer. Soc. Hort. Sci., 103,809～812.

152）Peterson, L. A., Attoe, O. J. and Ogden, W. B., 1960:Correlation of nitrogen soil tests with nitrogen uptake by tobacco plant, Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 24,205－209.

153）坂井 弘，1959：土壌の硝化作用に関する研究（第2報），日土肥誌，30,53～56.

154）猿田正暁，高橋哲夫，1984：リン酸の過剰施用によるキャベツの異常症状，郡馬県園試報，12,56－58.

155）佐々木清一，長谷川寿喜訳，1979：燐（Phosphor），土壌学，Scheffen. F and Sachtschabel P，著，263～283，博友社.

156）佐藤靖臣，阿部泰典，藤井文明，1960：トンネル，ハウス栽培における尿素のアンモニア揮散防止について，徳島県農試研報，5,43～48.

157）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.

158）沢口正利，長谷川進，稲村裕文，1978：施肥量の実態，十勝畑作地帯における施肥の実態，17～99，十勝農業試験場，十勝農協連.

159）Scully, N. I., Parker, M. W. and Borthwick, H. A., 1945:Interaction of nitrogen nutrition and photoperiod as expressed in bulbing and flowerstalk development of onion, Bot. Gaz., 107,52－61.

160）関谷宏三，1970：無機態りん酸の分別定量法，土壌養分分析法，235～238，養賢堂.

161）推名清治，1977：高度輪作露地野菜畑における土壌改良効果について，神奈川県園試研報，24,50～56.

162）嶋田典司，1972：作物のマグネシウム過剰障害に関する研究，千葉大園芸学部特別報告，6,92～95.

163）嶋田永生，1955：野菜の養分吸収特性，170～204，野菜の栄養生理と土壌，農山漁村文化協会，東京.

164）嶋田永生，1961：郡市近郊地帯におけるそ菜畑の老朽化とその対策，農及園，36,1475～1478.

165）嶋田永生，武井昭夫，1965：そ菜類の窒素施肥に関する基礎研究（第1報），そ菜畑の土壌溶液について，愛知県園試研報，3,49～65.

166）嶋田永生，武井昭夫，早川岩夫，1966：そ菜類の窒素施肥に関する基礎研究（第3報），施肥にともなう土壌溶液中のNO_3－の変化，愛知県園試研報，5,43～52.

167）嶋田永生，1967：集約的多肥栽培土壌の酸性に関する土壌溶液論的研究，愛知県園試研報，6,67～114.

168）嶋田永生，武井昭夫，早川岩夫，1970：そ菜栽培下での施用肥料成分の行動(1)，愛知県農総研報，B2,24～30.

169）嶋田永生，1980：野菜の栄養生理と土壌，170～204，農文協.

170）篠崎光夫，岩崎洋三，蟻川浩一，1970：ビニールハウス土壌の塩類集積に関する研究，神奈川県農総研報，108,1～17.

171）城山桃夫，嶋田永生，木村顕治，1955：尾張沖積蔬菜畑老朽化対策の研究（第1報），愛知県園試，昭29成績書.

172）庄子貞雄，三宅正紀，竹内　豊，1964：各種の可給態土壌燐酸定量法の比較，第2報，各種可給態燐酸定量法による結果とA－Valueとの相関について，北農試彙報，84,32～39.

173）相馬　暁，岩渕晴郎，土肥　紘，1973：土壌の物理性と作物の生育に関する試験，第3報，メロン育苗床土の物理性と苗の生育，北農，40(6),26～39.

174）相馬　暁，平井義孝，岩渕晴郎，1974：トマトの生育・品質におよぼす環境要因の影響，Ⅰ，トマトの生育及び異常果と土壌水分の関係，北海道立農試集報，30,45～52.

175）相馬　暁，平井義孝，岩渕晴郎，原田正，竹田秀人，1975：トマト被覆栽培における育苗技術改善に関する試験，第1報，育苗期間中の苗状況，苗素質の推移と二，三の苗素質判定基準の検定，北農，42(10),12～28.

176）相馬　暁，多賀辰義，岩渕晴郎，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.

177）相馬　暁，平井義孝，岩渕晴郎，1976：トマトの生育・品質におよぼす環境要因の影響，Ⅱ，育苗日数の相違がトマトの生育・収量・異常果の発生に及ぼす影響，北海道立農試集報，34,32～40.

178）相馬　暁，岩渕晴郎，1976：トマト被覆栽培における育苗技術改善に関する試験，第2報，育苗日数の相違がトマトの生育・収量・異常果の発生に及ぼす影響，北農，43,35～44.

179）相馬　暁，岩渕晴郎，1977：トマト被覆栽培における育苗技術改善に関する試験，第3報，育苗時のかん水頻度が苗状況，苗体内成分・苗素質の形態的指標等におよぼす影響，北農，44(1),24～40.

180）相馬　暁，岩渕晴郎，1977：トマト被覆栽培における育苗技術改善に関する試験，第4報，育苗期間中の水管理（かん水頻度）の相違に基づく苗素質の差異がトマトの生育・収量・異常果の発生に及ぼす影響，北農，44(3),21～39.

181）相馬　暁，岩渕晴郎，1977：トマト被覆栽培における育苗技術改善に関する試験，第5報，トマト育苗床土の実態調査，北農，44(4),30～40.

182）相馬　暁，岩渕晴郎，多賀辰義，1977：トマト被覆栽培における育苗技術改善に関する試験，第7報，育苗時の鉢密度が苗状況におよぼす影響と苗状況，形態的指標，苗体内成分の影響，北農，44(6),22～34.

183）相馬　暁，1977：野菜床土の諸問題，北海道土壌肥料研究通信，76,1～8.

184）相馬　暁，岩渕晴郎，1977：トマトの生育・品質におよぼす環境要因の影響，Ⅲ，水分条件と窒素用量が生育・収量・異常果の発生に及ぼす影響，北海道立農試集報，37,35～44.

185）相馬　暁，多賀辰義，岩渕晴郎，1978：トマト被覆栽培における育苗技術改善に関する試験，第8報，簡易育苗床土による果菜類の育苗，北農，45(6),8～20.

186）相馬　暁，岩渕晴郎，多賀辰義，1978：トマト被覆栽培における育苗技術改善に関する試験，第9報，トマト苗の選択的育苗技術確立のための床土条件の検討，北農，45(7),1～11.

187）相馬　暁，岩渕晴郎，1980：トマトの生育・収量におよぼす環境要因の影響，Ⅴ，苗素質について，北海道立農試集報，43,31～41.

188）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.

189）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，45,17～26.

190）相馬　暁，1981：北海道における野菜栽培土壌に対する土壌診断技術確立に関する研究，第1報，北海道における野菜栽培の現況と道央地区の野菜栽培土壌の実態，北農，48(1),15～34.

191）相馬　暁，森　博，保里久仁於，1981：北海道における野菜栽培土壌に対する土壌診断技術確立に関する研究，第2報，南空知地区のタマネギ畑の実態と問題点，北農，48(5),9～26.

192）相馬　暁，1981：トマト被覆栽培におけ

る育苗技術改善に関する試験，第10報，苗素質に対応したN施肥法，北農，48(11)，1～18.

193）相馬 暁，1981：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，基，187～200.

194）相馬 暁，関口久雄，1981：野菜栽培土壌の富栄養化に対応した肥培管理法の確立（第3報），燐酸資材の多量施用が土壌及び作物生育に及ぼす影響，日土肥学会講演要旨，27，98.

195）相馬 暁，関口久雄，高見 正，小谷幸司，1981：野菜畑に対する土壌診断技術確立に関する研究（第4報），ホウレンソウに対する土壌診断基準，北海道園芸談話会報，15，86～87.

196）相馬 暁，岩渕晴郎，1982：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.

197）相馬 暁，岩渕晴郎，平井義孝，1982：野菜の栄養診断に関する研究，第1報，トマトの栄養診断，北農，49(6)，29～43.

198）相馬 暁，1983：野菜畑における富栄養化とその対策，北海道土壌肥料研究通信，29，1～19.

199）相馬 暁，岩渕晴郎，多賀辰義，1983：窒素・りん酸肥沃度に対応したタマネギの窒素施肥法，北海道立農試集報，50，1～12.

200）杉山直儀，1952：蔬菜の燐酸施肥に関する最近の研究，農及園，(27)，6～10.

201）杉山直儀，高橋和彦，徳永雄治，1956：蔬菜のマグネシウム欠乏症について，山梨県富士見村及び昭和村における調査，園学雑，25，77～84.

202）杉山直儀，1975：野菜の発育生理と栽培技術，63～107，誠文堂.

203）但野利秋，田中 明，1976：アンモニア態および硝酸態窒素適応性の作物種間差（第1報），生育初期におけるアンモニア態および硝酸態窒素選択吸収能と生育反応——比較植物栄養に関する研究——日土肥誌，47，321～328.

204）但野利秋，田中 明，1980：低リン酸培養液濃度が初期に及ぼす影響の作物種間差，日土肥誌，51，399～404.

205）多賀辰義，相馬 暁，畑山 紀，中村正士，1983：北海道における野菜栽培土壌に対する土壌診断技術確立に関する研究，第3報，アスパラガス畑の実態と生産性，北農，50(8)，1～22.

206）高田勝重，1983：転換畑における養分蓄積の実態——大分県の実態——九州地域における塩基及びりん酸蓄積の実態と作物の養分吸収，62～69，九州農政局.

207）高橋達治，山本 毅，1969：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，37，139～156.

208）高野泰吉，志佐 誠，1964：ハクサイの縁腐れ症状発生に及ぼす培養液の塩類濃度ならびに土壌に対するカルシウム塩施用の効果，園学雑，33，35～45.

209）武井昭夫，早川岩夫，嶋田永生，1972：施設栽培における土壌環境要因の解析と改善に関する研究，(3)施肥と育苗日数の相違がトマトの生育に及ぼす影響，愛知県農総試研報，B4，29～39.

210）田中 明，但野利秋，石川和子，1973：比較植物栄養に関する研究，その1，塩基適応性の作物種間差（予報），日土肥誌，44，269～272.

211）田中 明，但野利秋，山田三樹夫，1973：塩基適応性の作物種間差（第1報），カルシウム適応性——比較植物栄養に関する研究——日土肥誌，44，334～339.

212）田中 明，但野利秋，1973：塩基適応性の作物種間差（第2報），カルシウム欠乏症発現限界培地濃度の種間差を生ぜしめる作物の属性——比較植物栄養に関する研究——日土肥誌，44，372～376.

213）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——日土肥誌，45，561～570.

214）田中 明，但野利秋，多田洋司，1974：塩基適応性の作物種間差（第3報），ナトリウム適応性——比較植物栄養に関する研究——日土肥誌，45，285～292.

215）田中 明，早川嘉彦，1975：耐酸性の作物種間差（第2報），耐Al性および耐Mn性の種

間差――比較植物栄養に関する研究――日土肥誌，46,19～25.

216）田中　明，早川嘉彦，1975：耐酸性の作物種間差（第3報），耐酸性の種間差――比較植物栄養に関する研究――日土肥誌，46,26～32.

217）田中　明，但野利秋，櫃田木世子，1976：塩基適応性の作物種間差（第5報），マグネシウム適応性――比較植物栄養に関する研究――日土肥誌，47,361～366.

218）田中　明，但野利秋，秋山由紀，1977：塩基適応性の作物種間差（第6報），カリウム適応性――比較植物栄養に関する研究――日土肥誌，48,175～180.

219）谷田沢道彦訳，1953：トルオーグ植物栄養新説　36，朝倉書店.

220）竹下純則，古藤　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，神奈川県農試報，13,51～58.

221）竹下純則，古藤　実，1968：被覆栽培そ菜の土壌肥料に関する研究，第2報，施肥量と水分管理がトマトの生育・収量におよぼす影響，神奈川県園試研報，16,65～71.

222）巽　　穣，景山美葵陽，1964：育苗に関する研究，II，トマト苗素質について(2)，園試報，A3,133～160.

223）徳永芳雄，加藤肇，越水幸男，1965：水稲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.

224）塚田豊昭，中野富夫，出口正夫，1967：土壌とリン酸の反応における吸着と沈でんの二つの段階，日土肥誌，38,232～238.

225）上村親士，吉永長則，股引直貴，1967：土壌中におけるリン酸の形態と有効性，日土肥誌，38,397～400.

226）United States Salinity Laboratory Staff, 1969:Diagosis and improvement of saline and alkali soil, USDA. Agr., Handbook, 60, Washington, D. C., 102～105.

227）Vetter, H. and Steff, G., 1981:Phosphrus accumulation in soil profiles and phosphorus losses after the application of animal manures, Phosphorus Sew Sludge Anim. Waste Slurries. 309～331.

228）渡辺政夫，1974：小面積連続播種，連続収獲で良品多収，農業技術大系，野菜編，7，（ホウレンソウ），応27～34，農文協.

229）Woolhous, H. W. and Hardwick, K., 1966:The growth of tomato seedlings in relation to the from of the nitrogen suply, New Phytol., 65,518～525.

230）八鍬利郎，1975：亜鉛（Zn）に起因するタマネギの生育障害，181～188，北海道のタマネギ，農業技術普及協会.

231）山本　毅，高橋　達治，1967：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.

232）山本隆一郎，小倉九蔵，1967：ナスのハウス栽培における亜硝酸ガス障害とその対策，大阪農技センター研報，4,97～105.

233）山崎　伝，上敷領末男，寺島政夫，1956：作物の苦土欠乏と苦土欠乏土壌，東海近畿農試研報（栽培），3,73～106.

234）山崎肯哉，1960：蔬菜の肥培，102～105，地球全書.

235）柳井利夫，1978：ハウス土壌の湛水処理が土壌に集積した物質の変化におよぼす影響，高知県農林研報，10,29～36.

236）矢野文夫，1983：露地野菜栽培下における養分蓄積の実態――長崎県の事例――九州地域における塩基及びりん酸蓄積の実態と作物の養分吸収，26～33，九州農政局.

237）野菜栽培土壌診断基準作成小委員会，1975：レタスの施肥基準に関する試験，野菜栽培土壌の診断基準のとりまとめ，25～27.

238）野菜栽培土壌診断基準作成小委員会編，1975：野菜栽培土壌の特徴と管理法，野菜栽培土壌の診断基準の取りまとめ，63～68.

239）野菜栽培土壌診断基準作成小委員会，1975：野菜畑の塩基バランス，野菜栽培土壌の診断基準のとりまとめ，83～94.

240）野菜試験場編，1982：野菜作の土壌養分過剰に関する成績概要，野菜試.

241）野菜試験場，1983：各都道府県における現行野菜土壌診断基準，野菜試験場研究資料，13.

242）米田茂男，河内知通，柳井雅美，1959：葡萄硝子室土壌の化学的組成，とくに可溶性塩類の異常集積に関する研究，第1報，葡萄硝子室土壌の化学的組成の特徴について，岡山大農学報，14,33～44.

243）米田茂男，河内知通，柳井雅美，1960：葡萄硝子室土壌の化学的組成の特徴について（第2報），葡萄硝子室土壌の含塩度及び硝酸態窒素の変化について　岡山大農学報，15,33～42.

244）吉村修一，1965：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.

Manmagement of Soil and Fertilizer Application Meeting Needs of Various Vegetables and Soil Fertility of Vegetable fields in Hokkaido.

by

Satoru Souma

The production of vegetables in Hokkaido has been selectively developed. Recently, the enlargement and relocation of vegetable producing centers, particularly for specific vegetables, has brought about the coexistence of both old and new producing centers as well as a diversification of soil conditions. Therefore, soil conditions have been affected by an accumulation of nutrients. The existing standards for fertilizer application and present management practices have both been indiscriminately designed, depending on the district and type of soil.

The problems associated with soil chemical property, as indicated by nutrient accumulation, and improvements in soil properties are peculiar to soils cultivated for vegetables. These problems should be investigated separately from the problems of physical soil property and soil improvement, which are dealt in common with other problems of soils in ordinary fields.

1. Nutrient Accumulations of Soils Cultivated for Vegetables and Manuring Practices.

In surveying the nutrient accumulations of various soils, the nutrient accumulation in soils cultivated for vegetable was found to be controlled by human factors such as decision to rotate crops as well as by differences in fertility inherent to the soils. In spite of the type of soil, it was observed that P accumulation decreased in the following order: greenhouse > onion fields ≧ soft vegetable fields > ordinary vegetable fields > asparagus fields > ordinary fields. Cation accumulation, indicated as the degree of cation saturation, was in the following order: greenhouse soils > soft vegetable fields ≧ onion fields > ordinary vegetable fields > ordinary fields > asparagus fields. The difference in soil nutrient accumulations was observed in ordinary fields and ordinary vegetable fields both of which were low in the accumulation of nutrients, and was not observed in soft vegetable fields and in greenhouse soils, both of which were high in nutrient accumulation. Therefore, it can be said that soils cultivated for vegetables are affected by human factors.

The factor which had the greatest influence on nutrient accumulation in soils cultivated for vegetables was the extensive use of manure. In addition, management practices such as the application of soil conditioning materials and crop rotation according to P and cation accumulation, was reflected in the amounts of fertilizers or soil conditioning materials applied. When

the same management practice (i.e. crop rotation) and rate of fertilizer application were used, nutrient accumulation increased with the increases in the cultivation period or the period after installation of a greenhouse. And it was also demonstrated that the existing management practice and method of fertilizer application resulted in vegetables containing excessive amounts of nutrients.

The introduction of cover crops and the prolongation of their growing period have brought about not only an increase in nutrient accumulation, but also changes in the quality of nutrient accumulation. N accumulation was observed to be markedly increased in greenhouse soils, as were P and cation accumulations, in open vegetable fields. The cation accumulation was particularly observed in open vegetable fields in Hokkaido. This may have been caused by low rainfall rates in comparison with other districts and, also by a reduction in exposure to rainfall due to the use of mulching materials, which were applied as thermal insulation for vegetable fields in this cold district.

2. Effect of the Increase in Nutrient Accumulations on the Chemical Properties of Soils.

In terms of the effect of the increase in nutrient accumulations on the chemical properties of soils, P accumulation was greatly influenced by the degree of P fixation inherent in the soil in ordinary fields, or in asparagus fields which have a low level of P accumulation. However, the available P in the soil was reduced as the P absorption coefficient inherent to the soil increased; i.e. the fixation ratio of the applied P increased as the P absorption coefficient. In onion fields or in greenhouse soils where P accumulation increased, the P absorption coefficient exerted only a slight influence; the fixation ratio of the applied amount of P was reduced according to increases in P accumulation and amount of P applied.

The increase in total P in soils brought about an increase in available P and water−soluble P, as well as a reduction in soluble Al and soluble Fe. Consequently, the P absorption coefficient was lowered and K, Zn and other minor nutrients were made insoluble. The degree of increase in available P (Truog−P), accompanied with the increase in total P, varied according to the type of soil: it was high in alluvial soils and low in volcanic soils which have a greater P absorption coefficient.

Cation accumulation, greatly influenced by the cation exchange capacity (CEC) inherent to the soil, was also directly influenced by the application of cationic materials. As the cation accumulation in the soil increased, the degree of cation saturation increased. When the degree of apparent saturation exceeded 100%, water−soluble cations markedly increased; the existence of sulfanates, as well as exchangeable cations, was observed; and the existence of carbonates, nitrates, and phosphates was suggested. Therefore, it is considered that CEC varies according to the increase in cation accumulation.

3. Changes in the Soul Chemical Properties and the Production of Vegetables.

The influence of changes in the chemical properties of soils caused by nutrient accumulation,

on the production of vegetables, was investigated: the investigation concentrated on P and cations. It was observed that excess P accumulation caused growth−retardation as well as a reduction in the production of most types of vegetables. The vegetables were divided into three groups according to the degree of damage with the approximate range of available P were respectively determined as follows:

(1) Low range (Truog−P less than 50mg P_2O_5/100g soil) ~ mid range (Truog−P 50−100mg P_2O_5/100g soil) vegetables−corn, soybeans, carrots, turnips, Japanese radishes;
(2) Mid range − high range (Truog−P 100−200mg P_2O_5/100g soil) vegetable − spinach, chrysanthemum coronarium, lettuce, Chinese cabbage, onions;
(3) Wide range vegetables − Brassica Repa var. pervidis, tomatoes, cucumbers.

The vegetables can be further divided in terms of nutritional physiology.

(1) Low − Mid range vegetables
  (a) Vegetable growth − generative growth complete conversion vegetables which are converted from the vegetative growth in terms of elongation of stems and leaves, to generative growth such as enlargement and development of grains: corn, soybeans;
  (b) vegetable growth − generative growth pseudo − conversion vegetables which are converted to precursors of generative growth by development of roots: carrots, Japanese radishes, turnips;
(2) Mid − high range vegetables
  (a) vegetative growth − generative growth pseudo − conversion vegetables which are converted to precusors of generative growth by head formation: direct head formation−type onions, lettuce and Chinese cabbage with indirect herd formation; crysanthemum coronorium and lettuce of the composite type and Chinese cabbage of the cruciferae type are described below ((3)wide range vegetable group) and were subjected to heavy N manuring;
(3) Wide range vegetables
  (a) vegetative growth vegetables; Brassica Rapa var. permidis,
  (b) vegetative growth − generative growth simultaneous development vegetables which enlarge and develop fruit, simultaneously elongate stems and leaves, and are consecutively harvested: fruit vegetables − tomatoes and cucumbers.

It is felt that growth inhibition caused by the increase in P accumulation in soils was revealed by the following factors: (1) The degree of insolubility of K, Zn, Mn, Fe, and other minor nutrients and a lowering of their concentration in the soil solution, caused by an increase in the amount of exchangable Ca accompanying the P accumulation; (2) absorption inhibition of a specified nutrient caused by nutrient antagonism existing in the soil; (3) change in reaction to N fertilizer application, i.e., inhibition of N absorption; (4) an abnormal increase in P contained in plants (vegetable), i.e., excess P absorption, which reflected the increase in concentration of P in the soil solution; (5) activation inhibition of vegetable and crops caused by dilution of components in the plants themselves, accompanied by an increase in growth.

Regarding cation accumulation, growth inhibition and yield reduction caused by excess cation accumulation in soils were considered, and saturation limits of respective cations and a total cations are summarized as follows:

(1) Vegetative growth vegetables such as spinach, Chrysanthemum coronarium, and other leafy vegetables: the saturation limit of exchangeable CaO is 90−100%, MgO approximately 20%,K_2O 10−15%, and the total cations 120−130%;

(2) Pseudo − conversion vegetables such as lettuce, Chinese cabbage, and other head formation−type leafy vegetables: the saturation limit of exchangeable CaO is 70−80%, MgO 20 %, K^2O 10−15%, and the total cations 100−115%;

(3) simultaneous development vegetables such as tomatoes cucumbers and other fruity vegetables: the saturation limit of exchangeable CaO is 70−80%, MgO 10%, and the total cations 100−110%.

The degree of cation accumulation in the soil was used in combination with existing standards (appropriate ranges according to CEC) to defime the following ranges: (1) a deficiency range which is under the appropriate range according to CEC, (2) an appropriate range, (3) an excess range which exceeds the appropriate range up to the saturation limit, and (4) an inhibition range which is over the saturation limit. The respective remedies were then determined as follows:

(1) defficiency range fields−soil conditioning materials should be applied up to the mean of the appropriate range,

(2) appropriate range fields−the standards of fertilizer application established for Hokkaido should be applied,

(3) excess range fields−fertilizer application should be reduced, and

(4) inhibition range fields−application of soil conditioning materials should be reduced.

It was demonstrated that the factors causing growth inhibition which accompanied the excess cation accumulation in soils were (1) insolubility of Mn, B, Fe, and other minor nutrients caused by an increase in soil pH, (2) inhibition of nutrient absorption due to cation antagonism existing in the soil solution, (3) growth inhibition caused by ionic specifics, (4) salt damage caused by an increase in ECE when a great amount of fertilizer was applied, and (5) nitrate reduction retardation caused by decrease in the activity of soil microorganisms.

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

Based on these results, the techniques for fertilizer application and management practices were combined according to soil fertility−as determined by the nutrient accumulation level−and to the nutritional physiological properties of the vegetables.

In regards to spinach, a representative vegetative growth vegetable, appropriate applications of the three nutrients were determined in relation to the P and N levels of the soil. The N level of the soil was measured as hydrothermally extractive N, and the P level was measured as

Truog−P. Unless the activity of vegetative growth vegetables is maintained until harvest, yellowing of the leaves occurs, the quality deteriorates, and the yield is reduced. At least 5mg of residual inorganic N/100g of soil at harvest is required to maintain activity. This minimum requirement is defined as the compensation point for maintaining plant activity. Application of cations is markedly effective for spinach, the following method is used:

(1) in newly prepared fields, the application is carried out in autumn, maximum application rate is 200−300kg Ca0/10a /single application, and

(2) in long-term yielding fields which lack nutrients, the application is conducted in spring, application rate 50kg Ca0/10a /single application.

For direct head formation−type onions in terms of vegetative growth generative growth pseudo− conversion vegetables, appropriate application of the three nutrients were determined, corresponding to the P and N levels of the soil. In general, the N application rate is decreased as N fertility increases and increased as P fertility is increased, while the P application rate is reduced as P fertility increases. It was observed that bulb development was greatly inhibited when P accumulation was lacking in the soil. Inhibition also occurred when the N content in onions increased to more than 3.0−3.3% in the late stage of growth due to the application of excess N or by applying additional N. Therefore, all fertilizers should be applied initially.

Chinese cabbage, with indirect head formation, was adaptable to a wide range of P accumulation brought about by heavy N manuring−and growth inhibition or yield reduction caused by excess P accumulation in the soil was not observed. Therefore, as opposed to midhigh range vegetables such as spinach and onions, which showed damage caused by excess P accumulation, the effect of an increase in N accumulation accompanied by the increase in P fertility of the soil was not clearly observed. In addition, N application rates were reduced as the N fertility of the soil increased as were the P application rates when the P fertility of the soil increased. Additional applications were markedly effective, but additional excessive N application lowered the ratio of head formation, and the yield was reduced. Therefore, it is suggested that the optimum amount of N applied prior to head formation is 5−10kg N/10a in soils with low N levels, and 5kg/10a in soils with high N levels.

For tomatoes − representative of vegetative − generative siumultaneous development vegetables − the appropriate application of N was investigated. The suggested application of N was determined for seedings because their character determines the subsequent growth of tomatoes. For optimumtype seedlings and old seedlings, the initial N application rate is 20 kgN/10a for irrigated plants, and 15kgN/10a for non-irrigated plants. An additional single application of 10kgN/10a single application for irrigated plants, and 5−10kgN/10a for nonirrigated plants is recommended. For young seedlings, which have great rooting ability after planting and a great capacity for the absorption of nutrients and water, the initial application should be limited to 5−10kgN/10a.

For simultaneous development vegetables such as tomatoes and cucumbers, where leaves and the stems elongate and fruits develop and enlarge continuosly plant activity must be maintained until the harvest is completed. The consecutive application of nutrients (N fertilizer) required to maintain a constant level of inorganic N in the soil, was found to produce a satisfactory tomato yield. For cucumbers, a similar result was achieved. Cucumber yield was reduced when the amount of inorganic N in the soil was less than 10mgN/100g at the end of harvest, 30 days after planting.

The recommended application of N for each type of vegetable can be summarized as follows:

(1) vegetative growth vegetables — an initial application of fertilizer is required, and a residue of at least 5mg of inorganic N/100g in the soil is necessary at harvest;

(2) direct head formation—type onions of the vegetative growth—generative growth complete conversion vegetable group—fertilizers should be applied initially, and the amount of residual N approximately 90days after planting should be 4—5mg/100g. However excess N causes inhibition of bulb development and residual N is not required at harvest;

(3) indirect head formation—type Chinese cabbage belonging to the onion group—a combination of initial and additional applications of fertilizer is recommended because an adequate supply of nutrients is required for development of the head precursor prior to head formation. However, excess N supply results in inhibition of head formation and in reduction of yield;

(4) vegetative growth—generative growth simultaneous development vegetables—an initial application of fertilizer is necessary to maintain initial growth, and a consecutive supply of N is required to maintain plant activity.