

## 化学資材の低投入化技術の展望

誌名	農林水産技術研究ジャーナル
ISSN	03879240
巻/号	149
掲載ページ	p. 17-20
発行年月	1991年9月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター  
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



# 化学資材の低投入化技術の展望

—作物機能との関連—

伊藤 秀文

## 1. はじめに

農業の生産活動に投じられる資材、エネルギーが地球規模の環境問題との関連で論じられるようになった。一方で飽食の時代を迎えて農産物の食品としての安全性と共に外観、食味、内容成分、日持ち性など品質の良い物を求める傾向が強くなってきている。従って、これから化学資材の投入を抑えながら、高品質、安定生産を目指すためには、これまでの生産体系を見直す必要がある。それには長期的視野にたつて、低養分条件でも効率よく土壤養分を利用する作物、すなわち養分欠乏耐性の大きい作物種や品種の選択と育成、これに対応する栽培技術の開発が重要な鍵を握ることになる。

そこで、養分管理の面から環境に対する影響を低減し、生産の持続性と品質向上を目指した低養分条件での栽培について、作物の機能面から研究の現状と今後の展望について述べる。

## 2. 低養分条件について

養分条件を土壤溶液、水耕液の濃度を示す強度因子と土壤溶液では量的な供給量を示す土壤の有効態、水耕では供給量などの容量因子に分

けて考える。供給容量が大きければ濃度はそれに応じて低くても作物の生育に対する影響は一般的に小さい。環境保全の立場からは強度因子の養分濃度をできるだけ下げることが必要である。この場合の強度因子の養分濃度をどのレベルに設定するかが作物機能との関連で今後の研究課題である。

## 3. 養分吸収の種間差異、品種間差異

これまでは作物の養分吸収特性、生育特性の違いをあまり考慮せずに標準施肥、あるいはその何割増しの施肥が行われてきた。品種の育成も標準施肥に合うものを選抜してきた傾向がみられる。今後、作物の養分吸収特性が詳しく解明されれば導入作物の選定や養分管理方法が改善されるものと期待される。

ここでは対象養分として環境保全上にも影響が大きい窒素とリン酸を取り上げる。

### (1). 窒素の吸収特性

マメ科のように空中窒素の固定を行う作物では窒素肥料の施用をあまり必要としないが、この固定量にも種間、品種間に大きな差異が存在する。窒素固定をしない作物間、品種間でも窒素欠乏耐性に差異が認められる。一般的にこの作物間、品種間差異の要因は根の窒素吸収能、硝酸還元能、窒素化合物の光合成器官や子実への転流速度などの差異として説明されている。

無機態窒素の吸収、移行、同化過程と光合成とが相互に密接に関係していて、これらの代謝回転がうまく流れることによって吸収量が増加し、生育が良好になると考えられる。

無機態窒素でみるとアンモニア態と硝酸態の形態、濃度とその割合の違いなどが作物の生育に大きく影響する。これには作物種間差がみられる。硝酸態窒素の吸収は環境要因の影響を受け易く、低温条件下で吸収が低下し、光は硝酸態窒素の吸収を促進する。

好硝酸性(嫌アンモニア性)作物のアンモニア耐性について、アンモニア培地で生育が劣るといわれているトマト、キャベツ、ハクサイ、ホウレンソウ、ダイコンに対し、窒素供給を制御して絶えず低濃度(0.05~0.25mM)で供給する方法で栽培したところアンモニア培地での生育低下は認められず、硝酸培地とほぼ同程度の生育であった(森次ら1981)。このことはアンモニアそのものの害より供給方法の問題と考えられる。また、無機態窒素はアンモニアと硝酸態の両者を混合して用いた方が生育が良好という報告例が多い。硝酸の共存によりアンモニア態窒素の同化が促進されている。

吸肥性と品種の分布について、トマトの例をみると窒素の多肥性品種(ジュンピンク、アーリーピンク、市原)と少肥性品種(グローブ群)とに分けられる。一方野生種の血が入った少肥型品種で多肥にすると茎葉が繁茂し、ひどい場合に異常茎が発生する。耐病性品種がつるげけしやすいのは耐病性遺伝子と吸肥力とのリンケージ相関とみられる。

トマトなどでは苗の老・若で根の張り方が変わり吸肥力も違ってくる。また、水管理が作物の養分、特に窒素吸収、生育に影響を及ぼすので品種間差異などをみるのは容易ではない。これまでは生育特性の一面しかみていなかったのかも知れない。

## (2) リン酸の吸収特性

但野ら(1980)は種間による低リン酸耐性を比較して、低リン酸に対する順応性が大きいも

のとして、イネ、トウモロコシ、アズキ、中程度のものとしてコムギ、ダイズ、サイトウ、バレイショ、小さなものとしてビート、トマト、ハクサイをあげている。作物のリン酸要求度は生育ステージによっても異なる。作物の種によって低リン酸耐性が異なるのは、①リン酸の低濃度土壌からのリン酸吸収能、②作物体内の低リン酸含有率に対する耐性、③生育期間の3要因が考えられている。

リン酸吸収能は単位根長、根表面積当りリン酸吸収能、個体当りの全根長あるいは根の全表面積の両者の積で表わされる。土壌溶液のリン酸濃度が他の養分と比較して著しく低濃度であるので、個体当りの全根長、根の表面積が大きいことが重要で、他の養分より根の重要性は際だって大きい(Nye *et al.* 1965)。

低リン酸含有率に対する耐性にも種間差が認められている。正常に生育するために必要最低のリン酸含有率が高いことは低リン酸土壌に対する耐性に不利に作用する。

また、作物の生育期間も低リン酸耐性を支配する要因の一つである。これはある程度生育が進んで根が十分に伸長した後では地上部のリン酸要求を満たすだけのリン酸を根が吸収し、地上部へ供給する事が可能になること、古い部位から若い部位へのリン酸の再移動量が増加すること等に起因すると考えられている。

リン酸は低温条件下で吸収力が著しく低下するので、栽培時期の温度条件並びに上述のように品種間差異を考慮することが重要である。

## 4. 養分供給と可食部の生産効率

農業生産活動では収量目標を度外視する訳にはいかないの、まず、売れるもの、商品として一定の品質と牧量の確保が必要である。

作物の種類によって可食部の部位が異なり、養分供給を制御する上で、その可食部を効率よく生産させることが重要である。既に、土壌診断基準、施肥基準などがそれぞれ作られている

ので少々問題はあっても、取りあえず、それらを有効に適用することである。しかし、研究としては積極的に肥料、農薬を減らす限界を目指す新たな段階を迎えたことになる。伊達(1988)は「健康な土づくり」の中で土壌の有効成分濃度の適正な範囲について模式図を示し、施肥量(肥料代)が増えて有効成分濃度が高まると収量、品質、環境への影響が変化していくが、土壌条件としては環境負荷が高まらない。それ以下のレベルを保ち適度の施肥による収量水準、品質の維持を目指すことが望ましいと述べている。肥料の溶脱防止や減農薬、品質向上等を考慮すれば収量は現状レベルを若干下回ることがあっても投入肥料成分の減少と品質の向上によって収益レベルは維持できると考えられる。今後はこのような方向で研究が進められるものと思われる。

養分供給は作物の生育特性を知って行えば現在の標準的施肥量をかなり減らすことは可能と考えられる。更に、野菜では栽培適期をはずれたところでも栽培して収益をあげようとしているので気象環境条件と作物の吸肥特性を考慮して養分供給を考えなければならない。養分供給については単に利用率だけではなく、生育に合わせて養分供給にアクセントをつけ、それが可食部の生産に有効に結び付くようにしなければならない。

## 5. 品質と養分ストレス

品質では外観、食味(糖、酸)、ビタミン、日持ち性等があげられるが、これらが相互に関連している窒素養分を中心に野菜の栄養状態が品質に影響することが分かってきた。まだ現象の把握の段階で、技術化していくためにはその機構の解明が必要である。一般に野菜はアンモニア態窒素に比べて硝酸態窒素の方が生育にとって有利であることが知られている。これは多量に吸収させたときの同化能の問題が大きい。アンモニアの害作用はアンモニアそのものの害と

カルシウム、マグネシウム、カリウムなどのカチオン吸収に対する拮抗作用が考えられる(但野1976)。一方、硝酸態窒素も可食部の含量が高い場合が多く、健康に対する安全性の点で問題になっている。しかし、前述のように低濃度で吸収させた場合はアンモニアと硝酸態窒素で生育に差異がない(森次ら1981)ことから、この窒素の形態の違いが品質等に影響しないかどうかに興味あるところである。ホウレンソウの例で問題になるシュウ酸について土壌中の無機態窒素の形態によって水溶性シュウ酸含量が変化した。シュウ酸はアンモニア態窒素の割合が多いと低下し、硝酸態窒素が多いと高まっている(刀祢ら1988)。窒素含量と糖含量の関係について、キャベツ、ダイコン、レタスの全N含量と全糖含量が負の相関を示し、ナス、キュウリ、トマトの果菜では一定の相関は認められなかった(浅野1982)。酸度について、糖/酸比が食味の指標とされており、トマトでは果実中のK含量と滴定酸度に直接関係があることが認められている(山崎1966)。これは恐らくKのカOUNTERイオンとしてアニオンの有機酸が等モル関係で存在しているものと考えられる。また、ビタミンCは前駆物質の糖との間に高い相関が認められている(篠原ら1978)。また、貯蔵性についてキャベツでは糖含量が密接に関係しており、N、P、Kの増施は糖含量の低下とともに貯蔵性も低下させた(矢野ら1978)。

最近、水稻玄米の食味の違いが無機成分で特にMg含量とN、K含量の比でかなり説明できることが明らかになった(堀野1990)。このように品質構成要素は互いに密接に関連していて、窒素を中心に肥料成分を減らしながら品質が高められることは、これからの養分管理の方向を示唆している。

## 6. 病害抵抗性と養分ストレス

作物の栄養状態の評価は生育状態の他に病害虫に対する罹病性とも密接に係わっている。キ

キュウリの斑点細菌病に対する例でアンモニア態窒素が硝酸態窒素に比べて発病し易いことが明らかにされている(浅川1987)。また、多窒素条件によって一般的に病害抵抗性が弱まることは周知のことであるが、病害発生と窒素施肥量の関係は必ずしも一様ではない。キュウリべト病は養分を十分吸収し、旺盛な生育をしていた作物体が急速な肥切れを起こしたり、炭水化物の転流障害などにより体内炭水化物が蓄積すると多発するようである。養分と病害発生の関係はまだ不明な点が多く今後の研究に待たなければならない。

## 7. 養分の吸収機構

### (1) 土壌中無機態窒素の推移と葉色の変化

栄養診断と土壌の養分状態をダイレクトに反映できていないと土壌中無機態窒素の推移と葉色の変化との間に時間的なズレが生じることになる。コマツナの例で土壌溶液組成の変化と生育応答を調べたところ生育に外観上(展開葉数、草丈、乾物重)差が認められたのは処理後10日目であった。このことから土壌溶液を養分制御の指標にすることの意義が考えられる(古山ら1984)。

### (2) 作物根の養分吸収特性

土壌の養分状態を直接診断し、管理する上で土壌溶液の望ましい姿を知る必要がある。キュウリの根の形状、成長と養分吸収速度に対する溶液濃度の影響を水耕実験で調べたところ根の表面積当たりの養分吸収速度は基本培養液の0.03~3倍濃度の間ではあまり差がなかった。これは作物の養分吸収量とも符合した(伊藤1985)。

### (3) 養分の吸収・移行機構について

作物の養分吸収速度がその濃度によって複数のパターンになることは既に Epstein (1966)らによって認められている。この吸収のパターンと移行は密接に連動しているので養分ストレスを考える場合にはこれらの吸収・移行のパター

ンとの関連で生理代謝を考えることも大切である。

## 8. 今後の課題と展望

前述のことから現在の農業技術を生態系調和型に見直すだけでも相当の化学資材(有機物資材からの肥料成分も含め)の低減は可能と考えられる。従って、今後の研究方向は化学資材の投入量を低減しながら病害抵抗性や品質を高める長期的な安定生産を目指すことと考える。そのためには低養分条件で生産効率が高い品種の育成、地下部根圏からみた栄養生理や代謝生理の基礎的研究を充実し、土壌生物生態系を活用した栽培技術を開発することである。以下に養分吸収の増強を目指す育種素材の形質評価法と関連する栽培技術開発のための今後の研究課題をまとめた。

化学資材の低投入技術の開発には作物種及び品種の特性との関連で次の基礎研究が必要である。

- 1) 根の養水分吸収機構の解明と機能の向上
  - 2) 作物の養水分吸収、体内濃度の最適モデルの作成
  - 3) 品質に影響する要因とその機構解明
  - 4) 病害抵抗性と体内栄養生理の関係解明
- 以上の課題に対応する土壌管理技術の開発には前提として次の研究課題の解明を考えている。
- 5) 根域の養分、特に窒素発現の予測と制御
  - 6) 有機物資材の養水分供給能とその機能
  - 7) 養水分の制御技術の開発

終りに、本課題の化学資材の低投入技術は環境保全面と資源の浪費を避ける二重の意味から今後の生態系調和型農業にとって重要な研究課題である。一方で発展途上国の不良土壌の改良が経済的に困難な地域における利用を考えると本課題は国際的に貢献できる農業技術研究として発展が期待される。

(中国農業試験場 畑土壌管理研究室長)