

## Ⅱ 環境保全型施肥のポイント

1	基本的な考え方	47
2	土壌診断の活用	52
3	有機質資材の施用	63
4	局所施肥による減肥	79
5	被覆肥料利用による減肥	85
6	土壌溶液診断に基づく適正な施肥	86
7	作物栄養診断に基づく適正な施肥	89
8	灌水同時施肥栽培	94

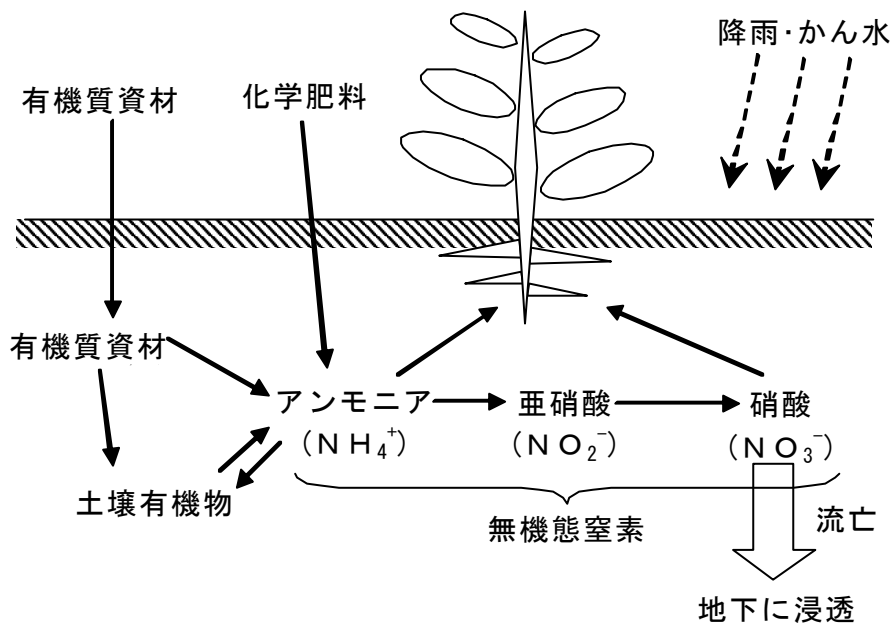
## II 環境保全型施肥のポイント

### 1 基本的な考え方

#### (1) 農耕地からの肥料成分流出の仕組み

平成11年2月22日に、環境基本法に基づく環境基準（水質汚濁に係る環境基準（人の健康の保護に関する環境基準、地下水の水質汚濁に係る環境基準）に「硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素」が追加され、汚染原因の一つとして農耕地への過剰施肥が指摘されている。

化学肥料や有機質資材が過剰に施用された場合に起こる地下水への硝酸性窒素流出の仕組みは、第II-1-1図のとおりである。露地畑等に施用された有機質資材は、微生物の働きによって分解され有機態窒素が無機態窒素（アンモニア）に変化（無機化）する。肥料の窒素成分であるアンモニアは有機質資材から無機化したアンモニアとともに、酸素が豊富に存在する条件下で微生物の働きによって亜硝酸を経て硝酸へ変化する。アンモニアや硝酸は農作物に吸収されるが、吸収しきれなかった場合には土壌に残存する。アンモニアは土壌水中でプラスイオンになるため、マイナスの電荷を持っている土の粒子に吸着され易く、土壌に留まる。一方で、硝酸はマイナスイオンになるため土の粒子に吸着されず、降雨などにより地下へ浸透する。この地下に浸透した水が地下水のもととなるため、硝酸を多く含む水が浸透すると地下水の硝酸性窒素濃度が高まる。



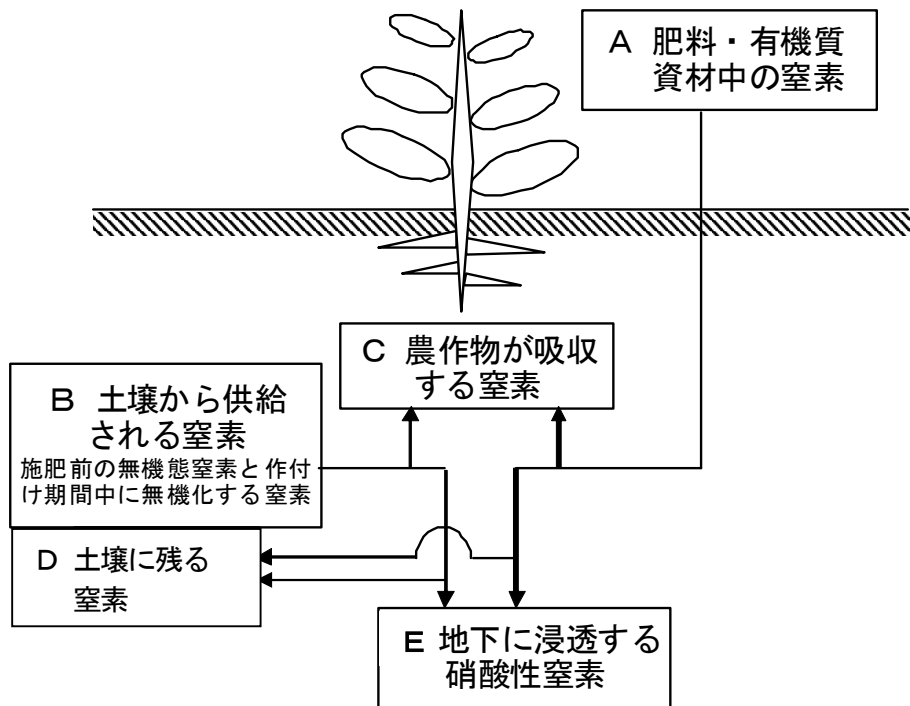
第II-1-1図 土壌中での窒素の形態変化と動き(露地畑等の場合)

なお、水田は、土壌中の酸素が少ないため、アンモニアが硝酸に変化しづらく、硝酸を窒素ガスに変化させる微生物の働き（脱窒）も生じるため、地下水へ硝酸性窒素が流出する危険性はほとんどない。水田は、水稻による窒素の吸収と土壌における脱窒により、用水中の窒素成分を浄化する能力を持っている。しかし、施肥・代かき直後の田面水は肥料成分（アンモニア等）の濃度が高く、この時期の排水は河川、湖沼等への肥料成分の流出につながる。

(2) 環境保全型施肥の基本的な考え方と対応技術<sup>1)</sup>

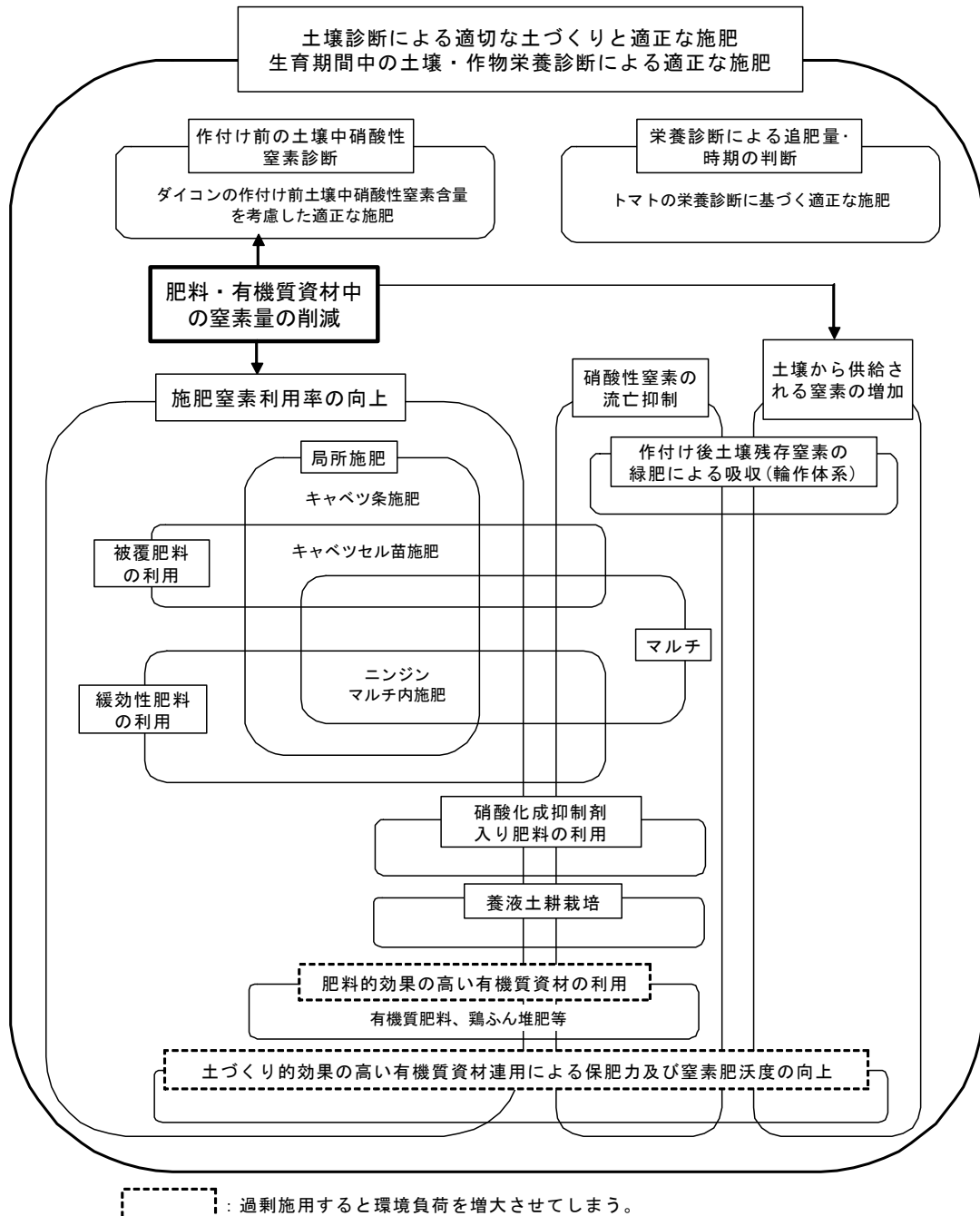
環境保全型施肥とは農耕地の系外、つまり環境中への窒素を始めとする肥料成分の流出を低減する施肥技術のことである。基本的な考え方は、農作物が「必要な時期に、必要な場所に、必要な量」の窒素を供給することである。そのためには農作物の窒素吸収特性（窒素吸収パターン、施肥窒素利用率等）を把握した上で施肥技術を組み立てる必要がある。個々の農作物の窒素吸収特性は各作物の「土づくりと施肥法」の項で紹介されているので、ここではほ場における窒素収支からみた環境保全型施肥について野菜を中心に解説する。

地下に浸透する硝酸性窒素量は第Ⅱ-1-2図で示したように、「A 肥料・有機質資材中の窒素量」と「B 土壌から供給される窒素量」の和から「C 作物が吸収する窒素量」と「D 土壌に残る窒素量」を差し引いたものにほぼ相当する。環境保全型施肥でも慣行施肥と同じ収量水準を確保しようとするれば、「C 農作物が吸収する窒素量」は慣行施肥と同じになる（171 ページ参照、野菜の土づくりと施肥法）。つまり、慣行施肥と同じ収量水準を確保しながら「D 地下に浸透する硝酸性窒素量」を低減するためには、「A 肥料・有機質資材中の窒素量」と「B 土壌から供給される窒素量」の和を小さくし、「D（有機物として）土壌に残る窒素量」を大きくする必要がある。



$$E \text{ 地下に浸透する硝酸性窒素量} = A \text{ 肥料・有機質資材中の窒素量} + B \text{ 土壌から供給される窒素量} - C \text{ 農作物が吸収する窒素量} - D \text{ 土壌に残る窒素量}$$

第Ⅱ-1-2図 ほ場の窒素収支からみた地下に浸透する硝酸性窒素の由来



第II-1-3図 環境保全型施肥の基本的な考え方と対応技術（主に野菜対象）

第II-1-2図を踏まえて、主に野菜を対象に整理した環境保全型施肥技術は第II-1-3図のとおりである。

まず、土壌診断による適切な土づくりと適正な施肥が基本となる。また、生育期間が長く追肥施用が前提となっている作物では、作付け期間中の土壌・作物栄養診断による適切な施肥も有効な技術<sup>2,6)</sup>である。

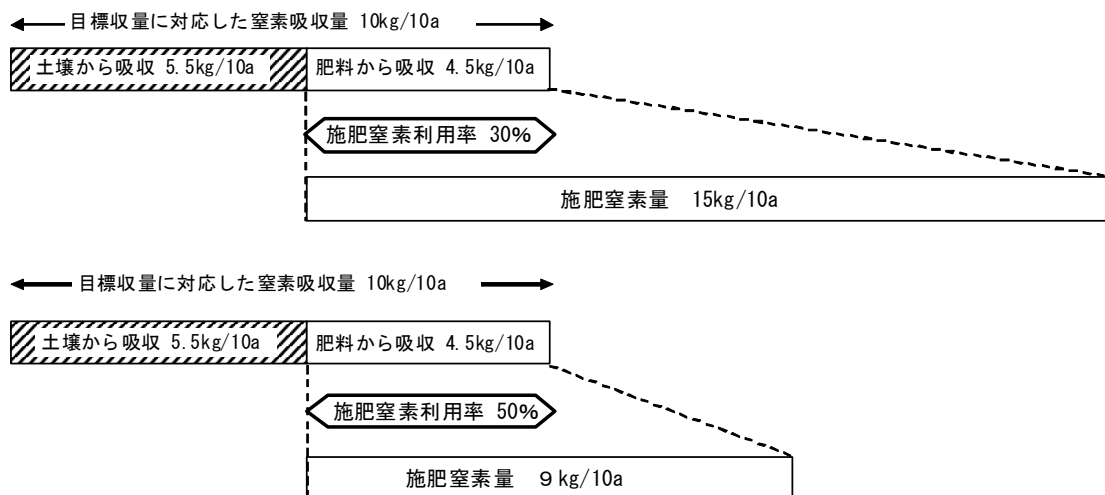
次に肥料・有機質資材中の窒素量の削減技術は作付け前の土壌中硝酸性窒素診断<sup>3,7)</sup>の他に、「施肥窒素利用率の向上」と「土壌から供給される窒素の増加」の二つがある。施肥窒素利用率を向上させることによって第II-1-4図に示したように、肥料からの吸収量が同じでも施肥窒素量を減らすことができる。この施肥窒素利用率向上技術は環境保全型施肥技術の中で最も技術開発が行われている分野で、施肥位置の改善や適切

な肥料の選択が中心となる。施肥位置としては、全面全層施肥よりも根が吸収し易い位置に集中的に施す局所施肥（条施肥、ベッド部施肥等）<sup>4,5,8,9,10,11,12,13,14,15</sup> が施肥窒素利用率の面から優れている。肥料の種類としては、被覆肥料、緩効性肥料、硝酸化成抑制材入り肥料及び有機質肥料があげられ、農作物の窒素吸収パターンに合った溶出（無機化）特性を持った肥料を選ぶ必要がある。

土壌から供給される窒素を増加させる技術には、土づくり的効果の高い有機質資材の連用があるものの、向上した窒素肥沃度に応じた適正な施肥を行わないと逆に地下に浸透する硝酸性窒素量を増加させてしまう。これらの肥料・有機質資材中の窒素量削減技術の他に、マルチ等の地下に浸透する硝酸性窒素を低減する流亡抑制技術がある。

有機質資材は肥料的効果の高いものと土づくり的効果の高いものがあるが、両者とも過剰に施用した場合には環境負荷を増大させるばかりではなく、土壌中の塩基や可給態りん酸が過剰になる危険性がある。このため「土壌診断システム」<sup>55</sup>（ページ参照）、「家畜ふん堆肥利用促進ナビゲーションシステム」<sup>16,17</sup>（69ページ参照）、あるいは施肥設計支援システム「エコFIT」<sup>18</sup>（70ページ参照）、「養分吸収シミュレーションシステム」<sup>19</sup>（173ページ参照）を活用して肥料成分を考慮して施用量を決める。

水田では、移植前の田面水に含まれる施肥由来の窒素濃度を低減する施肥田植機と肥効調節型肥料の利用が中心となる。



第Ⅱ-1-4図 施肥窒素利用率の違いによる施肥窒素量の違い

## 引用文献

- 1) 千葉県農業総合研究センター：環境にやさしい農業技術研修会資料，15～20（2008）
- 2) 環境保全型農業新技術，2～3，千葉県農業総合研究センター（2003）
- 3) 環境保全型農業新技術，22～23，千葉県農業総合研究センター（2003）
- 4) 環境保全型農業新技術，10～11，千葉県農業総合研究センター（2003）
- 5) 環境保全型農業新技術，16～17，千葉県農業総合研究センター（2003）
- 6) 山本二美ら：トマト半促成栽培における栄養診断に基づく追肥法，関東東海北陸農業研究成果情報，関東東海・土壌肥料（2002）
- 7) 千葉県成果普及情報，土壌肥料，年内どりダイコン栽培における土壌残存窒素を考慮した好適窒素施肥量（2002）
- 8) 草川知行ら：千葉農試研報，40，1～8（1999）
- 9) 岩佐博邦ら：肥効調節型被覆肥料セル内基肥によるキャベツの窒素減肥栽培，関東東海北陸農業研究成果情報，関東東海・野菜（2002）
- 10) 千葉県試験研究成果普及情報，土壌肥料，マルチ内施肥によるトンネル春夏どりニンジンの減肥料栽培（2002）
- 11) 千葉県成果普及情報，土壌・肥料，チェーンポット内施肥による夏どりネギの減窒素肥料栽培（2005）
- 12) 千葉県試験研究成果普及情報，土壌・肥料，スイカトンネル栽培における被覆肥料を用いた減肥技術（2006）
- 13) 千葉県試験研究成果普及情報，土壌・肥料，秋冬どりネギの100日タイプの被覆肥料を用いたチェーンポット内施肥と追肥による減窒素肥料栽培（2006）
- 14) 千葉県試験研究成果普及情報，土壌・肥料，秋冬どりネギの140日タイプの被覆肥料を用いたチェーンポット内全量窒素施肥による減窒素肥料栽培（2006）
- 15) 千葉県試験研究成果普及情報，野菜，セル内基肥によるキャベツの減肥栽培（2007）
- 16) 千葉県試験研究成果普及情報，土壌肥料，家畜ふん堆肥利用促進ナビゲーションシステム（2000）
- 17) 家畜ふん尿処理利用の手引き 2001年版，205～216，千葉県農林水産部（2001）
- 18) 千葉県試験研究成果普及情報，土壌・肥料，千葉県施肥設計支援システム「エコFIT」の開発（2006）
- 19) 千葉県試験研究成果普及情報，土壌・肥料，野菜の収量から養分吸収経過の推移を推定するシミュレーションシステムの開発（2009）

## 2 土壌診断の活用

### (1) 土壌診断に基づいた土壌改良と施肥

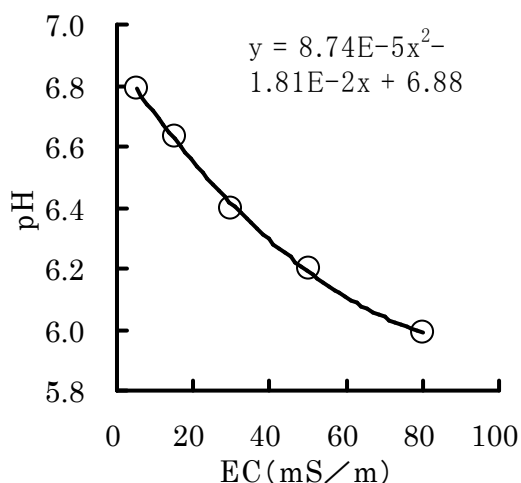
土壌診断に基づいた土壌改良と施肥は、土壌養分を適正な状態に保ち、作物の安定生産に貢献するだけでなく、硝酸性窒素やりん酸による環境負荷の低減に有効である。

#### ア 交換性陽イオン含量の適正化と土壌のpH

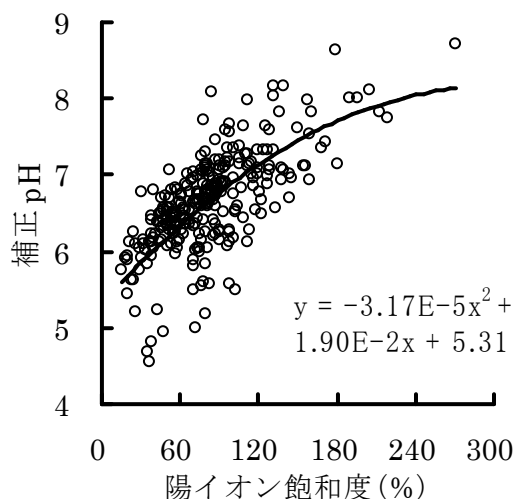
安定生産の基盤を確立するためには、土壌のpHを作物の生育に好適な範囲（23 ページ、第 I-3-4 表参照）に維持する必要がある。一般的に、土壌のEC（水溶性イオン含量）が高いとpHは低くなる傾向があり（第II-2-1 図）、両者の関係から、水溶性イオンの影響を除いたpH（補正pH、ECが低い状態におけるpH）を求めることができる。陽イオン飽和度（x）と補正pH（y）との関係は、 $y = -3.17E-5x^2 + 1.90E-2x + 5.31$  の式で表される（第II-2-2 図）。この式から陽イオン飽和度が 39~71% のとき、pHは 6.0~6.5 に保たれることとなる。火山灰土における野菜栽培に対する陽イオン飽和度の基準値は 50~86% と定められ（第II-2-1 表）、この範囲の飽和度では、pHは 6.2~6.7 となる。石灰、苦土、加里の各陽イオンを適正な範囲に維持すると、土壌のpHは作物の生育に適正な状態となる。

第II-2-1 表 火山灰土（CEC：35me/100g）における野菜栽培に対する診断基準値（飽和度、%）

	下限値	中央値	上限値
石灰	40	50	60
苦土	8	12	16
加里	2	6	10
合計	50	68	86



第II-2-1 図 ECとpHとの関係



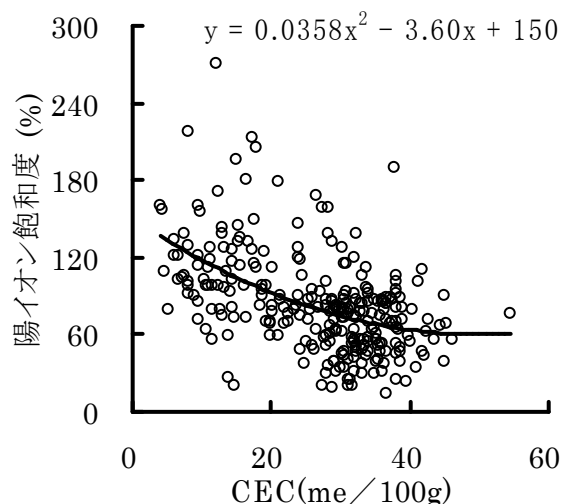
第II-2-2 図 陽イオン飽和度とECによって補正したpHとの関係

一方、CECが低いほ場において、陽イオン飽和度が高い傾向がある（第II-2-3 図）。両者の関係から、CEC（土壌 100g 当たり）が 35me のほ場の飽和度は平均で 68%、30me では 74%、20me では 92%、10me では 118% と算出される。CECが 35me のほ場における飽和度は、火山灰土における野菜栽培の診断基準値の中央値と等しい（第II-2-1 表）。このことから、CECと陽イオン飽和度の関係式と、黒ボク土における診断基準値から、各種土壌



(CEC) に対応した陽イオンの適正範囲を算出する式が策定されている (第II-2-2表)。これらの式から、pH6.0~6.5 が生育適正である野菜などの好微酸性作物においては、CEC が35me では石灰、苦土、加里の適正範囲は飽和度でそれぞれ40~60%、8~16%、2~10%であるが、10me ではそれぞれ69~104%、14~28%、3~17%となり、35me の場合に比べて高い。pH5.5~6.0 が生育適正である畑作物などの好弱酸性作物では、CEC が35me では石灰、苦土、加里の適正範囲はそれぞれ20~40%、8~16%、2~10%であるが、10me ではそれぞれ41~82%、16~33%、4~20%である。環境に配慮するとともに、無駄な資材の施用を省くためにも、適正範囲の下限値を目標に土壤改良を行うべきである。

好微酸性作物においては、CEC が35me のとき陽イオン飽和度の適正範囲が50~86%でありpHは6.2~6.7となるが、20me では適正範囲が68~117%でpHは6.5~7.1、10me では87~149%で6.7~7.5である。好弱酸性作物においては、CEC が35me では飽和度が30~66%でpHは5.9~6.4、20me では45~100%で6.1~6.9、10me では61~135%で6.4~7.3である。



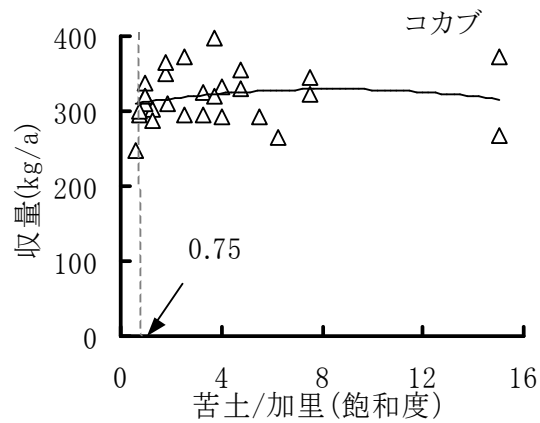
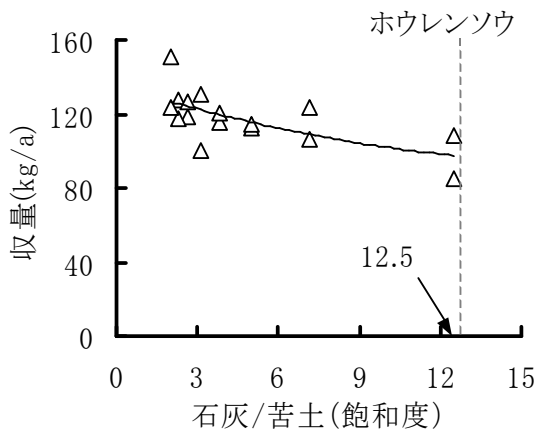
第II-2-3図 CECと陽イオン飽和度との関係

第II-2-2表 CECに基づく各交換性陽イオンの適正範囲算出式

	下限値 (飽和度、%)	上限値 (飽和度、%)
好微酸性作物 (野菜など)		
石灰	$(0.0358 \times \text{CEC}^2 - 3.60 \times \text{CEC} + 150) / 68 \times 40$	$(0.0358 \times \text{CEC}^2 - 3.60 \times \text{CEC} + 150) / 68 \times 60$
苦土	$(0.0358 \times \text{CEC}^2 - 3.60 \times \text{CEC} + 150) / 68 \times 8$	$(0.0358 \times \text{CEC}^2 - 3.60 \times \text{CEC} + 150) / 68 \times 16$
加里	$(0.0358 \times \text{CEC}^2 - 3.60 \times \text{CEC} + 150) / 68 \times 2$	$(0.0358 \times \text{CEC}^2 - 3.60 \times \text{CEC} + 150) / 68 \times 10$
好弱酸性作物 (畑作物など)		
石灰	$(0.0358 \times \text{CEC}^2 - 3.60 \times \text{CEC} + 130) / 48 \times 20$	$(0.0358 \times \text{CEC}^2 - 3.60 \times \text{CEC} + 130) / 48 \times 40$
苦土	$(0.0358 \times \text{CEC}^2 - 3.60 \times \text{CEC} + 130) / 48 \times 8$	$(0.0358 \times \text{CEC}^2 - 3.60 \times \text{CEC} + 130) / 48 \times 16$
加里	$(0.0358 \times \text{CEC}^2 - 3.60 \times \text{CEC} + 130) / 48 \times 2$	$(0.0358 \times \text{CEC}^2 - 3.60 \times \text{CEC} + 130) / 48 \times 10$

#### イ 陽イオンバランスの補正

陽イオン間には拮抗作用があり、苦土が多いと石灰の作物吸収が抑制され、加里が多いと苦土の吸収が抑制される。そのため、石灰/苦土と苦土/加里 (当量比) の陽イオンのバランスが偏らないように土壤管理しなければならない。土壤診断基準値では石灰/苦土、苦土/加里の適正範囲は両者とも2~6であり、特に石灰/苦土が6以上、苦土/加里が2以下にならないように土壤改良を進める。実際に、ハウレンソウ、ダイコンでは石灰/苦土12.5以上で、コカブ、ニンジンでは苦土/加里0.75以下で、収量が低下する傾向がある<sup>1)</sup> (第II-2-4図)。



第II-2-4図 土壌の陽イオンバランスと野菜の収量との関係

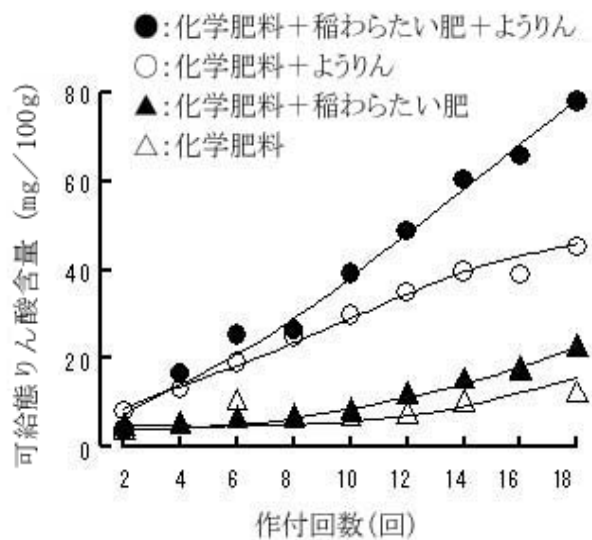
ウ 土壌の可給態りん酸含量の改善

交換性陽イオンに比べて可給態りん酸の多少は作物の収量に強く影響し、収量は可給態りん酸含量が高くなるとともに増加し、ある値以上では増加しなくなるか低下する(20 ページ、第I-3-2図参照)。可給態りん酸は火山灰土では、20mg/100g 以下と少ない畑が多く、海成砂質土や河成壤質土の施設では平均で 150mg/100g と高い<sup>2)</sup>。りん酸の固定力が特に強い火山灰土においては、りん酸資材とあわせて有機物を施用することによって、可給態りん酸が顕著に増加することから<sup>3)</sup>、改善対策として有機物の併用が有効である(第II-2-5図)。

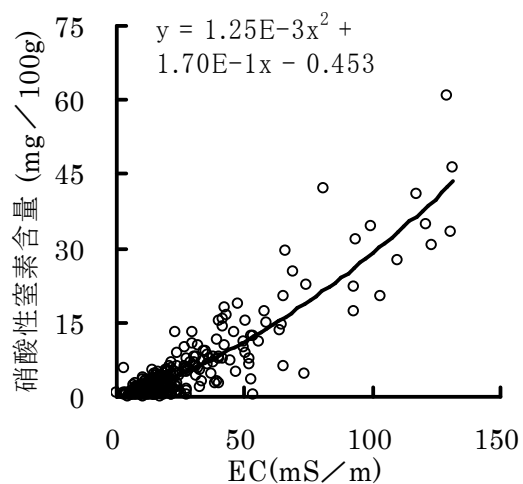
一方、可給態りん酸が 150mg/100g を超えるような施設では、りん酸の施用量を削減するとともに、豚ふんや鶏ふん堆肥などのりん酸含量の高い有機物の施用を控えないなければならない。

エ 窒素施肥の適正化

肥料あるいは堆肥などによって農地に投入される窒素のうち、作物に利用されない窒素は環境負荷の原因となる。農地に投入される窒素量と、農地から持出される窒素量の差し引きである農地に残存する



第II-2-5図 リン酸改良に及ぼす改良資材とたい肥の影響



第II-2-6図 ECと硝酸性窒素含量との関係

窒素量は「主要作物の農地に対する窒素負荷量」(34 ページ) に示したが、残存する窒素の多い作物あるいは作付体系では、積極的に減肥技術に取り組む必要がある。さらに、前作で畑に残存した硝酸性窒素量を土壌診断によって把握して、次作の基肥窒素を減量することが環境負荷の低減につながる。その診断事例は、「窒素負荷低減のための土壌診断に基づく施肥法」(56 ページ) に示す。

土壌診断において硝酸性窒素が直接測定できないときは、ECから推定することが可能である。ECと硝酸性窒素の間には、 $y=1.25E-3x^2+1.70E-1x-0.453$  の関係があり(第II-2-6図)、ECが50mS/mのときは硝酸性窒素が11mg/100g、100mS/mのときは29mg/100gと推定される。しかし、一部の地域においては硫酸イオンの影響でECが高まることがあるので、注意を要する。

## (2) 土壌診断システムの活用

土壌診断により得られた養分量と診断基準値を照らし合わせて、改良資材の必要量や適切な施肥量を算出することは煩雑な作業である。また、環境保全型農業の推進と環境負荷の低減のためには、養分含量に基づいた堆肥施用量の算出が必要である。

「土壌診断システム」は、パソコンの表計算ソフト Microsoft Excel®上で稼働する、分析結果から必要な改良資材量と適切な肥料及び堆肥の施用量を算出し、処方箋を作成するという作業をパソコン上で簡便に行えるソフトである。このソフトは、県庁担い手支援課技術振興室に利用申請書を提出すれば無料で入手できる。

ア 土壌診断システムでは、基準値に比べて不足している土壌養分は改良資材で補い、過剰な養分は次作の施肥量を減らして、養分を適正範囲に近づけることを土壌管理の基本的な考え方としている。資材や肥料などの施用量は、黒ボク土では仮比重を0.67、作土の深さを15cm、それ以外の土壌では仮比重を1.0、作土の深さを10cmと規定し、分析結果(mg/100g)が10アール当たりの養分量(kg)に相当するとして算出される。

イ 交換性陽イオンの適正範囲は、「土壌診断の活用」(52 ページ) に示した各種土壌(CEC)に対応した算出式(第II-2-2表)から決定される。このため、システムの利用に際してはCECの分析値あるいは推定値を入力する必要がある。交換性陽イオン及び可給態りん酸含量が適正範囲以下のときは、下限値に達するように土壌改良資材の施用量が求められる。

ウ 土壌養分が適正範囲を超えて高い場合には、次作の基肥が減量される。窒素では分析値あるいはECから推定した硝酸性窒素含量(第II-2-6図)が20mg/100g以下ではその6割が、20~40mg/100gでは7割、40~60mg/100gでは8割が施肥窒素に相当するとして、硝酸性窒素含量(x)から窒素減肥量(y)が $y=0.0049x^2+0.509x$ の関係式によって算出される。

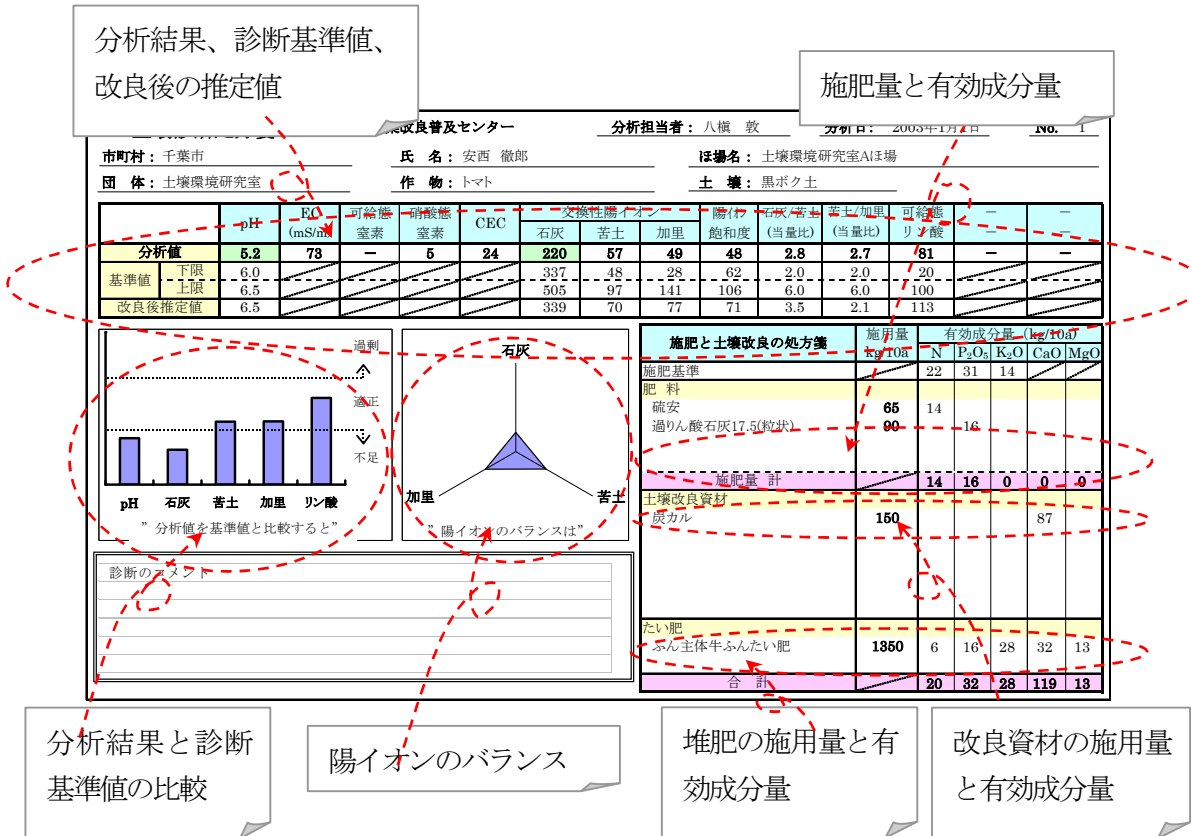
エ りん酸と加里では、分析値が適正範囲の上限値を上回る量が、それぞれの基肥基準量から減量される。

オ 堆肥は窒素肥効率を考慮して、基肥窒素施用量(硝酸性窒素によって減量した基肥量)の30%を代替する施用量が算出される。すなわち、窒素含有率1.5%、窒素肥効率30%のふん主体牛ふん堆肥を利用するときは、基肥窒素施用量が20kg/10aの場合、たい肥施用量は $20\text{kg} \times 0.30$ (代替率)/0.015(窒素含有率)/0.30(窒素肥効率)=1,330kgとなる。また、堆肥の施用量はりん酸肥効率を80%、加里肥効率を90%とし、肥効率を考慮した堆肥のりん酸及び加里量(有効成分量)を分析結果に加えた値が、りん酸及び加里の適正範囲の上限値を超えない量となる。

カ 改良資材と堆肥の苦土および加里の有効成分量を分析結果に加えて求めた、塩基バランスで

ある苦土/加里（飽和度）が2以下のときは、苦土の上限値を超えない範囲で苦土/加里が2に達するように苦土資材の施用量が示される。

キ 分析結果、診断基準値と、前述のように求められた改良資材、肥料、堆肥の施用量が記載された処方箋が作成される（第II-2-7図）。



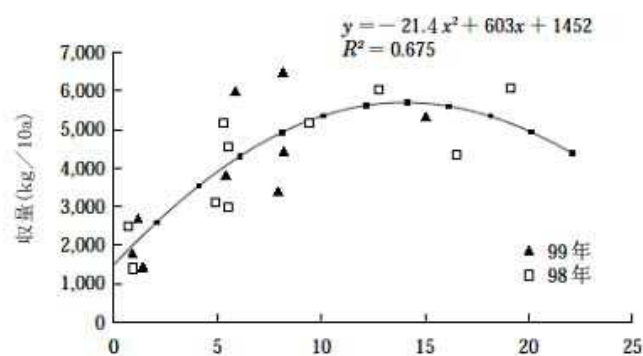
第II-2-7図 処方箋の出力例

(3) 窒素負荷低減のための土壌診断に基づく施肥法

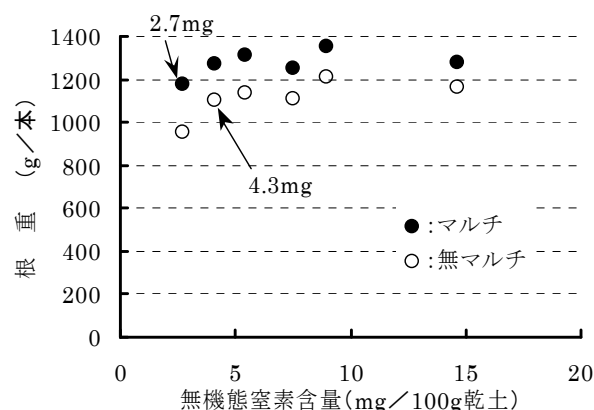
土壌診断は、作物の安定生産のために土壌養分を適正な状態に保つだけでなく、環境負荷の低減においても重要な役割を果たす。ここでは、農業系外へ排出する硝酸性窒素量を低く抑えるために、土壌診断の結果から、農地に残存している硝酸性窒素を考慮して適正な基肥窒素を決定する施肥法の事例を示す。

ア 火山灰土の夏まき秋冬どりニンジンと秋まき年内どりダイコン栽培において、施肥を行い、播種した直後の作土の無機態窒素量（10アール当たり）と収量との間に一定の関係があることが示されている。10アール当たりの無機態窒素量は、土壌の仮比重が0.7として深さ0～15cmの作土の無機態窒素含量から換算し、土壌の無機態窒素量（mg/100g）が10アール当たり窒素量（kg/10a）に相当する。秋冬どりニンジンの収量は、播種直後の無機態窒素量が8kg/10aで5トンとなる（第II-2-8図）。一方、9月上旬播種の秋まき年内どりダイコンにおいて、根重はマルチ栽培では播種直後の無機態窒素量が2.7kg/10aで、無マルチ栽培では4.3kg/10aで1kg以上となり、7t/10a程度の収量が得られる<sup>5)</sup>（第II-2-9図）。また、9月中旬播種においては、マルチ及び無マルチ栽培ともに播種直後の無機態窒素量が6kg/10aで同様な収量となる（図省略）。このように、それぞれの作物と作型で目標となる収量が得られる播種直後の無機態窒素量が示されている。

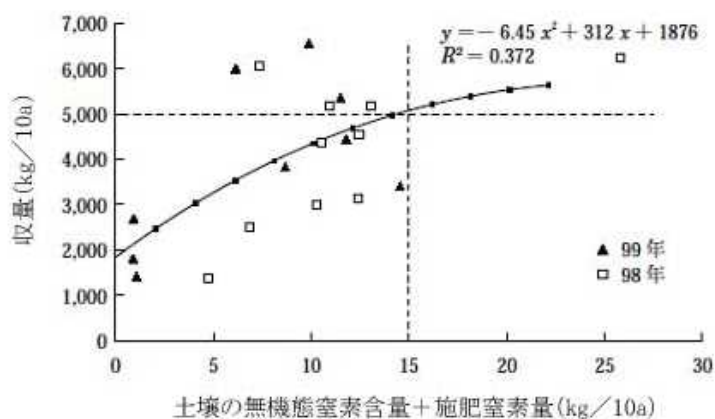
イ 夏まき秋冬どりニンジンでは、さらに施肥前の作土の無機態窒素と施肥窒素の合計量と収量との関係が明らかにされ、合計量が15kg/10aで収量は約5 t/10aとなる<sup>4)</sup> (第II-2-10図)。したがって、火山灰土の夏まき秋冬どりニンジン栽培では、15kgから播種前の無機態窒素量(mg/100g)を差し引くことで、前作の残存肥料を考慮した施肥量が決定できる。このような土壌診断を活用した施肥が行われることによって、農地に対する窒素投入量が削減され、環境負荷が低減される。



第II-2-8図 播種後の土壌中無機態窒素とニンジンの収量との関係<sup>4)</sup>



第II-2-9図 播種後の土壌中無機態窒素と9月上旬播種ダイコン収量との関係<sup>5)</sup>



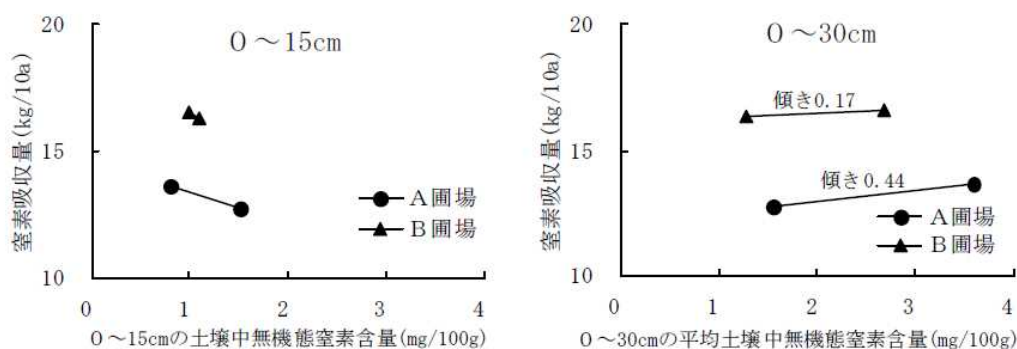
第II-2-10図 施肥前の土壌中無機態窒素+施肥窒素とニンジンの収量との関係<sup>4)</sup>

ウ 葉菜類を作付け予定の黒ボク土露地畑において、一般的に施肥前の作土（深さ0～15cm）の無機態窒素含量が多いと、農作物の窒素吸収量も多くなる。しかし、作土下に無機態窒素が残存する場合には（第Ⅱ-2-3表の下層残存有）、0～15cmではなく、0～30cmの平均無機態窒素含量が多いほどハウレンソウの窒素吸収量が多くなる（第Ⅱ-2-11図）。20～30cmの平均無機態窒素含量が1mg/100g増加すると、ハウレンソウの窒素吸収量は0.31kg/10a（A圃場及びB圃場の平均値）増加する。土壌中の無機態窒素含量1mg/100gの施肥窒素相当量は、第Ⅱ-2-4表に示したように無機態窒素1mg/100g当たりのハウレンソウ窒素吸収量増加量である0.31kg/10aを施肥窒素利用率の38%で除することで求められ、0.8kg/10aである。施肥前に深さ15～30cmに無機態窒素が残存している可能性がある場合には、0～30cmの無機態窒素を分析し（ $A$  mg/100g）、その値に0.8を乗じた量（ $A \times 0.8$  kg/10a）の窒素を減肥する<sup>6)</sup>。

第Ⅱ-2-3表 ホウレンソウ施肥前圃場の深さ別無機態窒素含量とハウレンソウの窒素吸収量

圃場	下層 残存	無機態窒素 (mg/100g)			ハウレンソウの 窒素吸収量 (kg/10a)
		0-15cm	15-30cm	平均	
A	無	1.5	1.6	1.6	12.8
	有	0.8	6.4	3.6	13.7
B	無	1.1	1.5	1.3	16.3
	有	1.0	4.4	2.7	16.5

- 注1) 農林総研本場の露地圃場（黒ボク土）において、平成21年10月14日に施肥、播種（品種「トラッド」（サカタのタネ））し、12月21日に収穫  
 2) 施肥量は窒素－リン酸－加里＝20-20-20kg/10a  
 3) 0～30cmの土壌中可給態窒素含量は、A圃場が4.0mg/100g、B圃場が5.1mg/100g  
 4) 下層残存の有は、9月14日に硝酸石灰を窒素成分で9kg/10a施用



第Ⅱ-2-11図 施肥前の土壌中無機態窒素含量とハウレンソウの窒素吸収量の関係

**第Ⅱ-2-4表 土壤中無機態窒素含量 1 mg/100g の施肥窒素相当量の算出**

無機態窒素 1 mg/100g 当たりの ハウレンソウ窒素吸収量増加量 (kg/10a) (a)	施肥窒素利用率 (%) (b)	土壤中の無機態窒素含量 1 mg/100g の 施肥窒素相当量 (kg/10a) (a ÷ b × 100)
0.31	38	0.8

注1) 施肥窒素利用率 (%) = (試験区の窒素吸収量 - 無窒素区の窒素吸収量) ÷ 窒素施肥量 (kg/10a) × 100

2) 上記注1)の式は(式1)のように表される。(式1)の(試験区の窒素吸収量 - 無窒素区の窒素吸収量)の項を「無機態窒素 1 mg/100g 当たりのハウレンソウの窒素吸収量増加量 (kg/10a)」とし、それを施肥窒素利用率で除すことで、「土壤中の無機態窒素含量 1 mg/100g の施肥窒素相当量 (kg/10a) を算出した(式2)。

窒素施肥量 (kg/10a) = (試験区の窒素吸収量 - 無窒素区の窒素吸収量) ÷ 施肥窒素利用率 (%) (式1)

$$\left[ \text{土壤中の無機態窒素含量 1 mg/100g の施肥窒素相当量 (kg/10a)} \right] = \left[ \text{無機態窒素 1 mg/100g 当たりのハウレンソウ窒素吸収量増加量 (kg/10a)} \right] \div \text{施肥窒素利用率 (\%)} \times 100 \quad (\text{式2})$$

(4) 土壤診断に基づいて土壤に蓄積したりん酸を活用する施肥法

近年、土壤へのりん酸の蓄積が問題となっている。特に、土壤別では褐色低地土の可給態リン酸含量が高いことが明らかにされている。土壤診断の結果から農地に残存している可給態リン酸を考慮して、りん酸を減肥することのできる施肥法の事例を示す。

褐色低地土の施設トマト栽培において、土壤中可給態リン酸含量が 100mg/100g を超える褐色低地土(粗粒質普通褐色低地土、リン酸吸収係数 435)では、りん酸を基肥及び追肥ともに施用しない栽培(0-0区、第Ⅱ-2-5および6表)を4作続けても、トマトの収量及び糖度は低下しない(第Ⅱ-2-7、8および9表)<sup>7)</sup>。基肥のりん酸を無施用で栽培すると(0-100、0-0区)、深さ0~20cmの可給態リン酸含量は3作後で70mg/100g、4作後で67mg/100gとなり、施肥基準量施用した場合(100-100区)に比べて有意に減少する(第Ⅱ-2-12および13図)。基肥及び追肥のりん酸を施用せずにトマト栽培を4作続けた場合、深さ0~20cmの可給態リン酸含量は4作で約60mg/100g減少し、診断基準値内となる。基肥のりん酸を無施用とし、追肥を施肥基準どおりに施用した場合(0-100区)も同程度に可給態リン酸含量が減少する。このように、可給態リン酸が100mg/100gを超える褐色低地土では、可給態リン酸が70mg/100gとなるまでりん酸無施用でも減収せずにトマト栽培が可能である。

**第Ⅱ-2-5表 りん酸施肥削減試験の作型及び耕種概要**

作型	播種日	定植日	品種	収穫期間・収穫段数
1作目半促成	平成24年9月27日	平成24年11月21日	穂木:「ハウス桃太郎」(タキイ種苗株) 台木「ドクターK」(タキイ種苗株)	平成25年2月18日 ~6月21日・10段
1作目抑制	平成25年6月28日	平成25年8月5日	「ハウス桃太郎」	平成25年9月26日 ~11月8日・5段
2作目半促成	平成25年9月26日	平成25年11月28日	穂木:「ハウス桃太郎」 台木「ドクターK」	平成26年2月21日 ~6月11日・10段
2作目抑制	平成26年6月30日	平成26年8月5日	「桃太郎グランデ」(タキイ種苗株)	平成26年9月18日 ~12月11日・5段

注) 可給態リン酸含量が127mg/100gの褐色低地土(粗粒質普通褐色低地土、リン酸吸収係数435)を、幅60cm、深さ60cmで黒ボク土のハウスに客土して試験を行った。黒ボク土と褐色低地土の境界には遮根シートを敷いた。

第II-2-6表 リン酸施肥削減試験の試験区の概要

試験区	リン酸基肥		リン酸追肥	
100-100区	施肥基準量	半促成26kg/10a 抑制15kg/10a	施肥基準量	半促成 8 kg/10a 抑制 3 kg/10a
50-100区	施肥基準量の50%	半促成13kg/10a 抑制7.5kg/10a	施肥基準量	半促成 8 kg/10a 抑制 3 kg/10a
0-100区	無施用	0 kg/10a	施肥基準量	半促成 8 kg/10a 抑制 3 kg/10a
0-0区	無施用	0 kg/10a	無施用	0 kg/10a

注) 窒素及び加里は、全ての試験区でそれぞれの作型の施肥基準量を施用した。

第II-2-7表 リン酸施肥を削減した場合の  
トマト総収量 (t/10a)

試験区	1作目 半促成	2作目 抑制	3作目 半促成	4作目 抑制
100-100区	13.4	3.7	11.8	6.3
50-100区	12.6	4.3	11.5	6.5
0-100区	12.1	3.9	10.9	6.4
0-0区	12.6	4.3	12.7	6.2

注) 分散分析の結果、いずれの項目においても試験区間の有意差はみられなかった。

第II-2-8表 リン酸施肥を削減した場合の  
トマト可販収量 (t/10a)

試験区	1作目 半促成	2作目 抑制	3作目 半促成	4作目 抑制
100-100区	7.1	1.7	10.5	6.1
50-100区	6.4	1.7	9.7	6.1
0-100区	7.1	2.1	9.2	6.3
0-0区	6.8	1.6	11.2	5.8

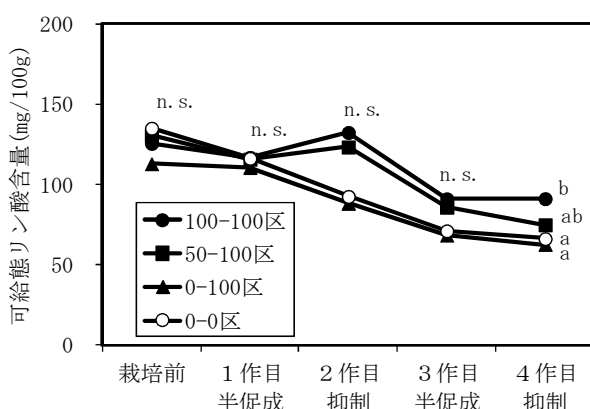
注1) 2作目抑制は裂果が多発した。  
2) 分散分析の結果、いずれの項目においても試験区間の有意差はみられなかった。

第II-2-9表 リン酸施肥を施肥した場合のトマトの果実糖度 (Brix 値)

試験区	1作目		2作目		3作目		4作目	
	半促成	抑制	半促成	抑制	半促成	抑制	半促成	抑制
	4/8	5/30	10/29	3/24	5/19	9/29	11/13	
100-100区	4.8	5.4	5.7	5.4	6.4	4.4	5.2	
50-100区	5.0	5.4	5.7	5.2	6.3	4.7	5.1	
0-100区	4.9	5.5	5.5	5.1	6.5	4.7	5.7	
0-0区	5.1	5.4	5.5	5.3	6.0	5.0	5.5	

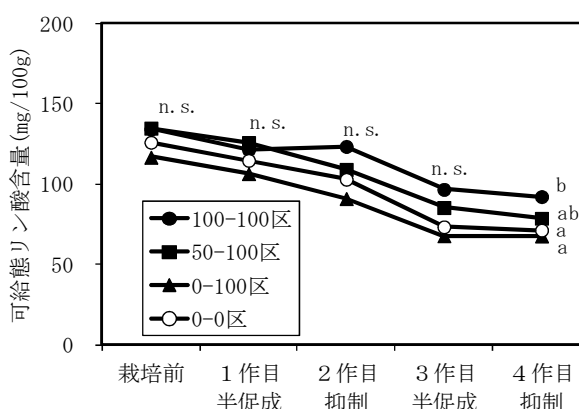
注1) 図中の日付はそれぞれの栽培期間における調査日を示す。

2) 分散分析の結果、いずれの項目においても試験区間の有意差はみられなかった。



第II-2-12図 リン酸施肥を削減した場合の深さ  
0~10cmにおける土壌の可給態リン酸の変化

注) 同じ作型における異なるアルファベット間には多重比較 (Tukey-Kramer 法) により5%水準で有意差があることを示し、n. s. は有意差がないことを示す。



第II-2-13図 リン酸施肥を削減した場合の深さ  
0~10cmにおける土壌の可給態リン酸の変化

注) 同じ作型における異なるアルファベット間には多重比較 (Tukey-Kramer 法) により5%水準で有意差があることを示し、n. s. は有意差がないことを示す。

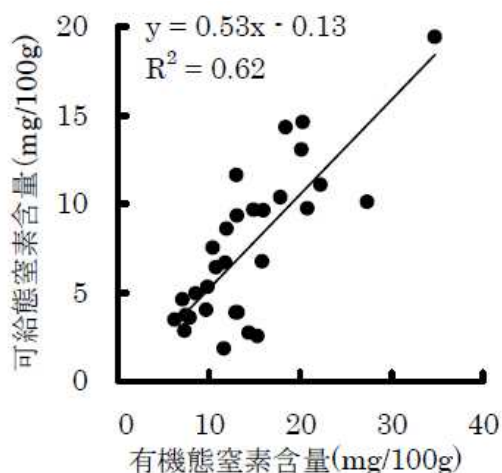


(5) 可給態窒素の簡易測定法

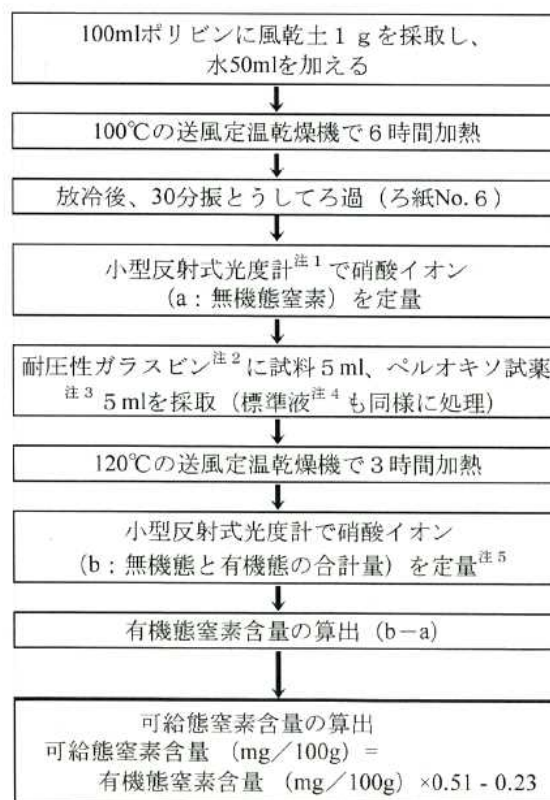
環境への負荷を低減するためには、土壌の窒素肥沃度に応じた施肥管理を進める必要がある。しかし、窒素肥沃度の指標となる可給態窒素含量は、従来の方法では、4週間培養後に生成される窒素量であり、測定に時間がかかりすぎるため、施肥設計に利用するには適していない。そこで、短時間で行える可給態窒素の測定法を紹介する。

ア 畑土壌（煮沸浸出法<sup>8)</sup>）

土壌の煮沸浸出液を、ペルオキシ試薬とともに耐圧性ガラスビンに封入し、120℃の通風乾燥機で3時間加熱すると、溶液中の有機態窒素が分解し、硝酸性窒素が生成される。この硝酸性窒素量から、ペルオキシ分解前の硝酸性窒素含量を差し引くことによって土壌の有機態窒素含量が求められる。この有機態窒素含量と、従来法である培養法による可給態窒素含量（窒素無機化量）との間には、高い正の相関関係がある（第II-2-14図）。小型反射式光度計を用いた可給態窒素の推定法は、第II-2-15図の手順にまとめられる。



第II-2-14図 現地土壌における有機態窒素含量と可給態窒素含量との関係

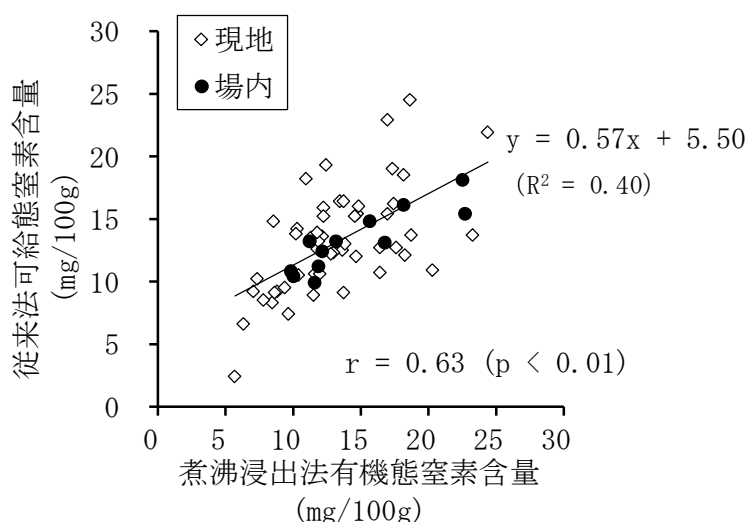


- 注1) RQ フレックス、3-90mg/Lの試験紙  
 2) テフロンキャップ付バキュームバイアルビン  
 3) 水 100mL にペルオキシ二硫酸カリウム 5g、NaOH1.5g、ホウ酸 3g を溶かす  
 4) 硝酸イオン濃度 0、10、20、40mg/L  
 5) RQ 値ではなく、標準液による検量線から硝酸イオン濃度を算出する

第II-2-15図 小型反射式光度計を利用した可給態窒素の簡易測定法の手順

## イ 水田土壌

水田土壌においても、上記の畑土壌と同様の手法が適用できる。試験場内及び県内各地の水田風乾土壌について、煮沸浸出法による有機態窒素と従来法による可給態窒素の測定値を比較すると、正の相関関係が存在する（第Ⅱ-2-16図）<sup>9)</sup>。このことから、簡易測定法を用いて風乾土の有機態窒素含量を測定し、有機態窒素含量(x)と可給態窒素含量(y)の間に成り立つ推定式( $y = 0.57x + 5.50$ )に当てはめることで、その土壌の可給態窒素含量の多少を推定することが可能である。本手法を用いることで、水田土壌の地力を迅速に推定でき、窒素施肥量の決定に役立てることが可能である。



第Ⅱ-2-16図 水田土壌を用いた煮沸浸出法測定結果（有機態窒素）と従来法測定結果（可給態窒素）との関係

注) 風乾土での測定結果を示す。

## 引用文献

- 1) 千葉県成果普及情報, 土壌肥料, 野菜栽培における黒ボク土の交換性マグネシウムおよびカリウム含量の適正範囲 (2000)
- 2) 千葉県農業試験場: 千葉県耕地土壌の実態と変化, 52~73 (2003)
- 3) 八槇敦: 千葉県試験研究成果発表会資料, 新しい農業技術(畑作), 1~5 (1994)
- 4) 草川知行: 農業技術体系, 土壌肥料編276の6-8 (2001)
- 5) 千葉県成果普及情報, 土壌肥料, 年内どりダイコン栽培における土壌残存窒素を考慮した好適窒素施肥量 (2001)
- 6) 千葉県成果普及情報, 土壌肥料, 黒ボク土露地畑における作土下の無機態窒素を考慮した葉菜類の窒素施肥診断 (2011)
- 7) 千葉県成果普及情報, 野菜, 可給態リン酸が過剰な褐色低地土のトマト施設栽培におけるリン酸減肥及び可給態リン酸の適正化 (2015)
- 8) 千葉県成果普及情報, 土壌肥料, 煮沸浸出法による畑土壌の可給態窒素の推定 (2006)
- 9) 千葉県成果普及情報, 土壌肥料, 簡易法による水田土壌可給態窒素含量推定法及び好適窒素施肥量算出法の確立 (2016)

### 3 有機質資材の施用

(1) 有機質資材（堆肥、稲わら等）の肥料成分を考慮した施用量の決め方

有機質資材の施用効果は、①土壌の理化学性・生物性の改善（土づくり的效果）、②作物に対する養分供給（肥料的効果）に大別される。

これらの効果はそれぞれの有機質資材の土壌中での分解性によって異なり、その分解性は資材の炭素率（C/N比）によって区分される（第Ⅱ-3-1表）。炭素率30以上の資材は、施用後の有機物の分解が遅いため土壌有機物含量の増加に寄与し土づくり的效果が高く、一方、炭素率30以下の資材は、資材中の有機態窒素の分解・無機化速度が無機態窒素の取り込み速度を上回るため、施用した年から窒素の放出があり、肥料的効果が高い。

第Ⅱ-3-1表 有機質資材を土壌に施用した場合の窒素分解特性<sup>1)</sup>

区分	C/N比	土壌中での分解	有機質資材の例
窒素放出	10前後	施用年のN放出が多く、有機質肥料的土壌有機物増加効果少ない	乾燥鶏ふん、野菜残さなど
	10～20	施用年にN放出あり肥料の減肥が必要	乾燥牛ふん、豚ふんなど
	10～20	施用年にある程度N放出 土壌有機物増加	通常の中～完熟堆肥
	20～30	肥効少ないが、土壌有機物増加	バーク堆肥
窒素取り込み	50～120	施用年のNの取り込みが大きい、数年後からN再放出	稲わら、麦わら、とうもろこし茎など
	20～140	連用で堆肥類近くになる	未熟堆肥、水稻根など
	200以上	Nの取り込み大きい	おがくずなど

ア 土づくり的效果の高い有機質資材(炭素率30以上、または全窒素含有率1% (乾物当たり2%)以下)の施用法

(ア) 水稻

土づくり的效果の高い資材である稲わらについては、土性及び土壌の乾湿を考慮して第Ⅱ-3-2表を参考に、次の点に留意して施用量を決める。①稲わらの分解が遅れると、次作において還元害が発生しやすくなり、最高分げつ期頃に地力窒素が過剰に発現することによって過繁茂や倒伏の危険がある。このため、強湿田では稲わらの施用を避け、湿田で稲わらを施用する場合には、秋の早い時期にすき込みを行い、冬期の間は土壌を極力乾燥させる。②稲わらをすき込む際に深耕すると分解が遅れるので避ける③稲わらを連年すき込みした水田では、5年目以降生育が旺盛になるので、基肥や穂肥の減量、適切な水管理などを徹底する。

参照ページ	有機質資材の施用例
137	稚苗移植栽培 稲わら長期連用と耕うんの組み合わせによる化成由来窒素量の削減（コシヒカリ）
135	稚苗移植栽培 牛ふん堆肥利用（地域資源循環型－ふさこがね、コシヒカリ）
136	稚苗移植栽培 鶏ふん堆肥利用（地域資源循環型－コシヒカリ）

第Ⅱ-3-2表 水田に対する稲わら施用量の目安

土 性	施用量(10a当たり)		
	乾田	半湿田	湿田
粘質土	500kg以上	500kg	(500kg)
壤質土	500kg以上	500kg	(500kg)
砂壤質土	500kg以上	500kg	(500kg)
砂質土	500kg	500kg	(500kg)
有機質土	500kg以上	500kg	(500kg)

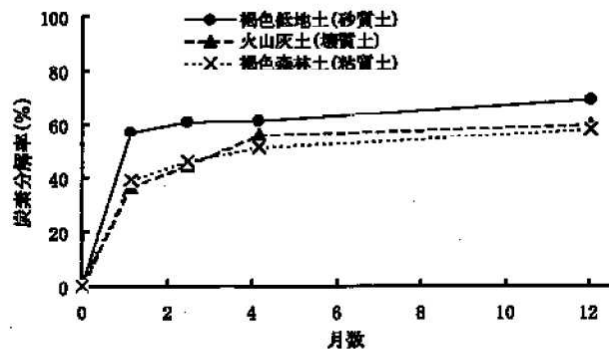
注1) ( )は必要な場合に施用する。

2) 壤粘質土は、壤質土に含む。

(イ) 水稻以外の農作物

土壌中での有機質資材の分解は土壌の種類によって異なり、砂質土では壤質土や粘質土に比べて分解は早い傾向がある（第Ⅱ-3-1図）。また、黒ボク土畑土壌の地力維持のためには稲わら促成堆肥（水分75%、T-N1.4%乾物、C/N13）では毎作2t/10a程度の有機物施用が必要といわれている<sup>2)</sup>。このことから、土づくり的効果の高い有機質資材の施用量は毎作1～3t/10a程度をめやすとする。なお、多量に施用するため以下の点に注意する。

- ① 未発酵の有機質資材や未熟な堆肥化物は、作物に障害を与える可能性があるるので施用をひかえる。
- ② 根菜類には作付け時には施用せず、前作に施用する。
- ③ 全りん酸、全加里、全石灰、全苦土含有率が1%以上含まれる資材では、肥料的効果(66ページ参照)を考慮してその分施用量を減じる。



第Ⅱ-3-1図 稲わら堆肥施用後の土壌中での炭素分解率の推移

注) 稲わら堆肥(T-N1.2%乾物、C/N 27)

イ 肥料的効果の高い有機質資材（炭素率 30 以下、または全窒素含有率 1 %（乾物当たり 2 %以上））の施用法<sup>3)</sup>

(ア) 施用の考え方

有機質資材や土壌有機物から無機化したアンモニアや施肥窒素中のアンモニアは酸化的条件下（畑）では硝酸に変化する。農作物はアンモニアや硝酸を吸収するが有機質資材や施肥窒素を過剰に投入した場合には、吸収されなかった硝酸は土壌浸透水とともに地下に流亡する。また、有機質資材中にはりん酸や加里、石灰、苦土分を多く含む資材も多い、このような資材を多量に施用にすると土壌中の塩基や可給態りん酸も過剰となる。このため環境に配慮するためには、以下の 2 点を守るように努める。

① 肥料的効果(窒素) (66 ページ参照)を考慮して施用量を決め、その分施肥窒素量を減らす。なお、りん酸や加里、石灰、苦土分を多く含む場合にはこれらについても肥料的効果を考慮する。

② 施肥窒素と有機質資材中の窒素の合計量は当面年間 30kg/10a 以下を目安とする。

注) 硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素の環境基本法に基づく環境基準値：10mg/L 以下  
10mg/L=NO<sub>3</sub>-N 10kg/水 1,000 t

年間の土壌浸透水量を 1,000mm と仮定すると、10 アール当たりの土壌浸透水量は 1,000 トン。施肥窒素と有機質資材中窒素の合計窒素施用量を年間 30kg/10a として、流亡率 30%と仮定した場合流亡する窒素は  $30\text{kg}/10\text{a} \times 30\% = 9\text{kg}/10\text{a}$

(イ) 肥料的効果を考慮した有機質資材の施用量の求め方

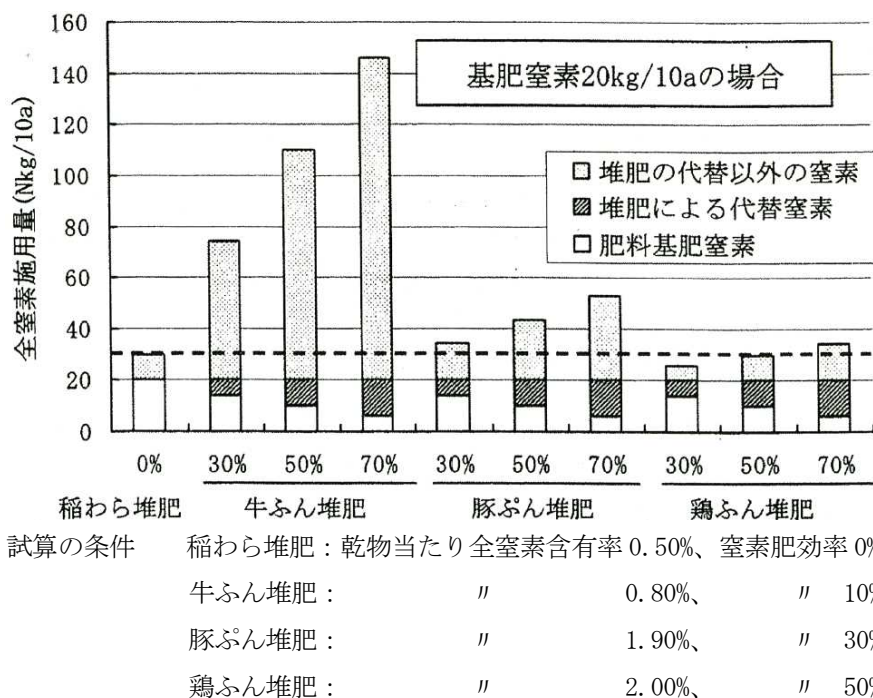
施肥量算出のポイントは以下の 3 点である。

a 有機質資材は基肥を代替する資材と位置付ける。

化学肥料中の成分（例：アンモニア）は施用後すぐに効く、速効性である。一方、有機質資材中の肥料成分は、土壌に施用された後、微生物の作用等によって分解されてから農作物に吸収される。このため、有機質資材は速効性が期待される追肥の代替には向かず、基肥の代替として利用する。このとき基肥のどのくらいを代替するかを代替率という。すなわち代替率 0 %は化学肥料のみ施用の場合であり、代替率 100%は有機質資材中のみ施用の場合である。

基肥窒素の代替率は 30%をめやすとする。

その理由は、①有機質資材中の窒素の肥効が温度（地温）に左右されるため、代替率が高い場合に肥効が不安定になり易い。②代替率が高い場合に施肥窒素と有機質資材中全窒素の合計窒素施用量が当面のめやすである年間 30kg/10a を大幅に上回るためである（第Ⅱ-3-2 図）。なお、窒素以外の肥料成分（りん酸、加里、石灰、苦土）については、農作物に対する影響が窒素ほどは大きくないため、代替率の上限を 100%とする。



第Ⅱ-3-2図 堆肥の種類と代替率の違いが全窒素施用量に及ぼす影響（試算）<sup>3)</sup>

b 有機質資材の肥料成分は、肥効率を掛けて、有効成分量（化学肥料相当量）に換算する。

肥効率は、有機質資材の肥料成分の肥料としての効果を、化学肥料と比較した指数である。その効果が化学肥料と同等ならば肥効率 100%、化学肥料の半分ならば 50%となる。例えば、化学肥料で窒素 8kg/10a 施用した場合と同等の収量を得るために、有機質資材の窒素成分として 20kg/10a 施用する必要があるれば、その資材の窒素肥効率は 40%（ $= 8 \div 20 \times 100$ ）となる。ナタネ油粕など有機質肥料の窒素肥効率は 70～80%程度をめやすとする。

c 有機質資材の施用量は、まず窒素について算出し、りん酸、加里、石灰、苦土が過剰になった場合には施用量を減らす。

(ウ) 肥料的効果を考慮した有機質資材の施用量の具体的な算出手順

以上で述べた事項を基にした、有機質資材の肥料的効果を考慮した施用量は、以下の手順によって得られる。

- ① 施用する作物の基肥施用量は、施肥基準や土壌診断を参考にして適正量を設定する。
- ② 有機質資材の成分含有率を表示等で確認する。
- ③ 窒素の代替率を 30%として第Ⅱ-3-3 図の計算式により有機質資材の施用量を算出する。
- ④ ③で求めた有機質資材施用量で窒素以外の成分の有効成分量（資材施用量 (kg/10a) × 堆肥の成分含有率 (%) / 100 × 肥効率 (%) / 100) を計算する。
- ⑤ ④の結果、設定した基肥施用量を上回っている成分がある場合には、その成分が過剰にならないように、その代替率の上限を 100%にして資材施用量を再計算する。

⑥ 不足する肥料成分を補う化学肥料の量を計算する。

以上は有機質資材施用後に作付けられる作物に対する肥料的効果を考慮したものであり、連用による土壌肥沃度向上効果は考慮されていない。肥沃度の向上は土壌診断で判断し、必要に応じて基肥施用量を減じる。

⑦ なお、施用量の算出を平易に行う方法として「家畜ふん堆肥利用促進ナビゲーションシステム」(69 ページ参照) 及び千葉県施肥設計支援システム「エコFIT」(70 ページ参照) が利用できる。

$$\text{有機質資材施用量 (kg/10 a)} = \text{必要基肥窒素量 (kg/10 a)} \times \frac{\text{代替率 (\%)}}{100} \times \frac{100}{\text{資材の窒素含有率 (\%)}} \times \frac{100}{\text{肥効率 (\%)}}$$

### 第Ⅱ-3-3図 肥料的効果を考慮した有機質資材施用量の試算

#### (2) 家畜ふん堆肥の適正施用量<sup>3)</sup>

家畜ふん堆肥は、稲わら堆肥と比較して肥料成分である窒素、りん酸、加里の含有率が高く炭素率が低い。すなわち家畜ふん堆肥は、肥料成分が多い有機質資材といえる。このため、家畜ふん堆肥の施用量は第Ⅱ-3-3表の肥効率を目安に、前述の肥料的効果を考慮した有機質資材の施用量の求め方に準じて算出する。

すなわち、

① 家畜ふん堆肥は基肥の代替資材として位置づけ、基肥窒素施用量の30%を代替する施用量をめやすとする。各家畜ふん堆肥の窒素の肥料的効果を考慮した作物別施用量のめやすを第Ⅱ-3-4表及び第Ⅱ-3-5表に示した。

② ①の施用量で他の肥料成分が過剰になる場合には、その成分が過剰にならないように施用量を減ずる（牛ふん堆肥では加里分が、豚ふん堆肥ではりん酸分が、鶏ふん堆肥ではりん酸及び石灰分が過剰になりやすい）。

第Ⅱ-3-3表 家畜ふん堆肥の肥効率の目安—黒ボク土露地野菜対象<sup>4)</sup>

家畜ふん堆肥の種類	堆肥の全窒素含有率 (%)		堆肥の肥効率 (%) <sup>1)</sup>		
	乾物当たり <sup>2)</sup>	(現物当たり) <sup>3)</sup>	窒素 <sup>4)</sup>	りん酸 <sup>5)</sup>	加里 <sup>6)</sup>
鶏ふん堆肥	0～2%	(0～1.6%)	20	80	90
	2～4%	(1.6～3.2%)	50	80	90
	4%以上	(3.2%以上)	60	80	90
豚ふん・牛ふん堆肥	0～2%	(0～1%)	10	80	90
	2～4%	(1～2%)	30	80	90
	4%以上	(2%以上)	40	80	90

注1) 化学肥料の肥効を100とした場合の、家畜ふん堆肥の肥料的効果の指数である。

2) 現物当たり全窒素含有率と水分から次式で求める。

乾物当たり全窒素含有率=現物当たり全窒素含有率÷(100-水分(%))×100

3) 水分を鶏ふん堆肥では20%、豚ふん・牛ふん堆肥では50%とした場合の参考値である。

4) 家畜ふん堆肥の窒素代替率25～75%、施用後126～141日(積算地温2,700～3,100℃)のコマツナ3連作栽培試験の結果である。

5) 全りん酸に占める可溶性りん酸の割合から肥効率を推定した。

6) 全加里に占める水溶性加里の割合から肥効率を推定した。乾物当たり全加里含有率が1.5%以上のものが対象である。1.5%未満の堆肥の推定肥効率は50%である。

7) 石灰、苦土の肥効率は各堆肥とも90%である(全石灰、全苦土に占める可溶性の割合から肥効率を推定した)。

**第Ⅱ-3-4表 作物別の家畜ふん堆肥の窒素の肥料的効果を考慮した施用量の目安**

(単位 kg/10a)

作物名	牛ふん堆肥		豚ふん・鶏ふん堆肥	
	ふん主体	副資材入り	ふん主体	副資材入り
水稲 (基肥窒素 3kg/10a)	200 ~300	300 ~400	60 ~80	200 ~300
畑作物 (基肥窒素 10kg/10a)	500 ~1,000	1,000 ~1,500	200 ~300	500 ~1,000
野菜・花植木 (基肥窒素 10kg/10a)	500 ~1,000	1,000 ~1,500	200 ~300	500 ~1,000
(基肥窒素 20~ 30kg/10a)	1,000 ~1,500	2,000 ~2,500	400 ~600	800 ~1,000
果樹 日本なし、みかん、びわ (基肥窒素 12kg/10a)	500 ~1,000	1,000 ~1,500	200 ~300	500 ~1,000

注1) 基肥窒素の30%を堆肥中の窒素で代替する量を目安とした。

2) 基肥窒素 20kg/10a の30%を堆肥中の窒素で代替する施用量においては、牛ふん堆肥では有効なりん酸が16~20kg、有効な加里が20~30kg、同様に、豚ふん・鶏ふん堆肥ではりん酸が20~30kg、加里が10~15kg程度含まれる。

**第Ⅱ-3-5表 草地及び飼料畑に対する家畜ふん尿施用量の目安 (現物 t/10a)**

草種	項目	牛		豚	鶏
		堆肥	液状堆肥	堆肥	乾燥ふん
牧草	イネ科草地	3~4	10~12	2~3	0.5
	混播草地	3~4	10~12	2~3	0.5
青刈りとうもろこし		3~4	5~6	2~3	0.5
サイレージ用とうもろこし		3~4	7~9	2~3	0.5
ソルガム		3~4	9~10	2~3	0.5
青刈りえん麦		3~4	5~6	2~3	0.5
飼料用かぶ		3~4	7~8	2~3	0.5
イタリアンライグラス		3~4	7~8	2	0.4

注1) 牛の堆肥の成分は次のものを想定している。

水分 68.7%、N 0.72%、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0.80%、K<sub>2</sub>O 1.00% (現物当たり%)

- 堆肥中の肥料成分は水分に左右されるので、施肥設計に当たっては水分を把握し、成分量を計算して実際の堆肥施用量を決定する必要がある。
- 堆肥の施用量の決定に当たっては施用履歴を考慮し、また土壌分析により施用量を調整する必要がある。
- 上記施用量は窒素の代替率約30%である。

### (3) 有機質資材利用を支援するパソコンシステム

前述のように、有機質資材の肥料的効果を考慮した施用量の計算は非常に煩雑であるが、家畜ふん堆肥利用促進ナビゲーションシステム又は施肥設計支援システム「エコFIT」を用いることにより、堆肥の施用量と不足分を補う化学肥料の量を簡単に求めることができる。

また、家畜ふん堆肥はその成分によって土づくり的堆肥と有機質肥料的堆肥とに大別できるが、「堆肥のクオリティチャート」システムは堆肥品質判別の資料として活用できる。

さらに、家畜ふん堆肥の利用に当たっては目的に適合した品質、価格、及び流通形態のものを探さることが必要であるが、千葉県庁畜産課の「堆肥利用促進ネットワーク」を利用すれば県内産の検索が可能である。



#### ア 家畜ふん堆肥利用促進ナビゲーションシステムの利用

家畜ふん堆肥利用促進ナビゲーションシステムはパソコンの表計算ソフト Microsoft Excel®上で稼働し、この中のスプレッドシート「家畜ふん堆肥による基肥代替計算テーブル」によりたい肥の肥料的効果を考慮した施用量が算出できる。

詳細は千葉県庁畜産課「堆肥利用促進ネットワーク」

(<https://www.pref.chiba.lg.jp/chikusan/taihiriyoushiki/index.html>) を参照。

次項で述べる施肥設計支援システム「エコ FIT」と類似するものであるが、相違点は 70 ページを参照。

操作法の概要は以下のとおり。

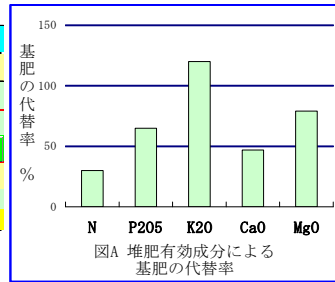
- ① スプレッドシートに堆肥の種類と成分含有率等、必要な基肥施用量を入力し、考慮する成分（例えば窒素）の代替率を設定すると、堆肥施用量と各肥料成分の基肥施用量に対する過不足の状態及び不足分を補う化学肥料の量が図表化される。
- ② ①で代替率の代わりに堆肥施用量を設定しても、各肥料成分の過不足の状態等が同様に示される。この機能により、堆肥の肥料成分を考慮せずにこれまでのように施用した場合に、肥料成分がどのくらい施用されることになるかが容易に把握できる。
- ③ 肥効率は堆肥の種類と成分含有率によって、第Ⅱ-3-3表のめやす値が自動的に設定される。なお、堆肥によっては肥効率が別に示されている場合もあるので、肥効率を任意に設定することもできる。
- ④ 簡易なデータベース機能を有し、作物の基肥施用量や堆肥の成分含有率等のデータを入力保存ができ、スプレッドシートに呼び出すことができる。なお、本県の施肥基準による各作物の基肥施用量があらかじめ入力されている。
- ⑤ 不足分を補う化学肥料の種類を任意に設定することができる。

基肥代替計算テーブルを第Ⅱ-3-4図に示した。この図は堆肥の種類と成分含有率等、基肥施用量を入力し、窒素の代替率を 30%に設定した結果である。堆肥の施用量が計算され、さらに不足する窒素やりん酸等を補う化学肥料の量が示されている。ただし、加里の施用量が基肥施用量を上回り「過剰」と示されている。このため、加里の代替率については 100%を上限として設定し、堆肥の施用量を再計算する必要がある。

家畜ふん堆肥による 基肥代替計算テーブル

表A 施用する堆肥の施用量および成分値								堆肥名: 牛ふん堆肥(計算例)	堆肥データ参照ボタン
施用量	1,250	(kg/10a)	堆肥の種類: <input checked="" type="checkbox"/> 牛ふん堆肥 <input type="checkbox"/> 豚ふん堆肥 <input type="checkbox"/> 鶏ふん堆肥 <input type="checkbox"/> その他の堆肥					堆肥の種類を変更すると肥効率が自動的に設定される(肥効率自動設定モード時)	
成分	水分	窒素全量(N)	りん酸全量(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	加里全量(K <sub>2</sub> O)	石灰全量(CaO)	苦土全量(MgO)	C/N比	E C (現物:水=1:10)	
現物当たり含有率(%)等	50.2	1.20	1.30	1.60	1.80	0.70	18.4	2.5	mS/cm(25℃)
成分投入量(kg/10a)		15.0	16.2	20.0	22.5	8.7	276 (炭素(C))		
肥効率(%)	<input type="checkbox"/> 自動設定モード <input checked="" type="checkbox"/> ユーザー設定モード	30	80	90	90	90	備考:有機物投入量 552 kg/10a 但し、有機物量は炭素量の2倍と考える。		
有効成分投入量(kg/10a)		4.5	13.0	18.0	20.2	7.9	乾物換算係数 2.008		

表B 基肥施用量および堆肥の有効成分によるその代替					
基肥施用量(kg/10a)	窒素	りん酸	加里	苦土石灰	100.0
作物	基肥施用量データ参照ボタン	(N)	(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	(K <sub>2</sub> O)	石灰(CaO) 苦土(MgO)
利用の手引き計算例	15.0	20.0	15.0	43.0	10.0
堆肥有効成分による基肥の代替率(%)	30	65	120	47	79
基肥不足分を補うための肥料の成分含有率	変更	変更	変更	変更	変更
硫安(N 21%)	窒素分は	りん酸分は	加里分は	石灰分は	苦土分は
過石(P205 17%)	10.5 kg	7 kg	3 kg	22.8 kg	2.1 kg
硫酸銅(K20 48%)	不足	不足	過剰	不足	不足
炭カル(CaO 50%)	硫安	過石		炭カル	硫酸苦土
硫酸苦土(MgO 25%)	50 kg	41.2 kg		45.6 kg	8.4 kg
苦土石灰(CaO 43% MgO 10%)	に相当する。	に相当する。		に相当する。	に相当する。



第II-3-4図 家畜ふん堆肥による基肥代替計算テーブルの一例

イ 施肥設計支援システム「エコFIT」の利用

施肥設計支援システム「エコFIT」は化学肥料減肥分を堆肥や有機質肥料で代替する場合に、化学肥料窒素量を考慮しながら目標とする肥料成分量を過不足なく満たす堆肥、有機質肥料、化学肥料の施用量がパソコンで簡易に算出できるシステムである。

施肥設計支援システム「エコFIT」は、パソコンソフト Microsoft® Office Excel 上で稼働するため、Excel が利用できる人ならば誰でも操作できる。

なお、本システムは家畜ふん堆肥利用促進ナビゲーションシステム同様に堆肥の肥料的效果を考慮した施用量を算出するものであるが、ナビゲーションシステムにない機能をも併せ備えているので、利用場面に応じた使い分けが可能である。エコFITに備わっていてナビゲーションシステムにない機能は次のとおり。

- (ア) 単肥(堆肥ナビ)だけでなく化成肥料(複数成分を含むもの)の施用量が計算できる
- (イ) 化学肥料窒素について計算(表示)できる
- (ウ) 「ちばエコ農業」栽培基準、堆肥、肥料のデータが参照できる
- (エ) 追肥についても計算対象にできる
- (オ) 「ちばエコ農業」栽培基準、窒素代替率等に基づいて、堆肥、有機質肥料及び化成肥料の施用量が自動で計算できる

操作手順は、以下のとおりである。

- ① 施肥設計を行うために必要な施肥設計値(目標とする肥料成分量)を入力する。
- ② 施用を予定している各種資材(堆肥、有機質肥料、化学肥料)の成分含量を入力する。
- ③ ちばエコ基準(化学肥料窒素の上限量)を入力する。
- ④ 最適化ボタンをクリックすることで、施用を予定している各種資材の組み合わせの範囲内で目標とする肥料成分量を過不足なく満たす各種資材の施用量が算出される。各種資材由来の成分量の合計が目標とする肥料成分量と合致していなければ、

表示されるコメントに基づいて資材を変更して、再度最適化ボタンをクリックする。これを繰り返すことで目標とする肥料成分量を過不足なく満たす各種資材の施用量を求めることができる。

施肥設計を行うために必要な施肥設計値、肥料及び堆肥の成分含量等の入力は一からだけでなく、既往の刊行物等をデータベース化してあるため、マウス操作で参照可能である。

施肥設計支援システム「エコ FIT」は、県庁担い手支援課技術振興室に利用申請書を提出すれば無料で入手できる。

作物名・作型		成分量(kg/10a)					
なす (ハウス促成栽培)		窒素	化学窒素	りん酸	加里	石灰	苦土
		N		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
基肥	施肥設計値(kg/10a)	40.0		45.0	40.0		
	肥料+堆肥の有効成分量(kg/10a)	40.0	0.0	45.0	40.0	57.8	11.1
	設計値との過不足(%)	100	-	100	100	-	-
追肥	施肥設計値(kg/10a)	20.0		10.0	20.0		
	肥料の有効成分量(kg/10a)	20.0	20.0	20.0	20.0	0.0	0.0
	設計値との過不足(%)	100	-	200	100	-	-
基+追肥	施肥設計値(kg/10a)	60.0	32.0	55.0	60.0	0.0	0.0
	肥料+堆肥の有効成分量(kg/10a)	60.0	20.0	65.0	60.0	57.8	11.1
	設計値との過不足(%)	100	63	118	100	-	-

資材名	施用量(kg/10a)	成分含量(%)						施用量設定(kg/10a)		
		窒素 N	化学窒素	りん酸 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	加里 K <sub>2</sub> O	石灰 CaO	苦土 MgO	下限値	上限値	
堆肥	(平均)牛ふん堆肥	1221	1.14		1.26	1.57	1.77	0.72	50	5000
	(平均)ふん主体採卵鶏ふん	262	2.45		6.26	3.28	16.24	1.3	50	5000
有機質	味好1号	5	6	0	8	4	0	2	5	1000
	(参考)菜種油かす	871	5.59	0	2.2	1.7	1	0.9	5	1000

第Ⅱ-3-5図 施肥設計支援システム「エコ FIT」の操作画面の一部

### ウ 堆肥のクオリティチャートの利用

家畜ふん堆肥の中で肥料成分の少ないものは、土づくりに有効であり、多いものは施用にあたり施肥設計等で堆肥中の肥料成分を考慮することが必要である。「堆肥のクオリティチャート(クオリティチャート)」は、堆肥の成分含有率等から土づくり的堆肥か有機質肥料的堆肥かを大別し、その成分特性及び利用の際の留意点を 図表化する。

「クオリティチャート」(第Ⅱ-3-6図)はレーダーグラフと表とで構成される。パソコンの表計算ソフト Microsoft Excel®のグラフ作成機能や関数機能を使って、「堆肥のクオリティチャート作成システム」で作成する。

このシステムは千葉県農林水産部畜産課衛生環境推進室に問い合わせれば入手可能である。詳細は千葉県庁畜産課「堆肥利用促進ネットワーク」

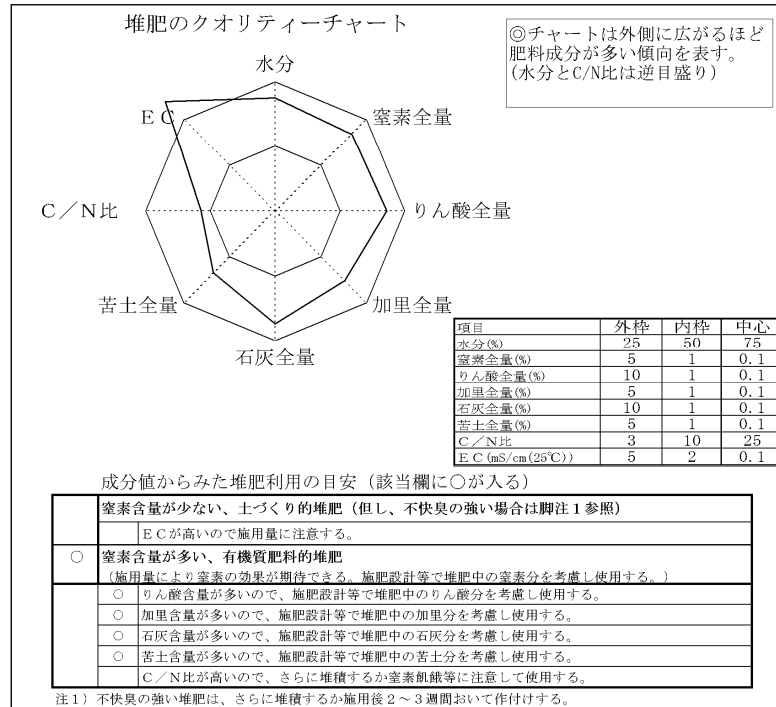
(<https://www.pref.chiba.lg.jp/chikusan/taihiriyou/index.html>)を参照。

#### (ア) レーダーグラフ

このレーダーグラフは、肥料成分が多いものほど外側に広がるように、水分と C/N比の座標軸は逆目盛りとなっている。また、内枠(破線)の各座標の値は肥料的か土づくり的かの境界を示し、窒素全量(現物当たり)と加里全量(現物当たり)は1%、EC(電気伝導度、測定条件 現物:水=1:10)は2mS/cm(25℃)に設

定してある。また、他の肥料成分は肥料的価値を考慮して1%に、水分とC/N比はそれぞれ50%と10に設定してある。なお、中心及び外枠（一点鎖線）の各値は、家畜ふん堆肥の各成分等の最大値及び最小値を参考にそれぞれ設定してある。

堆肥のクオリティーチャート作成システム



### 第II-3-6図 堆肥クオリティーチャートのレーダーグラフ例

#### (イ) 成分値からみた堆肥利用の目安を示す表

堆肥利用の目安を示す表は、窒素全量により堆肥を土づくり的堆肥と有機質肥料的堆肥に区分し、その成分特性と利用の際の注意点を示す形としてある。この表を作成するに当たって以下の条件を設定した。

窒素全量が1%以下の堆肥は、「窒素含量が少ない、土づくり的堆肥」の欄に○が表示される。ただし、窒素全量が1%以下の堆肥でも、不快臭の強い堆肥は多量に施用すると作物に障害を起こす危険があるため、「不快臭の強い堆肥はさらに堆積するか、施用後2～3週間おいて作付けする。」と脚注を付けた。同様に、E Cが2 mS/cm (25°C) を超える場合は「E Cが高いので施用量に注意する。」の欄に○が表示される。

窒素全量が1%を超えるものは、「窒素含量が多い、有機質肥料的堆肥」の欄に○が表示される。

他の肥料成分については、それぞれ1%を超える場合に「各々の含量が多いので、施肥設計等で堆肥中の各々の成分を考慮して使用する。」の欄に○が表示される。

C/N比が25を超える場合には「C/N比が高いので、さらに堆積するか窒素飢餓等に注意して使用する。」の欄に○が表示される。

### (ウ) 操作法

各ワークシートにおいて、堆肥の成分含有率等のセルには直接キーボードから数字又は文字が入力できる。また、コマンドボタン、オプションボタンをクリックすると、ワークシートの切り替え、印刷、設定等ができる。

Microsoft Excel - qc1.xls

ファイル(F) 編集(E) 表示(V) 挿入(I) 書式(O) ツール(T) データ(D) ウィンドウ(W) ヘルプ(H) Adobe PDF(P) 質問を入力してください

データの入力・設定法：水色のセルには直接入力できます。青および黄緑色のボタンをクリックするとそれぞれが設定変更等できます。

堆肥データ参照ボタン クオリティーチャート印刷 ページ番号情報

堆肥名：乳牛ふん堆肥A1

備考：クオリティーチャート作成例

#### 成分含有率（現物）等

項目	分析結果	1t当たりの含有量
水分	50.7 %	
窒素含量(N)	1.10 %	11 kg
りん酸含量(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	1.30 %	13 kg
加里含量(K <sub>2</sub> O)	1.60 %	16 kg
石灰含量(CaO)	1.80 %	18 kg
苦土含量(MgO)	0.70 %	7 kg
C/N比	15.3	
EC(現物:水=1:10)	3.3 mS/cm(25°C)	

堆肥のクオリティーチャートについて

堆肥のクオリティーチャートは、千葉県土づくり大気堆肥コンクールにおける堆肥の発芽試験と成分分析結果等との関係をもとに、成分値から土づくりの堆肥の有機質肥料の堆肥かを表しています。

発芽試験は土づくりの堆肥をみるに欠かせない指標から、堆肥と火山灰土を1:1に混合しコマツナを用いて行います。したがって、肥料成分の多い堆肥や、土壌中で急速に分解する堆肥の発芽率は低くなります。

成分値と発芽率との関係を見ると、窒素含量(現物)が1%を超えると発芽率が低くなる傾向がみられました。また、EC(現物:水=1:10)が2mS/cm(25°C)、加里含量(現物)が1%を超えると同時に発芽率が低くなる傾向がみられました。これらの値を超える堆肥は、堆肥量によっては肥料成分を考慮して使用したほうがよい堆肥と考えられます。逆に、これ以下のものは肥料効果より、土づくりの効果が期待できるものと考えられます。

一方、コンクールの審査員によるおおいの有機窒素含量と発芽率との関係を見ると、おおいの評価の低いもの、すなわち不発芽の強いものは発芽率が低い傾向がみられました。したがって、成分値からみて土づくりの堆肥と考えられても、不発芽の強い堆肥をそのまま使うと問題をおこす可能性があります。

なお、りん酸、苦土、苦土含量については発芽率との間に一定の傾向はみられませんが、1%以上のものを肥料の副産物と見なされます。

堆肥のクオリティーチャート

◎チャートは外側に広がるほど肥料成分が多い傾向を表す。(水分とC/N比は逆目盛り)

項目	外枠	内枠	中心
水分(%)	25	50	75
窒素含量(%)	5	1	0.1
りん酸含量(%)	10	1	0.1
加里含量(%)	5	1	0.1
石灰含量(%)	10	1	0.1
苦土含量(%)	5	1	0.1
C/N比	3	10	25
EC(mS/cm(25°C))	5	2	0.1

成分値からみた堆肥利用の目安(該当欄に○が入る)

窒素含量が少ない、土づくり的堆肥(但し、不発芽の強い場合は脚注1参照)	ECが高いので施用量に注意する。
窒素含量が多い、有機質肥料的堆肥	<input type="checkbox"/> 施用量により窒素の過剰が期待できる。肥料設計等で堆肥中の窒素分を考慮し、施用する。 <input type="checkbox"/> りん酸含量が多いので、堆肥設計等で堆肥中のりん酸分を考慮し、施用する。 <input type="checkbox"/> 加里含量が多いので、堆肥設計等で堆肥中の加里分を考慮し、施用する。 <input type="checkbox"/> 石灰含量が多いので、堆肥設計等で堆肥中の石灰分を考慮し、施用する。 <input type="checkbox"/> 苦土含量が多いので、堆肥設計等で堆肥中の苦土分を考慮し、施用する。 <input type="checkbox"/> C/N比が高いので、さらに堆積するか発酵機等に注意して使用する。

注1) 不発芽の強い堆肥は、さらに堆積するか施用後2〜3週間おいて併用する。

## 第II-3-7図 堆肥クオリティーチャートの操作画面

### エ 堆肥利用促進ネットワークの利用

千葉県庁畜産課では、県内の畜産農家で生産された良質な堆肥を広く流通させるため、堆肥の成分分析を実施し、県の作成した「千葉県堆肥利用促進ネットワーク登録基準」に合致している堆肥を県民に公開している。

このシステムに登録された家畜ふん堆肥は、各地域別に検索することができる。検索結果には、主な原料ふんの種類、生産者の氏名・団体名、販売場所の住所、年間生産量、提供価格(円)、配送可否、ほ場散布の可否、すき込みの可否等の情報が含まれる。

利用は、インターネットで

<https://www.pref.chiba.lg.jp/chikusan/taihiriyou/kensaku.html> から。

#### (4) 緑肥の利用

##### ア 緑肥の意義

緑肥は、栽培後すき込むなどの方法で施肥効果を期待する作物である。同じ作物が、農地の肥沃度向上以外に様々な便益をもたらすことがあり、利用に当たっては総合的な視点を持つことが必要である。主な機能・便益は次のとおり。

- |                   |                     |
|-------------------|---------------------|
| (ア) 土壌への養分や有機物の補給 | (ク) 天敵の保護           |
| (イ) 土壌の物理性改善      | (ケ) 害虫侵入への障壁        |
| (ウ) 土壌侵食の防止・軽減    | (コ) 耕作放棄地の農地としての維持  |
| (エ) 雑草の抑制         | (カ) 緑化による生活環境の維持向上  |
| (オ) 有害線虫の抑制       | (シ) 観光資源・教育資源としての利用 |
| (カ) 連作障害の回避       | (ス) 飼料としての利用        |
| (キ) 生物多様性の向上      | (セ) 蜜源としての利用        |

##### イ 利用法

緑肥は生産物そのものを販売することがない。すなわち、生産者にとって経済的価値を実感しにくい作物である。また、本県の気候では農作物栽培の不可能な時期はほとんど存在せず、品種改良や病害虫防除等の技術開発とあいまって、年間を通しての販売向け作物生産が可能になってきている。

このため、上に列記したような機能・便益を総合的に活用し、長期的に農地の生産力を維持向上させる視点を持って、販売向け栽培と合理的な作付体系を組み立てることが緑肥の利用には不可欠である。

具体的には次のような項目に配意の上で緑肥の作目を選び、利用法を決定する。

##### (ア) 主として期待する機能・便益

有害線虫抑制効果を期待する場合は、緑肥作物の種類によって抑制効果が確認されている線虫の種類が異なることに留意しなければならない。また、抑制効果を十分に発揮するためには、品種に応じた播種時期、播種量、栽培期間、すき込み時期、腐熟期間が必要となる。

速効肥料的効果を期待する場合は、C/N比が低いマメ科作物を選択する。例えば、減化学肥料の水稻栽培にれんげを用いることがある。

土壌の物理性改善を重視する場合は、C/N比の高いイネ科作物が適している。

土壌中の過剰養分の除去機能を重視する場合は、吸肥力の強い作物を選択し、ほ場外への持ち出し・処分の体系を構築しなければならない。特にソルゴーは窒素や加里の吸肥力が強い。

耕作放棄地の維持管理の場合には、管理に必要な機材や労力になるべく小さいもので、できれば景観形成の機能を持ち、観光資源や教育資源としての活用が可能なものを選択して地域的な取り組みを育成することが必要となるであろう。

##### (イ) 販売向け作物との作期の調整

ほ場の利用計画において、販売向け作物との作期の調整は重要である。

場合によって、販売向け作物が生育している時期の畝間播種、間作、又は草生栽培等の栽培形態を選択することが必要である。生育障害を避けるための後作との間隔確保も重要である。

(ウ) ほ場特性との調整

水田転換畑等では、湿害に強い品目を選定しなければならない。

市販されている緑肥作物のうちには暖地向け、冷涼地向け等の特性を有するものがあるので、選択時の確認が必要である。本県では、特に暖候期の利用に当たって雑草の生育に負けない初期生育の早いものが有利である。

(エ) 堆肥との比較検討

堆肥の機能のうちには緑肥の機能と同様のものがあるので、緑肥と堆肥との比較検討が必要になる。

堆肥の利用のためには良質堆肥の確保から散布までに、堆肥の購入、一時保管場所、及び運搬・散布等のための資金・土地や労力・機材を要するが、ほ場を占有する期間がない。一方、緑肥は、種子と場合によって若干の肥料を用意すれば生産が可能であるが、ほ場を占有する期間がある。

根の伸長によってほ場の深い部分にまで省力的に効果を発揮できることを含めて緑肥作物の優れた点は多いので、利用できる機材や労力等と合わせた農地利用計画を立案しなければならない。

(オ) 雑草化への用心

緑肥作物としての利用が終わった後に、雑草として販売用作物に悪影響を及ぼすことのない管理が必要である。

(カ) すき込みの方法と時期

緑肥を土壤に還元するための主な方法は、すき込みである。草丈が人間の腰の高さ程度であれば立毛状態でそのままロータリー耕処理できるが、とうもろこしやソルゴー等の場合は、一度刈り倒すか、あるいは細断してすき込む必要がある。

時期は、後作の作業計画、緑肥に期待する養分、及びすき込まれた緑肥の分解に伴う後作の生育障害を避ける期間を総合的に判断して決める。

一般に緑肥は成熟が進むに従ってC/N比が高まる。また、すき込まれる養分量は生育量に比例する。

すき込まれた緑肥の分解には、緑肥作物のC/N比、土壤水分及び地温等が影響する。C/N比の低い方が緑肥作物の分解は速い。C/N比が高く、特に粗繊維の多いものは分解が遅い。ただし、C/N比の低いマメ科作物等は分解が急速に進むので、後作への障害はかえって出やすい。土壤水分の高いほ場では分解が進みにくい。特に水田では分解に伴って土壤が還元状態（酸素不足）になりやすく、有機酸の生成を含めた障害に注意が必要である。地温は高い方が、分解が進みやすい。

以上を総合すると、緑肥のすき込みから後作の播種等までには1か月程度を確保し、季節やほ場の状態によって期間を加減することが望ましい。なお、すき込

み後に耕うんを繰り返すことで分解が促進されるので、整地と合わせて作業を組み立てると良い。

(キ) 窒素飢餓への留意

有機物を土壤に投入すると、分解に寄与する微生物が窒素を取り込んでしまつて土壤中の無機態窒素含有量をかえって低下させ、作物の生育に不足することがある。これを窒素飢餓と称する。窒素飢餓の実態については明確でない部分もあるが、緑肥に限らず稲わら、麦稈、堆肥等の有機物をほ場に投入するに当たっては、窒素飢餓に留意しなければならない。

窒素飢餓を防止する方法としては、有機物分解のために後作までの期間を長く確保する、又は有機物分解に必要な窒素を後作の基肥と別に施用することで分解を促進するなどがあげられる。

(ク) レンゲ及びヘアリーベッチを利用した水稻作の留意点

近年は無農薬栽培における除草対策用途も研究されており、地域おこし品目としての活用も含めてレンゲ及びヘアリーベッチの導入が検討されることがある。

水稻作にレンゲ及びヘアリーベッチを利用する場合の、主な技術的留意点は次のとおりである。

a レンゲ及びヘアリーベッチの窒素量を認識し、利用目的を明確にする

レンゲ及びヘアリーベッチは多量の窒素をほ場にもたらず。開花期のレンゲは乾物当たり約3～5%の窒素を含み、すき込み後約1か月で50%が無機化するとされている。乾物率を20%程度とすると1トンの生草のすき込みは、窒素肥料6～10kgに相当する<sup>4)</sup>。また、ヘアリーベッチは10a当たり10～15kgの窒素投入量が得られるといわれており、レンゲに比べると多い。

本県では開花を見てからのすき込みでは、田植えが相当に遅くなる。コシヒカリでは遅い田植えが倒伏を助長すること、レンゲの供給する窒素が多量であり、かつ後期まで肥効があること、及び収穫までの水確保などを総合的に考え、レンゲの利用目的を、減化学肥料による水稻栽培か、花の観賞による地域おこしか、などの目的を明確にして取り組むべきである。

なお、実際の緑肥利用に当たっては、レンゲ及びヘアリーベッチの部分収穫によってほ場全体としてのレンゲ及びヘアリーベッチ由来窒素量を把握し、施肥設計を行う。その状況によっては、茎葉部をすき込まず、ほ場外に持ち出す。

b 出芽・生育を確保する

レンゲ及びヘアリーベッチの発芽適温は20～25℃程度であり、播種適期を逃すと十分な発芽と生育量の確保が難しくなる。場合によっては、水稻立毛中に播種する方法もある。

湿田では生育が阻害されるので、暗きよや明きよなどで排水を良くする。

ウ 緑肥の硝酸性窒素の溶脱抑制効果及び次作物に対する肥料的効果

各種緑肥について土壤からの窒素吸収特性を基づいた、硝酸性窒素の溶脱抑制効果及び次作物に対してすき込まれた緑肥の肥料的効果を評価した試験事例を示す。

黒ボク土において、播種前に硝酸性窒素の残存する深さを変えて数種類の緑肥



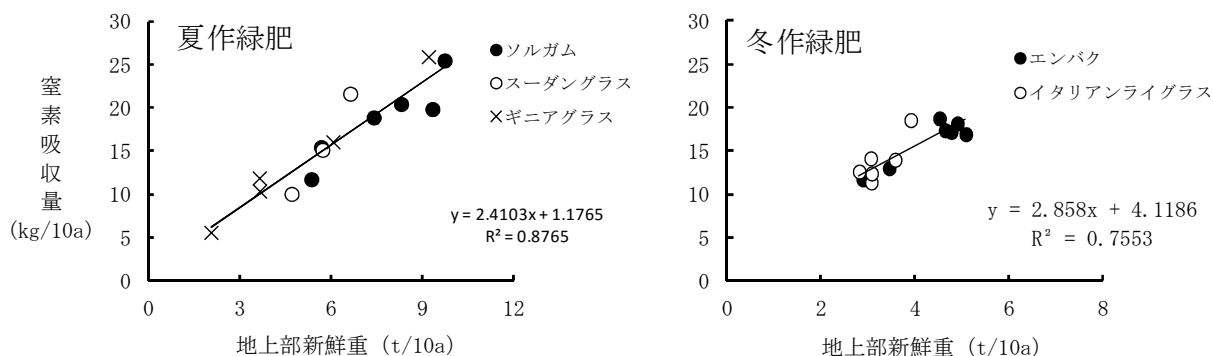
を栽培すると、夏作のソルガムは深さ 70 cmまで、冬作のエンバクは深さ 60 cmまでの硝酸態窒素を吸収する<sup>5)</sup> (第Ⅱ-3-6表)。また、ソルガム及びエンバクは、ともに最大で 20kg/10a 程度の窒素を吸収する。栽培後の深さ 0～1 mに残存する窒素量が、ソルガム及びエンバクでは無作付に比べてそれぞれ 10a 当たり 16～17kg 及び 5～12kg 少なく (第Ⅱ-3-6表)、硝酸態窒素の溶脱抑制効果が高い。夏作及び冬作緑肥ともに、地上部新鮮重が多いほど、窒素吸収量が多い (第Ⅱ-3-8図)。窒素吸収量 (y) は、地上部新鮮重 (x) から次式を用いて推定できる。

夏作緑肥 :  $y = 2.41x + 1.18$ 、冬作緑肥 :  $y = 2.86x + 4.12$ 。10a 当たり約 12kg の窒素を吸収させたソルガム及びエンバクをすき込むと、緑肥の窒素吸収量の 50% 相当量を基肥から削減しても、コマツナでは慣行栽培と同程度の収量が得られる (第Ⅱ-3-9図)。

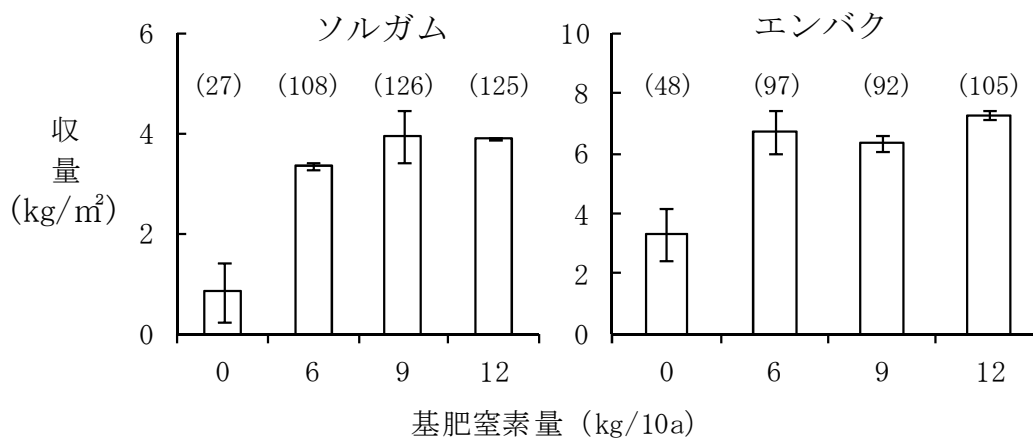
**第Ⅱ-3-6表 夏作及び冬作緑肥の生育及び窒素吸収量と栽培終了時の硝酸態窒素残存量**

	播種前の硝酸態窒素が存在する深さ	緑肥	草丈	地上部新鮮重	窒素吸収量	栽培終了時の深さ 0～1mの硝酸態窒素量
			(cm)	(t/10a)	(kg/10a)	(kg/10a)
夏作	10～20cm	ソルガム	285	7.4	18.8	5.9
		スーダングラス	240	6.6	21.6	6.2
		ギニアグラス	159	6.1	16.0	10.8
		無作付	—	—	—	23.1
	60～70cm	ソルガム	278	9.3	19.8	0.5
		スーダングラス	225	4.7	10.0	0.2
		ギニアグラス	125	2.1	5.6	5.8
		無作付	—	—	—	16.8
冬作	10～20cm	エンバク	127	4.9	18.1	6.2
		イタリアンライグラス	119	3.6	13.9	6.1
		無作付	—	—	—	18.5
	50～60cm	エンバク	110	4.5	18.7	9.4
		イタリアンライグラス	107	3.1	12.4	12.3
		無作付	—	—	—	13.9

注) 夏作緑肥は播種前 13 日及び 132 日、冬作緑肥は播種前 13 日及び 86 日に、窒素成分で 15kg/10a 施用し、播種前の硝酸態窒素が残存する深さが異なる試験区を設定した。



**第Ⅱ-3-8図 夏作緑肥及び冬作緑肥における地上部新鮮重と窒素吸収量**



第Ⅱ-3-9図 緑肥すき込み後に基肥を削減して栽培したコマツナの収量

注1) 慣行区の基肥窒素量は12kg/10a。

2) ( )内は緑肥無すき込みの慣行区を100とした収量割合。

3) 11.7kg/10aの窒素を吸収させたソルガム及びエンバクをすき込んだ。緑肥すき込み時、すき込み後2回及び施肥時の計4回耕うんした。ソルガムでは、すき込み28日後の10月16日にコマツナを播種し、12月10日に収穫した。エンバクでは、すき込み33日後の6月25日にコマツナを播種し、7月23日に収穫した。

#### 引用文献

- 1) 農林水産技術会議事務局：研究成果166 農耕地における土壌有機物の変動予測と有機物施用技術の策定，13（1985）
- 2) 家壽多ら：土肥誌，74，673～677（2003）
- 3) 千葉県農林水産部・(社)千葉県畜産会：環境にやさしい家畜ふん尿処理利用の手引き（2001年版），176～184，205～216（2003）
- 4) 千葉県・千葉県農林水産技術会議：カバークロップ・草生栽培栽培指針，10（2012）
- 5) 千葉県成果普及情報，環境保全，緑肥の硝酸態窒素溶脱抑制効果とすき込み後の基肥窒素代替効果（2013）

## 4 局所施肥による減肥

### (1) 局所施肥とは

局所施肥とは、作物の根が分布する位置にあらかじめ肥料を施用し、効率よく肥料成分を吸収させる施肥法である。現在は、農業機械の利用による作業の省力化が優先されているため全面全層施肥が一般的であるが、全面施肥は作物の植え付けられていない位置にまで施肥されるため、肥料の利用率が低いという短所がある。それに対して、局所施肥には、施用された肥料が作物に効率よく吸収されるため、①肥料の流出や揮散が少なく、水系や大気に対する環境負荷が減少する、②作物の生育が促進され、収量の確保や品質向上が図られる、③減肥栽培が可能となり、資源を大切に利用できると同時に、コストが削減できる、④作物の生育ステージに合った最適位置に施肥することで、生育制御が容易になる、などの長所がある<sup>1)</sup>。しかし、一方で、局所施肥は肥料による濃度障害が発生する危険性も含んでいる。

局所施肥法には、施肥範囲の広い順に、マルチ内施肥（畝内施肥）、条施肥、植溝施肥、側条施肥（水稻）、植穴施肥、ポット内施肥、セル内施肥、育苗箱施肥（水稻）などがある。施肥位置を決定するために考慮すべき点としては、①肥料成分が効率的に利用されること、②肥料による濃度障害が発生しないこと、③施肥作業が省力的で簡便であることが挙げられる。局所施肥によって、施肥位置が狭い範囲に限定されるほど、肥料の利用率は高くなるものの、濃度障害の危険性も高まると考えられる。最近では、局所施肥法に肥効調節型肥料を採り入れた全量基肥栽培が実用化されつつある。これは、局所施肥に伴って発生する恐れのある濃度障害を回避するとともに、省力化を図ろうとするものである。

#### ア マルチ内施肥

マルチ内施肥は、従来の全面全層施肥に対して、マルチを張るベッド部分にのみ施肥する方法である。通路部分の施肥を省くという点では、畝内施肥やベッド部施肥に当たる。

#### イ 条施肥・植溝施肥

条施肥は、作物を植え付ける畝に沿った位置にすじ状に施肥する方法で、類似の施肥法として、溝を掘った位置に施肥する植溝施肥がある。条施肥や植溝施肥は、マルチ内施肥に比べて、施肥位置が局所に限定される。

#### ウ 側条施肥（水稻）

側条施肥は、歩行用もしくは乗用田植機に施肥機を搭載して、田植え作業と同時に水稻の株元に基肥を集中的に条施する方法である。肥料はほとんど全部が還元層の中に施用されるため、きわめて利用率の高い施肥法である（109、127～134、138～140ページ参照）。

#### エ 植穴施肥

苗を定植する位置に植穴を掘り、穴の下層土に基肥を混和する方法である。

#### オ ポット内施肥

野菜苗の鉢上げ時に、本ば生育に必要な肥料全量を培養土に混和する方法である。施肥の省力化が図られる上、根圏周辺の狭い範囲に施肥することになるため、大幅な減肥が期待できる。本手法では、ポット内に多量の肥料を混和することから、濃度障害を回避するために、育苗期間中の肥料の溶出をできるだけ抑えたシグモイド型被覆肥料の利用が必要となる。

#### カ セル内施肥

セル内施肥は、育苗用培養土の中に基肥に相当する肥料を混合してセル成型育苗し、苗に肥料を抱かせたまま定植することによって、本ばには基肥を施用しない方法で

ある。育苗期間に当たる初期の肥料の溶出を最小限に抑えたシグモイド型被覆肥料の利用が不可欠である。

セルトレイを利用したセル成型育苗は、現在、レタス、ハクサイ、キャベツ、ブロッコリー等、葉菜類を中心に実用化されている。

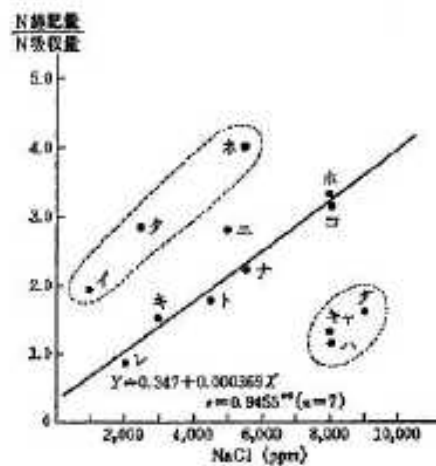
#### キ 育苗箱全量施肥（水稲）

水稲の育苗箱全量施肥は、本田期間中の施肥窒素分をあらかじめ育苗箱内に施用し、移植苗と共に肥料が本田に持ち込まれる施肥法である。育苗期間中の肥料の溶出を抑えたシグモイド型被覆肥料の利用が不可欠である。

### (2) 局所施肥に向く野菜の品目

各種作物の施肥利用率向上に当たっては、土壤中の窒素濃度及び生育時期別の養分吸収経過の解析による合理的施肥の実施が重要となる。一般的に、作物の生育初期においては、根域の広がり狭く、肥料の吸収量も少ない。この時期に局所施肥を行って、効率的に養分を吸収させ、良い生育を促すことが可能な作物としては、比較的濃度障害（アンモニア害）を受けにくいキャベツ、ハクサイ、ホウレンソウ、スイートコーン、タイサイなどが挙げられる。

畑作物の窒素吸収量に対する施肥量の倍率と相対的耐塩性濃度との関係は、作物により異なっており（第Ⅱ-4-1図）、耐塩性の高いダイコン、キャベツ、ハクサイなどは土壤溶液濃度を高くしないと十分に肥料を吸収できないと考えられる。これらの作物は条施肥などで肥料濃度を局所的に高め、生育の初期段階で十分吸収させることにより、収量を維持しつつ肥料を減らすことが可能になる。一方、耐塩性が低く栽培期間の長いネギ、タマネギ、イチゴなどの作物は、適期少量多数回追肥により肥料の利用率を高めることができると考えられる。



第Ⅱ-4-1図 畑作物の窒素吸収量に対する施肥量の倍率と相対的耐塩性濃度との関係<sup>2)</sup>

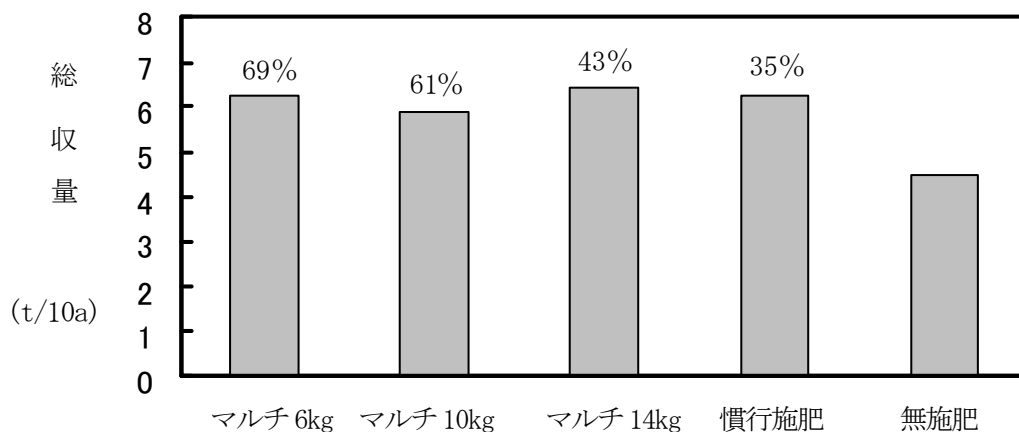
注)イ:イチゴ、コ:ココブ、キ:キュウリ、  
キャ:キャベツ、ダ:ダイコン、ト:トマト、  
ナ:ナス、ニ:ニンジン、ネ:ネギ、  
ハ:ハクサイ、ホ:ホウレンソウ、レ:レタス

### (3) 局所施肥による減肥栽培の試験例

#### ア マルチ内施肥（春夏どりニンジン）

春夏どりニンジン（品種：向陽二号）で、マルチ内施肥の窒素施用量を6kg/10a、10kg/10a及び14kg/10aとした区を設定し、慣行の全面全層施肥（窒素施用量20kg/10a）と比較栽培した。マルチ14kg区では、ベッド部分に施用される窒素量が慣行区のそれとほぼ同一になる。供試肥料はCDU複合化成（10:13:10）で、いずれの区も追肥は施用しなかった。

その結果、マルチ内施肥窒素量6kg/10aで慣行施肥と同等の総収量が得られた（第Ⅱ-4-2図）。ただし、標準収量（6t/10a）を得るためのニンジンの窒素吸収量は9～12kg/10aなので、土壤肥沃度の低いほ場ではマルチ内施肥窒素量を10kg/10a程度にする必要がある。慣行施肥区に対する窒素減肥率は、マルチ6kg/10a区で70%、マルチ10kg/10a区で50%となる。施肥窒素利用率は、慣行施肥区の35%に対して、マルチ内施肥区では43～69%に向上した。

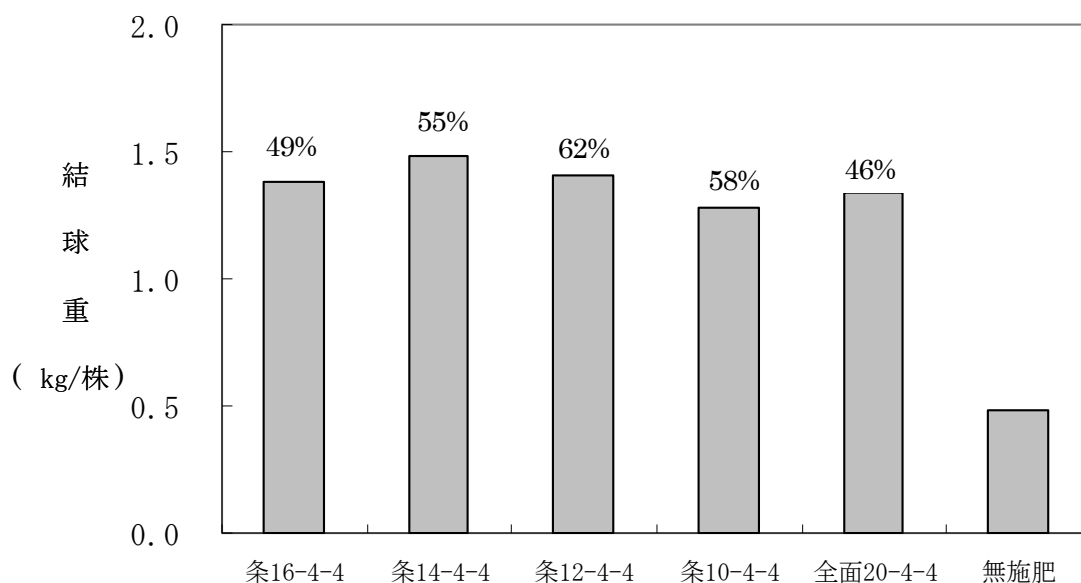


第Ⅱ-4-2図 マルチ内施肥がニンジンの収量に及ぼす影響<sup>3)</sup>

注) 棒グラフの上の数字は、施肥窒素利用率を示す。

#### イ 条施肥 (秋冬どりキャベツ)

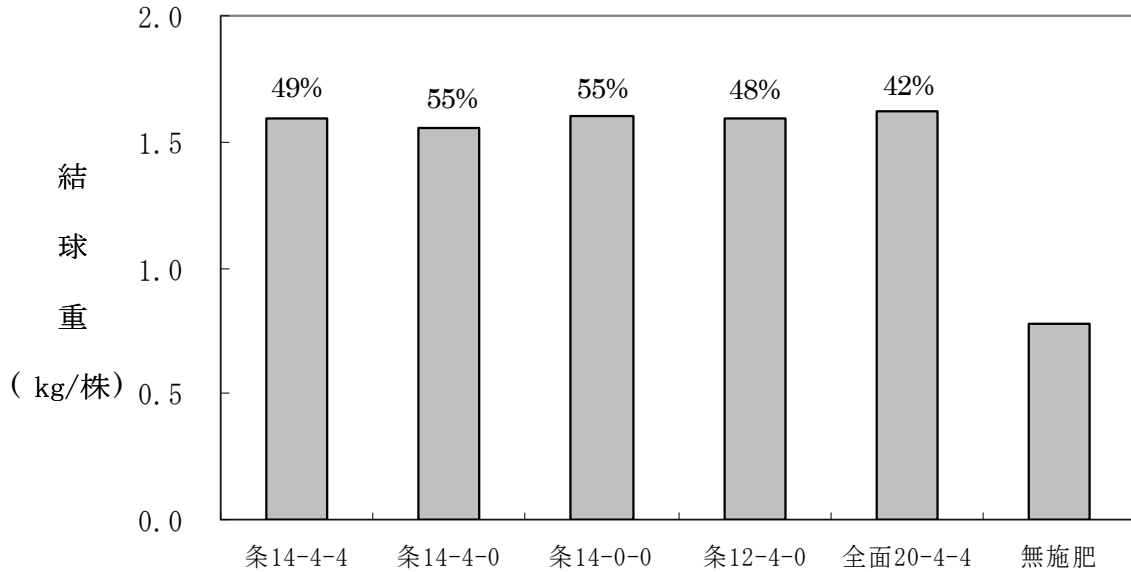
秋冬どりキャベツ (品種: 金系 201 号) で、条施肥の基肥窒素施用量を変えた試験及び追肥窒素施用量を変えた試験をそれぞれ実施した。使用した肥料は、速効性化成肥料である。条施肥の基肥窒素施用量を 10、12、14、16kg/10a と変え、追肥窒素施用量を同一 (4 kg/10a × 2 回) とした試験では、いずれの試験区とも慣行施肥の '全面 20-4-4 区' と収穫時結球重に有意な区間差は認められなかった。その中では、14kg/10a 区が株張りも良く、結球重が最も大きかった。また、16kg/10a 区では未結球など生育不良株の割合が多く、肥料の濃度障害による影響と考えられた (第Ⅱ-4-3 図)。追肥の有無と収量との関係については、追肥をしない '条 14-0-0 区' は、4kg/10a を 2 回追肥する慣行施肥の '全面 20-4-4 区' と結球重に差がなかった (第Ⅱ-4-4 図)。従来の全面全層施肥法では総窒素施用量 28kg/10a が基準であるが、条施肥で基肥窒素施用量を 14kg/10a とすれば、追肥の必要がなく、従来の施肥法で栽培した場合と同程度の収量が得られた。施肥窒素利用率は、慣行 (全面 20-4-4) 区の 42% に対して、条施肥 (条 14-0-0) 区では 55% と向上した。



第Ⅱ-4-3図 条施肥における基肥窒素施用量がキャベツの結球重に及ぼす影響<sup>4)</sup>

注 1) 試験区の数値は、基肥-追肥 1 回目-追肥 2 回目の窒素施用量 (kg/10a) を表す。

2) 棒グラフの上の数字は、施肥窒素利用率を示す。



第Ⅱ-4-4図 条施肥における追肥窒素施用量がキャベツの結球重に及ぼす影響<sup>4)</sup>

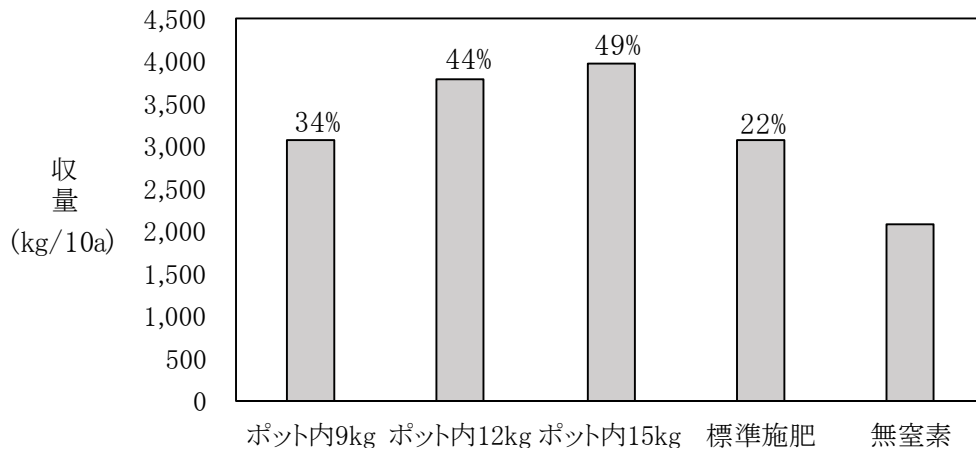
注1) 試験区の数値は、基肥-追肥1回目-追肥2回目の窒素施用量(kg/10a)を表す。  
 2) 棒グラフの上の数字は、施肥窒素利用率を示す。

ウ チェーンポット内施肥 (夏どり及び冬どりねぎ)

2月まき夏どりねぎ (品種:吉蔵) 及び5月まき冬どりねぎで、専用の被覆肥料 (被覆燐硝安 140 日タイプ) を育苗用培養土に混合してチェーンポット育苗を行い、本ぼへは基肥無窒素で定植した。チェーンポットへの窒素施用量は、9kg/10a、12kg/10a、15kg/10a を設定した。標準施肥区はチェーンポットへの施肥を行わず、本ぼの基肥窒素施用量は夏どりねぎでは8kg/10a、冬どりねぎでは12kg/10a とした。本ぼでの追肥は、チェーンポット内施肥を行った区では実施せず、標準施肥区は夏どりねぎでは16kg/10a の窒素を4回に分けて、冬どりねぎでは12kg/10a の窒素を3回に分けて施用した。

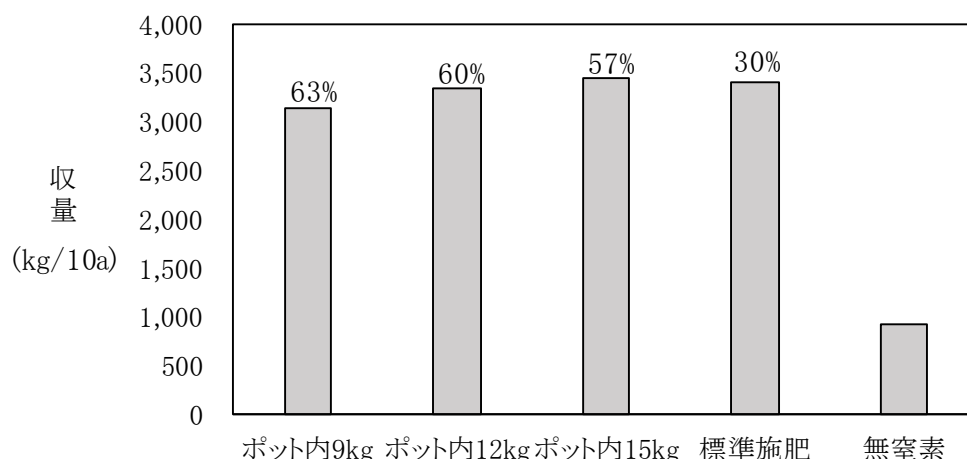
夏どりねぎの収量はポット内12kg区及びポット内15kg区が、標準施肥区より多く、施肥窒素利用率も標準施肥区の22%に対し、ポット内12kg区は44%、ポット内15kg区は49%と大きく向上した (第Ⅱ-4-5図)。

冬どりねぎの収量はポット内施肥区と標準施肥区が同等であったが、施肥窒素利用率は標準施肥区の30%に対し、ポット内施肥区は57~63%と大きく向上した (第Ⅱ-4-6図)。



第Ⅱ-4-5図 夏どりねぎのチェーンポット内窒素全量施肥が収量に及ぼす影響<sup>5)</sup>

注) 棒グラフの上の数字は、施肥窒素利用率を示す。



第Ⅱ-4-6図 冬どりねぎのチェーンポット内窒素全量施肥が収量に及ぼす影響<sup>5)</sup>

注) 棒グラフの上の数字は、施肥窒素利用率を示す。

エ セル内施肥 (初夏どりキャベツ)

春まき初夏どりキャベツ (品種: YR秋早生) で、専用の被覆肥料を育苗用培養土 1リットル当たり 600g 混合してセル育苗し、本ぼへは基肥無窒素で定植した。慣行基肥区は培養土のみで育苗し、本ぼの基肥窒素施用量は 12kg/10a とした。また、追肥の窒素施用量は 4kg/10a とした。りん酸と加里の施用量は、全区とも同一とした。

セル内基肥区の苗は、慣行基肥区の苗に比べて生体重、草丈とも大きく、被覆肥料からの窒素溶出の影響と考えられた (データ省略)。地上部重、球重はセル内基肥+無追肥区と慣行基肥+追肥区との間に大きな差は無く、生育に必要な窒素全量をセル内施肥で賄うことが可能と判断した (第Ⅱ-4-1表)。セル内施肥苗から本ぼへの窒素持ち込み量は 9kg/10a であり、標準施肥 (16kg/10a) に対する窒素減肥率は 44% となる。施肥窒素利用率は、慣行基肥+追肥区の 37% に対して、セル内基肥+無追肥区では 70% と大幅に向上した。

セル内施肥においては、株当りの苗の土量が育苗ポット内施肥に比べて少ないことから、濃度障害を回避するために、育苗期間中の肥料の溶出を最小限に抑えたシグモイド型被覆肥料の利用が不可欠である。セル内施肥の手法は、キャベツ以外にも、ブロッコリー<sup>7)</sup>、レタス<sup>8)</sup>等の品目に適用が可能である。

第Ⅱ-4-1表 基肥窒素施用法を異にした春まきキャベツの収穫時の生育と窒素吸収量及び施肥窒素利用率<sup>6)</sup>

試験区	地上部重 (kg)	球重 (kg)	窒素吸収量(kg/10a)			施肥窒素利用率(%)
			球	外葉	合計	
慣行基肥+追肥	2.53	1.56	12.9	11.0	23.9	37
慣行基肥+無追肥	2.75	1.73	14.3	11.2	25.5	63
セル内基肥+追肥	2.53	1.50	13.0	11.9	24.9	53
セル内基肥+無追肥	2.41	1.38	12.9	11.4	24.3	70
無窒素基肥+追肥	1.67	0.82	7.2	8.2	15.4	65
無窒素基肥+無追肥	1.82	0.89	8.2	9.8	18.0	—

注1) 7月10日に1区8株×2反復調査

2) 施肥窒素利用率(%)=(窒素吸収量-無窒素区の窒素吸収量)÷施肥窒素量×100

オ 育苗箱全量施肥

次項（被覆肥料利用による減肥）で紹介。

参照ページ	局所施肥による減肥例
221	キャベツ（環境保全型秋冬どり栽培－セル内施肥）
222	キャベツ（環境保全型秋冬どり栽培－条施肥）
224	キャベツ（環境保全型春どり栽培－セル内施肥）
225	キャベツ（環境保全型初夏どり栽培－セル内施肥）
232	ねぎ（環境保全型秋冬どり栽培－チェーンポット内施肥）
270	にんじん（環境保全型トンネル春夏どり栽培－マルチ内施肥）

引用文献

- 1) 安田 環・越野正義共編：環境保全と新しい施肥技術，188～189，養賢堂，東京（2001）
- 2) 小川吉雄・酒井一：農業及び園芸，61，15～20（1986）
- 3) 草川知行ら：園学雑，72，432～439（2003）
- 4) 草川知行ら：千葉農試研報，40，1～8（1999）
- 5) 山本二美ら：土肥誌，78，371～378（2007）
- 6) 岩佐博邦ら：千葉農総研研報，4，23～32（2002）
- 7) 鎌田淳ら：埼玉農総研研報，10，31～36（2010）
- 8) 大津善雄・生部和宏：土肥誌，88，238～241（2017）



## 5 被覆肥料利用による減肥

被覆肥料（コーティング肥料）は樹脂や硫黄で肥料の表面を被覆し、土壌中での肥料成分の溶出を人為的に調節できる肥料である（398ページ参照、IV 1 (2)イ）。このため、農作物の窒素吸収パターンに合った被覆肥料を利用することによって施肥窒素利用率が向上し、減肥が可能になるとともに窒素の流亡が抑制できる。被覆肥料の溶出パターンは、徐々に溶出するリニア型、初期の溶出が抑制されS字型の溶出パターンを示すシグモイド型の二つがあり、それぞれ溶出する期間（地温25℃で成分の80%が溶出する期間）の異なるタイプがある。シグモイド型は農作物の根の近くに多量に施用しても濃度障害を起こす危険性が少ないため、水稻の育苗箱施肥やキャベツのセル苗施肥などのような局所施肥が可能で、施肥窒素利用率の一層の向上が見込める。また、シグモイド型は追肥分の窒素を基肥施用時に併せて施用することができ、追肥作業が省略できる。

県内では水稻、ねぎ、ごぼう及びしょうがを対象とした被覆肥料の試験事例があるが、ここでは水稻「ふさおとめ」の減肥栽培を紹介する<sup>1)</sup>。「ふさおとめ」の慣行施肥体系は基肥+追肥で合計窒素施用量は7kg/10aであり（壤土の湿田の場合）、この合計窒素施用量の60%にあたる4.2kg/10aをシグモイド型の被覆肥料（LPS60）で育苗箱に施用する。具体的には育苗箱の床土の上に催芽籾とともに被覆肥料を施用し、その上に覆土する。育苗箱に施用した被覆肥料だけでは茎数・穂数が十分確保できないため、移植直前に窒素成分で1kg/10aをリニア型の被覆肥料（LP30）で苗の上から施用し、苗の株元に落ち着かせる。

このような方法で被覆肥料を利用すれば合計窒素施用量を慣行施肥の74%にあたる5.2kg/10aに減肥しても、精玄米重はほぼ慣行施肥並に確保でき、施肥窒素利用率は慣行施肥の43%に対して58%に向上する（第II-5-1表）。被覆肥料の溶出パターン（第II-5-1図）をみると育苗箱に施用したシグモイド型肥料は移植後20日頃から溶出し始め、幼穂形成期前の移植後50日頃から急激に溶出し、穂肥のように水稻が生育後半に必要とする窒素を供給している。一方、移植時に施用したりニア型肥料は移植直後から徐々に溶出し、茎数増加に寄与している。

上記の早生品種「ふさおとめ」以外でも、溶出期間のより長い被覆型肥料を用いることによって、晩生品種「コシヒカリ」でも「ふさおとめ」と同様に減肥できる可能性がある。

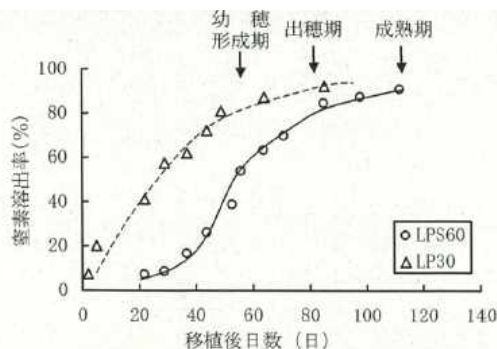
第II-5-1表 被覆肥料を利用した「ふさおとめ」の収量と施肥窒素利用率  
(平成13年度試験)

試験区	窒素施用量(kg/10a)				精玄米重 同左指数 (kg/10a)	施肥窒素利用率 <sup>3)</sup> (%)
	育苗箱施用	移植時	基肥	穂肥		
被覆肥料利用	4.2 <sup>1)</sup>	1 <sup>2)</sup>	0	0	5.2 489	94 57.9
慣行施肥	0	0	4	3	7 521	(100) 43.4

注1) 播種時の育苗箱にシグモイド型のLPS60を催芽籾と同じ位置に施用。

2) 移植時に育苗箱の表層にリニア型のLP30を施用。

3) 施肥窒素利用率 = (試験区の窒素吸収量 - 無窒素区の窒素吸収量) ÷ 窒素施用量 × 100



第II-5-1図 被覆肥料のタイプによる溶出率の違い  
注) 平成13年度「ふさおとめ」試験

参照ページ	被覆肥料利用による減肥例
197	すいか(環境保全型トンネル栽培—被覆肥料全量基肥施肥)

### 引用文献

- 1) 環境保全型農業新技術, 52~53, 千葉県農業総合研究センター (2003)

## 6 土壤溶液診断に基づく適正な施肥

高品質農産物を生産するためには、個々の作物の養分吸収特性をふまえて、土壤中の養分状態や生育中の作物体の栄養状態に応じた肥培管理を行うことが最も合理的施肥方法である。こうした作物の肥培管理技術として、養分吸収特性に合った肥効発現をする肥効調節型肥料を利用する方法と、追肥によって調節する方法の2つの方法がある。土壤溶液診断は追肥の時期及び追肥量を判定する方法のひとつであり、植物に利用可能な土壤中の養分（正確には土壤養液中に含まれる養分）を調べる方法である。

土壤溶液診断は採取した溶液そのものを分析試料として扱えるため、時間を要した従来の土壤分析よりリアルタイムの土壤情報を継続的に把握できる利点がある。土壤溶液のモニタリングにより合理的な施肥管理が可能となり、肥料代の低減や環境に与える負荷も少なくなる。従って、本法は生育期間が長期にわたり、追肥が複数回必要となる作物に対して特に有利な肥培管理技術・手法とされている。しかし、診断基準値の策定例は少ない。

診断技術として吸引法と生土容積法の2つの手法があり、いくつかの作物について診断基準値が策定されている。キュウリやバラのように高い土壤水分で栽培管理が行われる作物の場合では、ポーラスカップによって土壤養液を採取することができ、吸引法が適している。トマトのような低水分で栽培管理が行われる作物の場合では生土容積法が用いられている（第Ⅱ-6-1表）。

### (1) 土壤溶液の採集方法

土壤溶液の採集には、吸引法と生土容積抽出法がある。

#### ア 吸引法

土壤溶液採取には溶液採取部（ポーラスカップ）、集液容器（ガラス容器）及び手動式真空ポンプが必要である。また、注射器を利用して真空ポンプと集液容器を兼用する簡単なタイプ（ミズツール）などいくつかのものが市販されている（第Ⅱ-6-1図）。

灌水チューブから5cm程度離れた深さ15~20cmの位置にポーラスカップを埋設しておき、溶液を採取したいときに、あらかじめ集液容器をセットし、土壤溶液を吸引して容器内に集める。1ほ場での土壤溶液の採集は3地点以上、できれば6地点以上測定しその中から平均的な2~3地点を測定地点として選定するほうが良い。

土壤溶液中の養分濃度は土壤水分量に影響されることから、土壤水分状態をほぼ一定にするために、通常灌水後1~2日たってから採集をおこなう。例えば、キュウリやバラの硝酸態窒素の場合は、灌水当日の夕方から翌々日までは硝酸イオン濃度の変化が小さいので、灌水1~2日後までに採水するとよいことが明らかになっている。採取時の土壤水分条件はpF1.6~1.8の範囲に、粘質土壤ではpF1.6以下になっている。

土壤溶液の採取位置については、バラの場合は深さ10cmでは肥料の形態によって土壤養液の硝酸態窒素濃度の差が大きいことから、深さ20cm、キュウリの場合は深さ15cmが適している（第Ⅱ-6-1表）。

#### イ 生土容積抽出法

生土から純水で土壤溶液を抽出する生土容積抽出法が用いられている。用いる生土は、表層5cm程度を除いた作土層（15~20cm深）から1ほ場につき5ヶ所以上採集し、礫や粗大有機物を取り除く。あらかじめ100mLと150mLの位置に印をつけた200mLの容器に、100mLまで純水を入れ、生土を加えて150mLの懸濁液とする（容量比で生土：蒸留水=1：2）。これを20秒間振とう（1秒に1回振とう）した後、直ちにろ紙でろ過し、そのろ液を診断に用いる。短時間静置しただけで清澄な上澄み液が採取できるような土壤の場合は、簡易に上澄み液を用いる場合がある。

吸引法と同様、灌水直後のような過湿な土壌や作物が萎れるような乾燥した土壌は避ける。

(2) 土壌溶液の分析方法

土壌養液診断の研究では、追肥の判断で最も重要な窒素（硝酸イオン）濃度について調査されている例が多いことから、本診断基準値は硝酸イオン濃度が多く示されている（第Ⅱ-6-2表）。

硝酸イオンを現場で簡単に測定するには、現在市販されているコンパクト硝酸イオンメーター [カーディ（堀場製作所）]、イオン試験紙（メルコクアント硝酸イオン試験紙）、反射式光度計（RQフレックス）などを利用することが適当と考えられる。

コンパクトイオンメーターは測定しやすいため、多く用いられている。硝酸イオンを10,000ppm未満まで測定できるが、補正を頻繁に行う必要があり、硝酸イオンを測定する電極部分も劣化しやすいので、複数購入する必要がある。

メルコクアント試験紙は最も簡易ではあるが、測定する濃度幅が大きいいため、おおよその値を得るときに用いると良い。硝酸イオンの測定範囲は10～500ppmであるが、100ppm以上は誤差が大きい。このため、診断の測定範囲が100ppm以下に入るように土壌溶液を希釈する必要がある。また、発色反応を安定させるため、15～25℃の範囲で使用する。

RQフレックスは比較的精度が高いが、測定機器本体や試験紙が他の機器より高価である。測定範囲は5～225ppmであるため、診断の測定範囲が225ppm以下に入るように土壌溶液を希釈する必要がある。また、発色反応を安定させるため、15～25℃の範囲で使用する。

第Ⅱ-6-1表 キュウリ、トマト、バラの土壌養液の採集方法

キュウリ	かん水1～2日後、15cmの深さからミズツールで採取
トマト	容量比で生土（作土）1に蒸留水2を加え、20秒間振とうし、ろ過または静置して採取
バラ	かん水1～2日後、20cmの深さからミズツールで採取

第Ⅱ-6-2表 野菜・花き類のリアルタイム土壌養液診断基準値

野菜・花き	作型	作成県	採取方法 (採取位置) <sup>1)</sup>	診断期間		診断基準値 (硝酸イオン濃度, mg/L) <sup>2)</sup>
キュウリ	促成	埼玉	吸引法 (15cm)	2月下～6月下	収穫期間	400～800
			生土容積法		収穫期間	250～350
	半促成	埼玉	吸引法 (15cm)	3月下～6月下	収穫期間	400～800
			生土容積法		収穫期間	250～350
	抑制	埼玉	吸引法 (15cm)	9月下～11月下	収穫期間	400～800
			生土容積法		収穫期間	250～350
トマト (6段摘心)	促成	愛知	生土容積法	12月中～2月上	収穫期間	200～300
	半促成	愛知	生土容積法	5月下～7月上	収穫期間	100～200
ナス	露地	埼玉	生土容積法	7月上～10月中	収穫期間	250～350
イチゴ(女峰)	促成	埼玉	生土容積法	12月下～4月下	収穫期間	80～160
セルリー		静岡	吸引法 (20cm)		前期	300～400
					中期	400～500
					後期	600
バラ		千葉・神奈川	吸引法 (20cm)		全栽培期間	400～600
スイートピー		神奈川	吸引法 (20cm)		全栽培期間	200～500
キク		宮城	吸引法 (15～20cm)		全栽培期間	500～1000
カーネーション	地床	千葉	吸引法 (20cm)		全栽培期間	1000
	バンチ	千葉	吸引法 (20cm)		全栽培期間	1000

1) 吸引法ではポーラスカップの埋設深、生土容積法は表層数 cm を除いた作土層を採集する。

2) 硝酸態窒素であらわされた基準値は硝酸イオンに置き換えた。



第Ⅱ-6-1図 土壌養液の採集に用いるポーラスカップ(左)と注射器型収集容器(右)

## 7 作物栄養診断に基づく適正な施肥

温室やビニールハウスを利用した施設では、集約的な栽培となり施肥は過剰傾向にある。また、降雨による養分の溶脱が少ないため、周年利用している施設では、土壌の塩類集積が進行し、生理障害による収量の低下などが見られる。このため、施設栽培の安定生産を維持するには、作物の栄養生理に見合った肥培管理法が望まれる。

作物の栄養生理に基づいた肥培管理を行うには、その作物の栄養状態を把握する診断法を確立する必要がある。その方法としては、観察法、土壌溶液診断、及び作物栄養診断がある。観察法は、作物体の葉色や樹勢を観て、経験や勘に基づいて判断する。この方法は、篤農家や栽培経験の豊富な者ができるもので、普遍化することは難しい。土壌溶液診断は、土壌溶液を採取してECなどを測定し、追肥の有無を決定する方法である。しかし、土壌中の窒素不足を確認してから追肥するのでは、作物に効果が現れるまでにタイムラグがあり、施肥時期の遅れが懸念される。作物栄養診断は、作物体内の汁液中硝酸濃度から判断する手法で、迅速な判定が可能である。作物体内の硝酸濃度は、窒素施肥量に対応して増減するため、これを計測することでリアルタイムな追肥の有無を決定できる。

作物体内の汁液測定には、葉柄を利用する人が多い。葉柄から汁液を採取する方法には、搾汁液法と摩砕法がある。搾汁液法は、葉柄をハサミで1cm程度に切断し、ニンニク絞り器で汁液を採取するもので、キュウリ、ナスなど多汁質の作物に適し、短時間で行うことができる。摩砕法は、葉柄を0.5cm程度に切断し、摺り鉢で摩砕し葉柄汁液を採取するもので、イチゴ、バラなど葉柄が硬くて絞り器では汁液を採取しにくい作物に用いる方法である。各種野菜の栄養診断における葉柄の測定部位と汁液採取方法を第II-7-1表に示す。

現在、各種野菜の栄養診断基準値の目安が作成されており、その基準値を下回った場合に、速効性の肥料で追肥を行う(第II-7-2表)。また、栄養診断の調査間隔は作物により異なるものの7~10日程度である。なお、現在の知見では、同じ作物でも作型により、また、作成した県により基準値が異なっており、今後の研究が期待される。

第II-7-1表 栄養診断における測定部位と汁液採取方法<sup>1)</sup>

野菜名	測定部位	汁液採取方法
キュウリ	14~16節の本葉または側枝第1葉の葉柄	搾汁液法
ナス	新葉の展開葉から数えた3~5葉目の葉柄	搾汁液法
イチゴ	最新の展開葉から数えた3葉目の葉柄	摩砕法、搾汁液法
トマト	ピンポン玉程度の果房直下本葉の中央にある小葉の葉柄	搾汁液法、摩砕法
メロン	果実直下の葉柄	搾汁液法
キャベツ	地面に対し30~40度傾いた下位葉の葉柄基部	搾汁液法

(六本木による:2000)

第Ⅱ-7-2表 野菜の栄養診断基準値の目安<sup>2)</sup>

野菜名	作成県	収穫期間	硝酸イオン含量の診断基準(mg/L)
促成キュウリ	埼玉	2月下旬 ～6月下旬	3月上旬:3,500～5,000、4月上旬:3,500～5,000 5月上旬:900～1,800、6月以降:500～1,500
半促成キュウリ	埼玉	3月下旬 ～6月下旬	4月上旬:3,500～5,000、5月上旬:900～1,800 6月以降:500～1,500
抑制キュウリ	埼玉	9月下旬 ～11月下旬	9月下旬～11月下旬:3,500～5,000
夏秋キュウリ(注) (雨よけ)	宮城	7月下旬 ～9月下旬	8月上旬:400～500、その後は収穫終了にかけ残減
露地ナス	埼玉、岐阜	7月上旬 ～10月中旬	7月上旬～8月上旬:3,500～5,000、 8月中旬以降:2,500～3,500
半促成ナス	埼玉	4月上旬 ～7月上旬	4月上旬～7月上旬:4,000～5,000
促成イチゴ	埼玉、岐阜	12月下旬 ～4月下旬	11月上旬:2,500～3,500、1月上旬:1,500～2,500 2月上旬以降:1,000～2,000
イチゴ苗(セル苗)	茨城	8月中旬 ～9月上旬	8月中旬:400～500、9月上旬:微量
促成トマト (6段摘心)	愛知	12月中旬 ～2月上旬	12月中旬～2月上旬:1,500～3,000
促成トマト (12段摘心)	埼玉	2月下旬 ～7月上旬	1月～2月下旬:4,000～5,000、3月上旬～4月下旬: 2,000～3,500、5月上旬～6月下旬:500～1,500
半促成トマト (6段摘心)	愛知	5月中旬 ～7月上旬	5月中旬～7月上旬:1,000～2,000
半促成トマト (9段摘心)	千葉	3月上旬 ～6月上旬	1月中旬(第1果房肥大期)～5月下旬:2,000
長段どりトマト	三重	11月下旬 ～5月下旬	収穫前(第1果房肥大期):10,000～8,000、11月下旬～2月上旬: 3,000～5,000、2月中旬以降1,000～2,000
夏秋雨よけトマト (7段摘心)	北海道	7月上旬 ～9月下旬	6月上旬～7月下旬:4,000～7,000
抑制トマト (7段摘心)	茨城	8月中旬 ～11月中旬	8月中旬～9月上旬(第1～2果房収穫期):7,500～9,000 9月中旬以降(第3～7果房収穫期):5,000～6,000
半促成メロン	愛知	7月上旬 ～7月中旬	定植時:3,000～4,000、開花期:2,000～3,000、果実肥大期:5,000 ～6,000、成熟期2,000～3,000、収穫期:1,000～2,000
キャベツ	滋賀		結球始期(球径4cm程度)春播き栽培(6月下旬):8,000以上 夏播き年内穫り(10月上旬):10,000以上

(注)測定部位は上位第3展開葉から伸びる巻きひげの基部から5cm長まで

(六本木による原表に、一部加筆した)

### (1) トマト

野菜類の栄養診断技術については、トマトでの報告が多い<sup>3-7)</sup>。ここでは、本県におけるトマト半促成栽培を例に具体的手法を示す。

#### ア 栄養診断の進め方

- (ア) 栄養診断には、ピンポン玉程度に肥大した果房直下にある本葉の小葉柄を用い、その汁液中硝酸濃度を、毎週1回、反射式光度計(RQフレックスシステム)か硝酸イオン紙(メルコクェント)で測定する(写真1～4)。
- (イ) 半促成栽培では、葉柄汁液の硝酸濃度が2,000mg/Lを下回ったときに液肥または速効性肥料で追肥を行う(第Ⅱ-7-1図)。
- (ウ) この栄養診断に基づいた追肥法においては、慣行施肥量(窒素として基肥15kg/10a、追肥16kg/10a)の50%程度の減肥が期待できる。

## イ 活用上の留意点

- (ア) 栄養診断に基づいた追肥法を行う場合の基肥窒素量は、土壌の肥沃度が高い場合には無施用でもよいが、肥沃度の低い土壌では慣行基肥量の1/4～1/2を施用する<sup>6)</sup>（「環境保全型ハウス半促成栽培—栄養診断」のページを参照）。
- (イ) 半促成栽培以外の作型では、硝酸濃度の基準値が異なる。
- (ウ) 硝酸濃度の判定は、反射式光度計（RQ フレックス）が適する。一方、現地においては、安価で簡便な硝酸イオン紙の利用が適する。硝酸イオン紙による硝酸濃度の判定は、目視によるものであるが、反射式光度計を使用した判定結果とほぼ一致する<sup>7)</sup>。



写真1 葉柄は果実がピンポン玉程度になった直下の小葉を採取する



写真2 小葉を7～10株から集めて、葉柄をハサミで細かく刻む。



写真3 葉柄の汁液をニンニク絞り器で採取する。

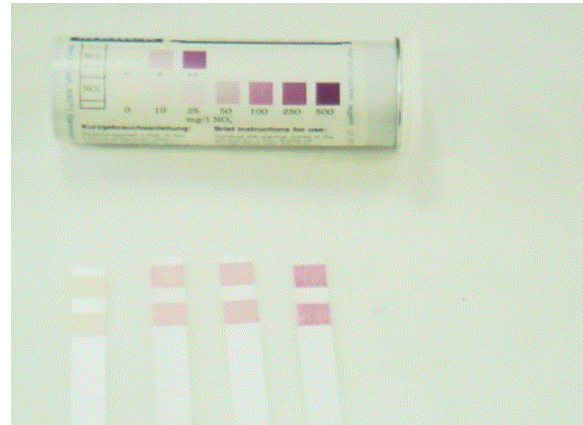
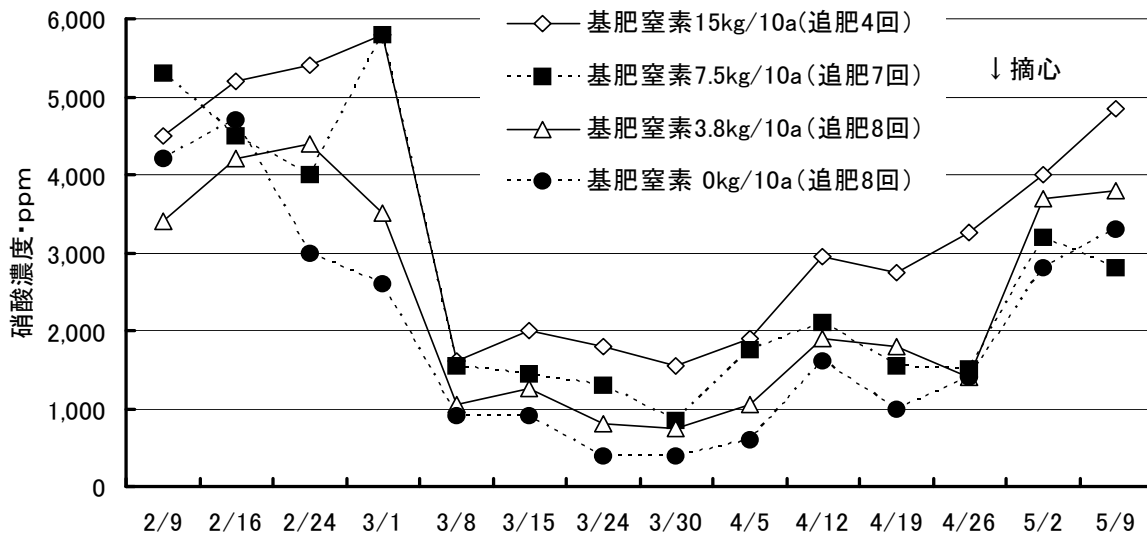


写真4 硝酸イオン紙による濃度の測定。発色させ硝酸濃度を目視で判定する。



第Ⅱ-7-1図 基肥量及び追肥と葉柄汁液の硝酸濃度推移

注1) 追肥は、硝酸濃度が2,000mg/Lを下回ったときに液肥(一回当たり窒素1.5kg/10a)で施用した。

注2) 施肥前の土壤中硝酸性窒素量は、100g乾土当たり0~15cm層で14mg、15~30cm層で12mgである

参照ページ	作物栄養診断に基づく適正な施肥例
183	トマト(環境保全型ハウス半促成栽培—栄養診断)

## (2) シクラメン

近年、花き類であるシクラメンの施肥管理技術に栄養診断技術が用いられている<sup>8)</sup>。ここでは、群馬県の事例から具体的手法を示す。

### ア 診断値の考え方

シクラメンは側芽が分化し、生長点がいくつもできるため、生育が停滞している時期と旺盛になる時期との養分要求量が劇的に変化する。葉柄汁液中硝酸性窒素濃度は、生育が停滞する高温期に高くなり、生育が旺盛な時期には低下する傾向で、この時期には積極的に追肥をしても葉柄汁液中硝酸性窒素濃度はなかなか上昇しない。また、シクラメンの光合成量は気温15~20℃で最大となり、気温が高くなるほど低下する。これらのことから、葉柄汁液中硝酸性窒素濃度の低下と光合成量の増加の間には密接な関係があると考えられた。そこで、光合成量が増加している時期は、葉中の炭素量が増加して窒素の有機化が進むため、葉柄汁液中硝酸性窒素濃度は低く推移し、光合成量が減少すると、葉中の炭素量が減少して窒素の有機化が進まず、葉柄汁液中硝酸性窒素濃度が高く推移するというモデルを基に、診断値を解釈する。

### イ 測定方法

(ア) 栄養診断には、同一品種の最も新しい完全展開葉を5鉢から1枚ずつ採取し、葉身と葉基部を除去した葉柄を用いる。

(イ) 採取した葉柄をニンニク絞り器で搾汁する。搾汁液は0.5mL程度あれば測定可能



だが、5葉で足りない場合は採取葉数を増やす。

(ウ) 搾汁液をマイクロピペットで 0.2mL 測り、蒸留水を 1.8mL 加えて 10 倍希釈し、反射式光度計 (RQフレックスシステム) で測定する。

(エ) 測定値 ( $\text{NO}_3^-$ 濃度) に係数 0.226 を乗じて、 $\text{NO}_3^-$ -N 濃度に換算する。測定は1週間～10 日おきに行う。

#### ウ 診断値と生育

シクラメンの生育は、株全体の様子より、芽の動きが重要である。年間を通じて芽の動きが最も旺盛になるのは、葉柄汁液中硝酸性窒素濃度が 200～300mg/L のときで、このとき花は抽だいせず葉だけが展開してくる。500mg/L 以上の診断値が続くと分化異常を起こし、数週間後に奇形花、奇形葉が発生するようになる。さらにそれ以上の診断値では、芽が枯れてきて病気が多発する。奇形の発生や芽の枯死は、同じ診断値でも高温の時ほど発生しやすい。そのため、夜温が 25℃以上で経過する時間が長い地域ほど厳密な施肥管理が必要である。

群馬県における葉柄汁液中硝酸性窒素濃度の目標値は、主芽発達期 (鉢上げから本葉 7～8 枚) に 100～200mg/L、側芽発達期 (本葉 7～8 枚から 7 月上旬) に 100～300mg/L、花芽分化期 (7 月下旬から 8 月下旬) に 100～200mg/L で、花芽発達伸長期 (9 月上旬から 11 月上旬ごろ) 以降は、50～150 mg/L の範囲で徐々に濃度を上げる。ただし、徒長のおそれがあるので葉組みなどの管理が間に合わない場合、無理に濃度を上げる必要はない。特に、高温条件下の株傷み防止や適期開花のために、花芽分化期の施肥管理は非常に重要である。今後、本県においても、診断値を活用した施肥管理技術の開発が進むことが期待される。

#### 引用文献

- 1) 六本木和夫・加藤俊博：野菜・花卉の養液土耕，123，農文協 (2000)
- 2) 六本木和夫・加藤俊博：野菜・花卉の養液土耕，124，農文協 (2000)
- 3) 六本木和夫：土肥誌，69，235～238 (1998)
- 4) 坂口雅己：農林水産技術ジャーナル，25(9)，23～28 (2002)
- 5) 山田良三ら：愛知県農総研報，27，205～211 (1995)
- 6) 山本二美・松丸恒夫：土肥誌，76，825～831 (2005)
- 7) 山本二美・松丸恒夫：土肥誌，77，413～418 (2006)
- 8) 清水良泰：農業技術体系・花卉編，追録第 10 号，27～37 (2008)

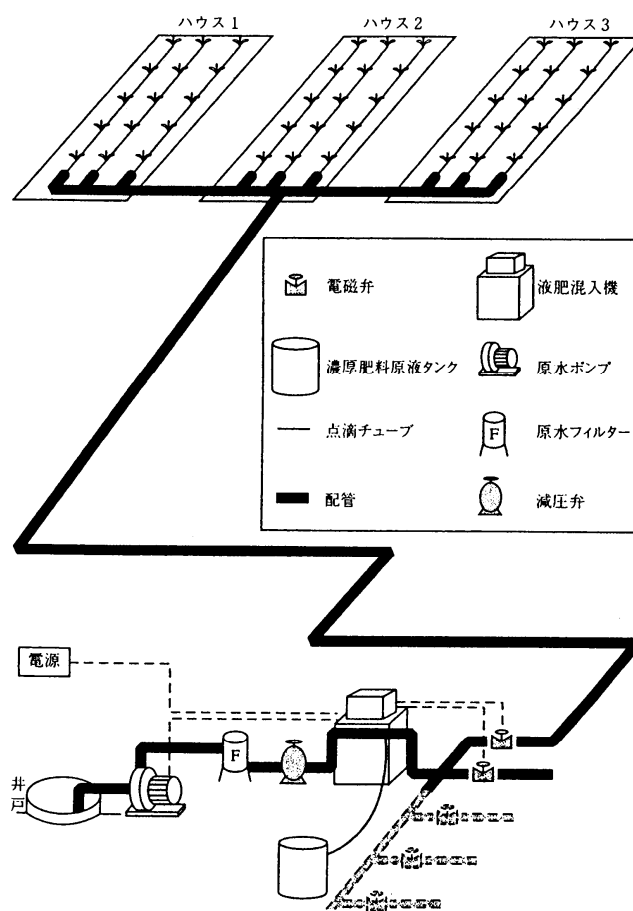
## 8 灌水同時施肥栽培

灌水同時施肥栽培とは、養液栽培と土耕栽培の利点を取り入れた栽培方法で、養液土耕栽培ともいう。土壌の持つ養分供給力、養分保持力、緩衝力等を活かしながら、灌水中に混入した肥料養分を供給して作物を栽培する<sup>1,2)</sup>。

リアルタイムで土壌溶液診断や作物栄養診断を行うことにより、作物の生育にあわせて養水分の供給を調整できるので、無駄のない効率的な施肥が可能となり、窒素施肥量が削減できる。

平成 30 年現在、本システムが利用されている品目は、野菜ではミニトマト、ナスなどである。

### (1) 灌水同時施肥栽培



第Ⅱ-8-1図 灌水同時施肥栽培システムの概要

#### ア 灌水同時施肥栽培の進め方

- (ア) 灌水に使用する原水の水質が、本栽培に適しているかどうか調査する。
- (イ) 土壌診断を実施して、土壌改良資材の投入等による土づくりを行う。
- (ウ) 原水や土壌の分析結果を基に、養水分管理マニュアルを作成する。
- (エ) 定植の数日前から、養水分管理マニュアルに基づき灌水施肥を開始する。
- (オ) 定植後は、養水分管理マニュアルに準じて自動的に灌水施肥を行う。
- (カ) 生育期間中に、土壌溶液等のECを測定し、肥料濃度や灌水を補正する。

イ 灌水同時施肥栽培の利点

- (ア) 作物の養分吸収特性に合わせて養分を供給できるので、品質・収量が安定する。
- (イ) 肥料の利用率が向上するので、窒素施用量を慣行より 30~50%減らすことができる。
- (ウ) 灌水施肥をほぼ全自動で行えるので、経験を要する養水分管理がマニュアル化できる。
- (エ) 土壌の機能を活用した肥培管理方式なので、養液栽培のような綿密な管理は必要ない。
- (オ) 灌水施肥作業の省力化により、集約的・企業的な経営が可能である。
- (カ) 養液栽培より設備投資額が少なく済み、低コスト栽培が可能である。

ウ 灌水同時施肥栽培の問題点

- (ア) 土壌別、作物の品種・作型別に、養水分管理マニュアルを作成する必要がある。
- (イ) 原水の水質によっては、点滴チューブの目詰まりを起こしやすいので、濾過装置の設置等の対策が必要である。

(2) 灌水同時施肥栽培による半促成トマトの養水分管理マニュアル（黒ボク土）

ア 灌水同時施肥栽培では1日1回養液を灌水する。生育時期ごとの養液量は、定植から第3花房開花期までは株当たり1回 300mL、第3花房開花期から収穫開始期までは同 600mL、収穫期は同 1,000mL とする。灌水同時施肥栽培の養液濃度は、定植から摘心期までは 1,500 倍程度、摘心後は窒素要求量が少なくなるため、3,000 倍程度とする(第II-8-1表)。

イ 灌水同時施肥栽培に使用する肥料は、定植から収穫始期までは肥料の三要素とも成分量の多い肥料(養土5号：12-20-20)を用い、収穫始期から終了までは、窒素に比べてりん酸が少なく加里が多い肥料(養土2号：14-8-25)を用いる(第II-8-1表)。

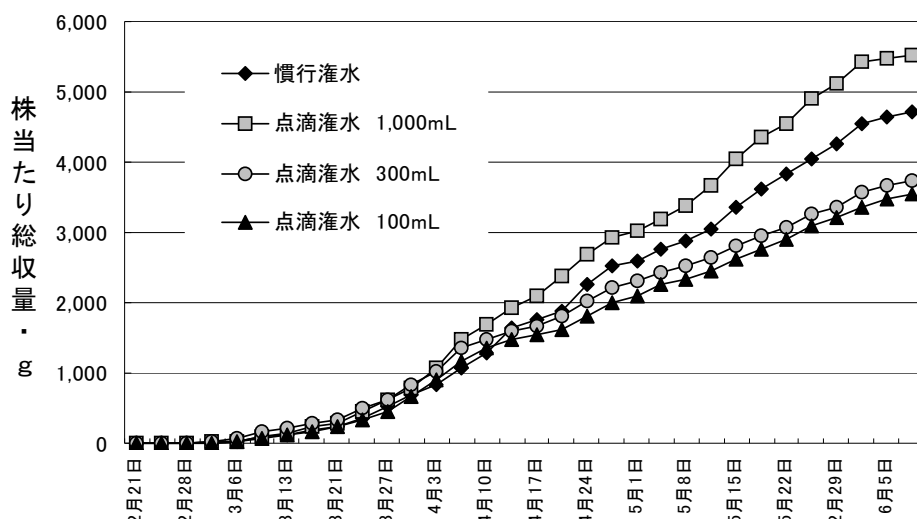
ウ 灌水同時施肥栽培の点滴チューブ灌水は、慣行栽培の散水チューブによる灌水に比べてトマトの株元に養液が浸透しやすく、窒素施用量が慣行栽培 (31 kg/10a) に比べ約 39%減量できる。

エ 灌水同時施肥栽培における収穫期の水量は、慣行のチューブ散水方式の水量 (20mm = 株当たり約 1,500mL/日に相当する) に比べて 2/3 と少ないが、総収量は上回る(第II-8-2図)。

**第II-8-1表 黒ボク土における半促成トマトの生育時別養液量及び養液濃度**

生育時期	定植	第3花房開花	収穫開始	摘心	収穫完了
養液量	300mL	600mL	1000mL	1000mL	
養液濃度	1500倍	1500倍	1500倍	3000倍	
肥料	養土5号	養土5号	養土2号	養土2号	

注) 養土5号：(12-20-20)、養土2号 (14-8-25)



第Ⅱ-8-2図 黒ボク土における半促成トマトの収穫期間中の水量が総収量に及ぼす影響 (2000年)

(3) 灌水同時施肥栽培による半促成トマトの養水分管理マニュアル (砂質土)

ア 灌水同時施肥栽培では1日1回養液を灌水する。生育時期ごとの養液量は、定植から第3花房開花期までは株当たり1回300mL、第3花房開花期から収穫開始期までは同300~500mL、収穫期は同800~1,000mLとする。灌水同時施肥栽培の養液濃度は、定植から第3花房開花期までは1,200~1,800倍、第3花房開花期から収穫開始期までは800~1,200倍とする。収穫始期の1,500倍から摘心が近づくにつれて2,000倍程度に減量していく。摘心後は窒素要求量が少なくなるため、3,000倍程度から収穫終了2週間前までに4,500倍程度に減量して、以後、収穫終了時までは無施用とする(第Ⅱ-8-2表)。

イ 灌水同時施肥栽培に使用する肥料は、定植から第3花房開花期までは肥料の三要素とも成分量の多い肥料(養土5号:12-20-20)を用い、第3花房開花期から収穫終了2週間前までが窒素に比べてりん酸が少なく加里が多い肥料(養土2号:14-8-25)を用いる(第Ⅱ-8-2表)。

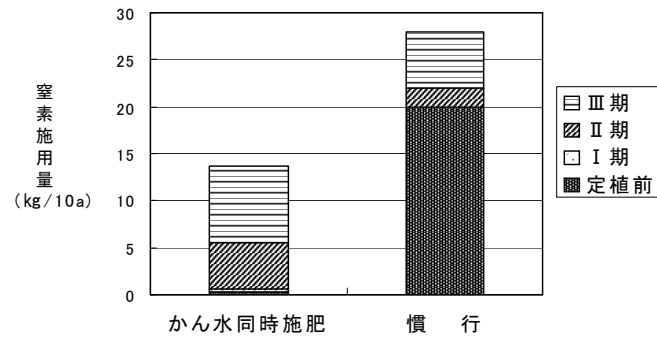
ウ 灌水同時施肥栽培の点滴チューブ灌水は、慣行栽培の散水チューブによる灌水に比べてトマトの株元に養液が浸透しやすく、窒素施用量が慣行栽培(28kg/10a)に比べて約50%減量できる(第Ⅱ-8-3図)。

第Ⅱ-8-2表 砂質土における半促成トマトの生育時別養液量及び養液濃度<sup>3)</sup>

生育時期	定植	第3花房開花	収穫開始	摘心	収穫完了
養液量		300mL	300~500mL	800~1000mL	1000mL
養液濃度		1200~1800倍	800~1200倍	1500~2000倍	3000~4500倍
肥料		養土5号	養土2号	養土2号	養土2号

注1) 養土5号:(12-20-20)、養土2号(14-8-25)

2) 収穫終了2週間前からは、養液の必要はなく、水のみでよい。



第II-8-3図 砂質土における半促成トマトの生育時期別窒素施用量 (2001年)

注) I期：定植～第3花房開花期、II期：第3花房開花期～収穫開始、III期：収穫期

引用文献

- 1) 青木宏ら：養液土耕栽培の理論と実際, 8～11, 誠文堂新光社 (2001)
- 2) 六本木和夫・加藤俊博：野菜・花きの養液土耕, 143～146, 農文協 (2000)
- 3) 古川雅文ら：千葉農総研研報, 4, 1～10 (2005)