

表5-2 花き類のリアルタイム栄養診断基準値

| 作物名                    | 測定部位                        | 採取方法 <sup>1)</sup> | 採花期                 | 測定時期                  | 診断基準値 <sup>2)</sup>                 |  | 作成県 |
|------------------------|-----------------------------|--------------------|---------------------|-----------------------|-------------------------------------|--|-----|
|                        |                             |                    |                     |                       | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L) |  |     |
| バラ<br>(ローテローゼ)         | 採花枝の下から3～4枚目                | 摩砕法                | 10月～6月              | 秋期～冬期                 | 900～1,500                           |  | 千葉  |
|                        |                             |                    |                     | 春期                    | 600～ 900                            |  |     |
|                        |                             |                    |                     | 夏期                    | 300～ 600                            |  |     |
| カーネーション<br>(ノラ)        | 未着蕾枝下位節の葉の葉柄                | スライス法              | 1月～2月               | 9月                    | 2,200～2,300                         |  | 滋賀  |
|                        |                             |                    |                     | 11月                   | 1,700～1,800                         |  |     |
| カーネーション                | 完全展開葉直下の茎                   | スライス法              | 8月上旬                | 生育期                   | 900～1,800                           |  | 栃木  |
|                        |                             |                    | 定植                  | 発蕾期～開花期               | 450～ 900                            |  |     |
| キク                     | 上位、中位、下位葉の中央部分              | 摩砕法                | 7月下旬～8月中旬<br>(短日処理) | 短日 上位葉                | 2,500～3,500                         |  | 宮城  |
|                        |                             |                    |                     | 処理前 中位葉               | 3,000～4,000                         |  |     |
|                        |                             |                    |                     | 下位葉                   | 2,500～3,500                         |  |     |
|                        |                             |                    |                     | 短日 上位葉                | 3,500～5,000                         |  |     |
|                        |                             |                    |                     | 処理 中位葉                | 3,500～4,500                         |  |     |
| 期間 下位葉                 | 3,500～4,500                 |                    |                     |                       |                                     |  |     |
| シクラメン<br>2月は種<br>5号鉢生産 | ある程度肥大した、最も旺盛な発育をしている葉器官の葉柄 | スライス法              |                     | 側芽発達期                 | 220～ 445                            |  | 栃木  |
|                        |                             |                    |                     | (葉数7～20枚)<br>花芽分化期    | 45～ 110                             |  |     |
|                        |                             |                    |                     | (葉数20～40枚)<br>それ以外の時期 | 110～ 220                            |  |     |

1) 摩砕法 : 乳鉢などを用い、純水中で摩砕して汁液を採集する。

スライス法: 1～2mm に細切し、10 倍(栃木)または 50 倍(滋賀)の純水を加え、30 分(栃木)または1時間(滋賀) 静置して汁液を抽出する。

2) 硝酸態窒素で示された診断基準値は硝酸イオンに置き換えてある。

## 6 有機質資材の施用

### 6-1 有機質肥料の利用法

#### (1) 有機質肥料の肥効特性

有機質資材では、窒素、リン酸等の肥料成分は、有機物の分解に伴い、有効化する。有機質肥料が畑に施用された後に有効化してくる養分量は有機物の種類により大きく異なるが、おおまかな数字を表6-3に示した。これによると、魚かす 100kg から窒素 7.2kg、リン酸 7.9kg、なたね油かす 100kg から窒素 3.9kg、リン酸 2.2kg、カリ 1.3kg が供給されることを示している。この表に基づき作物栽培に必要な資材量を算出する。

良品の生産を目指す施設栽培野菜では、一般的に使われる配合肥料においても有機質肥料で必要な養分の多くがまかなわれている例が多い。一般に油かす類などの植物質肥料はリン酸が少なく、魚かすや骨粉などの動物質肥料は、カリが少ないので、基本的には、油かすで窒素とカリを供給し、魚かすや骨粉で窒素とリン酸を補うといった組み合わせを考えることができる。また、有機質肥料を有効に活用するためには、ぼかし肥にするのもよい方法である。

なお、なたね油かすなどの有機質肥料を堆肥化しないで施用する場合には、作物に障害を及ぼす危険性があるので、次のことに留意する必要がある。

- ① 有機質肥料の施用上限量は、分解に伴うガス障害やタネバエの被害を防ぐため、単品の有効成分(N)量で10kg相当量以下とする。
- ② 元肥窒素の施用量が10kgを越える作物の場合、その不足する部分は、骨粉、魚かすなどガス発生量の少ない資材または、化学肥料を混用して、必要な成分量を満たす。
- ③ 発生ガスによる発芽障害や根傷みやタネバエの発生を避けるため、作付け2週間以上前に土壌施用する。

表6-1 ぼかし肥と他の資材の窒素含量の比較

| 資材名   | 窒素含量 (現物) |
|-------|-----------|
| 堆きゅう肥 | 0.5～1%    |
| ぼかし肥  | 3～4%      |
| 魚かす   | 7～8%      |
| 油かす   | 5～7%      |

表6-2 ぼかし肥に使われる主な有機質肥料の成分

| 資材名    | 窒素     | リン酸    | カリ     |
|--------|--------|--------|--------|
| 魚かす    | 7～8%   | 4～6%   | 1%     |
| 肉かす粉末  | 8～12%  | 少      | 少      |
| 肉骨粉    | 6～7%   | 6～11%  | 少      |
| 生骨粉    | 3～5%   | 16～22% | 少      |
| 蒸製骨粉   | 1～4%   | 20～32% | 少      |
| 乾燥鶏ふん  | 3～5%   | 2～6%   | 1～3%   |
| なたね油かす | 5～6%   | 2%     | 1%     |
| 大豆油かす  | 7～7.5% | 1～1.5% | 1～2%   |
| わたみかす  | 5～6%   | 2%     | 1%     |
| 米ぬか    | 2～3%   | 4～6%   | 1～1.5% |

表 6-3 有機質肥料の養分含有量（例）と有効成分量

| 種別  | 有機物名   | 水分<br>(%) | 養分含有量（現物%） |       |      |       |      | 有効化係数（%） |     |     | 有効成分量（kg/現物100kg） |      |     |      |     |
|-----|--------|-----------|------------|-------|------|-------|------|----------|-----|-----|-------------------|------|-----|------|-----|
|     |        |           | 窒素         | リン酸   | カリ   | 石灰    | 苦土   | 窒素       | リン酸 | カリ  | 窒素                | リン酸  | カリ  | 石灰   | 苦土  |
| 有機質 | 魚かす    | 10        | 8.04       | 8.74  | 0.00 | 10.09 | 0.37 | 90       | 90  | 100 | 7.2               | 7.9  | 0.0 | 10.1 | 0.4 |
| 肥料  | 蒸気骨粉   | 6         | 4.12       | 20.38 | 0.00 | 29.51 | 0.70 | 90       | 90  | 100 | 3.7               | 18.3 | 0.0 | 29.5 | 0.7 |
|     | なたね油かす | 11        | 5.61       | 2.49  | 1.33 | 0.94  | 0.90 | 70       | 90  | 100 | 3.9               | 2.2  | 1.3 | 0.9  | 0.9 |
|     | 大豆油かす  | 12        | 7.32       | 1.60  | 2.24 | 0.40  | 0.48 | 80       | 90  | 100 | 5.9               | 1.4  | 2.2 | 0.4  | 0.5 |
|     | わたみ油かす | 11        | 5.70       | 2.40  | 1.63 | 0.30  | 0.36 | 80       | 90  | 100 | 4.6               | 2.2  | 1.6 | 0.3  | 0.4 |
|     | 米ぬか    | 14        | 2.12       | 4.76  | 1.70 | 0.38  | 2.36 | 70       | 90  | 100 | 1.5               | 4.3  | 1.7 | 0.4  | 2.4 |

※個々の資材の養分含有量については、製品に添付された成分表等で必ず確認する。

表 6-4 有機質肥料有効成分量の計算例

|                    |  |
|--------------------|--|
| 施肥条件(*1)           | <p>（基肥）</p> <p>○10 a 当たり牛ふん堆肥1,500kg、乾燥鶏ふん100kg、なたね油かす100kgを施用</p> <p>○その他、10 a 当たりハイマグ<sup>®</sup>重焼燐 20kg、顆粒タイニー70kgを施用</p> <p>（追肥）10 a 当たり NK 化成 2 号 30kg×2 回</p>   |
| 基肥の計算例<br>（窒素有効成分） | <p>○窒素有効成分量＝施用量×窒素含有率（%）×有効化係数（%）</p> <p>牛ふん堆肥(*2) = 1500kg×1.10%×20% = 1500×0.0110×0.2 = 3.3kg</p> <p>乾燥鶏ふん(*2) = 100kg×2.96%×70% = 100×0.0296×0.7 = 2.1kg</p> <p>なたね油かす(*2) = 100kg×5.61%×70% = 100×0.0561×0.7 = 3.9kg</p> <p>したがって 10 a 当たりの施肥窒素有効成分量の合計は 9.3kg となる。</p> <p>リン酸、カリ等についても同様な方法で算出する。</p> |

(\*1) 環境保全型農業の手引（平成 16 年度版 p99 キャベツの項）より参照。

(\*2) 窒素含有率、有効化係数は、堆肥、乾燥ふんは表 6-8、なたねかす等有機質肥料は表 6-3 を参照

## 6-2 ぼかし肥の作り方・使い方

ぼかし肥の概念はあいまいであり、地域によって異なるが、有機質資材と土を混ぜて堆積した肥料を「ぼかし肥」といい、土を混合しないのが「ぼかし堆肥」である。有機質資材を堆積することにより微生物の力で分解させ、作物栽培に適した状態に変えるもので、微生物が作った肥料といえる。また、肥料成分と土をあらかじめ馴染ませてあるため根やけせず、作物の生育に応じてゆっくり効くという特徴がある。

### (1) 材料の組合せ方

肥料は、作物生育に必要な、窒素、リン酸、カリ等の成分がバランスよく含まれていることが大切である。ぼかし肥は色々な資材で作るため、成分バランスのよい肥料となるような有機質材料を組み合わせることがポイントになる。

前述のように、有機質肥料は、原料や処理により成分の偏りがある。一般に、魚かす、肉かす、骨粉等の動物系有機質資材は、窒素とリン酸が多くカリは少ないのに対し、油かす等の植物系有機質資材では、リン酸が少ないのが特徴である。基本的には、窒素・カリに油かす、リン酸に魚かす等の組み合わせでバランスがとれる。

ただし、作物によって必要な養分量が異なるため、組み合わせを変える場合もある。窒素を多く必要とする果菜類のキュウリやナス、キャベツ等の葉菜類は窒素分を多くし、トマトやダ

イコンは窒素分を少なめにする。窒素の量だけでなく、資材も作物によって変える。ホウレンソウやコマツナのように作期の短い葉菜類には速く効く油かすや鶏ふんを主体にし、作期の長い果菜類にはゆっくり効く魚かすや米ぬかを主体にする。窒素は少なく、リン酸分を多く必要とするゴボウ、ヤマノイモなどの根菜類には、油かすを少なくし、魚かす、米ぬか、骨粉等リン酸分の多いものを主体にしてつくる。また、イチゴやメロン、スイカのように味を重視する野菜は、魚かす、骨粉等の動物性有機質資材を多くすると効果がある。

## (2) 作り方

### ア 材料の例

土 250 kg 油かす 100 kg、魚粉 50 kg、骨粉 50 kg、乾燥鶏ふん 50kg、米ヌカ 15kg 等

### イ 積み込み方

①あらかじめ有機質資材に 35%程度の水分を含ませておく。有機質資材は 10%程度の水分含量なので、有機質資材 10kg 当たり 5 L 程度を混合すればよい。

②土は、肥料分が少なく、土壌病害菌の存在しない土を利用する。このためには山土がよいが、畑土であれば地表から 50cm 以下の深いところから土を採る。土壌の水分は、やや乾き気味のものが水分調節がしやすくよい。大きな塊りは砕いておく。

③必要に応じて、微生物資材 1 kg 及びデンプン 0.5kg を添加する。

④土と有機質資材を混合し、山積みする。水分は 50%程度にする。その上をムシロなど通気性と保温性を持った資材で覆う。堆積場所は室内が好ましいが、屋外のときはシートを被せ、雨に濡れないようにする。

⑤積みこみ後、数日で発熱する。高温になれば窒素成分が飛びやすくなるので、50℃以上にならないよう切り返す。1ヵ月堆積すると利用できるが、2～3ヵ月堆積することが好ましい。

⑥出来上がったらすぐに使うことが好ましいが、保存しなければならぬときは乾燥させ水分を落とす。ぼかし肥の肥料の有効成分は、窒素 3%、リン酸 5%、カリ 1%程度である。

### ウ 使い方

ぼかし肥は、堆肥と組合せて使うことが好ましい。また、基肥として溝施用するのが基本であるが、追肥としても利用でき、幅広い使い方ができる。化学肥料と違い速効性ではないが、作物の生育に適した量を長期にわたって供給できるという特長がある。

ぼかし肥は化学肥料に比べ多量に施用するが、あらかじめ発酵させてあるため、作物の根に障害を与えることはない。また、基肥として利用する場合は、溝状に施用すると、溝の深さで肥料効果をコントロールでき、深い溝にして入れると初期の肥料の効きは少なく、効果が長く続く。また、株の下に塊り状に入れるのもよい方法である。

施用量は、ぼかし肥の材料や作物の種類によっても異なるが、500kg/10 a 程度が基準になる。ぼかし肥をつくる時に2ヵ月以上の長期間堆積したものはよいが、堆積期間が短いも

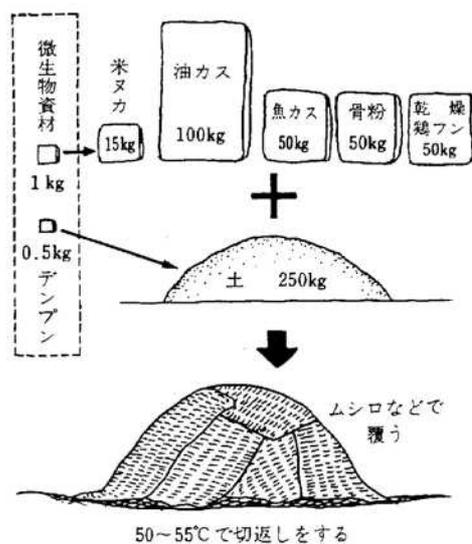


図 6 - 1 ぼかし肥の作り方

のでは、一時的な発芽障害などを起こすことがあるので、作付の1週間以上前に施用する。溝施用は初期の効果が少ないので、基肥の一部を株の近くに入れておくと、初期から効果が期待できる。

追肥として使う場合は、化学肥料のように速効性ではないので、早目に施用するよう注意が必要である。株から20～30cm離れたところに浅い溝をつくって撒き、上に薄く土をかける。こうすると、水に溶けた養分が徐々に根のあるところにしみ込んでゆく。また、株から離れたところに穴をあけて、「待ち肥」的に利用するのがよい。また、追肥に使う場合は、十分に堆積したものを使う。一般に有機質資材はカリ分が少ないので、追肥に使うときには硫酸カリを混ぜて使うとよい場合がある。

## 6-3 堆肥等有機物の利用法

### (1) 堆肥等有機物の施用効果

土づくりのためには堆肥等の有機物の施用が重要であるが、有機物の施用効果は、一般には以下のように、作物への養分供給、土壌の理化学性の改善、土壌の生物性の改善の3つに要約できる。

#### ア 養分供給

有機物は窒素、リン酸、カリの三要素の他、石灰、苦土、けい酸、マンガン、ホウ素、モリブデン、鉄等の必須成分を総合的に含み、これらの養分を持続的かつ緩やかに作物に供給する。特に、窒素は土壌有機態窒素として集積し、地力窒素としての効果が大きい。

#### イ 土壌理化学性の改善

有機物の施用がもたらす土壌有機物の増加（土壌腐植の集積）によって、土壌の塩基保持力（陽イオン交換容量）や緩衝能が高まって、酸性化や多肥による濃度障害などが起こりにくくなる。また、土壌の団粒化、易耕化、透水・通気性、保水性の向上など物理的性質も改善され、作物の根系が発達し養水分の吸収力が大きくなる。

#### ウ 土壌生物性の改善

土壌に施用された有機物は、土壌微生物や小動物の栄養源、エネルギー源になる。有機物の施用によって理化学性が良くなった土壌は、土壌生物にとっても良好な生息環境となる。また、堆肥等はそれ自体が微小生物の宝庫である。これらの総合的な効果によって、土壌微生物、小動物は種類、量とも増大し活性化される。その結果、有機物の施用によって土壌改良効果は一層高まり、他方、腐生生活の細菌や放線菌の増加により有害な微生物の活動が抑えられる。また、有機物が分解する過程で生理的活性物質が生成され、作物の生育を促進させるとも考えられている。

### (2) 堆肥等有機物の施用量の目安と考え方

堆肥などの有機質資材の作物別施用基準を表6-5に示した。有機物の種類は、本県の実態に応じて、家畜ふん及びその堆肥化物を中心とし、稲わらや稲わら堆肥、せん定くず堆肥を加えた。また、家畜ふんは畜種により成分が異なるので、畜種別に示した。

堆肥化物は、わら類を堆積した堆肥、家畜ふんを堆積したきゅう肥、未利用資源を堆積したコンポストという名称が用いられたが、旧肥料取締法において、堆肥という名称に統一されたため、以下、堆肥と統一し、前に主原料を付けて牛ふん堆肥のように記述することとした。

この基準値は、連用を前提に、作物の種類に性質に応じた統一基準を設定したものであり、輪作体系、土壌及び気象などの条件に応じて、適宜変えることも必要である。また、新規造成畑や単年度のみでの施用の場合は、この基準より多くてもかまわない。

表 6 - 5 作物別堆肥等有機物施用基準 (10 a 当たり)

| 作物名       | おがくず混合畜ふん堆肥 | 畜ふん堆肥    |          | 乾燥畜ふん   |          | 稲わら堆肥 | 生わら  | せん定くず堆肥 |
|-----------|-------------|----------|----------|---------|----------|-------|------|---------|
|           |             | 牛ふん      | 豚・鶏      | 牛ふん     | 豚・鶏      |       |      |         |
| 水 稲 乾 田   | 0.5~1 t     | 0.5t~1 t | 0.5t     | 0.5t    |          | 1 t   | 0.5t |         |
| 半 湿 田     | 0.5t        | 0.5t     | 0.3t     | 0.3t    |          | 0.5t  | 0.3t |         |
| 普通作 畑     | 1 t         | 1 t      | 0.5t     | 0.5t    | 0.3t     | 1 t   | 0.5t | 1 t     |
| 野 菜 露 地   | 1 t/作       | 1 t/作    | 0.5t~1 t | 0.5~1 t | 0.3~0.5t | 1 t/作 |      | 1 t/作   |
| 施 設       | 2 t/作       | 2 t/作    | 1 t/作    |         |          | 2 t/作 | 0.5t | 2 t/作   |
| 花 き 露 地   | 1~2 t       | 1~2 t    | 0.5~1 t  | 0.5~1 t | 0.3~0.5t | 1~2 t |      | 1~2 t   |
| 施 設       | 2~4 t       | 2~3 t    | 1~2 t    |         |          | 2~3 t | 0.5t | 2~3 t   |
| 鑑賞樹       | 2~3 t       | 2~3 t    | 1~2 t    | 1~2 t   | 0.5~1 t  | 2~3 t |      |         |
| 果 樹 ミ カ ン | 1~2 t       | 1~2 t    | 0.5~1 t  | 0.5~1 t | 0.3~0.5t | 1~2 t | 0.5t |         |
| 落 葉 樹     | 1~2 t       | 1~2 t    | 0.5~1 t  | 0.5~1 t | 0.3~0.5t | 1~2 t | 0.5t |         |
| 飼料作物      | 3~4 t       | 3~4 t    | 1~3 t    | 2~3 t   | 1~1.5t   |       |      |         |
| 茶         | 1~2 t       | 1~2 t    | 0.5~1 t  | 0.5~1 t | 0.3~0.5t | 1~2 t | 0.5t |         |
| 桑         | 2~3 t       | 2~3 t    | 1~2 t    | 1~2 t   | 0.5~1 t  |       |      |         |

注 1) 畜ふん堆肥とは、家畜ふん主体のもので、敷料以外のおがくずを含まないものを示す。水分調節材として、コーヒーかすや鉱物質資材を混合したものもこれに含める。

注 2) おがくず混合畜ふん堆肥とは、畜種を問わず、水分調節材としておがくずや木くずを容積比で概ね 30%以上混合したものである。また、もみ殻を多量に混合したものもこれに含める。

## ア 水稲

水田に堆肥を施用する場合に最も重要なことは、土の状態を事前に調べておくことである。水田は、有機物の分解が順調に進む乾田、やや遅れる半湿田、分解がほとんど期待できない湿田の3つに区分でき、水田の状態を確認したうえで、よく腐熟した堆肥を施用することが望ましい。湿田には原則として堆肥を施用しないが、これは施用によって土壌の異常還元が進行し、水稲の根系障害が発生する危険性があるためである。

水稲を栽培する場合には、牛ふん堆肥を乾田で 0.5 t/10 a、半湿田で 0.5 t/10 a を基準とする。生わらを使う場合は、乾田で 0.5 t/10 a (堆肥 1 t/10 a 相当量) を標準量とし、半湿田には 0.3 t/10 a を施用する。施用時期は秋期とし、石灰窒素 40~60kg/10 a と併用し、土と混合する。

乾燥畜ふんは、牛ふんに限り、乾田で 0.5 t/10 a、半湿田で 0.3 t/10 a を目標として、秋期から冬期にかけて施用し、土の中での分解を促進させる。鶏ふんと豚ふんは、肥料成分が高く水稲の生育が不安定になりやすいので使わない方が安全である。

## イ 普通作

普通作物は、牛ふん堆肥 1 t/10 a を基準とし、豚、鶏ふん堆肥は 0.5 t/10 a とする。乾燥畜ふんは 0.3~0.5 t/10 a、生わらは 0.5 t/10 a とし、ともに土壌によく混合する。せん定くず堆肥は 1 t/10 a を施用するが、排水不良の土や耕うんのしにくい強粘質または粘質の畑に使うと物理性の改良に効果がある。

## ウ 野菜

露地野菜は、牛ふん堆肥で1作当たり 1 t/10 a を基準とする。乾燥畜ふんでは牛ふん 0.5~1 t/10 a、豚ふん・鶏ふんでは 0.3~0.5 t/10 a を基準とし、全面散布後、耕起して分解を促進させる。

施設野菜は、土の物理性の改良、保全を図る意味で、良質な堆肥を積極的に施用し、牛ふん堆肥は1作当たり 2 t/10 a を基準として施用する。生わらは、細断したものを1作当た

り 0.5 t / 10 a を基準として施用する。乾燥畜ふんや生ふんは施用しないことが望ましい。

堆肥とわらを併用する場合には、全量として基準量が満たされるように資材量を調整する。この場合、稲わら 0.5 t は牛ふん堆肥 1 t に相当すると考えてよい。

なお、緑肥作物の作付けは、有機物の入手が困難な場合、あるいは野菜の連作により土壌が悪化した場合などに有効である。その効果は、緑肥のすき込みによる有機物供給と土壌生物性の改善等に現れる。一般的な緑肥作物としては、ソルゴー（10 t / 10 a）とマリーゴールド（5 t / 10 a）等があり、この全部あるいは半量を、石灰窒素 60 kg 程度とともに全層に混合施用する。

すき込み条件としては、なるべく長期間（1 ヶ月以上）放置してよく分解させ、作物に障害を与えないように注意する。緑肥作物の種類は作付作物を考慮して選択し、障害が起こらないよう注意を払う。緑肥すき込み後の作物に対する施肥量は、緑肥のすき込み量に応じて減らすようにする。

## エ 花き

露地花きは露地野菜にほぼ準じ、牛ふん堆肥 1 t / 10 a を基準とする。施設花きも、ほぼ施設野菜に準じてよいが、バラとカーネーションはやや多めに施用する。

バラに対する改植時の牛ふん堆肥施用量は、深耕の程度により深さ 15cm 当たり 2 t とする。したがって、例えば、深耕 60cm の場合の施用量は 8 t になる。改植翌年度以降は、春秋に 2 t / 10 a ずつ、年間で 4 t / 10 a の施用を基準とする。カーネーションは、年間堆肥 3 ~ 4 t / 10 a の施用を基準とする。

## オ 観賞樹木

観賞樹木の苗木に対しては、牛ふん堆肥を基肥施用時に 6 ~ 9 t / 10 a 施用する。これは、苗木が 1 年間で堆肥を 2 ~ 3 t 必要とするものとし、3 年生苗の出荷を前提に 3 年分の堆肥を 1 回にまとめて施用する方法である。

乾燥畜ふんを利用する場合は、牛ふんは 1 ~ 2 t / 10 a、豚ふん、鶏ふんは 0.5 ~ 1 t / 10 a 以内を基準とし、植付 3 ~ 6 か月前に施用し、ふんの分解に伴う障害を避けるよう注意する。

## カ 果樹

常緑果樹のミカンは、牛ふん堆肥 1 ~ 2 t / 10 a を基準とする。さらに、わらをマルチとして使用するときには 0.5 t / 10 a を基準とする。堆肥とわらマルチを併用するときには、わらから供給されるカリを評価して、カリ分を減少した施肥設計を行う。

ナシ、ブドウ等の落葉果樹も同様に、牛ふん堆肥 1 ~ 2 t / 10 a の施用を基準とする。わらを使う場合は、0.5 t / 10 a をマルチとして施用し、1 年後に土にすき込む。堆肥とわらマルチを併用する場合は、施肥のカリを少なくする。

果樹園に分解の不十分な木質を混合した堆肥を施用すると、紋羽病の発生の危険性があるので、おがくずを多量に含む堆肥やせん定くず堆肥は施用しない方がよい。

## キ 飼料作物

飼料作物には、家畜ふん尿の処理の意味もあって多量に施用されることがあるが、それによって土壌環境や作物の品質を悪化させ、土壌環境だけでなく、飼料を食べた家畜にも障害をもたらすことがある。

地力維持からみれば、堆肥 2 t / 10 a 程度でよいが、飼料作物は養分吸収量が多いため、牛ふん堆肥 3 ~ 4 t / 10 a を基準とし、イタリアンライグラス、飼料用ムギには、やや少な

目の3 t /10 a、青刈トウモロコシ、ソルガムに対しては、やや多めの4 t /10 aの施用を基準とする。

飼料畑では生ふんの施用が行われることが多い。作物による施肥窒素回収率が50%以上で施肥窒素回収率が経年的に低下しない、窒素溶脱量が経年的に増加せず10 a当たり7 kgを越えない（浸透水の平均窒素濃度10mg/L以下）という条件を設定すると、年間窒素施用量は50kg以下にとどめることが適当と推定される。このため、生ふんの年間施用量は、生牛ふん（水分83%、N0.4%）で12~13 t /10 a、生豚ふん（水分79%、N0.9%）で5~6 t /10 a以下とするのが適当であり、かつ、施肥窒素は無施用とする。なお、生ふんを連続して大量に施用する場合は、地力窒素水準が向上することから、窒素溶脱を軽減するための作付け体系に配慮する。

## ク 茶

茶園では、10 a当たり年間1 tの葉や枝が供給されるため、堆肥の施用量は少なくともよい。牛ふん堆肥1~2 t /10 aを、秋から冬にかけて畦間の土に施用する。わらを使う場合は、0.5 t /10 aをマルチとして施用し、1年後に土にすき込むようにする。茶園も果樹園と同様に、未熟な木質を混合した堆肥を施用すると紋羽病の発生の危険性があるので、おがくずを多量に含む堆肥やせん定くず堆肥は施用しない方がよい。

## ケ 桑

牛ふん堆肥2~3 t /10 aの溝施用が望ましい。なお、生ふんを肥料養分を兼ねて施用する場合は、牛ふんを10 t /10 a施用することも可能である。

### (3) 堆肥等有機物の選択と施用上の注意

かつての有機物は、稲わら堆肥や牛ふん堆肥が主体であったが、現在では多種多様な資材が流通しており、その性質も資材間で大きく異なるものがある。そのため、資材の特性を十分に理解しておかないと、施用後に生育障害などの問題を起こすことも考えられる。本項では、堆肥等有機物の種類とその特性、施用上の注意点などについて述べる。

#### ア 堆肥等有機物の種類と特性

有機物の種類とその施用効果、施用上の注意などを取りまとめたものを表6-6に示した。その詳細は以下のとおりである。

わら堆肥は、わら類や山野草、野菜くずなどを原料としたもので、全窒素、リン酸、石灰、苦土は他の資材に比べて低い方に属しており、カリはほぼ中位の値を示している。このため、連用しても特定の成分が過剰に蓄積する心配が少ないため、安心して施用できる資材である。

家畜ふん堆肥は、家畜ふん尿を堆積発酵させたもので、家畜の種類により性質が異なる。牛ふん堆肥の肥料成分は、いずれも中位でほぼ平均的であり、わら堆肥と同様な効果が得られる。豚ふん及び鶏ふん堆肥は、リン酸、カリ、石灰が高く、炭素率（C/N比）が低いいため、有機物というより肥料に近く、肥効も速効性であり、施用にあたっては分量に注意する必要がある。

おがくず混合堆肥は、家畜ふんに水分調節材としておがくずなどの木質を添加したもので、家畜ふん堆肥に比べ全炭素、C/N比は高くなるが、肥料成分は低くなるため肥料の効果は小さくなる。その代わり、木質の影響で物理性改善効果は大きくなる。施用にあたっては腐熟度に注意する必要がある。未熟なものを施用した場合には、土壤中で一時的に窒素飢餓を引き起こすことがある。

木質資材堆積物（パーク堆肥）、もみがら堆肥は、全炭素が多くC/N比が高い（30以上）

ため、土壌中での分解は極めて緩やかである。肥料成分は少ないため肥料的効果は小さく、物理性の改善効果が主である。

生ごみ堆肥（生ごみ処理装置処理物）は、家庭や事業所（食堂等）から排出される生ごみ（厨芥類）を、専用の機械装置により乾燥または堆肥化したもので、食品リサイクル法が平成12年に制定されたことに伴い増加している。発生場所や処理法により成分含量は大きく異なるが、全般に、リン酸、カリに比べ窒素が多く含まれている。C/N比は15程度と高くないが、土壌施用直後は窒素が有機化する傾向にある。このため、家畜ふん堆肥など他の堆肥と混合し、再度発酵するか、土壌施用後2週間以上経過した後に作付けすることが好ましい。

下水汚泥肥料は、全窒素、リン酸、石灰が多く、カリが少ない。重金属や臭気等が問題になるものもあり、取り扱いにくい面がある。肥料的効果は高いが、石灰を多量に含むものがあるので注意が必要である。また、肥料の品質の確保等に関する法律では、普通肥料扱いとなっている（Ⅱ-15 肥料の品質の確保等に関する法律について）。

表6-6 各種堆肥の特性

| 有機物の種類  | 原材料                                |             |             | 施用上の注意            |
|---|------------------------------------|-------------|-------------|-------------------|
|   |                                    | 肥料的         | 物理性改良       |                   |
| わら堆肥  | 稲わら、麦稈及び野菜くず等                      | 中           | 中           | 最も安心して施用出来る       |
| 家畜ふん堆肥<br>(牛ふん尿)<br>(豚ふん尿)<br>(鶏ふん)           | 牛ふん尿と敷料<br>豚ふん尿と敷料<br>鶏ふんとわら等      | 中<br>大<br>大 | 中<br>小<br>小 | 肥料効果を考慮して施用量決定する  |
| おがくず混合<br>家畜ふん堆肥<br>(牛ふん尿)<br>(豚ふん尿)<br>(鶏ふん) | 牛ふん尿とおがくず<br>豚ふん尿とおがくず<br>鶏ふんとおがくず | 小<br>中<br>中 | 大<br>大<br>大 | 未熟木質があると虫害が発生しやすい |
| パーク堆肥   | パークやおがくずを主体としたもの                   | 小           | 大           | 同上                |
| もみがら堆肥  | もみがらを主体としたもの                       | 小           | 大           | 物理性の改良効果を中心に考える   |
| 生ごみ堆肥   | 家庭の厨芥類等                            | 中           | 小           | ガラス等の異物の混入に注意する   |
| 下水汚泥肥料  | 下水汚泥及び水分調節材                        | 大           | 小           | 石灰の量に注意する         |

## イ 堆肥の種類と有効成分量

堆肥は多種類であり、種類によって肥料効果が異なる。肥料成分の中で、最も重要なのが窒素である。堆肥には乾物で数%の窒素が含まれているが、その全量が作物に吸収されるわけではなく、有機物の分解過程で無機化されたものが肥料効果を現す。その無機化に関係するのがC/N比であり、その関係を図6-2に示した。C/N比が低いと無機化による窒素の放出が著しく、C/N比が20以上では有機化する。旧肥料取締法においてC/N比が表示されるようになったが、確実な指針は示されていない。窒素の有効化率は、およそ目安で、C/N比20以上は有効化率0%、15~20は10%、10~1は20%、10以下では30%以上といえる。

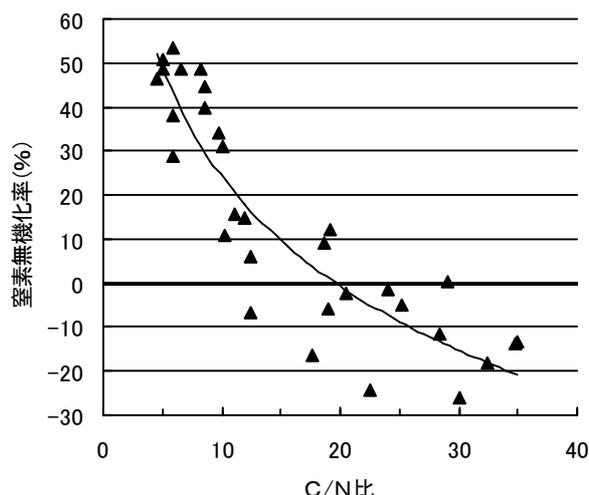


図6-2 炭素率と無機化の関係  
(神奈川県：山田)

有機物に含まれる窒素成分が作物に吸収される割合（有効化率）は、家畜ふんでは、牛ふん30~40%、豚ふん・鶏ふんは60~70%であるとされてきたが、堆肥ではもっと低い有効化率になると考えられる。現在、有効化率については研究が進められているが、研究事例から見て、表6-7に示した程度の値と考えられる。

表6-7 家畜ふん及び堆肥化物の窒素有効化率の推定値

| 処 理 形 態    | 牛ふん    | 豚ふん    | 鶏ふん    |
|------------|--------|--------|--------|
| 生ふん・乾燥ふん   | 30~40% | 60~70% | 60~70% |
| ふん主体堆肥化物   | 20~30  | 40~50  | 40~50  |
| おがくず混合堆肥化物 | 10~20  | 20~40  | 20~40  |

この係数から計算すると、牛ふん主体の堆肥に窒素が1.1%（現物含量）含まれ、有効化率を20~30%とすると、堆肥1t（窒素11kg含有）施用した場合は、1年間に2.2~3.3kgの窒素が作物に供給される可能性があることになる。反面、含有窒素の70~80%にあたる7.7~8.8kgは、土壤中に蓄積することになる。堆肥は連年施用が基本のため、土壤蓄積量（地力窒素）に注意する必要がある。

有機物の分解は微生物の働きによるため、気象条件、とりわけ温度に強く依存する。このため、季節によって窒素の発現が大きく異なるので注意が必要である。さらに、土壤の種類や降雨量にも影響されるので、有機物主体の栽培では、作物の生育状況に注意することが必要である。

これらの有機質資材について、現物1t当たりの成分量(kg)と、有効化係数から算定した有効成分量(kg)の例を表6-8に示した。有効成分量とは、有機物1tを施用した場合、1年間に有効化する成分量（肥料養分として作物に利用可能な成分量）を、各成分の有効化率の推定値から計算して求めたものである。石灰と苦土については係数を記載していないが、ほぼ100%が有効化すると考えられる。

堆肥等の有機物の施用にあたって重要なことは、資材中の成分量をあらかじめ承知したうえで、肥料の施用量を加減することである。表6-8を例に有効成分量をみると、豚ふん堆肥及び鶏ふん堆肥では、窒素、リン酸、カリがいずれも1 t当たり10kg以上あり、作物によっては基肥が不要であることがわかる。また、鶏ふん堆肥では1 t中に石灰が126kg(ほぼ炭カル15袋分)含まれる計算になるので、土壌のpHをあらかじめ確認したうえで、資材の施用量を決めることが必要である。

なお、ここで注意しなければならないことは、堆肥の養分含有量は製法、材料混合比などによってばらつきが大きいので、製品ごとにその成分値を把握することが必要である。このうち、窒素、リン酸、カリ、C/N比などについては、平成11年の旧肥料取締法の改正により、堆肥への成分値の表示が義務付けられている(Ⅱ-14-2 有機質資材等の施用と土壌中の重金属参照)。堆肥利用にあたっては必ず成分表に表示の成分値を確認して、有効成分量を算定する必要がある。

これからの環境保全時代においては、堆肥等の有機物から放出される肥料成分を積極的に利用することが大切であり、堆肥等有機物に含まれる有効成分量を施肥設計に組み入れることが重要である。

表6-8 堆肥、乾燥ふんの養分含有量と有効成分量の例

| 種別       | 有機物名   | 水分 (%) | C/N 比 | 養分含有量例 (現物%) |      |      |       |      |    | 有効化係数 (%) |      |      | 有効成分量 (kg/現物 t) |      |       |      |  |
|----------|--------|--------|-------|--------------|------|------|-------|------|----|-----------|------|------|-----------------|------|-------|------|--|
|          |        |        |       | 窒素           | リン酸  | カリ   | 石灰    | 苦土   | 窒素 | リン酸       | カリ   | 窒素   | リン酸             | カリ   | 石灰    | 苦土   |  |
| 乾燥ふん     | 牛ふん    | 28     | 16    | 1.65         | 1.84 | 1.74 | 1.61  | 0.76 | 30 | 60        | 90   | 5.0  | 11.0            | 15.7 | 16.1  | 7.6  |  |
|          | 豚ふん    | 24     | 10    | 2.60         | 4.56 | 1.51 | 3.30  | 1.20 | 70 | 70        | 90   | 18.2 | 31.9            | 13.6 | 33.0  | 12.0 |  |
|          | 鶏ふん    | 19     | 7     | 2.96         | 5.20 | 2.43 | 9.16  | 1.15 | 70 | 70        | 90   | 20.7 | 36.4            | 21.9 | 91.6  | 11.5 |  |
| 家畜ふん堆肥   | 牛ふん    | 50     | 17    | 1.10         | 1.45 | 1.45 | 2.10  | 0.65 | 20 | 100       | 100* | 2.2  | 14.5            | 14.5 | 21.0  | 6.5  |  |
|          | 豚ふん    | 29     | 10    | 2.70         | 5.04 | 2.13 | 4.54  | 1.78 | 50 | 70        | 90   | 13.5 | 35.3            | 19.2 | 45.4  | 17.8 |  |
|          | 鶏ふん    | 20     | 8     | 2.81         | 5.86 | 3.13 | 12.68 | 1.77 | 60 | 70        | 90   | 16.9 | 41.0            | 28.2 | 126.8 | 17.7 |  |
| おがくず混合堆肥 | 牛ふん    | 58     | 21    | 0.80         | 0.97 | 1.10 | 1.14  | 0.46 | 10 | 100       | 100* | 0.8  | 1.0             | 11.0 | 11.4  | 4.6  |  |
|          | 豚ふん    | 44     | 14    | 1.41         | 3.03 | 1.46 | 2.87  | 0.84 | 30 | 60        | 90   | 4.2  | 18.2            | 13.1 | 28.7  | 8.4  |  |
|          | 鶏ふん    | 37     | 11    | 2.33         | 3.84 | 1.95 | 3.96  | 1.70 | 30 | 60        | 90   | 7.0  | 23.0            | 17.6 | 39.6  | 17.0 |  |
| その他堆肥    | 稲わら    | 75     | 19    | 0.41         | 0.19 | 0.44 | 0.07  | 0.06 | 30 | 50        | 90   | 1.2  | 1.0             | 4.0  | 0.7   | 0.6  |  |
|          | せん定くず  | 64     | 33    | 0.55         | 0.12 | 0.19 | 1.04  | 0.19 | 0  | 50        | 90   | 0.0  | 0.6             | 1.7  | 10.4  | 1.9  |  |
|          | パーク    | 61     | 36    | 0.47         | 0.33 | 0.28 | 2.10  | 0.90 | 0  | 50        | 90   | 0.0  | 1.7             | 2.5  | 21.0  | 9.0  |  |
| 食品       | 生ごみ*   | 25     | 18    | 2.08         | 1.29 | 0.79 | 2.54  | 0.26 | 0* | 50        | 90   | 0.0  | 6.5             | 7.1  | 25.4  | 2.6  |  |
| 残さ等      | コーヒーかす | 5      | 25    | 2.06         | 0.23 | 0.42 | 0.14  | 0.19 | 0  | 50        | 90   | 0.0  | 1.2             | 3.8  | 1.4   | 1.9  |  |
|          | 緑茶     | 5      | 10    | 4.77         | 0.79 | 0.76 | 0.69  | 0.26 | 30 | 50        | 90   | 14.3 | 4.0             | 6.8  | 6.9   | 2.6  |  |

注) \*生ごみ処理装置処理物は、1~2ヶ月以降に無機化に転じる。

個々の堆肥の養分含有量については、製品に添付された成分票で必ず確認する。

牛ふんを原料とする堆肥のリン酸、カリの有効化係数は、H25、29年度の試験研究成果資料に基づいて100とした。

牛ふん堆肥の窒素肥効については、熟度が低い場合、当該作に肥効が期待できない場合もあるので、注意する。

## ウ 堆肥等有機物の腐熟度

### (7) 未熟有機物の障害

有機物の分解状態を腐熟度といい、未熟な有機物の施用は作物に障害を招きやすい。未熟有機物に起因する障害と対策を表6-9に示した。おがくず等を含む高C/N比の有機物では、有機物の分解に伴い微生物が急激に増加し、施用された無機態窒素が菌体に取り込まれることによって、作物は施肥窒素を吸収できずに窒素飢餓を起こす。また、鶏ふんのような低C/N比の有機物では、急激な分解に伴いアンモニアガスや亜硝酸ガスなどの窒素ガスが発生し、作物にクロロシスや黄白化等の障害を引き起こす。また、炭酸ガスが急

激に発生すると、根に障害を引き起こし、作物の生育が阻害される。また、木質を含む有機物ではフェノール性酸、家畜ふんでは有機酸等の生育阻害物質による障害がある。この他、未熟有機物を施用すると、タネバエ等の虫害やピシウム菌等による病害を引き起こしやすくなるので注意が必要である。

未熟有機物による障害は、土壌施用後1～2週間が最も著しいので、土壌施用後、夏季では1ヵ月、冬季では2ヵ月後に作付けをすれば、多くの場合障害は回避できる。また、有害成分の土壌中における分解は好氣的条件で促進されるため、未熟有機物は深く施用せず、浅めまたはマルチ施用することが好ましい。

表6-9 有機物を原因とする生育障害とその対策

| 障害の原因                 | 症 状                    | 障害を起こしやすい資材                     | 対 策                    |
|-----------------------|------------------------|---------------------------------|------------------------|
| 微生物による無機態窒素の有機化によるN欠乏 | 窒素不足による作物の黄化と生育不良      | 高C/N比の有機物（わら類、パークやチップ等の木質を含むもの） | C/N比を20以下にする窒素の追肥をする。  |
| 易分解性物質の急激な分解に伴うガス障害   | ガス害によるクロロシス、根痛みによる生育阻害 | 低C/N比の有機物（鶏ふん、豚ふん、汚泥コンポスト等）     | 土壌施用後2週間以上の間を空けて作付けする。 |
| 作物生育障害物質による障害         | 根痛みによる生育障害             | 木質を混合した有機物家畜ふん堆肥                | 土壌施用後1ヶ月以上の間を空けて作付けする。 |

#### (4) 堆肥等有機物の簡易腐熟度検定法

生産者が自家用堆肥を製造する場合は、堆積期間、色、香り、手触り等から経験的に判断している。しかし、これでは正確な判断ができず、基準化できないため、何らかの指標が必要である。腐熟度の判定方法は、生物の反応を利用する方法と化学分析による方法の二つがある。生物反応とは、ミミズや作物種子を使って有害物質の有無を検定する方法である。化学成分の指標としては、C/N比、BODやCOD、還元糖割合等が用いられている。このように多くの方法があるが、あらゆる有機物に汎用的に使えるものは少ない。主なものを以下に示す。

##### a 採点法による腐熟度判定基準

農林水産省畜産試験場から提案された採点法による腐熟度判定基準を表6-10に示した。この方法は、現地において判定するために作成されたものであるが、この考え方を参考に、地域の実態に適合した評点に作りかえることが望ましい。

表6-10 採点法による腐熟度判定基準（農林水産省畜産試験場）

|           |  |
|-----------|--|
| 色         | 黄～黄褐色（2）、褐色（5）、黒褐色～黒色（10）                |
| 形 状       | 現物の形状をとどめる（2）、かなり崩れる（5）、ほとんど認めない（10）     |
| 臭 気       | ふん尿臭強い（2）、ふん尿臭弱い（5）、堆肥臭（10）              |
| 水 分       | 強く握ると指の間からしたたる（2）、強く握ると手のひらにかなり付く（5）     |
|           | 強く握っても手のひらにあまり付かない（10）                   |
| たい積中の最高温度 | 50℃以下（2）、50～60℃（10）、60～70℃（15）、70℃以上（20） |
| たい積期間     | 家畜ふんのみ : 20日以内（2）、20日～2ヶ月（10）、2ヶ月以上（20）  |
|           | 作物残さと混合 : 20日以内（2）、20日～3ヶ月（10）、3ヶ月以上（20） |
|           | 木質と混合 : 20日以内（2）、20日～6ヶ月（10）、6ヶ月以上（20）   |
| 切り返し回数    | 2回以下（2）、3～6回（5）、7回以上（10）                 |
| 強制通気      | なし（0）、あり（10）                             |

※ この評点を合計して、30点以下を未熟、31～80点を中熟、81点以上を完熟とする。

## b 現地における簡易判定法

資材により腐熟の目安は異なるが、一般的に現場で簡易にできる方法には次のようなものがある。

- (a) 混在しているわらや草類、おがくず等を取り出し、指でねじったときに、簡単に崩れたりちぎれる場合は完熟、そうでない場合は腐熟が不十分である。
- (b) 強いアンモニア臭や悪臭のあるものは未熟、堆肥臭のするものは完熟、直接臭いをかいではっきりしない場合は、少量をアルミホイルにとり、下からライターの火であぶって刺激臭のするものは未熟と考えてよい。
- (c) 完熟したものには硝酸態窒素が含まれるため、有機物と等量の水を加え、かき混ぜた後、沈殿またはろ過した液にメルク試薬をつけ、硝酸に反応すれば完熟しているといえる。

## c 幼植物検定法

生試料 10 g（乾燥試料は 5 g）を 200mL 容三角フラスコにとり、沸騰水 100mL を加え、アルミホイルでふたをする。ときどき、かくはんしながら 1 時間以上保持し、冷却後ガーゼ 2 枚を重ねてろ過する。このろ液 10mL を、あらかじめろ紙 2 枚を敷いてあるシャーレに分注し、その上からコマツナを 30～50 粒播く。このとき、対照として水 10mL を入れたものを用意しておく。このシャーレにふたをして室温に保持し、3～6 日後に発芽率と根の状態を観察する。

発芽率と根長を測定し、水で栽培した対照区に対する比率(%)で表示する。さらに、障害の詳細な情報を得たい場合は、根を切り取り、Lacto Phenol Cotton Blue 液で染色し、100～150 倍の光学顕微鏡で観察する。

## 6-4 ペレット（成型）堆肥の特性と利用について

ペレット堆肥とは、成型（ペレット化）装置（エクストルーダー式やディスクペレッター式）により直径 3～5 mm、1～2 cm 長の円筒状に圧縮成型、乾燥された堆肥である。近年、その取り扱いの容易さから普及してきている。

成型することにより、容積は、従来の堆肥と比較し、80～50%程度となる。また、含水率も従来の堆肥で 30%～70%であったものが、30%以下となっており、一定の乾物重量あたりの堆肥重量も軽減される。このように、減容、減量効果が大きい。このため、同量の有機物の施用を考えた場合、散布作業が容易になる利点がある。また、粉じんや臭気の発生も抑制されるため、住宅隣接地等でも散布にも有利である。

また、含水率が低くなっているため、保管時の製品の変化も小さく、臭気の発生も少ない。このため、袋詰めすることなどで、広域での流通も可能である。

一方、堆肥容積の減少により輸送コストの軽減も期待されるものの装置による成型作業により、製造コストが上昇するため、製品価格が上昇する傾向にあることが課題と考えられる。

以上のように、ペレット堆肥は、輸送適性、保管性、散布適性などのハンドリング面での改善効果が大きい。

ただし、従来の堆肥と比較して同量の堆肥での容積が小さいので、散布時には、過剰散布とならないように散布量（乾物重）に注意が必要である。特に、原料が鶏ふんなどの場合、石灰含量が高いものもあるため、表示票を確認して石灰等が過剰にならないように注意することが必要である。

表 6-11 ペレット堆肥の特性

| 項 目      | 概 要   |
|----------|---|
| 含水率      | 30%以下まで乾燥。                                      |
| 容積       | 従来の堆肥80~50%程度に減容化。                              |
| 散布適性     | 散布時の粉じんの発生は少ない。                                 |
| 輸送適性、保管性 | 保管時の製品の変化は小さく、臭気の発生も少ない。<br>袋詰めすることなどで、広域流通が可能。 |
| 製品価格     | 従来の堆肥より高め。                                      |

参考文献

原 正之、堆肥の成型化（ペレット化）と使い方、農業技術大系 土壤施肥編 第 7-1 巻 資材の特性と利用（堆肥化資材-堆肥づくりの基本と応用） 資材 64-1-2~5（1999）

## 6-5 家畜ふんの堆肥化処理法

家畜ふんは土づくりに利用される場合、主に堆肥化処理を行った後、利用される。その代表的な手法を以下に示す。堆肥の特性、（有効）成分量は混合する資材種、堆肥化方法により異なってくるので注意する。

### (1) 家畜ふんの連続堆肥化（戻し堆肥化）法

家畜ふん主体の堆肥づくりのひとつの方法であり、生ふんと製品堆肥を混合し、水分調節を行うことによって、連続的に生ふんを堆肥化する方法である。その概要はおおむね次のとおりである。

**ア** 天日または火力で生ふんの水分を 60%程度の半乾燥（生がわき）状態にする。これを 2~3 日堆積すると、60~70℃以上の温度になる。3 日に 1 回の割合でかくはんし、堆積する。堆積するときの量は、2 m<sup>3</sup>くらいで十分である。約 2 週間後に温度はやや低下し、50℃程度になる。この時、ふんの発酵熱により水分はさらに低下し、取り扱いやすい状態（含水率 40%程度）になる。

**イ** これをタネ堆肥とし、これに夏ならば、ほぼ同容積の生ふんを、また冬の低温時には 0.6~0.7 容程度の生ふんを混ぜ、簡単にかくはんする。2~3 日後に 60~70℃以上の温度になる。その後 3~4 日に 1 回の割合で堆積物をかくはんする。堆肥の山は 3~5 m<sup>3</sup>以上、高さは 1 m 程度がよい。

**ウ** 約 1 ヶ月で温度上昇が終息するので、このうちの半量は、堆肥として利用し、残りの半量に対し、夏はほぼ同量、冬は 0.6~0.7 容の生ふんを混ぜ、イと同様なかくはん操作をくり返す。本方法は、製品堆肥を水分調節材として用いるため、他の副資材が不要であるが、繰り返し処理するうちに堆肥の塩類濃度が上昇する。また、タネ堆肥のみで水分調整を行うと通気性が低下する等の欠点がある。

現在、県内の酪農農家では、高水分の牛ふんの水分を安価に効率的に低下させるため、かくはん装置の付属した天日乾燥ハウスでの処理による水分除去を採用した本法による堆肥化が行われている。

## (2) おがくず等木質材料を利用した家畜ふんの堆肥化

本法では、おがくずやプレーナーくず（機械カンナくず）、チップダスト（製紙用の原料チップを仕分けした細片）などがわらに代わる水分調整材として利用されている。これらの木質材料は、水分調整材としての効果とともに有機物としての高い効果が期待される。問題は、わら等より著しく炭素率が高く、かつリグニンのような分解しにくい有機物を多く含んでいるため、堆肥化させるのに長い期間がかかることである。しかも、樹種によっては、フェノール性酸やタンニン、精油等の農作物に有害な成分が含まれているため、農業利用するためには、これらをあらかじめ分解しないと、作物に生育障害が発生することがある。

おがくず等の木質材料をよく腐熟させ、かつ有害物質を取り除くためには、60℃以上の高温をとまう好気性発酵を長期間持続させた後、二次発酵を3ヶ月以上行う必要がある。

### ア 家畜飼養農家におけるおがくず混合堆肥の作り方

#### (7) おがくずの種類

樹種としてなるべく広葉樹を選ぶ。

#### (イ) 家畜ふんとおがくずの混合割合

容量でおがくずの混合割合を家畜ふんと同量ないしそれ以下とする。

おがくずの混合限界量（家畜ふんの仮比重を1とする）

（例）成牛1頭のふん排せつ量を25kg/日とすると

牛ふん：おがくず＝25L：25L

成豚1頭のふん排せつ量を3kg/日とすると

豚ふん：おがくず＝3L：3L

成鶏1,000羽のふん排せつ量を100kg/日とすると

鶏ふん：おがくず＝100L：100L

#### (ウ) 堆積処理

堆積後、好気性発酵させ、60℃以上に発熱した後、切り返し再発酵させる（第一次発酵）。

### イ 耕種農家におけるおがくず混合堆肥のたい積と利用

#### (7) 堆積処理

第一次発酵の終わったものを引き取ったときには、さらに堆積して二次発酵を行う。堆積中の水分を60～65%に維持するように管理し、好気性発酵を継続する。発熱が認められなくなったときに、切り返しを行って発酵を促進するようにし3～6ヵ月間堆積する。

#### (イ) 堆肥化の判定

堆肥化（熟成）の判定は、黒褐色になり異臭がなく、木質のチクチクした感じがなくなった時とする。

## 6-6 緑肥及び農作物収穫残さの利用法

### (1) 緑肥の利用法

緑肥作物には窒素の肥効や地力増進効果を期待して、主としてマメ科植物が利用されてきたが、近年、野菜作においては病虫害抑止や除塩効果を期待した非マメ科植物の導入が多くなっている。土壌の物理性、化学性及び生物性改善のために、緑肥作物を栽培し、すき込みを行う場合の注意点は次のとおりである。

主な緑肥作物の特性を表6-12に示すが、すき込み時の緑肥作物の生育ステージが異なると、表の数値も違ってくることが考慮しておく必要がある。たとえば、農業技術センターの展示の結果によれば、クロタラリアは、播種後49日目で乾物収量430kg/10a、C/N比15であり、ギニアグラスは、播種後50日目で乾物収量600kg、C/N比17であり、両者とも窒素は放出型となる。

#### ア 水田におけるレンゲすき込み

レンゲの窒素供給量は、収量が1.5～2t/10aでN9kg/10a、2.5～3t/10aで15kg程度である。旧農総研土壌肥料科の試験成績によれば、コシヒカリの安定生産には、すき込み時期を田植え20～30日前とし、レンゲ収量が1～2t/10aの場合には、基肥無窒素、追肥窒素2kg、2t以上の場合は、基肥無窒素とし、生育状況により窒素2kgの追肥を施用するのが適当である。

#### イ 畑における緑肥の利用

##### (ア) ほ場の準備

緑肥作物への施肥はほとんど不要である。ただし土壌が酸性な場合は石灰を、有機物が不足し、やせている場合は堆肥を緑肥の作付け前に施用すると、すき込み後の分解がスムーズに行われる。とくに造成地の熟畑化のために緑肥を栽培する場合は、十分な堆肥と共にリン酸の施用が必要である。

表6-12 主な緑肥作物の特性

| 作物名        | 効果 <sup>1)</sup> | C/N比 | 乾物収量<br>(kg/10a) | 養分吸収量(kg/10a) |      |       | 窒素<br>取込or放出 |
|------------|------------------|------|------------------|---------------|------|-------|--------------|
|            |                  |      |                  | N             | P2O5 | K2O   |              |
| レンゲ        | 肥                | 15前後 | 300～600          | 7～15          | 1～3  | 5～10  | 放出           |
| 青刈りトウモロコシ  | 物・除              | 35〃  | 800～1400         | 20～30         | 3～5  | 50～90 | 取込           |
| イタリアンライグラス | 物                | 20〃  | 400～600          | 10～20         | 1～4  | 20～40 | 放出           |
| ソルゴー       | 物・除              | 35〃  | 1000～3000        | 20～30         | 3～5  | 30～70 | 取込           |
| ヘイオーツ      | 物・セ              | 20〃  | 800              | 20            | 3    | 35    | 放出           |
| ギニアグラス     | 物・セ・除            | 18〃  | 1000             | 20            | 7    | 35    | 放出           |
| クロタラリア     | セ(ネブ)            | 40〃  | 500              | 10            | 3    | 17    | 取込           |
| マリーゴールド    | セ(ネブ)            | 17   | 700              | 19            |      |       | 放出           |
| ヘアリーベッチ    | 抑                | 18   | 600              | 16            | 5    | 7     | 放出           |
| ナギナタガヤ     | 抑                | 55   | 900              | 7             | 3    | 12    | 取込           |

1) 肥＝肥効、物＝物理性改善、除＝除塩効果、セ＝センチュウ密度抑制、抑＝抑草効果

#### (イ) すき込みの方法

緑肥の分解の難易はC/N比によって決まる。C/N比30を境に、それよりも低いものは比較的分解が早く、高いものは分解が遅い。一般にイネ科の緑肥作物はマメ科よりもC/N比が高い。また同じ作物ならば生育が進んだものほどC/N比は高い。

C/N比の高いものをすき込む際には、分解促進のために40～60kg/10a程度の石灰窒素または硫酸を施用する。次作の播種または定植までには、地温が高い時期でも1ヶ月以上の分解期間を要する。ダイコンを安全に栽培するためには2ヶ月以上必要である。

#### (ウ) すき込み後の土壌管理

C/N比が低く分解速度の早い緑肥をすき込んだ場合は、緑肥から放出される窒素を考慮した減肥が必要になるが、この場合には表6-12の数値を目安にすると便利である。一方、図6-3のように、黒ボク土壌に混和したヘイオーツの窒素は、50日程度で80%前後無機化する。これは、5～20kg/10a程度の窒素量に相当する。しかし、緑肥をすき込んだ場合は、裸地状態で1～2ヶ月経過すると、無機化した窒素は比較的速やかに下層に移行する(表6-15)。したがって、後作の根群分布域と、緑肥から放出された窒素の土壌中での滞留域が異なる場合がある。塩基の溶脱にも注意を払う必要があるので、土壌分析を行うことが望ましい。

表6-13 緑肥の養分含有量と有効成分量の例

| 種別 | 有機物名   | 水分 (%) | C/N 比 | 養分含有量例 (現物%) |      |      |      |      | 有効化係数 (%) |     |    | 有効成分量 (kg/現物t) |     |     |     |     |
|----|--------|--------|-------|--------------|------|------|------|------|-----------|-----|----|----------------|-----|-----|-----|-----|
|    |        |        |       | 窒素           | リン酸  | カリ   | 石灰   | 苦土   | 窒素        | リン酸 | カリ | 窒素             | リン酸 | カリ  | 石灰  | 苦土  |
| 緑肥 | レンゲ    | 77     | 18    | 0.55         | 0.12 | 0.30 | 0.32 | 0.12 | 30        | 50  | 90 | 1.7            | 0.6 | 2.7 | 3.2 | 1.2 |
|    | ソルゴー   | 80     | 22    | 0.28         | 0.10 | 0.78 | 0.06 | 0.10 | 20        | 50  | 90 | 0.6            | 0.5 | 7.0 | 0.6 | 1.0 |
|    | イタリアン  | 78     | 17    | 0.42         | 0.11 | 0.68 | 0.15 | 0.09 | 30        | 50  | 90 | 1.3            | 0.6 | 6.1 | 1.5 | 0.9 |
|    | トウモロコシ | 81     | 12    | 0.38         | 0.11 | 0.19 | 0.29 | 0.11 | 30        | 50  | 90 | 1.1            | 0.6 | 1.7 | 2.9 | 1.1 |

注) 鋤込み時の緑肥の生育ステージにより、C/N比などが異なり、放出される養分量が異なることに留意する。

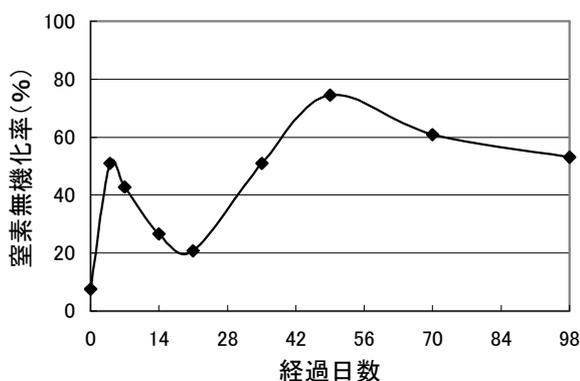


図6-3 黒ボク土壌に混和したヘイオーツの窒素無機化率 (岡本, 1997)

表6-14 緑肥すき込み条件における後作物の窒素減肥可能量 (北海道農政部, 1994)

| 緑肥のC/N比<br>(T-N%) | 窒素利用率<br>(%) | 窒素減肥可能量(kg/10a) |      |      |     |
|-------------------|--------------|-----------------|------|------|-----|
|                   |              | 緑肥の乾物収量(kg/10a) |      |      |     |
|                   |              | 200             | 400  | 600  | 800 |
| 10(4.0-4.4)       | 45           | 5.5             | 11.0 | 16.0 | —   |
| 15(2.7-2.9)       | 30           | 2.5             | 5.0  | 7.5  | 9.5 |
| 20(2.0-2.2)       | 20           | 1.0             | 2.5  | 3.5  | 4.5 |
| 25(1.6-1.8)       | 10           | 0.5             | 1.0  | 1.5  | 2.0 |

表 6-15 ハイオーツすき込みほ場の土壌中の無機態窒素濃度  
(岡本, 1997)

| 層位<br>(cm)  | NH <sub>4</sub> -N<br>(mg/100g) | NO <sub>3</sub> -N<br>(mg/100g) | 合計<br>(mg/100g) |
|-------------|---------------------------------|---------------------------------|-----------------|
| 0~15        | 0.76                            | 1.93                            | 2.68            |
| 15~30       | 1.23                            | 7.41                            | 8.63            |
| 30~45       | 0.88                            | 6.24                            | 7.12            |
| 45~60       | 0.93                            | 2.10                            | 3.03            |
| すき込み前(0~15) | 0.56                            | 0.89                            | 1.45            |

7月5日すき込み、9月19日採土

## 6-7 農作物収穫残さの有効活用

作物の収穫残さを畑に有機物の補給の手段として使う場合、有機物としての特徴をつかみ、効率的に利用を図る必要がある。

### (1) 収穫残さの成分量と養分収支

土壌にすき込まれる茎葉のC/N比が15以下か、あるいは窒素含有率が2.5%以上の場合は分解が速やかに行われるが、C/N比が30以上で、窒素含有率が約1.2%以下の場合は有機化の度合いが大きく分解が遅いことが経験的に知られている。

葉菜類、根菜類の茎葉は養分として速効的で肥料的効果は高い。一方、ムギ類の茎葉は土壌微生物のエネルギー源として重要であり、養分としては緩効的で、地力を高める効果が高いといえる。

C/N比の高いものをすき込む場合は、緩効性肥料を施用することにより、堆肥に近い無機化の消長を示し、後作の生育が良い事が認められる。C/N比の調節方法は他に、緑肥すき込み等がある。根菜類やマメ科の作物の場合は、茎葉のC/N比が比較的に低いので、そのまま作土層にすき込んでも分解が速く、有効な養分として作物に吸収利用される。

土壌に養分が過剰に蓄積されることは作物の品質や耐病性にとって好ましくない。養分を多量に含有している茎葉を施用する場合には減肥しなければならない。具体的な事例としては、三浦半島にみられるスイカの前作のキャベツの外葉をすき込む場合の事例を紹介する。前作キャベツ外葉+根株重を3,000kg(乾物重200kg)とした場合、表6-16からN、P、Kの成分は2.6%、0.7%、3.8%程度であるため、窒素5.2kg、リン酸1.4kg、カリ7.6kgが供給されると考えられ、これらの量を考慮して後作スイカの施肥量を適宜減肥する。

表 6-16 野菜収穫残さの肥料成分（成分は乾物含量、肥飼料検査所）

単位：%

| 種 類       | 調査年度   |     | 水分   | pH   | 有機物  | T-N  | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | CaO  | MgO  |
|-----------|--------|-----|------|------|------|------|-------------------------------|------------------|------|------|
| トウモロコシ    | H 5 年度 | 最大値 | 76.9 | 6.44 | 92.1 | 1.84 | 1.05                          | 3.33             | 0.71 | 0.55 |
|           |        | 最小値 | 67.8 | 4.68 | 83.2 | 1.14 | 0.90                          | 2.90             | 0.35 | 0.20 |
|           |        | 平均  | 73.0 | 5.32 | 89.4 | 1.43 | 0.96                          | 3.15             | 0.49 | 0.31 |
| カボチャ収穫残さ  | H 6 年度 |     | 60.6 | 7.38 | 74.8 | 2.67 | 0.91                          | 4.56             | 8.95 | 1.97 |
| カボチャ収穫残さ  | H 7 年度 |     | 90.8 | 7.17 | 71.2 | 2.61 | 1.51                          | 4.89             | 5.42 | 2.00 |
| キャベツ収穫残さ  | H 6 年度 |     | 80.7 | 6.07 | 79.9 | 2.57 | 0.69                          | 4.05             | 3.85 | 1.08 |
| キャベツ収穫残さ  | H 7 年度 |     | 85.4 | 5.95 | 77.8 | 2.65 | 0.70                          | 3.60             | 4.63 | 1.21 |
| ダイコン(地上部) | H 6 年度 |     | 90.2 | 5.90 | 80.5 | 1.96 | 0.46                          | 3.67             | 3.14 | 0.52 |
| ダイコン(地下部) | H 6 年度 |     | 84.8 | 6.22 | 90.6 | 2.05 | 0.68                          | 4.59             | 0.53 | 0.23 |
| メロン収穫残さ   | H 6 年度 |     | 81.9 | 7.32 | 76.7 | 1.69 | 0.48                          | 4.17             | 8.65 | 2.47 |
| メロン管理残さ   | H 7 年度 | 最大値 | 93.8 | 6.65 | 87.7 | 3.12 | 1.21                          | 5.37             | 2.19 | 0.43 |
|           |        | 最小値 | 93.7 | 6.64 | 85.2 | 3.06 | 1.12                          | 5.05             | 1.35 | 0.42 |
|           |        | 平均  | 93.7 | 6.65 | 86.5 | 3.09 | 1.17                          | 5.21             | 1.77 | 0.43 |
| メロン収穫残さ   | H 7 年度 |     | 82.6 | 7.42 | 71.4 | 2.35 | 0.95                          | 4.94             | 5.44 | 2.43 |

## (2) 茎葉すき込みと土壌病害

特定の作物の連作や短期輪作は、常に病原菌の増殖と生存を助長し、作物に障害をもたらす。作物の茎葉は程度の差はあっても罹病残さであることが多い。基本的には農作物の残さは堆肥化の過程を経て、畑に還元するのが最も安全である。堆肥化の方法としては、好氣的堆肥化と嫌氣的堆肥化の二つの方法がある。嫌氣的堆肥化の方が、堆肥全体を均一的に無毒化する効果が高いという報告が多い。

## 7 土壌改良資材

土壌改良資材とは、土壌に施用し、土壌の物理的性質、化学的性質あるいは生物的性質に変化をもたらして、農業生産に役立たせる資材をいう。一般的に広く言われている土壌改良材の中には、肥料の品質の確保等に関する法律で肥料に該当するものや、地力増進法で指定されたものばかりでなく、そのいずれにも該当しないものも含まれる。ここでは、まず地力増進法で指定された12品目の「政令指定土壌改良資材」について記載し、その他の資材として微生物資材について記載する。政令指定土壌改良資材の主な用途は表7-1のとおりである。なお、各資材の取扱業者等については「全国土壌改良資材協議会」のホームページ (<http://japan-soil.info/DOKAI/>) を参考にするとよい。

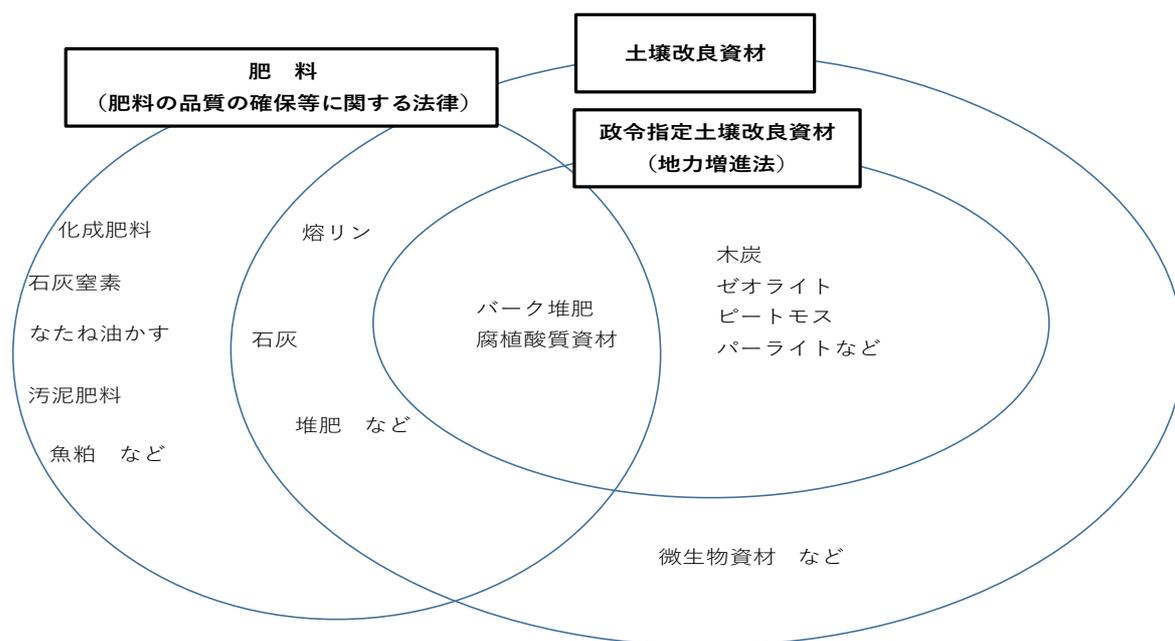


図7-1 肥料と土壌改良材の関係

表7-1 政令指定土壌改良資材の用途(主たる効果)

| 土壌改良資材の種類         | 用途 (主たる効果)       |
|-------------------|------------------|
| 泥炭 (ピート)          |                  |
| 有機物中の腐植酸含有率が70%未満 | 土壌の膨軟化、土壌の保水性の改善 |
| 有機物中の腐植酸含有率が70%以上 | 土壌の保肥力の改善        |
| バーク堆肥             | 土壌の膨軟化           |
| 腐植酸質資材            | 土壌の保肥力の改善        |
| 木炭                | 土壌の透水性の改善        |
| けいそう土焼成粒          | 土壌の透水性の改善        |
| ゼオライト             | 土壌の保肥力の改善        |
| パーミキュライト          | 土壌の透水性の改善        |
| パーライト             | 土壌の保水性の改善        |
| ベントナイト            | 水田の漏水防止          |
| V A菌根菌資材          | 土壌のリン酸供給能改善      |
| ポリエチレンイミン系資材      | 土壌の団粒形成促進        |
| ポリビニルアルコール系資材     | 土壌の団粒形成促進        |

### (1) 泥炭（ピート）

泥炭は、土壌の膨軟化や保水性の改善を用途とした土壌改良資材である。これは、泥炭が土壌中での分解が遅く有機物の蓄積性が高いことと、重量に対して10～30倍の水分を保持できるためである。また、分解（腐植化）が進むにつれてCECを増大させるため、土壌の保肥力を高めるが、ミズゴケ泥炭では分解が進んでいなくてもCECが高いことがある。また、泥炭は酸性を示すため、中和していないものは170L当たり1～2kg程度の炭酸カルシウムを加えてpHを6～7に調整した方がよい。過度に乾燥すると、保水効果が発現しないことがある。市販の泥炭には、湖沼や低湿地に生育した植物遺体が、分解作用が進まない条件下で長期間たい積した泥炭と、泥炭にアルカリを加え加熱加圧処理した泥炭加工物が含まれており、泥炭をよく洗浄し泥状または分解した部分を除き、乾燥、切断、ふるい分けをしたものはピートモスとして製造されている。

### (2) バーク堆肥

バーク堆肥は、土壌の膨軟化の効果が高い土壌改良資材である。これは、物理的にも微生物的にも分解されにくいいため有機物の蓄積性が高いことによる。また、多孔質で重量に対し2～3倍の水分を保持できるため、土壌の保水性を高め、分解が進むにつれてCECが大きくなり保肥力も高める。新鮮バークには各種フェノール性物質が含まれており、植物の生育阻害を起こすが、堆肥化が進むと微生物による分解により不活化される。また、過度に乾燥すると水を吸収しにくくなる性質も持っている。主原料は、針葉樹や広葉樹の樹皮（バーク）で、堆肥化促進のための鶏ふんや過りん酸石灰などの副原料を加え、1～2年程度野積みをしたものが用いられている。堆肥の一種であるため、特殊肥料として肥料の品質の確保等に関する法律の適用を受ける。

### (3) 腐植酸質資材

腐植酸質資材は、腐植酸の含有量が多くCECが大きいため、保肥力の改善が主な用途とされている。また、土壌のリン酸固定を抑制して可給態リン酸を増加させたり、微量元素が沈殿しやすい土壌条件では、不可給態化を抑制する効果がある。一方、稲わらなどの粗大有機物が持つ、土壌の物理性の改善や微生物の活性化といった効果は期待できない。効果を確実にするには条施用や、根圏へ集中する局所施用をした方がよい。腐植酸質資材には、石炭または亜炭を硝酸もしくは硝酸と硫酸で分解してできたニトロフミン酸を、カルシウムやマグネシウムで中和して造粒したものもある。腐植酸質資材は、普通肥料（腐植酸アンモニア肥料や腐植酸苦土肥料など）として肥料の品質の確保等に関する法律の適用を受ける。

### (4) 木炭

木炭は微細孔げきが多いため、土壌の透水性の改善を主な効果として用いられている。さらに、微細孔げきは、VA菌根菌や根粒菌、非共生的窒素固定細菌等の有用微生物の住処としても機能するため、微生物性の改善にも効果がある。土壌表面への施用では風雨などに流されやすく、土壌中に層を形成すると効果が認められないことから、十分に土壌と混和する必要がある。地力増進法による指定では、「木炭（植物性の殻の炭を含む）」とあり、樹種、炭化法などについて制約はなく、竹やもみがら等の炭化物も政令指定の木炭に含む。このため、原料や炭化法により木炭の性質は異なり、土壌改良資材としての効果にも微妙な違いが見られる。

#### (5) けいそう土焼成粒

けいそう土焼成粒は、けいそう土を粒状にし、1,000℃以上の高温でセラミック化した硬質で多孔質の粒子である。このため、土壌の透水性の改善に用いられており、保水性、通気性も改善される。硬質であるため、水を含んで膨潤したり破壊したりせず、長期にわたっての土壌改良効果が期待できる。pHは中性を示し、CECも小さく、化学性の改善効果は乏しい。気乾状態のもの1L当たりの質量700g以下という品質基準がある。

#### (6) ゼオライト

ゼオライトは、沸石や沸石を含む凝灰石などを粉末状にしたもので、数10～数100nm ( $10^{-10}$ m)の細孔を持つ多孔質な構造をしている。陽イオンの吸着保持能力が高いため、土壌の保肥力の改善に用いられる。また、ゼオライト自身が塩基を含んでおり、施肥効果が期待できるのと同時に酸性の矯正効果がある。さらに、リン酸吸収力が低いため、リン酸固定力の大きい黒ボク土に大量施用すると、リン酸の肥効増進効果も期待できる。

#### (7) バーミキュライト

バーミキュライトは、黒雲母や金雲母類が風化作用などによって結晶中に水を取り込んだ加水雲母類を600～1,000℃で焼成したものである。孔げき率が90%以上であり、土壌の透水性の改善に用いられており、通気性や保水性などの改善効果も期待できる。また、軽量で土壌を膨軟にするため、作業性の改善もなされる。CECは高くないが、肥料を物理的に吸蔵する能力が高く、吸着複合肥料として用いられており、さらに、微生物資材での微生物の住処(すみか)として用いられている。土壌に対して2割以上施用すると、物理性や化学性の改善効果が見込まれるが、吸水には時間がかかるため、十分吸水するまでに流亡しないよう土壌と良く混合する必要がある。

#### (8) パーライト

パーライトは、真珠岩や黒曜石を粉砕後800～1,000℃で焼成発泡させたもので、0.01～0.02mmの細孔を持つ。真珠岩では0.1～5mmの細かく極めて軽い粒となり、黒曜石では0.5～5mmのやや大きく重い粒となる。土壌の保水性の改善が主な効果で、化学的に不活性で長期間安定した保水効果を示す。粒径の違いにより改善効果が異なり、保水性の改善には細かい粒形の資材を用い、排水性や通気性の改善には大きい粒形を用いると良い。一方、CECが小さく、リン酸の吸収係数が小さいため、化学的改善は望めないが、保水力が大きいため、肥料養分を吸蔵できる。通常、土壌に対して容積比で10%以上施用すると、改善効果が明確に発現する。

#### (9) ベントナイト

ベントナイトは、スメクタイトという鉱物を主成分とする粘土及びその製品の一般的な名称である。ベントナイトにはナトリウム系とカルシウム系があり、前者は膨潤性が著しく大きく後者は比較的小さい。水田の漏水防止に用いられる土壌改良資材で、これは、スメクタイトの主成分であるモンモリロナイトの吸水力が強いからである。CECが著しく大きく土壌の養分吸着力を高めることができ、また、水稻の生育に必要な有効態のケイ酸を含んでいる。その他に、土壌中の還元物質の発生軽減や銅公害地における水稻苗の銅吸収抑制などの効果がある。一般的に、水田では10a当たり1～2t施用されているが、特に黒ボク土の水田では、施用後3年程度で効果が低下する。

#### (10) VA菌根菌資材

VA菌根菌資材は、土壌のリン酸供給能の改善を主な用途としている。VA菌根菌は植物の根に共生する糸状菌(カビ)の仲間で、菌糸を伸ばして土壌中のリン酸など無機養分を吸収して植物に供給する。完全に共生するには施用後3週間程度かかるとされており、共生適温は20～30℃で、10℃

以下では生育の停止、40℃以上では死滅の可能性がある。肥沃な土壤では、共生率の低下や共生効果が現れにくくなる。共生率を上げるには土壤消毒後に接種を行う。微生物を含む土壤改良材は数多く言われているが、政令指定の土壤改良材として認められているものは、この資材に限られている。

#### (11) ポリエチレンイミン系資材

ポリエチレンイミン系資材は、土壤の団粒形成促進が主な効果で、これによって保水性と透水性を向上させる。製品としてはE B-aがあり、これは、アクリル酸とメタクリル酸ジメチルアミノエチルの共重合物のマグネシウム塩とポリエチレンイミンとの複合体である。施用方法は、土壤を十分湿潤にしてから、土壤に十分行き渡るように希釈して添加する。E B-a は一度土壤と反応すると、その後水で薄めたり新しく土壤を加えてもあまり反応しない。また、鉍質土壤では高い団粒形成能が見られるが、腐植に富む黒ボク土では団粒形成は認められない。

#### (12) ポリビニルアルコール系資材

ポリビニルアルコールは、ポバールまたはPVAともいわれ、酢酸ビニルを重合し、85～90%ケン化することにより製造される非イオン系資材である。0.5 mm以上の土壤団粒形成促進の効果があり、これによって保水性と透水性を向上させる。土壤団粒の形成は、土壤に施用したPVAを土壤粒子間に十分浸透させてから、土壤をいったん乾燥、固結させた後、耕うんすることにより土壤団粒形成が完成する。鉍質土壤では高い団粒形成能が見られるが、腐植に富む黒ボク土では施用効果が低い。このような場合、ベントナイトを併用すると団粒形成能を発揮する。

#### (13) 微生物資材

微生物の働きを農業利用しようとする資材のうち、特定の微生物を特定の栽培に用いて、特定の病害虫防除効果をあげ、かつ人体及び環境に対して安全性が確認された資材として登録されているものを、微生物農薬という。土壤施用する微生物農薬には、ネコブセンチュウに効果が確認されている資材、ゾウムシやコガネムシの幼虫に効果がある資材、各種土壤病害に効果がある資材などが、10種類程度販売されている。これらについては、「神奈川県病害虫雑草防除指導指針」を参照に、適正に使用する必要がある。

微生物資材は、微生物の働きを積極的に利用しようとする考えに基づいて製造されている資材のうち、上記の微生物農薬に登録されていない資材であり、土壤改良材の一部に位置付けられる。これは、「土壤などに施用された場合に、表示された特定含有微生物の活性により、用途に記載された効果をもたらす、最終的に植物栽培に資する効果を示す資材」と定義され、法文の定める、① 効果の再現性があること、② 効果を示すものがはっきりしていること、③ 効果のメカニズムがある程度わかっていること、などの要件が満たされている「VA菌根菌資材」のみが政令指定資材である。

現在流通している微生物資材は数多く、一般に流通している資材は100種類以上ある。これらの資材の効果を大別すれば、① 広範な意味における地力を増進する効果をもつもの、② 堆肥化や土中の稲わら分解を促進するなどの有機物分解促進効果をもつもの、③ 土壤微生物相を改善する効果をもつものに分類できる。地力増進を目的とした資材とは、土壤微生物の活性化をはかることにより、土壤の物理性や化学性を改善することを目的とした資材である。有機物分解促進を目的とした資材には、堆肥化過程での分解促進と、主として稲わらすき込み水田を対象とした土壤中での分解促進を目的としたものがある。連作障害回避を目的とした資材には、土壤微生物相形成を促進することを目的としたものなどがある。いずれか一つの効果を期

待するより、土壌改良効果や作物生育促進効果などを総合的に含めた地力維持に効果があると  
するものが多い。

微生物資材の内容は、大部分が有用微生物を培養して添加したものであるが、中には、有用  
微生物の増殖環境をつくる資材だけが入っているものもある。また、商品形態も、液状のもの  
から、堆肥等の有機物やバーミキュライトなどの鉱物に吸着させたものまで多岐にわたる。し  
かし、添加されている微生物についての記載は抽象的なものが多く、大部分の資材では、微生  
物の種類は明らかにされていない。

施用量もまちまちで 10 a 当たり 20kg 程度のものから 300kg を超すものまでであるが、10 a 当たり  
20～200kg 程度を使用し、堆肥など有機物と併用することにより効果が発揮されるものが多い。中  
には、完熟有機物では効果がなく、未熟有機物の使用が好ましいという資材もある。各種の効果が  
表示されていても、使用条件により効果が異なることがあるので、過剰な期待は禁物である。ま  
た、連作障害回避を目的としたものでも、農薬のような効果はないので、土壌消毒など通常の管理  
を行った上で使用することが必要である。微生物資材を連作障害防止のために使用する上での注  
意点を以下に述べる。

- ア 有機物や微生物資材は農薬ではないため、土壌病原菌を殺す能力は極めて低い。発病の著し  
いほ場では、土壌消毒を行った後に微生物資材を堆肥とともに施用する。
- イ 1回の施用では効果が小さくても、連用することにより効果が期待できることがある。
- ウ 果菜類や栄養生長期に収穫する葉菜類では使用の可能性は大きいですが、地下部を利用する根  
菜類では、病害のかなりの部分が抑制されても根部表面にわずかに残る障害で商品価値が無  
くなるなど、使用には問題がある。
- エ 微生物資材は万能ではないため、目的に応じた資材の選定が必要である。

## 8 化学肥料の減肥技術

県では、平成18年に「神奈川県都市農業推進条例」を制定し、基本的施策に環境に調和する農業生産の推進を明記し、重点的に取り組む農政施策の方向や取組を示した「かながわ農業活性化指針」において環境保全型農業を推進することとしている。

また、国は令和3年5月に食料・農林水産業の生産力向上と持続性の両立を実現する新たな政策方針として、「みどりの食料システム戦略」を策定し、化学肥料の使用量を2030年までに20%、2050年までに30%低減するという目標を示した。

これらのことから、土壌診断を実施してほ場内の土壌養分の過不足の把握に努め、無駄のない施肥設計を計画するとともに、有機資材の有効活用と、次に示す技術を参考に化学肥料の使用量低減を進め、環境との調和を図ることが重要である。

### 8-1 肥効調節型肥料の施用法

肥効調節型肥料とは、肥効を持続させるために様々な方法で肥料成分の溶出を調節した化学肥料をいう。露地畑では、施肥直後の降雨や長雨等による肥料成分の溶脱や表面流去による損失が生じたり、施設栽培においても、アンモニア揮散や急激な硝酸化成による肥料成分の損失が起こることがある。肥効調節型肥料は、こうした肥料成分の流出を防ぐことにより効率的な肥料の利用が可能となるため、減肥や追肥回数の軽減、さらには環境に配慮した農業を行うことができる。また、従来の肥料は全量基肥施肥を行うと、作物によっては濃度障害を生じることがあったが、肥効調節型肥料は施肥初期の肥効発現が抑えられるため、濃度障害が回避でき、全量基肥施用が可能となる。

一方、一定期間が経過しないと肥効を発揮しないため、使用にあたっては溶出の特性を知っておく必要がある。肥効調節型肥料の窒素成分の溶出パターンを分類すると、放物線タイプ、リニアタイプ、シグモイド(S字)タイプに分けられる(図8-1)。このような溶出の特徴と期間を考慮して、作物の養分吸収特性に合った肥料を選ぶことが大切である(図8-2)。

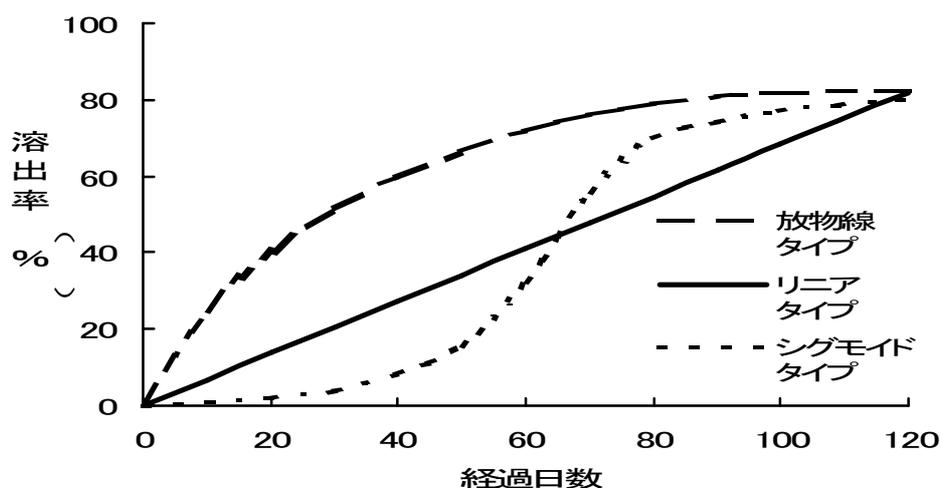
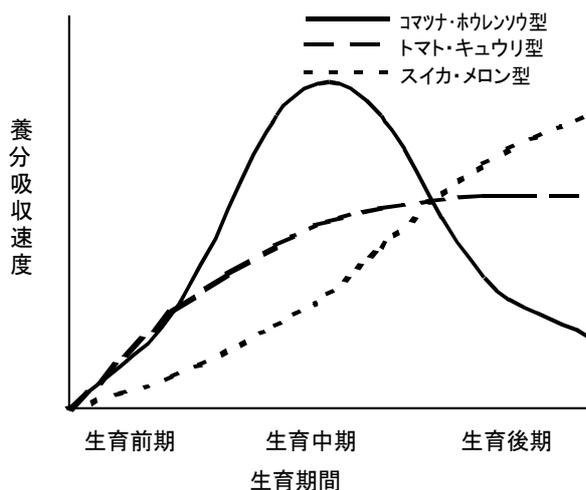


図8-1 肥効調節型肥料の溶出パターン



#### スイカ・メロン型

○スイカ、メロン、カボチャ、ニンジン、ゴボウなど。  
○尻上がりに養分を吸収するため、前半の生育の抑制が必要。

#### トマト・キュウリ型

○トマト、キュウリ、ナス、ピーマン、ネギ、インゲン、ダイコン、キャベツなど。

○栄養生長と生殖生長が同時進行するため、安定した肥効の確保が必要。

#### コマツナ・ホウレンソウ型

○コマツナ、ホウレンソウ、カブ、ジャガイモ、サトイモ、レタスなど。

○生育期間が短い葉菜類や、生育後半に肥料分があると品質が低下するイモ類など、基肥主体のもの。

図8-2 作物の養分吸収の推移(伊達)

### (1) 肥効調節型肥料の特性

#### ア 緩効性窒素肥料

緩効性窒素肥料は、魚かすや油かす等、天然の有機質肥料と似た窒素の肥効を示すように開発されたもので、I B、CDU、ウレアホルム、グアニル尿素、オキサミドの5種類がある。窒素の肥効は、水に溶解後、化学的な加水分解や微生物分解によって発現されるため、地温や土壤中の水分含量、微生物活性の変化等により変わってくる。特に、CDUとグアニル尿素は連用により分解菌が増加するため、分解が進みやすくなることが知られている。また、グアニル尿素を除き、造粒時に粒径を大きくすることにより、水への溶解度を小さくすることができる。

##### (7) I B窒素入り化成

I B窒素は、尿素にイソブチルアルデヒドを加え酸性液中で縮合させた緩効性肥料で、イソブチルデンジウレアを主成分とし、N31%で加水分解により有効化する。このため、I B窒素の粒の大きさが窒素肥効の長短を支配し、大粒のものほど緩効性が高く、I B入り化成はI B窒素の混入割合と粒の大小の両面から緩効度を判断する。

##### (イ) CDU窒素入り化成

CDU窒素は、尿素にアルデヒドを加え酸性中で縮合させた緩効性肥料で、2-オキソ-4-メチル-6-ウレイドヘキサヒドロピリミジン主成分とし、N31%で微生物により有効化する。このため、地温の高低が窒素肥効の長短を支配し、地温が13℃以下になるとほとんど肥効が無くなる。また、連用するとCDU分解菌が増殖し緩効性が低下する。

##### (ウ) ウレアホルム窒素

ウレアホルム窒素は、尿素にホルムアルデヒドを酸性触媒の下で反応させた緩効性肥料で、難溶性の数種のメチレン尿素の混合物を主体とし、N38%で加水分解により有効化する。尿素の縮合数が多いほど緩効性が高い。

##### (エ) グアニル尿素

グアニル尿素は、石灰窒素を加水分解してジシアンジアミドを生成し、これを硫酸またはリン酸の存在下で加熱、加水分解すると、それぞれグアニル尿素硫酸塩(GUS)またはグアニル尿素りん酸塩(GUP)ができる。グアニル尿素は微生物分解性で、しかも土壌のEh(酸化還元電位)と関連が大きく、Eh(酸化還元電位)が低下すると分解が促進される。グアニル尿素は、現在、水稻

専用の緩効性肥料として使用される。

#### (オ) グリーンマップ

グリーンマップは、リン安と水酸化マグネシウムを反応させてく溶性の緩効性肥料としたもので、窒素とリン酸が緩効性でカリは速効性である。

#### (カ) 固形肥料

固形肥料は肥料を造粒する時に泥炭や大谷石等を使用して、大粒の崩れにくい肥料にしたもので、肥料の成分は速効性のアンモニアのため、緩効性肥料の中では肥効が速い。

### イ 被覆肥料

被覆肥料は、水溶性の尿素や高度化成を硫黄や合成樹脂などの安定な被膜で覆うことにより、肥料成分の溶出量や溶出期間を物理的に調節するよう造粒されている。肥料成分の溶出は、土壤の理化学的性質や土壤条件にあまり影響されないが、被覆資材の特性や地温に左右される。溶出期間は、被覆肥料を 25℃ の水中に静置して保証成分の 80% が溶出する日数で算出されている。資材間差はあるが、肥効の溶出パターンの精度は高く、気象条件に応じた肥料成分の溶出予測がしやすい。実際の施用にあたっては、溶出期間が中・長期の肥料を用いた場合、初期の肥料の溶出が少ないため、速効性の肥料を同時に施用する必要がある。

### ウ 硝化抑制剤入り肥料

アンモニア態窒素は、畑や水田土壤の表層のような酸化的条件下で、図 8-3 のように硝酸化成菌によって硝酸態窒素に変化する。この硝酸態窒素は、土壤粒子への吸着が非常に弱いいため、降雨やかん水により流亡しやすい。このような肥料成分の流亡を防ぐ方法として、土壤中の硝酸化成を抑制する硝酸化成抑制剤（硝化抑制剤）が開発された。

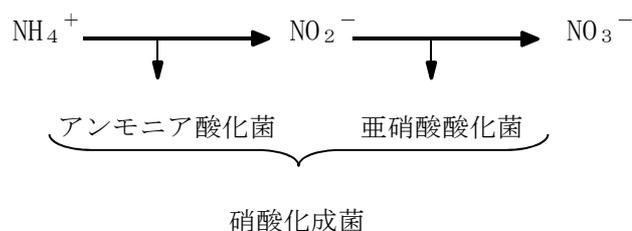


図 8-3 硝酸化成のメカニズム

複数の硝化抑制剤があるが、全て単独では流通されておらず、化成肥料と混合されて市販されている。傾斜地が多い地域や腐植が乏しい土壤で有効であり、チャでの春肥や夏肥としての使用による品質の向上や、飼料作物での亜硝酸中毒の回避が知られている。一方、硝酸態窒素を好む作物であるホウレンソウやダイコン等には適していない。主な硝化抑制剤は表 8-1 のとおりである。

表8-1 硝化抑制剤の種類と内容

| 略号  | 物質名                         | 内容  |
|-----|-----------------------------|---|
| TU  | チオ尿素                        | シアンアミドに硫化水素を反応させて生産される白色粉末。複合肥料中の使用量は約2%。   |
| AM  | 2-アミノ-4-クロル-6-メチルピリミジン      | 窒素含有量29.3%の化合物。複合肥料中の使用量は約0.4%。   |
| MBT | 2-メルカプトベンゾチアゾール             | 純粋なものの窒素含有量は8.38%。複合肥料中の使用量は、含有窒素量の約1%相当量。  |
| Dd  | ジシアンジアミド                    | 石灰窒素の主成分のシアンアミドから生産される。窒素の含有量は66.64%で、石灰窒素を原料とした肥料に含まれることが多い。複合肥料への使用量は、ジシアンジアミドの窒素換算量で、肥料に含有される窒素量の約10%。 |
| ST  | スルファチアゾール(2-スルファニルアミドチアゾール) | 抗生物質。含有量は複合肥料中に約0.3~0.5%、尿素中に約1%。   |
| ASU | 1-アミジノ-2-チオウレア(グアニルチオ尿素)    | 窒素含有量は47.42%、複合肥料中の含有量は約0.5%。   |
| DCS | N-2,5-ジクロロフェニルサクシアナミド酸      | 尿素中に1%、複合肥料中の使用量は約0.3%。   |
| ATC | 4-アミノ-1,2,4-トリアゾール塩酸塩       | 複合肥料中の使用量は約0.1%~0.5%。   |
| MT  | 3-メルカプト-1,2,4-トリアゾール        | 複合肥料の使用量は0.5%。  |

(2) 施用方法

肥効調節型肥料における肥効成分の溶出は、土壌の条件により変化することが判っているが、耕作地ではpHの矯正が一般的に行われているため、その分解は主に地温により制御される。このため、肥効調節型肥料の施用にあたっては、地温による影響について注意する必要がある、季節毎の気温や地温に合わせた肥効タイプの選択が重要となる(図8-4、5)。同じ作付け日数であっても、春先から夏にかけての温度上昇期には溶出の遅いタイプの肥料を用い、秋作の温度下降期には溶出の速いタイプの肥料を選ぶ必要がある。また、冬春作では、12月から2月上旬は地温が上昇しないため肥料の溶出は抑制されるが、2月中旬からの地温の上昇により促進されるため、植物の生長に合わせることができる。その他、マルチ栽培では追肥作業が困難であるが、肥効調節型肥料を基肥に用いることにより追肥を省くことが可能となる。各県で行われた試験による全量基肥施用例の一部を表8-2にまとめた。

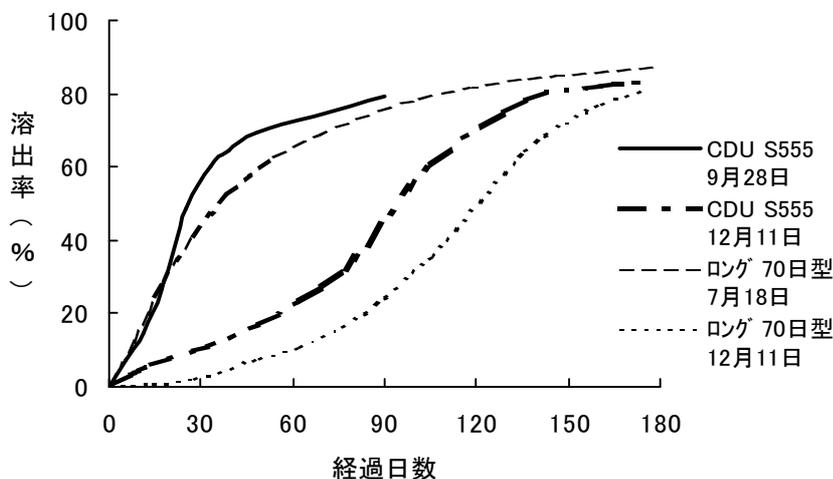


図8-4 肥効調節型肥料の溶出率の季節変化

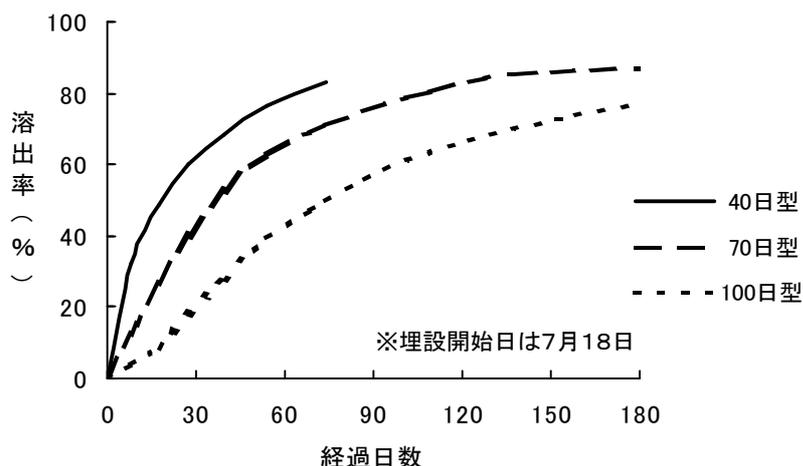


図8-5 肥効調節型肥料の溶出率のタイプ別変化 (ロング424の場合)

表8-2 肥効調節型肥料の全量基肥施用の例

| 作 目                              | 作成県  | 肥料名(窒素での施用量)                                  | 備 考  |
|----------------------------------|------|---|--|
| 冬ダイコン                            | 神奈川県 | CDUS555 (1.2kg/a)<br>ロング424-70 (1.26kg/a)     |  |
| 冬キャベツ                            | 三重   | LP50 (2.4kg/a)                                | 施肥窒素の80%をLPで局所施肥、20%を化成肥料として、リン酸、カリとともに全面施用する。 |
| 早春キャベツ                           | 神奈川県 | シグマコートS 2.5M (2kg/a)                          |  |
| 春キャベツ                            | 神奈川県 | シグマコートS2.5M (1.86kg/a)                        |  |
| 秋冬ハクサイ                           | 愛知   | LP40 (2.8kg/a)<br>被覆硝酸石灰40 (2.8kg/a)          | LP40または被覆硝酸石灰40と硫酸を7:3に配合し、重焼りん、硫酸カリを併用する。     |
| タマネギ                             | 神奈川県 | ロング424-70 (1.5kg/a)<br>CDUS555 (1.5kg/a)      | マルチ、無マルチのどちらでも適応可能。                            |
| 夏秋ナス                             | 岐阜   | Sロング424-140 (4.5kg/a)                         | マルチをすること。                                      |
| 春夏作ニンジン                          | 岐阜   | ロング424-70 (1.5kg/a)                           |  |
| 秋冬ネギ                             | 茨城   | Sロング424-140 (1.7kg/a)                         | 定植時に溝施用する。                                     |
| ピーマン                             | 長野   | Sロング424-140 (3kg/a)                           | 肥料は育苗時の培土に混合する。小さめのポットを用いると保水性が悪くなる。           |
| タマネギ —<br>スイートコーン <sup>1)</sup>  | 神奈川県 | ロング424-70 (1.4kg/a)<br>+Sロング424-140 (1.8kg/a) | タマネギは6穴黒マルチに6条植え。スイートコーンはそのまま2条千鳥植え。           |
| チンゲンサイ <sup>1)</sup>             | 埼玉   | CDUS555 (3kg/a)                               | チンゲンサイを2作連作。                                   |
| 春ハクサイ —<br>スイートコーン <sup>1)</sup> | 鹿児島  | LPS80 (1.3kg/a)<br>+CDUS555 (1.4kg/a)         | ハクサイは2条千鳥植え、スイートコーンは、そのままハクサイの株間に播種する。         |
| ハウス抑制トマト                         | 静岡   | スーパーロング140(1.6kg/a)                           | 12cm育苗鉢200鉢/aポット内処理で基肥20%削減可能。                 |

1) 2作1回施肥

## 8-2 局所施肥技術について

キャベツ苗定植 25 日後の土壤中の窒素分布と根群の分布状態をみると、窒素濃度は全面全層施肥では等高線が水平となり、直下条施肥及び側方条施肥では施肥位置周辺が高濃度で、下層に向かって移動する傾向がみられる。一方、根群分布は、全層全面施肥では作土層及びその下層に分布し、条施肥では施肥位置を避けて周辺に分布している。また、マルチ全面全層施肥ではマルチと鋤床の間に根が分布している（図 8-6）。

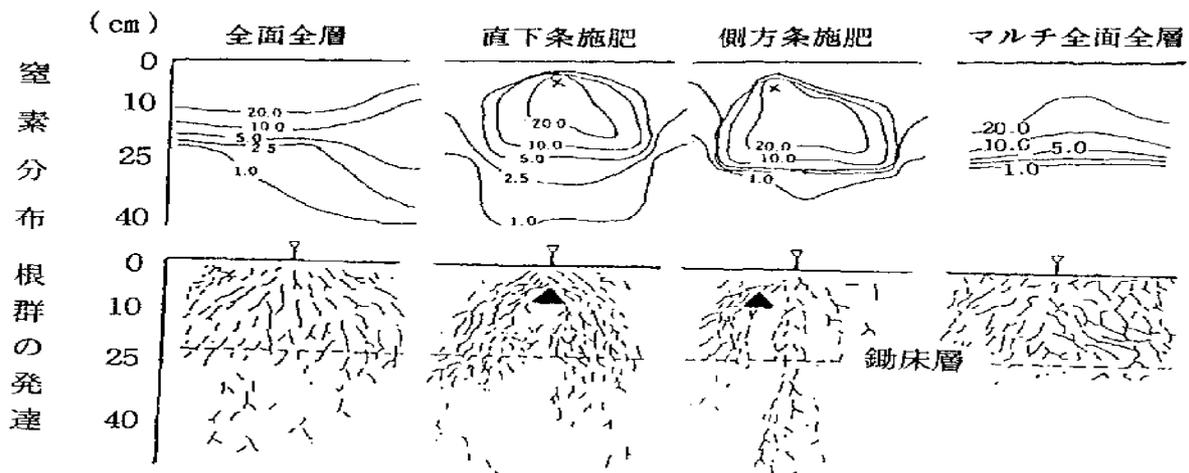


図 8-6 土壌窒素分布とキャベツの根群分布(森崎、1993)

また、施肥位置と施肥窒素形態を検討した結果では、いずれの施肥位置でも硝酸系肥料で根群が多く発達し、下層での発達も優る傾向にあり、また、直下条施肥や側方条施肥は、施肥位置周辺の細根の発達状況に差がみられ、アンモニア系肥料では抑制気味であるのに対し、硝酸系肥料では根群の著しい発達がみられるとの報告がある。これらのことは、施肥位置や肥料の形態をコントロールすると肥料の利用効率を向上させ、施肥量の削減につながる可能性を示唆している。

### (1) 局所施肥の試験事例

#### ア 肥効調節型肥料を用いた局所施肥による化学肥料削減

肥効調節型肥料(ロング 70 日、エムコート 60 日、シグマコート 75 日)を用い、施肥効率の高い位置に局所施肥する方法を検討した事例を示す。レタスでは定植位置ラインより横 4 cm 離れた深さ 6 cm 位置に施用すると、生育が良好で 20~30% 減肥しても慣行と同等以上の収量が得られている(図 8-7)。また、ハクサイでは 4 cm 離れた両側の片方深さ 4 cm、片方深さ 8 cm の 2 本の線状に施用すると、20~30% 減肥しても慣行と同程度の収量であり、窒素利用率も高いという結果が得られ、窒素利用率が向上するとしている(図 8-8)。このように、被覆肥料と局所施肥の組み合わせによる 20% 以上の施肥量削減事例が報告されているが、局所施肥機の導入状況が技術普及の制限要因となっている。

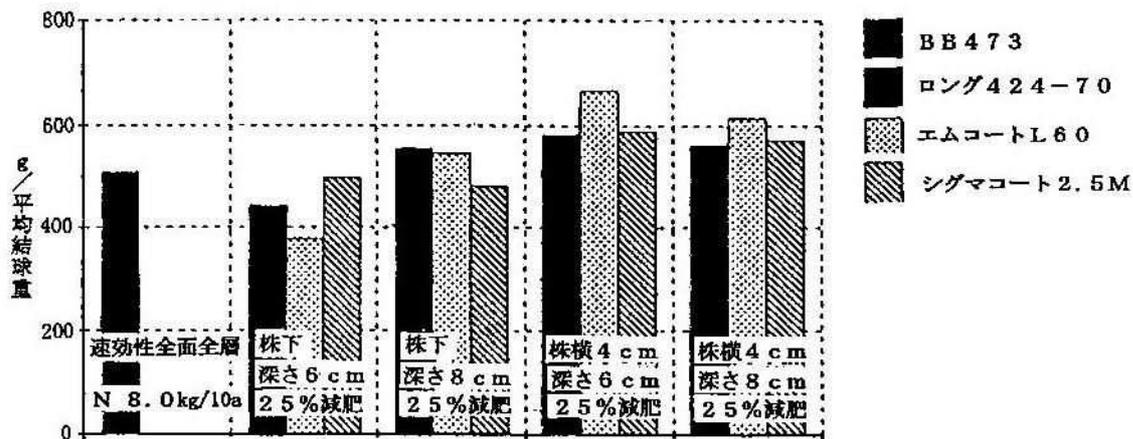


図8-7 施肥位置によるレタスの収量 (高橋、1997)

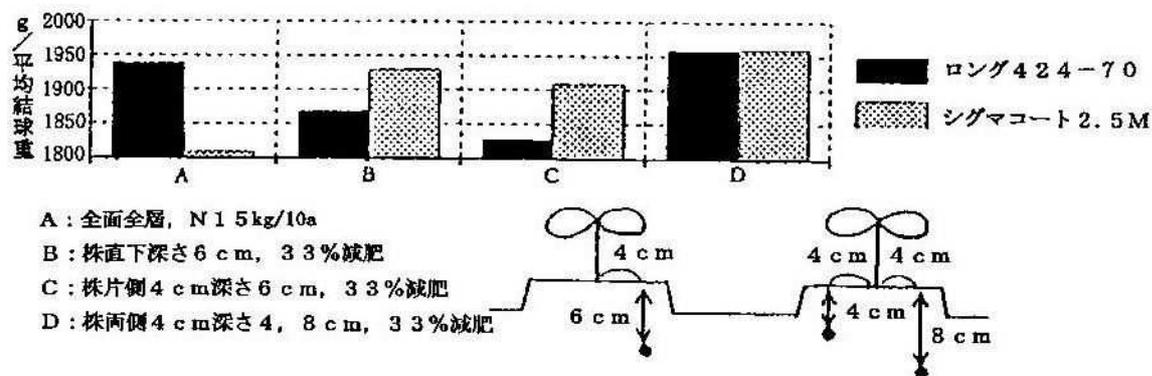


図8-8 施肥位置によるハクサイの収量 (高橋、1997)

### イ ダイコン栽培における近接施肥による基肥の窒素施肥量の削減

土壤中への肥料成分の残留抑止、施肥コストの削減のために、ダイコン栽培において基肥を株間または畝内に近接施肥を行うと、慣行施肥の基肥の3割量の窒素の施用で、同等の収穫量が得られるという結果がある。

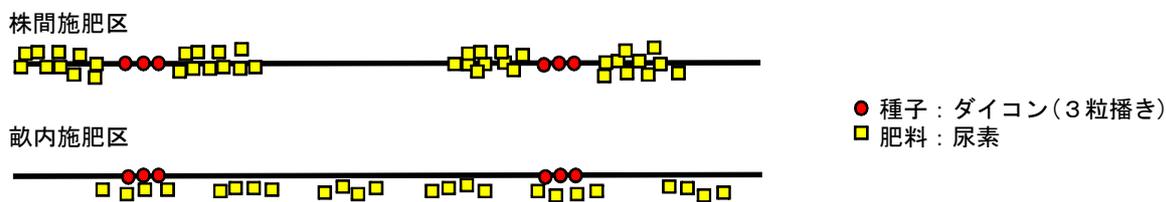


図8-9 施肥方法の概略図

表 8-3 施肥法の違いによる収穫物と施肥窒素利用率への影響（株間施肥）（H22）

| 試験区   | 地力 | 播種前土壌                | 収穫物        |            |                          | 施肥窒素利<br>用率 <sup>y</sup> |
|-------|----|----------------------|------------|------------|--------------------------|--------------------------|
|       |    | 可給態窒素<br>(mg/100g乾土) | 葉長<br>(cm) | 根長<br>(cm) | 出荷重 <sup>z</sup><br>(kg) | 収穫物<br>(%)               |
| 株間3kg | 高  | 3.04                 | 43.0       | 34.9       | 1.33                     | 73                       |
|       | 低  | 1.86                 | 41.9       | 32.8       | 1.36                     | 111                      |
| 全面3kg | 高  | 2.65                 | 42.4       | 33.3       | 1.14                     | 53                       |
|       | 低  | 1.80                 | 42.4       | 30.0       | 1.00                     | 81                       |
| 全面9kg | 低  | 1.70                 | 42.6       | 34.0       | 1.24                     | 70                       |

基肥として尿素を施用。窒素以外の成分は県作物別施肥基準に基づき全面施用

<sup>z</sup>:出荷重は葉部を根部から 15cm 程度で切り落とした後の重量を表す。

$$y: \text{施肥窒素利用率} = \frac{\text{各試験区の窒素吸収量} - \text{無窒素区の窒素吸収量}}{\text{施肥窒素量}} \times 100$$

表 8-4 施肥法の違いによる収穫物と施肥窒素利用率への影響（畝内施肥）（H23）

| 試験区   | 播種前土壌                | 収穫物        |            |                          | 施肥窒素利<br>用率 <sup>y</sup> |
|-------|----------------------|------------|------------|--------------------------|--------------------------|
|       | 可給態窒素<br>(mg/100g乾土) | 葉長<br>(cm) | 根長<br>(cm) | 出荷重 <sup>z</sup><br>(kg) | 収穫・葉根部<br>(%)            |
| 畝内3kg | 3.49                 | 53.3       | 39.8       | 1.51                     | 117                      |
| 全面3kg | 3.55                 | 52.9       | 39.2       | 1.41                     | 81                       |
| 全面9kg | 4.06                 | 55.0       | 41.6       | 1.56                     | 72                       |

基肥として NK 化成 2 号を施用。窒素、カリ以外の成分は県作物別施肥基準に基づき全面施用

<sup>z</sup>:出荷重は葉部を根部から 15cm 程度で切り落とした後の重量を表す。

$$y: \text{施肥窒素利用率} = \frac{\text{各試験区の窒素吸収量} - \text{無窒素区の窒素吸収量}}{\text{施肥窒素量}} \times 100$$

## 8-3 緑肥による土壤養分溶脱防止

### (1) 畑への緑肥導入

畑での栽培後に土壤中に残っている硝酸態窒素やカリは、降雨により下層に移動しやすく、次の作物が吸収できなくなる（溶脱）。そこで、収穫後に作付けのない期間がある場合、イネ科緑肥などを栽培して溶脱前に硝酸態窒素やカリを吸い上げ、それをすき込んで作土に戻すことで作物に再供給できる。

このことから、畑に緑肥を導入することにより、次作の施肥量を減らすことができる。

一方で、次作が窒素吸収量の多い作物の場合、極端に減肥すると次作の生育が抑制する場合があるので、注意が必要である（表8-5）。

畑における緑肥の利用法や有効成分量については、本誌「II-6-6 イ 畑における緑肥の利用」（90ページ）を参照する。

表8-5 緑肥の有無及び施肥の違いが秋冬ダイコン、春キャベツの生育に及ぼす影響

| 試験区              | 秋冬ダイコン根重(g) |                    | 春キャベツ結球重(g) |                    |
|------------------|-------------|--------------------|-------------|--------------------|
|                  | 慣行施肥        | 窒素無施用 <sup>2</sup> | 慣行施肥        | 窒素無施用 <sup>2</sup> |
| 緑肥区              | 1,540       | 1,419              | 1,483       | 552                |
| 裸地区              | 1,478       | 1,400              | 1,367       | 1,133              |
| 有意差 <sup>y</sup> | ns          | ns                 | ns          | **                 |

<sup>2</sup>春キャベツの窒素無施用区は、前作の秋冬ダイコンも窒素無施用区。<sup>y</sup>一元配置分散分析により、\*\*は1%水準で有意差あり、nsは有意差なしを示す。2011年作。

（神奈川県農業技術センター研究報告（高田ら2014）より）

### (2) 樹園地への草生栽培の導入

果樹では、ナギナタガヤなどを利用した草生栽培を行うことにより、土壤や養分の流亡を抑制でき（図8-10）、次作の施肥量を減らすことができる。

果樹園における草生栽培については、草刈り労力が増えるなどの問題点もあるため、本誌「I-4 果樹」中の「果樹園の土壤管理」（23ページ）を参照して導入する。

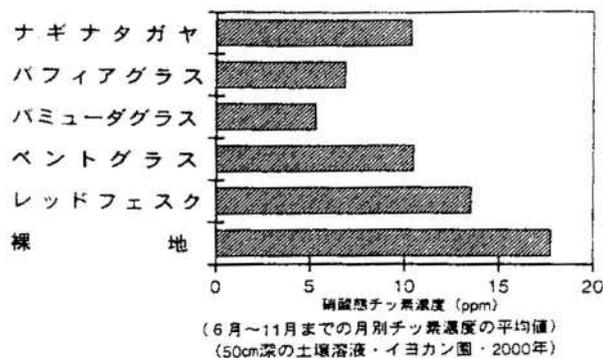


図8-10 草生栽培と土壤溶液中の硝酸性窒素濃度  
（愛媛県施肥基準より）

## 9 脱炭素につながる施肥技術

近年、地球温暖化により自然災害が頻発していることから、本県では地球温暖化の要因である温室効果ガスを削減する「脱炭素」の取組を推進している。また、農業分野においては、持続可能な農業を目指すために、脱炭素化に向けた取組を推進する必要がある。

そこで本項では、植物の光合成により吸収した二酸化炭素を土壤中に炭素として貯留することで、二酸化炭素排出量を削減し、脱炭素につながる施肥技術として、バイオ炭の土壌施用及び緑肥のすき込みについて記載した。

### 9-1 バイオ炭の土壌施用

#### (1) バイオ炭とは

バイオ炭には、木炭や竹炭などが該当し、具体的な定義としては、「燃焼しない水準に管理された酸素濃度の下、350℃超の温度でバイオマスを加熱して作られる固形物」とされている。

バイオ炭の原料となる木材や竹等に含まれる炭素は、微生物の活動等により分解され、二酸化炭素として大気中に放出されるが、木材や竹などを炭化し、バイオ炭として土壌に施用することで、その炭素を土壤中に貯留し、大気中への放出を減らすことができる。このことから、バイオ炭の土壌施用は二酸化炭素の排出量を削減し、脱炭素につながる技術といえる。

#### (2) 土壌施用の効果と留意点

バイオ炭には、土壌の透水性、保水性、通気性の改善などに効果があると言われており、土壌改良資材として昔から利用されている。

中でも木炭は政令指定土壌改良資材として認められ、土壌の透水性の改善以外にも微生物性の改善にも効果がある（詳細は本誌 95 ページを参照）。

また、一般的にバイオ炭はアルカリ性（pH 8～10 程度）であり、その施用により、酸性土壌の pH 調節する効果がある。しかし、過剰に施用すると土壌の pH が上昇し、作物の生育に悪影響が生じる可能性があるため、表 9-1 を参考に土壌の pH や石灰等の施用状況等も踏まえて施用量を検討する。

特にバイオ炭の大量施用を毎年行う場合には pH 上昇に留意し、バイオ炭の施用量が多い場合には、量に応じて石灰施用量を減らす又は石灰施用を行わないなど対応する。

表 9-1 バイオ炭の施用量上限の目安

|       |                        | pH6.5 以下とする作物 <sup>2)</sup> | pH6 以下とする作物                 | pH5.5 以下とする作物 |
|-------|------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------|
|       |                        | ほとんどの作物                     | ジャガイモ、サトイモ、ショウガ、ニンニク、ラッキョウ等 | 茶等            |
| 黒ボク土  | ほ場施用量                  | 227t/ha                     | 113t/ha                     | pH 上昇に注意して施用  |
|       | 容積あたり施用量 <sup>1)</sup> | 20%                         | 10%                         |               |
| 未熟土   | ほ場施用量                  | 22.7t/ha                    | 施用しない                       | 施用しない         |
|       | 容積あたり施用量               | 2%                          |                             |               |
| その他土壌 | ほ場施用量                  | 113t/ha                     | 57t/ha                      | pH 上昇に注意して施用  |
|       | 容積あたり施用量               | 10%                         | 5%                          |               |

1) 容積あたり施用量は、苗床等を想定した値。

2) 一部の作物では pH7 程度でも生育可能だが、pH6.5 までを許容するものとして上限を設定した。

出典 令和 2 年度農地土壌炭素貯留等基礎調査事業報告書（農研機構農業環境変動研究センター）より

### (3) J-クレジット制度

J-クレジット制度とは、企業や農業者等が省エネ再エネ設備の導入や森林管理等により温室効果ガスを排出削減又は吸収した量をクレジットとして認証を受け、そのクレジットを企業及び地方自治体等に売却することができる制度であり、経済産業省・環境省・農林水産省が運営している。

令和2年9月、J-クレジット制度において、「バイオ炭の農地施用」を対象とした方法論が策定され、バイオ炭を農地土壌へ施用することで、難分解性の炭素を土壌に貯留する活動が対象となった。

対象となるバイオ炭の種類について、令和2年の温室効果ガスインベントリの算定対象とされた、木竹由来の「白炭、黒炭、竹炭、粉炭、オガ炭」の5種に加え、この5種以外を原料とするその他のバイオ炭についても保守的な係数を設定することで対象とした。

なお、参加方法など制度の概要については、「J-クレジット」のホームページを参照するとよい。

(<https://japancredit.go.jp/about/outline/>)

表9-2 バイオ炭の種類と炭素含有率及び100年後の炭素残存率

| 分類                 | 種類/原料       | 炭素含有率                        | 100年後の炭素残存率 |
|--------------------|-------------|------------------------------|-------------|
| インベントリ報告書算定対象のバイオ炭 | 白炭          | 0.77                         | 0.89        |
|                    | 黒炭          |                              |             |
|                    | オガ炭(※)      |                              |             |
|                    | 粉炭          |                              |             |
|                    | 竹炭          | 0.436 (炭素含有率と炭素残存率を包含した値に対応) | 0.80        |
| 自家製造品等その他のバイオ炭     | 家畜ふん尿由来     | 0.38 (熱分解) /0.09 (ガス化)       | 0.65        |
|                    | 木材由来        | 0.77 (熱分解) /0.52 (ガス化)       |             |
|                    | 草本由来        | 0.65 (熱分解) /0.28 (ガス化)       |             |
|                    | もみ殻・稲わら由来   | 0.49 (熱分解) /0.13 (ガス化)       |             |
|                    | 木の実由来       | 0.74 (熱分解) /0.40 (ガス化)       |             |
|                    | 製紙汚泥・下水汚泥由来 | 0.35 (熱分解) /0.07 (ガス化)       |             |

※オガ炭は、鋸屑・樹皮を原料としたオガライトを炭化したもの。

出典 「日本国温室効果ガスインベントリ報告書2020年4月」、「2019年改良 IPCC ガイドライン Table4.2」より

### 9-2 緑肥のすき込み

緑肥が生育する中で光合成により大気中の二酸化炭素を吸収するため、土壌中にすき込むことで、土壌中に炭素を貯留できる。

また、栽培の面では、緑肥を土壌中にすき込むことで、土壌の物理性、化学性及び生物性の改善に効果がある。緑肥作物の種類によって主な効果は異なるため、主な緑肥作物の特性については、表6-12(90ページ)を参照する。

## 10 家畜ふん堆肥に残留した除草剤（クロピラリド）による生育障害について

### 10-1 概要

近年、牛ふん堆肥や馬ふん堆肥を混合した培養土を用いた育苗などで、家畜ふん堆肥に残留していたホルモン系除草剤のクロピラリドが原因と考えられる生育障害が発生しており、注意が必要である。

本件については、平成 28 年 12 月 27 日付け農林水産省関係課長連名通知「牛等の排せつ物に由来する堆肥中のクロピラリドが原因と疑われる園芸作物等の生育障害の発生への対応について」（令和 4 年 10 月 24 日最終改正（令和 4 年 11 月現在））により、以下のような注意喚起がなされているため、使用に際しては注意が必要である。

クロピラリドによる生育障害が発生しやすい作物（主にナス科、マメ科、キク科等の作物）をポットや施設で栽培する場合は、次による方法を選択するなど、生育障害を未然に防ぐ取組を実施する。

- (1) ポットにおける育苗では、家畜由来堆肥または家畜由来堆肥を含む培土の施用を控えるか、生物検定等により生育障害が発生する可能性がないことを確認した上で施用する。
- (2) 施設栽培では、家畜由来堆肥以外の他の堆肥や原材料に変更するなど、家畜由来堆肥の投入量を低減する。また、牛または馬由来堆肥を施用する場合や、同堆肥を含む培土を使用する場合は、生物検定等により生育障害が発生する可能性がないことを確認した上で施用する。
- (3) 生物検定等を行い家畜由来堆肥を施用する際は、表 6-5（80 ページ）、II-10-6 記載「飼料及び堆肥に残留する除草剤（クロピラリド）の簡易判定法と被害軽減対策マニュアル（第 3 版）」による残留指数に基づく堆肥施用量の判断基準、または堆肥中クロピラリド濃度から算出する施用可能な堆肥量のうち低い数値を参照すること。また、家畜由来堆肥を施用する際は、土壌等とよく混和すること。
- (4) ポットで使用する培土の土壌消毒を行う場合や施設栽培で土壌消毒を行う場合は、小麦ふすまの施用は控え、太陽熱消毒等代替手法を用いること。

クロピラリドが原因と疑われる生育障害は、主に牛の排せつ物に由来する堆肥（一部、馬の排せつ物に由来する堆肥）を施用した育苗中のポット栽培や施設栽培において発生している。一方、豚または鶏の排せつ物のみに由来する堆肥からもクロピラリドは検出されているが、これまでのところ、これらの施用による生育障害発生への報告はない。

### 10-2 クロピラリドとは

クロピラリドはホルモン系除草剤としてアメリカ、カナダ、オーストラリア等で牧草、トウモロコシ、麦類等で使われている。日本では農薬として登録されていないため、クロピラリド残留の原因は、それを使用している外国から入ってくる飼料等である。

また、クロピラリドは水溶性だが、他の除草剤と異なり、土壌中や堆肥化での分解が非常に遅いという特徴があり、堆肥に残留し易い傾向がある。このため、クロピラリドが残留した堆肥を感受性の高い植物に多量施用すると植物の生育障害が起こる（通常、一般的な堆肥の施用量では、障害は発生しない）。

### 10-3 クロピラリドによる生育障害の特徴

クロピラリドは、非常に低い濃度（数 ppb）でトマト、ピーマン、ダイズ、エンドウ、インゲン、ニンジン、ヒマワリ、キク、コスモス、アスターのような敏感な植物を異常生育（萎縮症状、カップリング症状、頂芽変形等）させる。

最も敏感な植物は、主にナス科、マメ科、キク科、セリ科であり、イネ科の麦、牧草、トウモロコシ、アブラナ科のキャベツ、ブロッコリー、ハクサイ、果樹類などには影響しない。

各作物での主な症状は、以下のとおりである。

- 葉のカップ状変形（サヤエンドウなど）
- 葉の萎縮症状（トマトなど）
- 頂芽の変形、摘心部の肥大（キクなど）

表 10-1 作物によるクロピラリド生育障害の発生のしやすさの違い

|        | ナス科                         | マメ科   | キク科   | セリ科                    | ウリ科   | その他   |
|--------|-----------------------------|---|---|------------------------|---|---|
| 特に弱いもの | トマト類*                       | ダイズ<br>エダマメ<br>サヤエンドウ<br>ソラマメ<br>スイートピー<br>クリムゾンクローバー | キク<br>ヒマワリ<br>マリーゴールド<br>コスモス<br>アスター<br>ダリア              | ニンジン                   |   | ケイトウ  |
| 弱いもの   | ナス<br>ピーマン<br>シシトウ<br>ペチュニア | サヤインゲン  | エンダイブ<br>ガーベラ<br>トレビス<br>シュンギク<br>フキ<br>ヒヤクニチソウ<br>レタス類** | セロリ                    |   |   |
| 中程度のもの | パレिशョ<br>タバコ                | ラッカセイ<br>アズキ<br>リョクトウ<br>ササゲ<br>ルピナス                  | ゴボウ<br>ベニバナ<br>オステオスペルマム                                  | バセリ<br>イタリアンバセリ<br>ミツバ | キュウリ<br>メロン<br>トウガン<br>ニガウリ<br>スイカ<br>ズッキーニ | ソバ<br>オクラ<br>モロヘイヤ<br>ツルムラサキ<br>ヒユナ<br>リンドウ   |
| 強いもの   |                             |   |   |                        |   | アブラナ科<br>ユリ科<br>ヒユ科<br>シソ科<br>ナデシコ科<br>ヒルガオ科<br>バラ科<br>ニラ<br>トルコギキョウ<br>パンジー<br>プリムラ<br>キンギョソウ<br>デルフィニウム<br>ラナンキュラス<br>ニチニチソウ<br>ペゴニア<br>インパチエンス |
| 特に強いもの |                             |   |   |                        |   | イネ科   |

・表に記した試験を行った作物のほかに、トウガラシ（ナス科）、メランポジウム（キク科）でも生育障害の報告例があり、注意が必要です。

・各作物種の耐性評価は品種により変動する場合があります。

\* トマト類：ミニトマト、中玉トマト、大玉トマト

\*\* レタス類：結球レタス、サニーレタス、グリーンリーフ、ロメインレタス、チマサンチュ、サラダ菜、ステムレタス

クロピラリドに関する「園芸農家・育苗業者」向けリーフレットより（農林水産省）



品目：さやえんどう  
症状：葉がカップ状になる



品目：トマト  
症状：葉の異常



品目：ミニトマト  
症状：果実が細長く変形



品目：スイートピー  
症状：葉の異常

クロピラリドに関する「園芸農家・育苗業者」向けリーフレットより（農林水産省）

図 10-1 クロピラリドによる作物生育障害の例

## 10-4 クロピラリドの生物検定法

生育障害の原因と疑われる牛ふん堆肥を混合した培養土にサヤエンドウ（品種：あずみ野 30 日絹莢 PMR）を播種し、5 葉展葉時の葉のカップ状変形の程度を調査し、被害度を算出して判定する。詳細は、II-10-6 記載「飼料及び堆肥に残留する除草剤（クロピラリド）の簡易判定法と被害軽減対策マニュアル（第3版）」参照。

## 10-5 クロピラリドの飼料や堆肥への残留状況

農林水産省では、平成 28 年度～29 年度にクロピラリドの飼料や堆肥への残留状況の調査を実施している。この調査では、輸入飼料原料では、加工穀類（小麦ふすま、大麦ぬかなど）で高い確率で検出されている。また、堆肥では、牛ふん堆肥（乳牛・肉牛）、豚ふん堆肥、鶏ふん堆肥、馬ふん堆肥で調査が行われ、肥育牛（肉牛）ふんの堆肥は、乳用牛ふんの堆肥より有意に高い傾向にあった。

なお、豚ふん堆肥、鶏ふん堆肥でも検出されているが、前記通知において、「豚又は鶏の排せつ物のみに由来する堆肥からもクロピラリドは検出されているが、これまでのところ、これらの施用による生育障害発生の報告はない」とされている。

## 10-6 クロピラリドに関する情報

クロピラリドについては、頻繁に関係通知が改正されているため、最新の情報の収集に留意することが必要である。生物検定法や植物ごとの被害状況などのより詳しい情報は以下の資料で確認することができる。

また、農林水産省ホームページには、「クロピラリドに関するポータルサイト」（クロピラリドによる園芸作物等の生育障害に関する情報）が開設されており、効率的に情報収集が可能である。

### 【参考資料】

「飼料及び堆肥に残留する除草剤（クロピラリド）の簡易判定法と被害軽減対策マニュアル（第3版）」  
（国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 令和4年10月発行）

[https://www.naro.go.jp/publicity\\_report/publication/laboratory/niaes/manual/155027.html](https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/laboratory/niaes/manual/155027.html)

2022年10月24日最終変更

「『飼料及び堆肥に残留する除草剤の簡易判定法と被害軽減対策マニュアル』画像データライブラリー」  
（国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構）

<https://www.naro.affrc.go.jp/laboratory/nilgs/contents/database/clopyralid/index.html>

農林水産省 ホームページ クロピラリドに関するポータルサイト

「クロピラリドによる園芸作物等の生育障害に関する情報」

<https://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyo/clopyralid/clopyralid.html>

# 11 床土の利用法

## 11-1 水稻箱育苗床土の作り方

### (1) 床土の準備

#### ア 用土

土は病原菌の少ない pH5.0~5.5 程度の壤土を選ぶ。

畑土を利用するときは、立枯病や雑草種子を避けるため表土 15cm 位を除く。

#### イ 用土量

1箱当たり 5 L (10 a 当たり 16 箱として、80 L)

#### ウ 乾燥

用土は乾燥する冬のうちに、握って固まらない程度に乾燥させ、5~6mm のふるいに通しておく。

### (2) 肥料混合

播種 2~3 日前に 1 箱当たり 硫安 8 g、過石 9 g、塩加 3 g と土とよく混和しておく。

## 11-2 野菜等育苗用速成床土の作り方

### (1) 材料の準備

#### ア 用土

特に限定しないが、病虫害発生の恐れがなく、ほぐれやすい火山灰（黒ボク土）の心土が適している。なお、用土中のれきやきょう雑物はあらかじめ取り除いておく。

#### イ 有機物

十分腐熟した堆肥または市販の腐葉土を使用する。通気性を高めるには、くん炭を使用するのもよい。しかし、未熟堆肥や肥料成分が多い堆肥、不完全なくん炭は使用してはいけない。トマト及びエダマメ等の育苗には、家畜ふん堆肥の一部に残留した除草剤の影響により、生育障害が現れた事例が過去にあったので、使用したことのない家畜ふん堆肥を、床土の原料に初めて使用する場合には、幼植物に生育障害が現れないか事前に確認するほうが安全である。

#### ウ 消毒

使用する用土や有機物に病虫害が存在している心配がある場合は、必ず土壤消毒を実施する。

#### エ 肥料

- ・ CDU 床土配合 (3-13-5)
- ・ CDU 化成 5 5 5 (15-15-15) + 過石
- ・ IB 化成 5 5 5 (15-15-15) + 過石

### (2) 床土作成の手順

用土、有機物及びくん炭等をスコップで交互に混合して山を築き、交互に山を崩しながら厚さ 20cm ぐらいにひろげる。そこに、床土用肥料の所定量を均一に散布し、交互に混合する。混合は 2~3 回繰り返す。

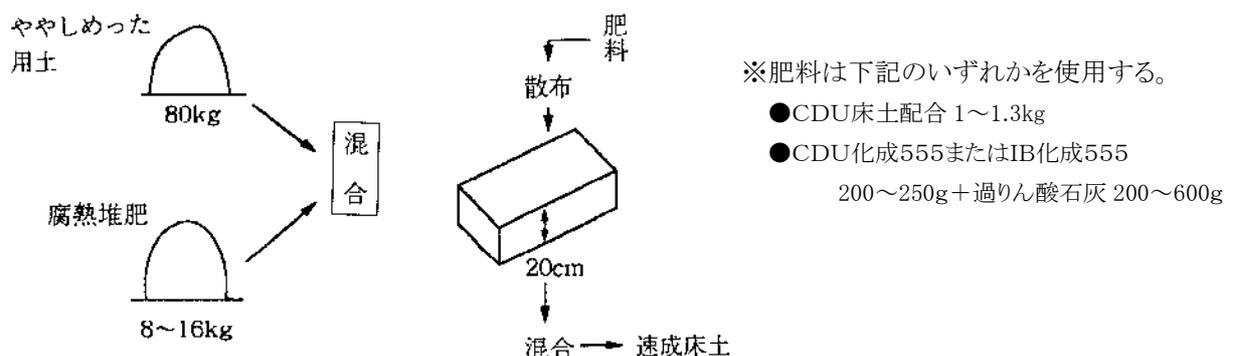


図 11-1 速成床土の作り方

### (3) 床土の診断法

床土を診断する場合、化学性の診断は2mmのふるいを通したものについて、土壌と同じ方法で分析する。また、物理性の診断は床土を直接使用して実施する。なお、床土の化学性の診断基準は、Ⅱ-3 土壌診断 表 3-1 (54、55 ページ) を、物理性の診断基準はⅡ-2 土壌管理 表 2-7 (48 ページ) を参考にするが、ECのみの測定による簡易な肥料施用量の目安は、表 11-1 のとおりである。

表 11-1 EC測定による床土の簡易診断法

| EC (1:5法)<br>(dS/m) | 肥料施用量の目安             |
|---------------------|----------------------|
| 0.3以下               | 肥料を基準量施用する           |
| 0.4~0.7             | 肥料を基準量の半量施用する        |
| 0.8~1.2             | 肥料を施用しない             |
| 1.3~1.7             | 肥料のない床土で2倍に薄めて使用する   |
| 1.8以上               | 肥料のない床土で3倍以上に薄めて使用する |

注) 1.3dS/m 以上の場合は希釈後、ECを再確認する。

### 11-3 花き用園芸培土

洋ラン等ミズゴケだけで栽培するものを除き、鉢物の花は培土により栽培される。鉢物はそのまま出荷されるため、鉢物用培土は栽培と流通、経営の条件を満たす必要がある。栽培面からは通気性や保水性に優れ保肥力(CEC)が高いこと、流通面からは軽くて清潔なこと、経済面からは安価で安定して供給できることが必要である。

物理性は、容積重約 1.0 (栽培水分状態) で、土壌三相の中では気相率が重要であり、20~30%が適している。有機物の混合にあたっては、気相率、保水性、容器重のいずれを改良の対象にするかにより、資材を選択する。

花きは種類により適正 pH が 4.0~7.5 とかなりの差があるため、栽培する花により適正 pH を調整する。施肥量は、種類や生育期間、鉢の大きさにより異なるが、培土に混合した有機物の種類によって施肥量を加減する必要がある。たとえば、完熟堆肥類では 10~30%窒素を減らし、ピートモスでは 10%程度窒素を増肥する必要がある。生育期間の長いものは緩効性肥料を使い、液肥による追肥を行うことがある。

市販の園芸培土は、ピートモスを主体に、パーミキュライト、パーライト等が配合されている。用途別に、セル成型用、播種用、育苗用等にわかれている。培土に含まれている窒素の含有量は資材ごとに違いがあるが、セル成型用は 50~150mg/L、播種用は 100~150mg/L、育苗用は 250~400mg/L くらいである。肥効期間は資材により差があるが、一部資材の表示例では、セル成型用が 10 日、播種用及び育苗用が 20~40 日程度としており、追肥時期に注意する必要がある。

表 11-2 標準配合土の配合比

| 混合方式              | 配合比(容積比)   | 備考                                     |
|-------------------|--|--|
| ジョインネス園芸<br>研究所方式 | 壤土:ピート:砂=2:1:1<br>壤土:ピート:砂=7:3:2                                     | 播種用<br>鉢物用                             |
| カリフォルニア<br>大学方式   | 細砂:ピートモス=75:25<br>細砂:ピートモス=50:50<br>細砂:ピートモス=25:75<br>細砂:ピートモス=0:100 | 苗床用<br>苗床・鉢物用<br>苗床・鉢物用、軽量<br>好酸性花用、軽量 |
| コーネル大学方式          | パーミキュライト:ピートモス<br>=50:50   | 軽量、保水性大                                |

## 11-4 市販培土

現在市販されている主な培土は、表 11-3 のとおりである。

表 11-3 主な市販培土の特性

| 商品名   |                      | ニュークリーン培土  | 与作V1号                          | 与作いちご専用                         | 与作N100                            |     |
|-------|----------------------|------------|--------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|-----|
| 容量・荷姿 |                      | 20kg(約21L) | 15kg(約45L)                     | 15kg(約45L)                      | 15kg(約45L)                        |     |
| 原料    | 主な原料                 | 土          | パーミキュライト<br>ピートモス<br>焼成砂       | パーミキュライト<br>ピートモス<br>炭化物<br>焼成砂 | パーミキュライト<br>ピートモス<br>パーライト<br>ボラ土 |     |
|       | 製品水分 (%)             | 25~28      | 約40                            | 約40                             | 約40                               |     |
| 性状    | 仮比重 (g/ml)           | 約0.95      | 約0.4                           | 約0.4                            | 約0.4                              |     |
|       | pH(H <sub>2</sub> O) | 4.5~5.5    | 6.0~7.0                        | 5.0~6.0                         | 5.5~6.5                           |     |
|       | EC (mS/cm)           | 0.55~0.75  | 1.0~2.0                        | 1.0~2.0                         | 0.3~0.6                           |     |
|       | 肥料添加量 (mg/l)         | 窒素         | 440                            | 500                             | 150                               | 100 |
|       |                      | リン酸        | 1,630                          | 4,400                           | 500                               | 500 |
|       |                      | カリ         | 730                            | 400                             | 150                               | 100 |
| その他   |                      |            |                                |                                 |                                   |     |
| 主な用途  |                      | 水稻         | 園芸(床土混合用)<br>1(資材):2~3(土)(v/v) | イチゴ                             | 園芸<br>セル用軽量培土                     |     |
| 備考    |                      |            | 土との混合用                         |                                 |                                   |     |

| 商品名   |                      | げんきくん1号            | げんきくん特号            | げんきくん<br>ネギ培土                          | コンパル              |       |
|-------|----------------------|--------------------|--------------------|--|-------------------|-------|
| 容量・荷姿 |                      | 20kg(約25L)         | 20kg(約26L)         | 15kg(約35L)                             | 20kg(約30L)        |       |
| 原料    | 主な原料                 | 土<br>ピートモス<br>バーク炭 | 土<br>ピートモス<br>バーク炭 | 土<br>ピートモス<br>パーミキュライト<br>パーライト<br>腐植酸 | 土<br>ピートモス<br>活性炭 |       |
|       | 製品水分 (%)             | 約25                | 30~35              | 30~35                                  | 約50               |       |
| 性状    | 仮比重 (g/ml)           | 約0.80              | 約0.75              | 0.40~0.45                              | 約0.7              |       |
|       | pH(H <sub>2</sub> O) | 6.2~6.8            | 6.2~6.8            | 6.0~6.5                                | 約6.7              |       |
|       | EC (mS/cm)           | 0.5~0.8            | 0.5~0.7            | 約1.0                                   | 0.9               |       |
|       | 肥料添加量 (mg/l)         | 窒素                 | 200                | 150                                    | 600               | 120   |
|       |                      | リン酸                | 3,750              | 3,000                                  | 7,000             | 1,000 |
|       |                      | カリ                 | 150                | 150                                    | 150               | 50    |
| その他   |                      | 微量元素               | 微量元素               | 微量元素                                   |                   |       |
| 主な用途  |                      | 園芸(鉢上用)<br>播種床用    | 園芸<br>(播種床・鉢上げ用)   | ネギ類                                    | 園芸                |       |
| 備考    |                      | 粉粒混合品              |                    |  |                   |       |

| 商品名   |                      | 日肥園芸培土1号          | げんきくん<br>セル専用培土N150               | いちご育苗専用培土                           |     |
|-------|----------------------|-------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-----|
| 容量・荷姿 |                      | 20kg(約23L)        | 17kg(約55L)                        | 12kg(約30L)                          |     |
| 原料    | 主な原料                 | 土<br>ピートモス<br>腐植酸 | ピートモス<br>パーミキュライト<br>パーライト<br>腐植酸 | 土(鹿沼土)<br>ココファイバー<br>パーライト<br>ゼオライト |     |
|       | 製品水分 (%)             | 約18               | 40~45                             | 約30                                 |     |
| 性状    | 仮比重 (g/ml)           | 約0.8~0.9          | 約0.30                             | 0.4                                 |     |
|       | pH(H <sub>2</sub> O) | 5.8~6.5           | 6.0~6.5                           | 5.0~6.0                             |     |
|       | EC (mS/cm)           | 1.0以下             | 約0.30                             | 1.0以下                               |     |
|       | 肥料添加量 (mg/l)         | 窒素                | 200                               | 150                                 | 160 |
|       |                      | リン酸               | 2,500                             | 600                                 | 580 |
|       |                      | カリ                | 200                               | 100                                 | 160 |
| その他   |                      | 微量元素              | 微量元素                              |                                     |     |
| 主な用途  |                      | 果菜類播種床<br>ポット育苗用  | 葉菜類                               |                                     |     |
| 備考    |                      |                   | 軽量培土                              | イチゴ                                 |     |

## 11-5 浄水ケーキの利用の注意点

### (1) 湿式造粒脱水ケーキ（さがみ粒土）と加圧脱水浄水ケーキ（新さがみ粒土）の違いについて

浄水ケーキは、原水を水道水に浄化する過程で発生する鉱物質主体の沈殿物を、何らかの方法で脱水処理して得られた固形物である。良質な粘土鉱物を含み、床土の原土や客土として利用されてきた。これまでイチゴの育苗等に利用した浄水ケーキは、高分子凝集剤と水ガラスを添加し造粒し、品温 200℃で乾燥した湿式造粒脱水ケーキであり、「さがみ粒土」という名称で流通してきた。しかし、この方式の浄水ケーキは、施設の老朽化などにより生産供給が減少してきている。

一方、他の浄水場からは、異なる方式の脱水法（加圧脱水法）による浄水ケーキの供給も行われており、この加圧脱水浄水ケーキは「新さがみ粒土」とも呼ばれ、凝集剤を使用せずに加圧脱水し、間接式乾燥機内で 100℃で乾燥後、破砕機で細かく砕いたものである。旧さがみ粒土とは性状が異なるため、利用には注意が必要である。

### (2) 加圧脱水浄水ケーキ（新さがみ粒土）の特徴

加圧脱式と湿式造粒脱式の新・旧さがみ粒土の化学性を表 11-4 に示す。どちらもアンモニア態窒素を多く含む。また新さがみ粒土は水ガラスを添加していないため、さがみ粒土と比べて pH が低い。

### (3) 加圧脱水浄水ケーキ（新さがみ粒土）の使い方

加圧脱水浄水ケーキ（新さがみ粒土）のイチゴ育苗培土としての利用法は以下のとおり。

- ア 半年から 1 年間降雨にあてたものを利用する。
- イ 単体では利用せず、必ず他の資材を混合する（与作 V 1 号を混合する場合は 25% 程度混合）。

表 11-4 新・旧さがみ粒土の性状（神奈川県内広域水道企業団資料）

| 脱水方式<br>(名称)          | pH<br>(H <sub>2</sub> O) | EC<br>(ds/m) | NH <sub>4</sub> -N<br>(mg/100g) | 可給態磷<br>(mg/100g) | 形状           |
|-----------------------|--------------------------|--------------|---------------------------------|-------------------|--------------|
| 加圧脱水浄水ケーキ<br>(新さがみ粒土) | 6.8±2.0                  | 0.39±0.16    | 11.6±5.1                        | 1.2±1.0           | 扁平な角塊状～粒状    |
| 湿式造粒脱水ケーキ<br>(旧さがみ粒土) | 7.2±0.3                  | 0.43±0.10    | 11.6±5.8                        | 2.5±2.2           | 粒径0.5～3mmの粒状 |

平成 13 年～18 年の平均値±標準偏差

脱水方法が異なっても、浄水ケーキは交換性マンガンと無機態窒素を多量に含んでいるため、マンガン過剰症や濃度障害が発生する恐れがある。とくに、加圧脱水浄水ケーキは従来の湿式造粒脱水ケーキ（さがみ粒土）に比べて雨ざらし後のマンガン濃度低下が少ないので（表 11-5）、これまで以上に、使用前に水溶性成分を十分に除去しておく必要がある。また単独での利用は避け、他の資材と必ず混合する。

加圧脱水浄水ケーキの利用法として期待されているイチゴ育苗培土としての利用法は、従来の湿式造粒脱水ケーキ（さがみ粒土）とは異なり、加圧脱水浄水ケーキ単独での利用は上述のように避ける。単独でイチゴ苗を育苗した場合、ランナー切り離し時及び定植時において生育が劣る。また、第一花房の花芽分化が著しく遅れるとともに、年内収量の低下、あるいは総収量の低下がみられる（図 11-2、3）。イチゴ育苗用土として使用する場合は、上記のリスクを回避するために、新さがみ粒土単独での利用は避けて、必ず市販培土（与作 V 1）やくん炭を 25% 程度混合して使用するか、またはリン酸肥料を 3.5 号ポット（450ml）当たり、成分（P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>）で 1 g 程度混合することが有効である（図 11-4、5）。

表 11-5 雨ざらし処理前後の EC、アンモニア態窒素及び交換性マンガンの変化

| 脱水方式       | EC (ds/m) |      | アンモニア態窒素 (mg/100g) |     | 交換性マンガン (mg/kg) |     |
|------------|-----------|------|--------------------|-----|-----------------|-----|
|            | 前         | 後    | 前                  | 後   | 前               | 後   |
| 加圧脱水浄水ケーキ① | 0.52      | 0.25 | 9.9                | 7.5 | 193             | 168 |
| 加圧脱水浄水ケーキ② | 0.79      | 0.24 | 25.6               | 4.3 | 137             | 108 |
| 湿式造粒脱水ケーキ  | 0.48      | 0.20 | 17.4               | 1.6 | 129             | 8   |

加圧脱水浄水ケーキ①: 綾瀬浄水場産  
湿式造粒脱水ケーキ: 伊勢原浄水場産

加圧脱水浄水ケーキ②: 相模原浄水場産  
神奈川県農業技術センター研究報告(太田ら 2009)より

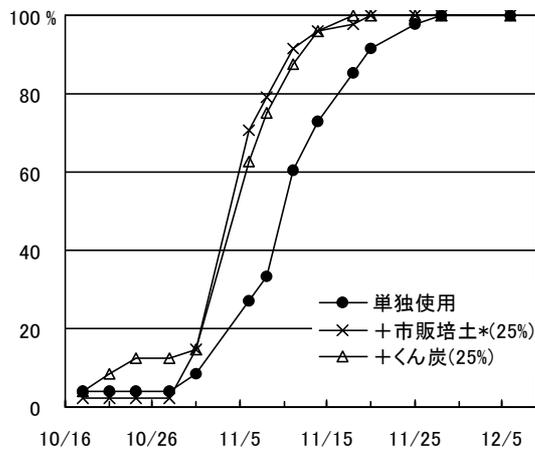


図 11-2 第一花房の累積開花率(イチゴ)

\*与作V1 (平成 14 年度 試験研究成績書(野菜)より)

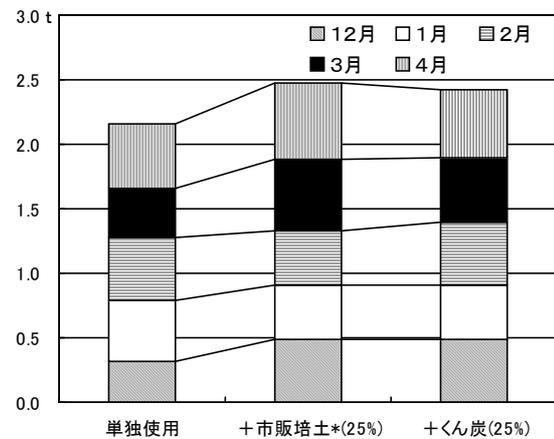


図 11-3 10a当たりの総収量(イチゴ)

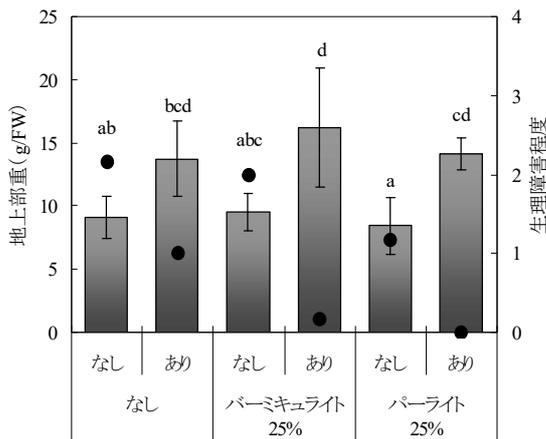


図 11-4 資材とリン酸の影響

注) 資材の混合率は、体積当たり、各肥料要素混合区は1ポット(3.5号)当たり、成分で窒素は62mg、リン酸は550mgを混合。  
生理障害程度は、葉の観察により、0:障害なし、1:葉に黄変あり、3:葉脈が赤紫変、4:葉脈が褐変の5段階で評価。  
異なるアルファベット間には、Tukeyの多重検定により5%水準で有意差あり。バーは、標準偏差を示す。

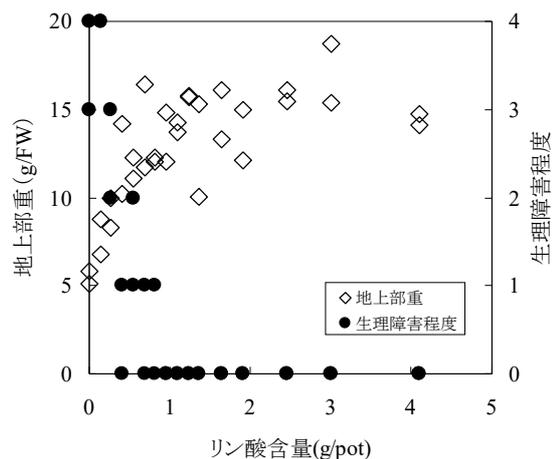


図 11-5 リン酸含量の影響

注) 全区に窒素を成分で62mg混合  
生理障害程度は、図 11-4参照

## 11-6 イチゴの市販育苗培土

現在いくつかのイチゴ育苗用培土が市販されている(表11-6)。いずれもさがみ粒土を基本とした慣行の育苗土とほぼ同等の生育を示し、利用は可能である。含まれる肥料成分により生育が異なることから、不足している肥料分を添加することが望ましい。

表 11-6 イチゴ育苗用市販培土の含有肥料成分

| 市販培土                | ポット  | 製造元      | 容量  | 肥料(mg/L) |                               |                  | 肥料含有量/pot |                               |                  |
|---------------------|------|----------|-----|----------|-------------------------------|------------------|-----------|-------------------------------|------------------|
|                     |      |          |     | N        | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | N         | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |
| ベリーソイル(肥料入)         | 3号   | ジャット     | 30L | 150      | 1500                          | 150              | 45        | 450                           | 45               |
| イチゴ培土               | 3号   | スマリン農産工業 | 30L | 50       | 1000                          | 50               | 15        | 300                           | 15               |
| パーム培土               | 3号   | 丸三産業     | 30L | 150      | 750                           | 140              | 45        | 225                           | 42               |
| ベリーポット              | 3号   | (株)緑産    | 30L | 250      | 350                           | 250              | 75        | 105                           | 75               |
| キノポット(イチゴ用)有肥       | 3号   | 王子木材緑化   | 32L | 150      | 800                           | 150              | 45        | 240                           | 45               |
| 慣行(さがみ粒土:与作V1号=3:1) | 3号   | 伊勢原浄水場産  | -   | -        | -                             | -                | 38        | 330                           | 30               |
| 対照(さがみ粒土:与作V1号=3:1) | 3.5号 | 伊勢原浄水場産  | -   | -        | -                             | -                | 56        | 495                           | 45               |

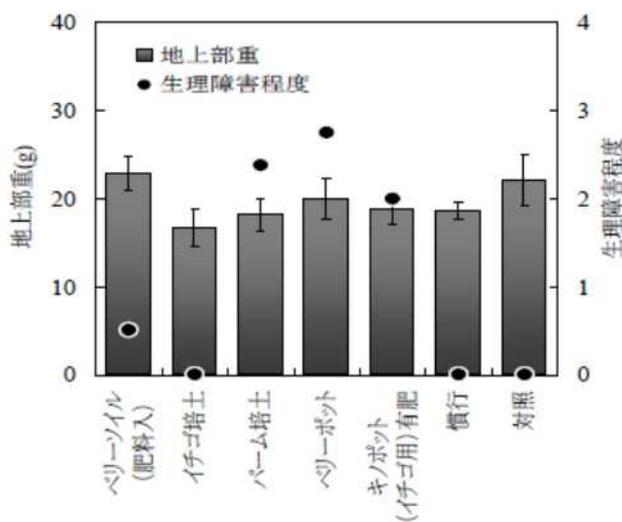


図 11-6 各培土におけるイチゴ育苗時の地上部重と生理障害程度

## 12 養液栽培の培養液管理

養液栽培は土を使わず固形の培地や水中に根を張らせ、生育に必要な肥料分を溶かした培養液を供給する栽培法である。培地の種類や培養液や酸素の供給方法などによって湛液型水耕・ロックウール耕・ヤシ殻耕などに分類される。培養液の供給方法には、「循環方式」と「かけ流し方式」がある。循環方式は、培養液を循環させるため作物の吸収により培養液組成が変化するので、時々分析値をみて成分調整をする必要がある。一方、かけ流し方式では、給液の濃度や量によって培地内培養液濃度が変化するため、時々、給液濃度とともに排液や培地内培養液濃度の分析を行い、作物の生育に適した値になっているよう確認が必要である。

なお、養液栽培を新たに始める際には使用する原水の分析を行わなければならない。EC、pH、重炭酸濃度の測定は必須であり、これらの値によっては養液栽培の導入を避けた方がよいときもある。

### 12-1 養液作成の考え方

培養液の組成は、汎用的な園試処方や、作物別の山崎処方が作成されている（表12-1）。これらの処方では、各養分間のバランスは類似しており、meq でみると $\text{NO}_3\text{-N}=\text{K}+\text{Ca}$ 、 $\text{P}=\text{Mg}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}:\text{P}=3\sim 4:1$ の関係がみられ、陽イオン（アニオン）と陰イオン（カチオン）のバランスがとられている。 $\text{NO}_3\text{-N}=\text{K}+\text{Ca}$ のKとCaの比については、野菜の種類によって異なり、キュウリ、メロン、スイカ等の好Ca野菜と、他の好K野菜に分かれる。培養液の最適pHは5.5～6.5であり、この条件は作物生育に適しているだけでなく、肥料成分の溶解やイオン化に適した条件である。培養液のpHが低いと、Ca、Mg、Kの沈殿が多くなるため欠乏症を生じ、逆に高いとFe、Mn、Pの欠乏症が発生する。このため、培養液のpHを定期的に測定し、不適當であれば酸やアルカリで調節する。一般的に、培養液の量が多く供給されている場合には、養分の変動は起こりにくい。培養液の温度は、養分吸収や溶存酸素の量に影響する。適温は15～20℃であり、液温が低いと根の活性が低下し、P、N、Kの吸収は抑制される。逆に、液温が高いと根の呼吸が盛んになるため、養液中の溶存酸素が減少し、根腐れを起こす。さらに、Caの吸収が抑制され、トマトでは尻腐れを起こす。

なお、培養液の作成時に必要な肥料の量を計算するソフトが発表されているので利用すると便利である。

#### 【参考】

単肥配合プログラム「ベストブレンド」(日本養液栽培研究会)

<https://www.w-works.jp/youeki/yakudachi.html>

表12-1 培養液の処方例

| 作物名等   | NO <sub>3</sub> -N | P   | K | Ca | Mg  | EC (mS/cm) |
|--------|--------------------|-----|---|----|-----|------------|
| 園試処方   | 16                 | 4   | 8 | 8  | 4   | 2.4        |
| キュウリ   | 13                 | 3   | 6 | 7  | 4   | 2.0        |
| メロン    | 13                 | 4   | 6 | 7  | 3   | 2.0        |
| スイカ    | 13                 | 1.5 | 6 | 7  | 1.5 | 1.6        |
| トマト    | 7                  | 2   | 4 | 3  | 2   | 1.1        |
| ピーマン   | 9                  | 2.5 | 6 | 3  | 2   | 1.3        |
| ナス     | 10                 | 3   | 7 | 3  | 2   | 1.5        |
| イチゴ    | 5                  | 1.5 | 3 | 2  | 1   | 0.7        |
| レタス    | 6                  | 1.5 | 4 | 2  | 1   | 0.8        |
| ホウレンソウ | 7                  | 2   | 3 | 4  | 2   | 1.1        |
| ミツバ    | 9                  | 5   | 7 | 2  | 2   | 1.6        |

(単位はmeq/L, 山崎処方他)

## 12-2 培養液の作り方の例

培養液中の養分の単位は、多量要素はミリ当量で、微量要素はmg/Lで表示する。当量とは水素（H）1gと化合する分子量であり、分子量を原子価で除した値である。ミリ当量はその1/1,000の値であり、me (mi-liequivalent) で表示する。mg/Lは1Lに含まれる物質のmg数であり、ppmと同じ値である。トマト用、イチゴ用の培養液の処方例について、表12-5、表12-6に示す。

表12-2 原子量, 原子価, ミリ当量(me)の関係

| 項目       |       | Ca   | Mg   | K    | N    | P    | S    |
|----------|-------|------|------|------|------|------|------|
| 原子量      | [A]   | 40.1 | 24.3 | 39.1 | 14.0 | 31.0 | 32.1 |
| 原子価      | [B]   | 2    | 2    | 1    | 1    | 3    | 2    |
| 1me当りのmg | [A/B] | 20   | 12   | 39   | 14   | 10   | 16   |

表12-3 培養液に用いられる主な多量要素

| 肥料塩          | 分子式   | 分子量 | 当重量 | 成分含量 (肥料塩 1me当たり)                          |               |              | 水への溶解性 (g/L) |
|--------------|---|-----|-----|--|---------------|--------------|--------------|
|              |   |     |     | (me)                                       | (mg)          | (%)          |              |
| 硝酸カリウム       | KNO <sub>3</sub>                                      | 101 | 101 | NO <sub>3</sub> -N:1, K:1                  | N:14, K:39    | N:14, K:39   | 378 (25°C)   |
| 硝酸カルシウム      | Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> · 4H <sub>2</sub> O | 236 | 118 | NO <sub>3</sub> -N:1, Ca:1                 | N:14, Ca:20   | N:12, Ca:17  | 1,376 (25°C) |
| 硝酸アンモニウム     | NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>                       | 80  | 80  | NO <sub>3</sub> -N:1, NH <sub>4</sub> -N:1 | N:25          | N:35         | 2,134 (25°C) |
| 硝酸マグネシウム     | Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> · 6H <sub>2</sub> O | 256 | 128 | NO <sub>3</sub> -N:1, Mg:1                 | N:14, Mg:12   | N:5, Mg:9    | 725 (25°C)   |
| 硫酸アンモニウム     | (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> · SO <sub>4</sub>     | 132 | 66  | NH <sub>4</sub> -N:1, S:1                  | N:14, S:16    | N:21, S:24   | 750 (20°C)   |
| 塩化アンモニウム     | NH <sub>4</sub> Cl                                    | 53  | 53  | NH <sub>4</sub> -N:1, Cl:1                 | N:14, Cl:16   | N:26, Cl:66  | 372 (20°C)   |
| 尿素           | (NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CO                    | 60  | 30  | N:1  | N:14          | N:47         | 519 (20°C)   |
| 硫酸カリウム       | K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                        | 174 | 87  | K:1, S:1                                   | K:39, S:16    | K:45, S:18   | 120 (25°C)   |
| 硫酸マグネシウム     | MgSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O                 | 246 | 126 | Mg:1, S:1                                  | Mg:12, S:16   | Mg:10, S:13  | 355 (20°C)   |
| リン酸二水素カリウム   | KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>                       | 136 | 45  | K:0.3, P:1                                 | K:13, P:10.3  | K:29, P:22   | 250 (20°C)   |
| リン酸二水素アンモニウム | NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>        | 115 | 38  | NH <sub>4</sub> -N:0.3, P:1                | N:4.6, P:10.3 | N:12, P:27   | 230 (0°C)    |
| 塩化カリウム       | KCl   | 75  | 75  | K:1, Cl:1                                  | K:39, Cl:35   | K:52, Cl:48  | 358 (25°C)   |
| 塩化カルシウム      | CaCl <sub>2</sub> · 2H <sub>2</sub> O                 | 147 | 74  | Ca:1, Cl:1                                 | Ca:20, Cl:35  | Ca:27, Cl:48 | 750 (20°C)   |

含有率: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>=P×2.295, K<sub>2</sub>O=K×1.205, CaO=Ca×1.399, MgO×1.658, SO<sub>3</sub>=S×2.995

表12-4 培養液に用いられる主な微量元素

| 肥料塩             | 分子式  | 分子量  | 成分含量 (%) | 水への溶解性 (g/L) |
|-----------------|--|------|----------|--------------|
| キレート鉄 (Fe-EDTA) | C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> N <sub>2</sub> O <sub>8</sub> NaFe·3H <sub>2</sub> O | 421  | Fe:13.3  | 300以上 (20°C) |
| 硫酸銅             | CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O   | 250  | Cu:26.2  | 207 (20°C)   |
| 硫酸亜鉛            | ZnSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O   | 288  | Zn:22.7  | 470 (10°C)   |
| 硫酸マンガン          | MnSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O   | 241  | Mn:22.8  | 645 (20°C)   |
| 塩化マンガン          | MnCl <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O   | 198  | Mn:27.7  | 739 (20°C)   |
| ホウ酸             | H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>   | 62   | B:17.4   | 50 (20°C)    |
| ホウ砂             | NaB <sub>4</sub> O <sub>7</sub> ·10H <sub>2</sub> O                                  | 381  | B:11.4   |              |
| モリブデン酸ナトリウム     | Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O                                  | 242  | Mo:39.6  |              |
| モリブデン酸アンモニウム    | (NH <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> Mo <sub>7</sub> O <sub>24</sub>                      | 1163 | Mo:57.7  | 439 (25°C)   |

表 12-5 トマト用培養液（山崎処方）の作り方（1,000 L 当たり）

| 多量要素                          |  |      | 微量要素  |   |       |
|-------------------------------|--|------|---|---|-------|
| 硝酸カリ                          | KNO <sub>3</sub>                               | 400g | 硫酸第1鉄   | FeSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O                | 15g   |
| 硝酸石灰                          | Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>              | 360g | ほう酸   | H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>                      | 3g    |
| 硫酸苦土                          | MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O           | 250g | 硫酸マンガン  | MnSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O                | 2g    |
| 第1燐安                          | NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> | 80g  | 硫酸亜鉛  | ZnSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O                | 0.22g |
| N:7, P:2, K:4, Ca:3, Mg:2me相当 |  |      | 硫酸銅   | CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O                | 0.05g |
| EC=1.2mS/cm                   |  |      | モリブデン酸ナトリウム   | Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O | 0.01g |
|                               |  |      | Fe:3, B:0.5, Mn:0.5, Zn:0.05, Cu:0.02,<br>Mo:0.01mg/L相当 |   |       |

表 12-6 イチゴ用培養液（山崎処方）の作り方（1,000 L 当たり）

| 多量要素                            |  |      | 微量要素  |   |       |
|---------------------------------|--|------|---|---|-------|
| 硝酸カリ                            | KNO <sub>3</sub>                               | 300g | 硫酸第1鉄   | FeSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O                | 15g   |
| 硝酸石灰                            | Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>              | 240g | ほう酸   | H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>                      | 3g    |
| 硫酸苦土                            | MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O           | 120g | 硫酸マンガン  | MnSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O                | 2g    |
| 第1燐安                            | NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> | 60g  | 硫酸亜鉛  | ZnSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O                | 0.22g |
| N:5, P:1.5, K:3, Ca:2, Mg:1me相当 |  |      | 硫酸銅   | CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O                | 0.05g |
| EC=0.7mS/cm                     |  |      | モリブデン酸ナトリウム   | Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O | 0.01g |
|                                 |  |      | Fe:3, B:0.5, Mn:0.5, Zn:0.05, Cu:0.02,<br>Mo:0.01mg/L相当 |   |       |

### 12-3 ロックウール栽培の施肥

ロックウールは、一般的には、輝緑岩や玄武岩などの岩石を 1,500℃の高温で溶解し、繊維化したものであるが、日本では製鉄スラグを原料としている。数ミクロンの繊維（ケイ酸カルシウム）がからみ合った構造をしているため、空げき率は 95%を越す。また、この繊維の間は毛細管であり、容水量は容積の 90%を越す。また、軽量で材質が均質であり、数年作は繰り返し使用ができ、形が自由に成型できるためキュービックポットとして利用できる等の特徴がある。

「かけ流し方式」では、基準濃度の培養液を一定の間隔で供給する。給液量が少なすぎると生育むらが生じるため、培地内の培養液を更新する意味も含め、給液量の 2 割から 3 割程度が排液となるように管理する。

バラのロックウール栽培における培養液の処方例について、表 12-7 に示す。

表 12-7 バラにおけるロックウール栽培の培養液の処方例

| 項 目                | 給液濃度  | 根圏溶液濃度 |      |         |      |          |
|--------------------|-------|--------|------|---------|------|----------|
|                    |       | 適正範囲   |      | 許容範囲    |      |          |
| 要素                 | 単位    | 愛知     | オランダ | 愛知      | オランダ | 愛知       |
| EC                 | mS/cm | 1.5    | 1.6  | 2.0~2.5 | 2.2  | 1.5~2.8  |
| NO <sub>3</sub> -N | meq/L | 11.0   | 11.0 | 12.0    | 12.5 | 7.0~14.0 |
| NH <sub>4</sub> -N | "     | 2.0    | 1.25 | <0.5    | <0.5 | 0~0.5    |
| P                  | "     | 3.5    | 1.25 | 3.0     | 0.9  | 2.5~4.0  |
| K                  | "     | 4.5    | 5.0  | 4.0     | 6.0  | 3.5~6.0  |
| Ca                 | "     | 6.5    | 3.5  | 10.0    | 5.0  | 8.0~12.0 |
| Mg                 | "     | 2.0    | 0.75 | 4.0     | 2.0  | 3.0~6.0  |
| S                  | "     | 2.0    | 1.25 | 4.0     | 3.0  | 3.0 6.0  |
| Fe                 | mg/L  | 2.0    | 1.4  | —       | 1.4  | —        |
| Mn                 | "     | 0.5    | 0.3  | —       | 0.1  | —        |
| B                  | "     | 0.2    | 0.2  | —       | 0.2  | —        |
| Zn                 | "     | 0.2    | 0.2  | —       | 0.2  | —        |
| Cu                 | "     | 0.25   | 0.05 | —       | 0.6  | —        |
| Mo                 | "     | 0.05   | 0.05 | —       | —    | —        |
| Na                 | meq/L | —      | —    | <1.0    | —    | 0~2      |
| Cl                 | "     | —      | —    | <1.0    | —    | 0~3      |

### (1) 培養液管理

ロックウール耕における管理の要点を以下に示すが、養液の管理はその他の方式でも基本的には同じと考えてよい。

#### ア 濃度

培養液の濃度は、それぞれの作物の養分吸収パターンにより調整するが、例えば、トマトでは、夏期は低めに、冬期は高めに管理する。7月まきの促成栽培では、ECの値を生育初期で0.8mS/cm、開花肥大期で1.2~1.8mS/cm、収穫期で1.6~2.2mS/cm程度にするとよい。

花き類においても、養分吸収パターンに応じて調整するのは同様であるが、切り花の品質やボリュームとの関連から、特に窒素の過剰施用を避ける。

#### イ pH

多くの作物では、pH5.5~6.5の範囲で管理する。特に、循環式では養分の吸収によって変化するので、時々チェックする。pHを下げるためには、硫酸やリン酸、硝酸などを使用し、また、上げるためには水酸化ナトリウムや水酸化カリウムを使用する。

#### ウ 窒素形態

窒素は、主に硝酸イオンとアンモニウムイオンの形で供給されるが、作物によって、硝酸態を好むものとアンモニア態を好むものがあるので、作物によって比率を変えるのが望ましい。また、培養液のpHは、硝酸イオンが優先的に吸収されると上昇し、アンモニウムイオンが優先的に吸収されると下降するので、循環式ではこの点にも注意する。

## 13 養液土耕栽培

### (1) 養液土耕

通常の土耕による施設栽培においては、トマトでは、施肥の不足による生育不良や過剰による落花、乱形果、尻腐れ果等が発生し、特に、窒素はその適正範囲が比較的狭く、生育ステージによっても適正値が異なる。一方、キュウリ、ナス、ピーマン等は、養分の過剰に対しても生育障害が発生しにくいいため、過剰施肥につながりやすい。このような問題点を解決するための栽培方法として、養液土耕栽培がある。養液土耕（かん水同時施肥）栽培とは、「作物の生育ステージに合わせ、作物が必要とする肥料、水を吸収可能な状態（液肥）で与えていく栽培法」である（六本木、2000）。本方式では、生育に必要な養水分が毎日供給されるため、慣行の土耕栽培と比較して、土壤養分、土壤水分をより好適な条件に保持することができる。

養液土耕栽培の装置は、図 13-1 に示すように、「点滴かん水チューブ」、「液肥希釈混入装置」、「水质に応じたフィルター」、「土壤水分計」、「電磁弁、減圧弁、原液タンク、積算流量計」、「タイマー、かん水制御盤」から構成される。

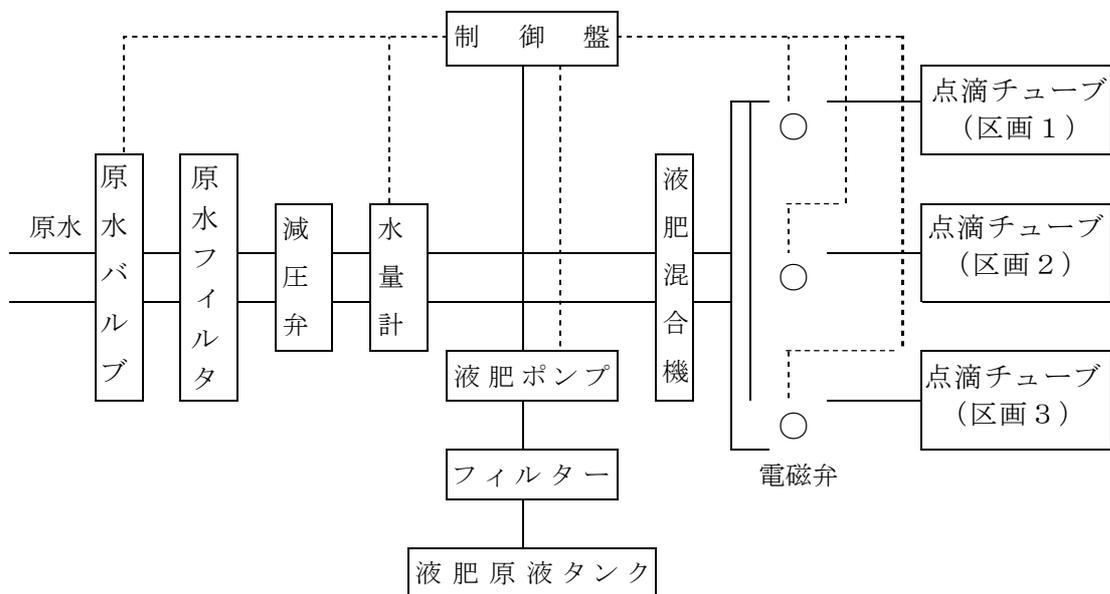


図 13-1 養液土耕システムの概要（六本木、2000）

### (2) 養水分管理

埼玉県におけるキュウリ、ナスの養液土耕栽培の試験成績によると、土壤水分は、pFメーターでキュウリはpF1.8~2.0、ナスはpF2.0~2.2を管理目標としている。かん水量は、半促成キュウリでは栽培日数の経過に従って増加し、抑制キュウリでは収穫中期以降に減少し、半促成ナスでは栽培日数の経過に従って増加している。施肥窒素量は、慣行区に比べていずれも減少しており、キュウリで30%前後、ナスで50%の削減が可能とされている。また、半促成キュウリとナスにおける窒素収支をみても、慣行栽培では常に施肥量が吸収量を上回っているが、養液土耕では施肥窒素量より吸収量が多く、効率的な施肥がなされている（六本木、2000）。

養液土耕に適する土壌タイプは、点滴かん水された液肥が横へも均等に浸潤する、火山灰土壌（黒ボク土）や中粗粒質の沖積土壌であり、一方、物理性が不良な鉾質土壌や透水性の良好な砂質土壌等では、物理性の改良や点滴方法の改善が必要とされる。埼玉県における褐色低地土でのキュウリ、ナスの作型別の

養水分管理目標値を示すと表 13-1、2 のとおりである。また、花き類については古口らが栽培マニュアルを作成しているが、その中で、カーネーションとバラの事例を表 13-3～5 に示す。

表 13-1 キュウリの養水分管理の目安

| 作 型   | 時 期 | かん水量<br>(L/日) | N施肥量<br>(g/日) | 施 肥 量 (kg/月) |                               |                  |
|-------|-----|---------------|---------------|--------------|-------------------------------|------------------|
|       |     |               |               | N            | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |
| 促 成   | 1月  | 400～800       | 180～220       | 2.7～3.3      | 2.7～3.3                       | 2.7～3.3          |
|       | 2月  | 600～1000      | 250～300       | 7.5～9.0      | 7.5～9.0                       | 7.5～9.0          |
|       | 3月  | 800～1200      | 250～300       | 7.5～9.0      | 3.8～4.5                       | 10.5～12.6        |
|       | 4月  | 1000～1400     | 250～300       | 7.5～9.0      | 3.8～4.5                       | 10.5～12.6        |
|       | 5月  | 1000～1400     | 250～300       | 7.5～9.0      | 3.8～4.5                       | 10.5～12.6        |
|       | 6月  | 1400～1800     | 250～300       | 3.8～4.5      | 1.9～2.3                       | 5.3～6.3          |
| 半 促 成 | 2月  | 400～800       | 180～220       | 1.8～2.2      | 1.8～2.2                       | 1.8～2.2          |
|       | 3月  | 600～1000      | 250～300       | 7.5～9.0      | 7.5～9.0                       | 7.5～9.0          |
|       | 4月  | 800～1200      | 250～300       | 7.5～9.0      | 3.8～4.5                       | 10.5～12.6        |
|       | 5月  | 1000～1400     | 250～300       | 7.5～9.0      | 3.8～4.5                       | 10.5～12.6        |
|       | 6月  | 1400～1800     | 250～300       | 7.5～9.0      | 3.8～4.5                       | 10.5～12.6        |
| 抑 制   | 8月  | 1400～1800     | 250～300       | 2.5～3.0      | 2.5～3.0                       | 2.5～3.0          |
|       | 9月  | 1400～1800     | 250～300       | 7.5～9.0      | 7.5～9.0                       | 7.5～9.0          |
|       | 10月 | 800～1200      | 200～250       | 6.5～7.5      | 3.0～3.8                       | 8.4～10.5         |
|       | 11月 | 400～800       | 120～180       | 3.6～4.8      | 1.8～2.4                       | 5.5～6.7          |

(六本木, 2000)

表 13-2 ナスの養水分管理の目安

| 作 型            | 時 期 | かん水量<br>(L/日) | N施肥量<br>(g/日) | 施 肥 量 (kg/月) |                               |                  |
|----------------|-----|---------------|---------------|--------------|-------------------------------|------------------|
|                |     |               |               | N            | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |
| 促 成            | 11月 | 600～1000      | 110～150       | 1.1～1.5      | 1.1～1.5                       | 1.1～1.5          |
|                | 12月 | 600～1000      | 110～150       | 3.3～4.5      | 3.3～4.5                       | 3.3～4.5          |
|                | 1月  | 600～1000      | 110～150       | 3.3～4.5      | 1.7～2.3                       | 5.3～7.2          |
|                | 2月  | 600～1000      | 110～150       | 3.3～4.5      | 1.7～2.3                       | 5.3～7.2          |
|                | 3月  | 800～1200      | 150～200       | 4.5～6.0      | 2.3～3.0                       | 7.2～9.6          |
|                | 4月  | 800～1200      | 150～200       | 4.5～6.0      | 2.3～3.0                       | 7.2～9.6          |
|                | 5月  | 1200～1600     | 150～200       | 4.5～6.0      | 2.3～3.0                       | 7.2～9.6          |
| 半 促 成<br>(加 温) | 1月  | 400～800       | 110～150       | 2.2～3.0      | 2.2～3.0                       | 2.2～3.0          |
|                | 2月  | 600～1000      | 110～150       | 3.3～4.5      | 3.3～4.5                       | 3.3～4.5          |
|                | 3月  | 600～1000      | 150～200       | 4.5～6.0      | 2.3～3.0                       | 7.2～9.6          |
|                | 4月  | 800～1200      | 150～200       | 4.5～6.0      | 2.3～3.0                       | 7.2～9.6          |
|                | 5月  | 1200～1600     | 150～200       | 4.5～6.0      | 2.3～3.0                       | 7.2～9.6          |
|                | 6月  | 1400～1800     | 150～200       | 4.5～6.0      | 2.3～3.0                       | 7.2～9.6          |
| 半 促 成<br>(無加温) | 2月  | 600～1000      | 150～200       | 1.0～2.0      | 1.0～2.0                       | 1.0～2.0          |
|                | 3月  | 600～1000      | 150～200       | 4.5～6.0      | 4.5～6.0                       | 4.5～6.0          |
|                | 4月  | 800～1200      | 150～200       | 4.5～6.0      | 2.3～3.0                       | 7.2～9.6          |
|                | 5月  | 1400～1800     | 150～200       | 4.5～6.0      | 2.3～3.0                       | 7.2～9.6          |
|                | 6月  | 1600～2000     | 150～200       | 2.3～3.0      | 1.2～1.5                       | 3.6～4.8          |

(六本木, 2000)

表 13-3 カーネーション、バラの時期別かん水量の目安（黒ボク土）

| 栽培時期  | かん水量                               |
|-------|------------------------------------|
| 5～10月 | 2.0～4.0L/m <sup>2</sup> /日（ベッド日面積） |
| 11～4月 | 1.0～2.0L/m <sup>2</sup> /日（ベッド日面積） |

（古口ら，2000 を改変）

表 13-4 カーネーションの時期別施肥管理プログラム例<sup>1)</sup>

|                               | I<br>6月上～8月上旬    | II<br>8月中～12月上旬 | III<br>12月中～1月下旬 | IV<br>2月上～4月下旬 | 合計 <sup>3)</sup><br>(kg/10a) |
|-------------------------------|------------------|-----------------|------------------|----------------|------------------------------|
| N                             | 50 <sup>2)</sup> | 100             | 50               | 100            | 16.4                         |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | 50               | 50              | 25               | 50             | 9.2                          |
| K <sub>2</sub> O              | 50               | 200             | 100              | 200            | 30.9                         |

（古口ら，2000）

- 1) 普通栽培、5月下旬～6月下旬定植、中2条抜き6条植え、1回半摘心の作型
- 2) 単位：mg/m<sup>2</sup>（ベッド面積）/日
- 3) 施設面積当たりの量

表 13-5 バラの生育ステージ別施肥管理プログラム例

|                               | 株養成期 | 収穫期 |
|-------------------------------|------|-----|
| N                             | 15*  | 30  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | 15   | 30  |
| K <sub>2</sub> O              | 15   | 30  |

\* 単位：mg/株/日

（古口ら，2000）

### (3) 養液土耕の課題

散水式チューブは、高い水圧を要求し、また水圧の変化に敏感であるため、施設全体を同時にかん水することが難しく、数ベッドずつ順番に行うのが普通である。一方、点滴チューブは、散水チューブと比べて、機構上、高価であることや、目詰まりが発生しやすい欠点があり、場合によっては1年で詰まって使用不可能となることもあるため、液肥や原水のイオン組成、チューブの洗浄方法などの検討が必要である。

#### 【参考文献】

六本木和夫：環境負荷低減のための作物栽培技術，一養液土耕栽培法の理論と実際—

平成12年度関東東海農業土壌肥料研究会，農業研究センター，p19～28（2000）

古口光夫ら：花き類の養液土耕法マニュアル，誠文堂新光社（2000）

## 14 土壌汚染対策

### 14-1 かんがい水の汚濁対策

都市化の進展に伴い、かんがい水質の汚濁が進行し、水稻の栽培を著しく不安定にしている。かんがい水の汚濁には、生活排水、工場排水、家畜ふん尿などが関係し、排水の性質により、汚濁の程度と質が異なっている。

水稻に対して広範囲に影響を及ぼしているのは、主に窒素濃度の増加である。窒素過剰による水稻の被害には、過繁茂、倒伏、登熟不良、病害虫多発等がある。かんがい水中には、種々の形態の窒素が含まれているが、水稻の生育に最も影響があるのは、アンモニア態窒素と有機態窒素である。アンモニア態窒素は速効性であり、かつよく吸収される。

かんがい水質のBODの増加は、かんがい水中の溶存酸素を低下させる。有機物含量の多い汚水が水田に流入すると、有機物の分解のために土壌中の酸素が消費され、酸化還元電位が低下し、各種の還元性有害物質が生成されることにより、水稻の根の健全な発育が妨げられ、養分吸収機能が低下する。

窒素と有機物含量の高い汚水が流入する水田では、次のような対策が必要である。

- ①かんがい水の水質調査結果に基づき、施肥量を減らす。特に影響の大きいのはアンモニア態窒素である。かんがい水のアンモニア態窒素1ppmは、10a 当たり 1kgの窒素量に相当する（水稻栽培に必要な用水量を10a当たり1,000tとして換算）。用水のアンモニア態窒素濃度に応じて、表14-1のように減肥等の対策を行う。
- ②ケイカルや含鉄資材等の土壌改良資材を10a 当たり300kg程度施用する。
- ③リン酸やカリは施肥基準量を施用し、必要に応じて微量要素を補給する。
- ④強稈、短稈で耐病性の強い優良品種を導入する。
- ⑤間断かんがい等による合理的な水管理を行う。汚水流量をできるだけ少なくするため、かんがい水の使用量を水稻の生育に支障がない程度になるべく少なくする。
- ⑥病害虫の防除は、特にイネツトムシ、紋枯病、いもち病の対策を重点的に行う。

表14-1 用水中のアンモニア態窒素濃度と水稻の肥培管理の目安

| アンモニア態窒素濃度(mg/L) | 水稻の栽培管理目安                           |
|------------------|-------------------------------------|
| 4以下              | 通常の肥培（施肥）管理とするが、肥沃土壌の場合は基肥を減らす。     |
| 4～5              | 基肥を概ね半減し、間断かん水を基本とし、かけ流しかん水しない。     |
| 5～8              | 原則基肥無施用、節水栽培を基本とし、原則追肥はしない。         |
| 8以上              | 一般的には栽培困難。耐倒伏性が強い品種を用い、無肥料栽培、間断かん水。 |

神奈川県水稻栽培の水管理（平成18年 神奈川県農業共済組合他）より

県内各水域の水質に関する最新データは、下記のホームページより入手可能である。

公共用水域、地下水の水質測定結果（神奈川県環境農政局環境部大気水質課）

<https://www.pref.kanagawa.jp/docs/b4f/suisitu/sokuteikekkaichiran.html>

表14-2 農業（水稲）用水基準

| 農業用水基準値 |         |         |
|---------|---------|---------|
| pH      |         | 6.0～7.5 |
| COD     | (mg/L)  | 6以下     |
| SS      | (mg/L)  | 100以下   |
| DO      | (mg/L)  | 5以上     |
| T-N     | (mg/L)  | 1以下     |
| EC      | (mS/cm) | 0.3以下   |
| As      | (mg/L)  | 0.05以下  |
| Zn      | (mg/L)  | 0.5以下   |
| Cu      | (mg/L)  | 0.02以下  |
| Cd      | (mg/L)  | 0.03以下  |
| Ni      | (mg/L)  | 0.07以下  |
| Mn      | (mg/L)  | 5以下     |
| ABS※    | (mg/L)  | 5以下     |
| Cl      | (mg/L)  | 100以下   |
| 重油      | (L/a)   | 5以下     |
| 軽油      | (L/a)   | 2以下     |

※アルキルベンゼンスルホン酸 農林省公害研究会（1970年）

畑地かんがい用水には、明確な水質基準はないが、塩素については200～250mg/Lが許容限界とされている。また、塩基集積の起こりやすい施設で用いる場合には、カルシウム濃度は約40mg/L、ナトリウム濃度は46mg/Lが限界とされており、これらの濃度より高いかんがい水を使えば、土壤に塩類集積が起こり、作物生育にも影響すると考えなければならない。

鉢物（洋ラン）栽培で塩類濃度の高い地下水をかんがいした場合、ナトリウム濃度が30mg/L以上の水を6ヵ月以上用いると、品種によっては葉先枯れが発生したという事例がある。また、カルシウム濃度が30mg/L以上の地下水をミスト冷房や頭上かん水に用いた時、炭酸カルシウムの結晶ができ、葉の表面に白色汚斑が発生した事例もある。このため、塩類濃度の高い地下水を長期的に使用する場合は、土壤診断と合わせて水質の診断を実施することが重要である。

#### 【参考文献】

農文協刊「土壤診断の方法と活用」

## 14-2 有機質資材等の施用と土壌中の重金属

### (1) 有機質資材等に含まれる重金属

農業生産に使用される有機質資材のうち、重金属についての規制は、肥料品質の確保等に関する法律の普通肥料である汚泥肥料に有害重金属（カドミウム等6元素）の最大許容量が定められているのみである。ただし、特殊肥料のうち、「堆肥」と「家畜及び家きんのふん」については、銅、亜鉛の量の表示が義務づけられている。また、有機質資材ではないが、リン酸肥料についても、同法において有害金属の最大許容量が定められている。

旧肥料取締法改正（平成11年）前に生産された下水汚泥肥料中及び家畜ふん堆肥中の重金属含量を、それぞれ、表14-3、表14-4に示す。汚泥肥料については、法改正以前に生産されたものではあるが、カドミウムとクロム以外は、最大値が最大許容量を上回っている。法改正後は、規制値以下の製品のみ、流通、販売が許されているが、使用にあたっては、重金属類がある程度含まれていることを念頭におかなければならない。また、この最大許容量は、人間に対する毒性でなく、通常の施用量で作物に対する生育障害が起こる限界から定められた値であるので、昨今問題となっている、環境保全、食の安心・安全の面における影響も考慮する必要がある。

一方、家畜、特に豚は、成長促進を目的として、銅、亜鉛が飼料に添加されているため、豚ふん堆肥中の銅、亜鉛の含量は、他の家畜ふん堆肥と比べて、かなり高くなっている。このため、豚ふん堆肥を主として連用しているほ場では、これらの重金属の蓄積に注意する必要がある。

表14-3 下水汚泥肥料中の重金属含有量（mg/kg）

（旧環境庁土壌農薬課，平成4年）

|       | 試料数 | 平均値  | 最大値   | 最大許容量 <sup>1)</sup> |
|-------|-----|------|-------|---------------------|
| 水 銀   | 132 | 0.7  | 6.9   | 2以下                 |
| カドミウム | 132 | 1.4  | 4.9   | 5以下                 |
| 砒 素   | 132 | 4.2  | 53.0  | 50以下                |
| 鉛     | 76  | 32.0 | 162.0 | 100以下               |
| ニッケル  | 40  | 46.0 | 312.0 | 300以下               |
| ク ロ ム | 58  | 28.8 | 360.0 | 500以下（6価）           |

1) 改正肥料取締法における汚泥肥料の最大許容量

表14-4 家畜ふん堆肥中の重金属含有量（mg/kg）

（折原，2002）

| 重 金 属 | 牛ふん堆肥   |         | 豚ふん堆肥  |         | 鶏ふん堆肥  |        |
|-------|---------|---------|--------|---------|--------|--------|
|       | 試料数：112 |         | 試料数：32 |         | 試料数：83 |        |
|       | 平均値     | 最大値     | 平均値    | 最大値     | 平均値    | 最大値    |
| 亜 鉛   | 257.99  | 3197.78 | 629.89 | 1166.67 | 379.24 | 741.42 |
| カドミウム | 0.38    | 2.87    | 0.50   | 1.33    | 0.57   | 3.94   |
| 水 銀   | 0.06    | 0.28    | 0.09   | 0.44    | 0.09   | 0.69   |
| 銅     | 72.62   | 1335.68 | 184.80 | 414.67  | 43.03  | 105.84 |
| 砒 素   | 1.46    | 18.74   | 0.63   | 2.55    | 1.24   | 11.56  |

## (2) 農耕地土壌中の重金属

### ア 農耕地における重金属類の規制

我が国の農耕地における重金属類の規制については、「農用地の土壌の汚染防止等に関する法律（農用地土壌汚染防止法）」において、特定有害物質としてカドミウム、銅及びヒ素が規定され、その中で、汚染防止対策地域の指定要件の基準として水田に限り、銅125ppm、ヒ素15ppmの規制値が設けられている。また、再生有機質資材の利用に伴う土壌中の重金属等の蓄積防止に係わる管理基準値が、乾土1kgについて亜鉛120mgとして設けられている。亜鉛に限定されているのは、水銀、カドミウム、ニッケル、クロム等の重金属も、亜鉛に連動して自ら規制されるという考え方による。

表14-5 農用地土壌の重金属蓄積に係る規制等

| 規制対象物質       | 農用地の土壌の汚染防止等に関する法律(昭和45年法律第139号) | 農用地における土壌中の重金属等の蓄積防止に係る管理基準(昭和59年環境庁) |
|--------------|----------------------------------|---------------------------------------|
| カドミウム及びその化合物 | 玄米中のカドミウム濃度が0.4ppm以上(硫・硝酸分解法)    |                                       |
| 銅及びその化合物     | 土壌中の銅濃度が125ppm以上(0.1N塩酸抽出)       |                                       |
| 砒素及びその化合物    | 土壌中の砒素濃度が15ppm以上(1N塩酸抽出)         |                                       |
| 亜鉛           |                                  | 乾土1kg中120mg<br>(強酸分解、原子吸光法)           |

### イ 神奈川県における農耕地中の重金属

県内農耕地土壌の重金属含量の平均値を表14-6に示した。本県は、腐植含量が高く、重金属類の吸着能が大きいアロフェンを多く含む黒ボク土（火山灰土壌）が広く分布するため、元来、農耕地土壌の重金属類の濃度が比較的高い。これに、投入された肥料や堆肥中に含まれる重金属類が蓄積される。また、果樹園においては、重金属を含む農薬が長期にわたって使用されたため、亜鉛、銅等の濃度が他の地目より高くなっている。しかし、土壌中に有害重金属が存在していても、それが不溶性あるいは難溶性であれば、植物による吸収量は少なく障害は出にくい。土壌中での重金属の溶解性は、土壌条件や他の共存元素の濃度などによって著しく異なる。

以上のことから、汚泥肥料に限らず、堆肥等であっても品質表示票等で重金属含有量を確認し、その濃度が高いものについては、そのほ場の土壌の状態と、施用する肥料の施用量や連用年数等に十分留意した上で使用することが望ましい。

表14-6 神奈川県における農耕地土壌中の重金属含有量の平均値 (mg/kg)

| 地目  | カドミウム            |                 | 亜鉛   |       | 銅    |       |
|-----|------------------|-----------------|------|-------|------|-------|
|     | 塩酸 <sup>1)</sup> | 全 <sup>1)</sup> | 塩酸   | 全     | 塩酸   | 全     |
| 水田  | 0.5              | 0.75            | 15   | 122.9 | 14.2 | 106.8 |
| 畑   | 0.4              | 0.43            | 16.7 | 98.4  | 4.8  | 126.3 |
| 樹園地 | 0.4              | 0.53            | 53.8 | 171.2 | 29.7 | 176.2 |

1) 「塩酸」は0.1N塩酸抽出、「全」は過塩素酸分解による全量分析。

表14-7 土壌の汚染に係る環境基準

平成3年8月23日環境庁告示第46号

最終改正 平成26年3月20日 環境省告示第44号より抜粋

| 項 目             | 環 境 上 の 条 件  |
|-----------------|--|
| カドミウム           | 検液1Lにつき0.01mg以下であり、かつ、農用地においては米1kgにつき0.4mg以下であること。         |
| 全シアン            | 検液中に検出されないこと。  |
| 有機燐(りん)注        | 検液中に検出されないこと。  |
| 鉛               | 検液1Lにつき0.01mg以下であること。                                      |
| 六価クロム           | 検液1Lにつき0.05mg以下であること。                                      |
| 砒(ひ)素           | 検液1Lにつき0.01mg以下であり、かつ、農用地(田に限る。)においては、土壌1kgにつき15mg未満であること。 |
| 総水銀             | 検液1Lにつき0.0005mg以下であること。                                    |
| アルキル水銀          | 検液中に検出されないこと。  |
| PCB             | 検液中に検出されないこと。  |
| 銅               | 農用地(田に限る。)において、土壌1kgにつき125mg未満であること。                       |
| ジクロロメタン         | 検液1Lにつき0.02mg以下であること。                                      |
| 四塩化炭素           | 検液1Lにつき0.002mg以下であること。                                     |
| 1,2-ジクロロエタン     | 検液1Lにつき0.004mg以下であること。                                     |
| 1,1-ジクロロエチレン    | 検液1Lにつき0.1mg以下であること。                                       |
| シス-1,2-ジクロロエチレン | 検液1Lにつき0.04mg以下であること。                                      |
| 1,1,1-トリクロロエタン  | 検液1Lにつき1mg以下であること。   |
| 1,1,2-トリクロロエタン  | 検液1Lにつき0.006mg以下であること。                                     |
| トリクロロエチレン       | 検液1Lにつき0.03mg以下であること。                                      |
| テトラクロロエチレン      | 検液1Lにつき0.01mg以下であること。                                      |
| 1,3-ジクロロプロペン    | 検液1Lにつき0.002mg以下であること。                                     |
| チウラム            | 検液1Lにつき0.006mg以下であること。                                     |
| シマジン            | 検液1Lにつき0.003mg以下であること。                                     |
| チオベンカルブ         | 検液1Lにつき0.02mg以下であること。                                      |
| ベンゼン            | 検液1Lにつき0.01mg以下であること。                                      |
| セレン             | 検液1Lにつき0.01mg以下であること。                                      |
| ふっ素             | 検液1Lにつき0.8mg以下であること。                                       |
| ほう素             | 検液1Lにつき1mg以下であること。   |

注) 有機燐(りん)とは、パラチオン、メチルパラチオン、メチルジメトン及びE P Nをいう。

### 14-3 放射性セシウムを含む肥料・土壌改良資材・培土の取扱いについて

令和5年3月1日現在、肥料・土壌改良資材・培土については、平成23年8月1日農林水産省通知により暫定許容値（400 ベクレル/kg）以下であることを検査等により確認した上で生産・流通・販売を行うこととなっている。

また、県内で腐葉土・剪定枝堆肥を生産・出荷しようとする場合、「神奈川県における放射性物質を含む腐葉土・せん定枝堆肥の指導要綱」に定められた手続きを行う必要がある。

なお、肥料・土壌改良資材・培土の取扱いについては、次のホームページや問合せ先で最新の情報を確認して利用する。

#### 【問合せ先及びホームページURL】

##### (1) 神奈川県

放射性セシウムを含む肥料・土壌改良資材・培土の取扱い  
（環境農政局農水産部農業振興課）

<https://www.pref.kanagawa.jp/docs/f6k/cnt/f417415/index.html>

##### (2) 農林水産省

放射性セシウムを含む肥料・土壌改良資材・培土及び飼料の暫定許容値の設定について

<https://www.maff.go.jp/j/syouan/soumu/saigai/supply.html>

##### ・堆肥について

（消費・安全局農産安全管理課肥料企画班, 肥料検査指導班）

ダイヤルイン：03-3502-5968

##### ・土壌改良資材について

（農産局農産政策部農業環境対策課土壌環境改良推進班）

ダイヤルイン：03-3593-6495

##### ・培土について

（農産局農産政策部技術普及課生産資材対策室資材効率利用推進班）

ダイヤルイン：03-6744-2435

## 15 肥料の品質の確保等に関する法律について

肥料の品質の確保等に関する法律は、肥料の生産等に関する規制を行うことにより、肥料の品質等を確保するとともに、その公正な取引と安全な施用を確保し、もって農業生産力の維持増進に寄与するとともに、国民の健康の保護に資することを目的として、令和2年に旧肥料取締法が改正され施行された。

肥料の品質の確保等に関する法律と関連法令については、農林水産省のホームページ

([https://www.maff.go.jp/j/syoutan/nouan/kome/k\\_hiryo/index.html](https://www.maff.go.jp/j/syoutan/nouan/kome/k_hiryo/index.html))で確認できる。

【肥料の定義】（肥料の品質の確保等に関する法律第二条1及び2を抜粋）

第二条 この法律において「肥料」とは、植物の栄養に供すること又は植物の栽培に資するため土壤に化学的変化をもたらすことを目的として土地に施される物及び植物の栄養に供することを目的として植物に施される物をいう。

2 この法律において「特殊肥料」とは、農林水産大臣の指定する米ぬか、堆肥その他の肥料をいい、「普通肥料」とは、特殊肥料以外の肥料をいう。

【肥料の登録の申請、届出に関する問合せ先】

○普通肥料の登録の申請（神奈川県知事に登録を受けるもの）

○特殊肥料の生産業者・輸入業者の届出

○肥料の販売業務の届出

農業技術センター病害虫防除部

電話 0463 - 58 - 0333 （代表）

○普通肥料の登録の申請（農林水産大臣に登録を受けるもの）

○普通肥料の輸入に関する登録の申請

独立行政法人農林水産消費安全技術センター

電話 050-3797-1830 （本部代表）

※指定混合肥料については、農林水産大臣に届出するものと都道府県知事に届出するものがある。

## 16 肥料コスト低減対策について

近年、肥料の価格は、肥料原料の国際市況の上昇を受けて値上がりが続けており、農業経営に大きな影響を与えている。このことから、生産現場において、肥料価格上昇による農業経営への影響の軽減に向け、土壌診断等に基づく施肥設計の見直し、堆肥など地域の未利用資源の活用等の肥料のコスト低減に向けた取組の徹底を図ることが重要となっている。

なお、肥料のコスト低減方法及び低減事例については、農林水産省ホームページに掲載されているので参照するとよい。

### 【ホームページURL】

肥料のコスト低減を図る方法及びコスト低減事例集

[https://www.maff.go.jp/j/seisan/sien/sizai/s\\_hiryo/210528.html](https://www.maff.go.jp/j/seisan/sien/sizai/s_hiryo/210528.html)

### 16-1 土壌診断等に基づく施肥設計の見直し

土壌に肥料成分が十分に存在する場合などには、生産に影響が少ない範囲で肥料の投入量を減らすこと、リン酸やカリなど特定の肥料成分が低い肥料を利用することは肥料コスト低減の取組では特に重要となる。そこで、生産への影響が少ないと判断される場合や土壌診断によって肥料成分の残存が確認された場合は施肥設計の見直しを検討する。

また、従来の土壌分析よりもリアルタイムかつ継続的に土壌溶液中の養分状態を把握する方法として、土壌溶液による診断法もある。

関連してキュウリ、ナス等の栽培では、好適な土壌養分を維持して過剰施肥を避ける方法として養液土耕栽培がある。

上記の取組については、本誌の次の箇所を参照する。

- ・ 土壌診断  
「Ⅱ-3 土壌診断」(51 ページ)
- ・ 土壌溶液による診断法  
「Ⅱ-4 土壌溶液による診断法」(71 ページ)
- ・ 養液土耕栽培  
「Ⅱ-13 養液土耕栽培」(123 ページ)

### 16-2 地域の未利用資源等の活用

国際市況の影響を受けやすい化学肥料ではなく、地域で調達可能な家畜ふん等を原料にした肥料を活用することで、肥料コストを抑えることができる。

#### (1) 家畜ふん堆肥について

堆肥には肥料成分が含まれているため、堆肥を施用することで化学肥料の使用量を減らし、肥料コストを減らすことができる。例えば農林水産省の調査により、発酵鶏ふんを活用することで、高度化成肥料に比べ約 60%以上のコスト低減効果があることが分かっている。なお、発酵鶏ふんには窒素、リン酸、カリに加え石灰などが多く含まれることから、土壌養分のアンバランスや pH の上昇が生じる可能性があるため、土壌診断に基づき施用量を決める必要がある。

県内で堆肥を供給できる畜産農家については、一般社団法人神奈川県畜産会のホームページ「かながわ畜産広場」の「堆肥流通情報」(<http://kanagawa.lin.gr.jp/compost/index.html>) を参照するとよい。

なお、家畜ふん堆肥の活用については、本誌「Ⅱ-6-3 堆肥等有機物の利用法」(79 ページ)を参照する。

## (2) 未利用資源の堆肥化について

本県の都市に近い農業の特性を活かして、食品廃棄物(おから、コーヒーかす等)、街路樹せん定くずや生ごみなどの都市部から排出される有機性廃棄物を堆肥化することで、肥料コストの低減に寄与できる。

未利用資源の堆肥化については、平成22年3月に資材ごとの製造方法や特性を示したマニュアルを作成し、以下のページに公開している。

### 【ホームページURL】

未利用資源たい肥化マニュアル

<https://www.pref.kanagawa.jp/docs/vw7/cnt/f7397/index.html>