

施肥方式（施肥位置）と作物栽培

施肥の目的は土壌中の不足な養分を補充し、作物の養分需要を満たすことに尽きる。しかし、施用された肥料中の養分はすべて作物に吸収利用される訳ではなく、灌漑や降雨により流亡したり、土壌中に難溶性の化合物に変化し固定され、作物に吸収利用できない形態になってしまったりして、無駄になったことは避けられない。施用された肥料の効果を評価する手段として肥料利用率がよく使われる。肥料利用率とは施用した肥料に含まれている養分のうち何%が作物に吸収利用されたかということである。その計算式は、

$$\text{肥料利用率(\%)} = \frac{\text{収量を得るために必要な養分量} - \text{土壌等から供給される量}}{\text{施用した肥料に含まれている養分量}} \times 100\%$$

作物栽培に多く使われている化学肥料は速効性のもので、一旦農地に施用されると、肥料成分が急速に溶解し、土壌溶液中に高濃度で存在する。これらの養分が作物に利用されない状態で長期間土壌中に存在すると、固定、揮散、溶脱、流亡、脱窒などが起こり、肥料としての価値が毀損される。

肥料の利用率を高めることは、作物生産の収量性や経済性を向上させるばかりでなく、施肥による環境負荷を最小にする最も重要かつ有効な手段である。肥料利用率に影響する因子は、肥料種類、施肥時期、施肥方式、作物種類、天候（主に気温と降水量）、土壌種類など多種多様であるが、その中に施肥方式と施用された肥料の場所（施肥位置）が作物の養分吸収と密接な関係があり、肥料利用率に大きく影響を及ぼす。

作物の養分吸収機能は基本的に根が行うものである。肥料養分が作物の根に接触しない限り吸収利用されない。逆に高濃度の肥料養分が根に接触した場合は、浸透圧の関係で根の水分が奪われ、水の吸収や養分の吸収機能が阻害されるいわゆる濃度障害、俗にいう「肥料やけ」が現れる。従って、施肥方法と施肥位置は肥料養分の効率的利用と肥料の濃度障害の回避などを通じて総合的施肥技術の樹立に重要なポイントである。

肥料の施用位置と作物の根との関係から間土施肥と接触施肥に大別される。図 1 にその模式図を示す。

間土施肥とは、肥料が作物の根と直接に触れないように施用され、肥料養分が溶解してから土壌を通して根に到達して吸収される。すなわち、肥料と根の間に土を介している形である。間土施肥の特徴は、速効性肥料の溶解による養分濃度の急上昇を起因とする作物の濃度障害を防ぐことができる。しかし、間土施肥では肥料成分が施肥位置から作物根に到達する過程で脱窒・揮散、固定、溶脱などの損失が起こり、肥料利用率が低下しやすい。

接触施肥とは、肥料を作物の根圏に施用し、根が肥料との間に土壌層を挟むことがなく、肥料に直接接触して養分を吸収する。接触施肥の特徴は間土施肥と正反対に、根は直接肥料養分を吸収することが可能となり、作物による利用効率が著しく向上する。しかし、根圏の

養分濃度の急上昇を起因とする濃度障害が起こりやすいほか、吸収しきれない養分が溶脱により流亡することもある。

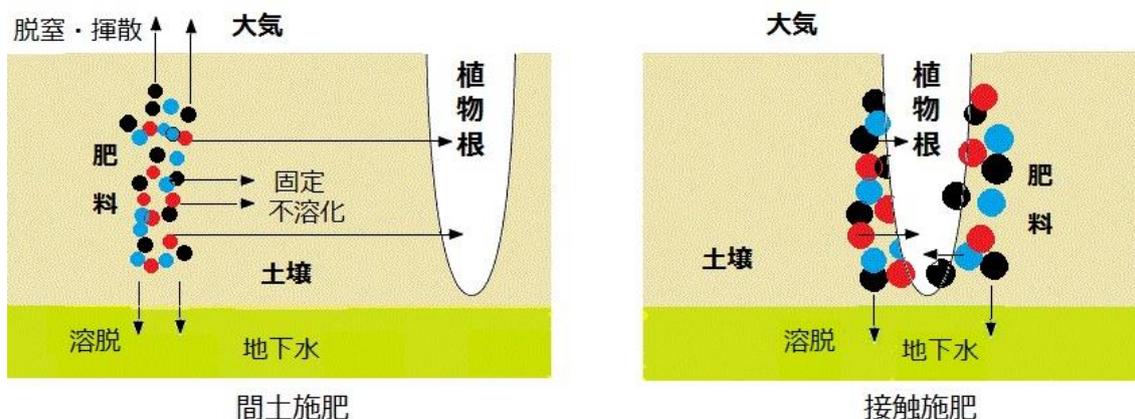


図 1. 間土施肥と接触施肥の模式図

施肥方式は肥料の施用位置により全面表層施肥、全面全層施肥、条状表層施肥、側条深層施肥、深層施肥、うね内局部施肥、育苗箱施肥などに分けられる。以下はそれぞれの施肥方式と適用分野を説明する。

一、全面表層施肥

全面表層施肥とは、間土施肥の一つで、肥料を田んぼや畑の表面に撒いただけで、作土に混ぜ込まない施肥方法である。基肥はもちろんのこと、追肥もよく利用される。

全面表層施肥方式のイメージは図 2 に示す。

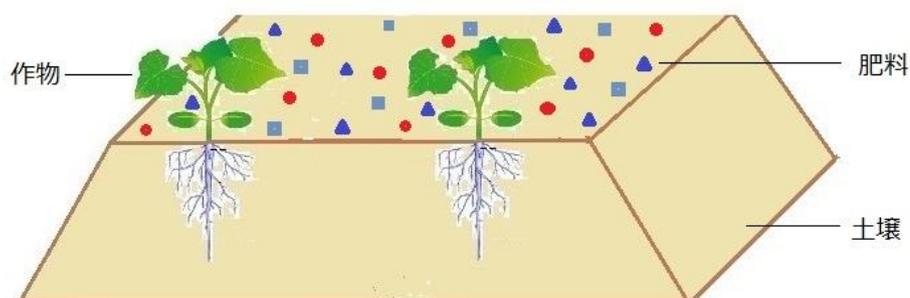


図 2. 全面表層施肥方式の模式図

1. 特徴

- ① 機械施肥でも人手施肥でも適し、施肥作業が非常に簡単で、施肥効率が高い。
- ② 肥料が耕地のごく表層土壌に存在し、濃度障害を起こしにくい。
- ③ 肥料と根が直接接触せず、灌漑や降雨がなければ、養分が根に届かず、肥効が現れにくい。
- ④ 土壌との混合作業が不要で、どんな状況でも施肥できる。応用範囲が広い。

⑤ 肥料利用率が非常に低く、流亡や脱窒しやすく、環境に対する影響も大きい。

2. 具体的な施肥方法

全面表層施肥は、人手で撒くほか、施肥機械はブロードキャスタなどを使用する。

水田の場合は、肥料を手または機械で田んぼに撒いて、溶けた肥料が水の流動又は濃度差によって拡散され、田んぼ全面に広がる。もう一つ省力化施肥方法は流し込み施肥と呼ばれ、開封した肥料を灌漑水の入り口に置いて、溶けた肥料が水流に添って広がり、2～4日で肥料成分が田んぼ全体に拡散し、濃度がほぼ均一になる。

畑作物は、基本的にブロードキャスタなどを使って、粒状肥料を撒くだけである。大規模栽培の場合は、主にこの方法を採用する。うね栽培の場合は、人手または施肥機械でうねの上に肥料粒子を撒くだけで鋤き込む必要がない。

二、全面全層施肥

全面全層施肥とは、肥料を田んぼや畑に施用してから耕うんして作土層に全面混入するという施肥方法である。基肥によく使われる施肥方法である。追肥での採用ができない。

全面全層施肥方式のイメージは図3に示す。

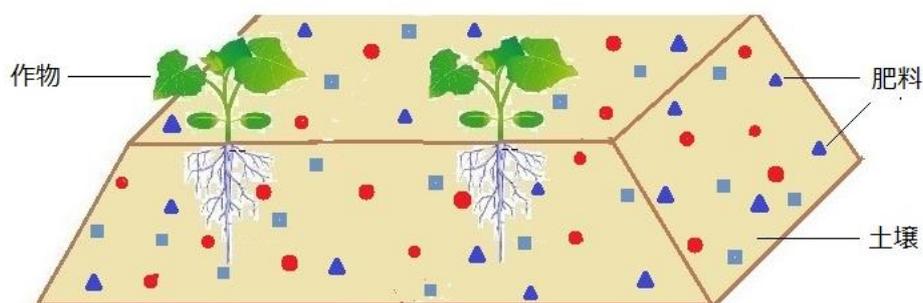


図3. 全面全層施肥方式の模式図

1. 特徴

- ① 機械施肥に適して、土壌耕起と合わせて行うので、施肥作業が簡単で、施肥コストが低い。
- ② 作土層全体に肥料がいきわたるので、根はどこからでも肥料を吸収でき、間土施肥と接触施肥両方の利点を取り入れる。濃度障害を起こしにくい。どんな作物にも適応される。
- ③ 比較的面積の広い耕地に適する。
- ④ 作物の種類によって、根圏の広がりが限られる場合は、肥料の利用率が低くなる。
- ⑤ 土壌の全面耕起と混合が必要で、基肥しかできず、応用範囲が狭い。
- ⑤ 土壌との接触が多く、肥料の流亡や固定などが起こりやすく、肥料利用率が低く、環境に対する影響も出やすい。

2. 具体的な施肥方法

全面全層施肥は、ほとんど基肥の施用、特に堆肥を使う基肥の施用に使われる。施肥機械

はブロードキャスタとライムソア、マニユアスプレッダーなどを使う。

水田の場合は、4月末～5月頭の耕起と代かきのタイミングで行う。トラクターで土を掘り起こす前かした後に基肥を田んぼに全面散布し、その後の田んぼに水を張って、ロータリーなどで土をさらに細かく砕き、かき混ぜて、土の表面を平らにする代掻き作業で肥料と土をよく混合させる

水田における全層施肥は、基肥として施用されたアンモニア態窒素が作土層の還元層で安定し、土壤に吸着されて、流失や脱窒が少なく、肥料利用率が上昇するため、基肥施用法として奨励されてきた。ただし、田植え機に専用施肥機を取り付け、田植えと同時に基肥を苗の近くに条状に施入するいわゆる「側条施肥技術」の普及に伴い、水田の全面全層施肥は減少している。

畑作物は、基本的に耕起前に基肥を畑に全面施用してから耕起して、全層混合を行う。すなわち、まず、ブロードキャスタとマニユアスプレッダーなどを使って基肥を撒いてからプラウやロータリーで土を掘り起こして肥料と土を混合させ、土の表面を平らにしてから播種する。

生育期の短い葉菜類は、基本的に土を耕起してから、肥料を撒き、さらにロータリーなどで肥料と土をよく混合させ、土の表面を平らにしてから播種か定植する。うね栽培を行う場合は土壤に肥料を混合させてからうね立てを行う。

三、条状表層施肥

条状表層施肥とは、植株に近い土壤表面に肥料をすじ状に散布する方法である。散布後、肥料を作土に鋤き混ぜ込まない。条状表層施肥は間土施肥の一形態で、畑作物の追肥によく利用される。

条状表層施肥方式のイメージは図4に示す。

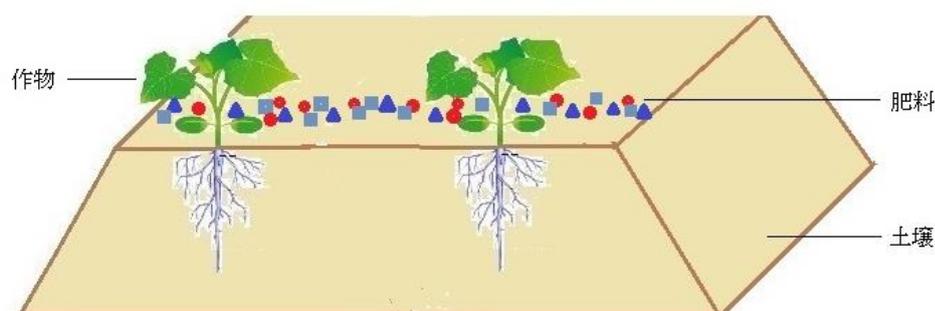


図4. 条状表層施肥方式の模式図

1. 特徴

- ⑥ 機械施肥でも人手施肥でも適し、施肥作業が非常に簡単で、施肥効率が高い。
- ② 根に近い位置に集中的に肥料を施し、肥料利用率が高くなる。肥料使用量が全面表層施肥の約8割で済む。

- ③ 肥料が土壌のごく表層に存在し、濃度障害を起こしにくい。
- ④ 肥料と根が直接接触せず、灌漑や降雨がなければ、養分が根に届かず、肥効が現れにくい。
- ⑤ 土壌との混合作業が不要で、応用範囲が広い。

2. 具体的な施肥方法

条状表層施肥は、ほとんど畑の追肥施用に使われる方法である。人手で撒くほか、施肥機械を使用することもできる。水田は冠水期間が長いので、条状表層施肥のつもりでも肥料が水の流動で全面に広がり、全面表層施肥となる。

畑作物は、基本的に専用の条施肥機を使って、肥料を植株に沿ってすじ状に撒く。特にUAN（尿素硝安液肥）を使う場合は、専用の液肥散布機械のノズルから植株の近いところに簡単に条状に撒くことができる。うね栽培の場合も同じである。肥料を条状に撒いた後に作土に混合する必要がない。

果樹類のような永年植物では、肥料を樹冠内の地面にすじ状に散布する。

四、側条深層施肥

側条深層施肥とは、間土施肥の一つで、肥料を作土の表層に出ないように田んぼの条や畑のうねに沿って作物株の近くに溝または穴を掘って、肥料を施用してから覆土する施肥方法である。基肥と追肥とも利用できる。特に水稻の田植えに苗の定植と同時に株の側方に基肥を施用する方法として広く普及される。

側条深層施肥方式のイメージは図5に示す。

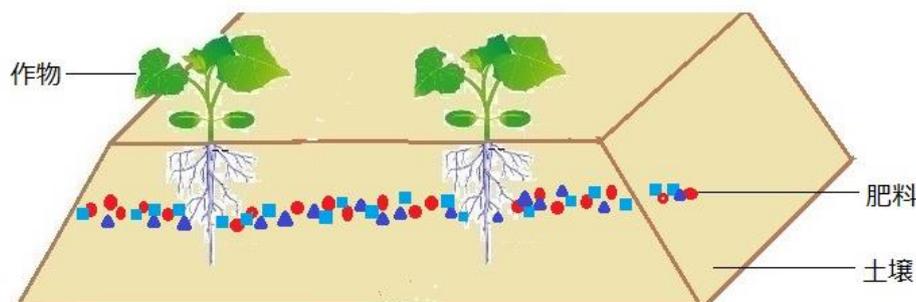


図5. 側条深層施肥方式の模式図

1. 特徴

- ① 主に施肥機械を使用する。作業効率が低いが、播種や定植と同時に施肥できるため、逆に作業コストが軽減されることもある。
- ② 根からの距離によって肥効出現の速さが変わるが、概して苗の活着がよく、根張りもよく、初期生育が促進される。
- ③ 肥料が作土層の深層に集中して、大気と接することがなく、脱窒や硝化作用が抑えられ、流亡しにくく、土壌固定が軽減され、肥料利用率が高い。全面全層施肥より20～30%程

度の施肥量が節減される。

- ④ 肥料が根の側面の下層にあるため、初期から後期まで肥効が長く持続する。
- ⑤ 肥料が根に近接しているため、濃度障害が発生しやすい。
- ⑥ 緩効性肥料の施用に適し、更なる省力化や基肥施肥量の節減が可能である。

2. 具体的な施肥方法

側条深層施肥は、水稻の田植え際に多く使われる。田植え機に側条施肥機を取付け、田植えの同時に基肥を施用する。肥料は化成肥料と BB 配合肥料のほか、ペースト肥料も使える。施肥には専用の施肥機が必要である。粒状の化成肥料と BB 配合肥料はヤンマー、クボタ、キセキ農機製、ペースト肥料は三菱農機製の側条施肥機が多く使われている。

施肥位置は田植え時の気象条件により異なる。通常、寒冷地では苗の横 2~3cm で深さ 3~5cm、温暖地では苗の横 2~5cm、深さ 3~6cm が良いとされている。

畑作物は、基本的に播種機に専用の側条施肥機を取り付け、播種と同時に基肥を施用する。施肥の位置は大体、播種位置の横 2~4cm、深さ 3~6cm が良いといわれている。うね栽培の場合も同じである。特に水田転換畑を中心とした大豆栽培において、生育初期の湿害や圃場の地力低下による生育期間中の窒素供給量不足が原因で初期生育不良の対策として、小うね立てと側条深層施肥栽培方式は大豆の安定多収に有効である。

生育期の長いトマトやキュウリのような果菜類は、追肥に側条深層施肥の採用は肥料利用率の向上に有効である。うねに沿って植株から約 10~20cm 離れたところに深さ 5~10cm の溝を開き、そこに肥料を施用してから覆土する。

果樹類のような永年植物では、基肥または追肥には樹冠内の地面にすじ状に数本の浅い溝を掘り、そこに肥料を投入してから覆土する「溝施肥」方式も側条深層施肥に属する。

五、深層施肥

深層施肥（下層施肥とも呼ばれる）とは、間土施肥の一つで、作土にやや深い穴または溝を掘り、肥料を施用してから薄く覆土してその上に播種または定植する施肥方法である。主に畑作物と果菜類、果樹の基肥の施用に使われる。

深層施肥方式のイメージは図 6 に示す。

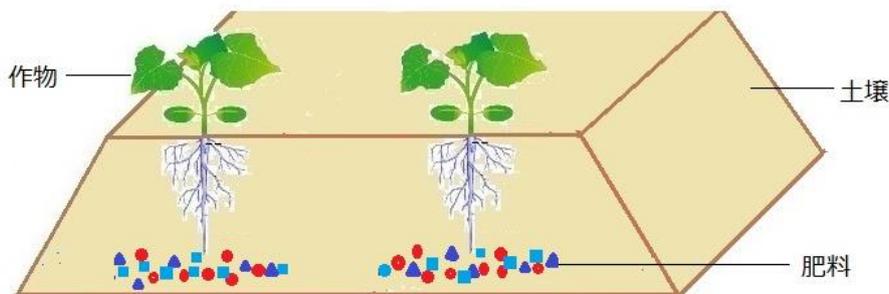


図 6. 深層施肥方式の模式図

1. 特徴

- ① 特殊な施肥機械が必要で、作業効率が低い。
- ② トウモロコシなどの大株の畑作物や果菜類、一部の葉菜類、果樹に適するが、ダイコンなどの直根類では岐根になりやすいので適さない。
- ③ 作物の直下に集中して施肥されるので、根が伸びてからすぐ養分を吸収でき、肥効が早く、濃度障害が発生しにくい。
- ④ 肥料が作土層の深層に集中して、大気と接することがなく、脱窒や硝化作用が抑えられ、流亡しにくく、土壌固定が軽減され、肥料利用率が高い。全面全層施肥より 20~30% 程度の施肥量が節減される。
- ⑤ 緩効性肥料の施用に適し、更なる省力化や基肥施肥量の節減が可能である。
- ⑥ 堆肥など有機肥料を使うことで、根圏の局部土壌改良の効果が高い。

2. 具体的な施肥方法

深層施肥は主にトウモロコシやヒマワリのような大株畑作物とトマトなどの果菜類の基肥施用に使われる。また、果樹の定植時によく使われる。

トウモロコシやヒマワリは基本的に播種機に専用の施肥機を取り付け、播種行に深さ 7~10cm の溝を掘り、そこに肥料を施用してから覆土する。覆土した溝の上に播種する。肥料と種子との間に大体 5~10cm の土壌が挟まれる。

トマトやキュウリ、スイカのような果菜類は、定植する前に機械か人手で直径 30~40cm、深さ 20~30cm の植穴を掘り、そこに基肥（少量の化成肥料を混ぜた堆肥が良い）を施用してから 5~10cm 覆土してから、苗を定植する。

長ネギは深層施肥に適する作物である。定植する前にうねを作り、そのうね中央に深さ 30cm ほどの植え溝を掘り、溝に化成肥料を混ぜた堆肥を入れて土を被せてから苗を定植する。

果樹のような永年性植物は、定植する際に果樹園に直径 60~80cm、深さ 40~60cm の植穴を掘り、堆肥を植穴の 1/4~1/3 まで入れて、覆土してから苗を定植する。

六、うね内局部施肥

うね内局部施肥は畑作物に使う施肥方法の一つである。作物の根域範囲を限定して肥料を撒き、その範囲内の作土層全体に混入するという施肥方法である。うねを立てて栽培する畑作物の基肥に使われる。

うね内局部施肥方式のイメージは図 7 に示す。

1. 特徴

- ④ うね立て作業に合わせて行うので、施肥作業が簡単で、施肥コストが低い。
- ⑤ 作物根域範囲内の作土層全体に肥料がいきわたるので、根はどこからでも肥料を吸収でき、特に移植苗の根の周辺に肥料が存在して、定植直後の根はすぐに肥料を吸収することができ、初期生長を促す。

- ⑥ 接触施肥と間土施肥両方の利点を取り入れ、濃度障害を起こしにくい。
- ⑦ うねの側面とうね間に肥料を施用しないので、慣行の全面全層施肥に比べ、約 20～50% の施肥量が節減できる。特に根圏域の狭い作物に対して、肥料の利用率がさらに高く、無駄が少ない。
- ⑤ 機械施肥しかできず、うね立て施肥機械が必要で、応用範囲が狭い。



図 7. うね内局部施肥方式の模式図

2. 具体的な施肥方法

うね内局部施肥は、基肥の施用に使われる方法である。施肥機械はうね立て施肥機を使う。畑作物は、うねで栽培する場合は、耕耘機にうね立てアタッチメントを取り付け、そのアタッチメントにさらに施肥装置を増設して、うねを成型するとともに肥料を施用して土と攪拌混和し、うね内に局部施肥域を作る。

生育期の短い葉菜類は、基本的にロータリーなどで土を耕起した後、うねを作る際にうね立て機に取り付けている施肥装置で施肥し、うね立てと同時にうね内の設定された域内の土壌に肥料を混合させてから播種か定植する。

七、育苗箱全量施肥

育苗箱全量施肥法とは、局部接触施肥の一つで、窒素と加里の溶出速度を調節できる緩効性被覆肥料を使用した省力・低コストの施肥方式である。そのやり方は育苗ポットまたは育苗箱に床土と肥料を入れて種子を播種し、その種子の上に薄く覆土するという育苗と施肥を一緒に行なう方法である。苗を定植する際に育苗ポットまたは育苗箱の床土も一緒に移植する。作物生育に必要な窒素全量が入っているため、基肥と追肥の作業が省略できる。本邦では水稲と一部の野菜栽培に使われている。

図 8 は育苗箱全量施肥方式のイメージである。

1. 特徴

- ① 播種・育苗の際に施肥作業も一緒に行い、作業が簡単で、効率が高い。
- ② 特殊な緩効性被覆肥料が必要で、肥料コストが高くなるが、施肥にかかる労力と時間が削減でき、総合的に施肥コストが大幅に下がる。

- ③ 育苗と定植が分かれた作物しか対応できず、適用作物の種類に限られる。
- ④ 緩効性被覆肥料を使うことで、養分の放出が精密に制御でき、濃度障害が発生しにくい。
- ⑤ 作物が発芽してから直接に肥料と接触しているので、肥効が早い。
- ⑥ 大気と接触しないので、脱窒や硝化作用が抑えられ、流亡しにくく、土壌固定が軽減され、肥料利用率が非常に高い。慣行の全面全層施肥より 30～40%程度の施肥量が節減される。

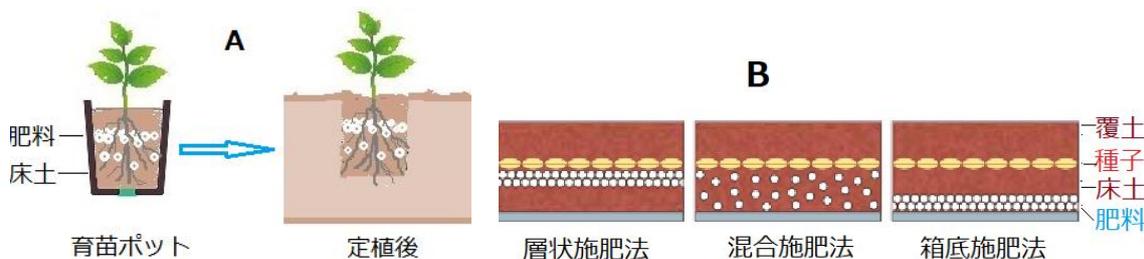


図 8. 育苗箱全量施肥方式の模式図

(A: 野菜の育苗ポット全量施肥、B: 水稻の育苗箱全量施肥)

2. 具体的な施肥方法

育苗箱全量施肥は主に水稻と一部の野菜に使われる。野菜の育苗ポット全量施肥法は肥料粒子を床土に配合して、育苗土としてポットに詰める。種子を播いてから床土だけを薄く覆土する (図 8. A)。

一方、水稻の育苗箱全量施肥法は床土と肥料粒子、種の在り方により大まかに 3 つの施肥法に分けられる (図 8. B)。

① 層状施肥法 (一般的な方法)

まず、育苗箱に調整した床土を入れて、その上に被覆肥料を層状に撒いてから催芽した種を播く。その上に床土を薄く覆土する。

② 混合施肥法

まず、事前に床土に被覆肥料や pH 調節剤などを混ぜて、配合する。配合した育苗土を育苗箱または育苗ポットに入れてから催芽した種を播く。その上に肥料を配合していない床土を薄く覆土する。

③ 箱底施肥法

育苗箱または育苗ポットに被覆肥料を層状に撒いてから調整した床土を入れる。その上に催芽した種を播き、薄く覆土する。肥料施用量の多い場合はこの方法が適する。

育苗した後の定植は、水稻の場合は、通常育苗箱育苗と同じやり方で、床土と苗を一緒に取り出し、田植え機にセットしてから田植えする。野菜の場合は、紙製の育苗ポットはポットと苗を一緒に植穴に定植するが、プラスチック製のポリポットは苗と床土を取り出し、植穴に定植する。

育苗箱全量施肥法に使われている肥料はほとんど被覆尿素で、一部はけい酸加里または

被覆化成肥料を配合することもある。したがって、定植した後の圃場管理は窒素肥料の追肥が基本的に不要であるが、りん酸肥料だけまたは PK 化成肥料を追肥する必要がある。ただし、りん酸と加里を基肥に施用した場合は、追肥が不要である。

今まで、肥料の濃度障害を避けるために、「肥料は根のそばに施してはいけない」というのが常識で、間土施肥が慣行農業の施肥形態となっていた。1980 年代コーティング肥料（被覆肥料）が発明されてから肥料成分の土壌中での溶解速度を適切にコントロールすることができるようになり、施肥直後の養分濃度の急上昇現象が抑えられ、「肥料やけ」が無くなった。作物根に直接吸収される施肥位置に施用し、必要とする時期に必要な量の肥料を作物に供給することによって肥料利用率を格段に高めることができるようになった。