

File No. 47

施肥位置と肥料利用率との関係

現代農業において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。前編「施肥時期と肥料利用率との関係」において、作物の生育ステージを通じた作物の養分要求と肥料養分の供給を同調させることは肥料利用率の向上に最も有効な手段であると述べた。本篇は施肥位置と肥料利用率との関係について論述する。

速効性肥料が一旦農地に施用されると、肥料成分が速く溶解し、土壌溶液中の養分濃度が急速に高まる。溶液状態の養分が作物に吸収利用されないまま長く存在すると、大気への揮散と脱窒、地下水への溶脱、農地表面からの流亡などによる損失のリスクが増大する。特に窒素養分は不安定で、灌漑や降雨により流亡と溶脱または土壌微生物の脱窒作用で散逸してしまうことが多い。このように肥料の利用率が低下し、作物への養分供給が減少するばかりでなく、施肥に起因する環境汚染を引き起こす原因にもなる。多くの調査報告によれば、窒素肥料の吸収利用率は水田稲作や多雨地帯での畑作でしばしば低い値を示す。

一方、りん酸は農地に施用されてから土壌中の非晶質アルミニウムや鉄鉱物などに吸着され、作物への可給性が著しく低下する。特に黒ボク土など活性アルミニウムを多量に含む土壌ではりん酸吸収係数が高く、施用されたりん酸肥料は速やかに固定され、利用率がさらに低くなる。

アンモニア性窒素と加里、石灰、苦土などは陽イオン性のもので、施用した後、水に溶けてイオン態になってから土壌粘土鉱物等に形成された土壌コロイドに吸着され保持していくことが多い。一定量の土壌が保持できる陽イオンの量を示す指標として土壌 CEC 値が利用される。一般的に、CEC 値が大きいほど肥料成分の保持力が大き、土壌 pH や EC の変動も緩和されるといわれ、保肥力と肥沃度の高い土壌である。但し、土壌に保持されている養分イオンはほとんど移動せず、作物の根に接触しない限り吸収利用されない。逆に多量の高濃度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て、水と養分の吸収阻害が発生し生育不良になるいわゆる濃度障害、俗にいう「肥料やけ」が発生する。従って、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に非常に重要な要素で、総合的施肥技術の樹立に欠かせないポイントである。

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、溶解してから土壌を通して根に到達し吸収される。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り、肥料利用率が低下しやすい。

接触施肥とは、肥料を作物根系に施用し、根は土壌を介さず直接肥料養分を吸収する。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、根の周辺の養分濃度の急上昇によ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。

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）という独特形態の肥料が発明されてから肥料成分の土壌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が抑えられ、「肥料やけ」現象が無くなった。根に直接吸収されう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接触施肥という施肥方法が再認識され、肥料利用率を格段に高めることができるようになった。

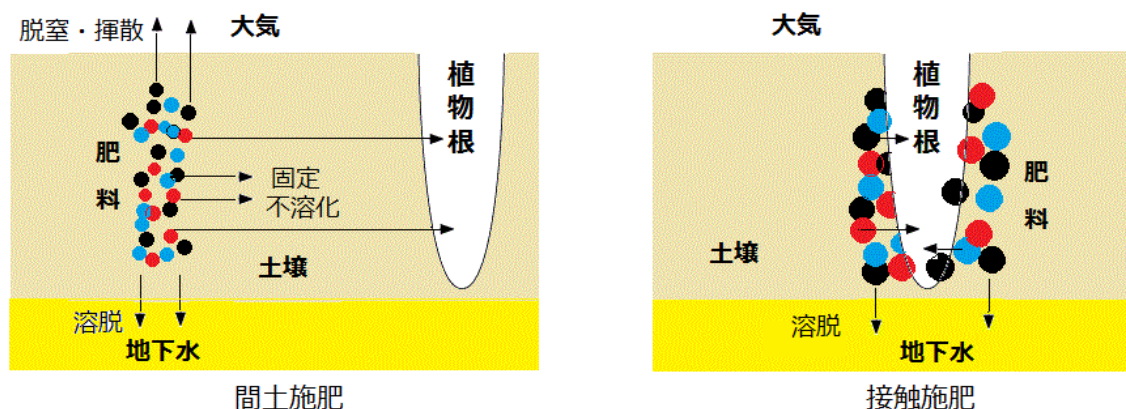


図 1. 間土施肥と接触施肥の模式図

農作上、施用された肥料の土壌における分布から平面的に見た場合には全面散布と条状施肥、垂直方向には表層施肥、全層施肥、深層施肥と下層施肥に分けられる（図 2）。また、養液栽培と葉面散布という特殊な施肥方法もある。各施肥位置の特徴を簡単に解説する。

1. 全面全層施肥： 肥料を農地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。主に基肥に使用される施肥方法である。全面全層施肥の特徴は、

- ① 作土層全体に肥料が行き渡るので、根はどこからでも肥料を吸収できる。濃度障害を起こしにくい。
- ② 機械施肥に適して、施肥作業がかんたんである。比較的面積の広い耕地に適する。
- ③ 必要な肥料施用量が多い。
- ④ 肥料の利用率が低く、流亡や固定などの損失が起こりやすく、環境に対する影響も出やすい。

2. 全面表層施肥： 肥料を農地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。全面表層施肥の特徴は、

- ① 肥料を撒いただけで、比較的面積の広い耕地に適する。濃度障害を起こしにくい。
- ② 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。
- ③ 必要な肥料施用量が多い。
- ④ 肥料が土壤のごく表層に存在し、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 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出やすい。

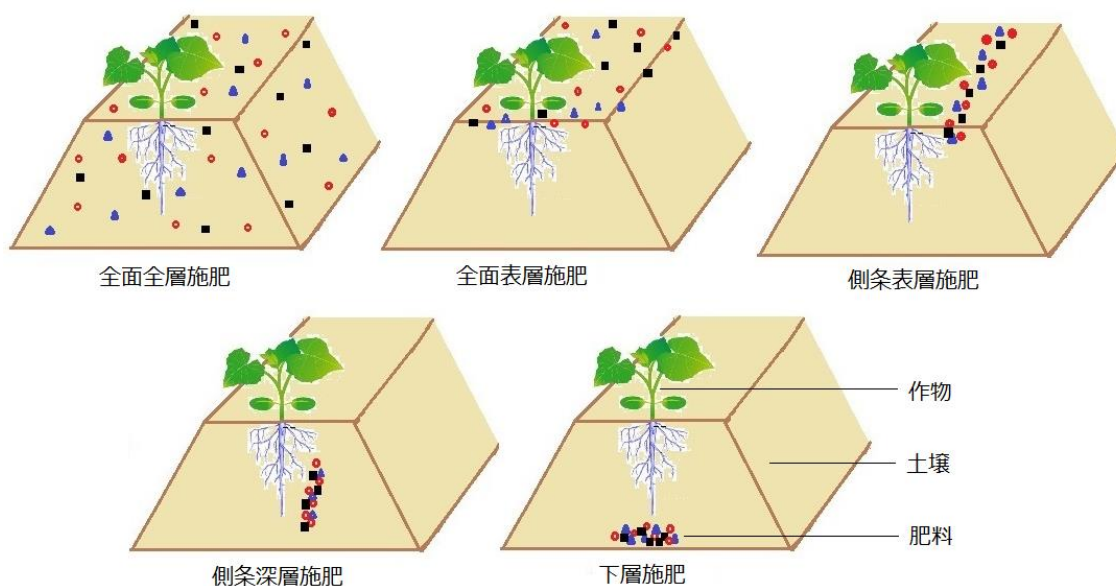


図 2. 各種施肥方法の模式図

3. 側条表層施肥： 農地の表面に条状に肥料を施用し、作土に混ぜ込まない施肥方法である。条状施肥とも呼ばれる。追肥によく利用される。条状表層施肥の特徴は、
 - ① 肥料を撒いただけで、比較的面積の広い耕地に適する。濃度障害を起こしにくい。
 - ② 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。
 - ③ 肥料使用量が全面表層施肥の約 7～8 割で済む。
 - ④ 肥料が土壤のごく表層に存在し、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 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出やすい。
4. 側条深層施肥： 肥料を作土の表層に出ないように田んぼの条や畑の畦に沿って作物株の近くに溝を掘って、肥料を溝に施用してから覆土する施肥方法である。特に稲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。側条深層施肥の特徴は、
 - ① 主に施肥機械を使用する。作業効率が低いが、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 肥料使用量が少なくて済む。
- ③ 肥料と根の距離によって肥効の速さが変わる。
- 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。
- ⑤ 肥料が根の側面と下層にあるため、初期から後期まで肥効が長く持続する。
- ⑥ 肥料が根に近接しているため、濃度障害が発生しやすい。従って、コーディング肥料やウレアホルム（UF）など緩効性肥料しか適用しない。

5. 下層施肥： 農地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や定植する施肥方法である。主に畑野菜、果樹の定植時に基肥の施用に使われる。

下層施肥の特徴は、

- ① 作業効率が低い。
- ② 肥料使用量が少なくて済む。
- ③ 果菜類や葉菜類に適するが、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。
- ④ 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、肥効が速いが、濃度障害も発生しやすい。
- ⑤ 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。

以上に述べた施肥方法の肥料利用率が概して、

側条深層施肥 ≧ 下層施肥 > 全面全層施肥 > 側条表層施肥 > 全面表層施肥

である。

このほか、養液栽培と表面散布という特殊な施肥方式もある。

養液栽培とは、土を使わず、肥料を水に溶かした液（培養液）によって作物を栽培する方法である。また、養液栽培の方式には、培地を使わずに培養液の中や表面で根が育つ「水耕」と、土の替わりとなる様々な培地に作物を定植する「固形培地耕」、根に培養液を霧状に噴霧する「噴霧耕」がある。

養液栽培の特徴は、

- ① 土壌を使わないため、病害や連作障害を回避できる。
- ② 耕起、畝立、土寄せ、施肥、除草などの土耕に必要な作業が省略できる。給液や施肥管理が自動化され、大規模化が容易になる。
- ③ 根が肥料養分を直接接触するため、肥効が非常に速い。
- ④ 肥料成分の脱窒や溶出、土壌固定が全くなく、環境に対する影響がほとんどない。
- ⑤ 養液が根に密着しているため、必要な時期に必要な養分量を吸収利用できるうえ、濃度障害が起りにくく、肥料利用率を 80%以上高めることができる。

養液栽培を導入する場合の最も大きな障害は、初期投資額が高い点である。経営規模が小さい本邦の個人生産者では、大規模な施設を導入することは難しい。それを克服するた

めに近年来養液土耕が脚光を浴びている。

養液土耕とは、水に肥料を溶かした液肥を用い、灌水と施肥を同時に行う栽培方法のことである。培地に土を用いるので、土の緩衝機能が活かされるのが特徴である。もともとイスラエルなど乾燥地域で使われていた技術であるが、本邦にも花や野菜栽培で導入、実用化されている。液肥の成分と濃度をうまく制御することにより、塩類集積を抑制し、水と肥料を効率よく利用することができる。

灌水方法は大きく分けて 2 通りある。地上部から液肥を点滴により滴下する方法と地中にパイプを埋めてそこから液肥を与える方法である。必要最小限の養水分を少量、複数回に分けて与えるから根域が一定範囲に限られ、生育、草勢の制御が容易。収量、品質の向上のみならず、少ない施肥量が過剰施肥を防ぐ。肥料利用率を 70%以上に高めることができる。

葉面散布とは、肥料を水に溶けた低濃度の養分溶液を葉の表面に散布して、葉から養分を吸収させる施肥方法である。その特徴は、

- ① 肥効が速やかで、農作物の商品としての品質向上、根の養分吸収力が低下した時や生理障害の予防、養分不足による生育不良の早期回復に非常に有効である。
- ② 適用肥料が限られている。
- ③ 肥効は作物の種類（主に葉の構造）と生長ステージ（若葉は養分の吸収力が強い）、散布時の天候によりばらつくことが多い。
- ④ 補助的な施肥方法で、根による養分吸収に代替できない。

次編は肥料種類と形態と肥料利用率との関係を説明する。