

## File No. 46

## 施肥時期と肥料利用率との関係

植物が土壌から水分と養分を吸収し、太陽エネルギーを利用して生長する。土壌に蓄積している養分だけでは農作物の正常な生育と収量の確保を満足させることが不可能で、不足の養分を補うために外部から養分の補充が必要不可欠である。化学肥料は、作物の生長過程に必要な養分の供給に非常に重要な役割を果たす。

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、吸収利用されず無駄になったことが避けられない。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、

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

窒素、りん酸、加里の三大肥料養分のうち、窒素は不安定で、灌漑や降雨により流亡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。いくつかの実験データと調査報告によれば、世界の穀物の主要生産地における窒素肥料の利用率は 30~50% だけで、残りは流亡または脱窒で損失してしまう。りん酸は土壌中で固定されやすいため利用率は 3~25% とさらに低い。加里養分は土壌粘土鉱物に吸着して長く土壌にとどまるため、利用率が 50%以上もありやや高めである。

肥料利用率を上げるために作物の生長に合わせて、最適な時期に最適な養分量を提供することは大前提である。それに対応する総合的施肥技術は肥料形態、施肥時期、施肥位置、施肥量の相互関係によって構成される。その中に一番重要なのは、作物の生育特性に合わせて肥料を施用し、その作物が必要とする養分を満足させることである。本篇はそれについて解説する。肥料形態や施肥位置と肥料利用率との関係は次編に譲る。

作物の種類が多く、それぞれの生育ステージにより養分需要量も異なる。穀物としてはイネ、葉菜類としては小松菜やリーフレタス、キャベツ、白菜、果菜類としてはキュウリとトマトを例にして各生育ステージごとに窒素、りん酸、加里の需要量を図 1~3 に示す。

イネはその生育ステージが育苗期、田植え活着期、分けつ期、幼穂形成期、出穂期、登熟期、成熟期に分けられる。育苗期には種子の発芽と苗の初期成長に必要な養分が種籾の胚乳から供給され、外部から吸収する量がわずかだけで充分である。

苗が田んぼに田植えしてから活着までの間にその発育がほとんど止まった状態で、必要な養分量も少ない。田植え後 10 日頃から活着した苗が根元から分かれて、本数が増えて、上へ伸びていき、株が大きくなる。この枝分かれのことを分けつと呼ばれる。分けつ期に入ると、イネの生長が盛んとなり、養分、特に窒素養分の需要が急増し、養分不足の場合

は分けつ数が少なく、株全体も弱めていく。但し、窒素過剰の場合は徒長しやすく、無効分けつが多くなり、出穂や登熟に不利となり倒伏しやすくなるほか、病虫害も発生しやすくなる。

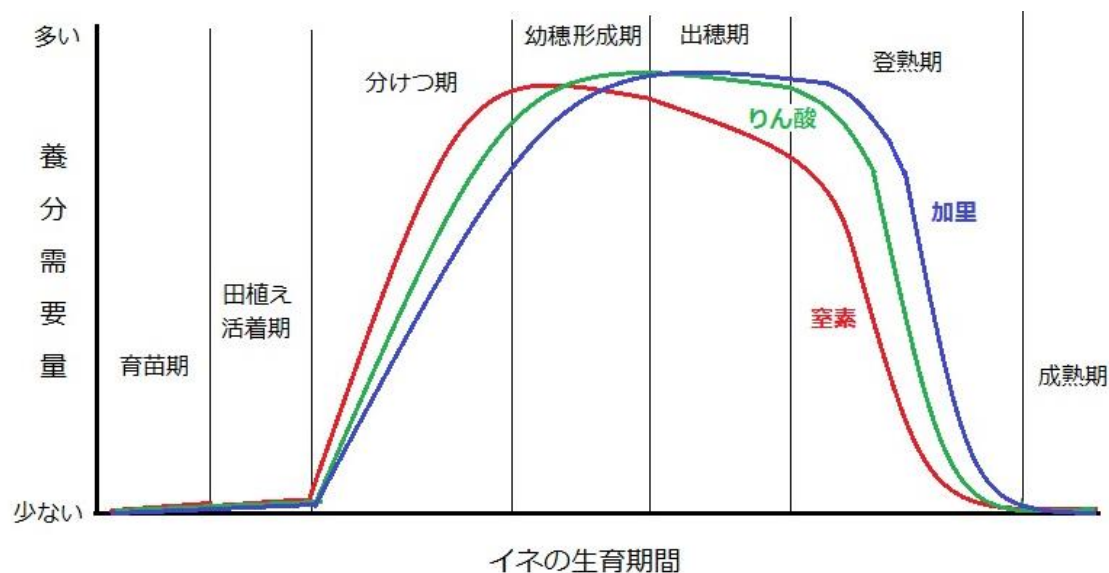


図 1. イネの生育ステージと養分需要量

分けつがそろそろ終わる時期になると、茎の中に幼穂が形成する。通常、出穂 30 日前頃に穂首を分化し始め、出穂 20～25 日前（幼穂長 1～2mm）には一次・二次枝梗や穎花が分化し終わる。その後、出穂 18 日前（幼穂長 8～15mm）には花粉が分化し始め、出穂 12 日前（幼穂長 8cm）には減数分裂を開始する。この幼穂の分化・発達過程は幼穂形成期と呼ばれる。養分の需要が急増し、窒素とリン酸の需要が最大となる。養分不足は、粒数決定や実りの阻害要因の一つであり、減収につながる。

幼穂の形成が終わり、茎から穂が抽出して開花する。この期間は出穂期と呼ばれる。加里の需要が最大となる。受粉した粒は胚が次第に肥大しでんぷんなどが充実していく。この時期は登熟期と呼ばれる。登熟期に入るとこれまで茎葉で蓄えてきた炭水化物やアミノ酸などの栄養分が穂に転流され、でんぷんなどを形成する。外部からの養分需要量が次第に減っていき、特に窒素の需要量が出穂期の後期から急速に減る。

粒にでんぷんがいっぱい充満して、穂全体がほぼ黄色となった時は成熟期にある。成熟期に入ると養分の需要が全くなくなる。成熟期が収穫期の適期でもある。適期を逃して収穫した粒はその後の乾燥調製作業でいくら工夫しても米の品質を良くすることはできない。

上述の生育ステージに合わせて、窒素、リン酸、加里を適切な配合比率と量で施肥することは大事である。すなわち、田植えの直前または田植えと同時に基肥を充分施用し、分けつ期と幼穂形成期の養分需要を供給する。幼穂形成期に穂肥を 1～2 回施用し、出穂期と登熟期の養分を満たす。多肥による徒長、倒伏と玄米中の粗蛋白含量の増加に伴う食味

の低下を防ぐために、穂肥は出穂の10日前までに済ませ、出穂以降は肥料を施与しない。なお、基肥は窒素とりん酸、穂肥は窒素と加里を重点的に与える。このように施肥管理を行えば、肥料の利用率が高くなることは自明の理である。

葉菜類は種類が多いが、葉を食用に供するため、栄養生長期だけを考えればよい。小松菜やリーフレタスのような非結球性葉菜は、生長に伴い葉の数が増えて、重くなるが、ある程度まで生長となると、葉数の増加が止まり、生殖生長期に入る。通常、栄養生長体である葉部を生育最盛期に収穫する。非結球性葉菜は栄養生長に伴い養分、特に窒素の需要量が次第に増える。ただし、これらの非結球性葉菜は生長が早く、定植後から収穫までの生育期間が25～40日しかない。従って、生育期間中に肥料切れをさせないように定植前に窒素の多い基肥を十分に施用すれば、追肥がほとんど不要である。

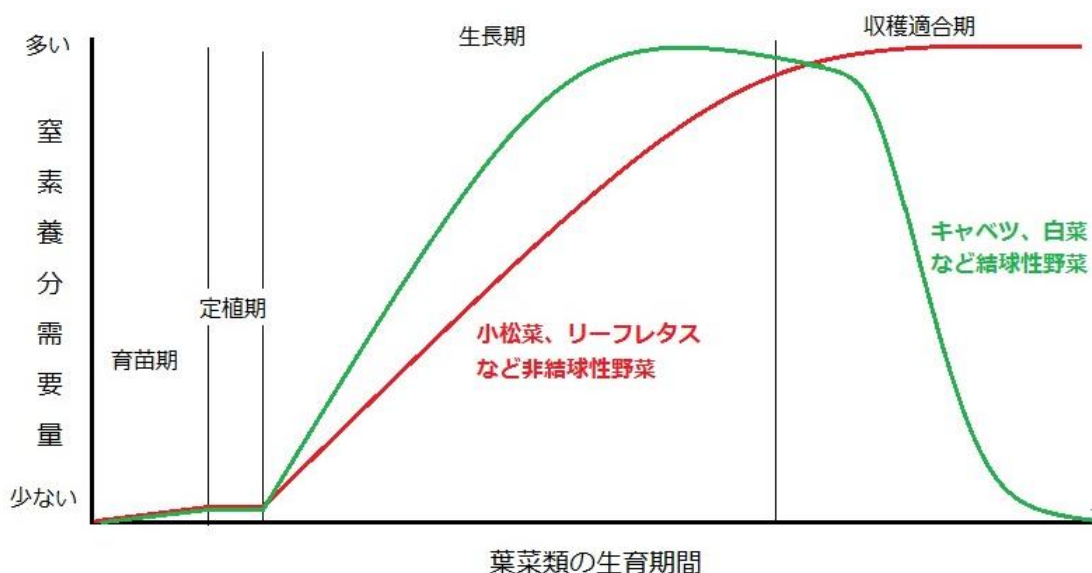


図2. 葉菜類の生育ステージと窒素養分需要量

一方、キャベツや白菜のような結球性葉菜は、結球するまでの間、外葉、つまり開き切った状態の大きい葉が次々と展開してゆき、発芽後の本葉が18～20枚まで展開してから結球が始まる。結球後、球の生長に必要な養分は外葉の光合成に依存している。結球までに外葉をいかに大きく、丈夫に育てられるかが良質の球を得るためのコツなので、初期生長に養分が足りない場合は、結球が始まってからいくら施肥しても挽回できない。従って、基肥が非常に重要である。但し、結球後も球の生長に養分が必要で、結球直前に速効性の肥料、特に加里を追肥したほうがよい。大体窒素と加里の2/3～3/4を基肥とし、残りは結球前に施用し、球の肥大、充実を図る。

トマトやキュウリのような果実を収穫する果菜類は、定植してから開花までに栄養生長期、開花してから生殖生長期と分けられているが、生殖生長期に入っても枝葉が発生しつつ、連続的に花と果実を形成するいわゆる栄養生長と生殖生長が一緒に行ういわゆる同時

進行型となる。栄養生長期には窒素を多く吸収するが、生殖生長期に入ると、りん酸と加里の需要量も急速に増える。その後この 3 大養分の需要量が一定値に維持していく。従って、栄養生長の需要を満たすために定植する前に基肥を充分与えることが重要である。長期にわたって収穫できるため、定期的に追肥をして新枝葉の発生と果実の生長に必要な養分を安定的に与える必要がある。なお、追肥には窒素量を控えて、加里を多めに与えることがコツである。

キュウリは日光や水分不足、肥料切れすると実が曲がったり、尻太り、または尻細りしたり、中に空洞ができるものが出やすく、適切な追肥と水やり、整枝を行う必要がある。

トマトは過湿の環境を嫌い植物である。また、最初に窒素系肥料をやり過ぎ、窒素を過剰に吸収すると、樹勢が徒長して、茎が太く葉色が濃くなったのに果実のつきが悪いいわゆる「つるぼけ」になることもある。従って、基肥には窒素、りん酸、加里を適宜に配合し、栄養生長期に 3 大養分をバランスよく供給することが大切である。一方、生殖生長期に入ると、果実の生長に加里とカルシウムの需要量が多くなり、追肥には窒素を控えて、加里とカルシウムを多めに与えることがコツである。

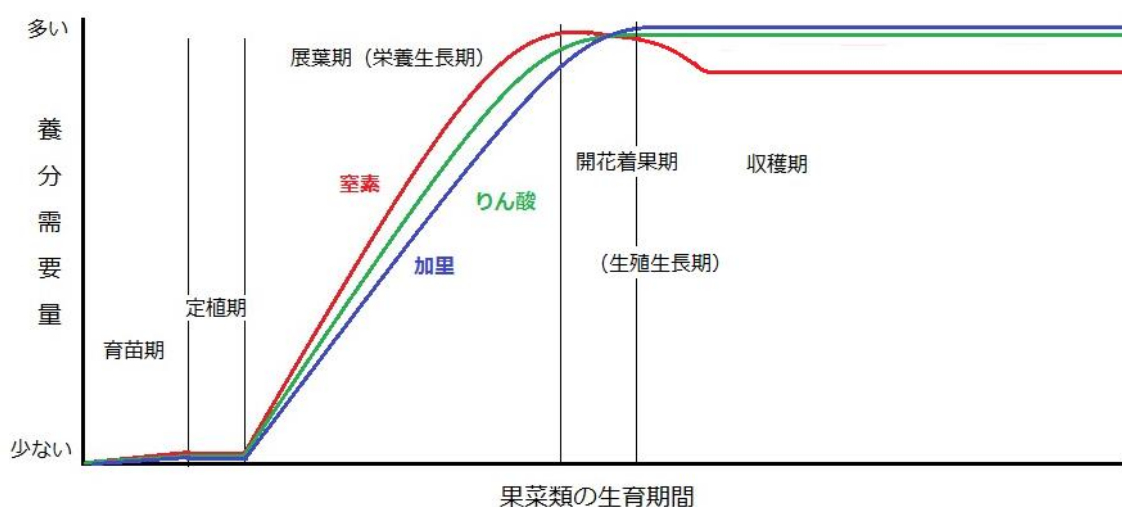


図 3. トマト、キュウリなど果菜類の生育ステージと養分需要量との関係

果菜類には養分不足の場合は落花・落果するが、窒素が多すぎ、りん酸と加里が不足の場合は栄養生長が主流となり、同様に落花・落果が発生しやすい。従って、収穫量を上げるために追肥を通じて栄養生長と生殖生長をバランスよく制御することが重要である。

野菜類は生長が早く、収穫部分も多いいため、養分の吸収利用量が穀物類などよりはるかに多い。従って、施肥量も普通の作物と比べて多くなる。また、一般に野菜は窒素の利用形態として硝酸態を好む。アンモニア態の割合が高まると、キュウリ、トマト、キャベツ、白菜などでは前半に生育が著しく阻害され、また石灰の吸収、移行を抑制して欠乏症発生の一因となり、肥料の利用率が著しく下がる。従って、施肥量のみでなく使用する窒素の

形態にも十分な配慮を要する。

作物の養分需要と肥料からの養分供給を適正にすること、すなわち作物の生育ステージを通じた作物の養分要求と肥料の供給を同調することは肥料利用率の向上に最も有効な手段である。作物の養分要求と肥料からの供給をうまく合致させれば、肥料利用率が慣行農法より 10%以上高めることも可能である。施肥の理想は作物の生育を最大限に促進するとともに肥料の利用率を高めることである。

肥料の利用率を高めることは、作物の生産性や経済性を向上させるばかりでなく、過剰施用による肥料成分の土壌蓄積と水質汚染を軽減して、環境負荷を最小にすることにも重要かつ有効な手段である。