

File No. 49

作物の養分感受性期と養分最大利用効率期

農業生産の目的は作物の有用部分を収穫するものである。作物はその生育過程に於いて必要な養分量が不足すると、生育が悪くなり、収量と品質が落ちる。収量と品質を維持するために外部からこれら不足の養分を追加する必要がある。肥料とは、作物の生育に必要な養分を与える目的として人間が作物に施すものである。

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。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。本篇は作物の養分感受性期と養分の最大利用効率期間について説明する。

作物の生長過程に於いて、その養分需要に大事な時期が 2 つあるといわれる。一つは作物の養分感受性期、もう一つは養分の最大利用効率期である。ただし、この 2 つの時期に関する認識は共通的なものではなく、一部の農業研究者に留まって、特に本邦ではその重要性を認識する研究者がまだ少ないことも書き加える。その理由は次に論述する内容に含まれる。

一、 作物の養分感受性期

作物の養分感受性期 (sensitive period of crop nutrition) とは、作物の生長過程に養分に対する非常に敏感な時期である。養分感受性期に於いて作物の養分需要量が少ないが、供給不足または養分のバランスが崩れた場合は作物生育に重大な支障を来て、生育不良や元素欠乏の症状が現れる。その後不足な養分の補充や養分バランスを取らせてても、生育に与えた悪影響を取り消さない。この時期は作物の養分臨界期 (critical period of crop nutrition) と呼ばれることもある。

作物の種類や養分種類によってその感受性期が異なる。但し、作物の生育ステージの転換期、特に種子の養分に依存する従属栄養期から自らの根で養分を吸収する独立栄養期への転換期に発現することが多い。特に種子が小さく、発芽に供する貯蔵養分の少ない作物ほどその養分感受性期がはっきり現われることが多い。また、窒素とりん酸は植物組織や器官の構成成分として、感受性期に茎葉に欠乏症として現われやすいが、カリは植物体の直接の構成成分ではなく、タンパク質や炭水化物の合成・移動・蓄積など植物体内の様々な化学反応を促進する元素とするもので、体内に転流しやすいため、感受性期に欠乏症として現われることがほとんどなく、無視されることが多い。

ワタを例にあげると、播種発芽後、2~3 枚真葉が出たところはりん酸養分の感受性期に当たる。りん酸が不足すると、初期生育が緩慢となり、新葉が小さく、葉縁と葉柄が赤紫色を呈するなどの欠乏症が現れる。その後追肥で多量のりん酸肥料を与えても生育の遅れ

が取り戻されず、生長した株が矮小で、開花数と朔果数が少ない。その原因是種子に蓄えている養分が発芽により完全に消耗されたが、苗の幼根の伸長と発達が不十分で、根圏範囲が狭く、土壤からりん酸を吸収する能力が弱いため、りん酸の欠乏が発生しやすい。土壤からのりん酸供給が不足する場合は、茎葉の生長に悪影響を大きく及ぼし、その後の果枝の分化と花の形成にも後遺症を残す。

また、ワタの窒素養分感受性期は着蕾と開花前期である。この時期に窒素が不足する場合は、開花数が少なく、落果数が多くなり、収量が減り、繊維の長さも短い。着果後、窒素肥料を追肥しても収量を回復させることができない。

トウモロコシのりん酸養分感受性期は3葉期、すなわち本葉が3枚出たところである。発芽から3葉期までの生育は種子の養分に依存するいわゆる従属栄養であるが、3葉期になって種子の養分が完全に消費され、種子根に代わり永久根が発達し始め、独立栄養期に入る。その時点では土壤からりん酸養分を獲得できないと、りん酸欠乏となり、葉縁が赤紫色を呈するいわゆる紫葉症となる（図1）。その後、茎の伸長が抑制され、雌穂の発生数が減り、雌穂の先端に子実がない（先端不稔）現象が多くなる。

レタス、春菊などの葉菜類は真葉が出たところには種子の養分が完全に消費され、養分に対して非常に敏感である。従って、育苗用の培土が養分不足の場合や苗の移植が遅れ、培土中の養分が消耗された場合は、苗の地上部と根系の発育が不良で、移植後、多量に追肥しても生育が回復できない。従って、移植する前に苗に葉面散布による追肥を行うことを勧める。

ナタネは苗期に窒素とりん酸に対する感受性が非常に高い。窒素欠乏の場合は新葉の発生が遅く、葉が小さく、葉縁が赤く、葉の中央部が黄色くなる赤黄色葉となる。りん酸欠乏の場合は窒素欠乏の症状に似ているが、茎と葉柄も赤紫色を呈する（図2）。その後も生育が緩慢で、草丈が短く、分枝が少なく、開花数と莢数、莢内の種数が少なく、種の油含有率が低いなどの後遺症が残る。



図1. トウモロコシ苗のりん酸欠症



図2. ナタネ苗のりん酸欠症

ホウレンソウや小松菜など直播栽培野菜の場合は、生育がばらつきで、ところどころの

生育が悪いことがよくみられる。これは基肥の施用が不均一、肥料が足りないところの苗が養分感受性期に養分不足で、生育が抑えられ、その後も回復できないためである（図3、図4）。



図3. 基肥の不均一による小松菜の生育ばらつき



図4. 基肥施用量の異なる白菜苗の生育状況

一方、種子の大きな作物、たとえば大豆や落花生には養分感受性期がほとんど見られない。これは種子の養分が多く、苗の従属栄養から独立栄養への転換がスムーズに行うことができ、養分感受性期が明白に現れないと考えている。

二、 養分最大利用効率期

養分最大利用効率期（maximum efficiency stage of plant nutrition）とは、作物の養分需要量が多く、養分吸収速度が速く、利用効率が高く、生育と収穫量に対する影響が大きい生育時期である。養分最大利用効率期に作物の生長が速く、施肥効果が非常に顕著である。

作物の養分最大利用効率期は大体生長中期、栄養生長と生殖生長の転換時期に現れることが多い。但し、同じ作物にしても養分種類により時期が異なることが多い。

たとえば、サツマイモは、その窒素養分最大利用効率期は生長の初期から中期である。地上部茎葉の生長に多量の窒素養分が必要で、吸収された窒素は主に茎葉組織の構成に供される。窒素が充分供給された場合はツルが伸び、葉数も多く、葉色が濃くなり、光合成が旺盛になる。但し、窒素肥料を多く与えて生長の中期以降も土壤から大量な窒素養分が残った場合は地上部の葉や茎が過剰成長して塊根の外見と味などの品質が下がることもある。従って、生長の中期以降に窒素肥料を与えるないように注意したい。一方、りん酸とカリの最大利用効率期は塊根が膨大し始めた生長の中期以降である。その時期に充分なりん酸とカリを与えると、地上部から光合成した炭水化物が順調に塊根に転流され、筋の少ない味の良い大きなイモができる、収量が増える。

イネと小麦の窒素養分最大利用効率期は分けつ期である。この時期では株分け（分けつ）と新葉の発生・伸長のために、生育が一番盛んとなり、窒素養分の需要量が一番多い。窒

素が不足する場合は、分けつ数が少なく、株全体も弱めていき、非常に減収する（図5、図6）。但し、分けつ後期になると、窒素が過剰の場合は徒長しやすく、無効分けつが多く、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い。一方、りん酸最大利用効率期は幼穂形成期と出穂期である。また、加里最大利用効率期はりん酸より遅れる出穂期と登熟期である。出穂に伴って、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、でんぶんなどを形成する。加里が不足すると、炭水化物やアミノ酸の転流に影響を及ぼし、収量と穀粒の品質が低下する。



図5. イネ分けつ期の窒素不足による影響



図6. 小麦分けつ期の窒素不足による影響

トウモロコシの養分最大利用効率期は9~10葉期から雄穂抽出期までの期間である。トウモロコシの生長がこの時期に入ると、栄養生長と生殖生長が同時に進行し、根、茎、葉の生長が非常に盛んで、茎が急速に伸長し、乾物重量が大きく増加する時期であると同時に雄穂と雌穂の分化・形成時期でもある。この期間に茎葉のボリュームや草丈、また、雌穂の大きさと子実数も決まる。各器官の間に養分の争奪競争が激しくなるため、窒素、りん酸と加里の需要量が一番多く、吸収・利用・同化速度も速い。養分不足すると、特に窒素と加里が不足する場合は確実に減収となる。

葉菜類など葉を収穫する野菜類は栄養生長だけで終結するため、移植後活着してから収穫までずっと窒素最大利用効率期となり、途切れすることがない。吸収された窒素は葉の生長に供され、葉数と葉面積が急速に増加する。葉菜類の栽培期間が短いため、養分欠乏を避けるために窒素肥料を中心に全量基肥にする施肥方式が多用される。なお、採種用野菜でない限り、りん酸と加里の需要量が多くないが、最大利用効率期は窒素最大利用効率期と同じである。

養分感受性期と養分最大利用効率期ともに作物にとって大事な養分需要時期で、養分不足の場合は生育と収量に大きく影響を及ぼすが、両者の異なる点は次のところである。養

分感受性期に於いて、作物の必要な養分量が少なく、供給量もわずかで済む。但し、肥料やけが起きない程度を限界に、養分を多めに与えても以降の生育に悪影響が起きない。一方、養分最大利用効率期に於いて、作物の必要な養分が多く、大量供給が必要であるが、供給量が多すぎるまたは供給時期がずれると、無駄になるどころか、徒長などを起こし、生育に悪影響を及ぼすこともある。

従って、作物栽培に於いて、合理的な施肥設計としては基肥が養分感受性期に、追肥が養分最大利用効率期とともに十分な養分を供給できるようにすべきである。

以上説明したように、農業生産に於いてそれぞれの作物の養分感受性期と養分最大利用効率期をしっかりと把握して、それに合わせて適切に施肥することは、作物生産の収量性や経済性を向上させる一方、施肥による環境負荷を最小にするには非常に有効である。但し、作物種類により養分感受性期が明白に現われないこと、土壤種類や肥料種類により肥料効果の発現スピードが異なることも考慮して、基肥や追肥の比率や肥料種類、施用時期・方法を決めるべきである。