

File No. 76

なぜ肥料を粒状にすることが多いか

市販されている肥料の多くが粒状の形にしている。BB 肥料が元々粒状原料の混合物であるが、単肥や化成肥料もわざわざ設備と人力をかけて造粒するのはなぜか？

まず、粉と粒の概念から確かめよう。粉と粒は本質にはすべて粒子状の固体である。通常、粒状とは肉眼で個々の姿形を識別できる程度の大きさのもので、粉状とは肉眼で個々の粒子が見分けられないほど小さな粒子の集まりである。従って、粉と粒状の分別はその粒径によることが多い。その境界線について大雑把な区分をすれば、0.1mm から 10 数 mm までのものを粒状、それより粒径の小さいものを粉とすることが多い。なお、粒径が 10 数 mm を超えたものを塊と呼ぶことが多い。

実は多くの肥料が製造（合成）された際に粉または小さな結晶の状態を呈することが多く、造粒工程を加えない限り、最終製品の形状は粉または 1mm 未満の小さな結晶である。しかし、粉の状態では施用、保管、流通に不便なところが多い。その不便さを解消するために、わざわざコストをかけて粒状にしたのである。

粒状と粉状とは化学成分が同じのものでも、物理的性質が大きく異なる。

1. 表面積が違う

表面積とは、立体物表面の総面積である。重量が一定の場合、粒子が小さいほど、表面積が大きくなる。すなわち、同じ重量でも、粉を造粒した場合は、粒子が丸く、粒径が大きいほど表面積が小さくなり、外部との接触面積も小さくなる。

2. 沈降速度が違う

沈降とは、粒子が空気または液体の中に重力により沈んでいくことである。沈降速度は重力と浮力および粒子に働く抵抗力のつり合いで決定される。同じ物質でも、粒径の大きいほうが小さい粒子より速く沈む。すなわち、粉を造粒した場合は、粒径が大きいほど早く地面に落ちて、風による飛散が少なくなる。

3. 安息角が違う

安息角とは、一定の高さから粉粒体を落下させて、自発的に崩れることなく安定さを保つ時に形成する粉粒体の山の斜面と水平面とのなす角度である。安息角は粒子の大きさと粒子のかどうの丸みにより決まる。通常、粒子の粒径が小さいほど安息角が大きくなり、崩れることがなく、高く積み上げられる傾向がある。すなわち、粉を造粒した場合は、粒子が丸く、粒径が大きいほど流動性が高く、付着や堆積しにくくなる。

4. 硬度が違う

硬度とは、物質材料の表面または表面近傍が外部からの異物によって変形や傷を与えられようとする時の物体の変形しにくさ、物体の傷つきにくさである。粉状のものは異物に

当たると、すぐ流れてしまうため、硬度がゼロに近い。これに対して、造粒された粒子は一定の硬度があり、肥料の場合が種類や造粒方法によって異なりが、大体 $0.5\sim6\text{kg}/\text{cm}^2$ の硬度がある。

以上に述べるように、粒径の違いにより物性が異なるので、肥料を粒状にするのは次の利点がある。

1. 施肥効率が上がる

近代農業の特徴は大規模農業である。この近代化された農業を支えるのは農業機械と優れた品種、灌漑設備のほか、化学肥料である。特に農作物の収量を最大限に上げるため、作物の生育要求に合わせて必要な時に必要な量の化学肥料を施用することが非常に重要である

肥料の施用方法は人力散布と機械散布に大別される。人手で肥料を撒くには、肥料形態が粉か粒状かは大差がないが、機械散布では粉状肥料が粉塵飛散、ホッパー内の付着残留、散布距離などの問題が発生するため、粒状の方が適している。特に、大型ブロードキャスターを利用する散布方式、播種同時深層施肥方式、水稻の側条施肥方式など、粉状肥料が全く適しない施用技術もある。

肥料種類と施肥方式にもよるが、よく使われている施肥機、例えば、ブロードキャスター（図 1）やライムソワー、側条施肥機（図 2）はその施肥効率は人手散布の 5~100 倍も多い。施肥効率が上がることは、施肥にかかる作業時間が節約し、少ない労働力で多くの耕地を管理でき、生産コストを下げることに直結している。



図 1. 松山のニプロブロードキャスター



図 2. 三菱農業機械の水稻側条施肥機

2. 肥料利用率が高い

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、

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

窒素、りん酸、カリ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

たは土壤微生物の脱窒作用で散逸してしまい、利用されずに無駄になる部分が多い。りん酸は土壤中で固定されやすいために利用率がさらに低い。加里は土壤粘土鉱物に吸着して長く土壤にとどまるため、利用率やや高めである。

通常、肥料養分は水に溶解してイオン態となってから初めて作物に吸収される。養分の溶出速度が肥料と土壤の接触面積および土壤水分に正の相関関係がある。また、りん酸の土壤固定も土壤との接触面積に正の相関関係がある。

粉状の肥料は表面積が大きく、施用後土壤との接触面積が広く、土壤水分に溶解して養分を放出する速度が速い。特に降雨や灌漑のような短時間で多量の水が土壤に入ってくる場合は、粉状肥料がすぐ溶けて、溶出した養分が作物に吸収しきれず、流失してしまうので、肥料利用効率が悪くなる。また、粉状のりん酸肥料も土壤に固定されやすい。

一方、粒状肥料が土壤との接触面積が小さく、溶解するまでには時間がかかる。肥料種類と土壤水分量、土壤温度が一定の場合は、養分の溶出速度が肥料粒子の粒径と硬度に負の相関関係がある。すなわち、肥料粒子が大きく、硬いほど溶出にかかる時間が長くなる。土壤中における肥料の溶解速度は不溶性成分の少ない肥料では粒径に反比例して、不溶性成分の多い肥料では粒径の2乗に反比例するという実験報告がある。従って、粉状に比べ、粒状肥料の成分溶出が緩やかで、肥料効果が長く続き、吸収利用率が高い。

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な手段である。

3. 固結が発生しにくい

肥料の固結とは、肥料が固まって、硬い塊状になったことである（図3）。肥料の固結は施肥時に散布しにくかったり、散布できなかつたりして、施肥効率が落ちるだけでなく、所定量を均一に撒けなかつたなどもある。特に機械施肥が発達した近代農業では、肥料固結に対する許容性が狭まり、軽い程度の固結でも施肥作業に支障をきたす。従って、固結の有無は肥料の品質評価に非常に重要な指標であり、固結の理由で肥料が回収・廃棄処分される事例が多数ある。

肥料固結を引き起こす要因は内部的なものと外部的なものがある。粒子の形態に限っては、粒径が大きく、丸く、表面が平滑、粉の少ない肥料が固結しにくい。その理由は粒径が大きいほど周辺粒子との接触面積が少なくなる。また、粒径の大きく、丸い粒子は流動性がよく、周辺粒子との接触面が固まつても、外力を加えたら崩壊してバラバラの状態に戻されやすい。これに対して、粉状では粒子同士の接触面積が大きく、粒子の形も四角いや不規則のものが多く、保管中に固結されやすい。また、流動性が悪いため、固結したものは外力を加えても解碎されにくい。

4. 輸送保管しやすい

粉状の肥料はバラのままでは飛散しやすく、トラックと貨物列車での陸上輸送に積み込

みや積み下ろし作業が煩雑となり、倉庫での保管でもコンタミが発生しやすい。また、袋詰めにしても粉塵発生や粉の付着で袋のシール不良が発生しやすい。従って、輸送や保管のコストを減らすために、原料を除き、粒状にしたことが有利である（図4）。

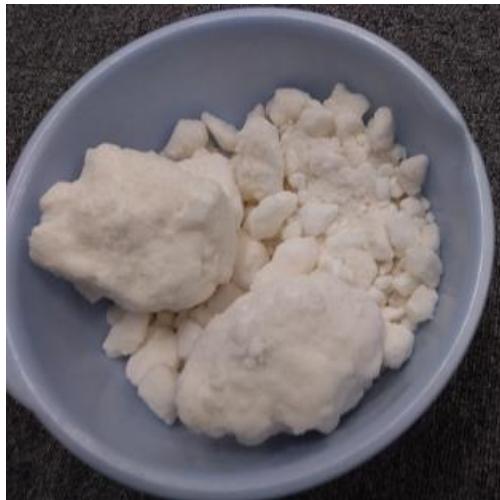


図3. 固結した硝安の塊



図4. 肥料倉庫

5. 肥料焼けが発生しにくい

肥料焼けとは、不適切な施肥により肥料に含まれている成分（養分とその他の成分および分解物）が作物に悪影響を及ぼし、被害症状が現れることを指す。肥料焼けの発生原因は施肥した肥料養分等が一斉に溶出して土壤溶液中の濃度が高くなりすぎ、根が水分の吸収ができなくなり、または肥料粉末が茎葉に付着して茎葉の組織から水分を奪うなど、植株に害を与える。肥料を粒状にすることにより、養分の溶出速度が遅くなる一方、散布時に肥料粒子が茎葉に留まらず、すぐ地面に落ちる。従って、粒状肥料の場合は肥料焼けが発生しにくい。

6. 肥料が飛散されにくい

施肥の際に撒いた肥料は風などに乗って細かい粒子が漂いやすい。特にブロードキャスターなどを使う場合は、強い遠心力で肥料を飛ばすので、粉状の軽い粒子が遠く漂流することもある。肥料を粒状にすることにより、粒子が重くなり、風などの影響を受けにくく、周辺の畑や民家に飛散されず、不要な争いを引き起こすことが少なくなる。

粉状の肥料に比べ、粒状肥料は造粒コストが掛かっても、その費用を補う以上の利点がある。最近では堆肥などの有機肥料も粒状にして販売使用されるようになった。