

土壤中に蓄積するタンパク様窒素化合物のチンゲンサイによる直接吸収

環境資源部土壤管理科土壤生化学研究室 阿江 教治

はじめに

リーヴィッヒの無機栄養説以来、植物は無機元素を吸収して、光合成によって植物の組織を形成していることは、作物栄養学の常識である（無機栄養説）。この原理を利用して化学肥料が作られ、また、実際に作物生産が著しく増大した。これに対して、最近、「健康」への希求から、「有機物」や「堆肥」を利用する「有機農業」への関心が高まっているが、「食」を通しての「健康」管理が見直されている証でもある。そのため、各地の農業試験場では野菜類に対する有機物の施用実験が行われている。その結果を詳細に検討すると、リーヴィッヒの無機栄養説では説明できない場合に出くわす。ローザムステッドで行われた長期有機物連用試験結果からも、テンサイは有機物の施用に著しく反応する作物であると指摘されている（Mattingly, 1973）。日本でも、稲ワラ米ヌカを有機態窒素として施用したところ、陸稲の生育は硫安施肥区よりも優れたとする山縣ら（1999）の報告がある。筆者らの研究では、チンゲンサイやニンジンが有機物施用で土壤中に生成したタンパク様窒素化合物を直接吸収している証拠が得られた。ここに、その結果の概要を示す。

有機態窒素に対するニンジンやチンゲンサイの窒素吸収反応

有機物として菜種油粕を、化学肥料として硫安を施用し、播種後28日目のチンゲンサイ、ピーマン、レタス（リーフレタス）、ニンジンの生育を窒素吸収量で示した（図1）。また生育期間中の無機態窒素、アミノ酸態窒素、タンパク様窒素（リン酸緩衝液で抽出した）の推移を表1に示した。実験期間中の無機態窒素量が最も多いのは、硫安区、次いで菜種油粕区、最も少ない区は無窒素区であり、それに対応して、ピーマンやレタスの生育および窒素吸収量は、硫安区>菜種油粕区>無窒素区となった。しかし、ニンジンやチンゲンサイでは菜種油粕区での窒素吸収量が多く、ついで硫安区、最も劣る区は無窒素区であった。アミノ酸を吸収すると考えると、土壤中での生成量はせいぜい0.6 mg N/kgであり、とうていニンジンやチンゲンサイの旺盛な生育を説明できる量ではない。ニンジンやチンゲンサイは、表1に示したタンパク様窒素に対して反応するものと考えられた。植物がタンパク様窒素を利用できるとすると、2つの方法が考えられる。1) 根圏における無機化の促進、および2) タンパク様窒素の直接吸収、である。1) については、根圏微生物によるタンパク様物質の分解であるが、作物根圏土壤のタンパク分解活性には差が認められなかつ

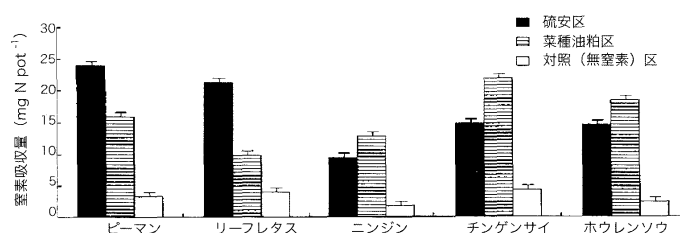


図1 菜種油粕の施用がピーマン、リーフレタス、ニンジン、チンゲンサイ、ホウレンソウの窒素吸収量に及ぼす影響（移植28日後の生育）

表1 栽培期間中の無機態窒素、アミノ酸およびタンパク様窒素の変化

施用窒素	無機態窒素 (mg N/kg)	アミノ酸態窒素 (mg N/kg)	タンパク様窒素 (mg N/kg)
無窒素	27.5~50.0*	0.1~0.2	18.7~35
化学肥料 (硫安)	90.5~133.0	0.3~0.4	18.9~31.0
菜種油粕	41.0~82.5	0.4~0.6	34.6~56

* 値は最小値~最大値を示す。

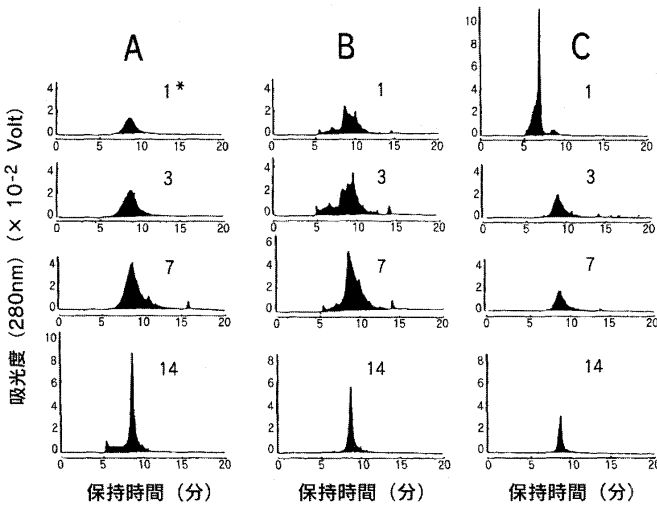


図2 培養の経過に伴う有機物施用土壌のリン酸緩衝液抽出液のサイズ排除 HPLC クロマトグラム (* 数字は培養経過日数)
A: グルコース+硫酸 B: 稲ワラ米ヌカ混合物 C: 卵白アルブミン

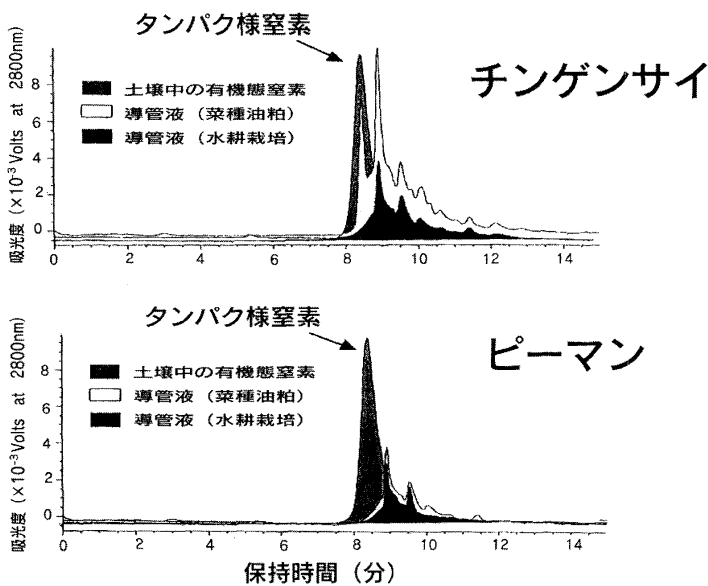


図3 菜種油粕を窒素源として栽培したチンゲンサイとピーマンの導管液のサイズ排除 HPLC カラムクロマトグラム (同時に無機態窒素を窒素源として水耕栽培した時の導管液のクロマトグラムと、土壌をリン酸緩衝液で抽出した液のクロマトグラムも参照されたい)

くカラムから排出される。したがって、同じ保持時間であれば、分子量はほぼ等しいと考えられる。図1の結果は、どのような有機物が土壌に添加されても、培養時間の経過と共に、8.4分に排出されるタンパク様物質に収斂していく様子が観察された。この物質は、分子量が8000ダルトンの分子量を持つタンパク様窒素化合物であり、土壌細菌の増殖を抑制する抗生物質を添加すると、この8000ダルトンの物質の生成が遅れることから、この物質が微生物由来であると推察された。すなわち、土壌へ施用された有機物は一旦微生物に取り込まれ、その菌体が死滅した後、細胞質は分解し無機態窒素へ速やかに移行するが、微生物菌体の細胞壁成分は分解に対して抵抗力を示し、最終的には8000ダルトンの物質へと移行する。これが土壌中に蓄積し、あるいは一部、徐々に無機化するもの

た。2) については、¹⁵N 標識有機態窒素で生育させた植物体の¹⁵N atom %を比較した結果、作物間にかかなりの差が認められた。すなわち、有機物として直接吸収できる作物と、無機化したアンモニア態あるいは硝酸態窒素のみを吸収できる作物に二分された。したがって、われわれはこの2)の要因と、タンパク様窒素化合物の存在状態について、さらに詳しく検討した。

有機物の施用に伴い出現する土壌中のタンパク様窒素化合物

土壌を培養し、そこで生じる無機態窒素量で可給態窒素量が判定されている。この培養で生じる無機態窒素はリン酸緩衝液で抽出されるタンパク様窒素化合物と極めて高い相関がある。すなわち、土壌に添加された有機物は最終的には無機化されるため、リン酸緩衝液で抽出されるタンパク様窒素化合物を経過すると推定される。

少量の土壌を砂に添加した培地を用いて、各種の有機物を施用した場合のタンパク様窒素化合物がどのように変化するかを経時的に分子篩カラムクロマトグラフィーで測定した(図2)。検出には280nmの吸光度を用いた。A)にはグルコース(ブドウ糖)と硫酸(窒素源)、B)稲ワラと米ヌカの混合物およびC)卵白アルブミンである。横軸はタンパク様窒素化合物が排出される時間(保持時間)であり、化合物の分子量が大きいほど早

と思われる。先に示した、ハウレンソウやニンジンが菜種油粕施用で旺盛な生育を示すのも、この8000ダルトンの物質が関与するものと推定した。

ニンジンやチンゲンサイによるタンパク様物質の直接吸収

有機物の直接吸収機構については、無菌の水耕実験の結果、20万-30万以上もある巨大分子をエンドサイトシスによって取り込むことができるとの報告がある (Nishizawa and Mori, 1980)。われわれは、有機態窒素に反応する作物としてチンゲンサイを、無機態窒素にしか反応しない作物としてピーマンを用いて実験した。栽培途中でこれらの茎を切除し導管から出てくる溢泌液を分子篩クロマトグラフィーで分析した。その結果、チンゲンサイの溢泌液には、8000ダルトンの物質と同じ保持時間を持つ物質が検出された。ピーマンにはこの物質は検出されなかった。タンパク様物質を含まない水耕栽培で育てたチンゲンサイの導管液には8000ダルトンの物質が検出されなかった (図3)。この結果はチンゲンサイが土壤中に存在する8000ダルトンの土壤有機物を直接吸収利用していることを示唆している。

終わりに

土壤のリン酸緩衝液抽出物を窒素源として、ニンジン、チンゲンサイ、レタスを無菌栽培したところ、ニンジンやチンゲンサイはその乾物重が増大した。一方、レタスでは生育しなかった。このことから、ニンジンやチンゲンサイには特異的な有機態窒素吸収能力の存在することが明らかになった。

アラスカのツンドラに生育するスゲは酸性で低温、かつ有機物に富んだ条件を好む特異的な植物である。ハウレンソウやチンゲンサイも比較的低温を好む秋冬野菜である。「冬ニンジンには堆肥が効く」と言われているが、低温時に施用された有機物は、その無機化が抑制され、その結果、タンパク様窒素が多く蓄積し、それをニンジンが積極的に吸収するものと思われる。地温が比較的高い場合、タンパク様窒素が蓄積しても、速やかに土壤微生物に分解され、タンパク様窒素の吸収が見かけ上、反映されにくいと考えられる。したがって、過去に行われた多くの有機物施用実験では、あい矛盾するデータが得られたに違いない。有機物に対する作物反応の解析は端緒にすぎたばかりである。

2001年1月