

土を鍛える！

「土壤肥料屋」後藤道場 農家のための「土壤病害対策講座」

2

■土壤のリン酸過剰が招く土壤病害

発病する土、しない土

植 物栽培の基盤は「土」だといわれませんが、最近の野菜工場などを見れば分かるように、土は決して植物の生育に必須な物質ではありません。しかし、「土の不思議な力」を上手に使用えば、合理的で環境にもやさしい野菜栽培を行うことができます。

この力には、水や空気や養分を蓄える力、有機物を肥料に変える力などのほか、病原菌の生育を抑える力（前号掲載 写真5・未耕地土壤）も備わっています。前二者の不思議は、これまでの土壤肥料学でそのメカニズムが十分に解き明かされています

が、三番目の不思議には未解明な部分が多く残されています。

以 前から、土壤病害にかかりにくい土壤のあることが知られています。そのような土壤を「発病抑止土壤」といいます。不思議なことに、発病抑止土壤の種類が土壤病害により違うのです。この点を確かめるために、日本で野菜が栽培されることが多い4種類の土壤を人工的に病原菌で汚染し、根こぶ病、ウリ科ホモブシス根腐病、レタス根腐病の発病試験を行いました。

その結果、写真1～4のように土壤間で発病に著しい違いがありました。根こぶ病（写真1・2）は黒ボ

東京農業大学 土壤学研究室

ごとう いつお
教授 後藤 逸男

土壤病害を抑えるには、「土壌の可給態リン酸と活性アルミニウムのバランスを適正に保つこと」が大切です。そしてリン酸過剰の土壌では、今こそ施用をやめべきなのです！



筆者略歴

東京農業大学教授（応用生物科学部）、農学博士。農家のための土と肥料の研究會「全国土の会」会長。農業生産現場に密着した実践的土壤学を目指す。著書に「根こぶ病」「施肥管理と病害発生」「土壤学概論」「土壌サイエンス入門」など。

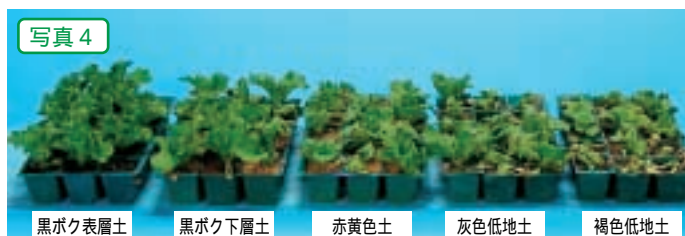


↑ 土壌の種類が根こぶ病の発病に及ぼす影響（地上部）。
〔休眠胞子汚染密度： $10^6/g$ 土壌のpH（ H_2O ）：6.0〕

→ 土壌の相違が根こぶ病の発病に及ぼす影響（根部）。
〔休眠胞子汚染密度： $10^6/g$ 土壌のpH（ H_2O ）：6.0〕



→ 土壌の相違がホモブシス根腐病の発病に及ぼす影響。



→ 土壌の相違がレタス根腐病の発病に及ぼす影響。

ク表層土で最も激しく発病しましたが、黒ボク下層土では全く根こぶがついていません。ウリ科ホモブシス根腐病（写真3）と、レタス根腐病（写真4）では、逆に黒ボク表層土で発病が抑えられました。この試験で低地土（沖積土・田んぼの土）は、どの病害にもかかりやすい土であることも分かりました。日本の土壌の中で、低地土は黒ボク土に比べて肥沃度が高いのですが、その反面、土壌病害には弱いのです。

発病抑止土壌の謎

土 壤病害にかかりにくい土の謎が解ければ、病害防除に大変役立つはずです。そこで、私たちは根こぶ病を手始めに、土壌肥料学の立場からその謎の解明にチャレンジしました。

根こぶ病とは、かびの仲間であるネコブカビ（*Plasmidiophora brassicae*）がアブラナ科野菜の根に感染してこぶをつくり、地上部への水分供給を妨げて枯死させる難防除土壌病害のひとつで、ブロッコリーや広島菜などの地場野菜産地に深刻な被害をもたらしています。この根こぶ病の感染源は、土壌中に生息する直径0・002mmほどの大きさで、か

たい鎧のようなキチン質の細胞壁に覆われた休眠孢子（写真5）です。これにアブラナ科野菜の根が近づくと、休眠孢子が発芽して根毛に感染します。

発病抑止土壌の謎についていろいろと研究を重ねた結果、第1図のようになっていることが分かりました。休眠孢子は、その表面に陰電荷を帯びています。一方、発病しにくい黒ボク下層土には、大量の陽電荷を持つ粘土鉱物（アロフェン）が含まれているので、休眠孢子を電氣的に吸着し、と

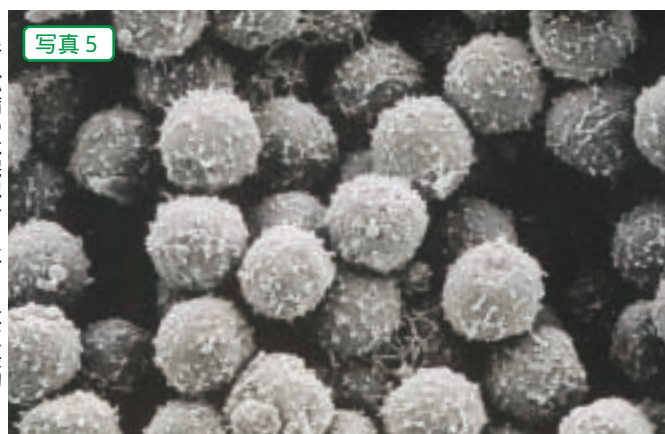


写真5

→根こぶ病の休眠孢子（大きさは直径約0・002mm）。

りこにしていまいます（第1図右）。

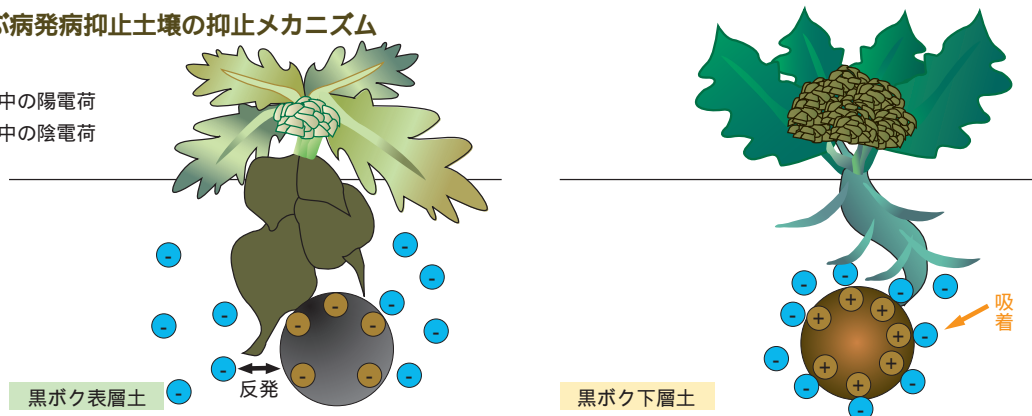
その結果、土壌中の休眠孢子の密度が見かけ上は減少し、発病が抑止されるのです。第1図左の黒ボク表層土中にもアロフェンは含まれていますが、腐植中には大量の陰電荷があるため、アロフェンの陽電荷を打ち消し、土壌全体としては陰電荷を帯びることになります。そのため、黒ボク表層土中では休眠孢子が土壌コロイドから電氣的反発を受け、土壌中を自由に動き回ることができ、そのような中にアブラナ科野菜の根が伸びてくれば、容易に感染してしまいます。

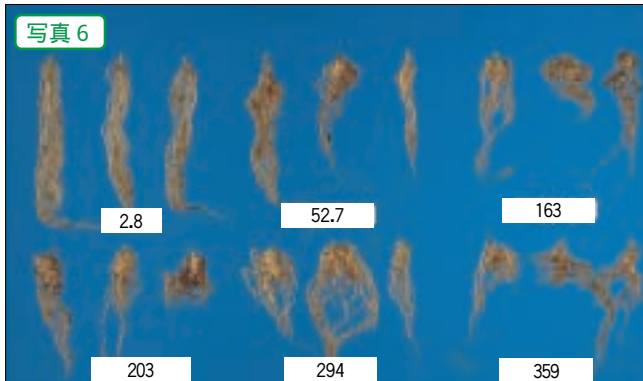
根

こぶ病とは全く反対に、ホモブシス根腐病は黒ボク表層土で発病が抑えられます。しかし、その抑止メカニズムについては全く不明で、現在研究を進めている段階です。前号で、茨城県のスイカハウスでホモブシス根腐病が多発していることを記しましたが、発病ハウスの土壌はほとんどが黒ボク表層土です。本来、ホモブシス根腐病を抑止するはずの黒ボク表層土ですが、同じ黒ボク表層土でもハウス土壌では発病抑止力を失っているのです。これは、大変ショッキングなことではないでしょうか。

第1図 根こぶ病発病抑止土壌の抑止メカニズム

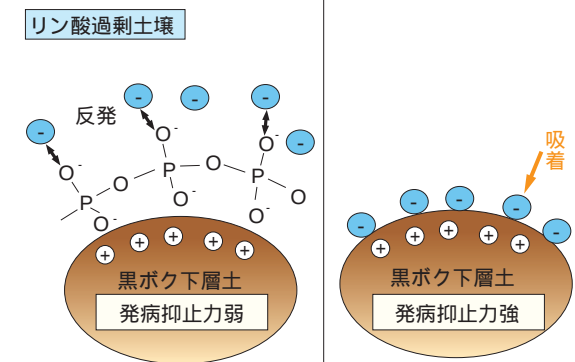
- 休眠孢子
- ⊕ 土壌コロイド中の陽電荷
- ⊖ 土壌コロイド中の陰電荷





↑ 土壌へのリン酸の添加が根こぶ病の発病に及ぼす影響。
 [土壌：黒ボク下層土 休眠胞子汚染密度： $10^6/g$]
 [数値：可給態リン酸 (mg/100 g)]

第2図 リン酸施用による黒ボク下層土の電荷の変化

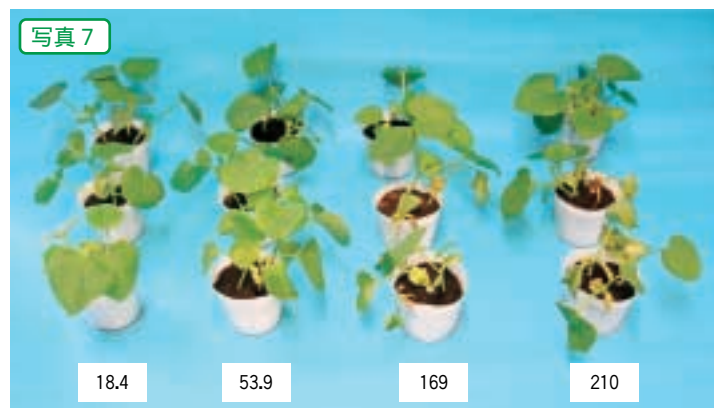


土壌のリン酸過剰は 土壌病害発病の助っ人

黒 ボク下層土では、前項のよう
なメカニズムで根こぶ病の発
病が抑えられます。このことを見出
したのと同時に、私は次のように推
測しました。「陽電荷を持つ黒ボク
下層土が休眠胞子を電氣的に捕捉し
て発病を抑止するのであれば、この
土壌にリン酸肥料が施用されると、
第2図のように陰イオンであるリン
酸イオンが土壌表面に吸収され、陽
電荷が減るはず」です。つまり、リ
ン酸の施用によって休眠胞子の吸着
力が減り、根こぶ病が出やすくなる
のではないかと考えたのです。

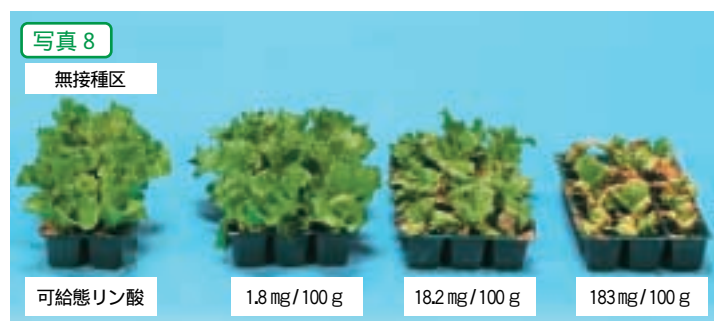
そこで早速、黒ボク下層土にリン
酸イオンを添加して人工的なリン酸
過剰土壌をつくり、チンゲンサイの
ポット栽培試験を行うことにしまし
た。その結果、写真6のように、リ
ン酸添加量が多くなるほど根こぶ病
が激しく発生しました。

私たちは、これまで全国各地の根
こぶ病発生地域で土壌診断調査を行
ってきた。その中で、特に可給
態リン酸が過剰になった畑ほど発病
しやすいような気がしてならなかつ
たのですが、そのことがこの実験で
裏付けられたのです。



↑ リン酸の施用がホモブシス根腐病の発病に及ぼす影響。
 [数値：可給態リン酸 (mg/100 g)]

「土壌のリン酸過剰が根こぶ病の
発病を助長する」、これだけで驚い
てはいけません。同様の現象は
根こぶ病だけでなく、写真7・8の
ようにホモブシス根腐病やレタス根
腐病にも当てはまることが分かりま
した。これらの実験では、両者の発
病抑止土壌である黒ボク表層土へ、
リン酸と病原菌を人工的に添加して
メロンとレタスを栽培しました。な
お、根こぶ病の実験でも同様ですが、
pH（ H_2O ）やリン酸以外の養分量は
合わせてあります。



↑ リン酸の施用がレタス根腐病の発病に及ぼす影響。

発病抑止のもと アルミニウム

土 壤中に含まれる粘土鉱物の主
成分は、陰電荷を持つケイ酸
と陽電荷を持つアルミナです。低地
土などに多い1・1型や2・1型鉱
物は、アルミナよりケイ酸を多く含
むため、全体として陰電荷を帯びて
います。一方、黒ボク下層土中に多
いアロフェンは、1・1型や2・1
型鉱物に比べて多量のアルミナを含
んでいるため、陽電荷を帯びていま

す。黒ボク下層土で根こぶ病が出にくい理由は、前述の通りですが、休眠胞子を捕捉する張本人は、アロフエン中で多量に含まれるアルミナです。アルミナの正式な化学名は酸化アルミニウムなので、発病抑止のもととはアルミニウムということになります。

アルミニウムは土壌の主成分で、通常10～20%（アルミナ・酸化アルミニウムとして）が含まれています。が、それらのすべてが土壌病害抑止にかかわっているわけではありません。大部分は、いわば土の骨格や壁をつくり上げているアルミニウムで、その一部が活性アルミニウムや交換性アルミニウムと呼ばれる形態で存在し、前者はリン酸固定、後者は土壌酸性に関与しています。

土 壤病害とアルミニウムとのかかわり合いは、すでに水野直治氏らがジャガイモそうか病に関する一連の先駆的な研究で明らかにしています。ジャガイモそうか病とは放線菌が関与する土壌病害で、ジャガイモの表面にあばたをつくり、商品価値をなくしてしまうもので、北海道や長崎県をはじめ、各地で大きな問題となっています。これは、根こぶ病など、かびの病害とは逆に、

土壌pHが高いほど発生が助長されます。水野氏らは詳細な現地調査の結果、土壌が酸性になると生成される交換性アルミニウムが、そうか病菌（*Streptomyces scabies*）の生育を抑えることを見出しました。

今や、「リン酸がアルミニウムを固定」している園芸の土

私 たちは、土壌中の活性アルミニウムに、ホモブシス根腐病やレタス根腐病の発病を抑える原因があると考えています。

活性アルミニウムを多く含む土壌にリン酸を施用すると、水にはほとんど溶けず、植物にも吸収されにくいリン酸アルミニウムという物質になるため、植物にとってはリン酸肥料が効かない、ということになります。このような現象を「アルミニウムによるリン酸の固定」といいます。その代表的な土壌が黒ボク土で、これまでその改良対策として熔成リン肥などのリン酸肥料が大量に施されてきました。

しかし、これは例えて言うなら餓死寸前の人が栄養を補えば見違えるように元気になります。が、いつまでも栄養をとりすぎると肥満や生活習慣

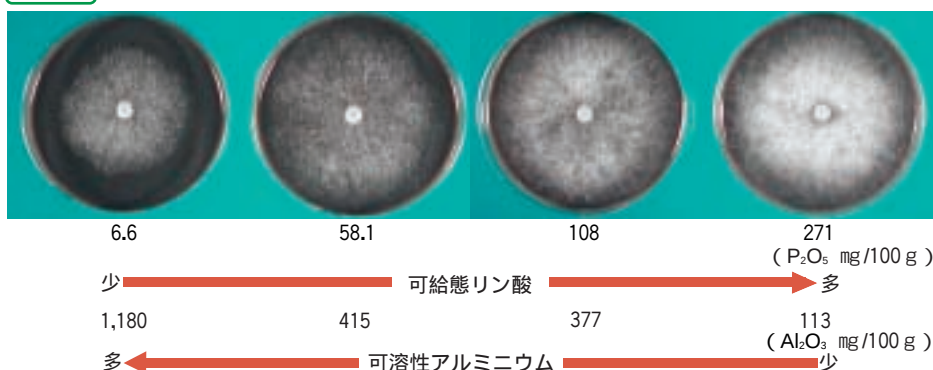
病の原因となるようなもので、実はそれと同じようなことが園芸の土で起こっているのです。長年にわたって野菜畑やハウス土壌にリン酸を施用し続けると、活性アルミニウムが減少してリン酸肥料の効きやすい肥沃な土になる反面、土壌病原菌の活動を抑える能力は低下してしまいます。

こ れを実証する実験をお見せしましょう。まず、栃木県鹿沼市の山林から採取した真つ黒な黒ボク表層土に、リン酸を段階的に添加した土壌をつくり、前号で紹介したようなホモブシス根腐病菌の菌糸伸張試験を行いました。その結果、土壌の可給態リン酸が増えるほど、菌糸の広がり、あるいは厚みが増していきました（写真9）。土壌中の可給態リン酸が増える一方で、活性アルミニウム量（可溶性アルミニウムとして測定した値）は減少の一途をたどります。このような状態では、もはや「アルミニウムがリン酸を固定する」とはいえません。今や、園芸の土では「リン酸がアルミニウムを固定する」という、極めて異常な現象が起こっています（次頁第3図）。そのような地域でさまざまな土壌病害が多発しているのです。

memo

- 1 (P56)コロイド...物質が微粒(0.1～0.001マイクロメートル程度)となって、液体・固体・気体の中に分散している状態。
- 2 (P57)可給態リン酸...カルシウムと結合し、植物に利用されやすいリン酸。
- 3 (P58)熔成リン肥...アルカリ分が多く、酸性になった土壌をアルカリ性に矯正する。黒ボク土は酸性なので、その矯正のために大量に施されてきた。

写真9

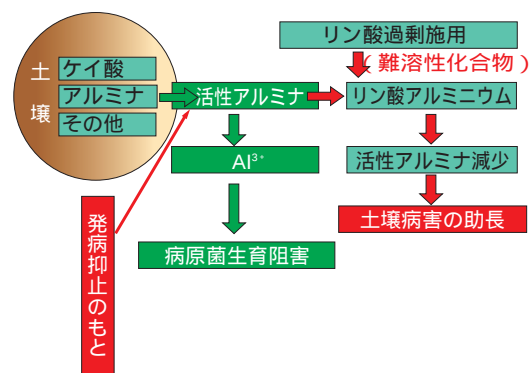


↑ 黒ボク表層土へのリン酸添加がホモブシス根腐病菌の菌糸伸張に及ぼす影響。

土 産者は、どのような対策を講じているのでしょうか？ 多くの人が「土壌病害の原因は地力が下がったからだ」と、これまでより一層、土づくりに励んでいるのではありませんか？ 具体的には、リン酸資材や堆肥をたくさん施用していませんか？ もちろん、土壌診断を行い、可給態リン酸が欠乏（100g当たり10～20mg以下）していれば、リン酸資材を大いに施用すべきですが、少なくとも約10年以上野菜を作り続けている畑やハウスの土壌では、大

「誤った土づくり」により蓄積するリン酸

第3図 リン酸によるアルミニウムの固定



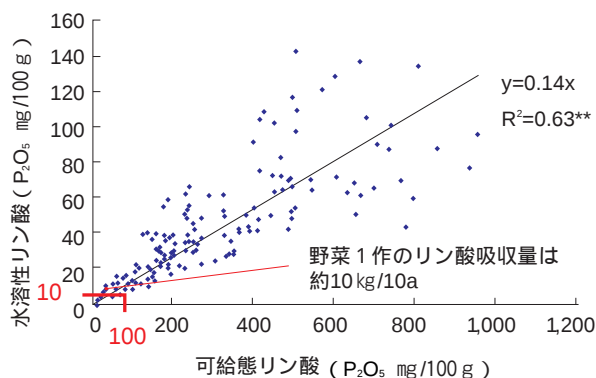
土 壤診断の結果、可給態リン酸が過剰であることが分かって

リン酸を減らせば、農家にも、土にも、環境にもやさしい

半がリン酸過剰であり、可給態リン酸が黒ボク土では100g当たり50mg程度以上、それ以外の土壌では同100mg程度以上となっています。そのような土壌に、もはやリン酸肥料の施用は必要ありません。これまでも入れ続けてきたリン酸をやめることは、農家にとって大変な勇気が必要ですが、しかし今こそ、その決断をすべきです。

堆肥といえば、今ではその多くが家畜ふん堆肥です。畜種により異なりますが、家畜ふん堆肥中には必ず窒素・リン酸・カリおよび、その他の養分が含まれています。そのような堆肥を多量に施用すれば、土壌中で移動しにくいリン酸がますます蓄積してしまいます。それに、野菜によるリン酸の吸収量は窒素やカリに比べて少なく、せいぜい10a当たり5～10kgにすぎません。野菜が吸収する以上のリン酸を施用し続けられ、土壌中にそれが蓄積するのは当たり前です。

第4図 土壌の可給態リン酸と水溶性リン酸の関係



も、「水に溶けてすぐに効くリン酸が必要」と、かたくなに水溶性リン酸肥料を施用する農家が少なくありません。しかし、それは間違いです。土壌の可給態リン酸と同時に水溶性リン酸を測定すると、第4図のように可給態リン酸のおよそ10%が水溶性リン酸です。例えば、可給態リン酸が100g当たり100mgあれば、同10mg内外の水溶性リン酸が必ず存在します。つまり、作土15cmに水溶性リン酸が100g当たり10mgあると、根から吸収されやすいリン酸が10a当たりおよそ15kg存在する計算になります。これだけの水溶性

野 菜畑やハウス土壌の中には、あるいは水田から転作したような場合は、土壌中のリン酸が欠乏していることも少なくありません。土壌診断でそのような結果が出た時は、中途半端ではなく思い切ったリン酸の多量施用をおすすめします。そのリン酸資材としては、豚ふん・鶏ふん堆肥や汚泥堆肥などのような、リン酸を多く含む有機質リサイクル資源の活用が合理的です。ただし、その際は堆肥などの過剰施用による地下水の硝酸汚染に、くれぐれも注意しなければなりません。

リン酸があれば、もはやリン酸を施用するには及ばないことが理解できるはずですが。

むだなリン酸肥料を減らせば、次のような効果があります。

肥料代が大幅に削減できます。

土壌病害抵抗性を強められます。

地球の貴重な天然資源である、リン鉱石を節約できます。

施肥リン酸の流出などが要因である、河川・湖沼・海洋の富栄養化を抑制できます。