

土を鍛える！

「土壌肥料屋」後藤道場 農家のための「土壌病害対策講座」

3

東京農業大学 土壌学研究室

教授 後藤 逸男

土づくりを考えるうえでは外せない石灰資材ですが、適した量と種類を考慮して投入しなければ所期の目的は達成できません。今回は、なぜ酸性土壌ができるのか、そして土壌の酸性を矯正するための石灰資材の施用などについてお話ししたいと思います。



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会「全国土の会」会長。農業生産現場に密着した実践的土壌学を目指す。著書に「根こぶ病」「施肥管理と病害発生」「土壌学概論」「土壌サイエンス入門」など。

■土壌酸性が招く土壌病害

酸性改良は土づくりの基本

野菜のための土づくりといえば、「堆肥」「リン酸」「石灰資材」を思い浮かべる人が多いのではないだろうか。これら3種の土づくり資材のうち、堆肥とリン酸を施用しすぎることに對する問題点と課題については、第1回と2回で解説したので、今回は石灰資材の施用について考えましよう。

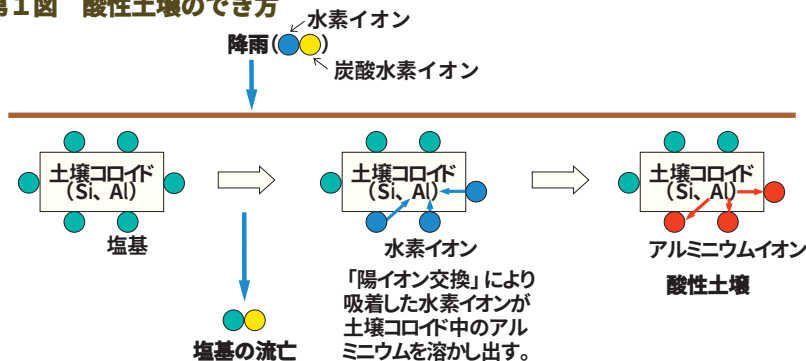
石灰資材とは、土壌の酸性を改良するための資材です。ところで、日本の土壌が酸性であることはよく知られていますが、その原因をご存じですか？ 犯人は「雨」です。地上から蒸発した水蒸気が凝集

した雨には大気中の二酸化炭素が少量溶け込むので、ごく薄い炭酸水になっています。そのため、大気汚染が全くない場合でも雨のpHは5・5内外の値です。この雨が土壌の中に侵入してくると、第1図のように雨の中の水素イオンと土壌コロイドに吸着されている塩基が入れ替わり、土壌コロイドから塩基が外れます。この現象を「陽イオン交換」といい、離脱した塩基は炭酸水素イオンと結びついて地下に流亡してしまいます。一方、土壌コロイドに吸着した水素イオンは、土壌の骨格成分である粘土鉱物からアルミニウムを溶かし出して、土壌コロイドには酸性を示す

交換性アルミニウムイオンが吸着します。雨量が多い日本では、長年にわたってこのような塩基の流亡が起こり、酸性土壌ができ上がってきました。そのため日本の土壌はほとんどが酸性で、その度合いを示すpH(H⁺O)は5〜6の値です。このような日本本来の酸性土壌に適した作物といえればせいぜい水稲と茶樹くらいで、一般に野菜の生育には不向きです。そこで、野菜を栽培するには肥料とともに石灰資材を施用することが欠かせなくなってしまったわけです。つての開拓地で現在は高原野菜の大産地となっている長野

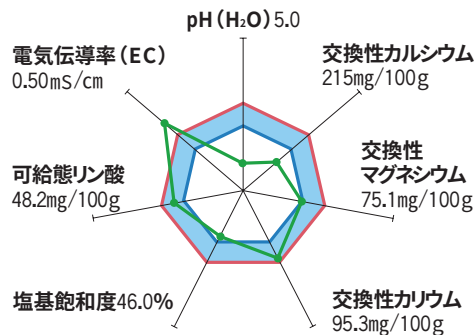
か 雨量が多い日本では、長年にわたってこのような塩基の流亡が起こり、酸性土壌ができ上がってきました。そのため日本の土壌はほとんどが酸性で、その度合いを示すpH(H⁺O)は5〜6の値です。このような日本本来の酸性土壌に適した作物といえればせいぜい水稲と茶樹くらいで、一般に野菜の生育には不向きです。そこで、野菜を栽培するには肥料とともに石灰資材を施用することが欠かせなくなってしまったわけです。つての開拓地で現在は高原野菜の大産地となっている長野

第1図 酸性土壌のでき方

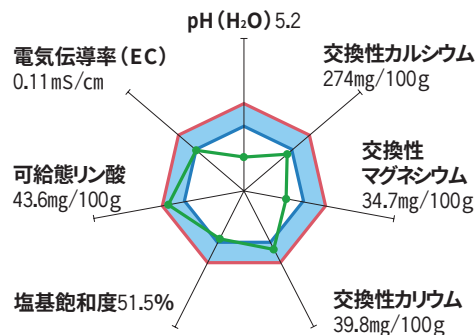


(※図中に出てくる元素記号は、Si=ケイ素、Al=アルミニウムを示します。)

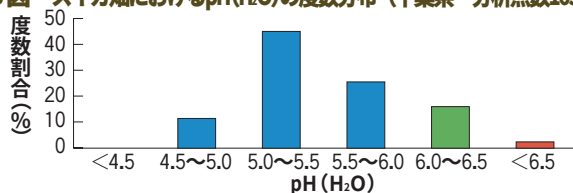
第2図 急性萎凋症が発生した千葉県内のスイカ畑の土壌診断図



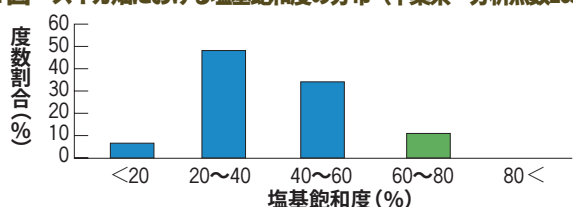
第5図 急性萎凋症が発生した長野県内のスイカ畑の土壌診断図



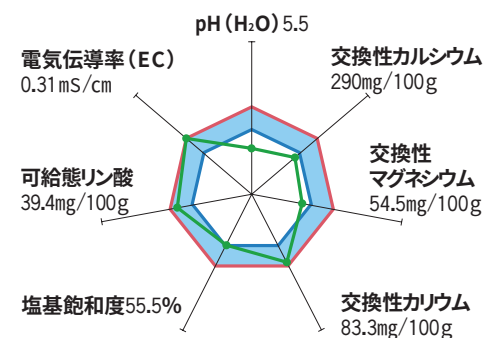
第3図 スイカ畑におけるpH(H₂O)の度数分布 (千葉県 分析点数169)



第4図 スイカ畑における塩基飽和度の分布 (千葉県 分析点数169)



第6図 急性萎凋症が発生した鳥取県内のスイカ畑の土壌診断図



—:測定値 —:下限値(内枠) —:上限値(外枠) ■:適正範囲

県南佐久郡一帯では、昭和30年代にハクサイ根こぶ病による大きな被害を受けました。そのため、徹底的な土壌の酸性改良が行われ、現在でもpH (H₂O) 7以上の畑が多く見られます。また、全国各地のホウレンソウの産地などでは土壌のpH (H₂O) が十分に高まっているにもかかわらず、これまでのくせで石灰資材を施用しないと気が済まない生産者が多いようです。

最近のスイカ畑では酸性化が目立つ

徹底的な土壌の酸性改良が行われ、pH (H₂O) が十分に高まっている地域がある一方で、驚くほど土壌の酸性が強まっている野菜畑やハウスが最近目立つようになっています。

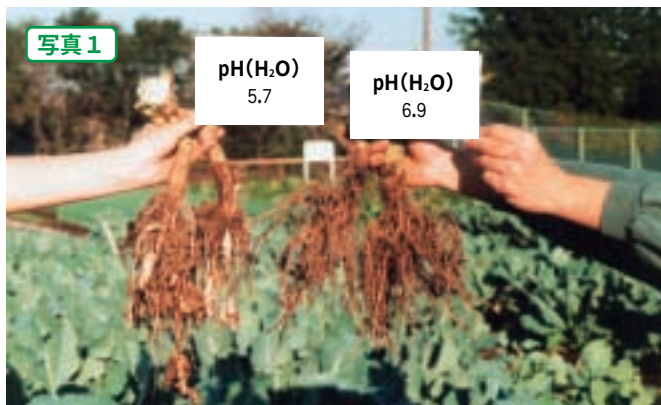
第1〜2回で触れたように、各地のスイカ畑では、ホモブシス根腐病などの急性萎凋症が多発しています。そこで、数年前からスイカ畑の土壌診断調査を行ってきました。急性萎凋症で全滅した千葉県内のスイカ畑の土壌診断リーダーチャートが第2図になります。調査時期は6月でスイカ栽培のビニールトンネルとマルチを剥がして土壌を採取すると、

pH (H₂O) は5・0で、交換性カルシウムとマグネシウムが欠乏していました。その反面、交換性カリウムは十分に含まれているので、塩基バランスが非常に悪くなっています。ほかにもpH (H₂O) が5を下回るようなスイカ畑がありました。

そこで、12月に地元の県職員とJA職員の協力を得て、169カ所のスイカ畑から作土を集めて土壌診断分析を行いました。その結果、作土のpH (H₂O) は第3図のような分布となり、その平均は5・6、千葉県の土壌診断基準の下限値である6・0未満の畑が全体の76%にも及びました。また第4図のように、塩基飽和度についても60%未満の土壌が89%に及び結果となりました。

ほかのスイカ産地ではどうなのでしょうか？ スイカの大産地である北海道・山形県・長野県・鳥取県などでも同じような土壌の酸性化が見つかりました。長野県(第5図)と鳥取県(第6図)の事例を見てみましょう。どちらもpH (H₂O) が5・5以下と低く、交換性カルシウムとマグネシウムが欠乏していました。

ただし、いずれのスイカ産地の事例でも可給態リン酸は100g当た



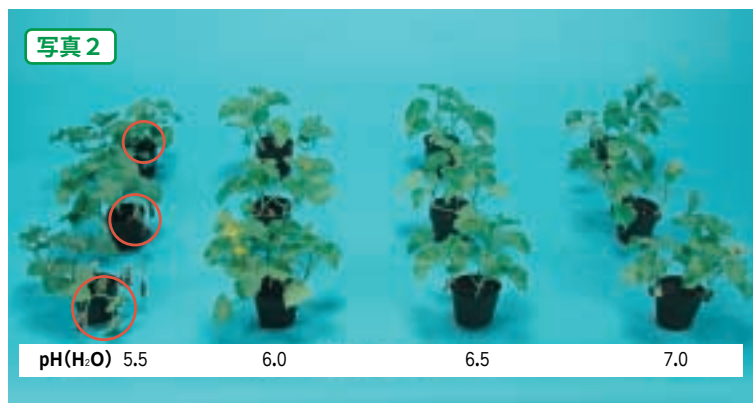
↑土壌 pH (H₂O) の違いで、カリフラワー根こぶ病の発病程度も異なる。

り40〜50%なので、茨城県の小玉スイカハウスのようなリン酸過剰土壌（第1回58頁第3図）ではなく、ちように理想的な状態といえます。土壌病害が多発する最大の原因は「連作」ですが、前回お話ししたように土壌リン酸の過剰が土壌病害発病の助っ人になります。しかし、今回の場合、土壌中のリン酸が過剰でもないのに、なぜ急性萎凋症が発病したのでしょうか？ リン酸過剰のほかにも病害を発病させる助っ人がいるようです。

土壌酸性も土壌病害の助っ人

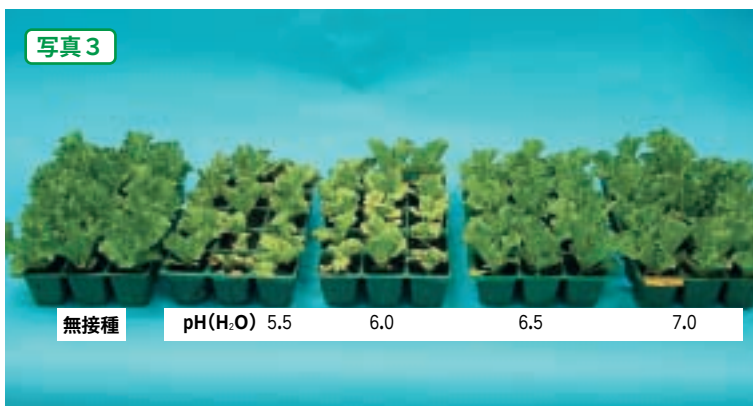
ア プラナ科野菜の根こぶ病については、土壌酸性が強いほど発病しやすいことがよく知られています（写真1）。急性萎凋症も根こぶ病菌と同じ糸状菌（かび）の仲間が原因の土壌病害なので、ホモプシス根腐病菌を使って土壌酸性と発病の関係を調べてみました。

栃木県鹿沼市の山林から採取した酸性の強い黒ボク表層土に苦土石灰（苦土カル）を混和して、pH（H₂O）5・5〜7・0の土壌をつくり、ホモプシス根腐病菌を人工的に添加し、それらの土壌をポットに詰めてメロンを45日間栽培しました。その結果写真2のようにpH（H₂O）が6・0以上の土壌では全く発病しませんでした。また、これらと同じpH（H₂O）5・5〜7・0の土壌にレタス根腐病菌の病原菌であるフザリウムを添加してレタスの栽培試験を行いました。写真3のようにpH（H₂O）6・0以下で激しく発病しました。なお、黒ボク表層土はホモプシス根腐病やレタス根腐病の発病抑止土壌なので、低地土などほかの種類の土壌であれ



↑土壌 pH (H₂O) が低いほど、ホモプシス根腐病が発病しやすい（土壌は黒ボク土）。

コ のように、ホモプシス根腐病やレタス根腐病は土壌が酸性になるほど発病しやすくなること確認されました。すなわち、土壌の酸性化も土壌病害発病の助っ人になるのです。ただし、一般に糸状菌（かび）が病原菌となる土壌病害では酸性土壌



↑土壌 pH (H₂O) が低いほど、レタス根腐病が発病しやすい（土壌は黒ボク土）。

石灰資材を施用しているのに、なぜ？

第2・第5・第6図のスイカ畑の施肥設計を調べたところ、いずれも苦土石灰などの石灰資材を10a当たり80〜100kg施用してい

ました。石灰資材を施しているにもかかわらず、どうして土壌が酸性になつてしまうのでしょうか？

その謎を千葉県のスイカ畑で調べました。この地域では2月ごろに定植、5～6月にスイカを収穫した後7月からニンジン栽培します。スイカ栽培中はビニルトンネルとマルチで畑の大半が覆われているので、雨水が入らないマルチ下の土壌には硝酸態窒素が貯まりやすくなります。第2図（63頁）のスイカ畑では100g当たり21mgの硝酸態窒素が残留していました。この硝酸態窒素は硝酸イオンという陰イオンなので、土壌に吸着されにくく、スイカ栽培後にマルチを剥ぐと雨水に溶けて下層に流れていきます。この際、陰イオンだけでは土壌中を移動できないので、陽イオンと一緒に下層へ「駆け落ち」します。その駆け落ちの相手が、土壌中のカルシウムやマグネシウムイオンなのです。

その後、7月にはニンジンのため

カ畑に比べて2作の作付けをする千葉県の方が酸性が強いことも、これで納得できそうです。

このようなメカニズムで作土中の塩基が地下に流亡するので、土壌が徐々に酸性になってしまいます。そこで、これらカルシウムやマグネシウムを石灰資材で補うわけですが、流亡するに見合う資材量を施用しないと酸性は改良されません。酸性が強いスイカ畑では石灰資材の施用量が少なすぎる、あるいは使う資材の種類にも問題があるようです。

石灰資材の種類にも注意が必要

これまで畑の酸性を改良する資材としては「粉状苦土石灰」が最も一般的でしたが、最近では「粒状苦土石灰」を使う人が増えていきます。確かに後者は散布する時に舞い上がらないので重宝しがちですが、土壌に混和しても崩壊しにくいいため、酸性改良効果が劣ります。また、最近の有機ブームの影響から「有機石灰」とも呼ばれるカキ殻や貝化石を粉砕した資材に人気が高まっています。カキ殻は食品廃棄物なのでリサイクルすべき資材ですが、やはり酸性改良効果が粉状苦土石灰より劣り

ます。さらに、苦土石灰よりマグネシウム含有量が低いこと、価格が苦土石灰よりかなり高いことが欠点です。

「土壌改良資材は価格の安いものを使う」というのが、土壌改良資材の研究を長年続けている私の格言です。したがって、カキの産地に近くてカキ殻が安く入手できる地域ではカキ殻を使うことが合理的です。ただし、粉状苦土石灰と同等の酸性改良効果を得るためには、およそ倍量の施用が必要です。

なお、酸性改良効果が苦土石灰より高く、施用量が少量でよいとの理由で「生石灰」や「消石灰」を使う人もいますが、これらの資材は水溶性石灰資材のため流亡しやすく、酸性改良の持続力がありません。くれぐれも「安物買いの銭失い」にならないよう、注意してください。

私が一推しでおすすめる、とおきおきの土壌酸性改良資材がありますが、それについての話は次回以降にしましょう。

塩基が多い土壌でも硝酸過剰で酸性化

フザリウムといえは多くの野菜に萎凋病、萎黄病や根腐病な

どをもたらす土壌病原菌です。写真3（64頁）のように、フザリウムによる土壌病害も土壌の酸性が強いほど発病しやすいことが知られています。しかし、レタス根腐病に悩まされている長野県のレタス産地では、石灰資材の施用が徹底していて、多くの畑でpH（ H_2O ）は7程度まで高まっているものの、発病しています。この地域では土壌リン酸の蓄積が進んでいるため、それが発病要因のひとつとなっていますが、それだけではありませんでした。畑全面をビニールマルチで覆ってレタスを栽培している畝の中では、思わぬ土壌酸性化が起こっていたのです。

タス畑では元肥を施した後、畝立てと同時に畑全面にビニールマルチを張ります。化学肥料、有機質肥料の別にかかわらず、畝の中の窒素肥料は微生物の働きでアンモニアを経て硝酸態窒素に変化します。マルチなしの露地栽培ではこの硝酸態窒素が地下に流亡して土壌を徐々に酸性化させますが、マルチに覆われている畝の中では流亡が起こらないので「硝酸」として存在し、急激に土壌を酸性化させます。そしてレタス収穫後にマルチを剥ぐと硝酸がカルシウムと結びついて地下に

「駆け落ち」するので、 $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ がほぼ元に戻ります。

実際のレタス畑で施肥から収穫後までの土壌 $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ と硝酸態窒素量を測定しました。すると、第7図のように施肥前の畑の $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ は7.0でしたが、マルチを張った後に硝酸態窒素が増加し、 $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ が一挙に6.5まで下がってしまいました。その後、8月にレタスを収穫してマルチを剥ぐと作土中の硝酸態窒素が減少し、 $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ は短時間で7.0まで戻りました。

普段は施肥前あるいは野菜収穫後に土壌診断調査を行うことが多いと思いますが、その時期の土壌 $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ が高くて安心してはいけません。施肥・マルチ後の苗定植時期には下がっていて、フザリウムの攻撃を受ける可能性があるからです。なお、前記のスイカ畑の作土でも同様に現象が起こっていましたが、施肥前の土壌 $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ が低いので、レタス畑のような急激な pH 変化はなかったと思われる。

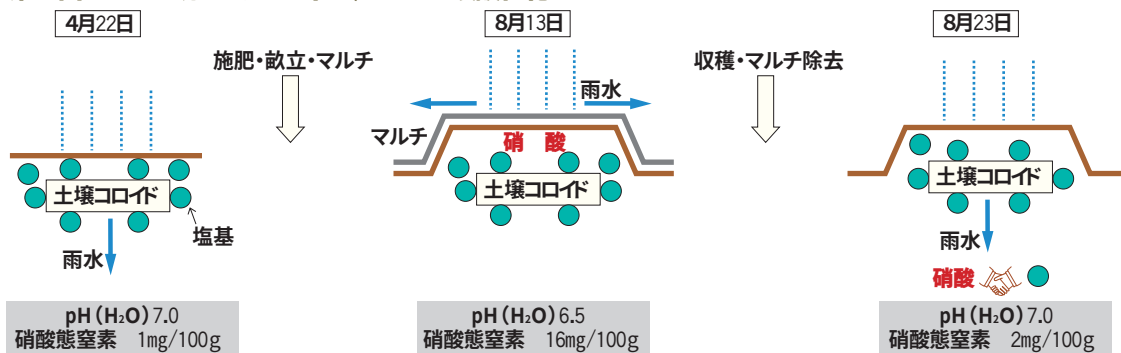
一 一般的な野菜作付け期間内に起こる土壌酸性化は、ハウス内でも見られます。第8図は静岡県のセルリー・萎黄病発生ハウスの土壌診断図です。セルリー・萎黄病もフザ

リウムによる土壌病害です。交換性カルシウム・マグネシウムが著しく過剰で塩基飽和度が130%ほどに達するにもかかわらず、 $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ が5.6と強い酸性を示しています。その反面、電気伝導率(EC)が高く、多量の硝酸態窒素が含まれていました。この硝酸が土壌酸性化の張本人です。おまけに可給態リン酸が大幅に過剰な状態なので、フザリウムにとっては絶好の土壌環境となっています。

このような事例の場合には、酸性が強いからといって石灰資材を施用してはいけません。さらに塩基過剰を招いてしまうからです。また、この地域ではセルリー収穫後にハウスのビニールを剥がしてありますが、ハウス内に雨が入ると貯まっていた硝酸態窒素が下層に流亡するので、 $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ が急激に上昇します。ですから、その後に土壌診断を行ってもセルリー作付け期間中に起こっている酸性化を見逃してしまうかもしれません。

硝酸の蓄積が原因となる土壌酸性化は、窒素肥料の施用量が多いほど助長されることから、「窒素過剰も土壌病害の助っ人」ということになります。

第7図 レタス畑のマルチ下で起こる土壌酸性化



野菜を作らなければ、塩基流亡により、 $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ が徐々に下がる。

肥料中の窒素が微生物の働きで硝酸に変化すると、 $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ が急激に下がる。

マルチ除去後には硝酸とカルシウムが「駆け落ち」するので、 $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ が施肥前の値近くまで急激に戻る。その後、作土中のカルシウムが徐々に流亡するので、石灰資材を施用しないと $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ が下降していく。

memo

※1 (P62)石灰…カルシウムと同意語、マグネシウムは苦土とも呼ばれる。
※2 (P62)塩基…水に溶けてアルカリ性を示すイオン。具体的にはカルシウム・マグネシウム・カリウムイオン。土壌コロイドに吸着している塩基を交換性塩基という。

第8図 セルリー萎黄病が発生した静岡県内のセルリーハウスの土壌診断図

