

10 コマツナの生理障害

—りん酸—

藤田 卓¹

キーワード 欠乏症状, 過剰症状, 下葉の赤紫色化, 下葉の脱色及び壊死

1. はじめに

肥料中の有害成分による植物の異常症状の有無を判定する手段として、植物に対する害に関する栽培試験(以下、「植害試験」という)の方法が農林水産省農蚕園芸局長通知¹⁾により定められている。普通肥料の公定規格²⁾では、副産肥料や汚泥肥料等で植害試験の結果、植物に害の認められないことが求められている。植害試験では、原則として供試作物にコマツナを用い、その生育状況から肥料中の植物に有害な成分の有無を判定する。しかし、試験中に発生する異常症状には、有害成分の他にも、病虫害、必須成分の欠乏又は過剰、多量施肥等様々な要因がある。発生した症状が、有害成分によるものか、他の要因によるものかを判別することは難しい。また、窒素、りん酸等植物の必須成分の欠乏又は過剰に起因する症状を生理障害というが、コマツナを対象として生理障害の詳細を記した文献は少ない。

そこで、独立行政法人農林水産消費安全技術センター(FAMIC)では、植害試験中に発生する症状を的確に判定することを目的として、意図的にコマツナの生理障害を発生させて、その症状を観察・記録した資料の作成を行っている。加えて、今後 FAMIC で作成を予定している植害試験法の詳細な手順及び解説書の基礎データ蓄積も目的としている。今回はりん酸を対象として試験を実施したので、その結果を報告する。

2. 材料及び方法

本試験は欠乏症状及び過剰症状確認試験の2試験からなる。両試験とも、りん酸源以外の肥料には硫酸アンモニア及び塩化加里を用い、Nまたは K_2O として1ポット当たり各100mgとなるよう施用した。1/10000 aノイバウエルポットに、施肥後の供試土壌をポット底から約5cmまで充填し、供試作物のコマツナ(品種名:夏楽天)を20粒播種した。栽培条件は、人工気象装置(小糸工業 コイトロン KG50-HLA型)内で光量子束密度約 $485 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 、照明時間12時間、気温昼間25℃、夜間20℃、湿度70%の一定とした。灌水は最大容水量の60%を目安に管理し、ローラーポンプ式自動給水装置(古江サイエンス製 RP-MRFS)を併用した。栽培条件を均一にするため、人工気象装置内でのポットの配置は休日を除く毎日、無作為に換えた。

試験に用いた供試土壌の理化学性を表1に示した。なお、本文中の可給態りん酸は全てトルオーグ法によるりん酸とする。欠乏症状確認試験では、供試土壌として黒ボク土を用い、供試肥料として過りん酸石灰を P_2O_5 として1ポット当たり0mg、10mg、25mg、50mg、100mg及び200mg添加した計6区、各2連の試験区を設け、24日間栽培した。また、別に0mg及び10mgの回復試験区を設け、欠乏症と考えられる症状を発生した場合、0.3%りん酸1カリウム溶液を1日1回適量葉面散布した。過剰症状確認試験では、褐色低地土を用い、供試肥料としてりん酸二水素カルシウムを P_2O_5 として1ポット当たり100mg、300mg、500mg、700mg、900mg、1100

¹ 独立行政法人農林水産消費安全技術センター神戸センター

mg, 1300 mg 及び 1500 mg 添加した計 8 区, 各 2 連の試験区を設け, 21 日間栽培した. 調査項目は, 通常の植害試験と同様, 発芽率, 異常症状の確認, 葉長, 収穫物の葉体重量(生体重, 乾物重)の他, 葉体のりん及びカリウム含有率(乾物当たり)とした.

表1 供試土壌の理化学性

土壌の種類	黒ボク土	褐色低地土
土性	L(壤土)	LS(壤質砂土)
水分(%)	26.92	1.06
最大容水量(mL/100g 乾土)	108	43
pH(土:H ₂ O=1:5)	5.82	6.98
電気伝導度(mS/m)	5.8	2.4
可給態りん酸(mg/100g 乾土)	2.7	121
りん酸吸収係数	2290	320

3. 結果及び考察

1) りん酸の生理作用

りん酸は H_2PO_4^- または HPO_4^{2-} の形態で根から吸収される³⁾. 作物体内では, りん酸の形のまま無機態, 有機態として存在しているが, 大部分は後者であり, 細胞分裂や遺伝現象に関与する核酸や核タンパク質, 原形質膜の構成成分で物質透過に関与するりん脂質, 炭酸同化や解糖系に関与するATP, NADP 等の糖りん酸エステルとして重要である. また種子中ではフィチンとして貯蔵され, 発芽に際してはフィターゼの作用により分解されて, 無機りんとして利用される⁴⁾.

りん酸は窒素やカリウム等と同様に作物体内を移動しやすく, 根や葉の先端など生長の盛んな組織に集積し, 細胞の増加に利用される. 特に細胞が著しく増加する生育初期に重要である⁵⁾.

りん酸が欠乏した場合によく見られる症状として, 葉が赤紫色を呈することがある⁴⁾. しかし, 亜鉛欠乏⁶⁾等他の原因によっても同様の症状を示すため, はっきり見出すことは難しい⁷⁾. また, 相当な欠乏でない限り, 外見的に症状は現れにくく, 体内で潜在的に欠乏が起きている場合が多い⁵⁾. 従って, 正確な診断には, 肉眼による観察の他, 欠乏症が疑われた場合, りん酸の追肥による作物の反応, 作物体や土壌のりん酸測定が必要と考えられる⁴⁾.

2) 生理障害の症状

(1) 欠乏症状

りん酸は, 土壌に施用された場合, 多くはカルシウム, アルミニウム, 鉄と結合した形態で固定され, ほとんど移動しない. カルシウムと結合したりん酸は植物に吸収されやすいが, アルミニウムや鉄に結合したりん酸は非常に溶けにくい. 黒ボク土などの火山灰土壌にはアルミニウムや鉄が多く含まれているので, 施用したりん酸の多くはこれらと結合して植物に利用されない⁸⁾. このことを考慮して, 農蚕園芸局長通知¹⁾では, りん酸吸収係数の高い土壌を使用する場合, りん酸不足のおそれがあるので, 施用量を所定の 1~2 倍まで増やすよう定めている. また, 土壌中に可溶性りん酸として存在していても, 低温であると作物に吸収されないことがある. これは, 根からのりん酸の吸収にはエネルギーが必要なため, 低温では根の活性が低いことによる⁹⁾.

本試験では, りん酸の施用量が減少するに従って, 葉体の生育不良や収量の低下が認められ, 0 mg, 10mg 区の乾物重は他の多くの施用区と比較して有意に低かった(写真 1, 図 1). これは, りん酸が

核酸やりん脂質などの構成成分として細胞を形成していること及び糖りん酸エステル構成物質として炭酸同化などのエネルギー代謝に関与していることに起因する。0.3 %りん酸 1 カリウム溶液の葉面散布による回復試験では、散布 2 日目頃から生育状況が改善し始め、試験終了時まで明らかな効果がみられた(写真 2)。りん酸欠乏が疑われる生育不良の確認方法として、葉面散布の有効性が実証できた。りん酸は細胞の増加が著しい生育初期に多く吸収されることから⁵⁾、葉面散布の実施時期が早いほど効果が大きいと考えられた。窒素が欠乏すると、生育は停止し、葉緑素の生産が減少するため、葉は淡緑色となり、さらに著しいときは黄化する⁴⁾。この症状は下葉から現れるが、特に子葉の変化が明瞭である¹⁰⁾。これに対して、りん酸欠乏による生育不良では、窒素が欠乏せず余剰している場合、子葉の葉色は緑色から変化しなかった(写真 3)。同じ生育不良であっても、子葉の葉色が異なるのは両者の明確な差異と言える。

葉体の生育と同様にりん酸の施用量が少ないと、根が発育せず、0 mg 区では根毛の発達がほとんど見られなかった(写真 4)。硝酸態窒素は土壌中では水と共に移動するが、前述したようにりん酸は土壌に固定されるためほとんど移動しない⁸⁾。従って、根毛が発達せず根圏が小さいと、土壌中で根とりん酸とが接する量も減るため、りん酸不足を招くだけでなく⁹⁾、窒素やカリウムなどの吸収も悪くなり、他の要素も欠乏しやすくなる⁵⁾。0.3 %りん酸 1 カリウム溶液の葉面散布によって、根張りの状態も回復した(写真 5)。葉面から吸収されたりん酸は葉体だけでなく根にも移動して、組織の発達に利用されたことが伺われた。

0 mg、10 mg 区では葉が暗緑色を呈し、25 mg、50 mg 区では葉裏の葉脈を中心として赤紫色に変色した(写真 6、7)。また、100mg、200 mg 区でも程度や頻度は低くなるものの赤紫色に変色する葉が確認された(写真 8)。りん酸は、新しく生長する組織へ移行するため、古い組織から欠乏症が発生する。従って、欠乏症状は通常下葉から現れるが、欠乏の著しいときには上葉にもおよびることがある⁴⁾(写真 9)。葉が暗緑色からさらには赤紫色に変色したのは、作物体内のりん酸が欠乏したため、炭水化物がエネルギー源として利用されなくなり、糖分とアントシアニンとが結合してアントシアニンを生成したことが原因である⁴⁾。低施用量区の 0 mg、10 mg 区で赤紫色までの変色が見られなかったのは、生育不良で葉齢を経るのが遅れたことと炭酸同化によって糖分が十分生成しなかったことによると考えられた。野菜では、黒ボク土の可給態りん酸の適正範囲は 20 mg~100 mg/100 g 乾土程度と考えられている⁸⁾。200 mg 区の可給態りん酸は 19 mg/100 g 乾土で、適正範囲の下限とほぼ同じであった。無機質肥料の植害試験で、りん酸吸収係数の高い土壌を使用する場合、りん酸が不足しないように P₂O₅として 100 mg~200 mg を基準量として施用するよう定めているが、それでもなお欠乏症状が発生する場合のあることが示唆された。トマトのりん酸欠乏では特に葉裏の葉脈に強く暗紫~紫紅色が現れる⁶⁾が、通常の植害試験では栽培期間中に葉裏まで観察することは少ない。本試験の前に供試作物としてコマツナ(品種名:極楽天)を用いて予備試験を実施したところ、葉表の周辺部に赤紫色への変色が見られた(写真 10)。作物や品種等によって変色の様相に差異があるので、見落とすことがないように留意すべきと考えられた。

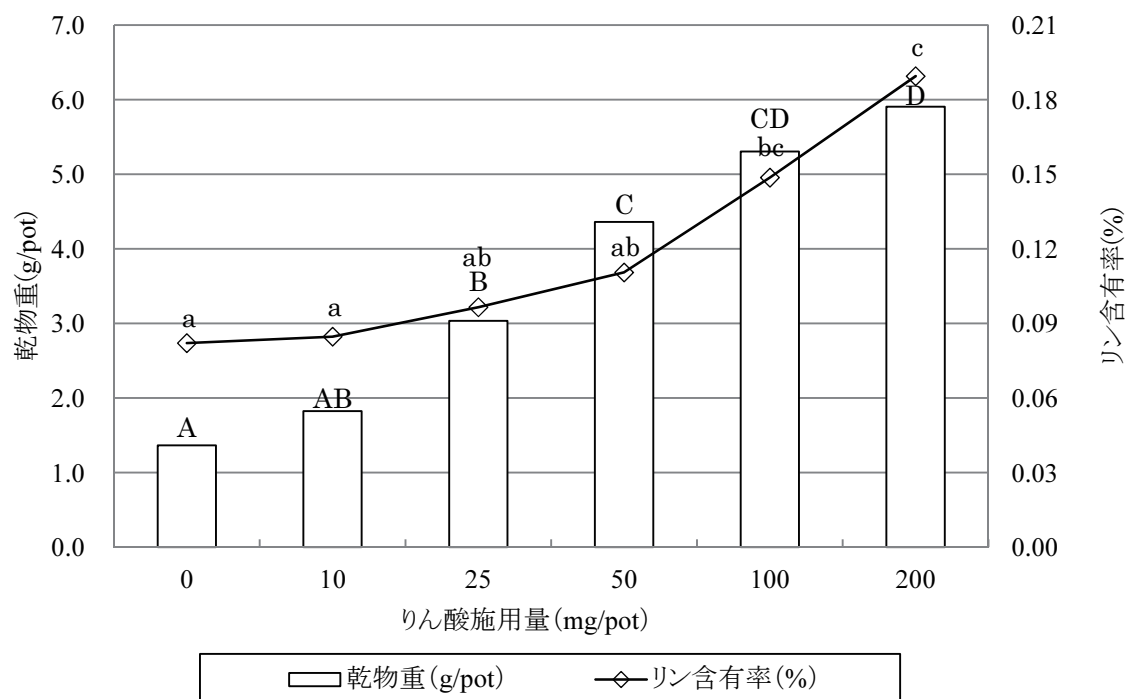
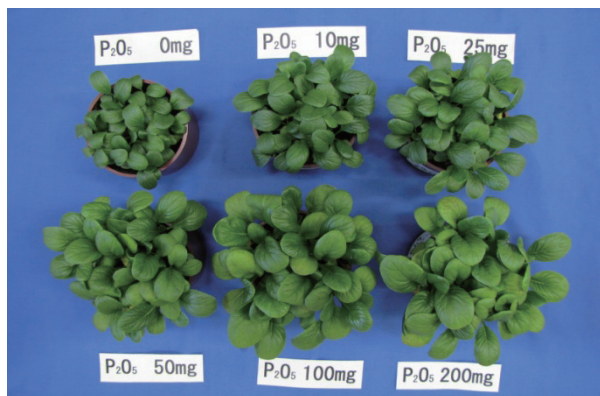


図1 葉体の乾物重及びリン含有率(乾物当たり)
異なる英文字は、5%水準で有意差有り(Tukeyの方法による)。
大文字は乾物重、小文字はリン含有率を示す。



(写真1) 播種24日後の様子. 0 mg 区の生育状況が著しく悪い. 葉体の乾物重及びりん含有率(乾物当たり)も施用量が少なくなるに従って低下した.



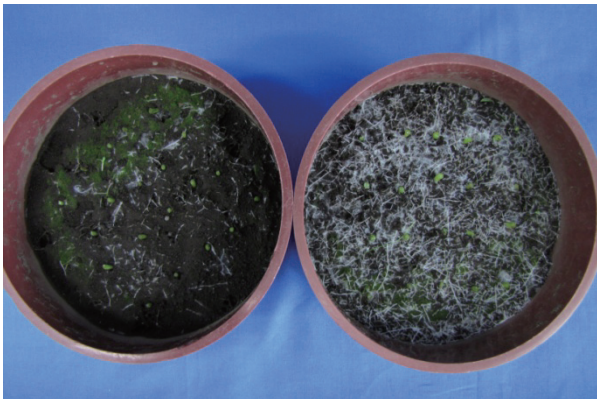
(写真2) 播種24日後の様子. 葉面散布を始めて2日目頃から効果が現れ, 試験終了時には明らかな生育状況の改善が認められた. 10 mg 区でも葉面散布により同様の効果がみられた. りん酸は生育初期に多く吸収されることから, 早い段階で散布を開始すると効果が大きいと考えられる.



(写真3) 播種24日後の0 mg区の様子。試験終了時でも窒素が余剰しているため、子葉は緑色を保持した。通常窒素が欠乏すると子葉は黄化する。写真9も参照。



(写真4) 0 mg区(左側)と200 mg区(右側)の比較。0 mg区では根毛が発達せず、根圏も小さい。りん酸は土壌に固定されてほとんど移動しないため、根圏が小さいとあまり吸収されない。



(写真5) 0 mg区(左側)と葉面散布による回復試験区(右側)の比較。葉面散布によって、葉体だけでなく根張りの状態も改善した。葉面から吸収されたりん酸が根にも移動して利用されたことが分かる。



(写真6) 播種21日後の10 mg区の様子。葉は暗緑色を呈するが、赤紫色までの変色は葉裏でも見られなかった。



(写真7) 播種24日後の25 mg区の様子. 0 mgや10 mg区と同様に葉表は暗緑色を呈したが, 切り取って葉裏を観察したところ, 葉脈を中心としてアントシアニンによる赤紫色への変色がみられた.



(写真8) 播種24日後の200 mg区の様子. 25 mgや50 mg区ほどではないが, 葉裏に赤紫色への変色がみられた. 黒ボク土のようにりん酸吸収係数が高い土壌では, 通常の施用量であっても欠乏症を発症することがあると考えられた.



(写真9) N, P₂O₅, K₂Oとして各々25 mg添加した通常の植害試験の標準区での, 播種24日後の様子. りん酸欠乏による葉裏の赤紫色への変色だけでなく, 窒素欠乏による子葉の黄化もみられた. また, りん酸欠乏が著しいときには写真の様に上葉にも変色がおよぶことがある.



(写真10) 供試作物としてコマツナ(品種名:極楽天)を用いた予備試験での播種21日後の様子. 25 mg区で葉表の周辺部が赤紫色を呈した. 50 mg, 100 mg区でも程度や頻度は異なるものの同様の症状が見られた. 一般に欠乏症状は, 生育の盛んな上葉にりん酸が移動して, 下葉で不足するため発症するので, ある程度生育した後半時期に見られる.

(2) 過剰症状

従来、りん酸の過剰症状は発生しにくいと考えられていた¹¹⁾。しかし、施肥りん酸の利用率は10%～20%程度であり、窒素の50%～60%、カリウムの60%～80%に比べて極端に低い。また、土壌からの流亡が他の要素に比べて非常に少ないため、作付け毎に余剰りん酸が土壌中に蓄積される傾向にある。可給態りん酸は50 mg/100 g 乾土もあれば充分と考えられてきたが、近年では可給態りん酸が200 mg～300 mg/100 g 乾土、時には500 mg/100 g 乾土に近い土壌もある。近年、原因不明の野菜の生理障害が多く発生しており、その原因のひとつとしてりん酸の土壌への異常蓄積が懸念されている⁹⁾。

りん酸を過剰に吸収すると、成熟が促進されるため栄養生長が止まり、かえって収量が低下することがある⁴⁾。本試験でも、りん酸の施用量が増えるに従って、生育不良や収量の低下が認められ、高施用量区の1300 mg, 1500 mg 区では、乾物重が他の多くの施用区と比較して有意に低かった(写真 11, 図 2)。しかし、発芽率も同様に低下していることから、今回に関してはりん酸過剰による生理障害ではなく、多量施肥による塩類濃度障害とみるほうが妥当である。

播種 17 日後に低施用量区の 100 mg, 300 mg 区で、本葉の脱色が見られた(写真 12)。本症状は、主に 1, 2 葉目の葉縁から内部に向かって葉脈間に進行し、最終的に壊死した(写真 13, 14)。遅れて他の試験区でも、施用量の少ない区から順に発症したが、高施用量区の 1300 mg, 1500 mg 区では栽培期間中に発症しなかった(写真 15)。通常、りん酸は生長の盛んな新葉部に移行するが、過剰症状を生じているものは旧葉に異常にりん酸が蓄積する⁹⁾。本試験でも、主に 3 葉目以降の新葉がある程度生育してから 1～2 葉目の旧葉で発症した。100 mg, 300 mg 区の生育は良好であり、葉齢を経るのも他の区に比べて早かったことから最も早く発症したと推察された。川合ら¹²⁾は、ダイコンの葉枯れ障害について、土壌中のりん酸過剰により葉体のりん含有率が高まり、これに高温が影響して発生すること及びカリウムの増施でかなり抑制できることを報告している。また、猿田ら¹³⁾はキャベツの葉色異常・壊死について、葉体のカリウムに対するりんの比(P/K)が発症区で高いこと及びカリウム欠乏症の外見と類似していることから、りん酸過剰に起因するカリウム欠乏症の可能性を指摘し、りん酸による直接的な障害の他に、りんとカリウムの相互関係について検討する必要性を述べている。本試験で見られた葉縁から葉脈間に進行する脱色も、コマツナのカリウム欠乏症の外見⁶⁾とよく似ている。そこで、葉体のりん、カリウム含有率(乾物当たり)及び P/K を図 3 に示した。植物中でりんは 0.1%～0.5% 必要と考えられている¹⁴⁾が、過剰症状確認試験区のりん含有率は 700 mg 区をピークとして 0.93%～1.61% の範囲にあった。また、欠乏症状確認試験の 200 mg 区の 0.19% と比較しても明らかに高く、1300 mg 区を除いて有意差も認められた。一方、カリウム含有率は 3.72%～6.48% の範囲にあった。カリウム含有率は、りん酸の施用量に従って増加する傾向を示し、1300 mg, 1500 mg 区では、他のほとんどの施用区と比較して有意に高かった。これは、りん酸の施用量が少ない試験区ほど生育が良好であったため、ポット内の交換性カリウムを消費して余剰が少なくなったことが原因と考えられた。その結果、100 mg～1100 mg 区まではほぼ一定であった P/K は、1300 mg, 1500 mg 区では有意差が認められるまで急に低下し、欠乏症状確認試験の 200 mg 区とほぼ同じ値になった。1300 mg, 1500 mg 区で異常症状が発生しなかった原因として、生育不良で上葉の発育が遅れたことに加え、りんとカリウムとのバランスが適正であったことも考えられた。以上より、本症状は、下葉にりん酸が異常蓄積したことに端を発して、りんに対してカリウムが相対的に不足したことが原因と推察された。

過剰症状確認試験では、その他に以下に述べる 3 つの症状が確認できた。(1) 700 mg 区以降の試験区で、子葉全体が黄緑色を呈した。また、子葉ほどではないが本葉にも同様の傾向が見られた(写真 16)。(2) 300 mg 区以降の試験区で、播種 11 日後頃より、本葉がある程度の大きさになると順次先端あ

るいは周辺部にかけて淡緑色に変色した(写真 17). (3) 播種 6 日後頃から 500 mg 区以降で子葉に白色斑点群がみられた(写真 18). これら 3 症状に共通しているのは子葉も含めて発生した葉から順次発症した点であり, 上葉がある程度生育してから下葉で発症した脱色・壊死の症状とは時期的な差異があった. 葉体中でのりん酸移動の特性を考慮すると(1)~(3)の症状は, りん酸の異常蓄積による直接害ではない可能性がある. りん酸は亜鉛, 鉄, 銅などと拮抗作用があるため, 過剰に施用するとこれら要素の欠乏を誘発することがある^{5, 15)}. 亜鉛, 鉄とも欠乏すると葉が黄色~黄白色になるが, 亜鉛では下葉から次第に上葉に及ぶのに対し, 鉄欠乏では生長のおう盛な新葉から発生する⁴⁾. 症状 1 あるいは 2 の葉色異常は, 子葉も含めて下葉から順次発生したことから, 亜鉛欠乏による可能性が考えられる. しかし, コマツナでは亜鉛が欠乏すると新葉にはアントシアニンが発生しやすい⁶⁾が, 本試験ではみられなかった. 前述したように, 欠乏症状と異なり, りん酸の過剰症状は従来発生しにくいと考えられていたこともあって, 症状とその発生機構について分かっていないことが多い. りん酸過剰に起因する他要素の障害の他, 多量施肥による塩類濃度障害の可能性もあることから, りん酸以外の必須成分の生理障害確認試験において同様の症状が確認できるか等, 今後さらに検討する必要がある.

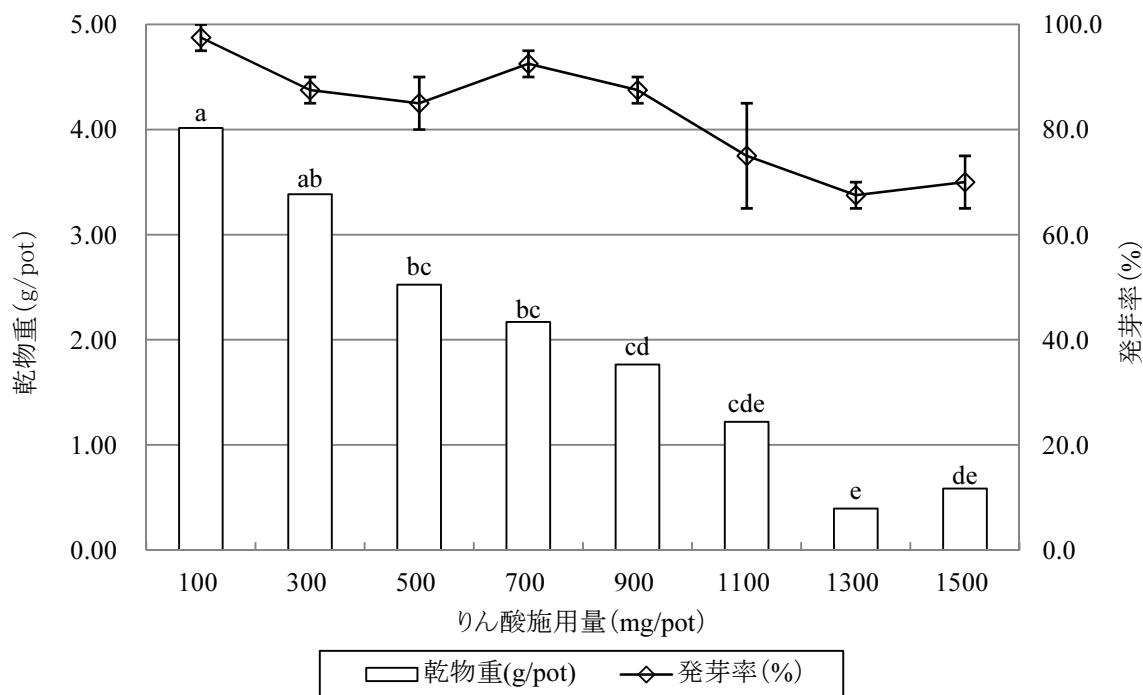


図2 葉体部の乾物重及び発芽率

乾物重の異なる英文字は, 5%水準で有意差有り(Tukeyの方法による).
発芽率のエラーバーは, 2連の各値を示す.

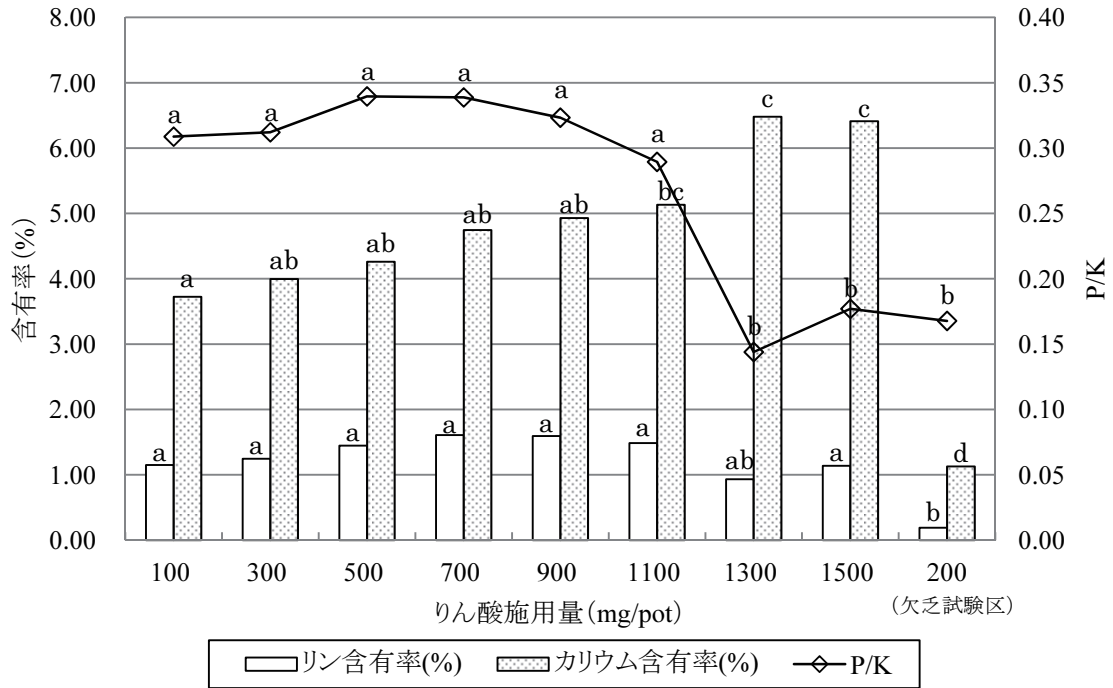


図3 葉体のリン・カリウム含有率(乾物当たり)及びP/K 異なる英文字は、5%水準で有意差有り(Tukeyの方法による)。



(写真 11) 播種 21 日後の様子. りん酸の施用量が増えるに従って, 生育状況が悪化している. 発芽率も同様の傾向がみられることから, 多量施肥による塩類濃度障害と考えられた。



(写真 12) 播種 17 日後の 100 mg 区の様子. 主に 1~2 葉目の葉縁部から脱色が始まり, その後内部に向かって葉脈間で進行した. 生育の良好な低施用量区から順次発生した。



(写真 13) 播種 18 日後の 100 mg 区の様子. 葉脈間の脱色が目立ってきた. 症状は急速に進行した.



(写真 14) 播種 20 日後の 100 mg 区の様子. さらに症状が進行して, 壊死した状態. 写真 12~14 の一連の過程はカリウムの欠乏症状とよく似ている.



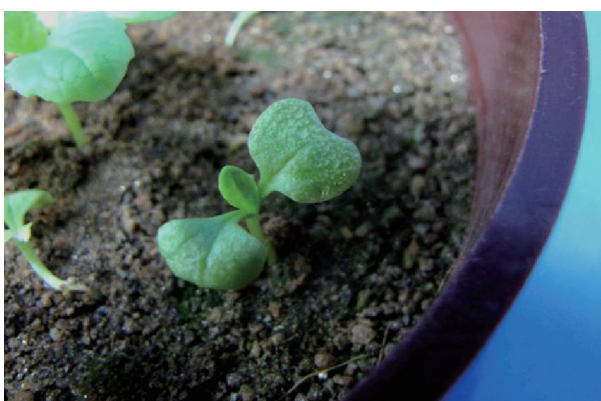
(写真 15) 播種 19 日後の 900 mg 区の様子. 100 mg, 200 mg 区以外の試験区でも 1, 2 日遅れて同様の症状が発生した. しかし, 高施用量区の 1300 mg, 1500 mg 区では栽培期間中には発症しなかった. なお, 過剰症状確認試験では, 各区で写真の様に葉幅の広い甲羅状の葉体がよく見られた. リン酸を多く吸収した時の 1 つの目安と考えられた.



(写真 16) 播種 13 日後の 100 mg 区(左側)と 1100 mg 区(右側)の比較. 1100 mg 区で子葉全体が黄緑色を呈した. 子葉ほどではないが, 本葉の緑色も薄くなった.



(写真 17) 播種 13 日後の 300 mg 区の様子. 本葉周辺部の淡緑色化は, 300 mg 区以降で見られたが, 背景となる緑色が濃い 300 mg, 500 mg 区で特に明瞭であった. 2 葉目以降についてもある程度の大きさになると発症した.



(写真 18) 播種 12 日後の 1300 mg 区の様子. 高施用量区では, 塩類濃度障害と考えられる子葉の枯れも見られたことから, 白色斑点群はその軽い症状とも考えられる. 原因についてはさらに検討する必要がある.

4. まとめ

植害試験で発生した症状を正確に判定するための基礎資料作成を目的として, コマツナを用いて, りん酸の欠乏症状及び過剰症状確認試験を実施した. 欠乏症状確認試験では, 供試土壌として黒ボク土(可給態りん酸 2.7 mg/100 g 乾土, りん酸吸収係数 2290)を用い, 過りん酸石灰を P_2O_5 として 1 ポット当たり 0 mg~200 mg まで段階的に施用して, 24 日間栽培した. 過剰症状確認試験では, 褐色低地土(可給態りん酸 121 mg/100 g 乾土, りん酸吸収係数 320)を用い, りん酸二水素カルシウムを P_2O_5 として 1 ポット当たり 100 mg~1500 mg まで段階的に施用して, 21 日間栽培した. 欠乏症状確認試験では, (1) 葉体の生育不良, (2) 根毛の未発達, (3) 下葉の赤紫色化の 3 症状を確認した. (1)~(2)の症状は, りん酸欠乏による原形質(核酸, 核タンパク質, 原形質膜のりん脂質)の障害及び炭酸同化等のエネルギー代謝の障害が原因と考えられた. また, りん酸 0 mg, 10 mg 区に 0.3 %りん酸 1 カリウム溶液を葉面散布したところ, 明確な生育状況の改善がみられた. りん酸欠乏と疑われる生育不良の確認方法として葉面散布の有効性が実証できた. (3)の症状については, 成長の盛んな新葉部にりん酸が移動して下葉の糖りん酸エステルが不足したため, 炭水化物がエネルギー源として利用されなくなり, 未利用の糖分とアントシアニンとが結合してアントシアニンを生成したことが原因と考えられた.

過剰症状確認試験では, (1) 下葉の脱色及び壊死, (2) 黄緑色の葉, (3) 本葉周辺部の淡緑色化, (4) 子葉の白色斑点群の 4 症状を確認した. (1) の症状については, 下葉にりん酸が異常蓄積したことを発端として, りん酸とカリウムの相対的なバランスがくずれたことが原因と推察された. (2)~(4) の症状については, りん酸による直接害の他, りん酸過剰に起因する他要素の障害, 多量施肥による塩類濃度障害等の可能性もあることから, 今後さらに検討する必要がある.

文 献

- 1) 農林水産省農蚕園芸局長通知：肥料取締法の一部改正に伴う今後の肥料取締りについて，別添 1，植物に対する害に関する栽培試験，昭和 59 年 4 月 18 日，59 農蚕第 1943 号 (1984)
- 2) 農林水産省告示：肥料取締法に基づき普通肥料の公定規格を定める等の件，昭和 61 年 2 月 22 日，農林水産省告示第 284 号，最終改正平成 24 年 8 月 8 日，農林水産省告示第 1985 号 (2012)
- 3) 位田藤久太郎：最新園芸技術 5 野菜の栄養生理と施肥技術，p.19~22，誠文堂新光社，東京(1968)
- 4) 麻生末雄，麻生昇平，松崎敏英：作物の栄養と肥料，p.12~19，p.142~169，東京農業大学，東京 (1973)
- 5) 高橋英一，吉野実，前田正男：新版 原色 作物の要素欠乏・過剰症，p.90~95，農山漁村文化協会，東京 (1980)
- 6) 清水武：原色 要素障害診断事典，p.13~15，p.52~53，農山漁村文化協会，東京 (1990)
- 7) 山根一郎：改訂版 土壌学の基礎と応用，p.111~116，農山漁村文化協会，東京 (1982)
- 8) 八槇敦：土壌診断生育診断大事典，p.145~148，農山漁村文化協会，東京 (2009)
- 9) 渡辺和彦：土壌診断生育診断大事典，p.876~877，農山漁村文化協会，東京 (2009)
- 10) 阿部文浩，恵智正宏：コマツナの生理障害－窒素－，肥料研究報告，**5**，147~155 (2012)
- 11) 林康人，加藤雅彦，小林新，久保省三：点滴灌水施肥栽培における土壌の養分含量を考慮したリン酸の適正施肥，日本土壌肥料学雑誌，**77(5)**，555~561 (2006)
- 12) 川合貴雄，小野芳郎，内藤恭典：リン酸過剰による高温下でのダイコンの葉枯れ障害，岡山県立農業試験場研究報告，**11**，47~56 (1993)
- 13) 猿田正暁，高橋哲夫：りん酸の過剰施用によるキャベツの異常症状，群馬県園芸試験場報告，**12**，56~58 (1984)
- 14) 米山忠克，建部雅子，南條正巳：作物種・土壌処理と作物のリン吸収，日本土壌肥料学雑誌，**61(4)**，376~381 (1990)
- 15) 二見敬三，藤井浩：土壌蓄積リン酸が大豆の生産性と養分吸収に及ぼす影響，兵庫県農業総合センター研究報告，**33**，21~26 (1985)

Physiological disorder of Komatsuna —Phosphorus—

Taku FUJITA¹

¹Food and Agricultural Materials Inspection Center, Kobe Regional Center

This study was intended to observe the phosphorus deficiency symptoms and phosphorus excess symptoms about Komatsuna (*Brassica rapa var. perviridis*). The phosphorus deficiency symptom was to observe the color of the veins of the backside of the lower leaves changed in purple-red mainly. For sugar phosphate ester having been short, carbohydrates were not used as an energy source, and it was regarded that it was caused that anthocyanidin was combined with unused sugar, and anthocyanin was formed. As other symptoms, it were observed the poor growth of the leaves and undeveloped of the root hairs. These symptoms were improved by spray application on leaves of potassium dihydrogenphosphate solution. In the phosphorus excessive symptoms confirmation examination, the decoloration of the lower leaves, furthermore, necrotic symptom was observed. As for these causes, it was guessed that relative balance of phosphorus and potassium failed by phosphorus having accumulated on the lower leaf abnormally. As other symptoms, it were observed the color of the leaves changed in yellow green, the color of the peripheral parts of the true leaves changed in light green, and the cotyledonary white spot group. About these symptoms, it is necessary to examine the possibility such as the obstacle of other elements due to a phosphorus surplus, the high salts obstacle by the large quantity fertilization in future other than direct harm of phosphorus.

Key words phosphorus deficiency symptoms, phosphorus excess symptoms, purple-red of the lower leaves, decoloration and necrosis of the lower leaves

(Research Report of Fertilizer, **6**, 117~129, 2013)