

病害発生を防ぐ 亜リン酸肥料

～栽培現場における亜リン酸肥料の効果～

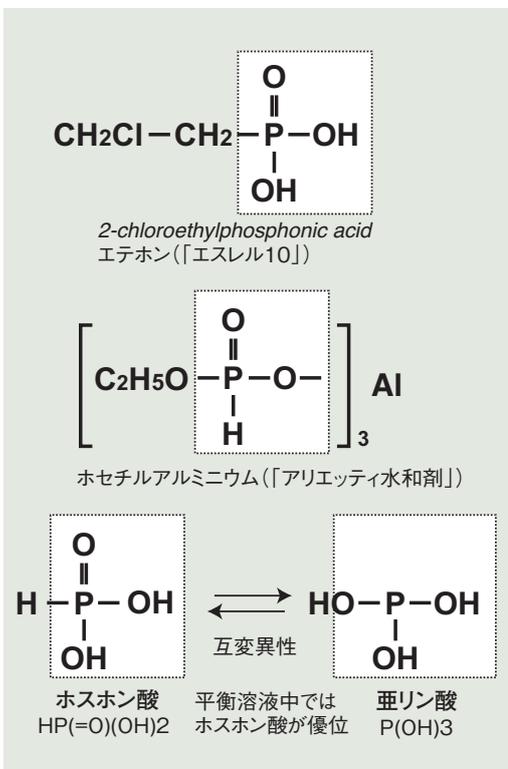
大阪府環境農林水産総合研究所 企画調整部 主任研究員

くさかり しんいち
草刈 眞一



←↑
べと病に侵されたキュウリ
株（上）、キャベツの根こ
ぶ病（左）。
（原図：駒田 旦）

第1図 亜リン酸関連化合物



亜リン酸はリンのオキソ酸の一つで、分子式はH₃PO₃。構造式から上記の2つの化合物、亜リン酸とホスホン酸が生じ、互いに平衡状態で存在する。農業のホセチルアルミニウム（「アリエッティ水和剤」）、エテホン（「エスレル10」）なども亜リン酸化合物である。

亜リン酸は植物に 病害抵抗性を誘導する？

“亜リン酸を養液栽培に使用すると根腐病が防除できる” “亜リン酸施用でブロッコリーのべと病が抑制される” など、肥料である亜リン酸を施用することで、べと病や疫病などの病害を防除できると注目されています。亜リン酸はリンのオキソ酸の一種で、リン酸に比較すると酸素分子の一つが不足した構造をしており、リン酸と同様の肥料効果があるように思われています。また、亜リン酸による褐変米防止や小麦の穂発芽抑制作用などの生理的な作用も報告されており、環境保全型農業において病害発生抑制と同時に品質向上にも期待される資材です。

ホセチルアルミニウム（「アリエッティ水和剤」）は1983年ローヌ・プーランによって開発された浸透移行性の殺菌剤で、卵菌目によって発生する病害（べと病、疫病、根腐病など）に対して治療効果（発生後に散布しても効果が得られる）を示します。本剤はアルミニウムイオンに亜リン酸が3分子配位したアルミニウムのホスホン酸エステルで、植物体に吸収されて亜リン酸イオンが放出され、病原菌に作用するといわれています（第1図）。

また、亜リン酸がホセチルアルミニウムの防除効果があることは、オーストラリアでアボカドの疫病に対する防除効果によって確認され、1985年に亜

リン酸カリウムとして農業のホセチル水和剤より安価な肥料に利用された事例があります。

ホセチルアルミニウムの防除効果は病原菌に対する殺菌作用よりも、代謝物である亜リン酸が植物に病気の抵抗性のもとになるファイトアレキシンの生成を誘導し、その結果、作物が病害にかかりにくくなるとされています。

亜リン酸の抗菌剤としての活性は低く、寒天培地上において疫病菌を殺菌するのに375ppm以上の濃度が必要で、殺菌活性としてはかなり低いこととなります（通常殺菌剤は0.5～10.0ppmの濃度で殺菌活性を示し、100ppm以上の濃度が必要な殺菌剤は殺菌活性が低いと考えられる）。また、根腐病菌である *Pythium* 属菌には遊走子の形成数や遊泳運動は阻害されても、胞子発芽は0.3mM以下でほとんど抑制されません。亜リン酸による病害防除効果は、病原菌を直接殺菌する作用よりも作物に対する生理的作用が病害防除に影響していると考えられます。

亜リン酸による病害防除効果

亜リン酸による病害防除効果は、疫病、べと病、根腐病などの卵菌目病原

表 卵菌目病原菌以外の病原菌による病害に対する亜リン酸の防除事例

病原菌	宿主
糸状菌病	
<i>Armillaria luteobubalina</i>	核果類ならたけ病 (国外)
<i>Colletotrichum lindemuthianum</i>	インゲン炭疽病 (国外)
<i>Dematophora necatrix</i>	リンゴ白紋羽病 (国外)
<i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>cubense</i>	バナナバナマ病 (国外)
<i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>dianthi</i>	カーネーション萎凋病 (国外)
<i>Fusarium subglutinans</i>	マンゴー (国外)
<i>Penicillium digitatum</i>	果樹 (カンキツ緑かび病など) 国外
<i>Phomopsis viticola</i>	ブドウつる割病 (国外)
<i>Rhizoctonia solani</i>	小麦
<i>Venturia inaequalis</i>	リンゴ黒星病 (国外)
<i>Bean common mosaic virus</i>	インゲンモザイク病
<i>Plasmodiophora brassicae</i>	ブロッコリー、キャベツの根こぶ病
細菌	
<i>Ralstonia solanacearum</i>	ゼラニウム青枯病
<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>pruni</i>	核果類
<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>syringae</i>	ナシ

Janick, J. (1995), Horticultural Review 17, 299-331 の Table 9.1 に追記 (単列)

体が吸収されて体内を移動する特徴があり、葉に散布することによって根の病害に対しても防除効果を示し、樹幹灌注、土壌処理、葉面散布などいずれの処理法でも防除効果が得られます。また、効果が得られる病害の範囲も広く、かびによる病害以外にもゼラニウム青枯病 (*Ralstonia solanacearum*) による 0.25 ~ 0.1% 亜リン酸カリウム濃度、7日間隔4回処理などの細菌による病害に対する効果も報告されています。このほかパクチヨイとキャベツの根こぶ病 (亜リン酸と硫酸銅を含む)、

菌による病害で顕著に認められます。また、海外ではこれらの病原菌以外についても、炭疽病、萎凋病、青枯病など多種の病原菌に対して発病抑制効果のあることが報告されています。

〈亜リン酸施用による病害防除〉

ホセチルアルミニウム水和剤は、べと病、疫病などの卵菌目による病原菌以外では、*Cercospora* (サラダナ褐斑病)、*Alternaria* (ニンジン黒葉枯病、ナシ黒斑病、リンゴ斑点落葉病)、*Botryosphaeria* (ナシ輪紋病、キウイ

果実軟腐病)、*Zygothia* (リンゴすず点病)、*Gloeodes* (リンゴすず斑病)、*Albugo* (エンサイ白さび症) 属菌の病害に対して農薬登録されています。発病初期からの予防散布で効果が期待でき、治療効果も得られます。亜リン酸についても、ホセチルアルミニウム水和剤と同様の病害に対して防除効果が期待できます。

亜リン酸を施用した病害防除の事例は、卵菌目以外の病害について表に示す病原菌による病害に対して防除効果が報告されています。亜リン酸は植物

ダイズの立枯性病害、茎疫病 (300 ~ 1500倍散布:兵庫県)、小麦の赤かび病、ネギ根腐病 (493 ~ 986 ppmの亜リン酸をセルトレイ灌注:鳥取県)、核果類の *Armillaria luteobubalina* の病害、イチジクの疫病、コマツナやチンゲンサイの白さび病 (亜リン酸肥料 50 ~ 100倍液散布:徳島県ほか)、ミョウガの根茎腐敗病 (亜リン酸肥料 50倍液処理:高知県) の防除にも有効で、施肥を主体とした防除に利用されています。

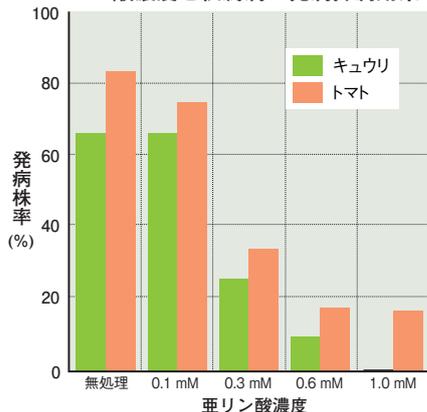
しかし亜リン酸の施用では、農薬のような高い防除効果は得られないこともあります。例えば、カンキツ類の病害 (そうか病、黒点病など) に対する亜リン酸の防除効果の試験では、ベノミルなどの殺菌剤よりも劣り、亜リン酸は抵抗性誘導作用などによって被害を軽減する効果があるとして報告されています。

このほかにも、亜リン酸で種子を処理することで *Pythium* 属菌による根腐病の被害を軽減することが可能で、防除の現場において病害発生を抑制し、病害防除剤である殺菌剤の使用量を削減できる環境保全型の防除資材としての利用が可能です。

〈養液栽培における根腐病防除効果〉

亜リン酸は養液栽培での *Pythium* や *Phytophthora* 属菌による根腐病、疫病の防除にも効果を発揮します。養液栽培におけるトマトの栽培では根腐病の発生が問題となりますが、培養液中に亜リン酸を添加しておくことで発生の抑制ができます。園試処方の方均平衡培養液 (1単位 pH 6.4 に調整して試験) に亜リン酸を 0.3 ~ 1.0 mM 添加して栽培すると、*Pythium* 属菌による根腐病の発生が抑制されます。亜リン酸による発病抑制効果は、キュウリ、トマトについて観察され、亜リン酸濃度が高いほど抑制効果は高くなる傾向が見られました (第2図・写真)。

第2図 養液栽培における培養液中の亜リン酸濃度と根腐病の発病抑制効果



水耕培養液中に根腐病菌を接種し、キュウリおよびトマトの発病株率を調べた。亜リン酸は病原菌接種30日前に処理した。

病害発生を防ぐ亜リン酸肥料

亜リン酸の養液栽培における病害防除の事例は、米国でトマトおよびピーマンの疫病に対する防除が最初で、亜リン酸を0.1mM添加することで防除ができることが報告されています。また、韓国でも養液栽培におけるレタス根腐病に対する亜リン酸の防除効果を検討し、200ppmの亜リン酸濃度で疫病菌の菌糸伸長が阻害され、100ppmの濃度でレタス根腐病の被害を2%以下に抑制できることが報告されています。亜リン酸の発病抑制効果は処理時期が重要で、病原菌と同時に接種すると

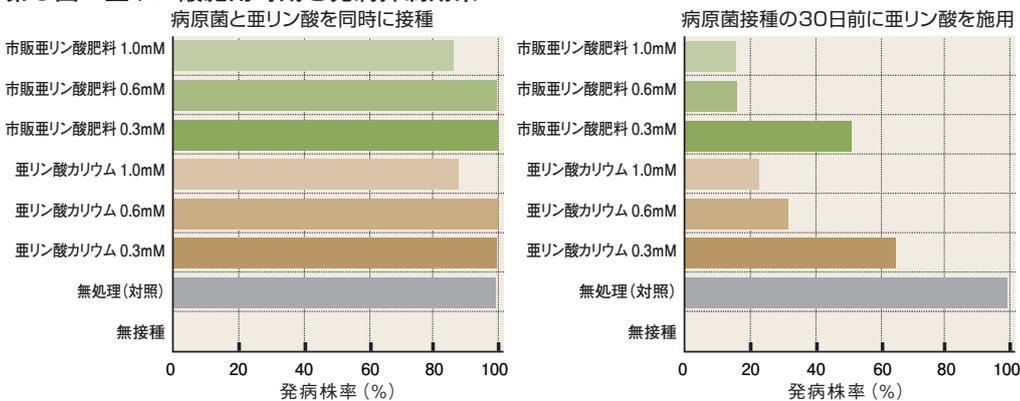


市販の亜リン酸肥料を添加した区無処理区の根は褐変しているが、0.3、1.0mM区の根は正常。0.3mM区では生育が良好である。



亜リン酸カリウムを添加した区無処理区では根が褐変して生育は悪く、0.3、1.0mM区でやや感染が見られるが生育は良好。右端は健全。

第3図 亜リン酸施用時期と発病抑制効果



病原菌と亜リン酸を同時に接種した場合および亜リン酸を30日前に施用した場合の発病抑制効果の比較。病原菌はトマト根腐病を用いた。培養液は園試興津処方1単位の均衡培養液。右図は発病抑制効果が認められるが、左図では十分な効果が得られない。

発病抑制効果が低くなる傾向があり、発病前(1カ月程度)に亜リン酸を培養液中に添加しておく必要があるようです(第3図)。亜リン酸の生育阻害は、キュウリおよびトマトの生育について、1.0mM

でやや生育が劣る程度で栽培上の問題はありません。これら亜リン酸および亜リン酸肥料の添加は、慣行の水耕培養液に所定量の亜リン酸を添加した試験です。養液栽培における亜リン酸施用は、市販製品では1~2万倍の添加量で使用し、必ず予防的に使用することが条件となります。亜リン酸をリン酸肥料の代用として全容を置き換えた場合、極度の生育抑制が発生するため、リン酸肥料は基本量を添加しておきます。今後はリン酸、亜リン酸の施用量と発病抑制効果について検討する必要があります。亜リン酸がリン酸と拮抗して吸収を抑制することから生育阻害することも報告されています。しかし、亜リン酸は土壌中で微生物などによって分解され、リン酸肥料として植物に利用されることが報告されており、即効的ではありませんがリン肥料としての役割は果たすようです。

〈肥料としての亜リン酸〉

亜リン酸は肥料として登録されており、リン酸の代替肥料のように考えられますが、植物は直接亜リン酸を吸収できないといわれています。また、亜リン酸がリン酸と拮抗して吸収を抑制することから生育阻害することも報告されています。しかし、亜リン酸は土壌中で微生物などによって分解され、リン酸肥料として植物に利用されることが報告されており、即効的ではありませんがリン肥料としての役割は果たすようです。

病害防除と減農薬

亜リン酸肥料の施用で多くの作物のべと病や疫病の被害が軽減できることから、農薬の使用量を削減する可能性があり、環境保全型防除資材として重要な資材です。しかし亜リン酸の過剰な使用は、ホセチルアルミニウムが農薬として登録されていることから、作物体内への亜リン酸成分の蓄積が、農薬を散布しているのと混同される恐れがあり、過剰な使用には注意が必要です。亜リン酸の毒性は哺乳動物に対して極めて低いとされていますが、貴重なリン資源であるため unnecessary 施用は避けるようにしましょう。養液栽培においても、培養液中へ投入して根腐病などの卵菌目病害を防除できるのは、農薬として登録されている金属銀剤(オクトクロス)のみで、防除資材が不足している現状では亜リン酸は重要な肥料になります。植物工場や大型養液栽培施設が、今後増加することが考えられ、培養液伝染性病害の発生しない肥料や炭疽病など苗を介して伝染する病害の発病を抑制できる肥料として使える資材の開発は、重要な研究テーマになると考えられます。