

技術解説

# 5-アミノレブリン酸 (ALA) 含有高機能性肥料 (PKV) の開発

Development of New Functional Fertilizer PENTAKEEP-V  
which Contain 5-aminolevulinic Acid (ALA) as a Functional Component

田中 徹  
Tanaka Tohru

クロロフィルやヘムの前駆体である 5-アミノレブリン酸 (ALA) に植物の光合成を促進し、生育を促進する効果を見出した。ALA の効果を安定化する処方を検討し、ALA と各種ミネラルを配合した高機能性肥料の開発に成功した。本高機能性肥料は施設園芸を中心に、各種作物の増収や品質向上に役立つとされ、将来は沙漠緑化、地球温暖化問題など環境問題への貢献も期待されている。

5-Aminolevulinic acid (ALA) is a precursor of chlorophyll or heme. We have found promotive effects of ALA on several crops. Especially, ALA promote photosynthetic activity of plants. We develop New Functional Fertilizer PENTAKEEP-V which contain 5-aminolevulinic acid as a functional component.

キーワード：5-アミノレブリン酸 (ALA)、機能性肥料、光合成、沙漠緑化、地球温暖化

## 1 はじめに

5-アミノレブリン酸 (5-aminolevulinic acid : ALA) はクロロフィルやヘムに代表されるテトラピロール化合物の共通前駆体として、すべての生物に普遍的に存在する天然アミノ酸である。ALA は癌の光動力的治療用の増感剤や光要求型除草剤の増感剤として知られているが、ミネラルと組み合わせることで動物や植物の生育や運動量、発毛速度等の活力が増強されることが明らかになりつつある。

植物における ALA の代謝に関連の深い化合物を図 1 に示す。図 1 に示すように、クロロフィル、ヘム、シロヘム、フィコビルリンなどはすべて ALA を經由して生合成される。

クロロフィル前駆体として ALA はすべての植物に含まれているが、作物によってその含量には差があり、トマトなどには比較的多く含まれていることが知られている<sup>1)</sup>。筆者らは、適量の ALA を植物に与えると植物の生長を促進することを見いだした<sup>2)</sup>。

ALA の植物生長促進効果を実際の農業に応用すべく、安定して効果を発現

する製剤を目指して検討を進め、ALA を配合した肥料の開発に成功し、2001 年に肥料登録を取得 (生第 81522 号：ペンタキープ V：以下 PKV と略す)、販売を開始した。世界初の PKV は施設園芸分野を中心に、様々な作物へと適用が広がりつつある。本稿では ALA の植物生理活性と PKV の使用事例について紹介する。

## 2 ALAの植物生理活性

### 2.1 植物生長促進効果の発見

植物体内で ALA はクロロフィルの前駆体とし

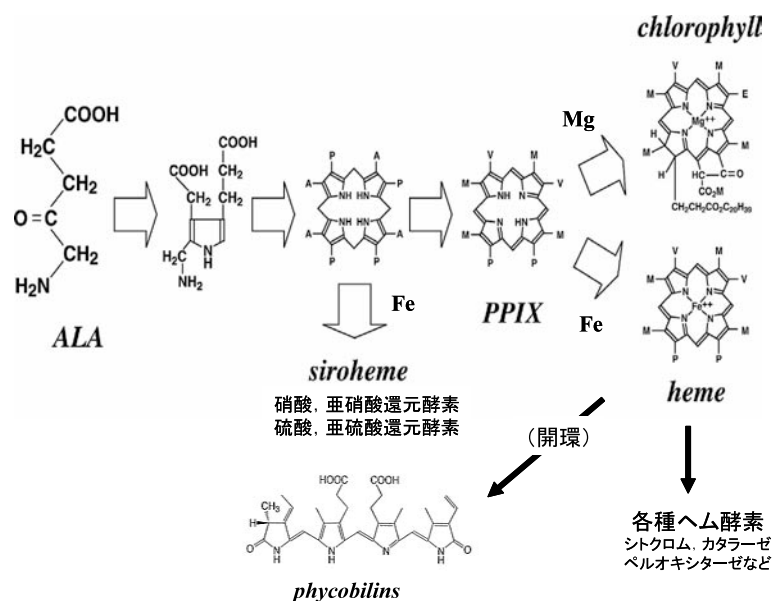


図 1 ALAの代謝に関わる化合物

てグルタミン酸から生合成されるが、ALA 生合成はクロロフィル生合成の律速段階(ボトルネック)である。筆者らは、ALA を外部から与えることで植物の生長を促進できるのではないかと考え実験を行った。適切な濃度でのALAの投与は植物の緑色を向上させ、期待通り植物の生育を顕著に促進した。また、ALAの植物生長促進効果の発現には光が必要であることがわかった。

## 2.2 光合成の促進

ALAの生長促進効果に光が必要なことからALAが光合成に与える影響を検討した。コウシュンシバを材料としたチャンバー式光合成測定装置を用いた検討結果を図2に示す。100ppmのALA水溶液を茎葉に散布すると、処理(散布)直後から光合成活性(炭酸ガス吸収速度)が最大で無処理の1.4倍程度に上昇し、1~2週間程度持続した。チャンバー式ではガス交換の向上でも光合成活性は増加するが、同時に測定した暗呼吸はむしろ抑制されており、ALAの生長促進が光合成促進に基づくものであることが示唆された。光合成促進は、ハツカダイコン、ホウレンソウ、

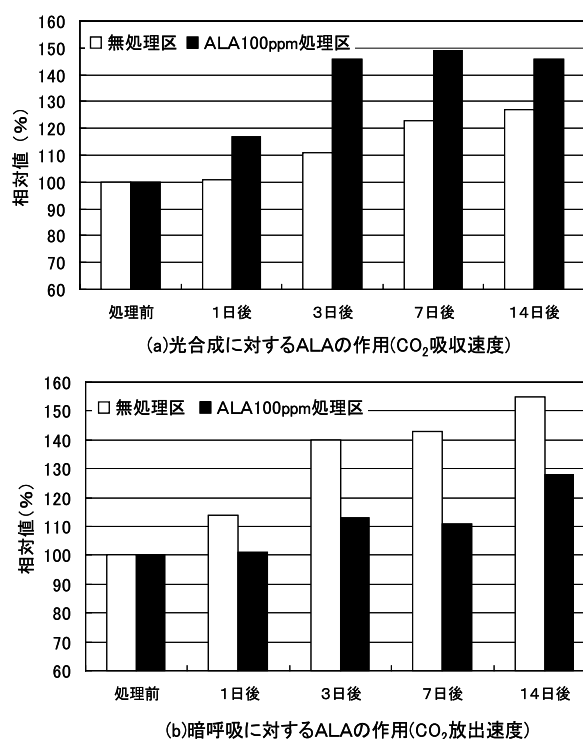


図2 コウシュンシバの光合成及び暗呼吸に対するALAの効果

光合成測定装置(島津製 PSB type-03,IRA type-102)にてCO<sub>2</sub>の吸収及び放出速度を測定し、各処理前の測定値を基準として、相対値(%)を算出。

ポトス、ミカン等でも同様に認められた。

## 2.3 増収・栽培期間の短縮

光合成促進効果から作物の増収が期待されたので、様々な作物に対して検討を行った。ジャガイモ等ではALAを塊茎肥大期に茎葉に散布することで、収量が増加した。また、葉菜類では一定の大きさに生長するまでの期間が短縮された。穀類、豆類、根菜、ユリ類、葉菜類、果菜類、イモ類など多種類の作物で増収や栽培期間の短縮が確認された。何れの作物の場合も主として可食部の重量が増加していた。

処理濃度は茎葉散布の場合30~100ppm、根圏施用の場合0.3~1ppmが最適であり、穀類や果菜、果樹、豆類では登熟期、根菜、ユリ類、イモ類では肥大期が処理適期であった。また、果樹では果実重の増加のみならず、糖度も上昇した<sup>3)</sup>。

## 2.4 耐環境ストレス性の向上

ALAの生長促進効果はさまざまなストレスの強い条件下で顕著となる傾向が認められた。低照度下ではバラの落葉防止や観葉植物の生長促進等、低温下ではイネの生長促進、生存率上昇、回復生長、電解質の漏洩抑制等が観察された<sup>4)</sup>。

ALAの耐ストレス性の中でも最も顕著なものは耐塩性向上効果である。コムギは食塩濃度15,000ppmの灌漑条件で完全に枯死したが、100ppmのALAを茎葉に散布することで開花・結実に至った<sup>5) 6)</sup>。(写真1)



Control 50ppm ALA 100ppm ALA

写真1 コムギの耐塩性試験

NaCl15,000ppmの灌漑条件で栽培。100ppmのALA溶液を茎葉に散布することで開花結実まで生育した。

近年環境問題として大きくクローズアップされている耕地の沙漠化の原因に塩類集積が上げられている。筆者らは ALA の耐塩性向上効果が、沙漠の緑化に役立つのではないかと考え、検討を開始している。

### 3 ALA入り肥料の開発

ALA の生長促進効果は多種類の植物に有効で、作物では主として可食部の増収につながり、ストレス下ほど効果が顕著であった。これらは農業利用上有益な効果であるが、実用化には、効果がより安定的に発現する処方への検討が必要であった。

試行錯誤の結果、筆者らは、マグネシウム添加と鉄の添加が有効なことを見いだした。マグネシウムの存在が ALA から誘導されるポルフィリンをスムーズにクロロフィルへ変換するためと考えられる。

また、鉄は、ALA と鉄から誘導されるヘム、ヘム酵素が生長促進効果の作用機構に大きく関わっていることの傍証として興味深い。鉄は、安定性を考えて 3 価 ( $Fe^{3+}$ ) とし、組み合わせるキレート剤としては多数の剤から Dithylene Triamine Pentaacetic Acid (DTPA) を選抜した。この組み合わせをベースに、ALA の葉面吸収を促進する尿素や他の微量元素との配合比率の最適化を図った<sup>7)</sup>。

最適化された組成は結果的に肥料成分と ALA の組み合わせとなり、ALA 配合高機能性肥料 (PKV) が誕生した。世界に先駆けて ALA を配合した高機能性肥料を開発した業績に対して 2004 年度に植物化学調節学会より技術賞が授与された<sup>8)</sup>。

### 4 ALA 配合機能性肥料 PKV とは

開発の経緯で説明したように、PKV は、世界で初めて ALA が配合された機能性肥料である。保証成分として窒素、マグネシウム、マンガン、ほう素を、効果発現促進材として、ALA の他、鉄、亜鉛、銅、モリブデンを含む液状窒素肥料である。(写真 2)

また、PKV には微量元素の補給材としての機



登録番号	生第81522号
肥料の種類	液状窒素肥料
肥料の名称	ペンタキープV
保証成分量 (%)	窒素全量 9.5
	内硝酸性窒素 3.8
	水溶性苦土 5.7
	水溶性マンガ 0.30
	水溶性ほう素 0.45
材料の種類	効果発現促進材
生産業者の氏名又は名称及び住所	株式会社 誠和 東京都中央区八丁堀一丁目6番地1号
効果発現促進材の内容	DTPA-鉄、硫酸亜鉛、硫酸銅、 モリブデン酸ナトリウム 5-アミノレブリン酸塩誘導体

写真2 PKVと生産者保証票の抜粋

能もある。特に鉄は DTPA - 鉄の形で入っているため、安定性が高く吸収されやすい。

ALA 配合高機能性肥料を植物に施用すると多くの場合、短期間に葉色が濃くなり、葉が厚くなるという変化が見られる。つづいて、根の量が増える傾向もあり、水、肥料の吸収が多くなる。

実際場面でも、トマトで処理ハウスだけにカリ欠乏様症状が発生した後、カリ肥料の施用をしたところ、症状は回復し果実肥大が良くなった例や、養液栽培で水の吸収が多くなり、施用日の翌日もしくは翌々日の排液量が少なくなる例が見られている。灌水、施肥管理によっては、施用後の、水、肥料の不足が起こらないように注意する必要がある。PKV は、施用した植物の光合成能力を高めると同時に、その結果水と肥料を多く吸収させることで作物の生育促進や品質向上を狙った肥料である。

### 5 使用方法

野菜、花卉、果樹をはじめとして、イネ、ダイズ、ビート、チャ、シバ、観葉植物など多くの作物で PKV の効果が確認されており、使用方法や事例は HP に紹介されている。

<http://www.pentakeep.com/>

<http://www.cosmoseiwaagriculture.co.jp/>

PKV は標準施用倍率が 5,000 倍で、茎葉散布でも根圏施用でも使用することができる。ALA の施用試験によると、処理後 7 日目に光合成が最大になることから、1 ~ 2 週間に 1 度の施用をすることで効果を持続させるようにする。

また、処理時間について午前中と午後で比較したところ、午前中処理の方が生長量が大きかったことから、可能な範囲で午前中の処理が望ましい。

## 6 使用事例

### (1) 試験場所：福島県生産者

NFT（培養液量の少ない水耕栽培）のホウレンソウで試験した事例を紹介する。品種『ジョーカー』を8月20日に播種、8月30日に定植した。PKVの処理は、9月1日と9月4日に、ベッド長100m（約230m<sup>2</sup>）、総液量700リットルに10,000倍となるように培養液に添加した。無処理区も同等の面積とした。調査は、収穫時である9月13日に行った。結果は、生体重、乾物重、乾物率とも無処理区に比べ処理区で大きかった。葉長、葉色には差がなかった。（表1、写真3）

表1 PKVの水耕ホウレンソウの生育促進効果

	生体重 g	乾物重 g	乾物率 %	葉長 cm	葉色 <sup>z</sup>
無処理区	18.0	0.82	4.52	23.2	27.0
処理区	26.4	1.28	4.83	23.3	28.1
	**	**	**	ns	ns

<sup>z</sup>：ミノルタ葉緑素計 SPAD-502 の測定値  
ns, \*\* はそれぞれ、有意差なし、P < 0.01 で有意差あり



写真3 収穫時の水耕ホウレンソウの生育状況  
上段：無処理，下段：PKV処理5株/セルを比較

### (2) 試験場所：コスモ石油中央研究所

市販のポインセチア苗にPKV1,000倍希釈



写真4 ポインセチアに対する耐冷性向上効果  
左：PKV処理，右：PKV無処理（-2℃暴露後）

液100mlをポットに注ぎ20日後に戸外に放置し、-2℃にさらしたところ、写真4のようにPKV処理区には影響がなかったが、無処理区は霜害により萎れた。

明らかな耐寒性向上効果が認められ、冷害防止や暖房用燃料の節減に役立つと期待される。

## 7 おわりに

天然植物ホルモン、植物抽出物質、天然アミノ酸などが入っているとして活力剤、活性剤をうたった葉面散布剤が多数出回っている中で、クロロフィルやヘムの前駆体であるALAが配合された肥料はPKVだけである。

PKV植物を特徴づける最も重要な生理作用である光合成と肥料吸収を高め、低日照、低温などの不良環境条件や着果負担、肥効不良などによる状態を改善することで、農業の生産性向上さらには沙漠の緑化や地球温暖化問題解決の一助になることを願っている。

### <引用文献>

- 1) 岡田秀樹他：植物化学調節学会第40回大会研究発表記録集，2005
- 2) 堀田康司・渡辺圭太郎：植物の化学調節 34，85-96，1999
- 3) 西原英治・高橋國昭他：園芸学会雑誌 70，346-352，2001
- 4) Hotta,Y., Tanaka,T. 他：J.Pesticide Sci.,23，29-33，1998
- 5) 田中徹・倉持仁志：植物の生長調節，36，190-197，2001
- 6) Watanabe,K., Okawara,R. 他：Journal of Arid Land Studies 14，105-113，2004
- 7) 岩井一弥，陣在ゆかり他：植物化学調節学会第36回大会研究発表記録集，pp.135-136，2001
- 8) 田中徹，岩井一弥他：植物の生長調節，40，22-29，2005

田中 徹（たなか とおる）  
技術士（生物工学部門），工学博士

コスモ石油（株）事業開発部  
ALA事業センター長

