

太陽熱養生処理法の周辺知見 ＝夢が広がる水溶性炭水化物施用＝

一般社団法人 食と農の健康研究所 所長
元 東京農業大学 客員教授

渡 辺 和 彦

1. はじめに

太陽熱養生処理法は、小祝政明さんの提唱されているBLOF理論（Bio Logical Farming：生態系調和型農業理論）の大きな柱の一つである。2年ほど前、私は小祝さんから直接太陽熱養生処理法について科学的考察を依頼された。少しは聴いてはいたが、実際の実践圃場は観察したことがなかった。そこで、BLOF理論による栽培をされていた五島隆久さんに太陽熱養生処理をする栽培と、太陽熱養生処理をしない別な栽培方式を同一圃場で、同作物、同品種、同時播種の比較栽培試験をお願いした。五島さんは兵庫楽農生活センターで有機農業コースの非常勤講師もされていて、神戸市神出町にある同センター内の圃場で、ダイコンなど数種の野菜で比較栽培試験を実施して下さった。ただし、同時期播種で、同品種と限定するとダイコンだけで、他は品種や播種日が異なっていた。五島さんは、試験圃場の詳しい土壌分析データと共に、生育途中の状態や収穫時の比較写真も私に送付して下さいました。明確な生育差があるのだが、私は収穫物をデザイナーフーズ（株）に分析依頼をした。一方、試験圃場は楽農センター内での圃場試験であるから、自宅ではプロの農家であり、職場では公務員でもある山崎広治センター長がほぼ毎日観察して下さいました。そして、試験終了時には、小祝講座を1度だけだが、自ら聴講に行かれるほど、BLOF理論による栽培の長所を認めて下さった。2年目も同様の試験を続けたのだが、太陽熱養生処理は、有機農業コースの方だけでなく、一般農業コースの方にも共通項目として講義をしたら良いのではないかという私達の提案にうなずいて下さっていた。

太陽熱養生処理法については、現在、東京大学と理研と私達は網羅的解析研究をスタートしてい

る。私は現場技術者の立場から、研究室の人達に、BLOF理論の周辺知見として各ポイントをとりまとめ、お知らせをしている。小祝農法のどこが新しいポイントで、周辺知見、関連研究は、研究のスタート時点で非常に重要で、新しく研究を始める人にとっては、関連研究成果を知っておくことは、研究者としての礼儀でもある。詳しい内容は、全国肥料商連合会が主催し、農水省が正式に後援下さっている「施肥マイスターコース」の最近の「シニア（実学）クラス」において「太陽熱養生処理法の周辺知見」の表題で私は講義をしている。各地で同テーマの講演を多くしており、私のホームページ (<https://www.hifa.or.jp/>) 注) を参照願いたい。本稿ではそのエキスだけを読者の皆様にご紹介したい。

注) 私のホームページは「食と農の健康研究所」と「渡辺和彦」の2つのキーワードで検索をお願いします。

2. 有用微生物の効果

太陽熱養生処理法は、一般栽培農法でも取り入れた方がよいと先に述べたが、理由は、①土壌団粒化促進 ②雑草種子、病原菌の死滅 ③作土層だけでなく下層土も団粒化する土づくりができるためである。

その理由を過去の有用微生物研究から考察してみる。その一つは菌耕農法である。菌耕農法は下記に示すように特許申請をされており、「特許情報プラットフォーム」<https://www.j-platpat.inpit.go.jp/web/all/top/BTmTopPage>によりインターネットで簡単に検索できる。以下はそこからの抜粋で、重要部分を太字のゴシックで示した。

【発明の名称】 農業用細菌製剤

【出願番号】 特願平6-73229

【出願日】 平成6年4月12日

【優先権主張番号】特願平5-94732
 【優先日】平成5年4月22日
 【氏名又は名称】全国農業協同組合連合会
 【出願人】ナガセ生化学工業株式会社
 【出願人】リサーチ醸産株式会社
 【発明者】日比野 進・南 善朗
 【要約】バシラス属に属する水の表面張力を低下させる作用を有するリポペプチドを産生する菌であって土壤中で植物性繊維質の存在下で嫌気的条件下において繁殖可能な菌と、バシラス属またはクロストリジウム属に属するセルラーゼ類を産生する菌であって土壤中で植物性繊維質の存在下で嫌気的条件下において繁殖可能な菌と、所望によりバシラス属またはクロストリジウム属に属する窒素固定能を有する菌であって土壤中で植物性繊維質の存在下で嫌気的条件下において繁殖可能な菌とからなる細菌製剤。

特にリポペプチドについて永年JA全農に勤務され日本土壌肥料学会会員でもあった日比野進さんは、下記の10の特徴をインターネット上に示されていた。

日比野進さんより

『リポペプチド(=LPs)は、この菌製剤中の菌から分泌される主役物質、ほんの少し化学構造が違った物質の総称』

1. LPsは水にも油脂にもよく溶ける**界面活性剤**
2. 生物組織の表面の微細な孔隙から、LPsが溶けた**水が中に入り込み孔隙を拡大**する。菌群から分泌されるセルラーゼが、拡大した孔隙から入り込み易くなり、繊維質の分解を促進する。
3. LPsを含む水は、一方では粘土の粒子(0.002mmくらい)の表面にある微細な亀裂から、容易に中に入り込み、**粘土の粒子を更に微細化**する。
4. LPsを含む水がカビ(病原菌の主体)の表面の孔隙から中に入り込み、**カビを破裂**させる。
5. LPsにはカビの孢子の形成阻害、孢子の発芽阻害の作用がある。
6. 2.と3.でできた微細な団粒・腐植に多くの微生物が吸着されて繁殖する。
7. LPsは(多環芳香族などの比較的複雑な)一部の天然の有害な物質・悪臭ある物質を**化学的に分解**する。
8. LPsは一部の(特に最外被に脂質のenvelopeをもつ)**ウイルスの繁殖を抑制**し、一部のMycoplasmaも抑制する作用がある。

その化学構造 C₁₄~C₁₇β-hydroxy acid-L Glu-L Leu-D Leu-L Val-L Asp-D Leu-L X
 └──────────────────────────────────┘
 〇

XはLeu, Val, Ile

9. LPsは**細胞分裂(若返り)を促進**する。
 → 生産物の固形分が多くなる(コクがある, 保存性が高い)。
 → 花卉の花芽形成の促進, 栄養繁殖性植物のシュートの増加
10. LPsは**発根特に根毛の伸長を促進**

リポペプチドの優れた作用が菌耕農法の細菌製材「アスカマン」(詳細は有限会社アスカのホームページ参照)の特徴と考えられる。

リポペプチドについては、北海道大学の森川正章教授らは静岡県相良油田からこれまでに最も高い界面活性を有する環状ペプチド型バイオサーファクタントを発見され、一次構造式、三次構造式だけでなく、バイオフィルムを形成することなど環状ポリペプチドの働きをわかりやすい写真や図でホームページに紹介されている。ぜひ参照下さい。

イチュリン生産菌の実用性については、東京農業大学の後藤逸男先生が東京工業大学の正田誠教授らの特許菌株を譲り受け、学生達の卒論実験で土壌病害対策に使用されていた。枯草菌の一種納豆菌(Bacillus subtilis var. natto)の仲間のため大豆粕類の餌が必要で、窒素施肥量がやや多くなる問題点もあるが、一定の効果は得られていた。

有用菌として、同じく、環状リポペプチド(iturin:イチュリン)を含有するキチン酵素(商品名)もあることを紹介したい¹⁾。(詳細は(株)原

田アグロビジネスのホームページ参照)。これは、土壌病原菌やセンチュウを全滅させるのではなく増殖を抑制する程度だが、根の生育力を強くし農産物の生産と品質の向上維持に寄与する。具体的には、現在、長野県南牧村で大規模栽培農家として頑張っておられる新海一禎さんが、レタスはセンチュウ、ハクサイでは黄化病に悩まされていた。その際同社にお世話になり、クローリックリン処理をしなくてもキチン酵素使用で、薬剤処理とほぼ同程度の収量を得、その結果を平成29年3月18日の日本農芸化学会で発表とのニュースはうれしい限りである。ただし、同資材はどの土壌でも効果を発揮できるのではなく、兵庫県の灰色低地土でのトマトの青枯病汚染土壌では効果が得られていない。センチュウやフザリウム菌には効果が認めやすいそうだが、何事もオールマイティではない。

なお、小祝さんは、アスカマンを時に推奨されているが、後者は使っていない。あくまで関連情報である。他にも多くの興味深い関連微生物資材があるが、紙面の都合で割愛する。

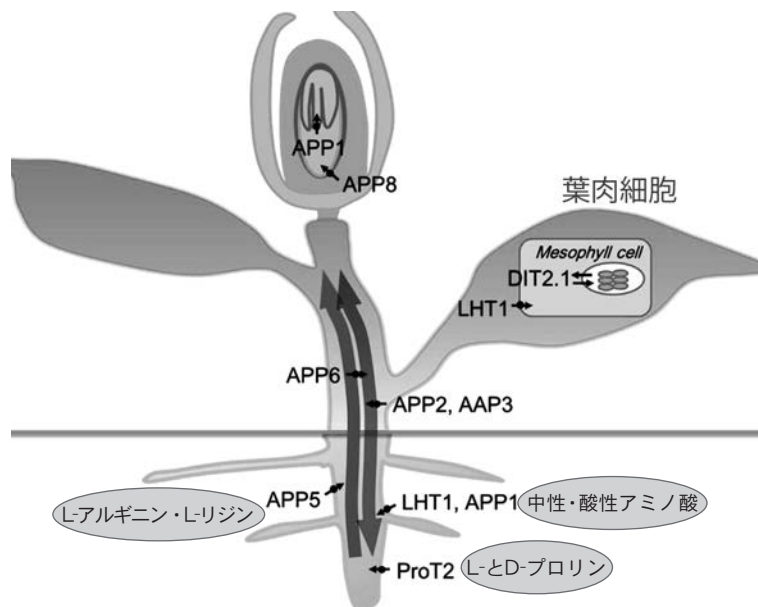
3. 低濃度エタノールを利用した土壌還元消毒

2008年～2011年に実施された(独)農環研、(地独)北海道中央農試、神奈川農技、千葉農総研、徳島農水総研、岐阜農技、岐阜中山間研、(財)日本園芸研、日本アルコール産業(株)の共同研究「低濃度エタノールを用いた新規土壌消毒技術の開発」の成果がインターネット上に詳しく公開されている。成果の一点目は、太陽熱養生処理の効果は地温だけではなく、エタノールの有機物としての土壌還元作用で、通常土壌中に多く含まれている三価鉄や多価マンガが二価鉄、二価マンガになって、土壌有害微生物の殺菌作用をしていることである。小祝農法の実行者で、有機物と共に、鉄資材を施用し、水田の除草に成功している農家もいる。

二点目は、0.25～0.5%の薄いエタノールを50～100L/m²も施用すると、水溶性炭水化物であるエタノールは下層約80cmまで太陽熱養生処理で還元状態にすることを明らかにしている。これこそ、小祝さんのよく言われる水溶性炭水化物の効果の一つと筆者は考えている。最後は、土壌還元が生じるため、有機物を分解できる微生物が活動できる地温であれば土壌消毒は可能なことである。これら3点をヒントに有機農業分野でも一般農業分野でも考えられることは多い。

4. 水溶性炭水化物の根や葉からの吸収

水溶性炭水化物の言葉は小祝さんから教えていただいた。筆者は、ラジオアイソトープを利用し、酢酸やアミノ酸、ビタミン、グルコースや核酸塩基などが植物の根や葉から光エネルギーにより吸収転流されることを農文協の農業技術大系や筆者の単行本²⁾で詳しく紹介してきたが、一歩進んで、それらによる生育、収量増加を示すことはできなかった。正直に言えば、筆者自身がリービッチによる無機栄養説を頭から全面的に信じ込んでいたことも、収量増への一歩進んだ栽培試験に懐疑心があったためである。



注：3字の英語と数字1文字は、各種アミノ酸のトランスポーター名を示す
出典：Wang, et al., (2014)

図1. 植物体内で作用する主なアミノ酸トランスポーター

今や遺伝子研究で、根でアミノ酸吸収に直接関与するアミノ酸のトランスポーターも各種同定され³⁾、図1に示すように明らかになっている。すなわち、従来の教科書では植物の根から吸収され窒素としては、無機元素としてアンモニア態窒素と硝酸態窒素は図2のように一般に記載されていたが、今やアミノ酸の吸収経路も図3のように追加した図を示しても国際的には何らおかしくない。もちろん日本では二弊直登先生（現在：東京大学准教授）の優れた研究がある⁴⁾。そして、どのアミノ酸でもが生育にプラスになるのではなく、マイナスになるアミノ酸も明らかになっている。

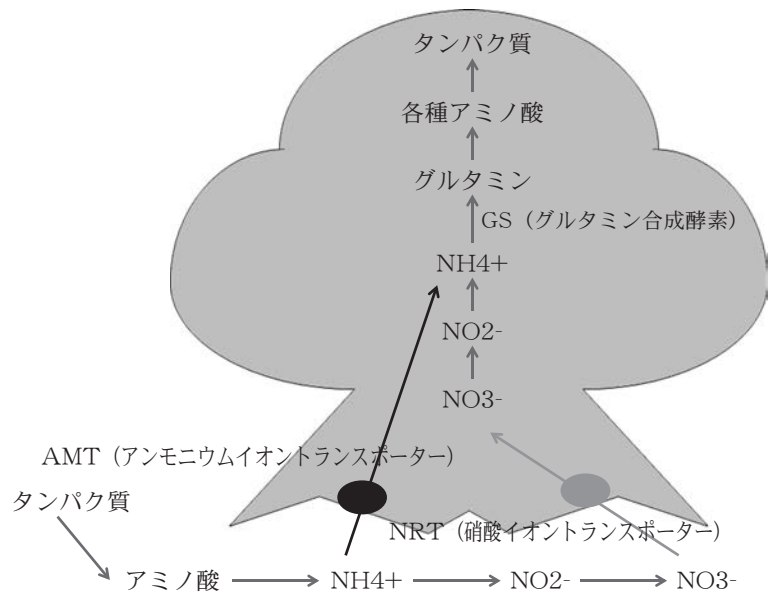


図2. 現在の植物栄養学の教科書の一般知識

しかし、小祝さんは水溶性炭水化物として、アミノ酸以外の物質の根からの吸収経路を推察されているのである。この点が学問的には全く新しい。水溶性炭水化物の植物体内へ吸収が生育にプラスに働いていることが証明されれば、旧来の植物栄養学の常識を大きく変える。筆者自身はラジオアイソトープを使用した実験で、葉面に塗布したグルコースなどが急速に根に転流するのに驚き、何度かグルコースの葉面散布の実験を行ったが、花などはむしろ老化を促進し、農業上の実用的使用は私には難しかった。しかし、農業生産現場では、特に有機農業を実践されている方は、酢酸を主体とした溶液を葉や根に散布し、高品質の農産物を生産されていた。すなわち、農業生産現場では図4の世界であった。植物栄養学の教科書を中心に思考し、勉強していた筆者には驚きの新しい世界である。

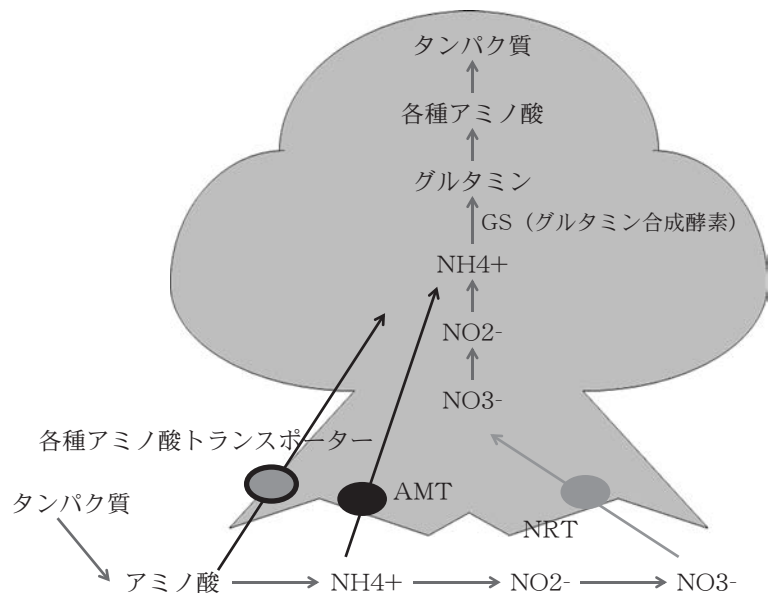


図3. アミノ酸については、トランスポーターレベルの証拠がある

酢酸について英語で検索すると、酢酸葉面散布でブドウの収量が上昇したデータを示す論文が

あった⁵⁾。ブドウの果実肥大期に1000mg/kg濃度の酢酸を散布すると、図5に示すように果実収量が増加している。図5に示すT3は280mg/kg濃度の腐植酸を施用したものである。腐植酸が作物の生育にプラスに働くことは古くから知られている。

日本では1985～1987年、元京都府立大学の故

米林甲陽名誉教授が科研費をいただいて研究をされていた⁶⁾。研究の一端を紹介すると、腐植酸 KP-1 を添加した春日井氏培養液は、腐植酸を添加しない処理区に比較すると生育が著しく促進されるが、水稻幼植物を 18 日間栽培し、莖葉を切断し溢泌液を集め養分吸収量を測定し、KP-1 腐植酸を添加して栽培すると、溢泌液量の増加が著しく、Ca, Mg, Na の吸収量が増加していた。また、莖葉部の無機成分を分析すると、N, Mg, Mn の吸収量が有意に増加していた。イオン交換膜を用いたモデル実験で腐植酸が Mg イオンの膜浸透速度を速めることも認め、根の表面でもこうした現象が起こるのではないかと考察されていた⁶⁾。また写真 (図 6) では、左から 2 つ目の腐植酸添加区は、無添加区より分けつは旺盛になっ

ているが、草丈は抑制されている。腐植酸の種類によっては培養液中の鉄と結合してしまい、鉄不足によりイネの身長抑制が生じるが、鉄の補充により回復し、生育は旺盛になるとの実験結果である (図 6)。海外の論文でも腐植酸の作物生育促進効果は広く認められているが、図 5 の著者達も、ブドウ体内の無機養分吸収量増加データを示していた。酢酸においても無機成分含有率増加を収量増加要因として考察をしている。決して、酢酸の炭水化物施用効果とは考えてはいない。このことは非常に重要で、正規の通常の土壌学者は腐

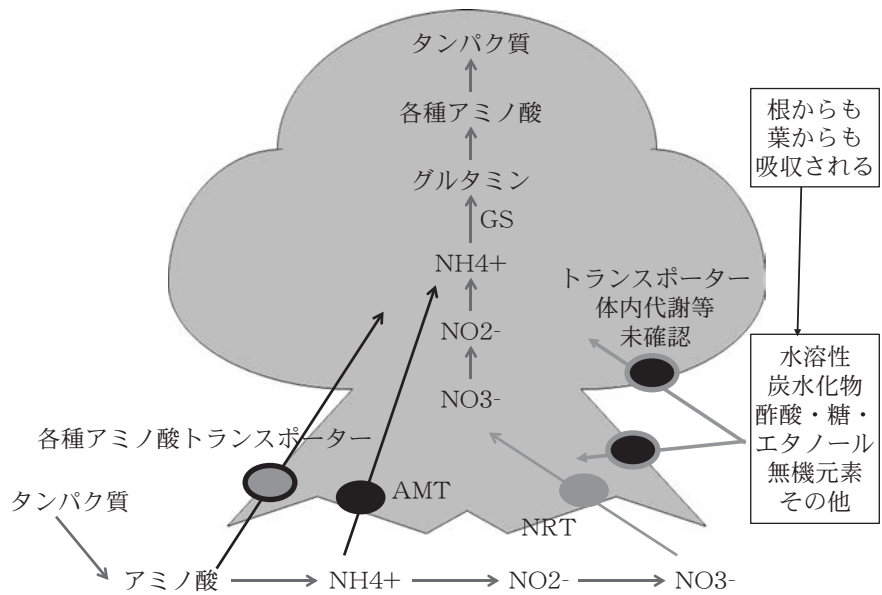


図 4. 学問的見地からは未確認だが、現場の植物栄養学

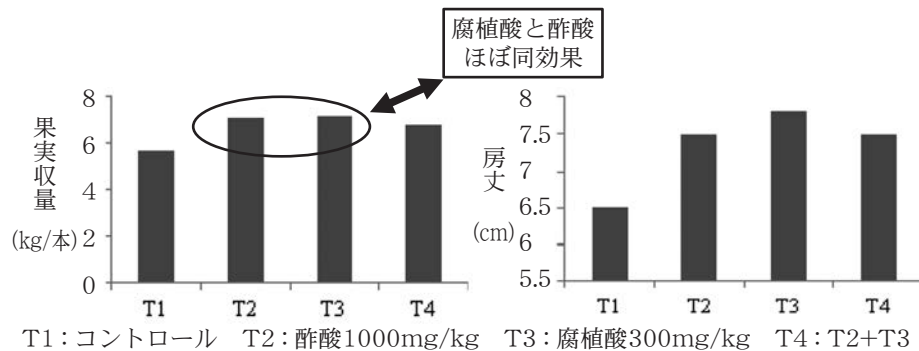
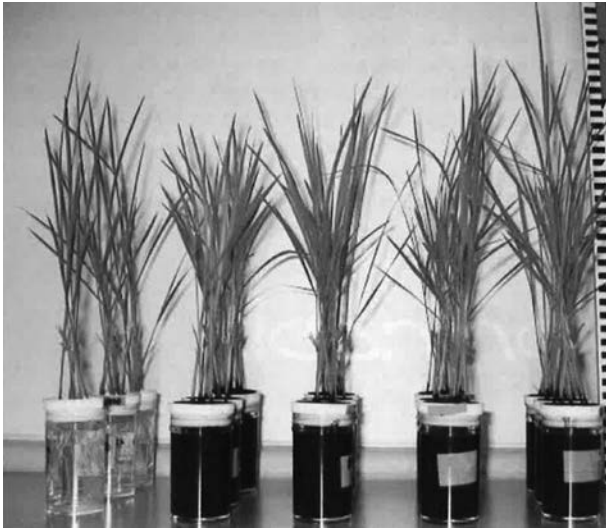


図 5. ぶどうでの酢酸と腐植酸の葉面散布による果実収量および房丈への影響

植酸がそのまま植物体に吸収されるのではなく、植物の必須元素であるマグネシウム等の吸収促進効果で作物体の生育が促進されると考えている。図 4 など全く考えられてはいない。日本の土壌学者もそう考えるのが普通で、発言は慎重にしたい。

5. エタノールも根や葉から吸収利用され作物の生育を促進する

平成28年11月29日東京農大での第17回施肥技術マイスター講座、第1回実学コースで、酢酸の葉面散布効果や水溶性炭水化物のことを説明する



TH-0 TH-100 TH-4Fe TH-9Fe TH-16Fe

注：供試水稻はコシヒカリ，培養液は春日井氏液-10倍希釈液（pH5.5）を用い，TH-0は，コントロール，TH-100は，TH腐植酸を100ppm，TH-4FeはそれにFe4ppm加えたもの，以下9ppm，16ppmの鉄を添加している。18日間栽培後の写真。写真は故米林甲陽先生提供

図6. 黒ボク土腐植酸に鉄を段階的に追加して水耕栽培

と，講座を受講されていた長浜義典さんが，非常に興味深い事実を教えて下さった。見せて下さった写真の1枚が図6であるが，すでに下記のような特許を取られている。

【公開番号】特開2014-40338 (P2014-40338A)

【公開日】平成26年3月6日

【発明の名称】植物栄養剤

【出願番号】特願2012-182782

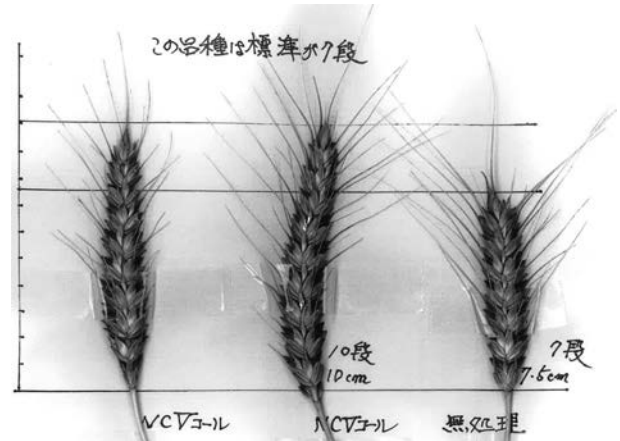
【出願日】平成24年8月21日

【出願人】有限会社長浜商店・長浜憲孜・長浜義典

【発明者】長浜憲孜・長浜義典

【要約】特別な施設，特別な栽培方法を必要とせず，植物に炭素を効率的に供給し，植物の成長を促進することができる植物栄養剤の提供。

【解決手段】植物栄養剤は，油糧種子を原料とする植物油と，アルコールとによって構成される。植物油と，アルコールとは，いずれも主要元素を炭素とするものである。よって，二酸化炭素を植物に供給するといった特別な施設，特別な栽培方法を必要とせず，植物に炭素を効率的に供給し，植物の成長を促進することができる。また，有効



注：NCVコールおよび写真は長浜義典氏提供

図7. エタノールを主として含む葉面散布剤の効果

成分として，窒素，リン，カリウム，イオウ，カルシウム，マグネシウム，鉄，マンガン，ホウ素，亜鉛，銅，モリブデン，塩素を含まないので，かかる成分を有効成分とする肥料と併用する場合でも，施肥する肥料との調整が容易であり，取り扱

い易い。
お父さんの時代から見つけておられたそうだ。非常に興味深く，メロンの発酵果防止にも効果があるようだが，詳しくは長浜商店（〒441-8123 愛知県豊橋市若松町字北ヶ谷153-2）までご照会下さい。

なお，長浜義典さんはエタノールが体内養分の一つとして有効利用され，生育に寄与されていることを代謝経路の各酵素を遺伝子学的にも証明できれば（現在の科学は遺伝子的解明もできないと証明とは認められにくい）と考えておられるが，そのような世界の植物栄養学の常識をひっくり返すような研究を成就するのは難しいと思う。

引用文献

- 1) Niisawa C., et al., (2008) Microbial analysis of a composted product of marine animal resources and isolation of bacteria antagonistic to a plant pathogen from the compost, J. Gen. Appl. Microbiol., 54, 149-158.
- 2) 渡辺和彦著（2006）作物の栄養生理最前線。農文協。

- 3) Wang M., Q. Shen, G. Xu, S. Guo, (2014) New Insight into the Strategy for Nitrogen Metabolism in Plant Cells. In Kwang W. Jeon, editor : International Review of Cell and Molecular Biology, Vol. 310, Burlington: Academic Press, pp. 1-37.
- 4) 二弊直登 (2010) 植物のアミノ酸吸収・代謝に関する研究. 福島県農総セ研報. 2, 21-97.
- 5) Asgharzade A. and M. Babaeian, (2012) Investigating the effects of humic acid and acetic acid foliar application on yield and leaves nutrient content of grape (*Vitis vinifera*). Afr. J. Microbiol. Res. 6, 6049-6054.
- 6) 米林甲陽 (1988) 生態系における腐植物質の化学構造と植物生育促進に関する研究. (課題番号60470124) 昭和62年度科学研究費補助金 (一般研究B) 研究成果報告書.