

発泡散布を用いた病害防除の取り組み

大阪府立大学大学院生命環境科学研究科 西 浦 芳 史

はじめに

昨今、TPP (Trans Pacific Partnership: 環太平洋戦略的経済連携協定) への加盟が検討されており、海外からの低価格農産物との競争、農産物の品質不安や農業の後継者不足への対応、農産物の自給率や安全性の確保のため、農業の改革が求められている。また、地球温暖化に伴う世界的な異常気象やバイオ燃料の需要等生産環境や産業界のバランスから農産物の確保が不安定となり、価格変動を激化させている。このような状況の中で、いかにして、安全で、低価格な農産物を安定的に生産し、供給するかが重要となる。環境低負荷型の農業で、安全な農産物を安定的に生産する体系を実現するには、植物工場など日本農業の近代化を目指すと同時に、露地栽培や施設栽培を問わず、生産工程全体の見直しを行う必要がある。筆者は、農業において、環境低負荷、省力、低コスト、高品質、高収益への技術開発に挑戦している(西浦, 2008)。

食品の安全・安心の確保のために2006年5月からポジティブリスト制度が施行され、生産現場では農薬の周囲飛散(ドリフト)防止が課せられた。これは、農業分野のみならず、ゴルフ場、学校・公園・公共施設の緑化樹、鉄道・道路、農地周辺的一般家庭などにもあてはまる。

我々は、農水省の先端技術を活用した農林水産研究高度化事業(現在、新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業)を受けながら、大阪府環境農林水産総合研究所、有光工業(株)、(株)アワフル、(社)静岡県ゴルフ場協会とプロジェクトグループを作り、農薬を泡にして散布する新技術の確立に、『ポジティブリスト対応、ドリフト防止可能な発泡散布技術の開発』を課題として、2007年度から取り組んでいる。

I 開発前の発泡原理と技術

我々が本技術を開発するまでに、生研機構の宮原氏が空気混入型のノズルを用いてドリフトを低減する研究を行っていた。その機構は、ノズル先端の横に小さな穴を開けてあり、展着剤などの界面活性剤を混入させた薬剤

がノズルを流れるときの勢いで空気を吸い込み、泡にするエジェクター方式で、泡消器と同じ原理である。この方式の発泡散布ノズルは、除草剤用やドリフト低減ノズル用としても市販されている。また、積極的に加圧空気を混入させて発泡散布する方式として、厨房や食品工場等の床面駆除(株式会社アワフル)や洗浄機(有光工業株式会社)等が市販化されている。海外に目を向けると、防霜用の泡散布が北米で行われているのみである。

II 泡への着眼

薬剤散布におけるドリフトは、粒滴の落下速度よりも気流による移動速度が大きくなったときに生じ、一定の気流下では粒滴が軽い(比重が同じなら微細粒)ほど大きくなる。従来から用いられてきた粒径 $100\mu\text{m}$ 以下の粒滴を噴霧するとドリフトを伴うため、粒径 $300\mu\text{m}$ 程度のドリフト低減ノズルとカバーとの併用が推奨されているのが農業散布の現状である。散布においては、植物や昆虫や細菌と粒滴の接触確率が高くなるようにムラなく附着させると同時に投薬量をできるだけ軽減させることが重要で、薄く均等に全面を覆うように附着させることが求められている。

泡は、空気を包む中空薄膜構造を形成しているために、同じ表面積の水滴に比べて投薬量を少なくできる。また、泡の薄膜構造は、微粒子がすき間なくつながり連なった形態とみなすこともでき、それを構成している微粒子の単体と比べると飛散しにくい。しかし、十分な重量がない千切れた泡はシャボン玉のようにドリフトするため、泡の比重や硬さは適正に保つ必要がある。

泡は、界面活性剤の効果により発生させることができ、一般に気体側に疎水基、液膜側に親水基を向けて配列している。界面活性剤は、気体と液体の界面、固体と液体の界面において界面張力を低下させるため、ぬれ性を向上させる効果があり、撥水性の高い茎葉に対しても高い附着性が期待できる。界面活性剤により泡の外側に親油基(疎水基)を持つため、蠟状のクチクラ層に覆われている植物への泡の附着性は比較的高いが、泡の流動性(粘性・重さ)により停滞時間に影響する。すなわち、泡を生成する際の水・空気・界面活性剤・薬剤の混合比率によりできる泡の硬さや大きさに影響し、ドリフト特性や附着性が決まる。界面活性剤や薬剤は、その種類に

Pest Control with Bubbles. By Yoshifumi NISHURA

(キーワード: 防除方法, 泡, ドリフト, ポジティブリスト, 減農薬)

より物性が異なり、適量配合が重要となる。

III 発泡散布の特性

1 ドリフト

薬剤投下量を軽減する立場からは、大きな気泡で薄い泡を全面に散布することが有効であるが、このような泡は薬液量に対する空気量が多くなるため、軽くなりドリフトする可能性が高くなる。

2 付着性と持続時間

付着性が高いとクチクラ層内に薬剤を含んだ界面活性剤も入り込み、薬剤の残留性が危惧される。

界面活性剤の気泡性は、イオン性界面活性剤の分子間の静電反発に起因しているため、分子間で互いの反発がないと液膜が薄くなるのを止めきれなくなる。非イオン性の界面活性剤も含め、プラトー境界に凝集する力と粘性やイオン結合力等の力が釣り合わなく、泡の液膜が薄くなるのを止めきれなくなると、破泡を生じ、消泡する。

薬剤散布では、茎葉における泡の適正な停滞時間の確保が有効であるが、時間経過とともに流動させ、消泡させることも必要となる。泡が群落内の茎葉などに当たり、その膜が破れた場合でも、その近接で微粒子化が生じ、群落上から微粒子を散布することに比べてドリフトしにくいいため、付着しやすい。もし、薬液の付着効率を上げることができる泡散布が実現すれば、面積当たりの薬液投下量を軽減できる。

薬剤散布は、植物を薄く覆うということが基本である。泡は植物とその表面にいる昆虫や細菌を覆い、泡に包含した薬剤との接触と浸透による殺虫・殺菌がなされる。泡が植物表面に長時間停滞することにより、薬効が持続して病害虫や有害菌が全滅する一方、益虫や有益菌も殺虫・殺菌してしまうのみならず、植物を長時間泡で囲うこととなり、植物の呼吸や光合成等のガス交換を妨げる。すなわち、長時間の泡の停滞は、植物に薬害を及ぼす可能性があり、薬効が現れるために必要な時間経過後に消泡（破泡）する必要がある。起泡時には均等の厚さを保っていた泡の皮膜も、葉面吸着や重力による液移動により、より薄膜となり破泡する。この破泡までに至る時間は、界面活性剤の濃度、膜厚、種類（イオン性静電反発）等に依存する。除草、施肥、殺虫、殺菌等の各散布目的ごとに最適な濃度、膜厚、種類等を選択すべきである。

3 散布目的

まず、除草では、浸透移行性の薬剤が多く用いられているために、一部でも付着していれば他の植物にかからないようなドリフト軽減のみの効果が期待される。

次に、施肥では、尿素など葉面散布される場合があり、適正濃度と量が重要となり、付着が不十分でも根が吸収して補完できることもある。

また、殺虫では、薬剤を昆虫に接触させる必要があり、昆虫の習性や生態を把握して、散布することが効果的である。薬剤を添加せずに界面活性剤のみでも、窒息死、羽化障害、羽根の鱗粉の無効化、浸透圧差による脱水死、弱いが殺菌力等で防除でき、芳香剤やフェロモンによる昆虫の誘引とともに用いると、より効果的に殺虫できる。

最後に、殺菌では全面を覆う必要があり、最もいいに散布する必要があり、特に葉裏への付着は薬液の流動性を利用した回り込みも期待が薄く、散布に工夫が求められる。

また、水田や沼池や水路等では、魚毒性や環境ホルモンの影響がない界面活性剤や薬剤を用いれば、泡散布での殺虫・殺菌が期待でき、墨などで黒くすれば遮光除草も可能となる。

4 泡散布に期待される効果

表面付着性と均一性と透過量削減の見地から微細水滴が従来から用いられてきたが、ドリフトしやすく、他の作物や作業者に被爆（吸引）する可能性が否定できない。シャボン玉のように単離することなく、塊（クラスター）として泡を散布するならば、慣行の液滴散布に比べるとドリフトを軽減でき、泡の薄膜や付着性（展着剤と同様、界面活性剤の界面張力を低下させ、ぬれ性を向上）や薬剤非混入の界面活性剤のみによる散布等から薬液投下量を軽減できる。

すなわち、発泡散布は、薬液投下量を削減することから環境負荷を低減でき、ドリフトを防止することから農産物の安全性が確保でき、飛散防止と可視により作業への安全が確保できると同時に、防除効率を高め、防除作業の省力化も可能となる。なお、界面活性剤がもつ高浸透性による薬剤を含めた植物への残留性や環境ホルモンとしての作用等、界面活性剤の選択には十分に安全性を考慮しなければならない。

IV 発泡散布技術の開発

発泡散布は、泡をつくる（起泡）、散布して付着させる（散布）、泡を消す（破泡）技術からなる。泡は、効率よく、連続的に安定して作る必要がある。

我々のプロジェクトグループは、製泡原理から発泡装置を見直し、高圧気液混合方式、薄膜膜通気方式、液中曝気方式の三つの方式について、それぞれの特徴を捉えるところから研究・開発に取り組み、プロトタイプを試作した。

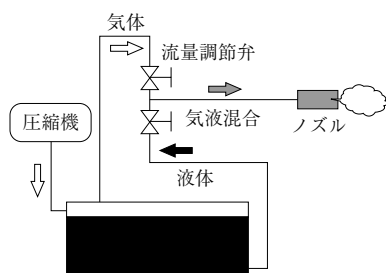


図-1 高压気液混合方式

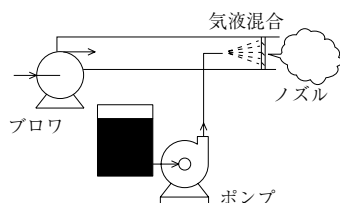


図-2 薄液膜通気方式

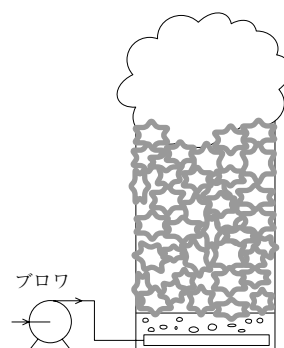


図-3 液中曝気方式

高圧気液混合方式（0.3～0.5 MPa程度）では、これまでポンプ（動力噴霧器）とコンプレッサ（空圧機）の組合せで、非圧縮体の水と圧縮体の空気を混合する場合の圧力変動が起泡に影響し、泡の性状が安定しなかった。そのために長いバッファを設けて、混合の安定化を図る必要があり、装置としては小型化が困難であった。空圧を安定化するために蓄圧式に変更することで小型化ができ、空圧により薬液を排出すると同時にその空気も排出して混合する方式を考案（原理図：図-1）することにより、動力噴霧器と空圧機を空圧機に一元化でき、気液の供給圧力も一定にできた。薬液量の使用量は他の2方式に比べて多く、散布口から1～2m程度の到達距離で、風量2 l/分、泡量3.9 l/分、泡化率（泡の比重）60 g/lであった。なお、泡化率を大きくするとすなわち、重い泡にすると到達距離は7～8m程度までとなる。この方式は、高木果樹や樹木等の立木に適用することが望ましい。

空圧が比較的低いプロワ（0.1 Mpa以下）による薄液膜通気方式（原理図：図-2）は、シャボン玉の原理で、均等に噴霧された薬液の膜に対して適正な風速を貫通させる方式である。発泡効率を上げるには、膜貫通風速の均一化と製泡面積を大きくとることが有効で、0.5～1m程度の到達距離で、風量1,333 l/分、泡量213.5 l/分、泡化率4.5 g/lであった。

飛散させることなく落下させる液中曝気方式では、ブクブクの原理（図-3）で、薬液を入れた水槽内の曝気

管にその水压以上の空気を貫通させ、液剤に対する空気の比重差に基づく浮力により、液剤内における空気の上昇過程で泡となる。

泡の大きさは、曝気管の穴径と穴数とその分布、風圧・風量により決まり、泡同士が結合して大きな泡になることから経路長さも考慮する必要がある。薬液面上に浮上した泡は、順次送られる空気により作られる泡により、以前に作られた泡が押し、泡は薬液面上を上昇あるいは移動し、最終的には泡が水槽容器の出口から溢れる。この移動過程で作られた時点で全面に対して均等であった泡の水分が重力により下方に移動し、一つの泡においても膜の均等性が崩れる（上方で水分が少なく、下方で多くなる脱水過程）。したがって、薬液濃度が低い場合は、泡の上面の張力が保たれず、破泡しやすくなり、薬液濃度と移動距離を適当に保つ必要がある。剪断破壊が生じない程度の搬送が重要である。この方式では、泡の起泡性と持続性が重要であり、風量3,200 l/分、泡量561.2 l/分、泡化率0.36 g/lで、最も効率の高い泡散布方式であった。

いずれの方式による製法泡でも、硬くきめの細かい泡は、破泡し難く、高圧空気による飛散到達距離が長い、散布量が多いため、薄く散布する工夫が必要である。

V 泡防除の効果

図-4は、大阪府環境農林水産総合研究所（食とみどり技術センター）での実験結果で、イチゴのうどんこ病に対する発泡散布の防除効果を示している。

マイクロタニル剤（ラリー乳剤）の慣行噴霧散布と発泡散布を比較したもので、食品添加物用の界面活性剤を用いて発泡させている。発病率は、薬剤を8,000倍に希釈した場合でも、慣行散布と同等以上の防除効果が得られた。

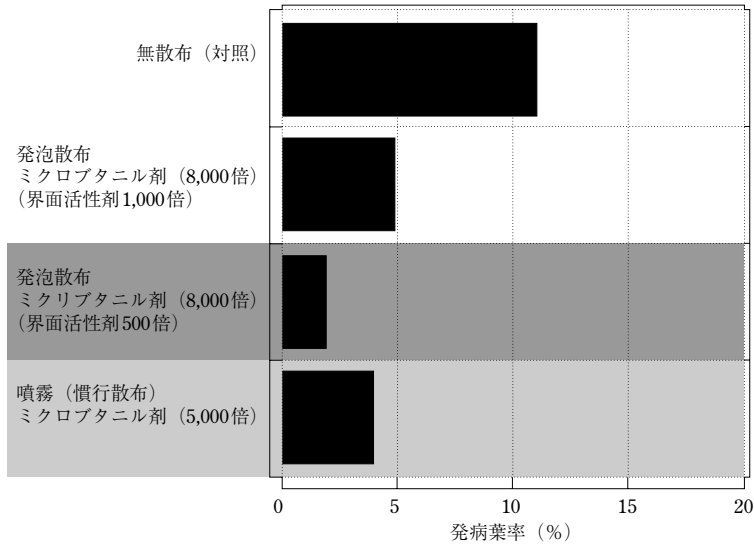


図-4 イチゴうどんこ病に対する発泡散布の防除効果

ミクロブタニル剤（ラリー乳剤）の噴霧散布（慣行散布）と発泡散布について防除効果を比較した。発泡散布では、8,000倍で、慣行散布と同等以上の防除効果が得られた。

VI 実用化に向けた課題

発泡散布の応用は、実験施設などの場内等で行っている。しかし、2009年開催のアグリビジネス展（幕張）に展示したところ、農家および農協等における市販化の要望はすこぶる高く、海外からも注目を浴びている。一般化・市販化するには農業登録が必要であるが、登録が許可されれば、革新的技術となると考えている。その他、

鳥インフルエンザや口蹄疫等空気感染性のウイルス進入を防ぐために、施設を泡で覆うなどの利用も考えられ、泡の断熱効果を利用するなど、破泡時間のコントロールにより防除以外の利用も多く想定される。

引用文献

- 1) 西浦芳史 (2008): 産学官連携活動の実際, 中央経済社, 東京, p. 151 ~ 163.

(新しく登録された農薬 16 ページからの続き)

22873: トビキリフロアブル (石原産業) 11/02/02
カフェンストロール: 4.2%, ダイムロン: 8.4%, ピラゾキシフェン: 20.0%, ベンゾビシクロン: 4.0%

移植水稲: 水田一年生雑草, マツバイ, ホタルイ, ヘラオモダカ (北海道, 東北), ミズガヤツリ (北海道を除く), ウリカワ, ヒルムシロ, アオミドロ・藻類による表層はく離 (関東・東山・東海, 九州)

●アシュラム液剤 ※新製剤

22877: アージラン AL (ユーピーエルジャパン) 11/02/16
22878: HUPL アージラン AL (保土谷 UPL) 11/02/16
22879: シバニードシャワーワイド (住友化学園芸) 11/02/16
アシュラム: 0.20%

日本芝 (こうらいしば): 一年生雑草

「農薬肥料」

●ウニコナゾール P 複合肥料 ※新規参入

22880: 登熟一番 25 (日本エコアグロ) 11/02/25
ウニコナゾール P: 0.0040%

22881: 登熟一番 20S (日本エコアグロ) 11/02/25
ウニコナゾール P: 0.0020%

22882: 登熟一番 20W (日本エコアグロ) 11/02/25
ウニコナゾール P: 0.0030%

22883: 登熟一番 18 (日本エコアグロ) 11/02/25
ウニコナゾール P: 0.0040%

22884: 登熟一番 21 (日本エコアグロ) 11/02/25
ウニコナゾール P: 0.0040%

22885: 登熟一番 27 (日本エコアグロ) 11/02/25
ウニコナゾール P: 0.0040%

水稲: 節間短縮による倒伏軽減