

農薬による水質汚染と健康被害を防ぐ

農業技術研究



青森県立名久井農業高等学校

Bubble Boys

石塚大城・上長根康平

【はじめに】

地球の人口は70億人を突破し、さらに毎年約1億人ずつ増加している。そのため人口増加に対する食料増産が求められている。生産を増加させるには耕地面積を増やすことが考えられるが、開発に要する莫大な経費を考えると限界がある。そこで今できる対策として生産過程でのロスを最小限に減らす技術開発が重要となっている。作物生産のロスの大きな要因は病虫害や雑草の発生であり、日本植物防疫協会は農薬を使わない場合、平均で20～40%の収量が損失すると報告している。また地域別にみるとアフリカとアジアが多く、損失金額ではアジアが世界の約60%を占めている。現在、アフリカ、アジアは人口が増加している地域であり、今後も農薬使用はますます増加すると考えられる。

農薬を使わない場合の作物別損失率

作物	イネ	ダイズ	キャベツ	トマト	ジャガイモ
損失率 (%)	24	30	67	36	38

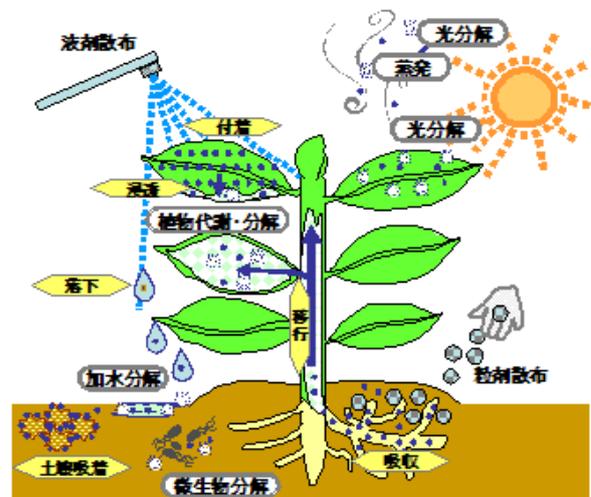
農薬を使わない場合の地域別作物損失率

地域	アフリカ	アジア	南米	旧ソ連
損失率 (%)	49	48	42	41

農薬とは除草剤、殺菌剤、殺虫剤などを意味するが、2005年の世界市場は3120億米ドルと1980年の3倍にも拡大している。特に中国では毎年約120万トンという大量の農薬を使用している。また病虫害に弱い綿花では世界の農薬使用量の6.8%使っており、産地のオーストラリアやブラジル、インド、トルコでは農民が命を落とす被害も発生している。

農薬の多くは液剤、粉剤であるが飛散の問題から粉剤は減少傾向にあり、逆に液剤が増加している。適正濃度、適正量を散布した場合、葉についた農薬は作物に吸収されるほか、蒸発して太陽光により光分解され無毒化される。(図1)ところが開発途上国では農薬に対する十分な知識がなく大量の高濃度農薬を無防備で散布している。液剤は風により飛散することがわかっている。飛散した粒子は近隣の住民、近隣の農作物に付着するほか、水源や用水に入る。これが住民の健康被害や生態系を乱す原因となっている。飛散量は散布量、風に左右されるため、小型ヘリコプタやドローンを使った最新の農業でも発生している。

図1 散布された農薬の動き



【研究の目的】

そこで私たちは身近にある泡に注目した。なぜなら洗顔や食器洗いなどに使われている泡（泡沫）は霧状ではないため風で飛散しにくく、葉に付着しても流れ落ちにくいイメージがある。もし農薬を泡状で散布することができれば、しっかり葉に付着し飛散を減らせるため、農薬による水質汚染と健康被害を防ぐことができるのではないかと考え、研究に取り組むことにした。

【研究材料と研究方法】

< 1年目 >

(1) 農薬の泡状化

泡には気泡と泡沫の2つがある。気泡は「液体によって気体が閉じ込められた状態」で、その気泡が沢山集まった状態が泡沫である。気泡は界面活性剤によって表面張力が弱まってできる。その気泡が安定し

て集まったのが泡沫なので、泡農薬を作るには泡沫化する必要がある。しかし石鹼や洗剤を入れると植物に悪影響が出る。そこで害のないさまざまな発泡効果のあると思われる薬品を水に混ぜて泡になるか試した。また噴霧は洗顔石鹼用の小型泡スプレーを用いた。なお分量はそれぞれの薬剤用途の推奨量とした。

試験区	水に対する添加量	成分
展着剤アプローチ	0.5%	ポリオキシエチレンヘキシタン脂肪酸エステル 50.0%
サポニン	0.4%	椿油かす粉末（天然サポニン 65%）
レシチン	2%	ダイズ抽出（天然レシチン）
ニームオイル	水と同量	ニーム種子の抽出油（ダイコー社製）

（2）落下実験

液剤の多くが散布後に流れ落ちるといわれている。そこで液体散布と泡状散布の違いを調査することにした。植物にはハスの葉に代表される撥水機能を持っているものが多い。特にイネ、ムギ、マメ類、タロイモなど主食となる作物やキャベツなどの換金作物で多く見られる。本校では現在、京都大学と連携して雪の付着しにくいLED信号機の開発を行なっている。そこで信号機研究班のアドバイスを受け、散布試験ではあえて撥水しやすい草花の葉ボタンとした。実験は葉ボタンの地際にアルミホイルを敷き、水を5ml散布して流れ落ちる水滴を1分間受け止め、その量を測定することにした。実験は気温23℃、湿度62%の室内で行った。

（3）付着実験

散布された農薬の多くは流れ落ちるが、葉につくものもある。特に泡状にすると安定して葉に付着すると考えられる。そこで付着時間を調査した。植物は撥水しやすい葉を持つコショウランとし、葉に水と泡を1.5mlずつ散布した。実験は気温23℃、湿度62%の室内とした。

（4）節水実験

泡は液状より少ない液量で散布できる可能性がある。そこで同一面積の植物に散布してその液量とかかった時間を比較することにした。散布面積は0.74 m²（60cm×120cm）のトレイとし、植物は草花のナデシコ苗とした。散布は屋外で行い、葉が均等に濡れるようにした。噴霧器は工業用の小型泡洗浄器グロリアFM10（株式会社日本クランツレ製）を用いた。

<2年目>

（5）殺菌実験

泡であっても液体なので病害虫に散布すれば対象物は濡れ、薬剤の効果は現れると考えられる。そこで実際に散布して液状と効果を比較することにした。実験はシャーレに培地を流し込み、冷えたら菌根菌（VICOM社製）を3gまき、28℃の定温器で48時間培養する。菌糸が成長したら殺菌剤ダコニール（住友科学園芸製）を液状と泡状で散布して観察する。

菌根菌用培地

培地組成	分量
蒸留水	500ml
寒天	7.5g
サッカロース	10g

殺菌剤

薬液組成	分量
蒸留水	998ml
ダコニール 1000	2ml

3 成果と考察

(1) 農薬の泡状化

目的とする泡は形が壊れにくいクリーム状とした。その結果、サポニン、レシチンではクリーム状にはならなかった。またサポニンはやや泡立つが水っぽかった。しかし展着剤では使用可能な緻密な泡ができた。なお実験は農薬を入れずに行った。

試験区	水に対する添加量	泡形状
展着剤アプローチ	0.5%	○ 緻密
サポニン	0.4%	△ 水っぽい
レシチン	2%	× 泡ならず
ニームオイル	水と同量	× 泡ならず

次に展着剤の分量を変えて作ったところ水1Lに対して機能性展着剤アプローチ80mlのものが一番しつかりとした硬い泡になった。しかし他社の展着剤ではこのような泡にはならなかった。メーカーに問い合わせたところ、含まれている界面活性剤が他社より泡立つからではないかとの回答だった。そこで今後の実験は展着剤Aの分量0.5%添加（右下写真）を用いることにした。

試験区	水に対する添加量	泡形状
展着剤A	0.5%	◎
展着剤B	7.5%	◎
展着剤C	15%	○



(2) 落下実験

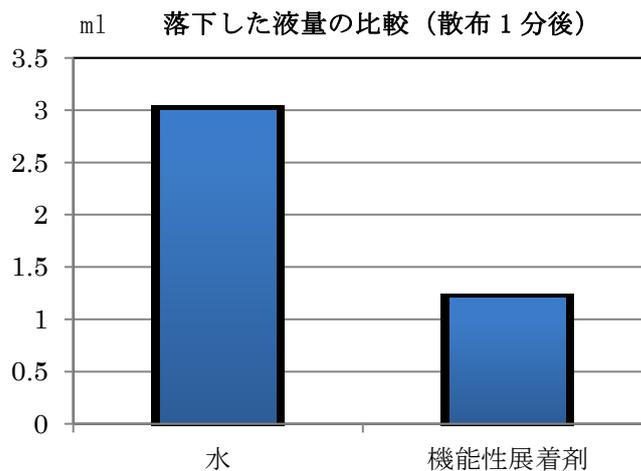
水を散布した場合と展着剤Aの泡を散布した場合、どれぐらいの量が落下してしまうか実験した。また散布液量は5mlとし、風の吹かない室内で行った。さらに見やすくするため赤く着色した。植物は葉ボタンとした。その結果、液状では散布直後に60%の3mlが瞬時にこぼれ落ちた。これは葉ボタンの葉が鋭角に立っているからだと考えられる。しかし泡状散布では鋭角でも落下は24%に留まった。残った泡は葉に1時間以上付着したままであった。なお液剤にはわかりやすく赤く着色した。農薬は植物表面から取り込まれるため長時間付着する泡散布は効果が大きいと考えられる。



液状は液滴が数滴残るだけ



泡状では緻密な泡が覆う

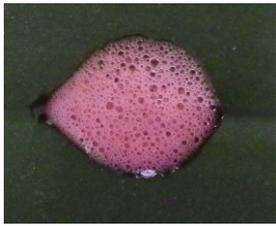


(3) 付着実験

葉に付着した泡は時間が経つとどのような形状変化をするのか観察してみた。調査は泡本体の大きさと泡周辺の水になった部分の大きさを5分ごとに調査した。その結果、散布直後の泡の周辺には水の輪はないが、時間が経つと泡がしだいに壊れて水に戻り泡周辺に輪ができることがわかった。しかし1時間たっ

でも泡本体は80%しか縮小せず、十分な農薬の効果を植物に与えることができると考えられる。

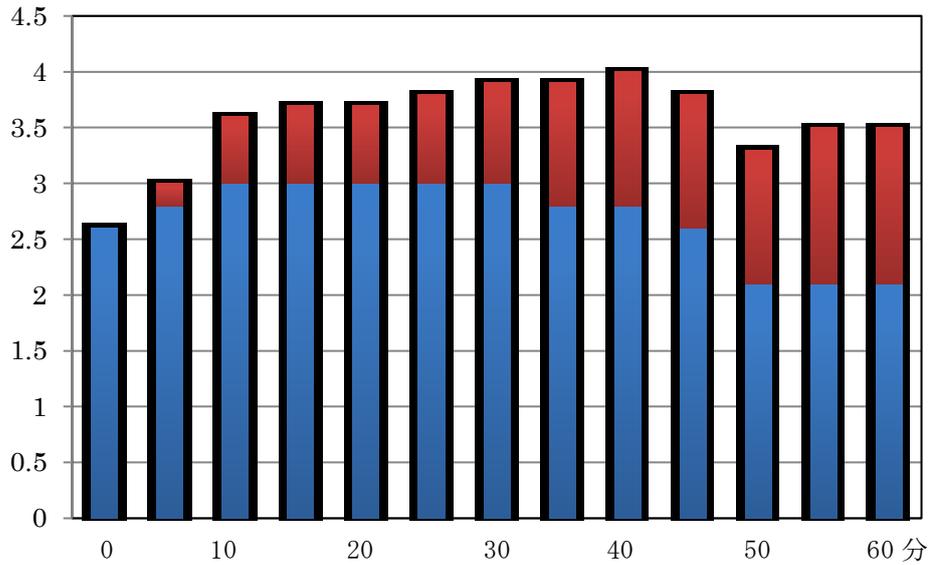
cm 泡の時間的形狀変化 (青：泡本体の直径 赤：泡周辺の水の輪の直径)



散布直後の泡



1時間の泡 (周辺に黒い水の輪が広がる)



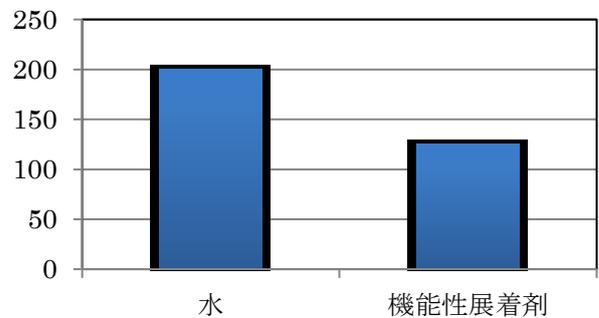
(4) 節水実験

植物トレイ3個を並べた0.74cm²の苗に従来の霧状と考案した泡状の液体を散布し、それに要した液量を測定した。なお散布は通常の農薬散布と同じに行った。また散布にかかる時間も比較した。植物はナデシコとした。その結果、従来の液状散布では200ml必要だったが、泡状散布では125mlと35%以上節約できた。これは泡が空気を含んでいるため同じ液量でも広範囲を覆うことができるからだと考えられる。また散布に要した時間は液状11秒、泡状12秒と大差なかった。節水はもちろん薬液の使用量削減にもつながると考えられる。



蓄圧式小型手動泡噴霧器 泡状に散布されたナデシコ

散布に要する液量の比較

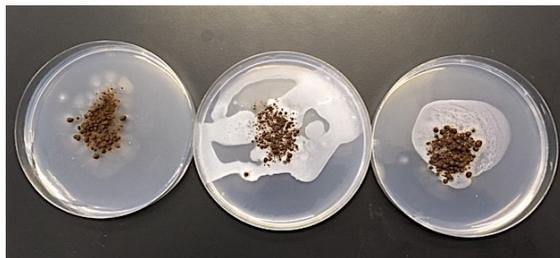


(5) 殺菌実験

糸状菌である菌根菌をシャーレで培養し、菌糸が伸びてきたらダコニール殺菌剤を500倍に希釈して散布した。ダコニールはさまざまな糸状菌の病気に効果があり、広く利用されている。液状で散布すると農薬がシャーレから飛び散るほか、培地上を流れてしまうが、泡状では狙ったところに長時間接触させることができ扱いやすかった。また24時間後に観察すると無処理は菌糸が伸びているが、液状及び泡状では薬液がかかった箇所に菌糸を確認できなかった。これにより泡状にしても薬効は低下しないことが確認できた。



散布直後 (左：液状、右：泡状)



24時間後 (左：無処理、中：液状、右：泡状)

(6) 天然素材混合実験

泡状散布は成功したが、開発途上国では展着剤が手に入りにくい可能性がある。そこで展着剤の使用をいくらでも抑えられるよう、再度天然界面活性剤を模索した。さまざま試したが、最終的に熱帯地方など温暖な地域に自生するムクロジ（ムクロジ科の高木）の実から抽出した天然サポニン液を加えることで上質な泡ができ、展着剤の使用量を従来0.5%から半分以下の0.2%にすることができた。

ムクロジと展着剤の混合試験（右下の写真がムクロジの果皮）

試験区	水に対する添加量	結果
ムクロジ区	ムクロジ抽出液 2%	△（泡持ちが短い）
ムクロジ 展着剤混合区	ムクロジ通出液 2% 展着剤アプローチ 0.2%	○ きめ細かい泡で長持ち



※ムクロジ抽出液は蒸留水 200ml に果実を 2 粒一昼夜浸けたものとする。

(7) 飛散実験

実際に液剤と泡剤の飛散距離を測定した。液剤は蓄圧式噴霧器、泡剤は工業用蓄圧式泡噴霧器を使った。なお農薬被害を防止するため、農薬を混合せずに実験した。

飛散実験（風速 3 m 前後）

試験区	飛散距離(m)	結果
液状散布（下 45 度に）	16.5	目に見えない霧が飛散
泡状散布（下 45 度に）	4.2	泡の重さで飛ばない
泡状散布（60cm から真下）	0.42	真下でも広がらない



【結論】

農薬による水質汚染と健康被害の問題について飛散防止の観点から研究した。その結果、液体農薬を現在のように霧状に散布するのではなく泡状にすることで飛散を抑制できることがわかった。また泡状にすることで葉に長く付着するうえ、少ない農薬量で散布できることもわかった。これは途上国で起きている高濃度大量農薬による被害を抑制できるとともに節水にもつながると私たちは考える。

現在、圃場で実用化試験を行っているが、散布したところが目でわかるためとても作業しやすいことがわかっている。このように飛散させずに狙い撃ちできるため除草剤散布でも大きな効果があると思われる。また植物のムクロジの実を加えることで展着剤の濃度を 60%抑制できることもわかった。世界にはいろいろな天然界面活性剤はある。今後はさまざまな発泡効果のある天然素材を探すことで開発途上国でも自作できる泡農薬技術を模索したい。またこの泡農薬は環境問題の専門家である日本環境科学会から今春開発途上国に限らず広く利用できる技術として表彰されとても自信になっている。泡剤散布は飛散しにくいことから逆に散布時間が伸びる欠点があるが、水源を農薬汚染から守り人々の健康と安定した食料供給という SDGs（持続的開発目標）実現には必要な技術である。今後は世界初の泡用ブームスプレーヤーの開発に挑戦したい。なお紙面の関係で詳細を記載できなかったことをお許しいただきたい。



アフリカの液剤散布



圃場試験



除草剤試験