

混用散布がナシ、ネギ、トマト、ナスでの 農薬残留に及ぼす影響

埼玉県農林総合研究センター ^{ないとう}内藤 ^{けんじ}健二・^{さとう}佐藤 ^{かずひろ}一弘
元埼玉県農林総合研究センター ^{さとう}佐 ^{けん}藤 ^{けん}賢 ^{いち}一

はじめに

複数種の病害虫の同時防除や散布労力の軽減等の目的から、生産現場では農薬の混用散布がしばしば行われている。このような現地での混用は、混合剤として登録されている農薬の使用とは異なり、農薬の組合せや混用による影響が考えられる。農薬のラベルなどに記載されている病害虫の効果や作物の薬害についての情報は、単一農薬の使用によるデータに基づくものであり、農薬を混用散布した際の効果や薬害の有無まで担保するものではない。このため、農薬の組合せによっては混用散布による防除効果の低下や対象作物への薬害の発生が懸念されることから、農業団体や農薬メーカーにより、効果や薬害の面から「農薬混用事例集」が作られており、現地混用散布の参考とされている。しかし、農薬の混用散布による作物残留に及ぼす影響についての知見は少ない。

そこで、本稿では、埼玉県における主要な農作物であり、比較的薬剤防除回数が多いナシ、ネギ、トマト、ナスを対象として、農薬混用による作物残留の知見を収集するために調査した結果について紹介する。

I ナ シ

1 調査方法

埼玉県の主要なナシ生産地域の防除暦より、収穫期近くに散布される可能性のある薬剤から表-1の通り選定し供試薬剤とした。うち、トラロメトリンは剤型についても検討した。なお、トラロメトリンは、乳剤とフロアブルで有効成分量が異なるため、剤型が異なっても同じ成分量が暴露されるよう希釈を調整して試験を実施した。

試験には埼玉県農林総合研究センター園芸研究所内のナシ（品種：‘長十郎’）を用い、2008年8月20日、2009年8月6日に薬剤を散布、散布1日後、7日後、（ジフェノコナゾール区は14日後を追加）に果実を採取し、残留農薬の分析を実施した。

Influence of Tank Mixing of Pesticides on Their Residues in Japanese Pear, Welsh Onion, Tomato and Eggplant. By Kenji NAITO, Kazuhiro SATO and Kenichi SATO

（キーワード：農薬混用散布，農薬残留）

2 調査結果

調査したすべての薬剤について、単用散布、混用散布とも残留基準値未満であった（表-2, 3）。2008年は、収穫前日まで散布可能な殺虫剤トラロメトリンと殺菌剤クレソキシムメチル、使用時期が収穫7日前までのEBI系殺菌剤ヘキサコナゾールについて調査したが、調査した農薬すべてにおいて、散布翌日から残留基準値に比べかなり低い値で、また剤型や混用の組合せによる差は見られなかった。2009年は、収穫前日まで散布可能な殺ダニ剤アセキノシル、殺虫剤ジノテフラン、殺菌剤クレソキシムメチル、使用時期が収穫14日前までのEBI系殺菌剤ジフェノコナゾールの混用影響について調査した。クレソキシムメチル（ドライフロアブル）、アセキノシル（フロアブル）とジノテフラン（顆粒水溶剤）の3剤混用では、クレソキシムメチルとジノテフランの残留値がやや減少した。また、収穫前使用日数が14日であるジフェノコナゾールは、単用散布、混用散布とも、調査期間における残留の減衰は緩慢であるものの散布翌日から残留基準値よりかなり低い値であった。

II ネ ギ

1 調査方法

供試薬剤はネギに対し乳剤、水和剤の両方に登録のある殺虫剤（ダイアジノン）、殺菌剤（ミクロブタニル）を用いた（表-4）。また、展着剤使用区には、ポリオキシエチレンヘキシタン脂肪酸エステル（50%含有）を用いた。これらの薬剤をモデルとして選定し、剤型などの違いによる農薬混用の影響について調査した。なお、同一薬剤でも乳剤と水和剤では有効成分量が異なるため、剤型が異なっても同じ成分量が暴露されるよう希釈を調整して試験を実施した。

試験は埼玉県農林総合研究センター園芸研究所内において実施した。品種‘冬扇’を用い、2007年7月26日に定植、2008年1月22日に薬剤散布した。散布14日後に植物体を採取、本葉3枚仕立てにし60cm長に切りそろえ、残留農薬の分析を実施した。

2 調査結果

調査したすべての薬剤について、単用散布、混用散布

表-1 ナシ試験供試薬剤

試験年	農薬成分名	商品名	有効成分量 (%)	希釈倍数	散布液量 (l/10 a)	収穫前使用 日数
2008 年	トラロメトリン	スカウト乳剤	1.6	2,000	555	前日
	トラロメトリン	スカウトフロアブル	1.4	1,750	555	前日
	クレソキシムメチル	ストロビードライフロアブル	50	2,000	555	前日
	ヘキサコナゾール	アンビルフロアブル	2	2,000	555	7 日
2009 年	アセキノシル	カネマイトフロアブル	15	1,000	555	前日
	ジノテフラン	アルバリン顆粒水溶剤	20	2,000	555	前日
	ジフェノコナゾール	スコア水和剤 10	10	4,000	555	14 日
	クレソキシムメチル	ストロビードライフロアブル	50	2,000	555	前日

表-2 農薬混用散布によるナシの残留濃度（2008 年）

	散布 1 日後	散布 7 日後
トラロメトリン濃度（残留基準：0.5 mg/kg）		
フロアブル単用	< 0.05	< 0.05
乳剤単用	< 0.05	< 0.05
フロアブル＋ヘキサコナゾール（フロアブル）＋クレソキシムメチル（ドライフロアブル）	< 0.05	< 0.05
乳剤＋ヘキサコナゾール（フロアブル）＋クレソキシムメチル（ドライフロアブル）	< 0.05	< 0.05
クレソキシムメチル濃度（残留基準：5 mg/kg）		
ドライフロアブル単用	0.09	0.02
＋トラロメトリン（フロアブル）	0.08	< 0.01
＋トラロメトリン（乳剤）	0.09	0.02
ヘキサコナゾール濃度（残留基準：0.5 mg/kg）		
フロアブル単用	< 0.005	< 0.005
＋トラロメトリン（フロアブル）	< 0.005	< 0.005
＋トラロメトリン（乳剤）	< 0.005	< 0.005

残留濃度の単位：mg/kg，以下すべての表についても同様。

表-3 農薬混用散布によるナシの残留濃度（2009 年）

	散布 1 日後	散布 7 日後	散布 14 日後
アセキノシル濃度（残留基準：2 mg/kg）			—
フロアブル単用	0.82	0.29	—
＋ジノテフラン（顆粒水溶剤）	0.99	0.31	—
＋ジノテフラン＋ジフェノコナゾール（水和剤）	0.95	0.35	—
＋ジノテフラン＋クレソキシムメチル（ドライフロアブル）	0.70	0.35	—
ジノテフラン濃度（残留基準：1 mg/kg）			—
顆粒水溶剤単用	0.29	0.08	—
＋アセキノシル（フロアブル）	0.45	0.06	—
＋アセキノシル＋ジフェノコナゾール（水和剤）	0.42	0.08	—
＋アセキノシル＋クレソキシムメチル（ドライフロアブル）	0.16	0.04	—
ジフェノコナゾール濃度（残留基準：1 mg/kg）			
水和剤単用	0.12	0.08	0.08
＋アセキノシル（フロアブル）＋ジノテフラン（顆粒水溶剤）	0.14	0.09	0.08
クレソキシムメチル濃度（残留基準：5 mg/kg）			—
ドライフロアブル単用	0.22	0.09	—
＋アセキノシル（フロアブル）＋ジノテフラン（顆粒水溶剤）	0.12	0.07	—

表-4 ネギ試験供試薬剤

農薬成分名等	商品名	有効成分量 (%)	希釈倍数	散布液量 (l/10 a)	収穫前 使用日数
ダイアジノン	ダイアジノン乳剤 40	40	1,000	200	21 日
ダイアジノン	ダイアジノン水和剤 34	34	850	200	21 日
ミクロブタニル	ラリー乳剤	25	4,000	200	14 日
ミクロブタニル	ラリー水和剤	10	2,000	250	7 日
展着剤	アブローチ BI	—	1,000	200	—

表-5 農薬混用散布によるネギのダイアジノン濃度

	ダイアジノン乳剤との混用	ダイアジノン水和剤との混用
ダイアジノン濃度 (残留基準: 0.1 mg/kg)		
単用	0.0132	< 0.0005
+ ミクロブタニル乳剤	0.0282	< 0.0005
+ ミクロブタニル水和剤	0.0034	< 0.0005
+ 展着剤	0.0105	< 0.0005
+ 展着剤 + ミクロブタニル乳剤	0.0118	< 0.0005
+ 展着剤 + ミクロブタニル水和剤	0.0053	< 0.0005

表-6 農薬混用散布によるネギのミクロブタニル濃度

	ミクロブタニル乳剤との混用	ミクロブタニル水和剤との混用
ミクロブタニル濃度 (残留基準: 1 mg/kg)		
単用	0.04	0.03
+ ダイアジノン乳剤	0.15	0.03
+ ダイアジノン水和剤	0.03	0.02
+ 展着剤	0.02	0.04
+ 展着剤 + ダイアジノン乳剤	0.05	0.02
+ 展着剤 + ダイアジノン水和剤	0.05	0.02

とも残留基準値未満であった (表-5, 6)。ダイアジノンの単用散布では、乳剤のほうが水和剤より高い値で、水和剤単用ではすべて検出限界以下であったが、ミクロブタニル単用ではダイアジノン、ミクロブタニルとも、乳剤について、単用散布よりも乳剤と乳剤の混用散布によりそれぞれの成分の残留濃度が高まった。また、ダイアジノン乳剤とミクロブタニル水和剤を混用すると、ねぎでのダイアジノン濃度が低下した。展着剤を添加した場合は、乳剤同士の混用による濃度上昇や水和剤混用による濃度低下は大幅に改善され、ダイアジノンの場合でも安定した濃度となる傾向にあった。

Ⅲ ト マ ト

1 調査方法

供試薬剤は、2011 年においてはイプロジオン、ジノテフラン、ニテンピラム、2012 年においてはトルフェンピラドとマラチオンを用いた (表-7)。

試験は埼玉県農林総合研究センター園芸研究所内において実施した。2011 年は、品種‘桃太郎’を用いて 5 月 16 日に定植、薬剤散布はイプロジオンの単用とジノテフランとの混用については 7 月 12 日、7 月 20 日の 2 回実施 (それぞれ散布株は異なる)、イプロジオンとニテンピラムの各剤単用と両剤の混用については 2011 年 7 月 27 日、7 月 28 日の 2 回実施 (それぞれ散布株は異なる) した。2012 年は、品種‘ホーム桃太郎’を用いて

表-7 トマト試験供試薬剤

試験年	農薬成分名	商品名	有効成分量 (%)	希釈倍数	散布液量 (l/10 a)
2011 年	イプロジオン	ロブラール水和剤	50	1,000	300
	ジノテフラン	アルバリン顆粒水溶剤	20	2,000	300
	ニテンピラム	ベストガード水溶剤	10	1,000	300
2012 年	トルフェンピラド	ハチハチ乳剤	15	1,000	300
	マラチオン	マラソン乳剤	50	2,000	300

表-8 農薬混用散布によるトマトの残留濃度（2011 年）

	散布 1 時間後	散布 1 日後
イプロジオン濃度（残留基準：5 mg/kg）		
水和剤単用（1 回目）	欠測	2.19
+ジノテフラン（顆粒水溶剤，1 回目）	2.81	1.63
水和剤単用（2 回目）	2.79	1.74
+ジノテフラン（顆粒水溶剤，2 回目）	2.23	1.94
イプロジオン濃度（残留基準：5 mg/kg）		
水和剤単用（1 回目）	2.94	1.05
+ニテンピラム（水溶剤）（1 回目）	2.85	3.58
水和剤単用（2 回目）	2.54	1.97
+ニテンピラム（水溶剤）（2 回目）	2.34	2.02
ニテンピラム濃度（残留基準：5 mg/kg）		
水溶剤単用（1 回目）	0.16	0.24
+イプロジオン（水和剤）（1 回目）	0.12	0.13
水溶剤単用（2 回目）	0.12	0.15
+イプロジオン（水和剤）（2 回目）	0.17	0.11

表-9 農薬混用散布によるトマトの残留濃度（2012 年）

	散布 1 時間後	散布 1 日後
トルフェンピラド濃度（残留基準：2 mg/kg）		
乳剤単用	0.62 ± 0.10	0.60 ± 0.19
+マラチオン（乳剤）	0.54 ± 0.09	0.57 ± 0.08
マラチオン濃度（残留基準：0.5 mg/kg）		
乳剤単用	0.32 ± 0.09	0.14 ± 0.13
+トルフェンピラド（乳剤）	0.33 ± 0.07	0.17 ± 0.08

5 月 23 日に定植，薬剤散布は 8 月 8 日に実施した。薬剤散布 1 時間後と 1 日後に果実を採取し，単用散布と混用散布における残留濃度の影響について調査した，なお，両年とも使用した薬剤はすべてトマトにおける使用時期が収穫前日までのものである。分析用の試料は 2011 年は各区 2～3 果実を採取し，まとめたものを分析，同一試験を各 2 回実施した。2012 年は各区 3 果実を採取し，1 個体ずつ分析した。

2 調査結果

調査したすべての薬剤について，単用散布，混用散布とも残留基準値未満であった（表-8，9）。散布 1 時間後では，単用と混用の残留濃度の差は明らかでなく，2011 年の試験では，同じ内容を各 2 回実施したが，供試した農薬では，濃用による残留濃度への影響はいずれの組合せでも見られなかった。残留濃度の値を比較すると 1 回目と 2 回目の試験で異なるものが見られた。これ

は、採取した果実の着果場所の影響により濃度にバラツキが出たものと考えられた。このため、2012 年の試験に際しては、農薬散布直前に果実への光を遮る葉を取り除いて、調査対象果実への光の影響を少なくするとともに、果実個々の残留のバラツキを確認するため、果実の残留濃度の分析は個体ごとに実施した。また、ネギの試験において乳剤と乳剤の混用により単用使用に比べ残留濃度が高かったことから、2012 年の試験では、乳剤と乳剤の混用がトマトの農薬残留に影響するかについて、トルフェンピラド乳剤とマラチオン乳剤の混用散布にて調査した。その結果、トマトでは二つの乳剤の混用による濃度の変化は確認されなかった。2012 年の試験は果実への光を遮る葉を取り除いて実施したが、このほかにもトマト果実のへた落ちのくぼみ部分の大きさや果実の向き等、個々の果実で残留しやすい条件は異なると思われる。

Ⅳ ナ ス

1 調査方法

供試薬剤はジェトフェンカルブ・プロシミドンとクロルフェナピル、トルフェンピラドとマラチオンを用いた(表-10)。

試験は埼玉県農林総合研究センター園芸研究所内において実施した。品種‘千両 2 号’を用いて 2012 年 5 月 23 日に定植、薬剤散布はジェトフェンカルブ・プロシミドンとクロルフェナピルの混用については 8 月 29 日、トルフェンピラドとマラチオンについては 8 月 9 日に実施した。薬剤散布 1 時間後と 1 日後に果実を採取し、単用散布と混用散布における残留濃度の影響について調査した、なお、両年とも使用した薬剤はすべてナスにおける使用時期が収穫前日までのものである。分析用の試料は各区 3 果実を採取し、1 個体ずつ分析した。

表-10 ナス試験供試薬剤

農薬成分名	商品名	有効成分量 (%)	希釈倍数	散布液量 (l/10 a)
ジェトフェンカルブ プロシミドン	スミブレンド水和剤	12.5 37.5	2,000	300
クロルフェナピル	コテツフロアブル	10	2,000	300
トルフェンピラド	ハチハチ乳剤	15	1,000	300
マラチオン	マラソン乳剤	50	2,000	300

表-11 農薬混用散布によるナスの残留濃度

	散布 1 時間後	散布 1 日後
ジェトフェンカルブ濃度 (残留基準: 5 mg/kg)		
水和剤単用 (プロシミドンとの混合剤)	0.75 ± 0.16	0.39 ± 0.05
+ クロルフェナピル (フロアブル)	0.52 ± 0.14	0.30 ± 0.02
プロシミドン濃度 (残留基準: 5 mg/kg)		
水和剤単用 (ジェトフェンカルブとの混合剤)	2.64 ± 0.59	1.51 ± 0.15
+ クロルフェナピル (フロアブル)	1.78 ± 0.29	1.17 ± 0.14
クロルフェナピル濃度 (残留基準: 1 mg/kg)		
フロアブル単用	0.26 ± 0.03	0.15 ± 0.02
+ ジェトフェンカルブ・プロシミドン(水和剤)	0.16 ± 0.03	0.09 ± 0.01
トルフェンピラド濃度 (残留基準: 2 mg/kg)		
乳剤単用	0.30 ± 0.05	0.25 ± 0.03
+ マラチオン (乳剤)	0.26 ± 0.01	0.22 ± 0.04
マラチオン濃度 (残留基準: 0.5 mg/kg)		
乳剤単用	0.06 ± 0.02	0.02 ± 0.01
+ トルフェンピラド (乳剤)	0.07 ± 0.01	0.03 ± 0.00

2 調査結果

調査したすべての薬剤について、単用散布、混用散布とも残留基準値未満であった（表-11）。ジェトフェンカルブ・プロシミドン水和剤とクロルフェナピルフロアブルの混用では、プロシミドンとクロルフェナピルの濃度がやや低下する傾向が見られたが、その他はほとんど差がなかった。また、トマトと同様に、乳剤と乳剤の混用がナスの農薬残留に影響するかについて、トルフェンピラド乳剤とマラチオン乳剤の混用散布した結果、混用による濃度変化は確認されなかった。

おわりに

ナシ、ネギ、トマト、ナスにおいて、今回調査した農薬混用組合せでは、すべて残留基準値を大きく下回っており、農薬残留基準値超過に至るような大きな濃度変化は見られなかった。また、混用散布により、単用散布と残留濃度が異なるものが見られるとともに、作物によりその影響が異なることが認められた。

農薬に含まれる界面活性剤は薬液の表面張力を低下させる働きがあり作物への付着に影響するが、界面活性剤の種類や濃度は農薬により異なる。山本は、同一剤型でも農薬により希釈液の表面張力が異なることや、希釈液の表面張力とカンキツ葉上の付着液量の間に高い相関があることを認めている（山本, 1973）。これらのことから、農薬混用散布により作物の農薬残留濃度が変化することの大きな要因として、薬液中の界面活性剤量の変化などによる表面張力の変化から単用散布とは異なる付着性を示すことが考えられる。農薬混用による薬液の表面張力の低下から湿展性が増し、薬液が作物にムラなく付着されて作物への総付着量が増加する場合には、混用散布により作物残留濃度は増加すると考えられる。一方で、混用による薬液の表面張力の低下から作物に付着する液滴が小さくなることや、付着した薬液が作物から流れ落ちやすくなることにより作物への総付着量が減少する場合には、作物残留濃度は低下すると考えられる。

これらのことから、農薬の混用散布により、薬液が付着しにくいような作物では薬液総付着量の増加、薬液が付着しやすいような作物では薬液総付着量が減少することが考えられ、薬液が付着する作物の表面状態により混用による残留濃度への影響が現れるものと考えられる。

今回の調査において、比較的薬液が付着しにくい作物

といわれているネギでは乳剤と乳剤の混用散布で残留濃度の増加が確認された。一方、付着しやすさが中程度とされているトマトやナスでは乳剤と乳剤の混用散布による濃度変化は確認されなかった。乳剤はほかの剤型のものに比べ界面活性剤の量が比較的多いため、乳剤と乳剤の混用により、単用に比べ薬液の表面張力はさらに低下することが考えられる。ネギとトマト・ナスで影響が異なったことには、混用散布において、薬液の付着しやすさの異なる作物では混用の残留性への影響も異なると考えられた。

また、今回の調査において、水和剤などでは混用散布のほうが単用散布より残留濃度が低下する場合のあることが確認された。このことから、農薬の組合せや散布する作物によっては、混用散布による付着性の変化により、対象病虫害に対する効果が単用散布に比べ劣る場合があることが考えられた。薬液散布による病虫害への効果は、作物に対し薄くてもまんべんなく付着するほうがよいのか、または若干のムラがあっても厚く付着したほうがよいのか等、対象病虫害や農薬の作用特性等により異なる。このため、農薬混用散布による対象病虫害に対する効果の変動を検証することは解析要因がかなり多くなり困難と思われるが、農薬混用散布をより安全に行うためには、混用散布による作物残留についての知見を得るとともに、病虫害に対する効果の変動についての知見を得ることも重要なことと考えられる。

薬液の付着性以外に農薬混用が影響する変化として、農薬の有効成分の化学的变化、毒性の増加や薬害等生物活性の変化、凝集沈殿等物理性の変化等があげられる。これらの変化が大きいものは効果や薬害への影響とともに、作物残留濃度へも影響することが考えられる。このため、効果や薬害について検討している「農薬混用事例集」を参考にすることは、作物残留値の増加を防ぐことから重要であると考えられる。「農薬混用事例集」において効果や薬害に問題ないとされる農薬の混用組合せでは、作物の安全上問題となる可能性は低いと考えられるが、さらに多くの作物や農薬の組合せにおける残留性の知見を得ていくことで、農薬の混用散布による安全性への不安をより軽減することにつながるものと考えられる。

引用文献

- 1) 山本省二 (1973): 関西病虫害研報 15: 73 ~ 78.