발 간 등 록 번 호
11-1390802-001419-01

지상방제기 살포 농약의 비산 저감화 실천 매뉴얼

2019. 12.

농촌진흥청
국립농업과학원

발 간 사

우리 농촌의 인구 감소와 고령화로 인한 병해충 방제작업의 어려움을 해결하기 위하여 광역방제기, 스피드스프레이어(SS기), 붐스프레이어 등의 지상방제기와 무인헬기, 무인멀티콥터 등의 항공방제기를 사용한 농약살포가 지속적으로 증가하고 있습니다.

2019년 1월부터 전면 시행된 농약허용기준강화제도(Positive List System, PLS)의 도입을 계기로 농산물의 안전성이 더욱 강조되면서, 농업현장에서는 방제작업 중 발생할 수 있는 농약의 비의도적 오염으로 인한 피해가 우려되고 있습니다. 특히 송풍식 대형방제기의 살포 특성상 비산의 위험성을 내포하고 있어 농약의 비의도적 오염 문제에 대한 관리지침이 시급한 실정입니다.

2018년 무인항공분야의 농약 비산 대응책을 담은 『작물 병해충 방제용 무인항공살포기의 안전사용 매뉴얼』을 발간 · 보급하고 적극적인 홍보와 교육을 진행하여 민간 영역에도 긍정적인 파급효과를 거두었던 경험을 바탕으로 『지상방제기 살포 농약의 비산 저감화 실천 매뉴얼』을 발간하게 되었습니다.

본 매뉴얼에서는 농업현장에서 농작업자가 약제를 살포하는 과정에 활용이 가능하도록, 농약비산과 관련된 기초 이론과 살포과정 중 실무적으로 필요한 안전수칙과 비의도적 비산방지를 위한 실천방법 등을 제시하여 현장수요에 맞는 기술을 보급하고자 노력하였습니다.

매뉴얼 발간에 많은 노력을 기울여 주신 국립농업과학원 농산물안전성부 직원과 애정어린 조언을 해주신 관련 전문가분들께 감사의 말씀을 드립니다.

본 매뉴얼이 지상방제기의 농약 비산관리에 첫걸음이 되길 바라면서, 농업인이 노력한 만큼 원하는 결과를 얻고 국민이 안심하고 소비할 수 있는 안전한 먹거리 생산에 기여할 수 있기를 바랍니다.

2019년 12월

농촌진흥청 국립농업과학원장 이용범

CONTENTS | 지상방제기 살포 농약의 비산 저감화 실천 매뉴얼

제1장 배경 ····· 7

제2장 농약 비산 ····· 11

1. 농약 비산의 원리 ····· 12
2. 농약 비산의 문제점 ····· 13

제3장 농약 비산에 영향을 미치는 요인 ····· 17

1. 살포된 약액 입자(droplet, 액적)와 비산 ····· 18
2. 농약살포 입자의 크기 분류 ····· 19
3. 살포 혼합물의 물리적 특성 ····· 20
4. 농약 살포 입자 크기 및 비산에 영향을 미치는 외부 요인 ····· 21
5. 살포기와 살포 조작에 관한 요인 ····· 23
6. 농약에 관한 요인 ····· 24

제4장 비산대책의 기본조치 ····· 25

1. 농약 살포 대책 수립 ····· 26
2. 살포의 기본 주의사항 ····· 27
3. 살포 기구의 세척 ····· 31
4. 비산을 저감할 수 있는 노즐 선택 ····· 33
5. 차폐물의 이용 ····· 37

제5장 스피드스프레이어(SS기) 운영 대책 ····· 41
1. SS기의 비산 저감 대책 ····· 42
2. 수형 관리 ····· 48

제6장 광역방제기의 운영 대책 ····· 49
1. 방제 준비단계 주의사항 ····· 50
2. 방제 실시단계 주의사항 ····· 53
3. 방제 종료 후 주의사항 ····· 57

[부록 1] 올바른 농약 사용법 ····· 59
1. 농업인이 지켜야할 농약 사용법 ····· 60
2. 농약 판매인이 지켜야할 사항 ····· 62
3. 잔류허용기준 및 등록농약 검색 방법 ····· 63
4. 농약 사용 설명서(라벨) 표시사항 ····· 66
5. 포장지 그림문자 표시 및 표기내용 ····· 67
6. 비의도적 농약 오염 사례 ····· 68

[부록 2] 국내 농기계 일람 ····· 73
1. 광역방제기 일람 ····· 74
2. 스피드스프레이어(SS기) 일람 ····· 75

참고문헌 ····· 77

제 1 장

배 경

제1장 배경

방제기는 병해충 방제를 위해 사용되는 각종 기계 또는 기구를 통칭하며 대개 고압을 이용하여 노즐을 통해 만들어진 농약입자를 살포하는데 사용되는 농기계로, 최근 농업 분야에서 농촌인구 감소에 따른 노동력 부족과 고령화로 인한 노동의 질적 저하로 방제작업에 대한 어려움을 해결하기 위하여 광역방제기, 스피드스프레이어(SS기), 붐스프레이어 등의 지상방제기와 무인헬기, 무인멀티콥터 등의 항공방제기와 같은 다양한 방제기를 활용하고 있다. 다양한 지상방제기 중 특히 스피드스프레이어는 우리나라 과수원에서 많이 사용되는 방제기로 여러 개의 노즐이 부채꼴로 배치되어 살포되고 송풍기로부터 나오는 강력한 바람으로 미립자화된 약액 입자를 먼 곳 또는 높은 곳까지 살포하는 송풍식의 방제기이며, 광역방제기는 대단지 벼 재배지역에서 많이 사용되는 방제기로 원형으로 배치된 노즐에서 살포된 약액 입자가 대형 송풍기에서 생성된 바람을 만나서 먼 곳까지 분무되는 고압 송풍식 방제기이다.

일반 살포기에 비해 송풍을 활용한 대형방제기는 먼 곳까지 약액을 전달할 수 있는 장점이 있는 반면 노즐에서 살포된 약액 입자가 송풍기의 바람에 의해 더 작은 입자로 분리되고 이동거리가 길어지면서 다양한 영향(약액의 증발, 바람의 영향 등)을 받아 비산의 위험성이 더욱 커진다.

농약의 사용은 병해충을 방제하여 농업 생산성 증가, 노동력 절감, 농산물의 품질향상 및 저장 중 품질유지 등의 다양한 장점을 갖지만, 사람과 가축의 중독피해, 농산물 중 잔류농약 문제, 환경오염 등의 단점도 동시에 가지고 있다. 따라서 농약사용으로 얻을 수 있는 유익성을 보장하고 위해성은 최소화하기 위해 잔류허용기준(Maximum Residue Limit, MRL) 및 농약의 안전사용기준을 설정하여 관리해 왔으며 '19년에는 농약성분에 대한 안전관리를 더욱 강화하기 위해 작물에 등록된 농약 이외에는 원칙적으로 사용을 금지하는 농약허용기준강화제도(Positive List System, PLS)를 국내에 전면 시행하였다.

〈PLS 시행 전후 농약잔류허용기준 적용의 차이점〉

구분		PLS시행 전	PLS시행 후
농약 사용기준		기준에 따라 적용	허용된 농약 이외의 물질은 원칙적으로 사용 금지
농약 잔류허용 기준(MRL)	설정	기준 이하 적합	기준 이하 적합
	미설정	1. 국제기준(CODEX) 적용 2. 유사 농산물의 최저기준 적용 3. 해당 농약의 최저기준 적용	불검출 수준의 일률기준 (0.01ppm 이하) 적용

PLS의 도입으로 후작물에 대한 잔류농약의 흡수이행(uptake and translocation)이나 농약살포 중 비산(drift) 등으로 인하여 허용되지 않은 농약이 작물에 잔류하는 비의도적 농약 오염에 따른 농업인의 피해가 우려되고 있다. 특히 대형방제기는 농약 살포시 송풍을 활용하는 특성상 비산의 위험성을 내포하고 있어 비의도적 농약오염 문제를 관리하기 위한 관련 연구의 수행, 제도적 정비뿐만 아니라 농업인이 참고할 수 있는 매뉴얼 개발이 필요한 실정이다.

[농약안전사용기준]

- **정의** : 농약의 오남용 예방을 위하여 적용대상 농작물 · 병해충별 사용방법 · 사용량은 물론, 사용시기와 살포횟수를 제한하는 기준
- **규정** : 「농약관리법」 제23조 및 「같은법 시행령」 제19조에 따라 농촌진흥청장이 안전사용 기준의 세부기준을 고시
- **처벌** : 농약의 안전사용기준을 위반하여 농약을 사용한 자에 대하여 100만원 이하의 과태료 부과(법 제40조제2항, 시행령 별표3)

[잔류허용기준]

- **정의** : 사람이 식품에 잔류된 농약을 평생 동안 매일 먹어도 건강상 아무런 위해가 발생하지 않는 수준의 기준치
- **규정** : 「식품위생법」 제7의3에 의거 식품의약품안전처장이 설정 고시

  * 농촌진흥청은 농약등록시 평가자료를 근거로 설정안을 작성하여 식품의약품안전처장에게 제시

제 2 장

농약 비산

제2장 농약 비산

1. 농약 비산의 원리

농약의 비산은 살포기에서 분사된 미세 입자가 대상 작물(target crop)에 도달하지 못하고 표류하여 의도하지 않은 작물(non–target crop) 및 지역으로 흩어지게 되는 현상이다.

비산하는 약액 입자의 크기는 제각각으로 비교적 큰 것은 인근에 낙하하고, 작은 입자는 바람을 타고 이동하거나 일부는 공기 중에서 확산되어 낙하하지 않고 체류하다가 소실되기도 한다.

비산은 농약의 제형, 보조제(계면활성제 등)의 종류, 살포기의 종류, 살포방법, 사용노즐, 살포량 등의 내적요인과 농약살포 당시의 풍향 및 풍속 등의 환경조건, 지형, 기류, 습도 등의 외적 요인에 의해 좌우된다. 특히 동일한 농약을 동일한 조건에서 동일한 살포기로 살포하더라도 조작법에 따라 비산의 정도가 달라질 가능성이 매우 높다.

목표물 이외의 장소로 도달하는 패턴은 두 가지이다. 살포기에서 강한 힘으로 분무된 약액 입자가 목표물을 뛰어넘거나 뚫고 직접 도달하는 경우와, 일단 공중에 떠오른 약액 입자가 바람을 타고 바람이 부는 쪽에 도달하는 경우이다. 예를 들어, 수목이나 입체적인 작물에 농약을 살포하면 목표물을 뛰어넘어 인근 작물에 종종 도달할 수 있다. 일반 노지 작물에 위에서부터 살포한 경우, 바람이나 상승 기류를 탄 미세한 약액 입자가 공중을 떠돌다가 바람이 머무는 곳에 도달한다. 스피드스프레이어, 광역방제기 등 송풍을 활용한 대형방제기를 사용하여 여러 방향으로 살포를 하면 두 가지 작용이 모두 일어난다.

2. 농약 비산의 문제점

농약의 비산으로 인하여 발생할 수 있는 문제는 주변에서 재배되는 농작물의 오염, 인근 주민에 미치는 영향, 인근 공공수역의 농약오염 문제 등이 있다.

(1) 주변 재배작물의 농약 오염

PLS 도입 후 비산으로 인한 주변 작물의 농약 오염 문제가 대두되기 시작하였다. 비산으로 인해 농약이 비의도적으로 잔류한 작물은 수확시기 및 기상조건 등에 따라 잔류농도가 결정되며, 허용되지 않은 농약이라도 출하시기에 모두 소실되면 원칙적으로 아무런 문제가 없다. 그러나 잔류허용기준을 초과하거나 PLS 기준에 적합하지 않을 경우 부적합 농산물로 분류되어 출하연기 또는 용도변경 등의 행정처분을 받을 수 있으며, 심한 경우 전량 폐기하는 상황이 발생할 수 있다. 특히 비산으로 오염된 작물의 형태적 특성에 따라 잔류농도가 달라질 수 있기 때문에 농약 살포시 인근에서 재배되고 있는 작물에 대한 사전조사가 필수적이며, 비산 대책을 강구한 후 살포하는 것이 매우 중요하다.

① 비산의 영향을 받기 쉬운 주변 작물

표면적이 큰 엽채류(배추 등)와 소형 과실류(머루 등) 등은 비산에 의한 잔류 위험성이 크다. 반대로 중량이 큰 중형 과실류, 섭취부위가 껍질로 덮여 있는 곡류(벼, 옥수수 등)와 두류 그리고 지하부를 섭취하는 근채류(양파 등) 등은 섭취부위에 농약비산 영향이 적어 비산량이 많지 않은 한 문제되지 않는다(단, 작물에 따라서는 꼬투리나 지상부위를 섭취하는 작물도 있으므로 주의가 필요). 또한, 쌀이나 콩, 보리와 같이 전체 수확물이 혼합되는 작물은 일정부분에 비산되었다고 하더라도 전체 잔류 위험성은 극히 낮다.

주변 작물과 비산의 영향

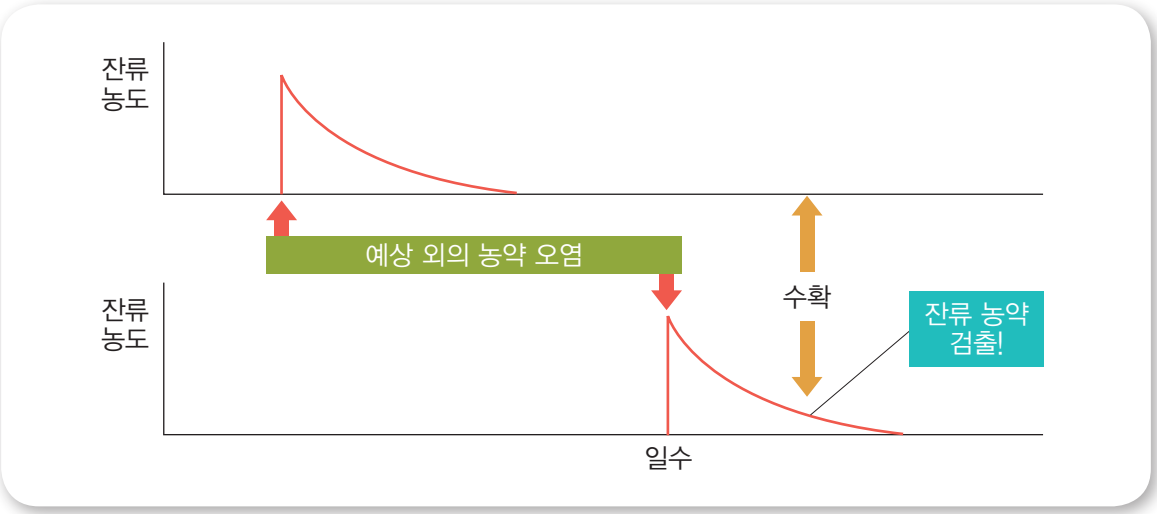
② 주변 작물과의 거리

거리상 비산된 약액 입자가 많이 낙하하는 지점에 작물이 재배되고 있다면 비의도적 오염 문제가 발생하기 쉽다. 반대로 인근에 재배 중인 작물이 있으나 충분한 안전거리가 확보되어 비산된 입자가 미치지 않을 경우에는 문제가 발생하지 않는다.

③ 주변 작물의 수확 시기

작물에 뿌려진 농약은 광분해, 가수분해, 대사작용 등의 영향으로 분해되며, 강우 등의 환경요인으로 자연 소실된다. 또한, 살포 또는 비산된 농약은 작물의 비대 성장으로 인해 희석되어 잔류 농도는 감소하게 된다. 따라서, 비산이 되었다 하더라도 수확까지 충분한 기간이 있다면 잔류 농도가 감소하므로 비산량이 많지 않은 한 문제가 될 가능성은 적다. 그러나 수확기 직전에 농약이 비산되었다면 비산량이 적더라도 잔류허용기준을 초과하여 부적합 농산물이 될 가능성이 높다.

수확까지의 기간과 잔류 농도의 감소



④ 비산된 농약의 주변 작물 잔류기준 등록 여부

방제대상 작물에 등록된 농약이 주변 작물에도 등록되어 잔류허용기준이 설정된 경우에는 비산에 의해 농약이 미량 잔류하더라도 기준을 초과할 가능성은 매우 낮다. 일반적으로 농약은 “수확 O일전 O일 간격으로 O회 살포하라”는 안전사용기준이 설정되어 있는데 이 기준을 준수하여 농약을 살포하면 이론적으로 잔류허용기준을 초과하지 않기 때문이다. 그러나 잔류허용기준이 설정되어 있지 않은 작물의 경우 미량이 비산되어 잔류하더라도 PLS 기준을 초과할 가능성이 높아지게 되므로 주의가 필요하다.

(2) 인근 주민에 미치는 영향

농약 살포 시 냄새나 살포기의 소음 등 기존의 민원에 더해, 최근 화학물질에 대한 부정적 인식 확산에 따른 불안감 조성 등 살포 구역 인근 주민에 대한 배려가 요구된다. 또한 인접한 공공도로를 통과하는 차량에 비산된 농약이 피해를 주지 않도록 하는 주의도 필요하며, 주택지 주변 농약 살포에 대해 적절하게 대응해야 하다.

(3) 인근 공공수역의 농약 오염

농약 살포지역 인근에 공공수역이 있는 경우, 비산된 농약이 대량으로 유입되면 수질 오염뿐만 아니라 수서생물에도 피해를 끼치는 경우도 있다. 특히 어독성이 높은 농약의 경우 주의가 필요하므로, 수서생물에 설정되어 있는 환경독성 기준에도 유의해야 하다. 식수원에 가까운 경우에는 농약의 종류와 관계없이 주의가 필요하다. 또한, 농업용 저수지 등에 농약이 유입되고 이를 이용하여 농작물을 재배할 경우 비의도적 농약 오염으로 인한 문제가 발생할 수 있다.

(4) 그 외 영향

농약살포 지역 주변에 양봉장이나 뽕밭이 있을 때에는 꿀벌이나 누에 등에 대한 피해를 막기 위한 대책을 세워야 하며, 시설재배지 등에서 사용하는 화분매개충도 비산 농약으로 인한 피해가 없도록 각별한 주의가 필요하다. 또한 살포자 본인의 농약 노출과도 밀접한 관련이 있기 때문에 비산을 저감하려는 노력은 농업인 스스로를 위해서도 필요하다.

제 3 장

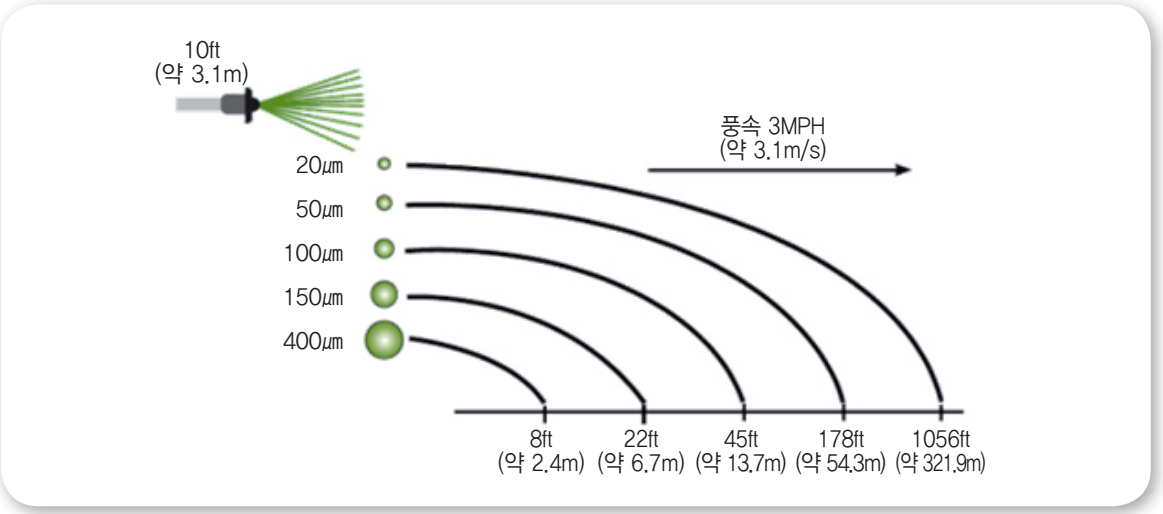
농약 비산에 영향을 미치는 요인

제3장 농약 비산에 영향을 미치는 요인

1. 살포된 약액 입자(droplet, 액적)와 비산

특정 범위의 약액 입자 크기 비율은 비산에 영향을 미치는 핵심 요인이다. 작업자는 이러한 요인 중 일부를 통제할 수 있다. 살포된 약액 입자의 직경을 측정하는 단위는 마이크론(또는 마이크로미터)이고 수학 기호는 ㎛ (10^{-6}m)이다. 1 마이크론의 상대적인 크기를 설명하자면 종이 한 장의 두께가 약 100 마이크론이다. 살포된 약액 입자가 공기 중에 떠 있거나 채공 시간이 길수록 살포 지역에서 벗어나 비산할 가능성이 높다. 작은 입자가 더 가벼워서 훨씬 오래 떠 있기 때문에 큰 입자보다 더 비산되기 쉽다. 따라서 살포액의 입자크기가 작은 것이 큰 것에 비해 많을 경우 비산되는 양이 증가하게 된다.

다양한 액적 크기에 따른 측면 이동



출처 : National Association of State Depatments of Agricuture Research Foundation(NASDARF).(2014) 「Aerial Applcator's Manual」

살포 입자는 대략 200 마이크론보다 크면 비산 가능성이 급격히 감소하고 150~200 마이크론 이하의 입자는 비산 가능한 미립자(driftable fines)로 분류한다. 직경 50 마이크론 이하의 입자는 무기한으로 또는 증발할 때까지 공기 중에 부유하게 된다. 이 크기의 입자는 목표 지역에 도달할 가능성이 전혀 없기 때문에 입자가 살포 지역이나 그 근처에 남는다고 확신할 수 없다.

2. 농약 살포 입자의 크기 분류

모든 노즐은 정해진 크기의 입자만이 분사되는 것이 아니라 다양한 크기의 입자가 분사된다. 즉, 분출구가 커서 주로 큰 입자를 생성하는 노즐을 사용해도 살포 입자 중 일부는 매우 작은 입자로 만들어져 비산될 수 있다.

노즐에 의해 생성된 입자 크기 다양성을 설명하는데 사용되는 일반적인 분류 방법은 부피 중간 직경(Volume Median Diameter, VMD)이다. 이것은 노즐의 총 살포물량 중 절반은 VMD 수치보다 작은 살포 입자로, 나머지 절반은 큰 입자로 구성된다는 의미이다. 예를 들어, VMD가 400마이크론인 노즐의 경우 총 살포 물량 중 절반은 직경이 400마이크론 보다 큰 입자로, 절반은 직경이 작은 입자로 살포된다. 그런데 이것으로 200마이크론보다 작은 입자로 구성되는 양을 알 수 있는 것은 아니다.

노즐에 의해 생성되는 액적 크기를 설명하는 가장 유용한 방법은 특정 액적 크기가 차지하는 비율이나 VMD가 아니라 노즐에서 살포되는 액적 크기 전체를 측정범위로 이용하는 것이다. 이 살포 분류 체계가 입자 스펙트럼에 따른 살포 노즐 분류(미국농공학회(ASABE) 표준 S-572.1)이다. 이 분류 체계는 8가지 (extremely fine, very fine, fine, medium, coarse, very coarse, extremely coarse, ultra coarse)범주로 나뉘며, 각각을 특정 색으로 구분하여 사용자가 접근하기 쉽도록 하였다. 이 카테고리를 이용하여 권장하는 입자 크기 스펙트럼을 생성하는 노즐, 분출구(orifice)의 크기, 동작 압력을 선택할 수 있다.

액적 크기 스펙트럼 카테고리를 이용하여 비산을 줄이고 특정 살포 작업에서 적절한 범위를 제공하는 노즐을 결정하고 농약의 종류 및 용도를 기준으로 적절한 범주를 선택하면 비산 위험을 최소화할 수 있다.

3. 살포 혼합물의 물리적 특성

(1) 동적 표면 장력(Dynamic Surface Tension)

표면 장력은 입자를 응집하는 힘이다. 입자를 이루는 유체가 보조제나 기타 물질을 함유하는 경우 일반적인 표면 장력은 변화하지만, 보조제 속의 분자가 입자 표면으로 이동하는 데는 일정한 시간이 소요된다. 따라서 살포 입자의 표면 장력은 입자 형성 후 변할 수 있으며 입자를 작은 입자로 분리시킨다. 예를 들어, 기타 보조제와 더불어 알코올 함유 제제 또는 물과 섞일 수 있는 용제를 함유한 제제는 살포 입자의 동적 표면 장력을 감소시켜 입자 크기를 더 작게 만드는 경향이 있다.

(2) 신장 점도(Extensional Viscosity)

펌프가 노즐 분출구(orifice)를 통해 액체를 분출시킬 때, 액체는 특정 지점까지 뻗어나간 뒤에 분리되어 입자를 형성한다. 이때 뻗어나가는 혹은 '이어지는' 양이 신장 점도이다. 액체의 분출 속도를 조절하는 시스템 내의 압력이 신장 점도에 영향을 미친다. 압력이 높을수록 신장 점도가 낮아져 더 작은 입자가 생성된다.

(3) 전단 점도(Shear Viscosity)

전단 점도는 액체의 흐름에 대한 저항이다. 일부 액체는 농도가 진하므로 농도가 묽거나 점성이 덜한 액체보다 더 천천히 흐르거나 흐름에 저항한다.

4. 농약 살포 입자 크기 및 비산에 영향을 미치는 외부 요인

농약 살포 입자의 크기와 비산에 영향을 미치는 외적 요인은 날씨(습도, 강우, 지나치게 높거나 낮은 기온, 바람, 역전층을 초래하는 조건 등)이다.

(1) 증발이 살포입자 크기에 미치는 영향

살포 입자는 각각 대기에 노출되고 나면 일반적으로 증발하기 시작한다. 증발은 물이나 기타 매개체를 제거해 노즐에서 나올 때보다 살포 입자를 더 작게 만들고 입자가 작아지면서 비산 가능성이 높아진다. 증발에 영향을 미치는 조건은 다음과 같다.

- **대기 온도** : 온도가 높을수록 증발이 빨라짐.
- **습도** : 습도가 낮을수록 증발이 빨라짐.
- **공기 이동** : 공기 이동이 증가할수록 증발이 빨라짐.
- **거리** : 노즐부터 대상작물까지 거리가 멀어 입자의 이동거리가 증가하면 대기 중에 노출되는 시간이 길어져 증발 속도 증가함.
- **살포 매개체** : 물이 오일 보다 빨리 증발함.

살포 입자의 증발이 우려되는 경우에 일반적인 최적 방제 시간대는 하루 중 날씨가 가장 시원한 이른 아침인데, 보통 습도가 높고 풍속이 낮은 경우가 많기 때문이다. 그러나 새벽 또는 이른 아침에는 기온역전현상으로 오히려 비산의 위험성이 높아질 수 있다. 또한, 하루 중 뜨겁고 건조한 시간대에는 작업을 피해야 한다.

(2) 증류(co-distillation)

농약은 증류라는 과정을 통해 비표적 지역으로 이동할 수 있다. 이 현상은 농약이 고온의 표면, 일반적으로 초목이 없는 토양과 접촉할 때 발생한다. 농약은 휘발성이 크지 않은 약제라도 관개 직후 일어나는 급속한 증발 시 물분자와 함께 수증기로 바뀐다. 또한, 안개에 농약이 부착되어 살포 지역에서 외부로 옮길 수 있기 때문에 안개가 심한 하천 주변 등에서 주의가 필요하다.

(3) 바람 및 상승 온난 기류가 비산 및 대상지역 이탈에 미치는 영향

바람이나 상승 온난 기류로부터 공기가 이동하는 것은 농약이 의도하지 않은 작물 및 지역으로의 이탈 비산에 원인이 되는 주요인이다. 바람은 가볍고 작은 입자들을 대상 지역에서 멀리 떨어진 곳으로 운반하며, 멀리 이동한 입자들이 모여 특정량의 공기를 농약으로 포화시킨다. 공기는 바람이 강해짐에 따라 큰 입자를 점점 더 많이 가두며, 입자들이 지상으로 떨어지기 전 대상 지역에서 멀리 벗어날 수도 있다.

- **바람의 세기** : 바람이 불 때는 비산되기 쉬움. 살포 시의 바람이 강할수록 멀리까지 비산됨
- **바람의 방향** : 풍향은 풍속 이상으로 비산 문제 발생에 크게 기여함. 바람의 정방향에 비산으로 인한 농약 오염에 민감한 대상이 있을 경우 주의가 필요함

상승 온난 기류로 인한 공기의 상향 이동은 작은 입자를 포함해서 이동시키므로 살포 지역으로부터 멀리 비산할 확률을 높인다. 상승 온난 기류는 일반적으로 오후에, 특히 시원한 밤 기온 이후에 지면이 뜨거워지면서 발생한다. 이 현상은 따뜻한 공기가 차가운 공기보다 더 가볍기 때문에 지면에서 가까운 공기가 상승하여 일어난다.

(4) 기온역전

대기의 혼층에서 기온이 각기 다른 것은 농약의 비산 문제를 악화시키는 역전 현상의 원인이 된다. 역전은 상부 공기층이 그 아래 공기보다 따뜻할 때 발생한다. 이 따뜻한 공기층은 지상에서 약 6~30미터 상공 이상에서 시작될 수 있으며 그 아래의 시원한 공기층을 차단하고 공기의 수직 이동을 막을 수 있다.

역전층은 미세한 살포 입자와 농약 증기를 가두기 때문에 역전 상태에서는 살포를 하지 않도록 한다. 농약은 상대적으로 넓은 지역의 대기에 고르게 분산되기보다는 응축된 연기 형태로 살포 지역에서 멀리 이동하는 경우가 많다. 이후 응축된 농약 연기는 지상으로 돌아와 인간과 살포 대상이 아닌 작물, 기타 생물에 문제를 유발할 수 있다.

5. 살포기와 살포 조작에 관한 요인

- **살포 입경** : 미세한 살포 입자일수록 비산되기 쉬움
- **도달성** : 먼 곳까지 도달할 수 있는 살포 기구는 비산되기 쉽다. 송풍 기구가 있는 살포기는 송풍량이 많을 시에 비산이 발생되기 쉬움
- **노즐 조작** : 작물에서 멀리 떨어진 위치에서 살포하면 비산량이 많아지기 쉬움. 또한 노즐을 휘두르거나, 바람의 방향이나 살포액의 도달 방향을 고려하지 않은 살포는 비산을 조장하기 쉬움
- **살포량** : 살포량이 많은 경우에는 비산량도 많아지기 쉬움

6. 농약에 관한 요인

- **제형** : 분제나 액제는 비산이 잘 됨
- **냄새** : 냄새가 강한 농약은 인근 주민의 민원이 발생하기 쉬움. 휘발성이 강한 농약은 살포 후에도 영향이 남기 쉬움
- **등록 상황** : 주변 작물에 미등록으로 잔류허용기준이 없거나 현저히 낮은 경우, 주변 작물의 농약 잔류 문제가 쉽게 발생할 수 있음
- **농도 등** : 유효 성분 함유율이 높고 희석 배수가 낮은(유효 성분 투하량이 많은) 경우, 다른 농약보다 비산 농약량(성분량)이 많아지기 쉬움

제 4 장

비산대책의 기본조치

제4장 비산대책의 기본조치

1. 농약 살포 대책 수립

비산에 의한 문제 발생을 최소화하기 위한 첫걸음은 우선 주변에 무엇이 있는지 확인하여 어떠한 문제가 발생할 가능성이 있는지 확인하는 것이다. 다음으로, 어떠한 경우에도 살포의 기본인 주의사항 확인이 무엇보다 중요하다. 주거 인근지역에서는 항상 비산이 되지 않게 살포하도록 노력해야 하며, 중요 대책은 아래와 같다.

(1) 주의 구역의 인식

비산이 미치는 범위는 살포 시의 많은 요인에 따라 달라질 수 있으므로 살포 구역 주변의 어느 범위까지 주의해야 하는지가 매우 중요하다. 주변 작물에 미치는 영향을 피한다는 관점에서, 작물에 비산되었을 때 잔류될 수 있는 범위를 판단해야 하며 비산이 전혀 되지 않는 지점까지 고려할 필요는 없다.

주의구역은 사용하는 제형이나 살포 기구에 따라 어느 정도의 기준을 세울 수 있다. 일반 노지 작물의 경우라면 통상적으로 수 m 정도의 범위까지 주의를 요하나, 여러개 노즐을 사용하는 경우에는 다소 확대된다. 지상방제기는 사용하는 송풍량이나 농장의 조건에 따라 다양하지만, 비산이 많은 경우에는 100m 이상까지 주의를 요한다. 주의구역 내에 작물이 재배되고 있지 않다면 주변 작물에 대한 영향은 걱정하지 않아도 된다. 재배되고 있는 경우라면 다음의 사항을 확인해야 하다.

(2) 주의 구역 내의 작물과 수확 시기를 확인

비산의 영향을 받기 쉬운 작물인지 아닌지, 그 작물의 수확 시기가 가까운지를 확인하여 만일 비산되었을 경우 위험성을 검토해야 한다. 주의 구역 내에 비산의 영향을 받기 쉬운 작물이 재배되고 있고, 수확이 인접했을 경우 최대한 주의를 기울여야 할 필요가 있다. 또한, 구역 내 전부가 동일한 위험성을 갖지는 않으며, 살포 구역에 가까운 장소가 비산량이 가장 많고 멀어질수록 위험성은 낮아진다.

(3) 사용할 농약의 등록 여부를 조사

사용할 농약의 라벨(포장지) 또는 등록농약을 확인할 수 있는 웹사이트{http://pis.rda.go.kr(농약정보서비스), http://www.koreacpa.org(한국작물보호협회)}를 확인하여 살포하고자 하는 농약이 인근 재배작물에도 등록이 되어 있는지를 확인하는 노력이 필요하다. 주변 재배작물에도 살포하고자 하는 약제가 등록이 되어 있고 수확시기가 인접하지 않다면 막연한 걱정은 하지 않아도 된다. 확인이 불가능할 경우에는 일률기준(0.01ppm)을 고려하여 비산 대책이 필요하다.

(4) 주변 작물로의 비산 예방 대책

주변 작물로의 비산 대책은 비산을 최대한 줄이는 것을 기본으로 해야 한다. 살포의 원칙을 지키는 것이 가장 중요한 기본이 된다. 또한 비산 저감 노즐의 이용은 가장 근본적인 살포 비산 대책이므로, 살포의 기본을 지키면서 적극적으로 비산저감 노즐을 활용해야 한다.

2. 살포의 기본 주의사항

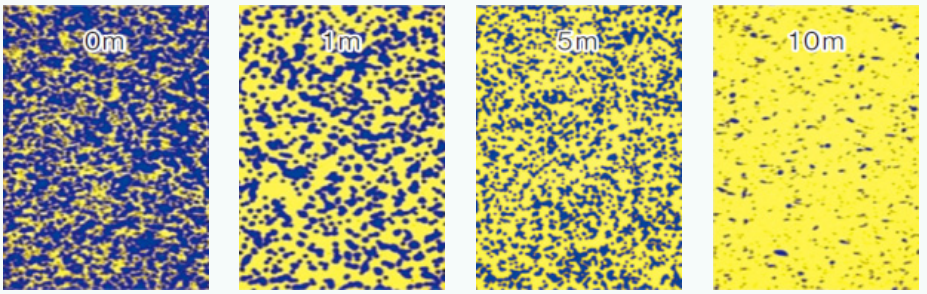
농약의 비산에 의한 문제 발생을 예방하기 위한 대책으로는 최적 살포를 하여 살포량을 줄이는 방법과 살포로부터 대상작물을 보호하는 방법으로 나눌 수 있다. 그 중에서도 비산이 최대한 되지 않도록 주의하여 살포하는 것이 가장 기본적이고 유효하며 특별한 비용이 필요하지 않으며 그 내용은 아래와 같다.

(1) 바람이 약할 때 풍향에 주의하여 살포

비산 발생의 가장 큰 원인은 풍속이며, 표준 살포 방법을 사용해도 바람이 강할 때 살포하면 비산을 줄이기 어렵다. 또한, 바람이 약할 경우에도 풍향을 고려하여 살포하는 것이 중요하다. 실제로는 살포 중 종종 풍속이나 풍향이 변화하는데, 바람이 불어가는 방향에 비산이 우려되는 대상작물이 있으면 살포를 중단할 필요가 있다.

[살포거리와 비산량]

- 일반 노즐을 사용하여 1분간 살포하고 바람이 불어가는 쪽의 위치에 아래와 같이 감수지(수분이 닿으면 색이 변하는 특수 종이)를 거리별로 배치하고 조사하였다. 비산 정도는 살포기의 종류와 바람에 따라 다르지만, 일반적인 바람의 조건에서 거리에 따른 비산의 영향이 크다는 것을 알 수 있다.



주의 : 위 그림은 실험의 일례로, 항상 같은 격차를 나타내는 것은 아닙니다.

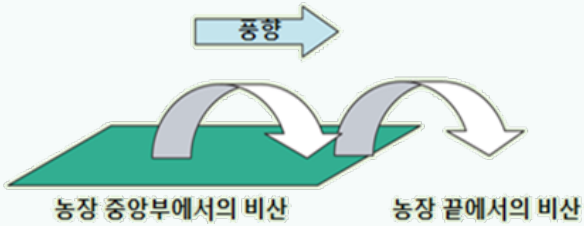
※ 출처 : 풍속에 의한 비산 영향시험(초속 0.8~1.4m/s) – 국립농업과학원(2018)

(2) 살포의 방향 및 위치에 주의

살포는 가능한 대상 작물에만 도달하도록 주의해야 한다. 특히 초장이 긴 작물에 살포할 경우에는 수평 방향이나 경사 방향으로 살포하기 때문에, 작물 위 또는 틈새로 살포액이 빠져 나가는 것을 최대한 줄일 수 있도록 주의해야 한다. 농장의 끝 부근에서 살포할 때 특히 주의가 필요한데, 외측에서 내측을 향하여 살포하여 인근 경작지로 약액이 넘어가지 않도록 하는 것이 좋다. 또한, 노즐 끝부분과 작물과의 거리가 멀어질수록 바람의 영향을 받기 쉽기 때문에 작물에만 정확하게 살포하고 비산을 줄이기 위하여 가급적 작물 가까이에서 살포하는 것이 좋다.

[농장의 끝 부근에서 살포할 때의 주의점]

- 통상적으로 농장의 끝부분에서 발생하는 비산은 주변 작물의 잔류에 큰 영향을 미친다. 그 이유는 농장 중앙부에서 살포로 발생한 비산 대부분은 살포한 농장 내에 떨어지는 것에 비해, 끝 부근에서는 농장을 벗어나 떨어질 확률이 커지기 때문이다. 또한, 과수 등은 나무 자체로 차단효과가 있으나, 농장 끝 부근에 있는 나무는 마지막 차폐물인데다가 나무 사이의 틈도 많다. 이처럼 농장 끝 부근의 살포작업은 비산을 방지하기 위한 특별한 주의가 필요하다.



(3) 적절한 노즐과 적정한 압력의 사용

살포 노즐은 농약을 작물에 전달하는 기구로, 살포기에서 가장 중요한 부분이며 그 특성에 따라 비산의 양상이 달라진다. 특히 살포되는 입자의 크기는 비산과 밀접한 관계가 있으며, 미세한 입자일수록 약한 바람에도 비산되기 쉽다. 일반적으로, 살균제나 살충제 살포에서는 미세한 입자를 발생시키는 노즐을 선호하나, 이러한 노즐에도 많은 종류가 있고 입자 크기도 차이가 있다. 하지만 비산을 저감하기 위해서 매우 미세한 입자를 만드는 노즐을 사용하는 것은 피하는 것이 좋다. 또한 노즐의 살포 압력이 높을수록 분무량이 증가하고, 입자 크기가 작아져서 비산되기 쉬우므로 적정 압력을 사용해서 살포하는 것이 중요하다.

제초제 살포 시, 액적크기가 큰 노즐을 선택하여 비산을 방지하는 노력이 필요하다. 입자가 작은 살균 · 살충제용 노즐을 겸용하는 것은 비산의 방지뿐만 아니라 약해 피해도 방지하기 위해서 피해야 한다. 따라서 용도에 적합한 노즐을 사용하는 것이 필요하다.

[입자크기의 효과]

- 이론상 작물 표면에 잘 살포되기 위해선 최대한 작은 입자를 사용하는 것이 유리하나 미세할수록 효과가 반드시 좋은 것은 아니다. 입자가 미세할수록 살포 과정에서 비산의 위험성이 높으며 증발에 의한 손실도 크다.

[적정한 압력에 대한 고찰]

- 살포 노즐은 크게 저압용(0.5MPa 전후)과 고압용(1.5MPa 전후)으로 나뉜다. 각각의 노즐에는 적정한 압력 범위가 있으며 압력이 높아지면 부하가 걸려 파손되거나 약액이 비산되기 쉽다. 한편 압력이 너무 낮아져도 적하(dropping, 기압 · 기온의 영향으로 만년필 등의 촉끝에서 잉크가 필요 이상 흘러나오는 일)등 이상 분무 현상의 원인이 된다. 따라서, 고압 노즐의 경우 노즐 근처 앞부분의 압력을 1~1.5MPa 로 사용하는 것이 좋다.
  지상방제기 같이 압력계가 바로 옆에 있고, 심지어 배관에 의한 압력 손실이 적은 살포기라면 압력계로 압력을 확인하는 것이 좋다. 그러나 긴 호스를 사용하는 동력분무기는 호스에 의한 감압이 있으며 압력을 바로 확인할 수 없다. 따라서 압력을 점점 높여 적정한 분무 패턴에 도달하는 범위 내에서 되도록 낮은 압력 범위를 선택하여 사용하는 것이 좋다. 또한 살포 노즐의 손잡이 부분에 압력계를 장착해서 사용하면 바로 확인할 수 있다.

[호스에 의한 압력 저하]

- 호스 안쪽 면의 마찰 저항에 의한 압력 저하가 발생하다. 이 압력 저하는 호스의 내경 · 길이, 분무량으로 계산할 수 있다. 예를 들어 내경 8.5mm의 100m 호스를 사용해 분당 8L를 살포할 경우, 펌프의 본래 압력에 상관없이 약 0.7Mpa의 압력 저하가 발생한다. 이 압력 저하는 호스의 내경이 작을수록, 길이가 길수록, 분무량이 많을수록 커지기 때문에 설정한 압력에 도달하지 못하게 된다.

(4) 적정한 양을 살포

같은 방제기를 사용한 경우, 살포량이 많을수록 비산량도 많아지며 같은 조건이라면 비산량은 살포량에 거의 비례한다. 즉, 300L/10a를 살포한 경우에는 100L/10a 살포에 비해 약 3배로 비산량이 증가한다. 따라서, 과도한 양을 살포하지 않도록 유의할 필요가 있다.

작물에 농약을 살포하면 일정량 이상은 작물에 살포되지만 나머지 농약은 인근 작물로 비산되거나 토양에 잔류하게 된다. 토양에 잔류한 농약은 후작물에 흡수 · 이행되기도 하고 지하수로 용탈되거나 수계로 흘러들어간 농약이 농업용수로 사용되어 다른 작물에 비의도적 농약 오염을 초래할 수 있다.

작물이나 병해충의 종류, 사용 농약의 특성에 따라서도 차이가 있으나 작물 전체에 농약이 고르게 살포되고 약액이 일부 떨어지기 시작하는 정도의 양이 적정 살포량이라고 할 수 있다. 또한 작물의 생육상태를 고려하여 살포량을 절감할 필요가 있다. 생육초기 작물에 수확기와 같은 양의 농약을 살포하는 것은 과잉살포이므로 비산 위험성 및 방제 비용을 절감하기 위해서 적정량을 살포하는 것이 바람직하다.

3. 살포 기구의 세척

근접 작물에 비의도적 농약의 잔류가 발생하는 요인은 비산뿐만이 아니다. 살포기의 탱크나 배관에 이전 사용 농약이 남아 잔류 문제로 이어지는 경우도 있다. 특히 호스나 배관 내 잔량은 이후 그대로 살포돼 부분적으로 고농도 잔류로 나타날 수 있다. 따라서 살포가 끝나면 탱크나 호스 내 잔량을 제거하고 세척해야 한다. 세척을 미루면 약제가 굳어 쉽게 씻어낼 수 없을 뿐만 아니라 노즐이 막히는 원인이 되기도 한다. 또한, 잔량이나 세척액이 하천에 유입되지 않도록 적절한 장소에서 세척해야 한다. 특히, 지상방제기와 같이 규모가 큰 방제기의 경우에는 탱크가 크고 배관이 복잡하므로 다음에 유의하여 세척한다.

- 탱크 드레인(배출구)의 잔량을 확실하게 배출한다. 배출이 충분히 이루어지지 않으면 그 후의 세척 효과가 감소한다.
- 호스로 물을 흘려 탱크 내벽을 깨끗하게 세척한다. 스트레이너(여과망)나 드레인(배출구) 마개 등도 세척한다.
- 가능하면 다시 한 번 탱크 안에 물을 채우고, 위와 같이 반복하여 세척한다. 처음 세척 시에 사용한 물의 양이 적을 경우 다시 한 번 세척하는 것이 좋다.
- 노즐의 수가 많은 경우 외부에서도 물을 흘려 세척하고, 막힘의 원인이 되는 오염물을 제거한다.

[대형 방제기의 외부 스트레이너]

- 탱크 밖에 스트레이너(여과망)가 설치된 대형 방제기는 탱크의 드레인에서 약액을 배출해도 외부 스트레이너 안에 잔액이 있는 경우가 있으므로, 스트레이너의 뚜껑을 열고 배출하는 것이 바람직하다. 이 때 스트레이너도 세척하는 것이 좋다. 이 스트레이너가 막히면 분무용 펌프의 공운전 · 연소로 이어진다.

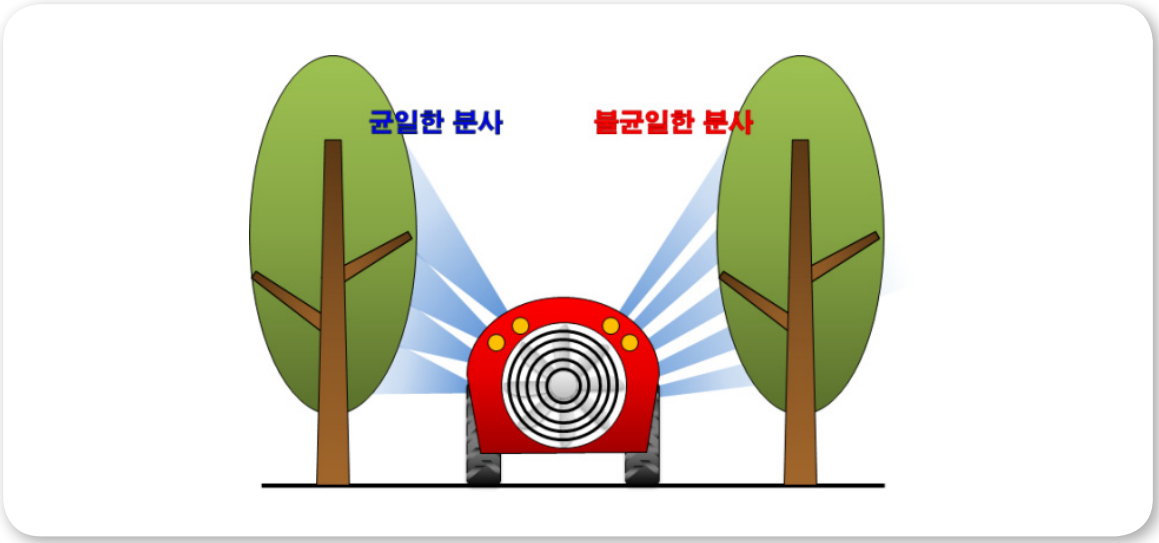
[세척액의 완전한 배출(대형 방제기)]

- 분무용 펌프의 공운전으로 세척액을 배출할 수 있다. 탱크를 비우고 엔진을 저속 운전시킨 후, 분무용 펌프를 운전시켜 공기를 흡입하여 분무와 같은 방법으로 노즐에서 배관 안의 잔액을 배출시킨다. 엔진 회전이 저속이라면 1분 정도의 공운전으로 펌프에 미치는 영향은 없다. 또한 각 방제기의 취급설명서에는 “장기 보관 방법”으로, 배관 및 펌프 내의 물을 배출하는 방법이 기재되어 있으므로 참고 한다.

4. 비산을 저감할 수 있는 노즐 선택

(1) 노즐선택의 고려사항

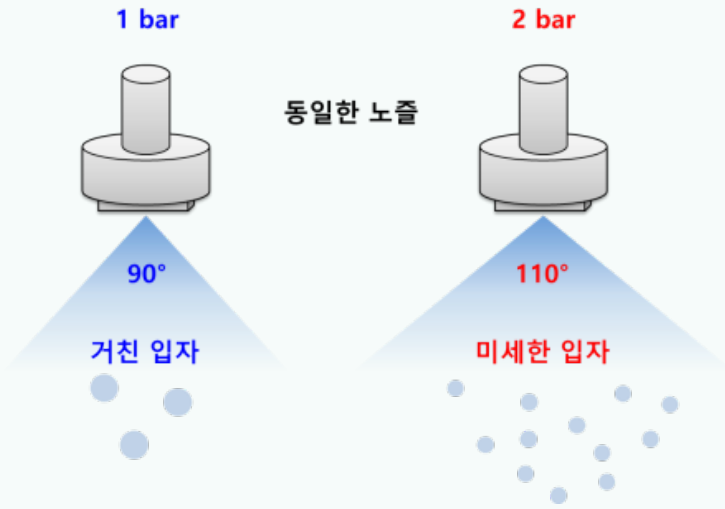
노즐에서 분출되는 약액의 부피중간직경(VMD)이 미세할수록 더 많은 입자가 살포되어 광범위한 살포가 가능하다. 예를 들어 평균 입자 크기가 두배 증가하면 살포액의 입자 수는 8배 적어지는 것이다. 입자의 수를 증가시키기 위하여 미세한 액적을 생성하는 노즐을 사용하면 미세한 입자를 제어하기 어려울 뿐만 아니라 비산 가능성도 커진다. 액적의 크기를 키우는 노즐을 사용하게 되면 과도한 양이 살포될 가능성이 있으며, 이에 따라 약해가 발생할 수 있기 때문에 작물과 병해충 발생 정도에 따라 사용자가 적절히 선택해야 한다.



대상 작물과 방제기와의 거리에 따른 고른 살포를 위해 노즐의 살포폭(살포각도)을 고려하여 노즐을 선택해야 한다. 살포폭이 좁으면 비산의 위험은 감소하지만 집중살포 또는 미살포 가능성이 있어 약효 저하 및 약해 발생 가능성이 있으며, 살포폭이 커지면 넓은 범위를 살포할 수 있지만 비산의 위험이 있다. 따라서 포장의 상황과 작물의 생육정도 및 주변 재배작물을 고려하여 노즐의 살포각도를 결정해야 한다.

[노즐압력이 분사 각도에 미치는 영향]

- 동일한 노즐에서도 살포 압력이 낮으면 살포속도가 느려지고 입자 크기의 VMD를 증가시켜 액적의 크기가 커지면서 살포각은 줄어들게 된다. 반대로 살포압력이 높을수록 살포속도가 증가되고 입자크기의 VMD가 감소하면서 액적의 크기는 작아지고 살포각이 커지게 된다.



(2) 노즐 선택

다양한 노즐이 존재하고 있어 작업에 적합한 노즐을 선택하려면 살포된 입자가 어떻게 움직이는지를 이해해야 한다. 미세한 입자는 대기에서 오래 머무르고 입자가 크면 침전 속도가 빠르므로 대기에서 더 빨리 사라진다. 약액이 노즐에서 분사되면 작업자는 더 이상 제어 할 수 없으므로 가능한 많은 요인을 고려해야 한다.

유압 노즐은 작은 직경에서 큰 직경까지 다양한 입자 크기를 생성하며 마이크론(μm)으로 측정된다. 미국농림생물공학회(The American Society of Agricultural and Biological Engineers, ASABE)는 s572.1이라는 참고 표준을 발표했는데, 주어진 압력에 대해 노즐에서 방출되는 평균 입자 크기를 설명하기 위해 기호를 사용하고 Extremely Fine(XF)에서 Ultra Coarse(UC)의 8그룹으로 분류하였다.

〈ASABE s572.1 노즐 분류〉

입자크기 작음 ↑ 중간 ↓ 크다

Droplet Category	Symbol	Color Code	VMD Range(㎛)
Extremely Fine	XF	Puple	〈60
Very Fine	VF	Red	61 – 144
Fine	F	Orange	144 – 235
Medium	M	Yellow	236 – 340
Coarse	C	Blue	341 – 403
Very Coarse	VC	Green	404 – 502
Extremely Coarse	XC	White	503 – 665
Ultra Coarse	UC	Black	〉665

ISO 10625 참고 표준은 노즐 크기(즉, 유량)를 컬러 코딩된 참조 차트에 연결하여 노즐 유량을 한눈에 쉽게 확인할 수 있도록 하였다. 노즐 제조업체가 이 규칙을 따르는 경우 노즐 자체의 색상을 통해 유량(L/min)을 알 수 있다.

〈ISO 10625 노즐 분류〉

Tip Size	ISO Color	Flow Rate L/min, 3bar
01	Orange	0.4
015	Green	0.6
02	Yellow	0.8
025	Violet	1.0
03	Blue	1.2
035	Brown Red	1.4
04	Red	1.6
05	Brown	2.0
06	Gray	2.4
08	White	3.2
10	Light Blue	4.0
15	Yellow Green	6.0
20	Black	8.0

(3) 비산저감 노즐

비산저감 노즐이란 범용으로 사용하는 일반노즐에 비해 살포 액적의 크기 등을 조절하여 비산을 저감시킬 수 있도록 개발된 노즐을 말하지만 정확한 정의는 없다. 일반노즐 중에서도 살포입자 크기가 크고 비산되기 어려운 것이 있기 때문에 일반 노즐인지 아닌지에 관계없이 “비산 가능성이 낮은 살포 입자 크기를 가진 노즐”이라고 이해하는 것이 적절하다. 살포 입자의 크고 작음에 대한 판단은 일반적으로 노즐에서 분무되는 다양한 크기의 살포 입자 중 평균 입자 크기로 한다. 문헌상 평균 입경이 100㎛ 이하인 경우에는 비산되기 쉽고, 200㎛ 이상인 경우에는 비산 가능성이 현저히 낮아진다.

(4) 비산저감 노즐 사용상 주의 및 특징

비산 저감 노즐을 과신하여 바람이 강할 때 살포하는 등, 살포의 주의사항을 따르지 않으면 예기치 못한 비산이 발생할 수 있다. 또한, 지상방제기에 비산 저감 노즐을 장착해도 바람의 양이 많을 때 살포하는 경우에는 저감 효과를 얻을 수 없다. 큰 입자는 운동 에너지도 크기 때문에, 그 직접적인 도달력은 일반 노즐보다 크다는 것을 알아야 한다.

저비산노즐을 사용하면 농약 살포자의 농약 노출량이 크게 감소하기 때문에 농작업 중 농약에 노출되기 쉬운 과수 등 입체적인 작물의 살포나 시설내의 살포 시에는 비산 저감 노즐을 사용하는 것이 매우 바람직하다. 또한, 비산 저감노즐은 비산량 그 자체가 감소할 뿐만 아니라 살포 시 미세한 약액 입자가 잘 발생하지 않기 때문에, 주변 주민에 대한 노출을 최소화한다는 관점에서도 매우 효과가 좋다.

5. 차폐물의 이용

(1) 차폐물의 종류와 용도

살포구역 주변에 네트 등을 설치하거나 캐노피가 높은 작물을 식재하여 살포액이 외부로 비산되는 것을 차단할 수 있으며, 여의치 않을 경우 인근 작물에 네트나 피복자재(멀칭비닐 등)로 덮어 비산을 원천적으로 차단하는 방법이 있다. 한 포장에서 한번 식재한 작물을 연속해서 재배하는 작물(과수작물)의 경우 주변 지형물을 이용하여 반영구적 차폐막을 설치할 수 있지만 그렇지 않은 작물의 경우 차폐막을 임시로 사용해야하기 때문에 비산 우려 인근 작물에 피복자재를 이용하는 것이 합리적이다.

(2) 네트의 이용

① 네트의 차단 효과

네트의 차단 효과는 그물의 촘촘함과 설치 높이에 의해 좌우되며 아래의 효과가 밝혀졌다.

- 네트를 통과한 비산 입자는 네트의 방풍 효과로 비산 거리가 짧아진다.
- 네트가 촘촘할수록 비산 입자의 차단효과가 높아진다. 러셀망(연사로 짜여진 네트)이라면 2mm이하에서 매우 좋은 차단 효과를 보였다.
- 얇은 실로 만들어진 방충 네트와 같이 통기성이 좋은 네트는 촘촘해도 차단 효과가 낮고 시트와 같은 통기성이 거의 없는 소재는 비산 입자가 통과하지는 못해도 상승기류에 의해 차폐막을 뛰어넘는 현상이 발생할 가능성이 있다.
- 네트는 충분한 높이로 설치할 필요가 있고 네트가 땅에 닿는 부분에 틈이 있으면 그곳을 통해 살포액이 외부로 비산될 가능성이 있다. 특히 작물의 하부도 살포하는 SS기의 경우 비산될 가능성이 크다.
- 네트에 살포액이 직접적으로 살포되면, 네트 면에 충돌한 살포 입자가 부서지면서 보다 미세한 입자가 생성되어 비산되게 된다.

② 네트의 이용 방법

가. 사다리형 농장

포도나 가지와 같은 사다리형 농장에서는 주위를 4mm 정도의 러셀망 네트로 감싼 경우가 많은데, 고속 분무기를 사용한다면 이 정도 촘촘한 네트로도 주위로의 비산 저감 효과가 있다. 즉, 네트의 방풍 효과에 의해 비산 입자가 네트를 통과하더라도 비교적 근거리에 낙하하기 때문에 위험 지역은 상당히 좁아진다. 단, 네트 자체의 차단 효과는 그다지 높지 않으므로 수평 방향의 노즐을 잠그고, 네트 옆에서 살포 주행은 하지 않는 등의 주의가 필요하며 5m 보다 멀리까지 비산되는 것을 상당히 잘 막아준다.

이 정도로 촘촘한 네트는 통풍성이 적당하기 때문에 재배지 내의 통기성도 확보할 수 있으며 낮은 가격에 내구성도 좋아서 연중 설치가 가능하다는 것도 장점이다. 이러한 측면 네트와 우박에 대비하기 위해 윗부분에 그물 간격이 촘촘하지 않은 네트를 함께 설치하는 농장에서는 비산 저감 효과가 일부 나타난다. 확실한 비산 방지 효과를 얻기 위해서는, 2mm 이하의 촘촘한 네트를 측면용으로 이용한다. 단, 촘촘한 네트는 통기성이 저하하므로 부분적으로 설치하거나 개폐식을 검토할 필요가 있다.

나. 입목

입목(立木, 서 있는 나무) 또는 과수원 울타리가 세워져 있을 경우에는 애초에 네트를 걸 수 있는 기둥이 존재하지만, 입목 등의 농지에서는 우선 네트 설치를 위한 지주에 대해 검토가 필요하다. SS기를 사용하는 농장에서는 일반적으로 4~5m 정도의 네트를 펴서 설치할 필요가 있으나 그 지주를 새로 설치하는 데에는 상당한 비용이 든다. 따라서 새로 지주를 설치할 경우에는 비산을 원하지 않는 특정 방향이나 각도 구간을 우선적으로 검토하는 것이 일반적이다. 또한 네트를 상당히 높이 설치할 경우, 내구성 면에서 보았을 때 4mm보다 촘촘한 네트를 설치하는 것이 힘들다. 따라서, 촘촘한 네트는 살포 시에만 사용할 수 있도록 개폐식으로 하는 등의 조치가 필요하다.

(3) 차단 식물의 이용

가로수와 같은 작물을 포장 주변에 식재하여 반영구적으로 비산방지 식물로 활용하는 방법이 있다. 이 방법은 미관이 뛰어나고 한 번의 투자로 지속적인 효과를 얻을 수 있다는 장점이 있지만 식재 후 차폐효과를 얻기까지 많은 시간이 필요하며, 차폐효과를 얻을 만한 생육상태의 식물을 식재할 경우 많은 비용이 투입된다는 단점이 있다. 반면에 옥수수 등과 같이 단년생 작물을 포장 주변에 식재하여 일시적으로 비산 방지 효과를 얻는 방법이 있다. 이 방법은 매년 식재해야 하는 번거로움과 생육상태 유지를 위해 별도의 병해충 방제 작업이 필요하다는 단점이 있지만 경제적, 시간적 효율성이 높은 장점이 있다.

(4) 피복 자재의 이용

차폐막 설치, 보호작물 식재 등이 여의치 않을 경우 비산 우려 작물을 피복자재로 덮어 비산의 위험을 원천적으로 봉쇄하는 방법이 있다. 이 방법은 작물을 덮는 방식이기 때문에 통기성이 있는 네트의 사용보다 멀칭비닐 등과 같은 자재의 사용이 효과적일 수 있다. 특히, 부직포계 시트가 차단 효과가 높고 부직포 표면에 농약이 비산되어도 비나 관수에 의한 2차 오염의 우려는 낮을 것이다. 또한 부직포는 매우 가볍기 때문에 일시적인 피복에 간편하게 이용할 수 있으며, 소량 다품목 재배 농장에서 임시적인 비산 대책으로 활용하기 좋다.

제 5 장

스피드스프레이어(SS기) 운영 대책

제5장 스피드스프레이어(SS기) 운영 대책

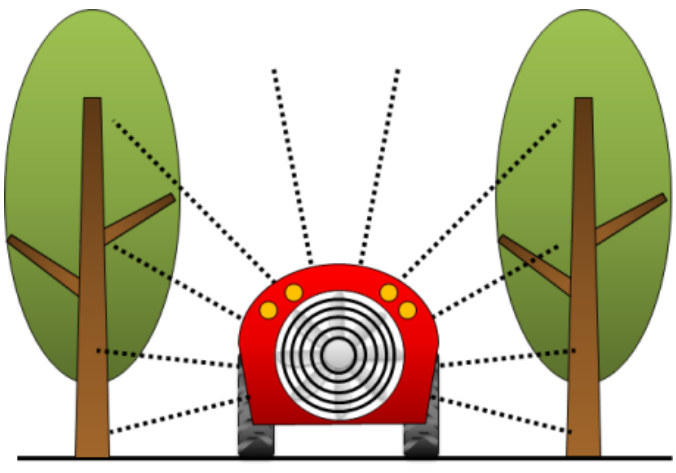
1. 스피드스프레이어(SS기)의 비산 저감 대책

(1) 스피드스프레이어의 비산 원인

SS기는 부채꼴 형태로 수많은 노즐을 장착하여 송풍으로 살포액의 도달력을 높이는 방제기로 어떤 방향으로도 비산되기 쉽다. SS기의 비산 요인은 다음과 같다.

- **노즐 위치(살포방향)**

  SS기는 아래의 그림과 같이 약액이 분사되는데 살포액을 위로 분사할 경우 높은 곳까지 약액이 도달할 수 있지만 우거지지 않은 과수에 살포할 경우 그대로 비산될 가능성이 높아진다. 양옆으로 살포액이 분사되면 잎이 무성하여 약액이 나무를 통과하여 비표적 작물에 영향을 줄 가능성이 낮지만 나무와 나무 사이 빈 공간에 농약을 살포하면 비산될 수 있다. 또한 하부에 살포되는 농약은 나무 잎이 무성하지 않고 나무 기둥만 존재하기 때문에 살포액이 주변으로 비산되게 된다. 또한 잎이 무성하지 않은 시기에 농약을 살포하게 되면 작물에 부착되는 양보다 비산되는 양이 많아질 가능성이 매우 높으므로 주의해야 한다.



• **송풍량**

송풍량이 많으면 살포액의 도달력이 좋아지지만, 액적의 크기가 작아지고 그에 따라 비산량도 많아진다. 또한 송풍량이 많은 경우 바람이 불어오는 방향으로도 살포액의 상당양이 비산된다.

• **선회와 경계 살포**

SS기를 이용하여 농약을 살포하면서 운행 방향을 바꿔 살포할 경우 분무를 중단하지 않으면 예상하지 못하는 농약 비산이 발생할 가능성이 높다. 또한 포장 끝부분을 살포할 경우 비산량이 최대가 되기 때문에 손살포 등의 대책을 세워 방제해야 한다.

(2) 비산 대책의 수립 방식

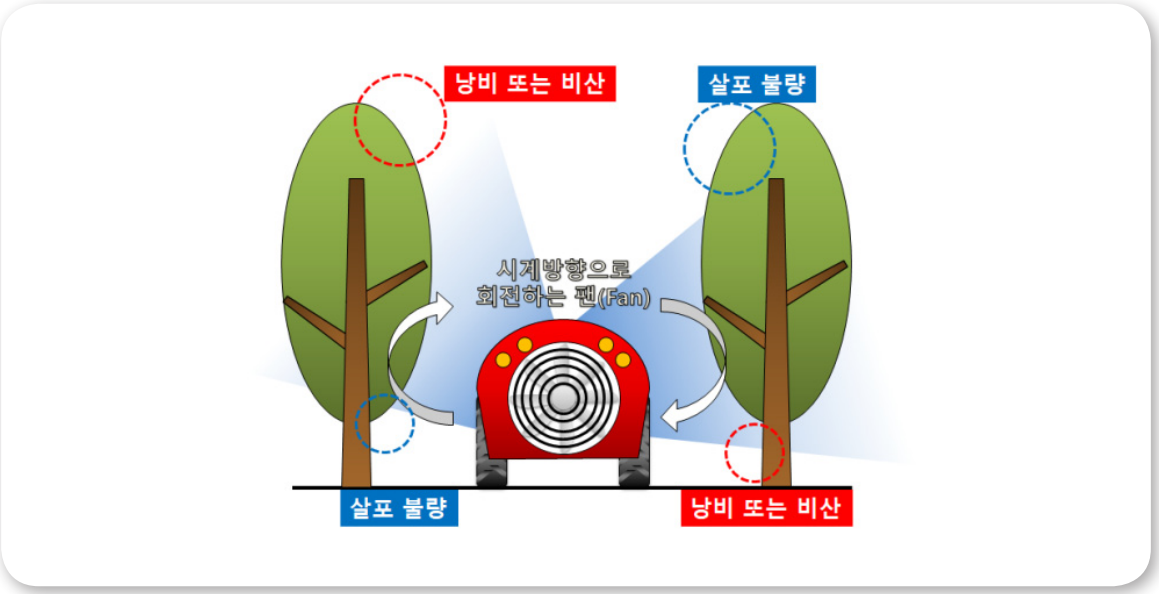
SS기 비산 대책의 기본은 비산량을 최대한 줄이는 것이다. 이를 위해서는 앞 장에서 설명한 비산 요인을 이해하고 그것들을 줄이기 위한 대책을 강구하는 것이 중요하다. 다음으로, 농장의 수형 관리에도 유의할 필요가 있다. 약액이 쉽게 붙지 않는 키가 큰 나무나 과번무(영양생장이 과도하게 일어나서 줄기나 잎이 무성하게 된 식물체에서 과실이나 뿌리 등의 발육 또는 착색이 불량하게 되는 것)를 개선하면, 적은 송풍량으로도 충분한 방제 효과를 얻을 수 있다. 인근에 비산이 우려되는 작물이 있는 경우에는 위험 지역이나 위험성이 높은 시기를 확인하면, 그것을 피해 살포할 수 있으며, 비산되어도 문제가 발생되지 않는 농약을 선정하는 등의 대응책을 통해 비산을 예방할 수 있다. 지속적인 위험성이 있을 경우에는 네트 등의 차폐물을 검토하는 것도 좋다.

(3) 비산을 줄일 수 있는 SS기의 세팅 방법과 조작법

① 송풍 방향

방제기의 송풍팬에 의해 생성된 공기의 흐름(기류)은 살포된 용액을 대상작물로 운반한다. 따라서 농약이 대상작물 전체에 도달하기 위해서는 송풍팬에서 생성되는 공기의 흐름이 대상작물 전체에 도달해야 한다. 일반적인 스피드스프레이어의 경우 송풍팬이 시계방향으로 회전하며 기류를 발생하므로 회전 방향에 따라 한쪽은 올라가고 다른쪽은 내려가는 현상이 발생할 수 있다. 이런 경우 살포 농약의 일부가 비산되는 극단적인 상황이 발생할 수 있다. 방제기에서 발생할 수 있는 이 같은 상황을 확인하는 방법은 다음과 같다.

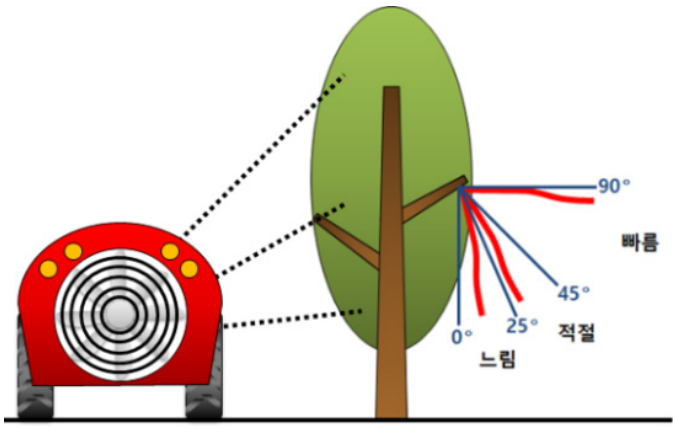
1. 나무 열 사이의 통로에 SS기를 주차
2. 상단, 중간 및 하단 노즐 본체에 리본끈(약 25cm)을 묶음
3. 송풍팬을 켜고 리본을 관찰하여 방제기에서 생성된 기류의 흐름을 확인



② 풍속 및 풍량

송풍 방향이 조정되면 바람 조건, 수형 및 이동 속도와 같은 많은 요인을 고려하여 풍량과 풍속을 작물에 맞게 조정한다. 다양한 요인을 확인하는 방법은 다음과 같다.

1. 송풍팬의 세기(rpm)을 선택하고 방제기의 이동 속도를 선택
2. 살포하려는 대상 작물의 반대쪽에 25cm 길이의 플래깅 테이프를 상단, 중간 및 하단에서 부착
3. 노즐은 작동하지 않고 선택된 송풍팬의 압력과 이동 속도로 이동하면서 반대편 열의 통로에 테이프를 관찰

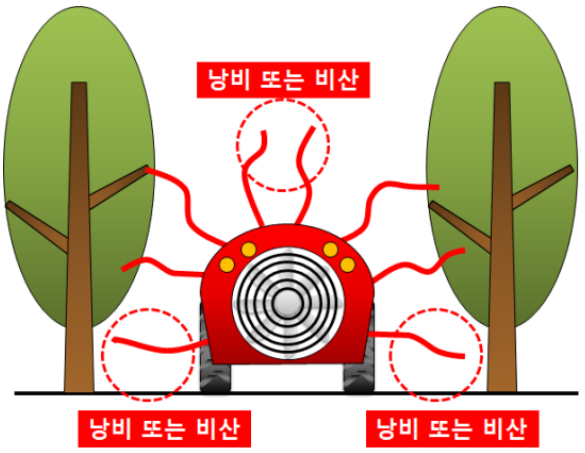


테이프가 움직이지 않는다면 방제기의 송풍이 대상작물을 통과하기에 충분하지 않았을 수 있으므로 테이프가 움직일 때까지 이동 속도를 줄이거나 송풍팬의 세기를 높인다. 반대로 플래깅 테이프가 똑바로 서 있으면 송풍량이 너무 쎄다는 것을 의미하기 때문에 이동 속도를 높이거나 송풍팬의 세기를 줄인다. 그러나 플래깅 테이프 진단에만 전적으로 의존하는 것은 잘못된 결과를 가져올 수 있으므로 감수지를 이용하여 살포된 범위를 평가하는 등의 보정이 필요하다.

비슷한 크기의 수형을 갖는 대상 작물을 그룹화하여 송풍량과 이동속도를 선택할 수도 있다. 이때 해당 작물에 맞는 방제기의 설정을 기록하고 보관한다.

③ 노즐 조정

송풍 방향이 조정되면 작물의 높이, 스프레이 각도 등을 고려하여 어떤 노즐을 개폐할지 결정한다. 앞에서 설명한 리본끈 진단은 공기 흐름을 나타내며 각 노즐의 중심이 향하는 위치를 보여준다. 대상 작물을 벗어나 분사되는 노즐을 확인할 때 이 정보를 사용할 수 있다.



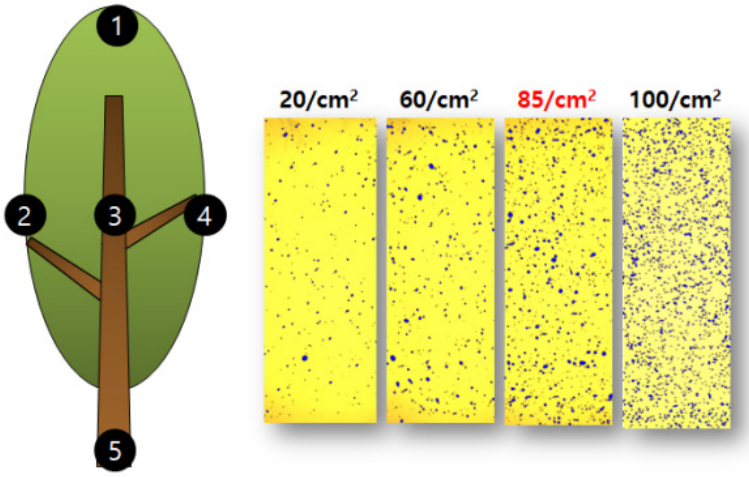
하단노즐의 경우 약액이 낭비될 가능성이 높으므로 만약 노즐에서 분산된 약액이 인접 노즐에서 분사된 약액과 살포범위가 겹친다면 닫을 수 있다. 항상 감수지를 사용하여 적절한 살포 범위를 확인해야 한다.

④ 대상작물의 면적과 방제기 출력 조정

대상작물의 생육에 따라 나뭇잎의 밀도 차이가 있으므로 생육시기별로 방제기의 출력을 조정해야 대상 작물의 모든 범위에 농약을 살포할 수 있다. 예를 들어 계절이 시작되어 꽃잎이 떨어질 때까지의 방제기 출력값과 그 이후 계절이 끝날 때까지의 출력값으로 나눌 수 있다. 꽃이 모든 작물에 대해서 출력값을 조정해야하는 시기임을 알리는 것은 아니지만 곧 변경될 필요가 있다는 것을 상기시킬 수 있는 특징이 될 수 있다.

⑤ 감수지를 이용한 살포범위 평가

논란의 여지가 있지만 감수지 표면의 1cm^2 당 미세하거나 중간크기의 입자 85개가 덮여있다면 적절한 살포 범위를 나타낸 것으로 간주한다. 대상 작물에 대한 간단한 그림을 만들고 감수지를 놓을 위치에 해당하는 고유 번호를 붙인다. 각 감수지의 뒷면에 숫자를 기록하여 수집 후 어디에 위치했는지 확인할 수 있다.



감수지를 사용할 때 주의사항은 맨손으로 감수지를 만지면 땀이나 기름성분에 의하여 감수지가 변할 수 있기 때문에 장갑을 꼭 착용해야하며, 감수지를 이용한 평가 후 감수지를 수거할 때는 서로 붙거나 번지지 않게 건조시킨 후 모은다.

⑥ 선회와 경계 지역 살포

방제 작업 중 선회하거나 농장의 경계부근을 살포 때 밖으로 분무하면 다량의 살포액이 그대로 비산되기 때문에 통상적으로는 외측의 분무를 정지하고 살포한다. 그러나 일반적인 SS기는 위쪽과 양 옆방향의 3방향으로만 정지가 가능한 경우가 많다. 측면으로의 분무만 정지하면 위쪽에서 분무된 살포액이 바깥쪽으로 비산된다. 따라서, 가능하다면 위쪽 방향도 정지하여 살포하는 것이 비산을 대폭 줄일 수 있는 방법이다.

⑦ 작은 노즐의 개폐 조작

과수원에서는 가지 사이 공간이 비어 있거나, 작물이 심어지지 않은 부분도 있다. 농장의 경계부근이 이러한 경우 농장 밖을 향해 분무하면 나무가 없는 공간을 통해 다량의 살포액이 밖으로 비산된다. 따라서 경계부근의 살포에서는 운전석에 있는 개폐 마개 조작에 유의하고, 나무가 없는 곳에서는 분무를 정지하는 등의 세심한 주의를 기울이면 비산을 대폭 줄일 수 있다.

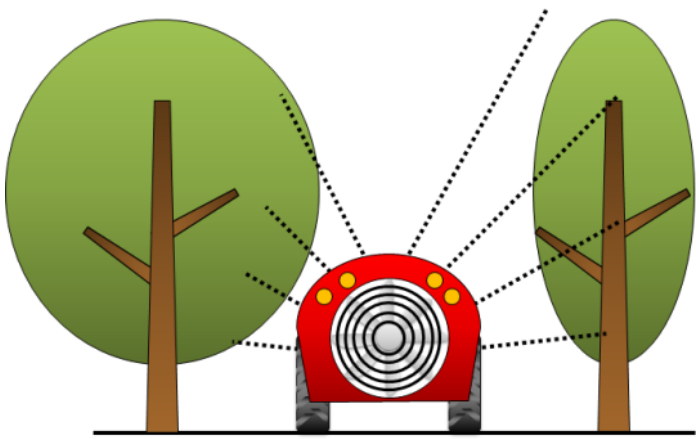
⑧ 보정 살포

농장의 경계 부근에서 보다 주의 깊게 살포하려면, 송풍을 정지하는 방법이 있다. 이 외에도, 경계 부근에서는 살포가 고르지 못한 경우가 종종 발생하므로, 필요하다면 손살포로 보정 살포를 하는 것이 좋다.

SS기에는 통상적으로 보정 살포용 호스가 세팅되어 있으므로, 적극적으로 활용하는 것이 바람직하다.

2. 수형 관리

수형관리(가지치기, 잎 제거 등)가 제대로 이루어지지 않아 살포와 농약이 도달하는 범위에 문제가 발생할 수 있으므로 다년생 작물의 수형관리는 비산대책의 중요한 고려 사항이다. 또한 수형관리를 통해 빛과 공기의 순환이 이루어지면 작물의 생육 및 수확량에도 긍정적인 영향을 미친다.



나무 꼭대기가 나무의 가지로 막힌 작물이거나 나무사이의 가지로 인하여 통로가 좁은 경우는 살포된 농약이 작물에 도달하는 범위를 제한한다. 반면, 나무 꼭대기까지 개방된 작물이거나 나무사이의 가지가 잘 정리된 통로에서 살포된 농약이 대상작물 전체에 도달한다.

제 6 장

광역방제기의 비산 저감 대책

제6장 광역방제기의 비산 저감 대책

1. 방제 준비단계 주의사항

(1) 방제 예정지 및 주변 조사

방제 예정지의 규모와 운행 경로를 우선 파악하고 기상자료 등을 검토하여 예상 비산 경로를 파악해야 한다. 또한 광역방제기는 수도작을 중심으로 대단위 경작지에 공동 방제하기 때문에 주변 농가에 대한 사전 조사가 필수적이다. 특히 친환경 재배단지의 유무를 파악하고 살포하고자 하는 농약이 비산 우려 작물에 등록되어 있는지 확인하는 작업이 필요하다. 만약 살포구역 주변에 양봉 및 양잠 농가와 시설 또는 과수원에 화분매개충으로 꿀벌을 활용하는 농가가 있을 경우 이에 대한 대책이 필요하다. 또한 살포구역 주변에 식수 또는 농업용수로 활용되는 저수지, 댐, 강 등이 있을 경우 살포 농약이 유입되어 2차 피해가 발생할 수 있기 때문에 이에 대한 대책을 세운 후 농약을 살포해야 한다.

(2) 방제 계획 수립

방제기 이동경로와 주의해야 할 지역 및 장애물 등의 위험 요소를 별도의 작업지도로 작성하고 방제 작업지도에 표시된 지점 중 살포가 먼저 필요한 곳부터 방제 작업순서가 진행되도록 세부 작업 계획서를 작성한다.

- 친환경 인증 농가, 인근 민감한 지역 등이 방제 예정지역과 인접한 지역은 가능한 최대한의 안전거리를 확보하여 살포한 약제의 비산을 방지
- 포장 끝부분 등 방제가 어려운 지점은 다른 방제기를 이용하여 방제하도록 계획을 세울 것

(3) 농약의 적절한 사용

① 약제를 개봉하기 전 작물의 약제 등록사항을 재확인하고, 사용량(살포량), 희석 배수, 사용 시기 및 사용 횟수 등의 농약 안전사용기준을 준수할 것

- 살포 약제에 따라 농약안전사용기준을 준수하지 않으면, 작물의 종류 및 생육 시기에 따라서는 약해 발생 등의 경우가 있으므로 주의할 것

② 구입 후 상당한 기간이 지난 농약은 약효에 대한 보증이 어렵고 다량의 침전물로 인해 노즐 막힘 현상이 발생할 수 있기 때문에 농약은 살포 직전에 구입하여 사용하고 용기에 제시한 약효보증기간을 확인한 후 사용할 것

- 약제 살포액 조제 후 방치하면 물성이 변하거나 오염될 수 있으므로 신속히 살포할 것

③ 온도가 높아지면 약제의 물리성에 영향이 있을 수 있는데, 여름철 불볕더위에서 약제 희석액은 40℃ 이상이 될 수가 있어 주의할 것

④ 작용기작 확인 필수

- 작용기작이 같은 농약을 연속해서 살포하면 저항성 또는 내성이 생겨 약효가 저하되고 이를 방제하기 위하여 더 많은 농약이 투입되는 악순환이 생김

⑤ 유효성분 확인 필수

- 상품명은 다르더라도 유효성분이 같으면 동일한 농약을 중복해서 살포한 효과로 저항성 및 내성이 발생할 뿐만 아니라 잔류허용기준을 초과할 가능성도 높아짐

(4) 방제기 및 방제 작업자 준비

방제 작업자는 세부 작업계획서, 지도 등 방제 관련 서류, 통신장비(휴대폰, 무전기 등), 개인보호구(농약방제복, 안전모, 안전화, 보안경, 장갑, 마스크) 및 풍향과 풍속을 측정할 수 있는 휴대용 풍속기와 구급상자를 갖추어야 하고 방제기는 살포 시즌 전에 살포 장치의 정기 점검 및 정비를 반드시 실시해야 한다. 각 부위의 누유 및 누수, 볼트와 너트의 조임 상태, 각종 레버 및 핸들의 작동상태를 점검하고 연료, 오일을 흘린 경우 화재의 원인이 되므로 깨끗하게 닦아준다. 엔진오일, 유압오일, 라디에이터 냉각수, 에어클리너, 분무기 오일의 양도 각각 확인한다.

(5) 방제 계획 공지 및 비산방지 대책 수행

방제 예정지 인근의 재배농가 등의 이해관계자에게 살포 예정일을 전화, 면담 등을 통해 알리고 사전 연락 과정에서 알게 된 우려 및 주의사항을 취합하여 방제 작업 시 주의사항에 반영한다. 비산이 우려되면 작물 또는 수확물을 방수포, 부직포 등으로 피복하거나 시설하우스와 축사의 문 또는 환기장치 등을 닫는 등의 조치를 취해야 한다.

2. 방제 실시단계 주의사항

(1) 방제 작업자 주의사항

약제 살포 작업의 상황은 지형, 장애물, 날씨, 농약성분 등의 차이로 매번 다를 가능성이 높기 때문에 방제자는 먼저 미리 계획한 세부 작업 계획서에 따라 신중하게 살포를 수행하고 반복되는 업무라고 생각하여 방심하지 말고 성실히 업무에 임해야 한다. 또한, 농약 라벨을 명확히 이해하고 농약 안전사용기준에 따라 작업을 신중히 실시하여 농약 관리법 등의 법률에 위반되지 않도록 주의해야 한다.

[법률 위반시 과태료(농약관리법 제40조)]

- 안전사용기준과 다르게 추천 및 판매한 자 500만원 이하의 과태료 부과
- 안전사용기준과 다르게 농약을 사용한 자 100만원 이하의 과태료 부과

(2) 방제 작업자의 자세

방제 작업은 고도의 집중력과 판단력이 필요하므로, 조종자와 부조종자는 근무 시간(농약의 취급, 방제작업) 이전과 도중에 판단력을 저해하거나 주의력을 떨어뜨리는 주류, 약물, 처방전 없이 구입할 수 있는 특정 의약품(감기약 중 항히스타민제 등)과 처방받은 약, 내시경 검사용으로 투약하는 약품 등의 복용을 삼간다. 또한 작업 전후에 충분한 수면을 취하고, 살포 중 음악, 라디오 청취 및 핸드폰 조작 등 주변 상황인식에 방해되는 행동을 금한다. 더욱이, 더운 날씨에 개인 보호 장비를 착용한 상태에서 수분을 공급이 원활하지 않으면 온열질환*이 발생할 수 있으므로 주의한다.

* 온열질환 증상: 피로, 허약, 두통, 발한, 메스꺼움, 현기증, 실신 등이 있으며, 심한 경우 의식 혼란, 이상 행동 등

(3) 광역방제기 살포시 주의사항

가. 살포시간 및 풍속선택

살포시는 바람이 없는(풍속 0~1m/s) 이른 아침(04~08시)에 하는 것이 바람직하고 자연풍이 약간 있을 경우(풍속 2~3m/s)는 바람을 등지고 하도록 이동경로를 선택하며 자연풍이 3m/s 이상인 경우는 작업을 중지하는 것이 좋다. 기상 패턴 중 특히 풍향은 갑자기 변하므로 살포한 농약이 살포 예정 지역을 벗어나거나 인근의 농작업자 등에게 이동할 수 있으므로 살포작업 중 필요 시 살포 작업 위치, 순서를 변경하거나 지연 또는 중단한다. 또한 저녁에는 낮은 광량의 영향으로 작물의 농약 흡수량이 적어 약효가 감소할 수 있으며, 습도가 높은 장마기간에는 살포를 자제하는 것이 좋다.

[바람의 영향]

풍력 계급표(Beaufort 풍력 계급)

풍력 계급	명칭	풍속 (m/s)	육상상태	해면상태
0	고요 (Calm)	0~0.2	연기가 수직으로 올라감	거울과 같은 해면
1	실바람 (Light air)	0.3~1.5	풍향은 연기가 날리는 것으로 알 수 있으나 풍향계는 움직이지 않음	고기비늘 같은 작은 물결이 일고 있으나 거품은 생기지 않음
2	남실바람 (Light breeze)	1.6~3.3	바람이 얼굴에 느껴짐. 나뭇잎이 흔들리며 풍향계도 움직이기 시작함	잔물결이 좀 더 뚜렷해지고 파봉은 유리질 같고 부서지지 않음
3	산들바람 (Gentle breeze)	3.4~5.4	나뭇잎과 가는 가지가 끊임없이 흔들리고 깃발이 가볍게 날림	잔물결이 더 커지고 파봉이 부서지기 시작하며, 유리질 같은 거품이 형성되고 백파가 간간히 보임

출처: 기상청 자료 『보포트(Beaufort) 풍력 계급표』 중 발췌

나. 살포장치의 토출량과 살포 압력 준수

토출량은 살포압력과 노즐에 의해 결정되는데 토출량이 많으면 살포압력이 높아지고 살포액적의 크기가 감소하기 때문에 비산의 위험성이 높아진다. 따라서 빠른 방제를 위해 무조건 높은 압력으로 설정하지 말고 살포 환경에 맞도록 조절하면서 작업해야 한다. 또한 노즐 등에 이물질로 인해 막힘 현상이 발생하면 원하는 지점까지 농약이 도달하지 못할뿐만 아니라 압력이 높아져 액적의 크기가 증가할 가능성이 있기 때문에 수시로 확인하는 작업이 필요하다.

다. 민감지역 인근 살포 시 주의

비산은 주변 작물의 농약 잔류량에 영향이 크기 때문에 각별한 주의가 필요하다. 살포구역 주변에 비산으로 인한 농약잔류가 우려되는 작물이 있을 경우 바람 상황에 따라 최대한의 안전거리를 확보하는 것이 중요하다.

라. 농업용수 관리

광역방제기를 이용하여 수도작물에 약제를 살포하는 경우 논에 용수 급수를 중지하고 배수를 차단하여 살포된 농약이 외부로 유출되어 인근작물에 비의도적으로 농약이 오염되지 않도록 관리해야 한다.

마. 피복 등의 보호 조치

방제 시작전 인근의 시설 하우스의 문, 환기구를 닫는 등의 조치를 실행하고 인근 노지의 작물은 필요시 피복 조치(부직포, 방수천 등)를 고려할 수 있다.

〈방제기 작업자 체크리스트(예시)〉

순번	평가문항	평가결과			비고
		개선	보통	우수	
1	방제기 작업자는 방제를 위한 충분한 교육 · 훈련을 받았고, 각종 안전작업수칙을 알고 있는가?			√	
2	작업자 몸 상태의 정상 여부를 확인한 후 적절한 복장과 필요한 보호구를 지급하고 착용하도록 하고 있는가? – 방독마스트, 방제복, 보안경, 장갑, 안전모 등			√	
3	작업계획을 수립하고 작업자가 그에 따라 작업을 수행하도록 충분히 교육 및 지시를 하였는가?			√	
4	작업 시작 전 작업자가 각종 안전장치의 정상 작동 여부를 점검한 후에 작업하도록 하고 있는가?			√	
5	운전석에 운전자만 탑승하도록 하고, 작업반경 내에 임으로 사람이 접근하지 못하도록 제한하고 있는가?		√		

3. 방제 종료 후 주의사항

(1) 방제 작업 기록 및 보관

방제 작업자는 살포 작업 완료 후에 개선, 참고가 될 사항에 대해 의논하고 다음과 같은 살포 관련 정보를 상세히 기록한다.

- 살포 작업 시작 일시 및 완료 일시
- 살포 장소, 살포 지역 규모, 이동 경로
- 살포한 약제의 상표명 및 품목명(성분명, 제형), 사용량, 희석 비율
- 살포 작업 당시 기상 조건 및 변화되는 상황(온도, 습도, 풍속, 풍향)
- 살포 방향, 송풍 세기
- 방제기 이동 속도 및 방향
- 민감한 지역 보호를 위해 사용한 예방조치

기록된 정보는 작물의 약해, 방제 주변 지역의 주민, 작물 등에 대한 인적 · 물적 피해 등 발생 시 중요한 정보로 사용할 수 있으므로 기록을 보관해야 한다.

(2) 광역방제기 관리

탱크 내에 약액이 남지 않도록 전량 살포하고, 부득이하게 약액이 남은 경우 배수 밸브를 열어 별도의 용기에 받아둔다. 세척 과정에서는 개인보호장비(특히 보안경)를 벗지 않고 탱크 내부의 흡입 스트레이너를 물로 세척할 후 맑은 물을 이용해서 노즐로 분무한다. 깨끗한 물로 펌프를 지속회전하면서 탱크 안, 배관, 노즐 등을 청소하고 3~4분 순환 시킨다.

장기 보관 시, 건조하고 통풍이 잘되는 장소에 격납하고, 방제기가 냉각 상태인지 확인하고 커버를 덮어 먼지 등이 묻지 않도록 한다. 동결에 의한 파손을 방지하기 위해 에어 컴프레서(압축기)의 호스를 분무기에 꽂아 압축공기를 공급해 노즐을 개방하여 분무기나 호스, 노즐에 잔류된 물을 제거한다. 엔진오일을 교환하고 5분 정도 엔진을 운전해 오일이 골고루 퍼지도록 하고 배터리는 단자를 떼거나, 본체에서 분리해 습기가 적은 곳에 보관하고, 1개월에 한 번 정도 충전한다. 각 밸브와 콕은 열림 상태로 한다.

(3) 살포 작업 후의 조치사항

작업 종료 직후 빈 약제(농약) 용기는 지정된 수거함에 보관하고 남은 약제는 농약보관함에 보관한다. 작업복은 다른 옷과 반드시 별도로 세탁한다. 얼굴, 손 등의 노출부위는 비누로 잘 씻고 반드시 양치질을 한다. 다음날 작업계획이 있는 경우 음주 등 무리한 일정은 삼가하고 충분한 수면시간을 확보한다.

[부록 1]

올바른 농약 사용법

1. 농업인이 지켜야할 농약 사용법
2. 농약 판매인이 지켜야할 사항
3. 잔류허용기준 및 등록농약 검색 방법
4. 농약 사용 서명서(라벨) 표시사항
5. 포장지 그림문자 표시 및 표기내용
6. 비의도적 농약 오염 사례

부록 1 올바른 농약 사용법

1. 농업인이 지켜야할 농약 사용법

1) 농약 포장지 표기사항을 반드시 확인한다.

– 확인하여야 할 표기사항 : 상표명, 품목명, 작용기작, 안전사용기준, 주의사항 등

2) 해당 작물에 등록된 농약만 사용한다.

– PLS 시행으로 농약을 사용한 경우 0.01ppm을 적용받게 되어 안전성 조사결과 부적합 판정을 받을 수 있음

3) 농약 희석배수와 살포횟수를 반드시 준수한다.

– 부적합 농산물의 원인이 되며, 농업인의 건강이 우려됨

※ 농약 살포시 한낮 뜨거운 때는 피하고, 바람을 등지고 뿌리되 마스크, 고무장갑, 방제복 등을 착용한다. 살포 작업이 끝난 후에는 반드시 입안을 물로 헹구고 손 · 발 · 얼굴 등을 비눗물로 깨끗이 씻는다.

4) 수확 전 최종 사용 시기를 반드시 준수한다.

– 미준수할 경우 농약 잔류초과로 안전성 조사결과 부적합 판정을 받게 됨

5) 출처가 불분명한 농약, 밀수농약은 절대로 구입하지도 사용하지도 않는다.

6) 유효기간이 지난 농약, 사용하지 않는 농약은 구입한 농약판매점(농협, 농약판매처(상) 등)에 반납한다.

7) 사용 후, 유효기간이 지난 농약, 농약 빈병은 가까운 폐농약함에 배출한다.

8) 광역방제기, SS기 등을 사용하여 방제하는 경우 인근 농산물 재배농가에 사전에 농약사용을 공지한다.

9) 농약의 분무성과 부착성을 증대하기 위한 보조제인 전착제를 사용하는 경우가 많다. 대부분은 문제가 발생하지 않으나, 복숭아, 들깻잎과 같이 잔털이 많은 농산물에 사용할 경우 약해 발생 또는 잔류초과가 우려되니, 되도록 표시사항에 따라 농약을 사용한다.

10) 농약을 살포할 때 방제가 되지 않는 사각지대가 발생하지 않도록 농약살포 진행 방향, 통로등을 바꾸어가며 골고루 묻을 수 있도록 한다.

11) 농약을 사용한 후 남은 잔량을 다시 농작물에 살포하는 경우 잔류허용기준을 초과할 가능성이 크다.

12) 농약은 병해충의 발생정도, 해충의 형태와 피해를 예측하여 경제적인 피해 수준 이상의 피해가 우려될 때 사용하도록 한다.

13) 유제를 희석할 때는 소량의 물에 희석한 후 정량의 물을 서서히 부어 골고루 혼합하고 수화제는 소량의 물에 죽과 같은 상태로 농약을 풀어 정량의 물을 부으면서 완전히 현탁시킨 후 사용하도록 한다.

14) 농약을 혼용할 때 하나씩 희석하여 주고, 제형이 다른 경우에는 전착제, 유제, 수화제 순으로 희석하도록 한다.

2. 농약 판매인이 지켜야할 사항

1. 판매하기 전 농업인에게 적용대상 작물 및 병해충을 반드시 확인한다.

1) 농약병 표기사항에 해당 적용대상이 없을 경우 판매하기 전 농약등록정보 (농약정보서비스, 농사로)를 통해 반드시 확인

2) 등록정보가 확인되지 아니하는 경우 농업인에게 판매 금지

3) 등록정보가 확인된 경우 농약병(또는 별도 용지, 비닐 등)에 적용작물 및 병해충, 안전사용기준을 수기로 크게 표시하여 안내
※ 판매점에 해당 농약이 없는 경우 해당 농약제조회사에게 납품 요청

4) 농약 판매이력부(전산 또는 수기)에 구입자의 이름, 농약상표명, 적용대상 작물 및 병해충 등을 기록

2. 농업인이 미등록농약 또는 밀수농약 등을 요구하는 경우 처벌기준을 안내하고 등록된 농약을 추천한다.

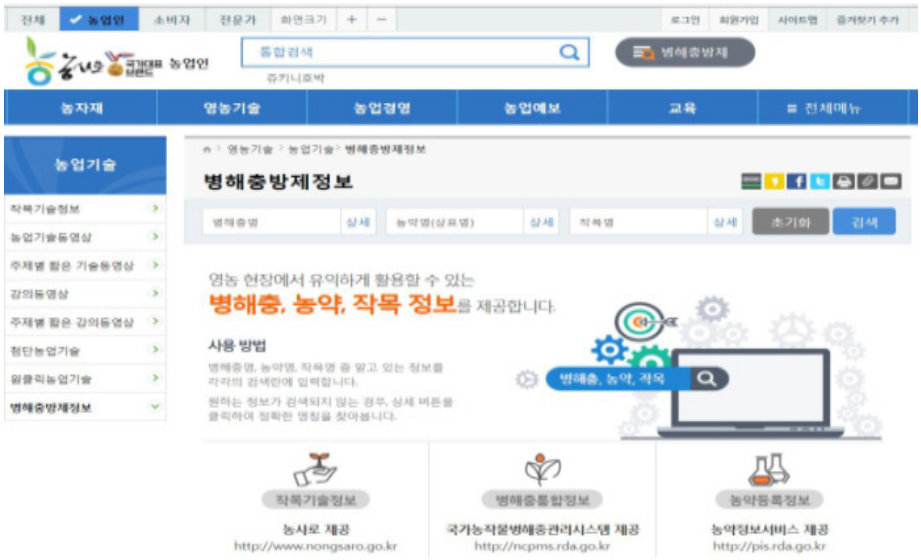
3. ① 적용대상 병해충이 확인되지 아니하는 경우, ② 내성발생으로 약효가 나타나지 아니하는 경우 해당 자치단체 농업기술센터 또는 농촌진흥청에 관련 정보를 제공하여 준다.

4. 농업인이 보유하고 있는 미등록된 농약(미사용 제품)을 반품하거나 교환을 요구할 경우 적극 협조하여 준다.

5. 「농약관리법」이 개정됨에 따라 50ml 소포장을 제외한 모든 농약의 판매정보를 기록 및 보존해야 한다.

3. 잔류허용기준 및 등록농약 검색 방법

● 농사로(www.nongsaro.go.kr)



● 농약정보서비스(pis.rda.go.kr)

식품안전나라(www.foodsafetykorea.go.kr)

한국작물보호협회(www.koreacpa.org)

농협 하나로앱(농약정보)

메뉴
농업인 정보화 서비스
바로가기
자세히 보기
자연과 사람을 생각하는
우리 농산물!
올바른 농약(작물보호제)
사용법을 통하여
건강한 먹거리로
키워갑니다.
로컬푸드
영농정보
생산기업
외상구매계약내역
농산물 출하내역
계약재배 출하내역
영농자재 구매내역
병충해 처방내역
미곡처리장
벼 수매 내역
공공비축 /
전작수매
농약(작물보호)정보

4. 농약 사용 설명서(라벨) 표시사항

표시사항	표 시 내 용	비고
독성	• 독성의 정도에 따라 맹독성농약, 고독성농약, 보통독성농약, 저독성농약이라 표시하고, 글자색은 맹독성농약과 고독성농약은 적색으로 표시 • 맹 · 고독성농약과 흡입독성이 강한 농약은 상단 중앙에 백골그림으로 위험을 표시 • 어독성 Ⅰ급 및 Ⅱ급으로 분류된 품목은 독성, 잔류성을 표시한 우측 또는 밑에 ( )하여 표시하되 어독성 Ⅰ급은 적색으로 표시	
상품명 또는 품목명	• 상표명은 제형을 동시에 표시 • 품목명은 아래쪽에 작게 표시	
약제의 용도구분 색깔	• 약제의 용도에 따라 바탕색을 다음과 같이 구분 〈살균제=분홍색〉〈살충제=녹색〉〈제초제=노랑색〉 〈생장조정제=파란색〉〈기타 약제=백색〉	
약제의 적용대상 표시	• 약제의 적용대상에 따라 다음과 같이 표시 • 원예용(수도용) 살균제(살충제, 살균 · 살충제, 생장조정제) • 논(밭, 과원, 잔디, 산림)제초제 또는 제초제 • 비선택성제초제의 용도 구분은 식물전멸제초제로 표시	
안전사용 기준 및 취급제한 기준	• 안전사용기준: 수확물의 농약잔류 피해를 예방하기 위해 수확 전 최종사용시기와 최대사용 횟수를 표시 • 취급제한기준: 맹 · 고독성 농약의 취급 시 취급자의 중독사고 예방과 수확물의 안전성을 확보하기 위해 취급방법을 표시	
내용량	• 분제, 입제, 수화제 등 고체성농약은 중량단위(g, kg 등)로 표시 • 유제, 액제 등 액체성 농약은 용량단위(㎖, L)로 표시	
기타	• 대상작물 적용병해충 사용량 및 사용 시기 • 유효성분과 기타성분의 종류와 함유량을 표시 • 농약을 안전하게 취급하는데 필요한 보호장비, 혼용관계, 보관요령 등 • 사용방법, 약효보증기간, 제조모집단번호, 제조(수입) 회사명 및 주소 등 품질관리에 필요한 사항들을 표시	

※ 농약포장지에 있는 모든 표기 내용은 등록시험자료의 내용이 종합되어 있음

5. 포장지 그림문자 표시 및 표기내용

6. 비의도적 농약 오염 사례

인근 밭에서 사용한 헥사지논이 논으로 유입

작 물 명	벼	재배 지역	경북 포항
개 요	• 복합비료(21–17–17) 및 농약(후라단, 마세트)을 사용 • 벼의 잎, 줄기가 고사하고 인근 아카시아 나무가 고사		
피해원인	• 침엽수 조림시에만 사용토록 되어있는 헥사지논(상표명: 솔솔) 성분이 검출 • 검출량: 벼 식물체 0.83ppm, 고사목(아카시아) 0.3ppm, 주변토양 0.04ppm		
관련사진	 〈피해포장〉		 〈피해주〉

호르몬형 제초제의 비산

피해유형	호르몬형 제초제 비산
피해원인	• 호르몬 제초제 디캄바 액제 사용 시 비산 • 주로 목초지나 비농경지에서 살포되어 바람에 의해 비산
관련사진	 〈고구마 줄기 기형(수원)〉 〈애호박 잎 기형(춘천)〉

인근 군부대에서 사용한 제초제가 논으로 유입

작 물 명	벼	재배 지역	강원 인제
개 요	• 인제군 서하면 청도리, 서화리 벼 재배농가의 논 약 8,900㎡ 중 약 5,600㎡ 에서 벼줄기 및 잎이 고사하는 증상 발생 • 5월 중순경 모를 이앙하였으나 말라죽어 재식하여도 말라죽음 • 작년에도 적은 면적에서 고사하는 증세가 발견되었으나 이듬해에는 너무 심하게 나타나며 물 유입구부터 점차적으로 확산 고사 • 2농가 모두 군부대가 인접하고 있으며, 군부대 주위에는 오래된 아카시아 나무가 고사한 상태였으며 일부 잡초가 죽은 흔적이 있음		
피해원인	• 고사 원인으로 사료되는 헥사지논 성분을 분석한 결과 벼 식물체 에서 0.045ppm, 토양에서 0.006ppm이 검출됨 • 해당 제초제는 군부대의 사계 청소 시 사용할 수 있는 헥사지논(상표명 : 솔솔입제) 성분에 의한 것으로 판단		
관련사진			

산소(분묘)에서 사용한 제초제가 인근 과원에 비산

작 물 명	배	재배 지역	경기 양평
개 요	• 산소(분묘)에 제초제를 사용하여 주변 과원의 배나무에 약해가 발생되었으나 약제 살포자인 농업인이 주장하는 사용약제(파란들)와 배나무의 약해현상(반벨로 추정)이 일치하지 않아 해당 잔류농약의 분석을 의뢰		
피해원인	• 의뢰한 식물체(잡초 및 배나무)를 분석한 결과 비농경지 제초제 성분인 디캄바 입제(상표명: 반벨)성분이 잡초에서 1.13ppm, 배나무 잎에서 0.13ppm 검출		

인근 벼 육묘장에서 사용한 농약이 들깨포장에 유입

작 물 명	들깻잎	재배 지역	전남 영광군
개 요	• 2018년 4월 30일 들깨 파종 • 6월 1일 벼 육묘중인 근처 하우스에 상자처리제(모드니) 살포 및 관수 • 7월 17일 인근고추 포장에 농약 잔류검사를 의뢰하였으나 당일 농약 살포로 시료 채취를 하지 못하고 하우스 앞 10㎡에 식재된 들깻잎 시료를 채취하여 분석 • 7월 25일 농산물품질관리원으로부터 부적합 통보 • 농산물 폐기 처분 및 과태료 부과		
피해원인	• 벼 육묘 하우스에 살포된 농약이 지속적인 관수로 인하여 하우스 앞 들깨포장에 유입되어 Carbosulfan이 허용기준 (0.05㎎/㎏) 보다 70배 높은 3.3993㎎/㎏이 검출		
관련사진			

농약 비산에 의한 감나무 오염

작 물 명	감	재배 지역	경북 상주
개 요	• 피해발생지역은 잡초가 없고 다른 지역은 잡초가 발생 • 참고로 벼를 이식하여 살펴본 결과 4일째부터 잎끝이 마르고 고사하기 시작		
피해원인	• 피해지의 식물체 및 토양에 대하여 헥사지논 성분을 분석한 결과 – 식물체 중 낙엽에서 4.39ppm, 감잎에서 15.61ppm, 나무에서 0.02~4.97ppm 까지 검출		

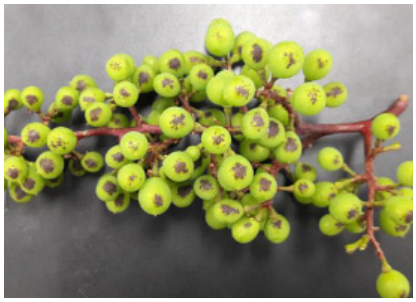
제초제의 비산으로 노지재배 농작물 피해

작 물 명	고추	재배 지역	경기 안성
개 요	• 안성시 관내 삼죽면 내장리 일대 8농가의 인근 밭 약 9,900㎡ 중 6,600㎡에서 농작물(고추, 콩, 참깨 등)에 원인을 알 수 없는 이상 증상 발생 • 발생 포장주변인 임야에 6월 11일 경 디캄바 액제를 사용		
피해원인	• 시료 중 피해증상이 심한 시료를 분석한 결과 광엽제초제인 디캄바(밤벨) 성분이 고춧잎에서 0.0067~0.0124ppm 검출됨		
관련사진			

후작물 농약 흡수이행 피해

작 물 명	감자	재배 지역	강원도 인제
개 요	• 감자 재배농가의 밭 9,900㎡ 재배중 감자의 잎에서 노란색 얼룩무늬 증상 등 이상증상이 발생함(품종명 : 수미) • 지난해에 콩맨드 입제를 살포한 적이 있으며, 금년도에는 감자전용 복합비료만 270kg정도 살포하였으며 50~60 여일 후 이상증상을 발견 • 피해는 약 70%의 면적에 유사한 증상이 발생		
피해원인	• 분석 의뢰한 감자잎 및 토양에 대하여 전년도 사용한 크로마존(상표명: 콩맨드) 성분을 분석한 결과 감자 잎에서는 불검출 되었으나, 토양 중에서는 해당 성분이 0.08ppm 검출		

논에서 사용한 제초제가 포도 과원으로 비산

작 물 명	포도	재배 지역	경북 경산시
개 요	• 포도 MBA품종에 검붉은 반점 발생 (2018. 6. 15.) • 포도에 검붉은 부정형의 반점이 갑자기 발생함 • 연접한 벼 재배농가가 논에 중기제초제 살포		
피해원인	• 벼 재배농가가 제초제 살포시 바람이 많이 불었고, 포도 과피에 이슬이 있는 상태에서 제초제 가루가 비산하여 약해를 받음		
관련사진			

농약 살포 부주의로 과수 피해

작 물 명	천혜향(만감류)	재배 지역	제주도 서부
개 요	• 2018년 3월 비선택성 제초제 살포		
피해원인	• 제초제 살포 호스에 구멍이 나 제초제가 과수에 분사		
관련사진			

[부록 2]

국내 농기계 일람

1. 광역방제기 일람
2. 스피드스프레이어(SS기) 일람

부록 2 국내 농기계 일람

1. 광역방제기 일람

모델명	업체명	탱크 용량(L)	송풍량 (m^3/min)	송풍엔진 최대출력 (rpm)	송풍장치 선회각도		분사 거리 (m)	분무장치 토출량 (L/min)
					상하	좌우		
VSM 150 –370	진영 종합 기계	3,000	3,750	2,100	상: 15° 하: –7°	270°	150	440
VSM 150 –440	진영 종합 기계	4,000	3,750	2,100	상: 15° 하: –7°	270°	150	440
HSU– 3000–V	한성 T&I	3,000	4,000	2,200	상: 11° 하: 3°	200°	150	250
HSU– 4000–V	한성 T&I	4,000	4,000	2,200	상: 11° 하: 3°	200°	150	250
HSU– 3000–VI	한성 T&I	3,000	4,000	2,200	상: 11° 하: 3°	200°	150	375
HSU– 4000–VI	한성 T&I	4,000	4,000	2,200	상: 11° 하: 3°	200°	150	375
HA– 3000 EWS	한아 에코 와이드	3,000	4,125	2,500	상: 20° 하: 20°	330°	150	420
HA– 4000 EWS	한아 에코 와이드	4,000	4,125	2,500	상: 20° 하: 20°	330°	150	420

2. 스피드스프레이어(SS기) 일람

모델명	업체명	탱크 용량(L)	송풍량 (m^3/min)	분무기 회전수 (rpm)	노즐직경(mm) × 개수(개)	송풍기 토출 구경 (mm)
ASS–555 TLD5	아세아텍	500	486.5	770	ø1.0 × 8개 ø1.2 × 27개 ø1.5 × 19개	ø710
ASS–555 TLD6	아세아텍	500	486.5	770	ø1.0 × 8개 ø1.2 × 27개 ø1.5 × 19개	ø710
ASS–1016 TLD II	아세아텍	1,000	486.5	770	ø1.0 × 6개 ø1.2 × 25개 ø1.5 × 19개	ø710
ASS–555 CTLD II	아세아텍	500	486.5	770	ø1.0 × 8개 ø1.2 × 19개 ø1.5 × 27개	ø710
AC3 –1000	아세아텍	1,000	고속720 저속400	770	ø1.0 × 10개 ø1.2 × 26개 ø1.5 × 16개	ø810
ASS–555G5	아세아텍	500	486.5	770	ø1.0 × 8개 ø1.2 × 27개 ø1.5 × 19개	ø710
ASS–555G6	아세아텍	500	486.5	770	ø1.0 × 8개 ø1.2 × 27개 ø1.5 × 19개	ø710
SS–ATOMVI –1000	한성T&I	1,000	577.5	770	ø1.0 × ø1.2 쌍구 13개	ø760
HTI–ATOMEX –1000	한성T&I	1,000	577.5	900	ø1.0 × ø1.2 쌍구 13개	ø780
SS–ATOMIV –600	한성T&I	600	577.5	770	ø1.0 × 1.2 × 24개 (쌍구6개, 단구12개)	ø760
SS–ATOMIV –1000	한성T&I	1,000	577.5	770	ø1.0 × ø1.2 36개(쌍구)	ø760

2. 스피드스프레이어(SS기) 일람

모델명	업체명	탱크 용량(L)	송풍량 (m^3/min)	분무기 회전수 (rpm)	노즐직경(mm) × 개수(개)	송풍기 토출 구경 (mm)
HTI–ATOMV–1000	한성T&I	1,000	577.5	770	ø1.0 × ø1.2 36개(쌍구)	ø760
SS–500 WDLX II	한성T&I	500	630	750	ø1.0 × ø1.2 (쌍구8개, 단구10개)	ø735
HTI–1000 WDLX II	한성T&I	1,000	630	750	ø1.0 × ø1.2 36개(쌍구)	ø735
HTI–1000 WDLX III	한성T&I	1,000	630	750	ø1.0 × ø1.2 36개(쌍구)	ø735
SS–500 WDLX–D II	한성T&I	1,000	579.6	750	ø1.0 × ø1.2 (쌍구6개, 단구12개)	ø710
500 CTLD	한성T&I	400	379.1	750	ø1.0 × ø1.2 36개(단구)	ø614
SS–500 STLD V	한성T&I	500	710	750	ø1.0 × ø1.2 (쌍구6개, 단구12개)	ø710
HTI–500 4WS II	한성T&I	500	710	750	ø1.0 × ø1.2 (쌍구6개, 단구12개)	ø710
HA–1000 SCA II	한아에스에스	1,000	460	750	ø1.0 × 24개 ø1.2 × 24개	ø700
HA–1000 WSD	한아에스에스	1,000	–	750	ø1.2 × 24개 ø1.4 × 24개	ø770
HA–1000 WMSVI	한아에스에스	1,000	588	750	ø1.0 × 36개 ø1.2 × 36개	ø710
HA–600 WMSIV	한아에스에스	600	588	750	ø1.2 × 24개 ø1.4 × 24개	ø710
HA–500 CM III	한아에스에스	500	588	750	ø1.0 × 24개 ø1.2 × 24개	ø710

참고문헌

1. NASDARF(National Association of State Departments of Agriculture Research Foundation) (2014), 『Aerial Applicator's Manual』

2. OMAFRA(2017), 『Airblast101, A Handbook of Best Practices in Airblast Spraying』

3. 농림수산성 사단법인 일본식물방역(2012), 『周辺作物飛散影響防止対策基準策定事業報告書 農薬飛散対策技術マニュアル』

4. 농림수산성 사단법인 일본식물방역협회, 농촌진흥청 역(2018), 『일본 농약비산 대책 기술 매뉴얼』

5. 국립농업과학원(2018), 『작물 병해충 방제용 무인항공살포기의 안전사용 매뉴얼』

6. 농림축산식품부(2018), 『PLS 품목별 올바른 농약사용안내서』

7. 농촌진흥청(2018), 『현장에서 궁금한 PLS 및 농약 오남용 사례』

8. 법제처 국가법령정보센터(http://www.law.go.kr)

9. 농사로 농업기술포털(http://www.nongsaro.go.kr)

10. 농약정보서비스(http://pis.rda.go.kr)

11. 한국작물보호협회(http://www.koreacpa.org)

12. 한국산업안전보건공단(www.kosha.or.kr)

지상방제기 살포 농약의
비산 저감화 실천 매뉴얼

발 행 2019년 12월

발 행 인 국립농업과학원장 이용범

편 집 인 오경석

집 필 인 김병석, 문병철, 노진호, 김단비, 오민석, 노현호

발 행 처 농촌진흥청 국립농업과학원
55365 전북완주군 이서면 농생명로 166
TEL. (063) 238-3222 FAX. (063) 238-3837
Homepage. http://www.naas.go.kr

인 쇄 광문당 Tel. (063) 272-3515

발간등록번호 11-1390802-001419-01

ISBN 978-89-480-6213-7 93520