

딸기 세균모무늬병(*Xanthomonas fragariae*)의 방제를 위한 약제 선발김다란^{1†} · 강근혜^{1†} · 조현지¹ · 명인식² · 윤혜숙³ · 곽연식^{4*}¹경상대학교 응용생물과학부, ²농촌진흥청 국립농업과학원, ³경상남도농업기술원, ⁴경상대학교 생명과학연구원Development of Control Method for Strawberry Bacterial Angular Spot Disease (*Xanthomonas fragariae*)Da-Ran Kim¹, Geun-Hye Gang¹, Hyun ji Cho¹, Inn-Shik Myung², Hae-Suk Yoon³ and Youn-Sig Kwak^{4*}¹Division of Applied Biology, Gyeongsang National University, Jinju, Korea²Rural Development Administration, RDA, Jeonju, Korea³Gyeonsannam-do Agricultural Research and Extension Service, Jinju, Korea⁴Research Institute of Life Science, Gyeongsang National University, Jinju, Korea

(Received on June 17, 2015. Revised on August 19, 2015. Accepted on August 19, 2015)

Abstract In Korea, Strawberry bacterial angular leaf spot disease was first reported in 2010. The disease of strawberry caused serious problem for strawberry producers and export. To field test, we applied the bactericides in June and October as nursery stage and cultivation stage, respectively. In nursery stage with high temperature condition, Oxolinic acid (97.2%) showed significant control effect. In cultivation stage with low temperature condition is soil sterilization and soil non-sterilization the control effect. In cultivation stage in soil sterilization stage Validamycin (93.3%) showed reliable control effect against the disease. Also, soil non-sterilization stage with low control effect of Validamycin (80%) showed control effect the lower than a soil sterilization stage.

Key words Angular leaf spot, Chemical control, Strawberry, *Xanthomonas fragariae*

서 론

딸기는 장미과에 속하며 전세계적으로 중요한 원예 작물이다(Francisco et al., 2011). 국내에서 재배되는 딸기는 다양한 재배작형의 확립으로 고품질의 신선한 딸기가 생산되어짐에 따라 가격이 안정되어 생산액과 생산량의 꾸준한 증가로 시설재배 농가의 주요 소득 작물로 자리 잡고 있다(Park et al., 2012).

국내 딸기 재배 시 발생하는 진균성 병해로는 시들음병, 탄저병, 흰가루병, 잿빛곰팡이병이 있다(Kim et al., 2012). 딸기에 발생하는 세균성 병해로 딸기 세균모무늬병은 1960년 미국 미네소타주에서 최초 보고된 이후 현재 국내는 물론 미국, 유럽, 아프리카 그리고 뉴질랜드 등의 딸기 재배

지역에서 검역병(A2 List)으로 지정되어있으며 검역을 강화하고자 하는 국가에서는 관리 병해충으로 분류되어있다(Stger and Ruppitsch 2004). 국외에서는 딸기에 발생하는 세균성 병원균으로 *X. fragariae*, *X. campestris*, *Ralstonia solanacearum*, *Pseudomonas* sp., *P. marginalis* 등이 보고되어(PSJ, 2000) 있으나 국내의 세균모무늬병의 주요 원인균은 *Xanthomonas fragariae* 로 알려져 있다.

*X. fragariae*는 20°C가 최적의 성장조건으로 알려져 있으며 전반과정은 빗방울이나 두상관수의 물방울을 통해 이루어 진다고 알려져 있다. 병원균의 특성으로 죽은 식물체에서 부생이 가능 하나 토양 속에서의 생존 가능성은 희박하다고 알려져 있다(Roberts et al., 1997). 하지만 상대적으로 겨울의 날씨가 따뜻한 기후를 가진 나라의 토양의 경우 세균모무늬병원균의 토양내 생존 가능성이 있다고 보고 된바 있다(Kennedy and King, 1962). 전반을 통하여 식물체에 접촉한 병원균은 식물체의 내부로 침입 후 잎과 줄기 또는 꽃

[†] These authors contributed equally to this work

*Corresponding author

E-mail: kwak@gnu.ac.kr

받침에 병징을 나타내어 피해를 일으킨다. 세균성모무늬병의 증상으로서는 딸기 잎뒷면에 수침상의 다각형의 반점이 생기고 병이 진전될 경우 노란색의 세균누출액이 관찰되며 식물체는 시들어 고사되는 현상이 알려져 있다.

*X. fragariae*는 딸기 재배지에서 발병이 심한 경우, 딸기 재배지 전체에 퍼져 수율에 손실을 일으킬 수 있으나(Janse et al., 2001) 현 재배농가에서는 다른 병원균에 의한 피해가 더 크게 나타나 세균모무늬병에 의한 피해가 심각하게 받아들여지지 않고 있는 실정이다(Van der Gaag et al., 2013).

식물에 발병하는 세균모무늬병은 화학적 처리를 이용한 관리가 명확하지 않으나 국외에서 Streptomycin과 Oxytetracycline 항생제를 사용하여 *X. fragariae*의 방제에 효과적인 것으로 보고되었다. 또한, Cupric hydroxide와 Mancozep을 이용하여 *X. campestris*에 효과적으로 발병을 억제하는 것으로 보고되어 있다. 그러나 Streptomycin과 Oxytetracycline 항생제의 경우 기후의 변화와 병원균의 내성을 일으킬 수 있어 제한되어 효과가 나타나며 Cupric hydroxide와 Mancozep의 경우 품종에 따라 약해가 나타나는 것으로 알려져 있다(Roberts et al., 1996).

토양소독제로 사용되어지고 있는 다조멧은 토양처리 시 토양 수분에 의해 황성분인 MITC가 생성되고 이 성분이 토양 중 병해충의 SH기를 저해해 방제효과를 나타낸다. 감자에 발생하는 세균성터덩이병이 다조멧 무처리의 발병률은 33.1%인 것에 비해 소독구는 19.7%로 낮아 40.5%의 방제가를 나타내었다(Hong., 2001)

본 연구에서는 국내에는 2010년 최초 보고 후 딸기 세균모무늬병의 약제 방제에 대한 연구가 수행되어지지 못하였으므로 국내 딸기 시설재배지에서 발생하는 검역병원균인 세균모무늬병의 효과적 방제 및 박멸을 위한 방제 약제를 선별하고, 딸기 재배기후가 비교적 온난한 국내에서 토양에 존재가능성이 있는 모무늬병원균을 토양소독과 화학약제의 동반처리를 통한 병방제에 대한 효과를 구명하여 세균모무늬병의 대발생에 대비하고자 실시되었다.

재료 및 방법

딸기 세균모무늬병의 방제 약제 선별

딸기 세균모무늬병의 방제 실험에 사용될 약제의 선발을 위하여, 기존세균성 병원균 방제 약제로 등록된 8종의 단제와 복합제를 실험에 이용하였다. 단제 Validamycin-A 5%, Oxolinic acid 20%, Kasugamycin 10%, Streptomycin 20% 4종과 복합제 Streptomycin/Validamycin-A 20(5+15)%, Oxolinic acid/Streptomycin 25(10+15)%, Copper oxchloride/Kasugamycin 50.75(45+5.75)% 그리고 13(9+4)% 4종을 이용하였다(KCPA, 2014).

약제별 반수치사농도 (EC₅₀) 산출

딸기 세균모무늬병은 경남 진주시 수곡면 시설재배지에서 분리된 균주를 본 실험에 사용하였다. 병원균의 동정은 *rpo* 유전자 염기서열분석과 MALDI-TOF를 이용하였다. 세균모무늬병원균을 YDC (Yeast Extract Dextrose Calcium Carbonate) 배지에 접종하여 23°C에서 48시간 진탕배양(200 rpm)하였다. 배양된 병원균은 1×10^6 cfu/mL로 희석하였다. 8종의 약제는 YDC 액체배지에 각각 5 µg/mL, 1 µg/mL, 0.5 µg/mL, 0.1 µg/mL, 0.05 µg/mL, 0.01 µg/mL 로 희석하여 첨가하였다. 약제와 혼합된 병원균의 생장은 6시간 간격으로 흡광도를 측정하여 약량과 세균의 밀도에 대한 상대곡선을 작성하였으며, probit모형을 이용하여 반수치사농도(EC₅₀)를 결정하였다.

딸기 세균모무늬병의 약제 방제 효과를 위한 포장실험

2013년, 딸기(품종: 장희)가 식재되어 있는 경남 진주시 수곡면 농가에서 세균모무늬병의 병징이 보이기 시작하는 6월부터 8월(육묘재배지)과 10월부터 3월 중순(재배지)에 약제를 10일 간격으로 3회 경엽 처리하였다. 약제별 처리는 3반복으로 실시하였으며 육묘재배지에서는 단제 및 복합제 총 8종의 약제를 이용하여 실험에 실시하였으며, 재배지에서는 단제 Validamycin-A, Oxolinic acid, Kasugamycin, Streptomycin 4종과 복합제 Copper oxchloride/ Kasugamycin 그리고 Polyoxin D/Kasugamycin 2종으로 간추려 처리하여 세균모무늬병 발생을 조사하였다. 육묘재배지와 재배지에서는 발병률과 방제가의 조사는 세균모무늬병징이 보이지 않는 것을 0으로, 세균모무늬병의 초기 증상으로 1개의 잎에 수침상의 증상이 보이는 것을 1로, 1-2장의 잎에서 수침상의 증상이 나타나는 것을 2로, 3-5장의 잎에서 수침상의 병이 번지는 것을 3으로, 잎이 마르기 시작하고 수침상의 병징이 나타나는 것을 4로, 잎의 60%가 수침상의 병징이 보이며 식물체가 마를 경우를 5로 index화하여 조사하였다(Shiming and Robert, 2005). 처리구당 100개의 잎을 조사하였으며 대조구로는 무처리구를 이용하였다. 또한 발병률과 방제가를 농약등록실험 표준 작업 지침서(SOP)를 통하여 조사하였다.

$$\text{발병도} = \frac{(\text{소의합} \times 1) + (\text{중의합} \times 3) + (\text{다의합} \times 5) + (\text{심의합} \times 7)}{\text{조사엽수} \times 7} \times 100$$

- 0 (무) = 0%
- 1 (소) = 1 - 10%
- 3 (중) = 10.1 - 25%
- 5 (다) = 25.1 - 50%
- 7 (심) = 50% 이상

$$\text{방제가} = (1 - (\text{처리구}/\text{무처리구})) \times 100$$

약제의 약해 평가를 위해서는, 표준사용량보다 2배량을 사용하여 딸기의 경엽에 살포하였다. 세균모무늬병 발병초기 3회 처리 후 1회 조사하였으며, 100개의 딸기 잎에서 약해 증상을 확인하였다. 농약등록시험 표준작업지침서에 의거하여, 약해 증상은 1개의 잎에 작고 붉은 점무늬 현상이 보이는 것을 1로, 1-2장의 잎에서 작고 붉은 점무늬 현상이 나타나는 것을 2로, 3-5장의 잎에서 붉은 점무늬 현상이 나타나며 잎의 끝자락이 붉은 현상이 나타나는 것을 3으로, 대부분의 잎에 붉은 현상이 나타나는 것을 4로, 잎의 60%가 붉은 반점 혹은 잎이 붉게 변하는 것을 5로 index화하여 조사하였다.

통계처리는 Statistix 8.0을 이용하여 평균과 표준편차를 산출하고 Tukey HSD 분석하여 $P < 0.05$ 수준에서 유의성을 검증하였다.

토양소독과 약제방제 상승효과 분석

토양소독과 세균모무늬병 방제약제를 동반 처리하였을 경우 상승효과를 검증하기 위하여 토양살균제인 다조맷을 처리한 포장과 처리하지 않은 포장을 대상으로 단제 Oxolinic acid를 처리하여 세균성모무늬병 발생을 조사하였다. 처리포장은 딸기 세균모무늬병의 발병이 심한 포장에 다조맷을 이용하여 토양살균을 처리한 포장과 발병이 심하면서 토양소독을 하지 않은 포장, 세균모무늬병이 발생하지 않는 무병묘를 사용한 포장에 토양살균을 한 포장과 하지 않은 포장으로 나누어 처리하였다. 4가지 조건이 다른 포장을 대상으로 Oxolinic acid 약제를 10월 중순부터 10일 간격 3회 경엽 처리하여 방제약제 선발실험과 동일하게 Disease index를 정하여 방제가와 발병률을 조사하였다.

결 과

세균모무늬병의 방제 약제의 EC₅₀ 산출

세균모무늬병의 방제를 위한 약제의 선발을 위하여 단제와 복합제 총 8종의 약제를 대상으로 병원균의 생장을 측정 한 값을 probit model을 이용하여 EC₅₀ 값을 산출 하였다.

단제의 경우 Validamycin-A, Oxolinic acid, Kasugamycin 그리고 Streptomycin 약제의 R² 값이 각각 0.7, 0.7, 0.8와 0.89로 모두 신뢰할 수 있는 수준으로 확인되었다(Fig. 1). 이 결과를 토대로 EC₅₀ 값을 산출한 결과 Validamycin-A가 19.2 µg/mL로 가장 억제효과가 높은 것으로 나타났으며 다음으로 Oxolinic acid와 Kasugamycin이 각각 28.9 µg/mL와 36.0 µg/mL로 나타났다. Streptomycin의 경우 64.9 µg/mL로 단제 중 처리효과가 가장 낮은 것으로 나타났다(Table 1).

복합제 4종류의 EC₅₀ 값을 산출한 결과 Streptomycin/Validamycin A와 Polyoxin D/Kasugamycin이 동일하게 36.4 µg/mL로 유사한 억제효과가 나타났으며 Oxolinic acid/Streptomycin과 Copper oxychloride/Kasugamycin 복합제가 각각 46.5 µg/mL와 45.5 µg/mL로 억제효과가 낮은 것으로 나타났다.

딸기 세균모무늬병 방제 약제 선발에 따른 방제

방제 약제를 선발하기 위하여 단제 및 복합제 8종을 6월 중순부터 10일 간격으로 육묘재배지에 3회 경엽처리하여 방제(%)를 조사하였다. 단제의 방제가는 Validamycin-A가 87.7%로, Oxolinic acid 97.2%, Kasugamycin 93.2% 그리고 Streptomycin 57.8%로 나타났다(Fig. 2A). 단제의 경우 병원균을 대상으로 EC₅₀ 값을 산출한 결과에서 높은 억제효과를 보였던 Validamycin-A, Oxolinic acid 그리고 Kasugamycin이 실제 방제효과 또한 일치하는 결과가 나타났다. 발병률을 조사한 결과 Streptomycin 약제가 16.4%로 가장 높은 발병률이 나타났으며 다음으로 Kasugamycin 6.51%, Validamycin-A 4.76%, Oxolinic acid 1.05% 순으로 나타났다(Fig. 2B).

복합제의 방제가는 Streptomycin/Validamycin A가 73.5%로, Oxolinic acid/Streptomycin이 85.8%로, Copper oxychloride/Kasugamycin이 65.1% 그리고 Polyoxin D/Kasugamycin 67.9%로 나타났다(Fig. 2A). 복합제를 처리한 포장에서 발병률을 조사한 결과 Oxolinic acid/Streptomycin 5.5%로 발병률이 가장 낮게 나타났으며 다음으로 Streptomycin/Validamycin A가 10.36%로, Polyoxin D/Kasugamycin이

Table 1. List of pesticides used in this study and EC₅₀ values

| Pesticides | System | EC ₅₀ (ug/mL) |
|--------------------------------|-----------------------|--------------------------|
| Validamycin-A | Antibiotic | 19.269 |
| Oxolinic acid | Quinolate | 28.909 |
| Kasugamycin | Antibiotic | 36.081 |
| Streptomycin | Antibiotic | 64.954 |
| Streptomycin/Validamycin-A | Antibiotic | 36.458 |
| Oxolinic acid/Streptomycin | Quinolate/ Antibiotic | 46.535 |
| Copper oxychloride/Kasugamycin | Copper/Antibiotic | 45.130 |
| Polyoxin D/Kasugamycin | Antibiotic | 36.414 |

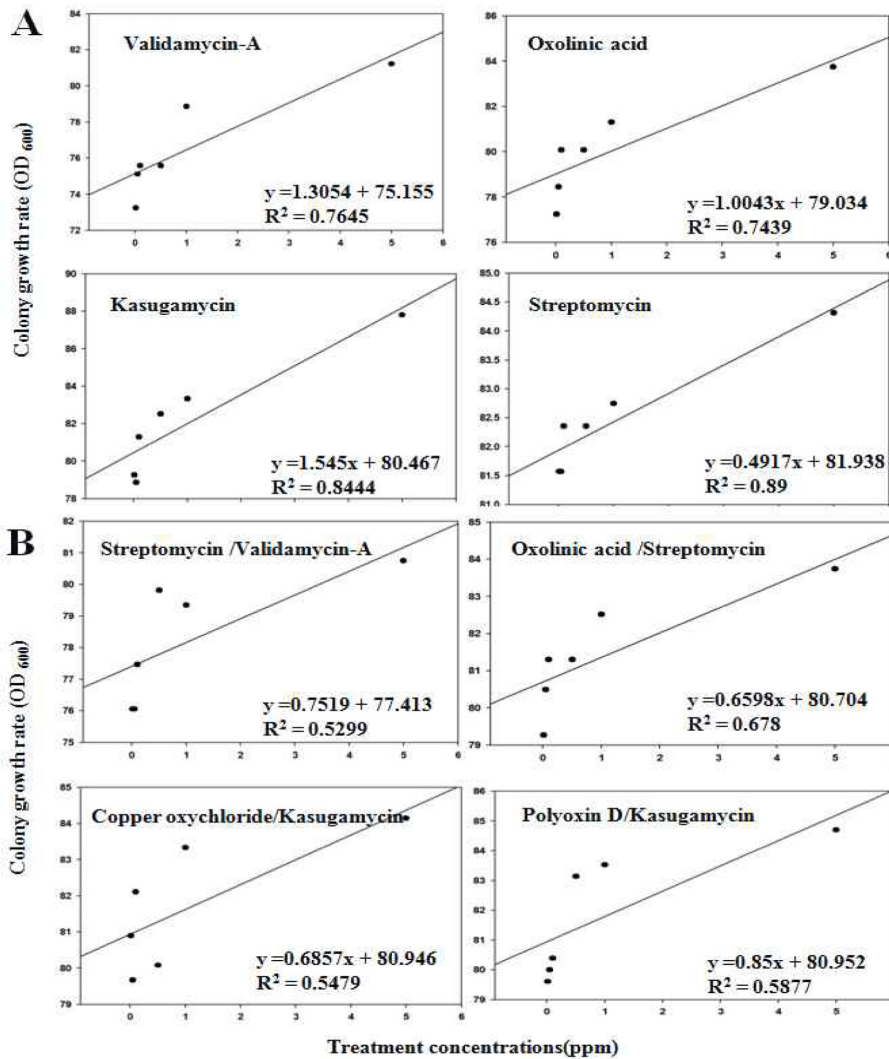


Fig. 1. Regression of angular leaf spot pathogen response for pesticides. A: single ingredient (Validamycin-A, Oxolinic acid, Kasugamycin, Streptomycin), B: composite ingredients (Streptomycin/Validamycin-A, Oxolinic acid/Streptomycin, Copper oxychloride/Kasugamycin and Polyoxin D/Kasugamycin).

12.4%로, Copper oxychloride/Kasugamycin이 13.57% 순으로 나타났었다(Fig. 2B).

10월부터 재배지에 단제 4종, 복합제 2종으로 간추려 10일 간격으로 3회 경엽처리하여 방제가(%)와 발병률(%)을 조사하였다. 포장에서의 단제 및 복합제 6종에 대한 방제가를 조사한 결과 Validamycin-A가 93.3%로 가장 높은 방제가로 나타났으며 다음으로 Kasugamycin이 60%, Polyoxin D/Kasugamycin이 38%로, Streptomycin이 25%로, Oxolinic acid가 16%로, Copper oxychloride/Kasugamycin이 8%로 나타났었다(Fig. 3A).

약제에 따른 발병률 조사 결과 약제효과가 가장 높았던 Validamycin-A처리구에서 7%로 Streptomycin과 함께 가장 낮은 발병정도를 보였다. 다른 단제인 Oxolinic acid와 Kasugamycin은 각각 15% 그리고 18% 대조구와 유사하였

으며 복합제 두종은 10% 이상의 발병률을 확인하였다.

딸기 세균모무늬병 방제 약제의 약해 조사

딸기(품종 : 장희) 대한 단제와 복합제 총 8종의 약해를 조사하였다. 기준량의 2배를 처리하여 약해를 조사한 결과 단제의 경우 Validamycin-A이 2로, Oxolinic acid가 1로, Kasugamycin이 1 그리고 Streptomycin이 1로 나타났으며 복합제의 경우 Streptomycin/Validamycin A가 3으로, Oxolinic acid/Streptomycin 이 1로, Copper oxychloride/Kasugamycin이 1 그리고 Polyoxin D/Kasugamycin이 1로 나타났었다. Streptomycin/Validamycin과 Copper oxychloride/Kasugamycin은 각각 2와 3으로 나타났지만 이 두 약제를 제외한 나머지 약제에서는 모두 약해 정도가 1로 미미한 것으로 조사되었다.

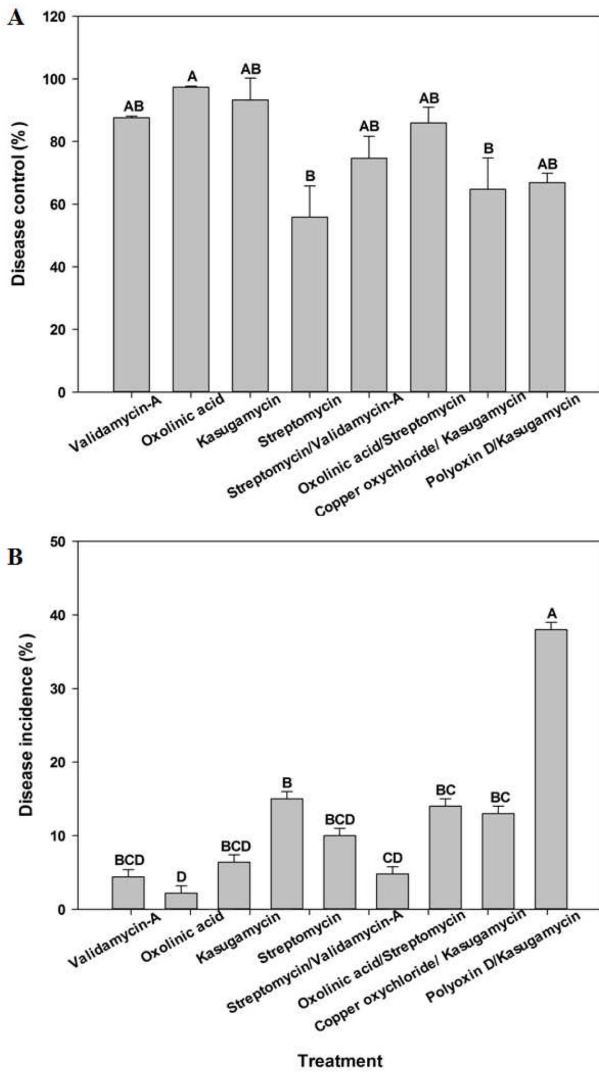


Fig. 2. Pesticide control effects and disease incidence for strawberry angular leaf spot disease in nursery stage. A : Pesticide control effects, B : Disease incidence.

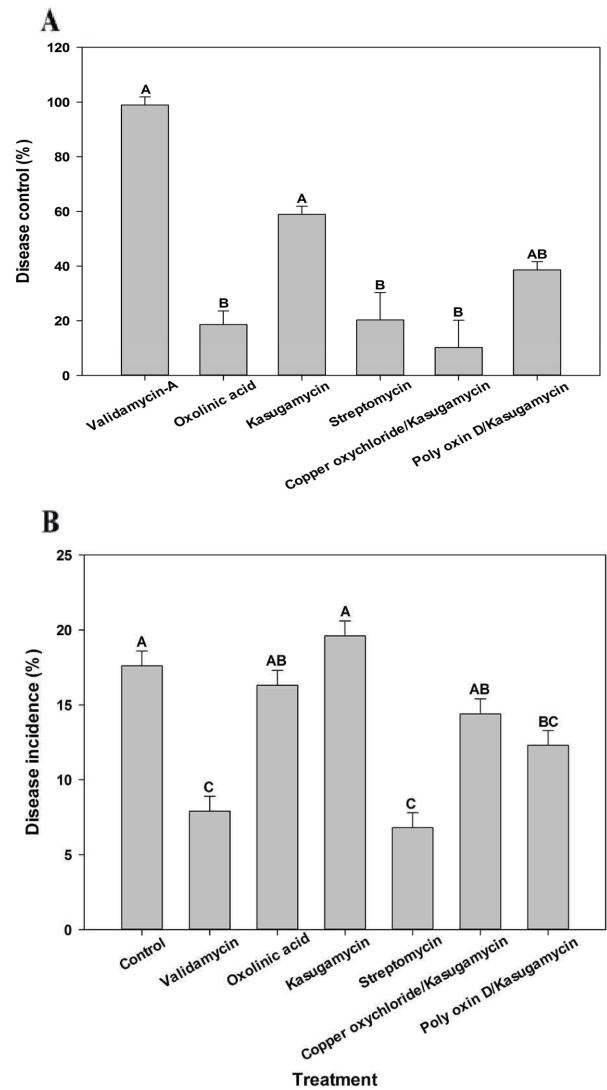


Fig. 3. Evaluation of pesticide effect for angular leaf spot disease in cultivation stage. A : Pesticide control effects, B : Disease incidence.

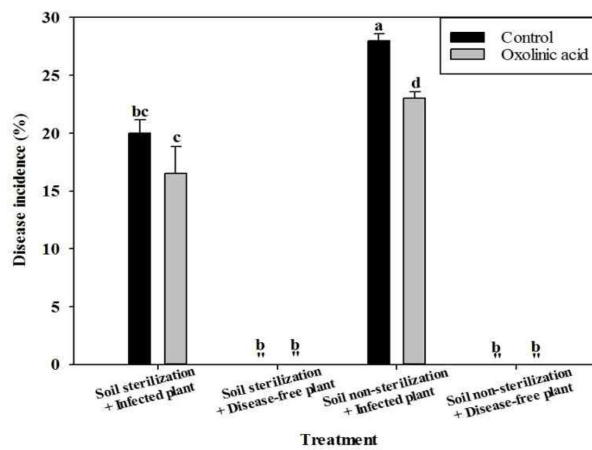


Fig. 4. Disease incidence in cultivation stages with Oxolinic acid treatment, soil sterilization, disease-free plant and infected plant. A : Infected plant in soil sterilization plot, B : Disease-free plant in soil sterilization site, C : Infected plant in soil non-sterilization plot, D : Disease-free plant of soil non-sterilization site.

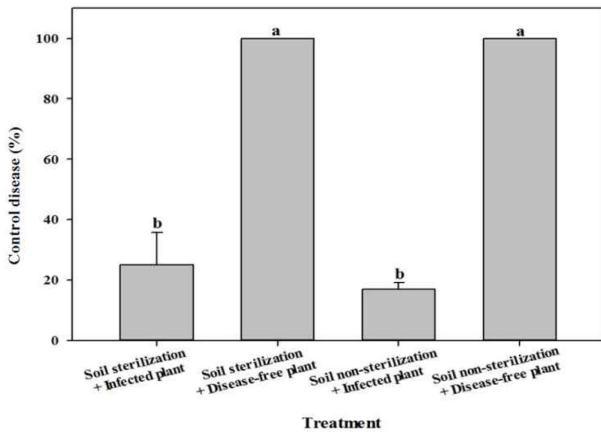


Fig. 5. Effect of the disease control with or without soil sterilization and with or without disease-free plant in cultivation plots.

딸기 세균모무늬병 방제 약제의 처리와 토양소독을 통한 상승효과 구명

약제 선발 시험에서 육묘기에서 높은 방제효과를 보였으며 약해도가 1로서 낮게 나타났던 Oxolinic acid을 이용하여 토양소독과의 상승 효과를 검정하였다. 토양살균을 하였으며 감염묘를 사용한 농가와 토양살균을 하지 않았으며 감염묘를 사용한 농가 그리고 세균모무늬병이 발생하지 않은 무병묘를 사용하였으며 토양살균을 실시한 포장과 하지 않은 포장에서 Oxolinic acid처리 후 발병률을 조사하였다. 세균모무늬병의 감염된 묘를 사용하고 토양 살균을 처리한 포장의 경우 Oxolinic acid 무처리 구의 경우 20%로, Oxolinic acid의 처리구는 16.5%로 나타났으며, 토양살균을 하지 않았으면서 세균모무늬병의 발생이 있던 포장의 Oxolinic acid 무처리 구의 경우 28%로, Oxolinic acid의 처리구는 23%로 나타났다(Fig. 4). 조건이 다른 4개의 포장에서 방제가를 확인한 결과 토양소독과 Oxolinic acid 처리모두가 이루어진 포장과 화학적 약제처리만 이루어진 농가를 비교한 결과 유의차가 없는 것으로 보여졌다(Fig. 5).

고 찰

본 실험에서는 경상남도 진주시 인근에서 발생한 딸기 검역대상 병원균인 세균모무늬병원균에 대하여 화학농약 약제의 선발을 통해 병원균의 확산을 막고 예방을 하고자 수행되었다. 국내에서 세균모무늬병의 발생 보고가 Kwon 등(2010)에 의하여 최초 보고 후, 방제법에 관한 연구가 전혀 수행되지 않았다. 따라서 딸기에서 발생한 세균모무늬병의 병의 발생 정도와 방제 약제의 선발을 위하여 육묘재배지와 재배지에서의 약제의 효과를 확인하였다.

육묘재배지에서의 약제는 단계 4종과 복합제 4종을 처리하였을 때 validamycin-A와 oxolinic acid가 세균모무늬병의

방제율이 높게 조사되었다. 본 실험에서 딸기 세균모무늬병의 방제를 위하여 사용하였던 antibiotics계통의 살균제를 가운데 육묘재배지에서는 oxolinic acid의 효과가 가장 뛰어난 것으로 조사되었다. 다음으로 높은 방제 효과를 보였던 Validamycin-A의 경우 육묘재배지와 더불어 본답재배지에서 80% 이상의 효과를 나타내었다.

그러나 육묘 재배지와 재배지에서 각각 가장 높은 방제효과를 보이는 약제는 차이가 있는 것으로 조사되었다. 육묘 재배지에서는 oxolinic acid가 97.2%로 가장 높은 방제가를 나타내는 것으로 조사되었고, 재배지에서는 validamycin-A의 효과가 가장 우수한 것으로 조사되었다. Alippi 등(1989)의 보고에 따르면 streptomycin 그리고 oxytetracycline등 antibiotics계통이 세균성 병원균의 화학적 방제에 효과적이라고 알려져 있으나 Stall 등(1962)에 의하여 세균성 병원균의 방제에 효과적인 antibiotics 계통의 살균제의 경우 온도와 날씨에 따라 재배지에서의 효과가 제한적이라고 보고된 바 있다. 이에 근거하여 비교적 대기온도가 높은 여름에 이루어지는 육묘재배지에서는 항생제 계통인 Validamycin-A보다 Oxolinic acid가 더 높은 방제 효과를 보인 것으로 보여진다.

일반적으로 딸기 세균모무늬병의 발생 최적의 온도는 20°C로 알려져 있으나, 본 실험에서는 발병률조사를 통하여 고온기인 육묘재배지의 식물체에서 세균모무늬병이 발생하는 것을 확인하였다. 이는 Roberts 등(1996)에 의하여 플로리다에서의 여름 고온에서도 딸기 재배지에서 세균모무늬병이 발생되는 것으로 보고와 일치하는 결과가 도출되었다.

또한 Kennedy & King (1962)은 미네소타에서 세균모무늬병이 감염된 잎이 토양속에 월동하여 다음해 봄까지 생존 가능성을 확인하였으므로 따라서, 화학적 약제처리와 토양소독의 동반처리를 통하여 딸기에 발생하는 세균모무늬병의 발생억제력에 대한 상승효과를 검정하고자 하였다.

토양 소독은 Basile 등(1997)에 의하여 *Phytophthora fragariae*, *Cylindrocarpon destructans* 그리고 *F. solani*에 감염된 토양에서 토양훈증 살균여부를 기준으로 비교하였을 때 살균된 토양의 경우 딸기 수량을 증가시키며 병원균의 생장을 억제시킨다고 보고하였다.

두가지 처리법을 통하여 세균모무늬병에 대한 방제 효율성의 증가를 확인한 결과 발병률에서는 상승효과가 있는 것으로 보였으나 방제가에서는 유의차가 없는 것으로 확인되었다. 이 결과를 통하여 토양의 살균처리가 세균모무늬병의 발생을 감소시키는데 효과가 있으나, 화학약제의 효과를 증진시키는 상승효과는 없는 것으로 보여진다. 토양살균이 모무늬병의 발병률을 감소시킨 원인으로는 병원균의 특성상 고온에서 생육이 불가하므로 고온으로 훈증처리가 이루어지는 토양살균과정에서 병원균의 사멸이 이루어진 것으로 사료된다.

결론적으로 국내에 발생되어있는 세균모무늬병을 방제하기 위해서는 재배시기별로 적합한 화학적 방제제를 이용해야 하며, 더불어 병의 진전을 방지하기 위해서는 토양소독이 이루어지지 않았으나 무병묘를 사용하여 병발생이 나타나지 않은 포장을 근거로 모무늬병에 감염되지 않은 무병묘를 사용하는 것이 더욱 효과적으로 세균모무늬병의 발생을 예방할 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

이 논문은 농촌진흥청 “검역병해충 딸기세균모무늬병의 방제기술개발(PJ009839)”과제의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

Literature Cited

- Alippi, A. M., B. L. Ronco and M. R. Carranza (1989) Angular leaf spot of strawberry, a new disease in Argentina: Comparative control with antibiotics and fungicides. *Adv. Hortic. Sci.* 3: 3-6.
- Basile, M., Lamberti, F. and Basile, A. C. (1997) Effect of soil solarization and soil fumigation on strawberry yield in southern Italy. Second international conference on soil solarization and integrated management of soilborne pests. Icarda, Aleppo, Syria. 16:21.
- Hong, S. Y. (2001) Developmental Characteristics and Control of Potato Common Scab in Jeju Island. Ph.D.Thesis. The University of Cheju national university, Korea.
- Francisco, A. R., P. R. Blanco, B. J. Munoz and L. J. Caballero (2011) The Strawberry plant defense mechanism: A molecular review. *Plant Cell Physiol.* 52:1873-1903.
- Jansea, J. D. M. P. Rossib, R. F. J. Gorkinka, J. H. J. Derksa, J. Swingsc, D. Janssensd and M. Scortichinib (2001) Bacterial leaf blight of strawberry (*fragaria* (x) *ananassa*) caused by a pathovar of *Xanthomonas arboricola*, not similar to *Xanthomonas fragariae* Kennedy & King. Description of the causal organism as *Xanthomonas arboricola* pv. *fragariae* (pv. *nov.*, comb. *nov.*). *Plant Pathol.* 50:653-665.
- Kwon, J. H., H. S. Yoon, J. S. Kim, C. K. Shim and M. H. Nam (2010) Angular leaf spot of strawberry caused by *Xanthomonas fragariae* research in plant disease. 16:97-100. (In Korean)
- Kennedy, B. W. and T. H. King (1962) Studies on epidemiology of bacterial angular leaf spot on strawberry. *Plant Dis. Rep.* 46:360-363.
- Park, J. E., H. M. Kim and S. J. Hwang (2012) Effect of harvest time, precooling, and storage temperature for keeping the freshness of ‘maehyang’ strawberry for export. *J. Bio-Environ. Control.* 21:404-410. (In Korean)
- Roberts, P. D., J. B. Jones, C. K. Chandler, R. E. Stall and R. D. Berger (1996) Survival of *Xanthomonas fragariae* on strawberry in summer nurseries in Florida detected by specific primers and nested polymerase chain reaction. *Plant Dis.* 80:1283-1288.
- Roberts, P. D., J. B. Jones, C. K. Chandler, R. E. Stall and R. D. Berger (1997) Disease progress, yield loss, and control of *Xanthomonas fragariae* on strawberry plants. *Plant Dis.* 81:917-921.
- Kim, S. A., S. -Y. Ahn, W. Oh and H. K. Yun (2012) *In vitro* test of mycelial growth Inhibition of 5 fungi pathogenic to strawberries by ultraviolet-C (UV-C) Irradiation. *Korean J. Food Sci. Technol.* 44:634-637.
- Stall, R. E. and P. L. Thayer (1962) Streptomycin resistance of the bacterial spot pathogen and control with streptomycin. *Plant Dis. Rep.* 16:389-392.
- Stöger, A. and W. Ruppitsch (2004) Rapid and sensitive method for the detection of *Xanthomonas fragariae*, causal agent of angular leaf spot disease in strawberry plants. *J. Microbiol. Methods* 58:281-284.
- Shiming, X. and H. B. Robert (2005) Resistance sources to *Xanthomonas fragariae* in non-octoploid strawberry species. *Hort Science* 40:1653-1656.
- Van der Gaag, D. J., M. Bergsma-Vlami, J. V. Vaerenbergh, J. Vandroemme and M. Maes (2013) Pest Risk Analysis for *Xanthomonas fragariae*, NVWA & ILVO.
- Korea Crop Protection Association (KCPA) (2014). Agrochemicals use guide book.
- The phytopathological society of Japan (PSJ) (2000) Common names of plant diseases in Japan. 1st ed. Japan plant protection association. p. 857. (In Japanese).

딸기 세균모무늬병(*Xanthomonas fragariae*)의 방제를 위한 약제 선발

김다란^{1†} · 강근혜^{1†} · 조현지¹ · 명인식² · 윤혜숙³ · 곽연식^{4*}

¹경상대학교 응용생물과학부, ²농촌진흥청 국립농업과학원, ³경상남도농업기술원, ⁴경상대학교 생명과학연구원

요 약 국내 딸기 재배지에서 세균모무늬병은 2010년 최초 보고되었다. 딸기 세균모무늬병은 검역 병원균으로 분류되어 있어 수출 딸기의 품질저하와 수출통관에 문제를 야기시키기로 있는 실정이다. 본 연구는 딸기의 육묘기와 재배기에서 세균모무늬병 방제에 적합한 살세균제를 선발하는 것에 목적이 있다. 시험된 약제 중 육묘기에는 Oxolinic acid 방제가가 97.2% 나타내었으며, 재배기에는 Validamycin A의 방제가가 93.3% 나타내었다. 토양소독이 병행되지 않은 포장에서는 재배기 Validamycin A의 방제가가 80%로 감소되었다. 따라서, 토양소독과 항세균제 처방에 의한 딸기 세균모무늬병의 방제가 효과적인 것으로 판명되었다.

색인어 세균모무늬병, 딸기, 화학방제, 살세균제