

| 과제구분 | 어젠다 | 수행시기 | | 전반기 | |
|-------------------------|--------------------------|------|---------|-------------------|-----|
| 연구과제 및 세부과제 | | 연구분야 | 수행기간 | 연구실 | 책임자 |
| 총채벌레 종합방제 기술 개발 | | 작물보호 | '21~'23 | 환경농업연구과 식물병해충팀 | 김소희 |
| 원예작물 약제저항성 미소해충 관리기술 개발 | | 작물보호 | '21~'23 | 환경농업연구과 식물병해충팀 | 김소희 |
| 색인용어 | 약제저항성, 저항성지도, 플랫폼, 과총채벌레 | | | | |

ABSTRACT

Management of pest relies mainly on the use of insecticides, which can lead to the development of insecticide resistance. In particular, thrips species are notorious for developing high levels of resistance to many types of insecticides, resulting in control failures. So we evaluated resistance status of *Trhrips tabaci* populations using RCVpW(Residual Contact Vial plus Water) method and Optimized the RCVpW kit for application by farmers in the field. Additionally, we establishment a web-based platform to provide farmers with accurate information on the insecticide resistance status of thrips and recommend optimum insecticides for efficient management. The platform has been designed with a high degree of user-friendliness, utilizing QR codes for data input, processing, and visualization in a responsive web environment. It provide information on pesticides, and these results are displayed on a map for regional analysis. Therefore, users can make more informed pest control decisions tailored to their farms, effectively preventing the misuse of pesticides.

Key words: Insecticide resistance, resistance map, platform, *Thrips tabaci*

1. 연구목표

총채벌레는 작물에 큰 경제적 손실을 주며, 식물 바이러스 전파를 통해 수확량을 감소시키는 주요 해충이다(Jones, 2005; Mound et al., 2022; Reitz et al., 2020; Whitfield et al., 2005). 총채벌레 방제방법은 화학적 방제가 주된 대응 방법이나(Mautino et al., 2012; Shelton et al., 2006), 총채벌레의 빈번한 번식과 짧은 세대 주기로 인한 약제저항성 발생은 해충 관리를 어렵게 만든다(Gao et al., 2012). 국내에서 네오니코티노이드 계통 살충제의 지속적 사용에 따라 약제에 대한 빠른 저항성 발달과 약제에 대한 교차저항성 형성으로 사용 가능 방제 약제의 감소 및 방제 효율 저하가 보고되고 있다(Lee et al. 2017). 이러한 약제에 대한 해충의 저항성 발달은 작물 생산성 감소는 물론 방제를 위한 비용 및 노동력 증가로 이어져 작물 생산 비용 증가로 인한 경제적인 피해를 유발하기 때문에 지속적 모니터링과 우수 약제의 선발을 통하여 방제 효율을 증대시키고, 저항성 개체군의 발달을 지연시킬 필요가 있다. 약제저항성의 발달은 지역에 따라 사용 약제가 다양하여 지역적 발달 양상에 차이가 있으며, 또한 연도별로 저항성 수준이 변화하므로 지속적인 저항성 모니터링을 통하여 발달 동태를 추적해야 한다.

본 연구에서는 저항성 정보를 생산하고 관련 업종 종사자들이 쉽게 이해하고 활용할 수 있는 정보기술(IT) 기반 저항성 정보 공유체계 개발로 해충의 약제저항성 발달에 대한 정보를 신속히 제공함으로써 해충의 약제저항성 발달 및 확산을 억제할 수 있는 관리체계를 구축하고자 하였다. 특히 농약 연용으로 인한 총채벌레의 저항성을 신속하게 진단할 수 있는 현장진단키트 보급을 토대로 농업인들이 직접 참여할 수 있는 저항성 모니터링 플랫폼을 구축해 이를 바탕으로 지역별 최적 약제선발을 통한 방제효율을 극대화하고자 본 연구를 수행하였다.

2. 재료 및 방법

가. 지역별 약제저항성 모니터링

원예작물에 발생하는 과총채벌레(*Thrips tabaci*)를 대상으로 주로 사용되는 약제에 대한 약효 정도를 모니터링하였다. 모니터링은 생물검정(bioassay)의 잔류접촉법 기반의 바이알법(Residual Contact Vial plus Water; RCVpW)을 사용하였다(Kwon et al., 2015). 바이알법은 바이알 내부에 농약 원제를 도포하여 진단농도(diagnostic dose)에 대한 사충(死蟲) 정도로 저항성을 확인하는 방법으로 현장에서 신속하게 약효를 확인할 수 있다. 시험은 흡충기를 사용하여 하나의 바이알에 15~20마리의 총채벌레를 접종한 뒤, 25°C 상온에서 8시간 경과 후 바이알 내부 사충수를 확인하였으며, 단반복으로 수행하였다. 해충을 접종하기 전 바이알 뚜껑에 부착된 필터 페이지퍼에 물 1μl를 분주하여 곤충에 수분을 공급하고, 시험 곤충의 사망 여부는 움직임의 유무로

판단하고 무처리(자연사망률)를 고려한 보정사충률(corrected mortality, %)을 구하였다. 바이알법에 사용되는 진단농도는 해당 해충 종의 감수성 계통군을 기준으로 LC₉₀의 2배가 되는 값으로 100% 사충률을 보장하는 농도이다. 하지만 국내에 파총채벌레(*T. tabaci*)의 감수성계통이 부재하여 2021년 시험 모니터링에는 시중에 유통되는 살충제별 추천농도(recommended concentration)를 사용하였다(표 1). 2022년과 2023년에는 채집된 상대적 감수성 계통을 시험해 산출된 진단농도로 모니터링을 실시하였으며, 2023년 수행한 꽃노랑총채벌레 간이진단키트는 기존에 시험된 진단농도를 이용하여 모니터링을 수행하였다(표 2).

표 1. 파총채벌레 살충제별 추천농도

| 살충제 | 추천 농도 |
|--------------------|-----------|
| Acetamiprid | 40 ppm |
| Chlorfenapyr | 33.5 ppm |
| Cyantraniliprole | 51.3 ppm |
| Emamectin benzoate | 10.75 ppm |
| Spinetoram | 25 ppm |

표 2. 꽃노랑총채벌레 살충제별 진단농도

| 살충제 | 관찰 시간 | 시험 해충수 | Slope (± SE) | LC ₅₀ (ppm) | LC ₉₀ (ppm) | 진단농도 (ppm) |
|--------------------|-------|--------|---------------|------------------------|------------------------|------------|
| Thiamethoxam | 8 h | 133 | 2.5±0.3 | 1.5 | 10.5 | 21 |
| Chlorfenapyr | 8 h | 180 | 1.2±0.1 | 0.6 | 6.6 | 13.2 |
| Cyantraniliprole | 8 h | 161 | 1.9±0.3 | 31.6 | 440 | 880 |
| Emamectin benzoate | 8 h | 350 | 2±0.2 | 11.8 | 149 | 298 |
| Spinetoram | 8 h | 133 | 2.4±0.2 | 0.2 | 0.8 | 1.6 |

모니터링을 위한 시험 해충은 파총채벌레, 꽃노랑총채벌레로 2021년부터 2023년까지 3년간 경기도지역 노지 및 하우스에서 기주가 되는 파와 토마토 등 원예작물을 대상으로 수집하였다(표 3, 표 4). 채집은 작물을 털어 떨어지는 개체를 모아 채집하는 타락법을 이용하였으며(그림 1), 채집된 개체는 실내에서 실체현미경을 이용하여 육안 동정 후 사육실 조건에서(온도 25±1℃, 상대습도±60%, 광주기 16시간 명: 8시간 암 조건) 1세대 누대 사육하였는데, 파총채벌레에 대한 사육법이 정립되어 있지 않기 때문에 모니터링 수행에 앞서 사육법을 시험하였다. 파총채벌레의 사육을 위해 실내 환경에서 지속적으로 공급해 줄 수 있는 먹이 작물을 선택하기 위하여

강낭콩, 오이, 양배추, 부추, 마늘을 대상으로 성장속도와 사육가능 여부를 평가하였다. 작물별 성장 속도는 30일 동안 1일 간격으로 잎의 길이를 조사하였으며, 잎의 너비와 총채벌레의 생활사 가능 여부는 실제 사육을 통하여 평가하였다.

지역별로 채집한 후 사육을 통해 충분한 개체수가 확보되면 앞서 설명한 생물검정법인 RCVpW(Residual Contact Vial plus Water)을 각 해충에 맞는 진단농도로 단반복, 20마리로 검정을 수행하였다.



그림 1. 타락법을 이용한 파총채벌레 채집(좌)과 파총채벌레(우)

표 3. 파총채벌레 채집 지역

| 연도 | 시군 | 작물 | 재배형태 | 주소 | 위경도 |
|------|----|----|------|----------|------------------------------|
| 2021 | 화성 | 부추 | 하우스 | 병점중앙로 | 37° 22'27.0"N 127° 04'40.4"E |
| | 이천 | 파 | 노지 | 대월면 송라리 | 37° 20'37.4"N 127° 51'48.2"E |
| | 안성 | 파 | 하우스 | 삼죽면 미장리 | 37° 04'13.7"N 127° 36'05.4"E |
| | 가평 | 파 | 노지 | 북면 화악리 | 37° 89'25.9"N 127° 53'08.8"E |
| | 시흥 | 파 | 노지 | 하중동 | 37° 38'97.0"N 126° 75'98.3"E |
| | 여주 | 파 | 하우스 | 점동면 원부리 | 37° 16'45.3"N 127° 63'96.8"E |
| | 연천 | 파 | 노지 | 군남면 황지리 | 37° 03'14.2"N 127° 03'55.3"E |
| | 고양 | 파 | 노지 | 덕양구 화정동 | 37° 66'87.4"N 127° 70'93.8"E |
| | 양평 | 부추 | 하우스 | 양동면 계정리 | 37° 44'05.7"N 127° 76'98.6"E |
| 2022 | 포천 | 양파 | 노지 | 창수면 오가리 | 38° 02'16.1"N 127° 17'72.7"E |
| | 용인 | 부추 | 하우스 | 처인구 백암면 | 37° 17'53.7"N 127° 34'40.1"E |
| | 화성 | 대파 | 하우스 | 병점중앙로 | 37° 22'27.0"N 127° 04'40.4"E |
| | 안성 | 대파 | 노지 | 삼죽면 미장리 | 37° 04'19.3"N 127° 36'02.3"E |
| | 가평 | 부추 | 하우스 | 북면 소법리 | 37° 90'14.8"N 127° 55'98.8"E |
| | 광주 | 대파 | 노지 | 곤지암읍 평촌리 | 38° 02'16.1"N 127° 17'72.7"E |
| | 여주 | 대파 | 노지 | 홍천면 외사리 | 38° 02'16.1"N 127° 17'72.7"E |
| | 양평 | 대파 | 노지 | 양동면 단석리 | 38° 02'16.1"N 127° 17'72.7"E |
| 2023 | 화성 | 대파 | 하우스 | 병점중앙로 | 37° 22'27.0"N 127° 04'40.4"E |
| | 이천 | 부추 | 하우스 | 설성면 대죽리 | 37° 13'79.5"N 127° 49'35.6"E |
| | 안성 | 대파 | 노지 | 삼죽면 미장리 | 37° 04'19.3"N 127° 36'02.3"E |

표 4. 꽃노랑총채벌레 채집 지역

| 연도 | 시군 | 작물 | 재배형태 | 주소 | 위경도 |
|------|----|----|------|----------|------------------------------|
| 2023 | 고양 | 국화 | 하우스 | 덕양구 큰골길 | 38° 02'16.1"N 127° 17'72.7"E |
| | 용인 | 국화 | 하우스 | 처인구 남사읍 | 37° 17'53.7"N 127° 34'40.1"E |
| | 하남 | 국화 | 하우스 | 하남시 미사대로 | 37° 22'27.0"N 127° 04'40.4"E |

나. 약제저항성 현장 간이진단키트

(1) 간이진단키트 시험 바이알

간이진단키트의 바이알은 잔류 접촉 독성에 의한 약효를 확인하는 생물검정 방법으로 바이알 내부에는 상대적으로 감수성인 과총채벌레 계통을 이용하여 설정한 LC₉₀의 2배 농도값으로 농약 원제가 도포 처리되어 있다. 바이알의 농약은 PLS 등록 약제 중 작용기작이 신경계에 있으며, 속효성 약제로 선발한 5가지 약제로 과총채벌레용으로는 acetamiprid, chlorfenapyr, cyantraniliprole, emamectin benzoate, spinetoram을 선정하였으며(표 6), 꽃노랑총채벌레는 thiametoxam, chlorfenapyr, emamectin benzoate, spinetoram, cyantraniliprole을 설정하였다. 과총채벌레 간이진단키트용 진단농도 시험을 위해 2021년 채집된 과총채벌레 상대적 감수성 계통균을 사용하였으며, 상대적으로 감수성인 과총채벌레는 2021년 채집한 인천 계양구와 전라남도 고흥 계통균을 섞어 사용하였다. 본 계통균은 2021년부터 경기도농업기술원에서 안정적으로 약제의 노출 없이 실험실 조건(온도 25±1°C, 상대습도 ±60%, 광주기 16시간 명: 8시간 암 조건)에서 사육하였다. 바이알 제작은 추천농도 또는 진단농도로 acetone에 희석된 약제를 4.5mL 바이알에 100µl 분주하고 흡후드에서 롤러믹서를 사용하여 아세톤은 증발시키고 약제가 바이알 안쪽 벽면에 골고루 도포되도록 충분한 시간 동안 말려주었다. 마른 바이알의 뚜껑 내부에 약 2mm 정사각형 모양의 필터 페이지퍼를 부착하여 시험 기간 동안 수분을 제공할 수 있도록 제작하였다.

(2) 간이진단키트 흡충기 흡충부

흡충부는 원하는 모형으로 제작하기 위하여 3D 프린팅을 이용하였는데, 3D 프린트 중 레진을 액체 상태의 광경화성 수지에 레이저 투사하여 레이저가 닿는 부분을 굳게하는 방식의 마스크 광경화성 수지 적층 조형방식(Masked Stereolithography, MSLA)을 채택하여 프린팅하여 4.5ml 바이알에 알맞은 구조로 최적화하였다.

(3) 간이진단키트 흡충기 모터부

흡충기의 모터 또한 처음에는 minipump MP-2N(Sibata)을 이용하였으며 이후 쉽게

농가에 보급할 수 있도록 3D프린트를 이용하여 모터 대체품 제작을 수행하였다.

(4) 간이진단키트 사용 방법

간이진단키트 사용법은 리플렛으로 제작하였으며, 현장에서 쉽게 키트를 사용할 수 있도록 2022년에는 그림으로 도식화해 제작하였으며, 2023년 플랫폼 구축 이후에는 QR코드를 활용할 수 있도록 제작하였다.

표 5. 파충채벌레 간이진단키트 바이알 구성

| 약어 | 약제명 | 작용기작 | 바이알색 | 추천농도 (ppm) | 진단농도 (ppm) |
|-----|--------------------|------|------|---------------|---------------|
| SPT | Spinetoram | 5 | 빨강 ● | 25.0 | 4.4 |
| AC | Acetamiprid | 4A | 노랑 ● | 40.0 | 30.6 |
| CY | Cyantranilprole | 28 | 초록 ● | 51.3 | 242.0 |
| CF | Chlorfenapyr | 13 | 파랑 ● | 33.5 | 31.0 |
| EB | Emamectin benzoate | 6 | 보라 ● | 10.8 | 12.2 |

추가 시험으로 간이진단키트의 진단농도에 대한 활용성 검증을 위해 포장 검정을 수행하였다. 시험은 간이진단키트 사용 후 결과에 따라 약효가 좋은 약제와 약효가 좋지 않은 약제를 처리한 후 평판트랩을 사용해 총채벌레 밀도 변화를 확인하였다. 경기도농업기술원 내 시설하우스 2동(8×21m)에서 1m 너비의 3두둑을 만들고 가로 세로 25cm 간격으로 파(품종: 흑금장)를 재식하였다(그림 2). 평판트랩을 2m 간격으로 두둑의 왼쪽에 설치하여 일주일 간격으로 밀도를 조사하였으며, 밀도가 전체 트랩을 합산하였을 때 30,000마리 도달 시기에 간이진단키트 시험수행 후 약효가 좋은 약제와 좋지 않은 약제를 각각의 하우스에 살포하였다.

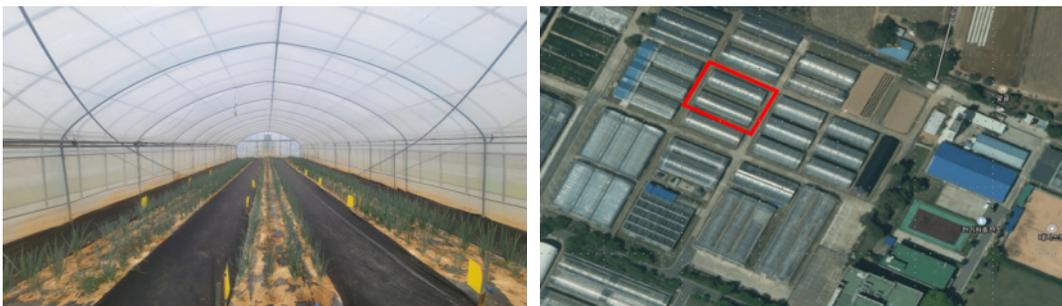


그림 2. 간이진단키트 효과 검정을 위한 재배지 위치 및 조성

다. 약제저항성 정보 플랫폼

플랫폼 기본 구성으로 운영체제는 P2P (Person to person) 커뮤니티를 구축하여 스마트폰에서 이용이 가능한 반응형 웹으로 구현하였으며, 플랫폼의 운영 방향은 연구자와 농가 등 쌍방 간의 약제저항성에 대한 정보를 교환할 수 있는 시스템으로 하였다. 인터페이스 설계 범위는 해충별 약제별 저항성 정도를 확인할 수 있는 화면과 입력 정보를 데이터베이스화하여 저항성 지도 화면 그리고 농가별로 맞춤형 약제 정보 제공 화면 등으로 구성하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 지역별 약제저항성 모니터링

파충채벌레 사육을 위한 먹이 작물 선택 시험결과 파종 후 사용까지의 기간은 강낭콩이 4일로 가장 빨랐으며, 마늘은 12일차, 오이는 24일차에 먹이로 사용이 가능하였다(그림 3). 반면 양배추와 부추는 초기 엽비대가 느려 사용이 어려웠다. 이후 먹이로 오이와 마늘을 사용하여 사육성을 평가하였을 때, 선호도가 높고 세대가 잘 순환되며 지속 공급이 가능한 마늘(품종: 홍산)을 선택하였다.

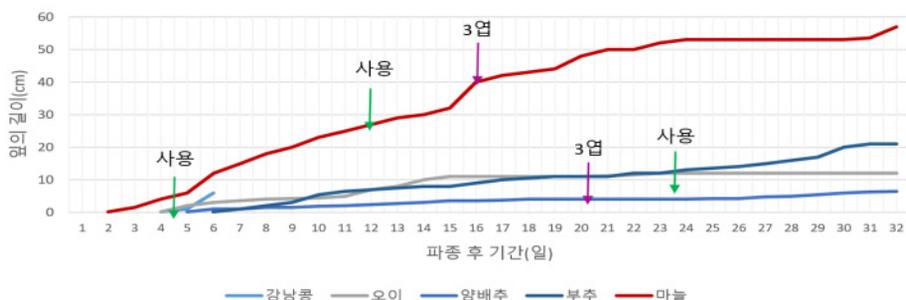


그림 3. 작물별 파종 후 엽길이 변화

2021년에 파충채벌레를 9개 지역에서 채집하여 약제에 대한 살충활성을 검정코자 추천농도(recommended concentration)에서 바이알법을 사용하여 emamectin benzoate, chlorfenapyr, acetamiprid 3가지 약제로 처리당 20마리, 3반복으로 실내 조건(온도 25±1℃, 상대습도±60%, 광주기 16시간 명: 8시간 암)에서 약제 검정을 수행하였다. 살충 활성 검정 결과, 화성지역 수집 계통군은 chlorfenapyr 약제에 대해 낮은 살충 활성을 보였으며, 안성지역 수집 계통군은 acetamiprid 약제에 대해 낮은 살충 활성을 보였다(그림 4).

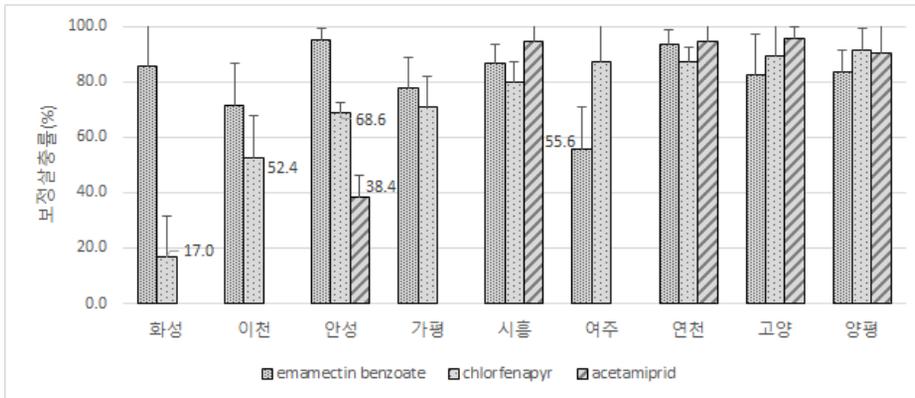


그림 4. 2021년 파충채벌레 살충 활성 검정 결과

2022년에 지역별로 파충채벌레를 채집하여 표 6의 진단농도로 생물검정을 수행한 결과, 포천지역에서 emamectin-benzoate, 용인과 안성지역에서 chlorfenapyr 약제에 대해 살충 활성이 낮게 나타났다(그림 5).

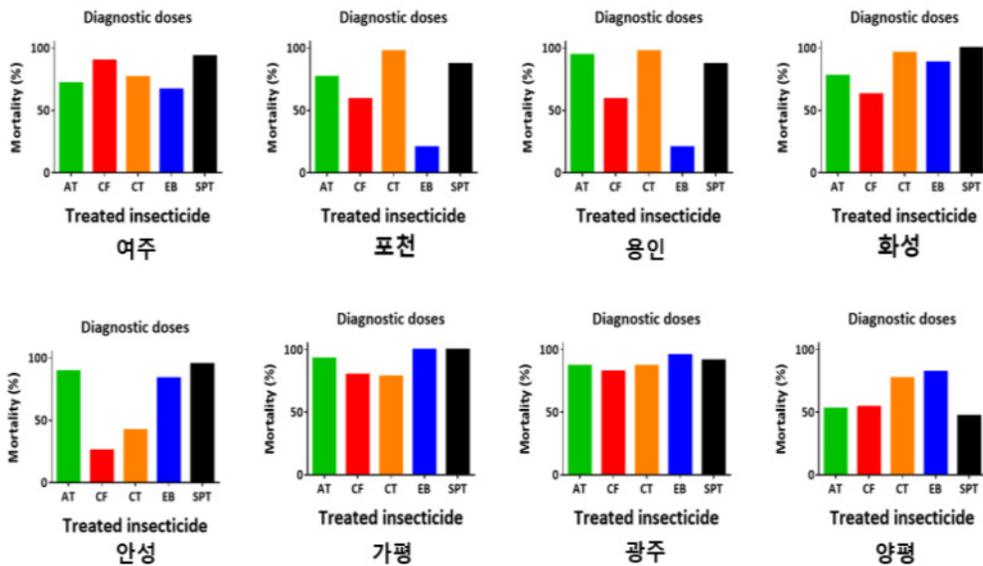


그림 5. 2022년 지역별 파충채벌레 살충활성 검정 결과

2023년에 지역별로 파충채벌레를 채집하여 표 6의 진단농도로 생물검정을 수행한 결과, 안성지역에서 emamectin-benzoate에 대해 살충 활성이 낮게 나타났다(그림 6). 간이진단키트를 이용한 시험결과 동일 시군에서도 약제별 살충 활성이 상이하게

나타날 수 있는데, 이는 농가별로 약제 이력, 살포 횟수 등이 다르고 총채벌레의 이동성이 낮아 농가 간 이동이 크지 않아 농가별로 내성 발달 정도가 다르기 때문에 나타날 수 있는 결과라 생각되며, 같은 지역간 내성 차이는 추후 연구를 통하여 확인해 볼 필요성이 있다.

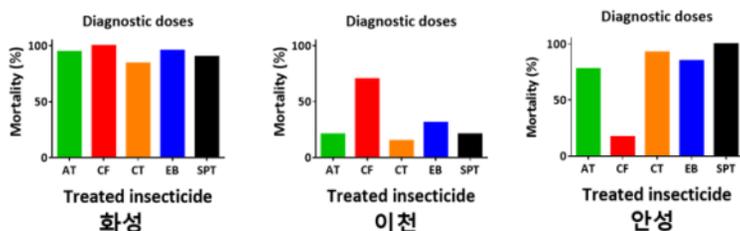


그림 6. 2023년 지역별 파총채벌레 살충활성 검정 결과

추가 시험으로 약제 내성 증가로 방제가 잘 안된다는 꽃노랑총채벌레에 대해 진단농도를 이용하여 3개 지역을 대상으로 생물검정한 결과 5개 약제 모두에서 낮은 살충 활성을 보였으며, 하남지역은 chlorfenapy를 제외한 4개 약제, 고양지역은 chlorfenapyr, spinetoram을 제외한 3개 약제에서 낮은 살충 활성을 보여주어 저항성이 높게 발달된 것으로 판단되었다(그림 7).

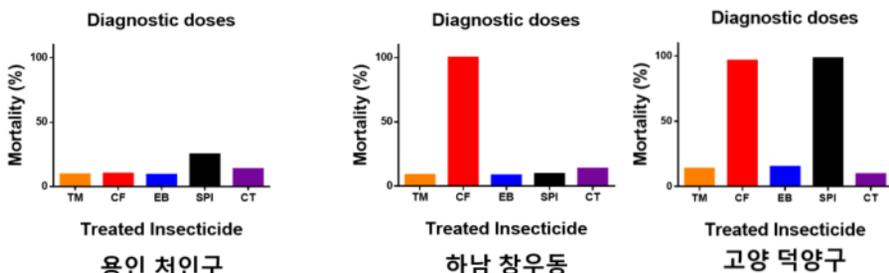


그림 7. 2023년 지역별 꽃노랑총채벌레 살충 활성 검정 결과

간이진단키트 연구와 관련하여 실제 현장에는 꽃노랑총채벌레, 대만총채벌레, 파총채벌레 등이 여러 종이 혼재 되어 있어 키트 사용시 육안으로 구분하기 어려운 문제가 있다. 이와 관련하여 꽃노랑총채벌레와 파총채벌레의 진단농도를 비교하여 보았을 때(표 2, 표 6) 약제별로 설정한 값이 서로 상이해 모든 종을 통틀어 사용할 수 없는 문제가 있어 현장의 문제점을 반영하여 단점을 보완한 연구를 추가로 수행해 볼 필요성이 있다고 생각된다.

나. 약제저항성 현장 간이진단키트

(1) 간이진단키트 시험 바이알

2021년부터 사육 중인 파충채벌레 상대적 감수성 계통군을 대상으로 LC₉₀을 구하고 2배 값을 진단농도로 설정한 결과는 표 6과 같다.

표 6. 파충채벌레 저항성검정 진단농도

| 살충제 | 관찰 시간 | 시험 해충수 | Slope (± SE) | LC ₅₀ (ppm) | LC ₉₀ (ppm) | 진단농도 (ppm) |
|--------------------|-------|--------|--------------|------------------------|------------------------|------------|
| Acetamiprid | 8 h | 178 | 2.79±0.4 | 2.5 | 15.3 | 30.6 |
| Chlorfenapyr | 8 h | 180 | 2.85±0.41 | 2.6 | 15.5 | 31.0 |
| Cyantraniliprole | 8 h | 171 | 2.26±0.32 | 13.0 | 121.0 | 242.0 |
| Emamectin benzoate | 8 h | 208 | 3.07±0.4 | 1.2 | 6.1 | 12.2 |
| Spinetoram | 8 h | 160 | 3.82±0.55 | 0.6 | 2.2 | 4.4 |

(2) 간이진단키트 흡충기 흡충부

흡충부는 현장에서 대상 해충의 소실 없이 바이알에 잡아넣는 것을 최우선으로 고려해 3D프린트로 3번의 디자인 변경을 통해 제작한 결과는 그림 8과 같다.



그림 8. 흡충기 전체 구성도 디자인 변화(왼쪽부터 1차~3차)

1차, 2차 시안은 표 7과 같은 내용으로 제작되었으나 실제 사용을 통해 단점을 보완하여 3차 디자인으로 완성하였다.

표 7. 디자인 시안

| 번호 | 사 진 | 내 용 |
|----------|---|---|
| 1차 시안 |  | - 흡충부 꺾인 형태 제작 → 곤충의 적층 문제로 2차 디자인으로 보완 |
| 2차 시안 |  | - 직선형태로 제작하여 곤충 적층 문제 보완 - 5개 파트 구성: 호스연결부, 해충 흡입부 등 - 대각선 절단하여 채집 표면적 확대 - 스크류 부착을 통한 바이알의 편리한 탈착 - 300mesh(0.085mm) polyester fiber 사용 곤충 이탈 방지 - 연필을 쥐는 모양으로 편리성 증대 → 흡충부와 호스의 연결불량, 미세망 탈락 등 단점 |

3차 디자인은 3개 조각으로 구성되어 있으며 1) 호스와 연결되는 조각, 2) 대상 곤충을 흡입해 바이알 내부로 연결되는 조각, 3) 300mesh의 polyester fiber가 안정적으로 부착될 수 있도록 하는 링이다. 또한 테프론 튜브(ø10mm)를 넣고 빨 수 있도록 구경을 변경하고, 호스를 구멍으로 넣는 방식이 아닌 고깔 형태로 변경하여 호스의 직경에 관계없이 위로 끼우는 방식으로 하였다. 본 흡충기를 이용할 경우 4.5ml 바이알에 손쉽게 해충을 잡아 넣어 생물검정을 수행할 수 있다.

(3) 간이진단키트 흡충기 모터부

흡충기 모터의 제작은 설계 후 3D 프린팅을 이용하여 제작하였다(그림 9). 모터부는 AA건전지 6개가 들어가도록 설계하였으며, 내부에는 모터 드라이브 +스위치+전원+모터로 구성되어 있다. 또한 흡충 세기는 스크류를 돌려 조절할 수 있게 설계되었다. 하지만 보급형 흡충기 모터부의 제작비는 부속재료(모터, 모터드라이버 등) 구입비 총 150,000원과 1안인 SLA(도색有, 흰색)로 제작하였을 때 프린팅 후 도색 및 조립비 250,000원 또는 2안인 FDM(도색無, 불투명색)으로 제작하였을 때 프린팅 후 도색 및 조립비 150,000원 총 300,000원~400,000원으로 예상됨에 따라 단가가 비싸 공산품이 아닌 주문 제작 제품으로 시군에 보급하기엔 원활히 진행될 수 없다고 판단하여 대체품을 탐색하였다.

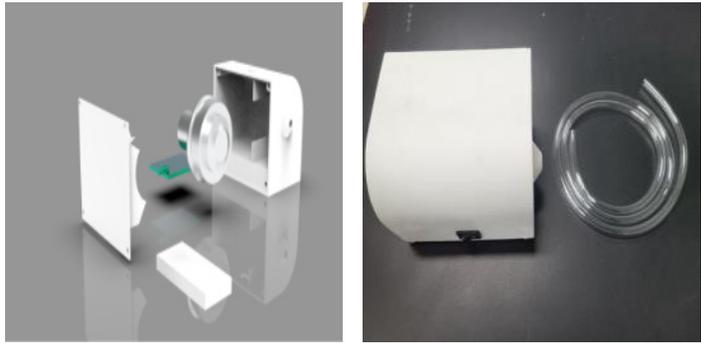
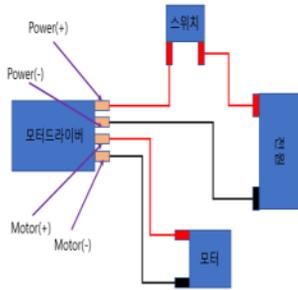


그림 9. 흡충기 모터부 설계 및 디자인

대체품으로 공산품을 활용하여 제작을 시도하였다. 시중에 판매되고 있는 흡인기(단가: 40,000원)로 흡충부와 연결할 수 있도록 앞부분을 3D 프린팅하여 제작하였다(그림 10). 하지만 기존에 사용하고 있는 모터(mini pump)와 비교하였을 때 흡입력이 약해 곤충을 원활히 잡아들일 수 없어 모터의 성능이 보다 나은 제품으로 다시 탐색할 필요성이 있었다.

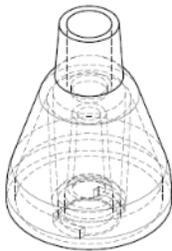


그림 10. 흡충기 모터부 기성품 활용 설계

(4) 간이진단키트 사용 방법

현장 보급 후 진단키트를 원활히 사용할 수 있도록 하기 위한 사용법을 2022년에 1차 제작하였다(그림 11). 리플렛에는 총채벌레와 약제저항성, 진단키트 사용법, 사용 결과 활용 방법, PLS 등록 약제에 관한 내용이 수록되어 있으며, 진단키트 사용법은 그림으로 도식화하여 보기 쉽게 제작하였다.



그림 11. 진단키트 사용법 리플렛 ver. 2022

2023년에는 약제저항성 플랫폼을 활용할 수 있는 방법의 리플렛을 보완하여 2차 제작하였다(그림 12). 2022년 버전과 다른 점은 총체별례뿐만 아니라 약제저항성으로 문제가 될 수 있는 해충에도 사용할 수 있도록 제작하였으며, 특히 진단키트와 함께 배부하기 위해 진단키트별로 부여된 고유의 QR코드 부착란을 마련하였다. 또한 진단키트의 사용법과 관련하여 그림으로 도식화되어 있을 뿐만 아니라 스마트폰을 활용하여 QR코드를 통해 플랫폼으로 접속하면 동영상으로도 확인할 수 있도록 하였다.



그림 12. 진단키트 사용법 리플렛 ver. 2023

현장에서 원활히 진단키트를 사용할 수 있도록 리플렛뿐만 아니라 3분 영상자료도 제작하였다(그림 13). 영상에는 원내 대과 재배 비닐하우스에서 약제저항성 진단을 위한 총체별례 채집, 플랫폼 입력, 결과 확인 방법 등이 나와 있다.

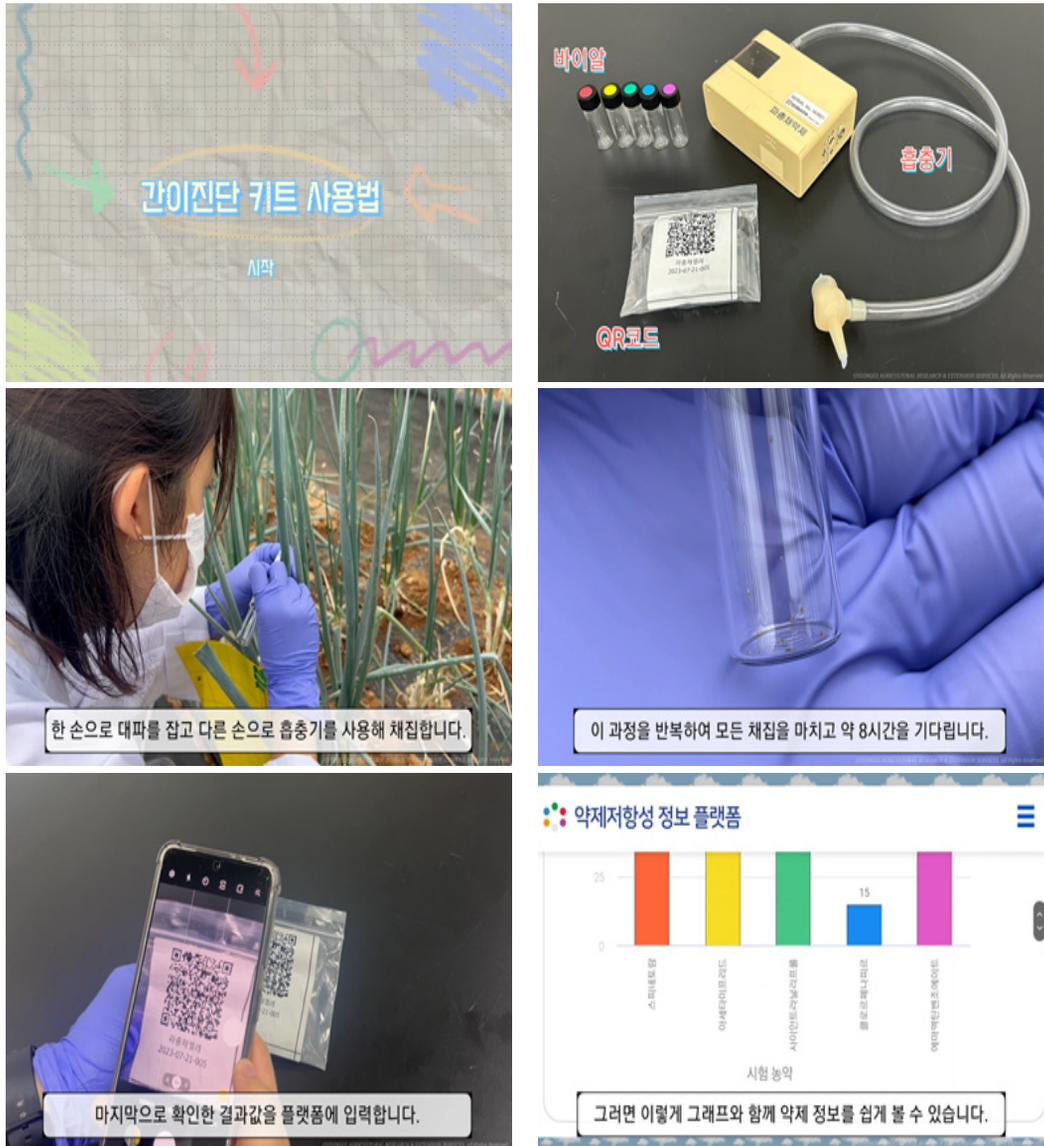


그림 13. 간이진단키트 사용법 동영상

추가 시험으로 간이진단키트의 진단농도에 대하여 활용성을 판별 하고자 밀도 30,000마리 도달 시점에 간이진단키트를 사용하여 저항성 정도를 검정한(2023년 6월 14일) 결과, 살충 활성이 좋은 약제는 spinetoram(SPT), 살충 활성이 낮은 약제는 emamectin benzoate(EB)로 확인되었다(그림 14).



그림 14. 간이진단키트 결과(6월 14일) 및 약제 살포

약제를 추천농도에서 7일 간격으로 2회인 6월 15일과 6월 22일에 B동 하우스에는 spinetoram, A동 하우스에는 emamectin-benzoate를 살포한 결과, 두 약제 모두에서 방제 효과가 있었으나, 방제 이후 6월 29일과 7월 6일 조사 시 파충채벌레 발생 밀도에서 차이를 보이기 시작하여 spinetoram 처리 포장에서 emamectin benzoate 처리보다 발생 밀도가 더 크게 낮아졌다(그림 15). 본 시험을 통해 포장에 적용할 약제를 선택할 때 간이진단키트 결과와 포장 내 해충 밀도와의 상관관계를 확인할 수 있어 간이진단키트를 이용한 우수 약제 및 주의 약제의 선정은 포장 내 해충(파충채벌레)방제에 효과적으로 적용될 수 있음을 확인하였다.

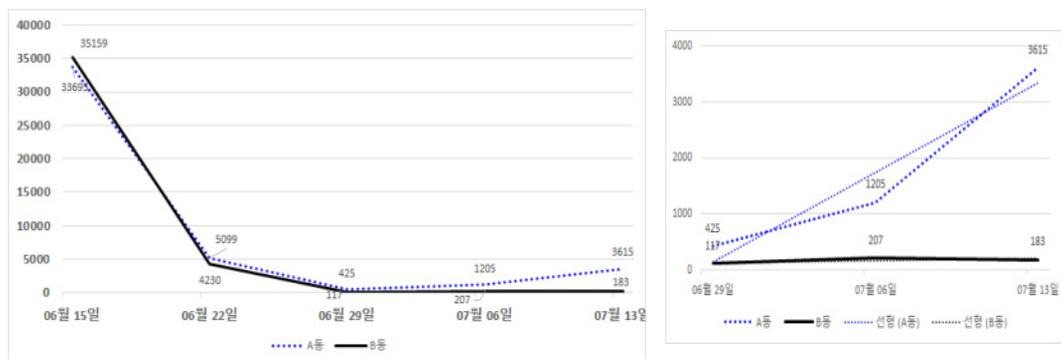


그림 15. 파 하우스 총채벌레 트랩 조사결과(좌) 및 그래프 확대(우)

다. 약제저항성 정보 플랫폼 구축

(1) 약제저항성 정보 플랫폼 설계

플랫폼의 개발 환경과 관련하여 약제저항성 정보 관리와 정보 조회를 위한 애플리케이션 서버 기능의 개발은 자바 기반의 스프링 프레임워크(<https://projects.spring.io/springframework/>)를 활용하였으며, 웹 모듈 Spring MVC (Model-View-Controller) 패턴을 사용하였다. 자바 버전은 JDK8로 선정하였으며, PostgreSQL DBMS와 SQL mapping 연동을 위해 MyBatis 3.4.4 버전(<http://blog.mybatis.org>) 라이브러리를 활용하였다.

플랫폼의 클라우드 S/W 운영 환경과 관련하여 개발 환경에서 프로그램으로 코딩된 응용 소프트웨어가 온라인 플랫폼 서비스로 작동되어 운영 환경으로 전환되려면 핵심 서버 소프트웨어가 필요하다. 약제저항성 정보 플랫폼은 홈페이지 주소에 접속할 수 있도록 하는 웹서버 소프트웨어와 약제저항성 정보 데이터를 저장하는 데이터베이스 서버 소프트웨어, 그리고 웹서버로 접속한 이용자가 등록, 조회, 수정, 삭제 등 데이터 처리를 요청했을 때 이를 실제 데이터베이스 서버를 호출하여 처리하는 애플리케이션 서버 소프트웨어로 구성하였다. 웹서버는 Nginx(2023)를 사용하였으며 도메인 주소인 kresist.plant119.kr로 접속하면 같은 서버 내의(localhost) 애플리케이션 서버로 전달하는 역할을 담당하기 위하여 Http Proxy 기능을 활용하였다. 또한 사용자의 정보와 같은 민감한 정보를 사용하게 될 경우에는 SSL 인증서를 사용한 보안처리를 해야 하므로 웹서버에 SSL 인증서를 사용해 웹사이트를 HTTPS로 열 수 있도록 Nginx 프록시 서버에 SSL 인증서를 적용하였다. 애플리케이션 서버는 톰캣을 사용하였으며 자료 처리와 관련된 DB 조회 등 다양한 로직을 처리하는 기능을 수행하고 사용자가 브라우저를 통한 요청이 있을 때 내부의 프로그램을 통해 결과를 만들어 내고 이것을 다시 사용자의 브라우저에 전달해 주는 역할을 한다. 톰캣은 전 세계적으로 가장 많이 사용되는 오픈소스 웹 컨테이너이며 100% 순수 자바 플랫폼으로 웹서버와 연동하여 실행할 수 있는 자바 환경을 제공하여 자바 서버 페이지와 자바로 구현된 애플리케이션을 실행할 수 있는 환경을 제공한다. 데이터베이스 서버는 데이터 모델을 물리 환경으로 실제 구축하고 약제저항성 정보에 대한 저장 및 관리까지 할 수 있는 기능들을 제공하는 서버로 객체 지향적 기능과 관계형 데이터베이스 기능을 모두 허용하는 PostgreSQL를 활용하였다(그림 16).

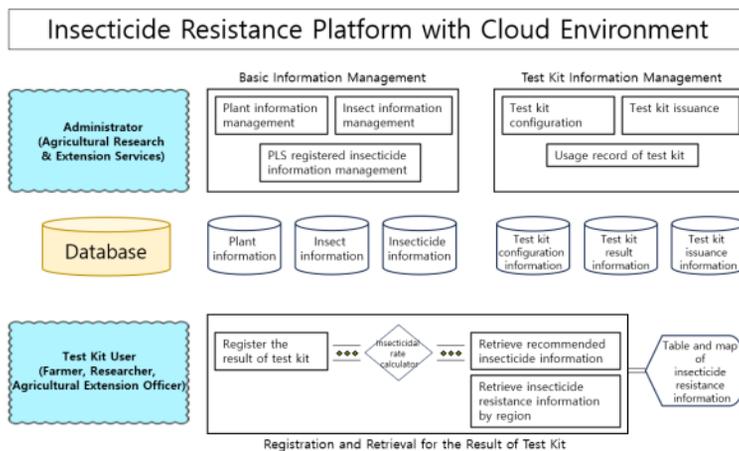


그림 16. 약제저항성 정보 플랫폼 최종 설계 목표

(2) 약제저항성 정보 플랫폼 사용자 화면

사용자 화면은 진단키트 결과 입력, 진단키트 결과 확인, 약제저항성 지도, 진단키트 이용법 제공으로 구성하였다. 간이진단키트 결과는 해충 선택, 진단키트 번호 입력, 결과 입력으로 구성하였다(표 8). 결과 입력메뉴의 화면은 그림 17과 같다.

표 8. 진단키트 결과입력

| 1차 메뉴 | 구성 | 내 용 |
|---------|---------|---|
| 진단키트 결과 | 해충 선택 | 시험 해충을 선택 해충별 설정 약제 표시 |
| | 진단키트 번호 | 진단키트별 부여된 고유번호 입력 등록되지 않은 번호 입력 시 결과 입력 불가 QR코드로 접속 시 자동 입력 |
| | 결과 입력 | 약제별 색깔을 달리하여 구분 간이진단키트에 사용 후 사충 수 결과 입력 전체 별레 수 입력 안할 경우 20으로 자동설정 |
| | 영농정보 입력 | 작물과 지역 등의 영농정보 필수 입력 작물은 관리자 지정 작물만 사용가능 스마트폰 위치 정보 동의를 통한 주소 입력 동의하지 않을 시 도, 시군구, 읍면동 직접 입력 |

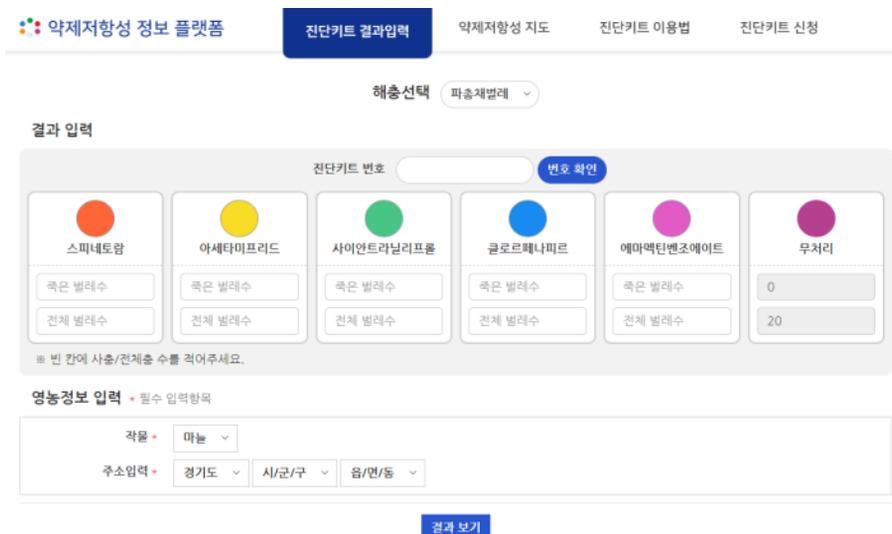


그림 17. 간이진단키트 결과 입력화면

진단키트 결과 확인은 크게 두 가지 화면으로 구성하였다. 키트 결과로 입력된 값을 Abbott의 보정식에 따라 사충률 값을 계산하여 그래프로 나타내며, 해당 약제의 값이 관리자 페이지에서 지정한 기준 사충률(20%)보다 작으면 사용상 주의가 필요한

약제로 분류되어 결과 그래프 하단에 표시된다. 20% 기준은 경험적으로 실제 방제 효율을 고려하였을 때 최소한으로 요구되는 살충 효과가 나타나지 않을 것으로 기대한 값이며, 관리자 메뉴를 통하여 기준 사충률은 약제에 따라 변경이 가능하다. 약제 정보 상단에는 대상 해충과 작물이 표시되며, 해당 약제에 대한 상세 정보를 제공하기 위해 농촌진흥청 농약안전정보시스템(<https://psis.rda.go.kr>)으로 연결되는 링크 버튼을 약제 품목명 옆에 표시하였다. 해당 링크를 누르면 대상 해충 및 작물에 대한 농약 사용법 등의 정보가 표시된 페이지로 연결된다(그림 18).



그림 18. 간이진단키트 결과 그래프와 약제 정보

약제저항성 지도는 지도와 키트에 대한 분류 창으로 구성하였다(표 9). 지도 화면은 그림 19와 같다.

표 9. 약제저항성 지도

| 1차 메뉴 | 구성 | 내 용 |
|----------|-----|---|
| 약제저항성 지도 | 지도 | 지역별 결과 확인 국토교통부 vworld 배경지도 활용 경기지역에서 키트 사용 지점 표시 도, 시군, 읍면동까지 구분 숫자는 해당 지역의 사용 횟수 표시 |
| | 선택창 | 연도 2022년부터 키트 사용 정보 입력 해충 키트별 사용 해충에 따른 분류 작물 키트별 사용 작물에 따른 분류 약제 선택 시 주의 약제 결과 지역 표시 |

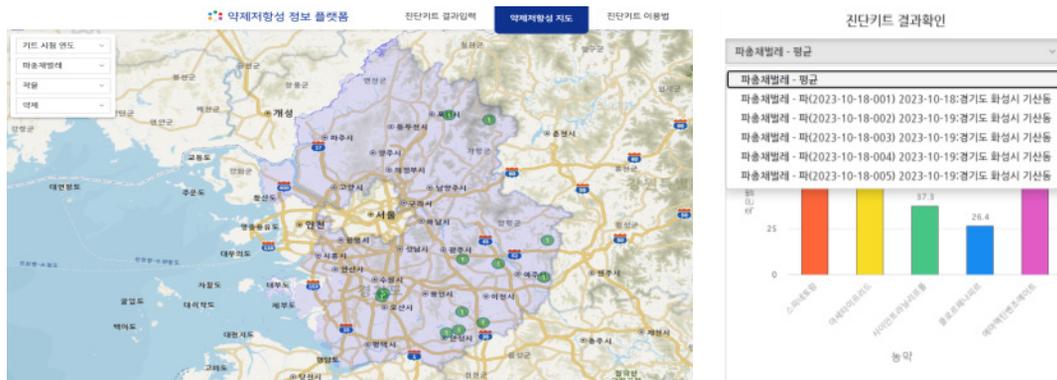


그림 19. 약제저항성 지도 및 결과 그래프

지도상에 나타나는 지역의 숫자 마커를 선택하면 진단키트 개별 결과 창이 표시된다. 여러 개의 데이터가 존재하면 첫 화면을 결과들의 평균값 그래프로 나타내었으며, 개별 항목을 선택하면 시험별 결과 그래프와 사용상 주의가 필요한 약제 정보가 표시된다.

(3) 약제저항성 정보 플랫폼 관리자 화면

관리자 화면은 시험 해충 관리, 시험 작물 관리, 해충 작물 연동 관리, PLS 등록 약제 관리, 진단키트 설정, 진단키트 발급 관리로 구성하였다(표 10).

표 10. 관리자 화면 구성

| 1차 메뉴 | 내 용 |
|--------------|-----------------------------|
| 시험 해충 관리 | 진단키트 서비스 제공이 가능한 해충 등록 |
| 시험 작물 관리 | 우점종 판단 가능 작물 등록 |
| 해충 작물 연동 관리 | 해충별 표시되는 작물의 연동 관리 |
| PLS 등록 약제 관리 | 각 작물과 해충별 PLS 등록된 약제를 등록 관리 |
| 진단키트 설정 | 진단키트별 제공가능한 약제 목록 설정 관리 |
| 진단키트 발급 관리 | 진단키트 고유 번호 부여 |

PLS 등록 약제관리 화면은 해충별, 작물별 약제 등록 정보를 조회할 수 있다. 등록 버튼을 선택하면 PLS 약제 정보를 등록할 수 있는 창이 표시되며 작물, 해충, 작물명, 품목명, 일반명, 상표명, 주성분 함량, 작용기작, 희석배수 정보를 입력하여 등록할 수 있다. 엑셀등록 버튼을 선택하면 약제 정보등록을 위한 엑셀 형식의

템플릿 다운로드 할 수 있으며, 파일 선택 버튼을 눌러 작성한 파일을 업로드하면 일괄 등록되어 목록에 표시된다(그림 20).

| NO | 작물명 | 등록여부 | 등록번호 | 등록명 | 일반명 | 상표명 | 주성분함량 | 적용기간 | 희박배수 | 수정 |
|----|-----|------|----------------------|--------------------|------|--------|-------|--------|------|----|
| 1 | 과 | 등록완료 | 00000000000000000000 | Emamectin benzoate | 라디칼 | 5% | 6 | 4000배 | ● | |
| 2 | 과 | 등록완료 | 00000000000000000000 | Chlorfenvinphos | 한나드 | 0.1 | 13 | 3000배 | ● | |
| 3 | 과 | 등록완료 | 00000000000000000000 | Chlorfenvinphos | 총채드나 | 0.1 | 13 | 3000배 | ● | |
| 4 | 과 | 등록완료 | 00000000000000000000 | Emamectin benzoate | 엑스칼 | 2.15% | 6 | 2000배 | ● | |
| 5 | 과 | 등록완료 | 00000000000000000000 | Spinetoram | 스피넨트 | 5% | 5 | 2000배 | ● | |
| 6 | 과 | 등록완료 | 00000000000000000000 | Cyromazine | 로시지 | 5% | 28 | 1000배 | ● | |
| 7 | 과 | 등록완료 | 00000000000000000000 | Cyromazine | 사이젠 | 10.26% | 28 | 2000배 | ● | |
| 8 | 과 | 등록완료 | 00000000000000000000 | Cyromazine | 에스제이 | 10.26% | 28 | 2000배 | ● | |
| 9 | 과 | 등록완료 | 00000000000000000000 | Jasatrodin | 자사트린 | 5% | 4a | 2000배 | ● | |
| 10 | 과 | 등록완료 | 00000000000000000000 | Emamectin benzoate | 플루스 | 2.15% | 6 | 2000배 | ● | |
| 11 | 과 | 등록완료 | 00000000000000000000 | Emamectin benzoate | 에프칼 | 2.15% | 6 | 2000배 | ● | |
| 12 | 과 | 등록완료 | 00000000000000000000 | Emamectin benzoate | 칼랑 | 2.15% | 6 | 2000배 | ● | |
| 13 | 과 | 등록완료 | 00000000000000000000 | Emamectin benzoate | 프로콜라 | 5% | 6 | 4000배 | ● | |
| 14 | 과 | 등록완료 | 00000000000000000000 | Chlorfenvinphos | 세카이 | 0.1 | 13.0 | 3000배 | ● | |
| 15 | 과 | 등록완료 | 00000000000000000000 | Chlorfenvinphos | 영달 | 0.1 | 13 | 3,000배 | ● | |
| 16 | 과 | 등록완료 | 00000000000000000000 | Emamectin benzoate | 동국그린 | 2.15% | 6 | 2000배 | ● | |
| 17 | 과 | 등록완료 | 00000000000000000000 | Chlorfenvinphos | 총채드나 | 10% | 13 | 3000배 | ● | |
| 18 | 과 | 등록완료 | 00000000000000000000 | Chlorfenvinphos | 업리 | 10% | 13 | 3000배 | ● | |
| 19 | 과 | 등록완료 | 00000000000000000000 | Chlorfenvinphos | 한나드 | 10% | 13 | 3000배 | ● | |
| 20 | 과 | 등록완료 | 00000000000000000000 | Chlorfenvinphos | 한나드 | 10% | 13 | 3000배 | ● | |

그림 20. PLS 등록 약제 정보관리 페이지

진단키트 설정 화면은 시험 해충 관리에서 등록된 해충에 대한 진단키트를 관리할 수 있다. 등록 버튼을 누르면 진단키트 등록 창이 표시되어 해충, 약제 표시 순서, 키트 색상, 약어, 성분명을 입력할 수 있다(그림 21).

| NO | 작물명 | 순서 | 색상 | 약어 | 성분명 | 수정 | 삭제 |
|----|-----|----|---------|-----------|--------------------|----|----|
| 1 | 과 | 1 | 0046579 | 스피넨트 | Spinetoram | ● | ✖ |
| 2 | 과 | 2 | 0050215 | 아세라미프린드 | Acaraziprin | ● | ✖ |
| 3 | 과 | 3 | 0045095 | 사이엔트사이클로플 | Cyromazine | ● | ✖ |
| 4 | 과 | 4 | 0017060 | 클로르펜비포스 | Chlorfenvinphos | ● | ✖ |
| 5 | 과 | 5 | 0017065 | 에마멕틴벤조에이트 | Emamectin benzoate | ● | ✖ |

그림 21. 간이진단키트 설정관리 페이지

진단키트 발급 관리 화면에서는 진단키트를 발급하고 조회할 수 있으며, 검색창을 이용하여 발급일, 해충, 작물, 지역별 상세 조회가 가능하다. 엑셀 다운로드 버튼을 누르면 현재 화면에 표시된 검색 결과가 엑셀 파일로 다운로드 되어 약제 저항성 관련 연구에 편리하게 이용할 수 있도록 하였다. QR코드 발급/생성 창에서 고유번호를 부여하여 QR코드를 생성하고 발급할 수 있다. 고유번호는 시험 해충별로 진단키트 제작 일자과 번호로 되어있어 제작 일자, 시작 번호, 끝 번호 입력 후 발급 등록 버튼을 선택하면 진단키트가 발급된다. QR코드 생성 버튼을 선택하면 키트의 고유번호

가 자동으로 입력된 진단키트 결과 입력창으로 바로 연결되는 QR코드 생성이 가능하다. 진단키트를 발급한 직후 화면 목록에는 QR코드, 해충명, 작물, 주소, 약제 품목명, 발급일이 표시되며, 진단키트 결과를 입력하여 진단 완료 처리된 이후 사용 일자가 업데이트 된다(그림 22).

| NO | QR 코드 | 약제명 | 작물 | 주소 | 스피레로플라 | 아세티카프록시드 | 사이안화칼슘 | 황포목사피드 | 메타칼리벤조에이트 | 발급일 | 사용일 | 제독수정 |
|----|----------------|-------|----|----------------|--------|----------|--------|--------|-----------|------------|------------|------|
| 1 | 2023-09-05-001 | 타충자벌레 | 타충 | 경기도 안성시농산구 관양동 | 5.0 | 50.0 | 50.0 | 50.0 | 50.0 | 2023-09-05 | 2023-09-05 | ● |
| 2 | 2023-09-05-002 | 타충자벌레 | | | | | | | | 2023-09-05 | | ● |
| 3 | 2023-09-05-003 | 타충자벌레 | | | | | | | | 2023-09-05 | | ● |
| 4 | 2023-09-05-004 | 타충자벌레 | | | | | | | | 2023-09-05 | | ● |
| 5 | 2023-09-05-005 | 타충자벌레 | | | | | | | | 2023-09-05 | | ● |
| | | | | | avg | 5.0 | 50.0 | 50.0 | 50.0 | 50.0 | | |
| | | | | | max | 5.0 | 50.0 | 50.0 | 50.0 | 50.0 | | |
| | | | | | min | 5.0 | 50.0 | 50.0 | 50.0 | 50.0 | | |

그림 22. 간이진단키트 발급 관리 페이지

본 연구에서 개발된 약제저항성 간이진단키트 및 약제저항성 정보 플랫폼을 함께 보급할 경우, 농가 현장 지도 시 효과적인 약제를 추천해 줄 수 있을 뿐만 아니라 대상 해충에 대한 약제저항성을 관리하는 데 도움이 될 거라 생각되며, 추후 사용성 평가를 통하여 플랫폼의 기능 개선 및 고도화 작업이 지속적으로 필요하다 판단된다.

4. 적 요

약제저항성 정보 플랫폼 구축을 위한 지역별 약제저항성 모니터링, 간이진단키트 최적화, 정보 플랫폼을 구축코자 2021년부터 2023년까지 3년간 수행한 연구결과는 다음과 같다.

가. 지역별 약제저항성 모니터링

- (1) 여러 먹이 작물을 대상으로 파충채벌레 사육법을 시험한 결과 마늘을 먹이로 하였을 때 가장 사육이 원활하였다.
- (2) 2022년 진단농도에서 RCVpW를 이용하여 파충채벌레 살충제 모니터링 결과 포천지역에서 emamectin-benzoate, 용인과 안성지역에서 chlorfenapyr 약제에 대해 살충 활성이 낮게 나타났다.
- (3) 2023년 진단농도에서 RCVpW를 이용하여 파충채벌레 살충제 모니터링 결과 안성지역에서 emamectin-benzoate에 대해 살충 활성이 낮게 나타났다.

- (4) 2023년 진단농도에서 RCVpW를 이용하여 꽃노랑총채벌레 살충제 모니터링 결과 용인, 하남, 고양에서 5개 약제 모두 낮은 살충 활성을 보였으며, 하남은 chlorfenapy를 제외한 4개 약제, 고양은 chlorfenapyr, spinetoram을 제외한 3개 약제에서 낮은 살충 활성을 보여주어 저항성이 높게 발달된 것으로 판단되었다.

나. 약제저항성 현장 간이진단키트

- (1) 2021년 채집된 상대적 감수성 계통군을 대상으로 약제저항성 간이진단키트에 사용되는 바이알에 대한 과충채벌레 진단농도(Diagnostic dose)를 수립하였다.
- (2) 흡충기의 채집부에 대해 디자인 변경을 통해 3D 프린팅을 활용 제작하여 쉽게 현장에서 채집이 가능하게 하였다.
- (3) 현장에서 간이진단키트를 사용방법 교육을 위한 그림 리플렛과 플랫폼 활용 리플렛 2건을 제작하였다.
- (4) 간이진단키트 사용법 교육을 위해 현장에서 사용하는 방법에 관한 동영상을 제작하였다.

다. 약제저항성 정보 플랫폼

- (1) 약제저항성 정보 플랫폼의 사용자 화면은 진단키트 결과 입력, 진단키트 결과 확인, 약제저항성 지도, 진단키트 이용법 제공으로 구성하여 제작하였다.
- (2) 관리자 화면은 시험해충 관리, 시험작물 관리, 해충 작물 연동 관리, PLS 등록약제 관리, 진단키트 설정, 진단키트 발급 관리, 사용자 설정관리로 구성하여 제작하였다.

5. 인용문헌

- Gao Y, Lei Z, Reitz SR, 2012. Western flower thrips resistance to insecticides: detection, mechanisms and management strategies. *Pest Manag. Sci.* 68(8), 1111-1121.
- Jeon SW, BY Park, SK Park, SG Lee, HJ Ryu, SB Lee and IH Jeong. 2017. Establishment of discriminating concentration based assessment for insecticide resistance monitoring of palm thrips. *Kor. J. Environ. Biol.* 35, 557-567.
- Jones DR, 2005, Plant viruses transmitted by Thrips, *European Journal of Plant Pathology.* 113(2), 119-157.
- Kwon D. H., K Kim, T-J Kang, S-J Kim, B-R Choi, J. I. Kim., S. H. Lee, 2015, Establishment of an insecticide resistance monitoring protocol based on the residual contact vial bioassay for *Frankliniella occidentalis*. *Korean J. Appl. Entomol.* 18, 311-314.
- Lee YS, HA Lee, HJ Lee, SS Hong, CS Kang, YS Choi and HH Kim. 2017. Insecticide susceptibility of western flower thrip, *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) on horticultural crops in Gyeonggi area. *Korean J. Appl. Entomol.* 56, 179-186.
- Mautino GC, L Bosco, L Tavella, 2012. Integrated management of *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae) on onion in north-western Italy: basic approaches for supervised control. *Pest Manag. Sci.* 68(2), 185-193.
- Mound LA, Z Wang, EFB Limma, R Marullo, 2022. Problems with the concept of pest among the diversity of pestiferous thrips. *Insect* 13(1), 61.
- PostgreSQL, 2023. <https://www.postgresql.org/> (Accessed Oct. 10. 2023)
- Reitz SR, YL Gao, WDJ Kirk, MS Hoddle, KA Leiss, et al., 2020. Invasion biology, ecology and management of western flower thrips. *Annu. Rev. Entomol.* 65, 17-37.
- Shelton AM, JZ Zhao, BA Nault, J Plate, FR Musser, et al., 2006. Patterns of insecticide resistance in onion thrips (Thysanoptera: Thripidae) in onion fields in New York. *J. Econ. Entomol.* 99(5), 1798-1804.
- Spring framework, 2020. <https://projects.spring.io/springframework/> (Accessed Oct. 10. 2023)
- Whitfield AE, DE Ullman, TL German, 2005. Tospovirus thrips interactions. *Annu. Rev. Phytopathol.* 43:459-489.
- Woo KS. 1972. Studies on the thrips (Thysanoptera) unrecorded in Korea. *Kor. J. Appl. Entomol.* 11, 45-54.

6. 연구결과 활용제목

- 약제저항성 정보 플랫폼 구축(DB 구축)
- 농가 맞춤형 약제 추천 진단키트 사용법 매뉴얼(영농정보)
- 약제저항성 간이진단키트 사용법 영상자료(영농정보)
- 미소곤충 채집장치(실용신안)
- 총채벌레 살충제 저항성 관리 웹기반 플랫폼 구축(논문)
- 약제 오남용 방지를 위한 살충제 저항성 관리 제안(정책제안)

7. 연구원 편성

| 세부과제 | 구분 | 소속 | 직급 | 성명 | 수행업무 | 참여년도 | | |
|---------------------|-------|--------|-------|-----|------------|------|-----|-----|
| | | | | | | '21 | '22 | '23 |
| 원예작물 미소해충 | 책임자 | 환경업연구과 | 농업연구사 | 김소희 | 세부과제 총괄 | ○ | ○ | ○ |
| 약제저항성 관리기술 개발 | 공동연구자 | 환경업연구과 | 농업연구사 | 이영수 | 저항성 시험 | ○ | ○ | ○ |
| | 〃 | 〃 | 〃 | 최중윤 | 해충 조사 | ○ | ○ | ○ |
| | 〃 | 〃 | 〃 | 유주형 | 저항성 조사 | - | - | ○ |
| | 〃 | 〃 | 〃 | 이현주 | 저항성 조사 | ○ | ○ | ○ |
| | 〃 | 〃 | 농업연구관 | 장정희 | 데이터 평가 | - | - | ○ |
| | 〃 | 〃 | 〃 | 박중수 | 연구자문 | - | ○ | ○ |