

꿀벌 폐사 피해 요인 이해 및 예방 교육

국립농업과학원 양봉생태과
농업연구관 최용수

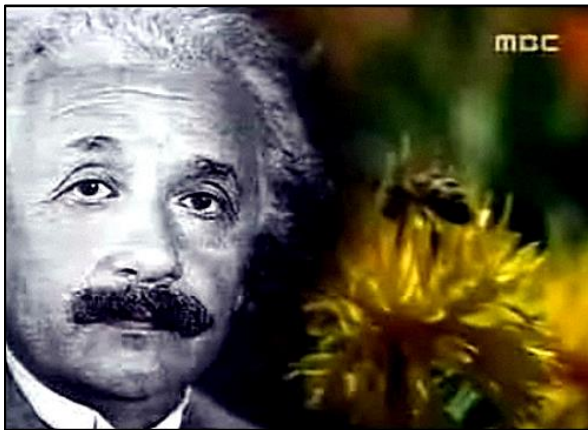
I . 꿀벌의 위기

꿀벌의 위기

▶ 일벌 대부분이 없어지고,

여왕벌과 어린 일벌 소수만 살아있는 벌집에는

애벌레, 번데기, 식량이 많이 남아있음 (美 꿀벌과학지, 2007)



꿀벌이 사라지면
식물이 멸종, 인류도 생존위협



봉군붕괴증상(CCD) 발생(미국, 2006)



CCD 원인에 대한 최종 해석

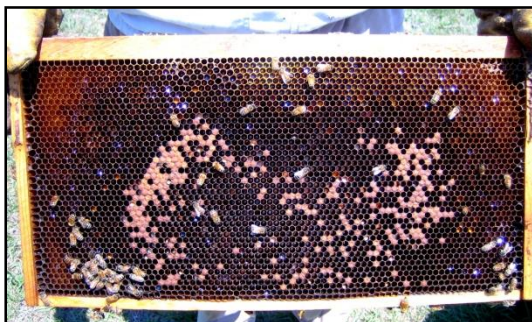
1차 스트레스



잡은 원거리이동, 봉군 과밀 배치
* 영양결핍(화분, 단백질 부족)
환경오염, 농약 만성 중독
꿀벌응애 감염
기후변화에 따른 식생변동



2차 병원균 발생



바이러스
노제마
세균

꿀벌의 위기 요인

- * **기후변화**로 인한 꽃꿀 분비량 감소
- * 외래/돌발 꿀벌 **병해충** 증가
- * 산림훼손, 도시화로 인한 **밀원식물** 감소
- * 환경오염 및 농약피해 증가



아까시나무 등 밀원 감소



꿀벌응애



농약피해



낭충봉아부패병

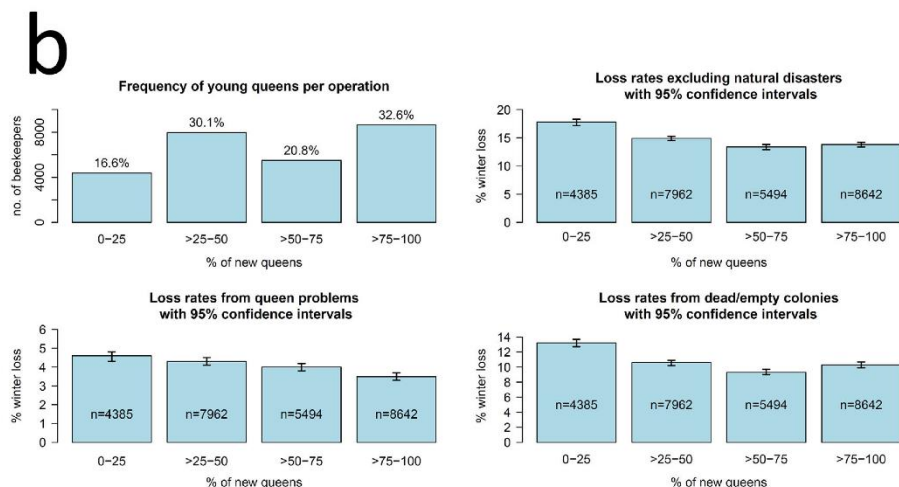
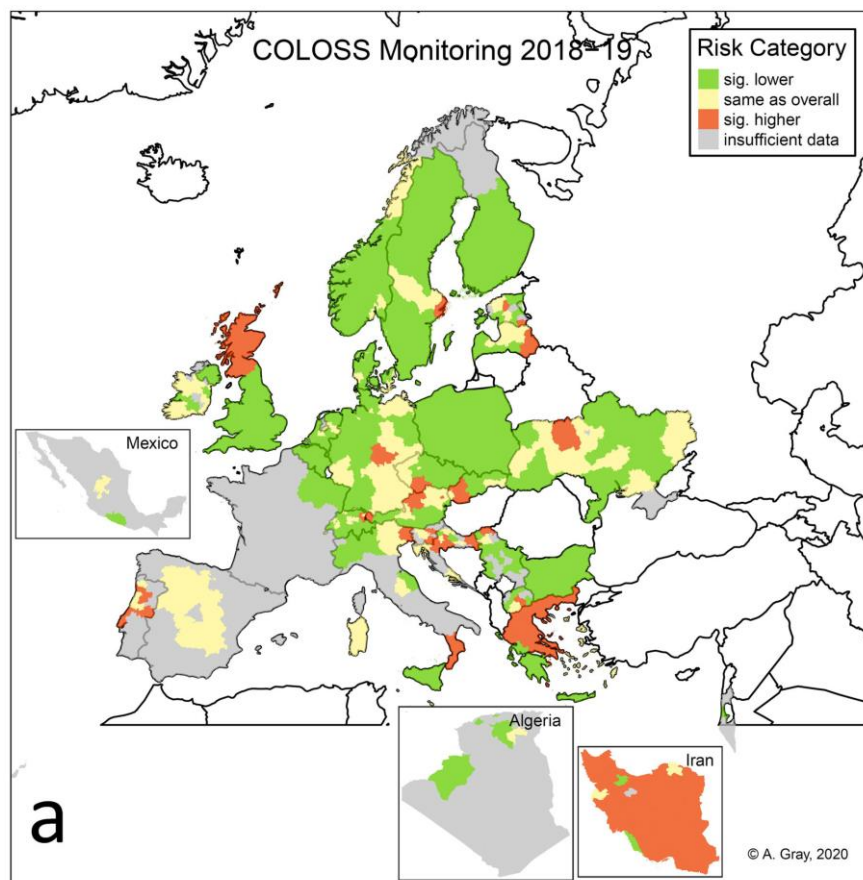
CCD의 회복('벌의 귀환' Economist, 2009)

*** 고단백 대용화분 급여 등 집중 사양관리
꿀벌응애 방제, 바이러스 조기진단
밀원별 체계적 봉군 배치 등**



CCD 최초발견 미국 'Haekenburg' 양봉장 이후 상황(2009)

세계 월동봉군 폐사 자료(유럽)



35개국(유럽31개국) 합동 조사결과, 150군 이상 사육 중인 농가의 피해가 크게 확인 되었으며, 5.8~32%의 봉군이 폐사하였고 이동양봉농가의 피해가 큼.
또한, 월동전 신왕으로 월동한 경우 폐사율이 높았음

세계 월동봉군 폐사 자료(유럽)

An Observational Study of Honey Bee Colony Winter Losses and Their Association with *Varroa destructor*, Neonicotinoids and Other Risk Factors

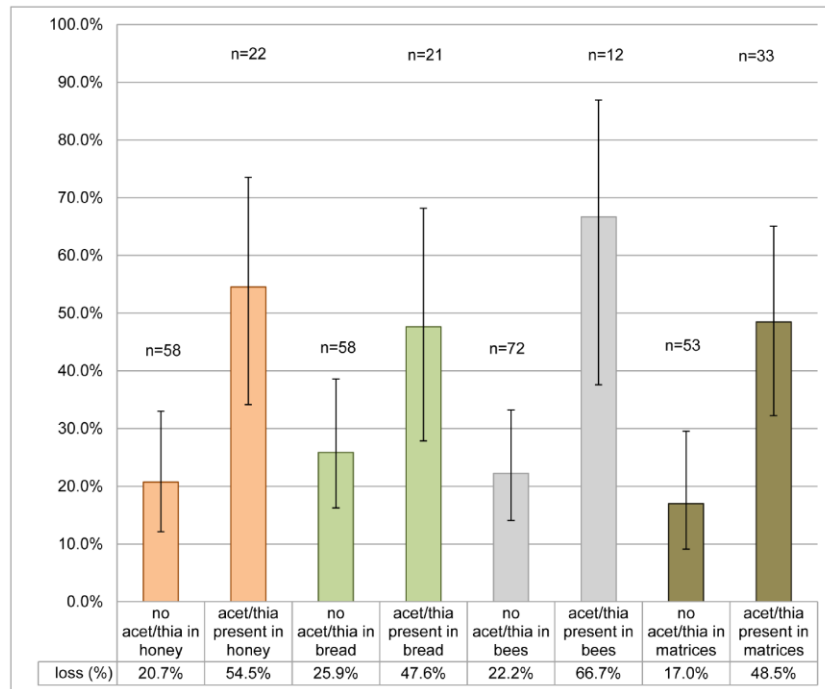


Fig 2. Percentage of colonies lost, with 95% confidence intervals, for colonies with/without acetamidrid or thiacloprid present.

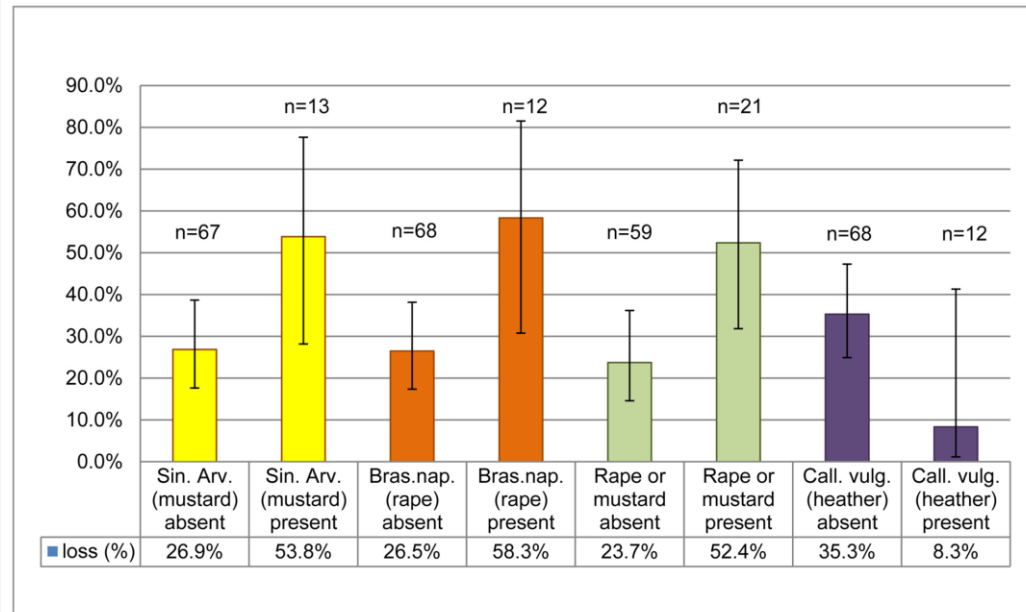


Fig 3. Percentage of colonies lost, with 95% confidence intervals, for colonies with/without plant species present in bee bread.

세계 월동봉군 폐사 자료(유럽)

네델란드 86 봉군의 꿀벌응애 발생, 네오니코티노이드, 아세트아미프리트, 티아클로프리트의 잔류, 유채화분 및 겨자화분 수집 등 조사(2011-2012) 결과,

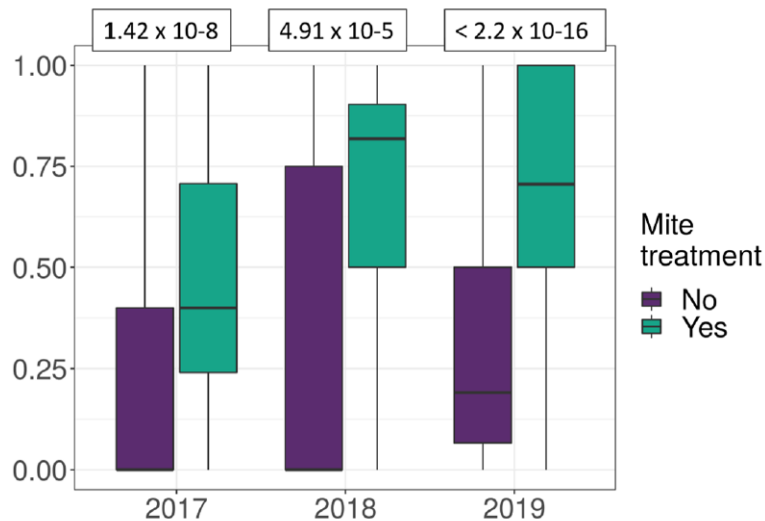
농약에 노출되었을 때와 유채 화분 등 기상 조건에 따른 외부화분 유입이 안되면 월동 폐사율이 높으나 특이적으로 칼루나 화분을 먹은 봉군이 폐사율이 높게 확인됨.

7월 바이러스와 질병 진단 결과, BQCV, SBV, DWV, ABPV 바이러스와 노제마가 진단되었으나 폐사율과 상관관계가 없음.

꿀벌응애는 꿀벌 폐사와 관련성이 가장 높게 확인되었으며 10월 중 응애가 관찰되면 월동 폐사가 심함

여름철 먹이부족, 응애발생, 농약노출이 월동별 폐사를 유발

Summer weather conditions influence winter survival of honey bees (*Apis mellifera*) in the northeastern United States

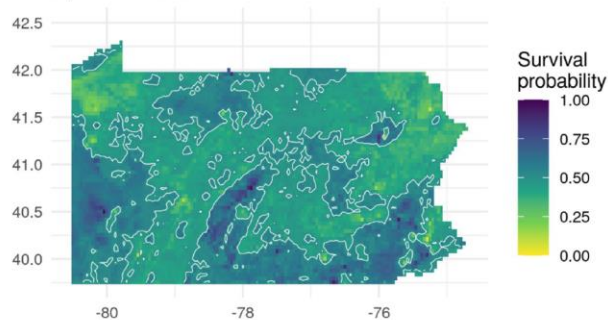


기후 관련 중요 변수 : 고온기 최고기온, 고온기 강수량, 고습기 강수량

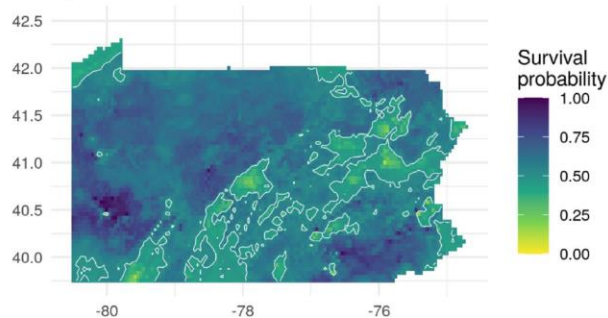
Variable description	Unit	Variable importance
Weather		
BEE1: Winter minimum temperature	°C	0.0151
BEE2: Winter total precipitation	mm	0.0164
BEE3: Winter days within the bee-optimal temperature range – 5 °C to + 10 °C	D	0.0111
BEE4: Winter days with maximum temperature above 16 °C and precipitation below 3 mm	D	0.0119
BEE5: Winter minimum temperature variation	°C	0.0118
BEE6: Autumn total precipitation	mm	0.0128
Growing degree days (base 5 C)	°C	0.0252
Days between rain events > 0.25 mm	mm	0.0127
BIOCLIM 2: Mean diurnal temperature range	°C	0.0151
BIOCLIM 3: Temperature isothermality		0.0196
BIOCLIM 4: Temperature seasonality	°C	0.0132
BIOCLIM 5: Maximum temperature of warmest month	°C	0.0201
BIOCLIM 6: Minimum temperature of coldest month	°C	0.0131
BIOCLIM 7: Temperature annual range	°C	0.0130
BIOCLIM 8: Mean temperature of wettest quarter	°C	0.0140
BIOCLIM 9: Mean temperature of driest quarter	°C	0.0147
BIOCLIM 12: Annual precipitation	mm	0.0148
BIOCLIM 16: Precipitation of wettest quarter	mm	0.0202
BIOCLIM 17: Precipitation of driest quarter	mm	0.0122
BIOCLIM 18: Precipitation of warmest quarter	mm	0.0213
BIOCLIM 19: Precipitation of coldest quarter	mm	0.0157
Topography		
Elevation	m	0.0154
Slope		0.0126
Potential incident solar radiation, 21 Dec	Wh × m – 2 × d – 1	0.0156
Profile curvature	m – 1	0.0111
Terrain curvature	m – 1	0.0110
Topographic wetness index		0.0116
East/West orientation of slope		0.0102
North/South orientation of slope		0.0103
Landscape		
Distance-weighted Insect Toxic Load		0.0112
Distance-weighted Forage Quality autumn		0.0104
Management		
Beekeeper years of experience		0.0040
Number of colonies in November		0.0057

월동봉군 폐사 참고자료

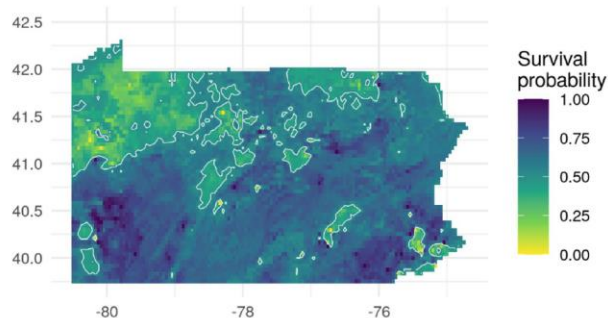
a) 2016-2017



b) 2017-2018

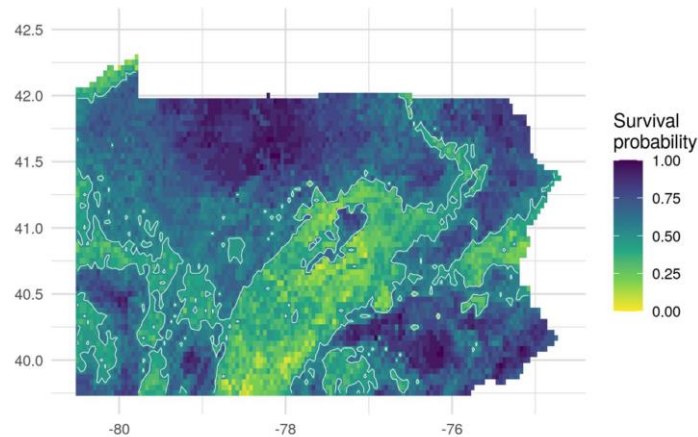


c) 2018-2019



3년간 조사결과, 2016-2017겨울철 평균 생존율은 49.2%이며, 2017-2018 평균 생존율은 59.2%
- 2018-2019 예상 생존율 59.5%

Overall survival probability, 1981-2019



1981년부터 2019년까지 기상데이터에 기초한 펜실베니아 전역 평균 생존율은 59.5%로 계산

* 실제 생존율 보고(53.5%) 내용과 일치

월동봉군 폐사 참고자료

꿀벌 응애 방제 농가의 경우 생존율이 높았음. 꿀벌응애와 월동 폐사의 연관성이 매우 높음(면역 감소, 수명 감소 초래)

양봉장 내 벌집밀도가 높은 경우 폐사 정도가 심함

덥고 건조한 여름 일때 월동 폐사 정도가 심함(오스트레일리아, 스위스)

연평균 기온이 높은 경우 생존율 하락(네델란드)

여름 가뭄이 심하면 월동 생존율 급감

벌꿀 생산성이 줄고 여름이 길면 응애 수가증가하면 월동 생존율 하락

여름철 기상요인이 가을 봉군 발육에 영향을 미쳐 월동 폐사와 연관

국내 월동봉군 폐사 남부지방 여름기상

● 여름철 고온 시 봉군 특성

☞ 꿀벌의 최적 봉군 온도는 **35°C**로 온도 조절을 위해 내역 일벌이 벌통 외부로 나와 있게 되고 선풍 활동을 위한 에너지 소모 증가

* 유충 발육 부진으로 태어나는 일벌의 수명이 짧아 짐

☞ 내역 일벌이 외부에 나와 있어서 육아와 **응애 방제 활동을 하지 못하며 선풍 활동 등의 에너지 소모로 수명 단축**

● 여름철 건조 시 봉군 특성

☞ 꿀벌의 최적 봉군 습도는 **60%**정도로 습도 조절을 위해 일벌이 물을 가져오는 등의 **노동량 증가 결과 수명 단축**

여름철 고온 건조한 기상은 꿀벌의 노동량 증가 및 응애 대응 및 육아 활동에 제한을 받게 됨(여름기상 고려 적극적인 응애 방제 필요)

전국 월동봉군 피해 현장조사 결과

□ (봉군관리) 기후조건에 대응한 봉군관리보다 관행적 관리농가 피해 심화

○ 꿀벌응애가 방제되지 못하고 월동일벌 양성이 부족한 상태에서 월동

* 다년간 벌꿀 흉작으로 양봉농가에서는 소득 확보를 위하여 로열젤리 생산 등 늦은 시기까지 생산활동을 하여 응애방제 적기에 약제방제가 어려웠음

○ 또한, 기존 약제의 지속적인 사용으로 약제 내성이 생김

○ 응애를 방제하기 위한 약제 4~5종을 전년 대비 최대 3배 이상

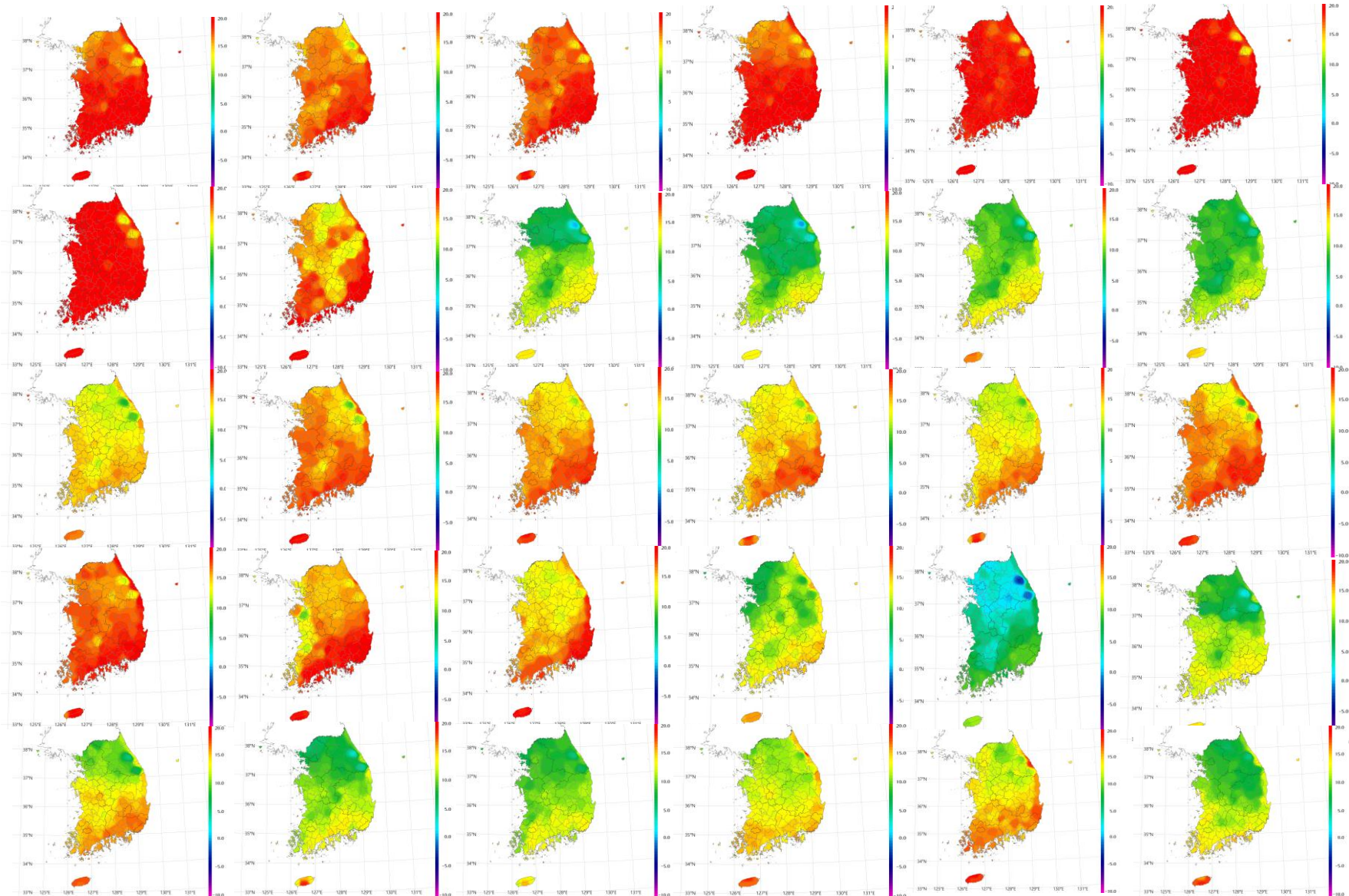
* 살충제 성분 응애 약제에 의한 봉군 발육 저하에 영향을 미침

○ 포식성 말벌류(등검은말벌, 장수말벌)가 월동 전(8~10월) 일벌 가해

* 등검은말벌은 외래해충으로 일벌을 주먹이원(80%)으로 삼아 양봉장에 심각한 피해 발생

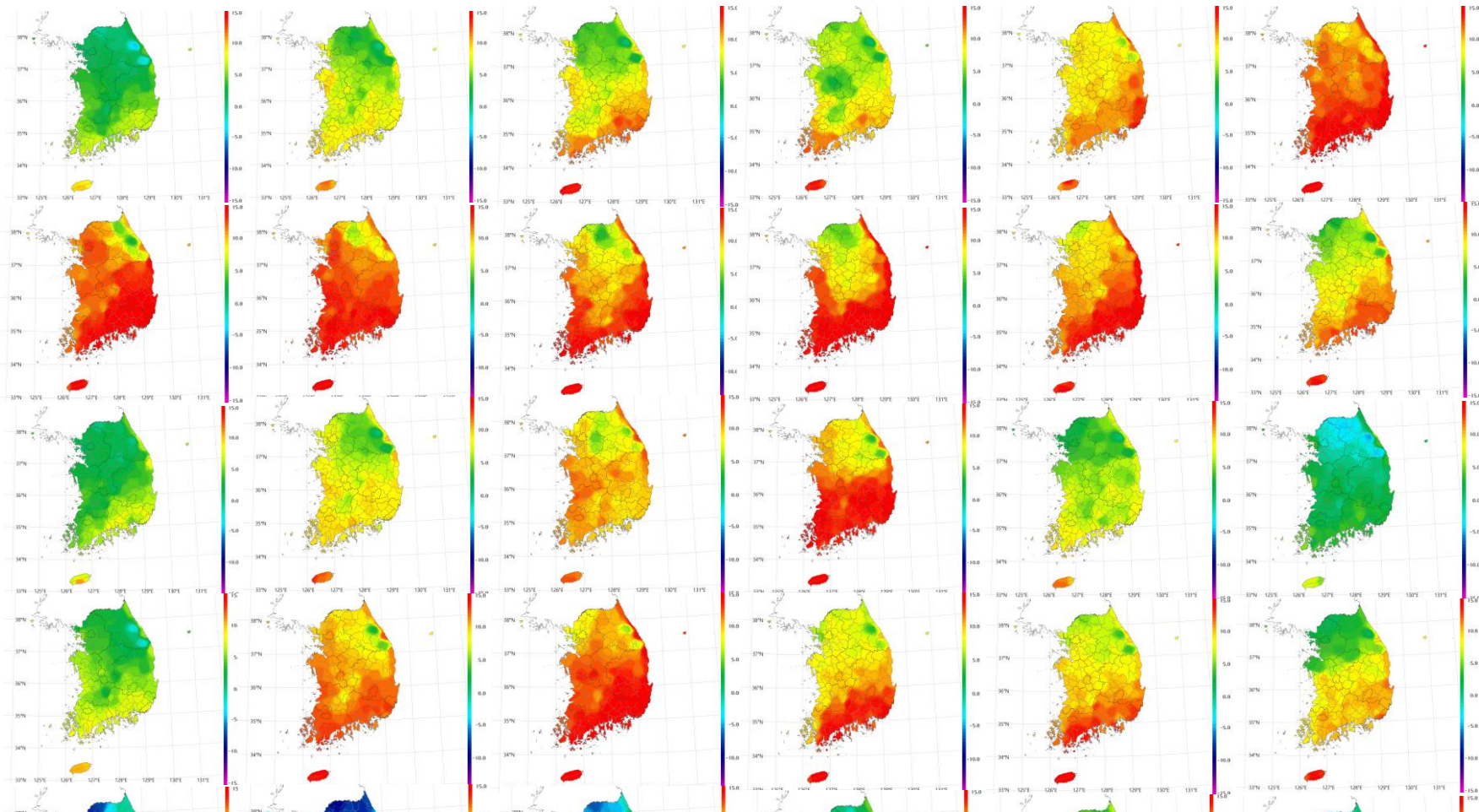
○ 일부 양봉농가에서는 경종농가의 드론농약 살포에 의한 피해 발생 주장

전국 월동봉군 피해 현장조사 결과



21년 11월 전국 최고기온

전국 월동봉군 피해 현장조사 결과



○ 응애, 농약 등의 요인으로 면역 및 수명저하 월동 일벌들이 초겨울
화분채집 등 외부활동 후 월동 폐사

21년 12월 전국 최고기온

전국 월동봉군 피해 현장조사 결과

● 4월 조사 결과 요약

- (조사결과) 피해 농가 대부분은 봉군을 구입하여 사육상태 양호하였으며, 일부농가 응애류 및 백묵병 발생 확인

● 6월 조사 결과 요약

- (조사결과) 아까시 꽃 꿀 생산 이후 외역봉 감소 등 일반적 상태이나 조사대상농가에서 꿀벌응애 조기 발생 확인(2~1000마리/봉군)

● 8월 조사 중 현황 요약

- (조사결과) 7월부터 꿀벌 응애에 의한 일벌 피해 증가, 제주도 등 일부 지역 봉군 상황이 양호하며 전반적으로 꿀벌응애 피해 발생

- ☞ 2022년 꿀벌응애가 조기발생하여 방제 적기에 조기방제 되지 못하였고 꿀벌응애 피해 지속발생(6월 유밀기 이후 로열젤리 등 생산활동으로 약제잔류 우려 약제사용 어려움) * 10월 조사지역 대부분 농가의 봉군이 1~2매 볼로 월동 어려움
- ☞ 꿀벌응애 피해 봉군의 일벌은 면역 및 수명저하로 월동 폐사 우려

☞ **(봉군관리)** 겨울철 낮기온 상승 등 월동 및 꿀벌사육 시기 기상모니터링 등을 통한 기상별 봉군관리 기술 적용 필요

* 24절기별 월별 관행적 사양관리 시 봉군발육 저하 및 폐사 요인 증대

☞ **(응애 방제)** ① 친환경 방제 기술(가상 설치를 통한 수벌이용 꿀벌응애 유인포살 등) 적용을 통한 약제 사용량 감소 필요

* 살충제 성분 응애 약제의 지속적 사용은 꿀벌 피해 동반

② 저항성 발생 약제 사용 지양 및 서로 다른 성분의 약제 순환적 사용 필요

☞ **(월동 관리)** 스마트 장비 이용(온도, 이산화탄소, 습도 센서 등) 월동 모니터링 및 이상증세 발생 시 적극적인 대응

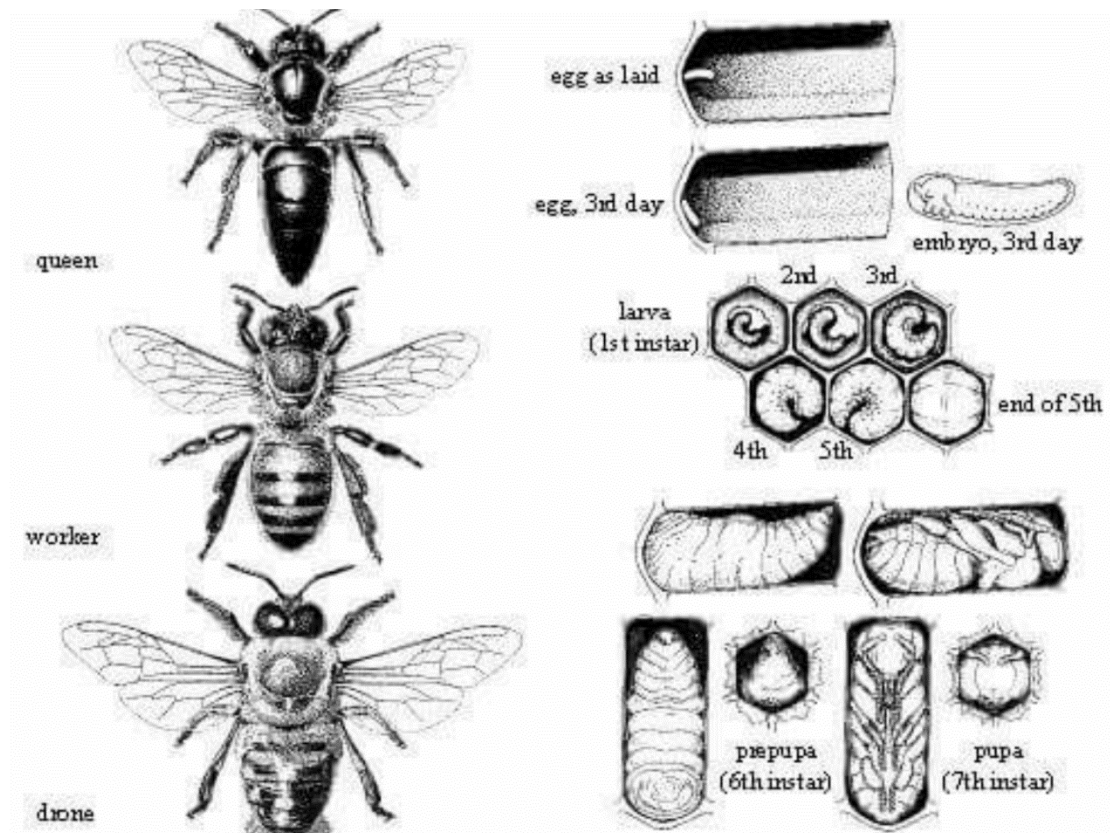
* 이상 증세 발생 시 가온판 이용 등 관리 기술 적용으로 월동 중 폐사 예방 필요



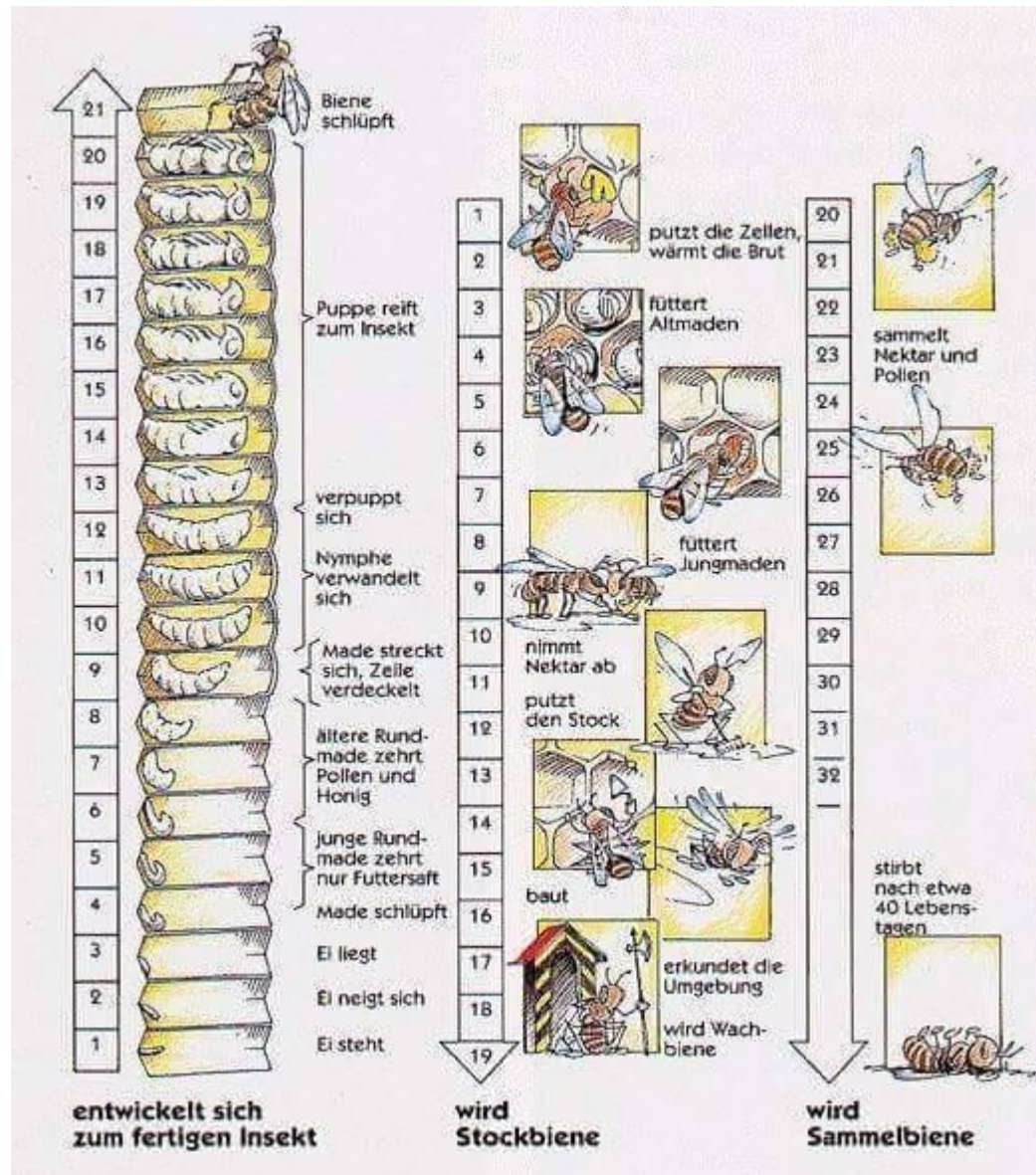
II . 꿀벌의 생태 및 월동관리

꿀벌 생리 생태

계급	알	애벌레	번데기	합계
여왕벌	3일	6일	7일	16일
일벌	3일	6일	12일	21일
수벌	3일	6일	15일	24일



꿀벌 생리 생태



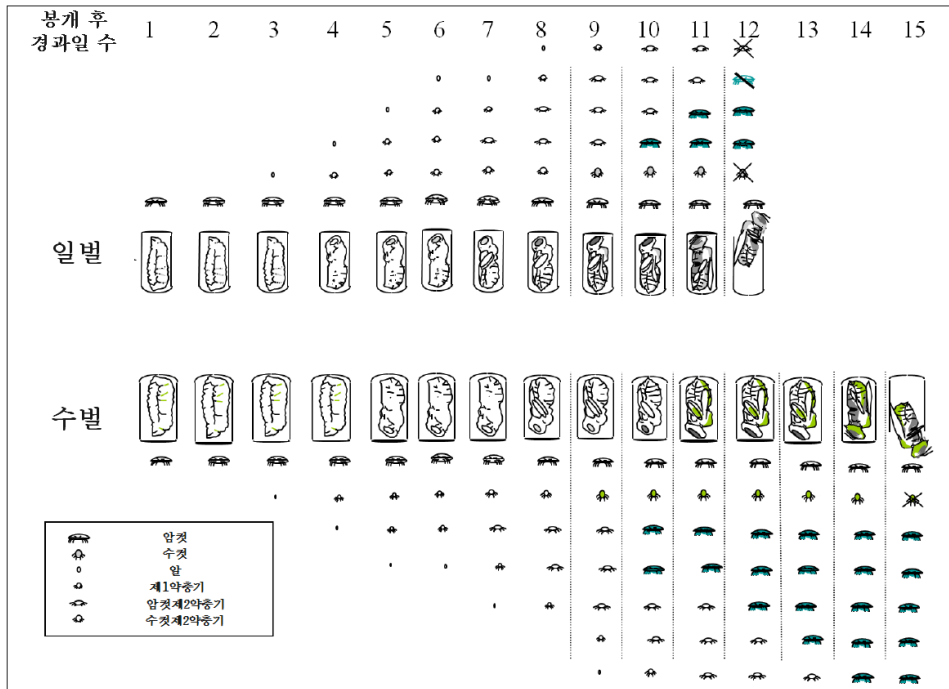
꿀벌 생리 생태



가상 설치 봉군 덧집 내 산란된 수벌

가상 설치 후 덧집
형성 모습

수벌방 응애 유인



꿀벌응애는 일벌방에서는 초기 개체를 포함하여 3개체가 출방하나 수벌방에서는 6개체가 증식하여 꿀벌응애가 수벌방에 서식하려고하는 습성이 있음

* 수벌의 고영양원을 활용하여 증식

꿀벌응애 저항성 모니터링 결과

□ 꿀벌응애 약제(플루발리네이트 계열) 저항성 진단 결과 49호 희망농가에서 의뢰한 응애는 100% 저항성으로 분석됨

○ 양봉협회 및 서울대·경북대(공동연구과제 수행) 협업

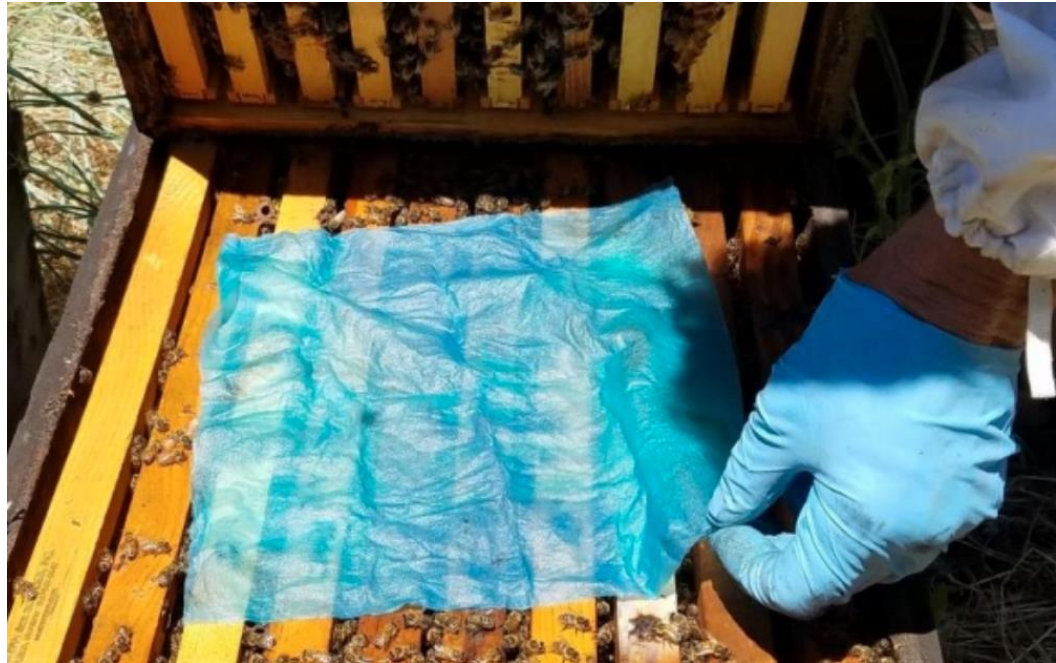
- 농가 선정(양봉협회 17개 지회의 희망농가) → 채집방법 및 도구 전달(농진청)
→ 양봉농가 꿀벌응애 채집 후 전달 → 분석(서울대, 경북대) → 양봉농가 통보 및 방제법 지원

- 저항성 진단 : 플루발리네이트 저항성 돌연변이 유전자 PCR 진단. 분석

○ 분석결과

지역	의뢰 농가(호)	저항성 발생 농가(호)	저항성 비율(%)
북부권(서울·경기·강원)	13	13	100
중부권(충남북)	13	13	100
호남권(전남북·광주)	3	3	100
영남권(경남북·대구)	30	30	100
합계	49	49	100

옥살산 이용 꿀벌 응애 방제

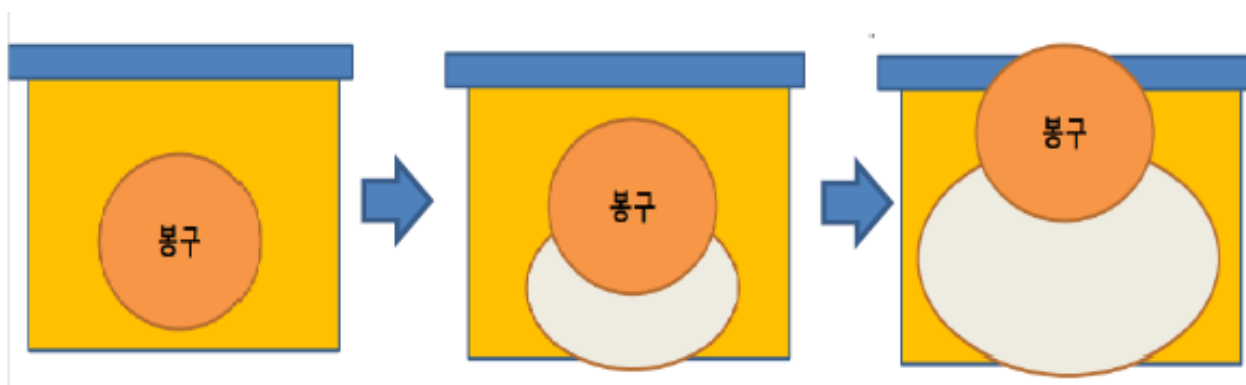


☞ 제조 및 사용 방법

- 20ml의 글리세롤을 전자레인지에 30초간 데움
- 10g의 옥살산을 저어서 녹임
- 10초간 반복하여 전자레인지 이용 온도를 높여 저어서 완전히 녹임
- 키친타올을 적셔서 옥살산 글리세롤이 흘러내리지 않을 정도로 짠 후 보관 및 사용

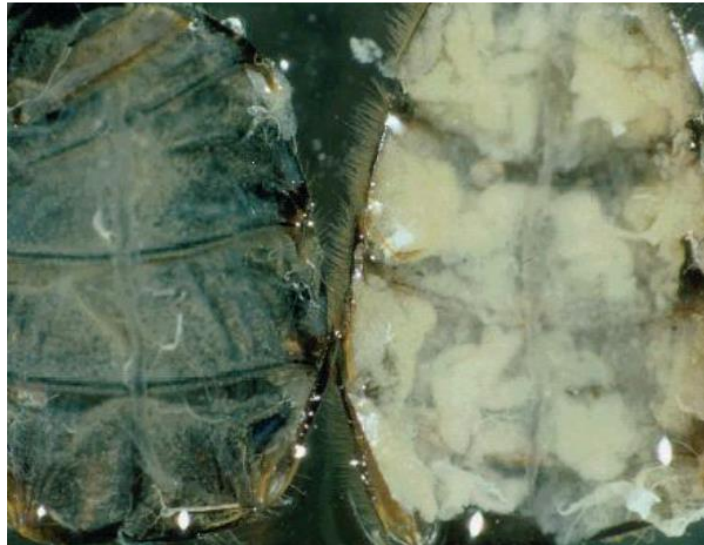
꿀벌 월동의 정의 및 중요성

- 벌집 내 먹이가 풍부하고 유충이 없는 상태일 때 일벌들이 뭉쳐서 공 모양을 형성하면 월동이 시작됨
- 겨울철 영하의 기온일 때 봉구 외부는 7 °C, 중심부는 20-25 °C, 봉군 표면 부위는 15-20 °C로 되는 것이 좋으며 중심부 온도가 35°C 이상이 되면 산란을 하게 됨
- 월동 중 봉구는 따뜻한 온도가 위로 모이기 때문에 봉구의 온도 유지를 위하여 아래에서 위로 움직임



<월동 일벌의 특징>

- 월동을 위한 일벌은 월동 전 일벌 대비 다량의 체내 단백질 49-87mg/ml, 난황단백질 14-26mg/ml, 항균물질 2.5-8mg/ml이 있음



일반벌

월동벌

- 월동 중 일벌이 활동하게 되면 동면 상태가 해제되어 일반적으로 월동벌은 3-4개월을 생존하는데 활동을 한 일벌은 1개월 이내에 죽게 됨.

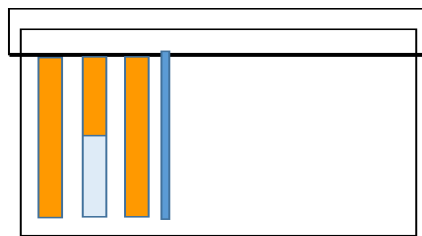
<월동 봉군 양성의 중요성>

- 9월~10월 중 태어난 건강한 일벌들이 안정적으로 월동
- 꿀벌응애 및 중국가시응애에게 가해를 받은 일벌은 수명이 짧고 면역이 약화되어 월동 중 폐사
- 월동 전 대부분의 외역봉은 월동 중 또는 봄철에 수명을 다함
- 월동 후 새로 산란한 일벌 유충을 충실히 육아 할 수 있는 일벌의 양성이 가장 중요함.
- 월동은 노지 월동과 저온 창고를 이용한 월동이 가능하며,저온 창고 이용 시 온도는 2~4 °C를 유지하면 안정적 월동 가능

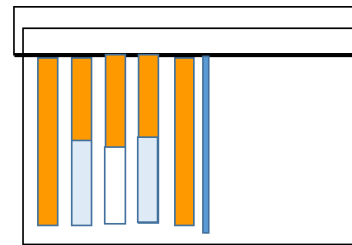


<월동 봉군 양성 방법 및 월동 준비>

1. 10월 말경까지 먹이장(꿀, 꽃가루가 들어있는 소비장) 생산 마무리 함
2. 먹이장 생산 시 충분한 산란 공간의 확보가 중요
3. 당액 급이를 통한 월동 전 여왕벌 산란 중단 유도
4. 외부 기온이 낮 최고 4℃ 이하 일 때 월동 준비
5. 전체 먹이장의 비율 대비 일벌 수가 1배 정도 많게 조성 함
6. 먹이장은 양쪽 끝은 완전 밀개(밀납으로 막은 육각형 꿀이 있는 벌집)된 먹이장을 넣어주고 봉구가 형성되는 중간 부분은 반정도 밀개된 저밀장 배열



완전밀개
절반밀개
완전밀개



완전밀개
절반밀개
일부 빈 벌집
절반밀개
완전밀개

꿀벌 생리 생태

- 7. 지역별, 양봉장 별 차이가 있으나 월동 전 벌통 내부 및 외부 보온을 함
- 8. 외부는 보온 덮개를 이용하며 바닥은 스티로폼을 놓아서 냉기가 벌통에 전달되지 않도록 하며 내부는 보온재를 넣어주어 냉해를 예방 함(과도한 보온이 되지 않도록 주의)



<완전 밀개 저밀장>

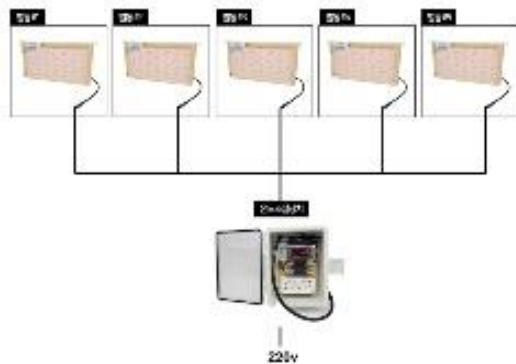


<반 밀개 저밀장>

- 9. (월동 양봉장 선정) 최근 겨울철 낮 기온이 고온인 기간이 길어져서 월동 중 일벌 활동량이 증가하고 있으므로 월동 중 그늘져서 햇볕이 잘 들지 않고 바람이 불지 않는 등 외부 온도변화가 적은 월동 봉장 마련

월동 피해 예방 노력

- 1.(봉군 모니터링) 월동 중 내검은 어려우므로 외부 기상에 따라 일벌들의 활동량이 증가하는지 모니터링
- 2.(봉군 관리) 월동 중 외부 기온이 상승하면 내·외부 보온재를 제거하여 봉군 내부 온도가 상승 막음
- 3.(가온판 이용) 안정적인 월동이 불가능하다고 판단이 되면 가온판을 이용하여 가온(12°C)하고 당액(설탕물)과 대용 화분을 공급하여 봄벌 사육과 같은 방식으로 사육
- 4.4. (디지털기술 이용) 월동 중 봉군 내부를 모니터링하기 위하여 온도, 습도, 이산화탄소 농도 측정용 센서 등을 활용하여 실시간 봉군 상황을 모니터링하고 이상 증세 발생 시 3번과 같이 가온 및 먹이 공급 등의 관리로 봉군 폐사 예방



III. 자체 봉군 조사 방법

가. 유효 산란량

여왕벌의 번식력을 평가하는 방법으로 수벌방은 제외하고 일벌방만을 조사하되 산란방을 직접 조사하여 평가하는 것이 아니라 봉개된 번데기 방을 대상으로 12일 간격으로 조사한다. 균일한 조사를 위해 벌집의 안쪽 크기와 같은 가로 40cm, 세로 25cm의 조사틀을 만들어 세로 4줄, 가로 8칸으로 나누어 총 32칸을 만든다. 한 칸의 크기는 5×5cm로 벌방수는 100개의 방이 된다. 계수시 1칸을 1로 하여 전체수를 조사한 후 100을 곱하면 전체 봉개 벌방수를 알 수 있으며 이를 유효산란량으로 평가한다. 유효산란량은 12일 간격으로 조사한다.

나. 일벌 수

벌방 3개가 일벌 한 마리를 차지함 한 면에 약 3,300개의 방을 만들므로 양쪽 면을 합치면 **6,600개의 방**이 된다. 성충벌이 벌집 앞뒤 면에 붙어 있다면 전체 1로 하여 조사하며, 이때 벌의 수는 **2,200~2,300여 마리**로 계산. 벌이 60% 붙어 있다면 0.6으로 계산하면 된다. 성충벌수의 계수는 일벌들이 활동하기 전인 아침 일찍 그리고 일벌들이 외역활동에서 완전히 돌아온 후인 저녁 늦게 조사해야 한다. ○ 소비벌 착봉율 조사 : 봉군 조성 후 30일간격으로 일벌수, 번데기 및 유충수 육안조사(월동기간 제외)

※ 일벌수 = 2,500마리 × 봉량비율 × 소비수

※ 번데기수, 유충수



그림과 같은 조사기구를 번데기와 유충이 있는 소비면적에 대어 번데기
유충이 있는 벌방 비율 조사

(5×5)cm 1칸내 벌방 수 132개임을 기준으로 계산하여 각각 산출

응애조사

가. 벌방 조사



일벌 방 30개에서 유충을 끄집어 내어서 응애 감염 수를 조사(감염율 예측)

* 3개의 일벌방에서 응애가 관찰되면 전체 벌방의 10%가 감염된 것으로 추정

감사합니다 !!