

현재 유기농 배 재배 농가는 관행 농가에 비해 병 저항성이 높은 다양한 품종의 배를 재배하고 있다. 그러나 배의 수분은 여전히 관행농법과 같은 인공수분에 의존하고 있다. 이는 짧은 개화기 동안 집중적으로 많은 노동력이 필요하고, 개화일 날씨에 따라 수정효과가 좌우되는 등 어려움을 겪고 있다. 따라서 대표적인 화분매개곤충인 꿀벌을 사용하여 수분작업을 대체할 수 있는 기술을 개발하였다. 이번에 확립된 기술을 통해 인공수분에 필요한 노동력을 크게 줄이고 배의 착과율을 증진시킬 수 있을 것으로 기대된다.

-- 목 차 --

| | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ 최종편집 : 2019년 1월 - 수정이력 : 유기농기술지05(2018. . .) ▪ 대표저자 : 국립농업과학원 곤충산업과 이경용 ▪ 집필자 : ▪ 주소 : 전라북도 완주군 이서면 농생명로166 국립농업과학원 곤충산업과 ▪ 전화번호 : 063-238-2957 | <ul style="list-style-type: none"> 화분매개곤충이란 1 배의 수분방법 2 배 수분을 위한 화분매개곤충의 활용 3 가. 배 품종에 따른 화분매개곤충의 효과 3 나. 단위면적당 화분매개용 꿀벌의 이용량 4 다. 적용시기 6 라. 효과 7 마. 주의사항 7 참고자료 8 |
|---|---|

화분매개곤충이란

화분매개곤충(花粉媒介昆蟲) 또는 수분곤충(授粉昆蟲)은 꽃가루를 매개하여서 특히 농작물의 결실에 도움을 주는 유용한 곤충류를 지칭하며, 이들은 자연생태계에서 식물의 꽃과 함께 오랜 세월을 거쳐 공진화(共進化)해 왔다. 인간이 소비하는 124개의 경제작물의 70%는 화분매개가 필요하며, 100개 주요 식용작물에 대한 화분매개곤충의 수분에 의한 경제적 가치가 1,530억 유로에 달하는 것으로 알려져 있다.

최근 환경문제로 인하여 꽃을 방문하는 곤충의 수가 줄어들고 있다. 이는 과수의 수분 수정에 문제를 야기시키기 때문에 그 화분매개곤충의 중요성은 계속 커지고 있다. 화분매개곤충을 산업적으로 이용하기 위해서는 첫째 꽃을 찾아가는 성질인 방화성(訪花性)이 우수하고 몸에 화분부착이 가능해야 한다. 둘째, 저온 등에 대해서 환경적응성이 있어야 한다. 셋째, 천적에 의한 피해가 적어야 하며, 넷째, 유해성이 없이 항상 이용 가능하

여야 한다. 끝으로 번식하기 쉽고 이용이 간편해야 한다. 이러한 조건에 부합하는 대표적인 화분매개곤충은 꿀벌, 뒤영벌, 뿔가위벌류로 현재 산업화되어 있다.



서양종 꿀벌



서양뒤영벌



머리뿔가위벌

배의 수분방법

국내에서 배는 사과와 더불어 가장 많이 재배되는 낙엽과수 중 하나이다. 또한, 배는 대표적인 자가불화합성 작물이며, 결실을 위해서 반드시 화분매개곤충을 통한 수분이거나, 인공수분이 필요하다. 기후변화 및 환경오염으로 인해 화분매개곤충의 수가 감소하고 꿀벌의 배 꽃에 대한 선호성이 낮은 문제로 대부분의 배 재배농가들은 인공수분을 하고 있다. 특히 국내 배 재배면적의 81.5%를 차지하는 '신고(cv. Niitaka)' 품종은 재배가 쉽고, 저장성이 우수한 장점이 있다. 그러나 수술이 퇴화하여 꽃가루가 발생하지 않는 문제점으로 인하여 벌을 통한 수분이 어렵고, 병에 대한 저항성이 떨어지는 단점이 있다. 최근 유기농 배 재배 농가를 중심으로 꽃가루가 생산되어 벌을 통한 수분이 가능하고, 안정적인 재배가 가능한 저항성 품종(화산, 원황, 추황 등)이 재배되고 있다. 그러나 국내 배의 인공수분 비율은 2015년 기준 79%으로 여전히 인공수분이 대부분을 차지하고 있지만 화분매개용 꿀벌의 사용률은 단지 5%인 것으로 보고되었다. 인공수분은 수분용 꽃가루의 발아율 불균일성, 개화기의 저온, 강우 등의 일기불순으로 인한 수분효과 저하 그리고 인건비 상승으로 인한 농가 경영비 상승 등의 문제가 발생하고 있다. 따라서, 배의 인공수분을 대체하기 위하여 신고 품종을 비롯한 유기농 배 재배농가에서 재배되고 있는 몇 가지 저항성 품종에 대하여 꿀벌을 통한 수분방법을 연구하였다. 배의 착과율과 수확물의 품질을 높이기 위해서는 수분수(Pollinazer)의 재식여부, 단위면적당 벌의 방사밀도, 그리고 적절한 벌의 방사시기 결정이 중요하다.



배의 수분을 위한 화분매개곤충의 활용

가. 배 품종에 따른 화분매개곤충의 효과

일반적으로 꿀벌은 배 꽃보다 다른 꽃을 더 선호한다. 이는 배의 화밀(꽃 꿀)의 당 또는 아미노산 성분이 꿀벌에게 매력적이지 않기 때문이다. 이러한 이유로 일본, 중국, 한국에서는 배 착과시 대부분 인공수분을 활용하고 있다. 이에 배 품종에 따라 인공수분과 꿀벌에 의한 수분 효과를 비교한 결과, 인공수분 대비 착과율은 신고배는 62-66%, 만풍배는 71%, 원황은 90% 을 나타내었다. 따라서 꽃가루가 풍부한 '원황'과 '만풍배' 품종은 꿀벌을 통한 수분으로 인공수분을 대체할 수 있는 것으로 평가된다.

표 1. 노지에서 품종에 따른 수분방법별 배의 과총착과율

| 수분방법 | 조사 나무수 | 꽃가루 없는 품종 | | 꽃가루 있는 품종 | |
|------|--------|------------|-----------|------------|--|
| | | 신고 | 만풍배 | 원황 | |
| 인공수분 | 3 | 100.0±0.0a | 77.4±5.1 | 100±0.0a | |
| 꿀벌 | 3 | 62.3±11.7b | 55.6±12.3 | 90.5±0.0ab | |
| 뒤영벌 | 3 | 66.6±19.4b | 59.7±17.7 | 83.9±12.4b | |

*신고 품종에서 수분수 배치: 5줄 신고/1줄 수분수

표 2. 노지에서 품종에 따른 수분방법별 배의 물리적 특성

| 품종 | 수분방법 | 과중(g) | 경도(g/F) | 당도(Brix) | 산도(%) |
|----|------|-------------|---------|-----------|------------|
| 신고 | 인공수분 | 757.3±158.6 | 2.9±0.5 | 13.1±0.9b | 13.5±2.1 |
| | 꿀벌 | 723.9±72.2 | 3.2±0.6 | 13.1±0.6b | 13.1±3.1 |
| | 뒤영벌 | 713.4±118.8 | 2.9±0.5 | 13.7±1.0a | 14.0±1.7 |
| 원황 | 인공수분 | 588.6±91.4 | 3.6±0.6 | 13.1±0.8b | 27.1±1.8ab |
| | 꿀벌 | 548.9±86.6 | 3.8±0.6 | 13.4±1ab | 31.5±9.5a |
| | 뒤영벌 | 554.1±108.3 | 3.8±0.7 | 13.7±0.9a | 20.6±2.7b |

표 3. 노지에서 품종에 따른 수분방법별 배의 형태

| 품종 | 수분방법 | 종자수(개) | L/D값 ^z | 기형과율(%) | 과형지수(%) |
|----|------|----------|-------------------|---------|---------|
| 신고 | 인공수분 | 7.1±2.4a | 0.97±0.12a | 15.0 | 71.7 |
| | 꿀벌 | 5.0±2.2b | 0.91±0.07b | 0 | 70.0 |
| | 뒤영벌 | 6.4±2.6a | 0.91±0.05b | 13.3 | 76.7 |
| 원황 | 인공수분 | 6.3±2.3a | 0.86±0.04b | 33.3 | |
| | 꿀벌 | 2.5±2.1b | 0.89±0.06a | 66.7 | |
| | 뒤영벌 | 1.7±1.3b | 0.87±0.06ab | 46.7 | |

^z L/D 값: 과실의 길이/과실의 지름

나. 단위면적당 화분매개용 꿀벌의 이용량

꿀벌은 꽃가루 외에도 화밀의 양, 당 함량 비, pH, 아미노산의 함량에 따라 방화활동이 달라진다. 배 꽃에서 마찬가지로 품종에 따라 꽃가루의 양이나, 화밀의 성분이 다르기 때문에 꿀벌의 선호성은 달라질 수 있다. 따라서 배 품종에 따라 적용 시킬 수 있는 꿀벌의 이용량에도 차이가 있다. 특히, 다른 품종에 비해 꽃가루가 생성되지 않고 화밀 또한 꿀벌이 선호하지 않는 '신고(Niitaka)' 품종의 경우, 꽃가루가 나오는 '추황배', '화산', '원황', '만풍배'나 꿀벌이 선호하는 화밀을 가진 '황금배'에 비해 많은 양의 수분용 꿀벌이 필요하다. 배 품종별 수분에 필요한 꿀벌의 양을 조사한 결과 (20a 기준), '신고' 품종은 15,000 마리 이상, '원황'은 7,500-15,000 마리, '추황'은 7,500 마리, '황금'은 15,000 마리가 필요한 것으로 나타났다 (표 4).

표 4. 단위면적당 꿀벌 봉군(벌 떼)크기 따른 품종별 착과율

| 꿀벌 마리수/20a | 품종(%) | | | | 계 |
|--------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | 신고* | 원황 | 추황배 | 황금배 | |
| 4,500 (1봉군/7,000m ²) | 7.8±9.5b | 16.3±16.1b | 53.2±14.2b | 43.3±8.7b | 34.8±23.0b |
| 7,500 (1봉군/4,000m ²) | 27.9±13.2a | 52.4±19.2a | 74.3±11.4a | 46.9±16.3a | 46.3±22.7a |
| 15,000 (1봉군/2,000m ²) | 39.5±8.4a | 61.4±16.1a | 78.5±13.5a | 63.8±5.6a | 60.8±18.2a |
| 계 | 25.8±16.1 | 43.7±25.6 | 64.8±17.8 | 51.3±14.3 | 46.2±24.0 |

표 5. 단위면적당 봉군크기별 배품종별 과신품질

| 품종 | 마리수/20a | 과중(g) | 경도(g/F) | 당도(Brix) | 산도(%) | L/D값 |
|-----|---------|-------------|----------|------------|-----------|------------|
| 신고 | 15,000 | 745.8±75.9 | 2.8±0.5 | 14.2±0.8 | 1.1±0.1 | 0.93±0.05* |
| | 7,500 | 752.0±138.7 | 3.0±0.5 | 14.0±1.1 | 1.1±0.2 | 0.90±0.07 |
| 원황 | 15,000 | 599.0±90.5a | 3.5±0.4 | 13.4±0.5ab | 2.25±0.10 | 0.87±0.04 |
| | 7,500 | 643.3±56.1a | 3.4±0.3 | 13.6±0.6a | 2.08±0.19 | 0.89±0.04 |
| | 4,500 | 507.0±77.0b | 3.3±0.4 | 13.1±0.6b | 2.15±0.22 | 0.88±0.03 |
| 추황 | 15,000 | 383.6±34.4c | 3.1±0.3b | 15.0±0.5a | 1.74±0.14 | 0.95±0.08 |
| | 7,500 | 427.0±46.7b | 3.3±0.4a | 14.5±0.7b | 1.99±0.41 | 0.93±0.06 |
| | 4,500 | 491.2±63.4a | 3.4±0.4a | 13.8±0.7c | 1.61±0.17 | 0.93±0.06 |
| 황금배 | 15,000 | 577.0±43.8a | 3.3±0.5a | 13.4±0.6 | 1.87±0.16 | 0.95±0.05 |
| | 7,500 | 487.1±58.3b | 2.6±0.5b | 14.5±6.0 | 1.75±0.24 | 0.93±0.06 |
| | 4,500 | 455.2±79.7b | 2.6±0.5b | 11.9±2.3 | 1.61±0.23 | 0.93±0.04 |

다. 적용시기

배 꽃이 피는 시기는 근 30년 동안 점차 빨라지는 경향을 보이고 있다(Yim *et al.*, 2012). 개화시기에 이상저온이 나타나거나, 개화시기와 꿀벌의 활동시기가 달라진다면 수분과 결실에 손실을 입을 수 있기 때문에, 배 꽃이 피는 시기에 맞춰 꿀벌의 방사시기를 조절하는 것은 중요하다. 특히 배 꽃은 개화3일 이후 암수의 주두가 갈변하여 결실이 되지 않는다. 이에, 배 꽃 개화시기에 따라 적절한 꿀벌 방사시기를 조사한 결과, 만개전 2~5일내에 방사하는 것이 가장 효율적인 것으로 확인되었다.

표 6. 방사시기 따른 착과율 및 과총착과율

| 착과율(%) | 방사시기 | |
|--------------------|-------------|----------------|
| | 풍선기(만개 5일전) | 개화 10%(만개 2일전) |
| ^y 착과율 | 7.2±2.1 | 7.3±2.7 |
| ^z 과총착과율 | 39.5±8.9 | 36.2±11.6 |

y 착과율: 착과된 꽃의 수 / 한 나뭇가지에 핀 모든 꽃의 수

z 과총착과율: 착과된 화총의 수 / 한 나뭇가지의 모든 화총의 수



표 7. 방사시기 따른 과실품질

| 방사시기 | 과중(g) | 경도(g/F) | 당도(Brix) | 산도(%) | L/D값 |
|--------|-------------|----------|-----------|-----------|-----------|
| 풍선기 | 758.5±109.2 | 3.0±0.4* | 13.5±0.7 | 1.16±0.15 | 0.92±0.08 |
| 개화 10% | 768.2±83.4 | 2.5±0.5 | 13.9±0.8* | 1.12±0.17 | 0.94±0.05 |

라. 효과

착과율과 수확물 품질 데이터를 바탕으로 인공수분대비 꿀벌을 사용하였을 경우의 경제성을 분석한 결과, 배의 수분에 필요한 비용을 약 68 %절감할 수 있는 것으로 나타났다.

표 8. 배에서 인공수분 대비 꿀벌사용에 의한 경제성 분석

| 손실적 요소(A) | 이익적 요소(B) |
|--|---|
| ○ 증가되는 비용: 272,611원 - 꿀벌 임대료: 70,000원 - 인건비: 3명 × 67,537원=202,611원 ※ 수분수 가지 매달기 작업 - 계(A) : 272,611원 | ○ 증가되는 이익 관행 인공수분 인건비: 10명 × 67,537원= 675,370원 - 인공수분용 면봉: 50,000원 - 화분 소요량 86 g: 128,000원 - 계(B) : 853,370원 |
| ○ 추정 수익액(B-A): 853,370 - 272,611 = 580,759 원 | |

마. 주의사항

- ① 수확을 목적으로 하는 종(4-6줄) 사이에 다른 유전자형을 가진 품종(1줄)을 수분수로 재식할 것(표 9)
 - 배는 대표적인 자가불화합성 작물이므로 수분수가 반드시 필요
- ② 적절한 수분수를 선정할 것
 - 유전자형이 다른 교배친화성
 - 개화기가 수확품종보다 빠르거나 일치할 것
 - 꽃가루가 많고 화분매개곤충의 선호성이 높은 품종
 - 꿀벌의 선호성이 떨어지는 '신고' 는 수분수인 '추황'을 접붙이거나 가지를 매달아 두면 약 1.6-2배 정도 착과율을 높일 수 있다(표 9).
- ③ 양질의 화분매개곤충을 사용 할 것 외역봉이란? 외부에서 실제 화분매개를 하는 일벌
 - 꿀벌의 벌통 내부에 일벌 중 외역봉의 비율이 60% 이상 되는 것을 사용할 것

- 여왕벌의 산란이 충실하게 이루어지고 있는 벌통을 사용할 것
- 외역봉 대신 내역봉이 많거나, 여왕벌의 산란이 이루어지지 않으면 벌의 화분 매개활동이 떨어져 만족할 만한 수준의 착과가 어렵게 된다.
- ④ 배의 수정기간은 대부분 7일 이내이므로 화분매개용 벌통을 대여할 것
- ⑤ 약재살포시 배와 화분매개곤충에 피해가 없도록 할 것
 - 반드시 개화가 끝난 후, 벌통을 치운 상태에서 약제를 처리할 것
 - 주변 농가와 약제 살포 일정을 공유해 꿀벌에 피해가 없도록 할 것

표 9. 수확 품종별 적합한 수분수 품종 (16, RDA)

| 품종 | 화분량 | 적합한 수분수 품종 | 불화합성 품종 |
|-----|-----|----------------------|---------|
| 신고 | 없음 | 추황배, 장십랑, 신수, 행수, 풍수 | - |
| 영산배 | 적음 | 추황배, 풍수, 신수, 장십랑 | - |
| 장십랑 | 많음 | 풍수, 추황배 | - |
| 금촌추 | 많음 | 추황배, 수황배 | - |
| 행수 | 많음 | 추황배, 수황배 | 신수, 조생적 |
| 풍수 | 많음 | 추황배, 수황배 | - |
| 황금배 | 없음 | 추황배, 풍수, 행수, 신수, 장십랑 | - |
| 추황배 | 많음 | 풍수, 신수, 장십랑 | - |
| 수황배 | 많음 | 추황배, 풍수 | - |
| 감천배 | 많음 | 추황배, 풍수 | - |

표 9. 수분수 적용방식별 신고 품종 에서 과총착과율

| 착과율(%) | 마리수/20a | |
|--------|---------------------------|-----------|
| | 수분수 재식 (수확품종 6: 수분수 1) | 수분수 접붙이기 |
| 과총착과율 | 27.9±13.2 | 63.5±12.5 |

참고자료

- 남기웅 등. 2014. 신고배 개화기 NaDCC 처리에 의한 검은별무늬별병의 방제. 한국 유기농학회지
- 농촌진흥청. 2016. 배재배.
- 윤형주 등. 2013. 채소 및 과수 작목에서 화분매개곤충 이용현황 실태조사. 한국양봉학회지.
- 이경용 등. 2016. 신고배에서 화분매개곤충과 인공수분의 수분효과. 한국유기농학회지

- 이육용. 2014. '신고'배 결실안정과 과형개선을 위한 화분종류, 적과 및 생장조절제 처리. 충남대학교.
- 임순희 등. 2012. 저온처리온도 및 자숙기간에 따른 배의 품종별 내동성 비교. 한국 원예과학기술지 발표초록.
- 임순희 등. 2013. 배 개화기 이상기상에 대비한 화분형탁액을 이용한 인공수분 방법. 농촌진흥청 영농활용.
- 조광식 등, 2007, 중생종 고품질 전형갈색배 진황, 원예과학기술지.
- Delaplane, K.S., Mayer, D.F., 2000. Crop pollination by bees. In CABI Publishing. New York, USA.
- Gallai, N., Salles, J.M., Salles, J.X., Salles, B.E., 2009. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. Ecol. Econ. 68: 810-821.
- Graham, J.M., 1993. The hive and the honeybee. Hamilton, Dadant and Sons, Illinois, USA.
- Hendriksma, H.P., Oxman, K.L., Shafir, S., 2014. Amino acid and carbohydrate tradeoffs by honey bee nectar foragers and their implications for plant-pollinator interactions. J. Insect Physiol. 69, 56-64.