

꿀벌 화분교배사업 표준모델 개발

서울대학교 농업생명과학연구원

I. 국내외 연구개발 현황

1. 국외 연구개발 현황

현대 농업은 과학적인 사고와 방법을 필요로 하는 산업 분야로 급격하게 변화하고 있다. 더불어, 작물의 생산성을 높이는 데에 곤충을 이용하여 화분매개를 하는 것이 매우 중요하다는 인식이 보편화되기 시작하였다(Kevan, 1991, 1993). 미국내에서도 화분매개로 얻을 수 있는 이익은 연간 약 200억 달러로 추산하고 있다(Morse 등, 1991). 미국에서는 이미 꿀벌에 의한 계획수정이 미국의 식생활을 풍족하게 하는 방편으로 인식되었으며, 중대한 과제로 채택되어 활발한 연구가 진행되고 있다.(Robinson 등, 1989 ; Torchio, 1993).

화분매개는 많은 농작물에서 종자와 과실생산의 첫 단계이며, 대부분의 작물들은 곤충이 없이는 제대로 꽃가루 수정을 할 수 없다(Bohart, 1972 ; Free, 1970 ; Kevan과 Baker, 1983 ; McGregor, 1976). 그 이유는 타화수정 작물뿐만 아니라 자화수정이 가능한 작물에서도 타화수정이 되면 종자와 과실의 수정율, 결실율과 품질이 향상되기 때문이다(Baker와 Hurd, 1968 ; Hoopingartner, 1993).

현대에는 작물재배환경의 변화로 화분매개곤충의 필요성은 매년 더욱 높아지고 있는데(Martin과 McGregor, 1973 ; McGregor, 1976), 특히 시설재배작물의 경우 안정적인 결실을 위해서는 화분매개곤충의 지속적인 공급이 절실히 요구되고 있다(Tsujikawa, 1981). 화분매개곤충의 활동이 없기 때문에 과일이 고르게 발육하지 못하고 기형과가 되어 생산량이 감소되게 되는 겨울철 딸기 시설재배에서의 화분매개곤충의 중요성은 더욱 높게 인식되고 있다(Tsujikawa, 1981). 시설딸기 재배 작형은 축성 재배가 주류를 이루고 있으므로, 이에 따른 화

분매개용 봉군의 수요는 해마다 늘어나 일본의 경우, 1996년 전체 봉군 약 20만 군 중 화분매개는 133,652군이며 이중 딸기에는 62,000봉군이 투입되는 것으로 보고되고 있다(Matsuka, 1998).

꿀벌 등 화분매개곤충을 이용하여 농작물의 수량증대와 품질 향상 효과가 보고된 작물에는 사과(DeGran야 등, 1987 ; Free, 1966 ; Robinson 등, 1989), 배(Callon과 Lombord, 1978), 키위(Matheson, 1991 ; Donovan, 1991), 피망(deRuijter, 1991), 알팔파(Moffett, 1985), 강낭콩(Free와 Racey, 1968), 아몬드(Bosch와 Blas, 1994), 딸기(Goodman과 Oldroyd, 1991)등이 있으며, 전 세계 딸기 생산량의 약 30%를 점유하고 있는 부기와 유럽의 노지 딸기 재배에서도 꿀벌의 화분매개에 의한 착과율 증가(Bagnara와 Vincent, 1988 ; Kronenberg, 1959 ; Kronenberg 등, 1959 ; Free, 1968), 과실무게 증가(Chagnon 등, 1989, 1993 ; Free, 1968 ; Moore, 1969), 기형과의 감소(Hughes, 1961 ; Free, 1968 ; Nye와 Anderson, 1974 ; Pion 등, 1980), 화탁발달의 증가(Connor와 Martin, 1973 ; Pion 등, 1980), 생산량 증가(Connor, 1970 ; Hughes, 1961 ; Moore, 1969 ; de Oliveira 등 1991 ; Nye와 Anderson, 1974 ; Svensson, 1991 ;)등이 보고된 바 있다.

화분매개 효율성 및 농업생산성 향상 증진을 위해서는 화분을 이동시키는 곤충의 동물행동학적인 행동습성에 대한 연구와 식물자체가 화분매개를 요구하는 식물해부학적인 측면의 화기구조 등에 대한 연구가 모두 필요하게 된다(Kevan 과 Baker, 1983). 일본에서도 60년대 후반부터 시설재배면적의 약 10%를 차지하는 시설딸기에 꿀벌의 이용에 대한 연구가 꾸준히 이루어졌다(Katayama, 1987 ; 川里宏,



1971 ; Kitagawa, 1985 ; Sasaki, 1984 ; Shimotori, 1981 ; Tsujikawa, 1981 ; 井上丹治와 井上敦夫. 1972 ; Yamada, 1981 ;). 딸기의 최대생산량과 과실의 크기는 화분매개 곤충의 적절하고도 활동적인 조건하에서 결정되며, 꿀벌 2종(*A. mellifera* 와 *A. cerana*)은 전 세계를 통하여 농업 분야에서 뚜렷하고도 가장 가치 있는 곤충화분매개자로 인정받고 있다(McGregor, 1976). 이는 작물의 가장 효율적인 화분매개자이기 때문만 아니라 이들의 생리, 생태학적 정보가 잘 알려져 있고, 쉽게 사육관리할 수 있으며, 일시에 많은 개체수를 이용할 수 있고, 광범위한 식물의 꽃에서 화밀과 화분을 수집하며, 자원수집(특히 화밀과 화분채취)을 위해 즉각적으로 환경을 탐색할 수 있는 특성 때문이다(Kevan, 1993). 꿀벌은 과실의 형태나 크기, 생산량 등의 경제성 등과 매우 밀접한 관계가 있는 화분매개곤충인 것으로 밝혀졌다(Svensson, 1991). 한편으로는, 환경오염, 경지정리, 경작규모의 대단지화, 유기합성농약의 과용 등으로 화분매개곤충은 급격히 감소되는 점(Johansen, 1977)과 화분매개곤충의 이용에 의한 농작물의 수량 증대와 품질향상 효과뿐만 아니라, 자연 생태계 내에서의 중요한 역할을 하는 점 등(Gill, 1991)도 보고된 바 있다.

2. 국내 연구개발 현황

국내에서 화분매개를 필요로 하는 과수류와 채소류의 생산은 매년 꾸준히 증가하고 있으며, 시설재배는 1960년대 후반 비닐농법의 도입 즉 백색혁명이 시작되면서 딸기, 토마토, 오이, 참외, 고추, 수박 등 과채류뿐만 아니라 포도, 복숭아, 감 등 과수류까지도 포함하는 작물의 다양화와 함께 재배면적이 증가하고 있다.

화분매개곤충을 이용한 대표적인 시설 재배작물로는 딸기와 토마토로서 시설재배 농업인의 환경친화적 농업의 인식제고와 재배기술의 향상에 따라 화분매개곤충 이용기술도 발달하여 왔으며 현재는 딸기뿐만 아니라 다른 작물에의 이용도 계속 증가하고 있는 추세이다.

국내 시설작물 재배면적은 1992년 58,380헥타, 1997년 92,425헥타, 2001년 101,777헥타로 5년 사이에 58.3%로 크게 증가하였으며 딸기, 토마토, 메론 등에 화분매개를 위해 꿀벌 및 뒤영벌을 이용하

고 있다. 최근들어, 오이, 참외, 수박, 고추 등의 시설 내에서도 꿀벌을 이용하여 과실수량 및 품질향상을 도모하고 있다. 시설딸기의 경우도 재배면적이 1992년 4,231헥타, 1997년 5,572헥타, 2001년 7,219헥타로 꾸준히 증가하였으며, 1980년대 중반 화분매개를 위하여 처음 꿀벌봉군이 투입된 이래 현재 정확히 발표된 자료는 없으나 현재 약 10만여 군 이상이 화분매개에 이용되는 것으로 추정하고 있는데 이는 전체 서양종꿀벌(*Apis mellifera* L.) 봉군수의 약 10%에 해당한다.

국내에서는 70년대 후반에 곤충을 이용한 화분매개의 중요성이 인식되었고, 과수원에서의 방화 곤충상조사가 있었으며(우 등, 1986 ; 홍 등, 1989), 1990년대 초반에 화분매개에 대한 조사 연구(김, 1994 ; 안 등, 1988 ; 안 등, 1989, 1994)가 있었으며, 원예와 축산분야의 꿀벌이용 중요성 및 대체 화분매개자 개발이 강조된 바 있으나(최, 1986 ; 이, 1993) 체계적인 연구는 미흡한 실정이다.

현재 전 세계적으로 재배되고 있는 딸기(*Fragaria X annanssa*)는 자가수분도 가능하지만 곤충화분매개에 의한 타가수분의 효과는 더욱 크며, 또한 비교적 저온 성작물로서 다른 과일이 출하되기 어려운 겨울철에 생산되기 때문에 시설재배 시에는 반드시 화분매개곤충으로 서양종꿀벌을 시설 내에 반입시켜 수분 작업을 시키고 있는 실정이다(안 등, 1989). 딸기 작형은 축성, 반축성, 노지, 억제재배 등으로 나눌 수 있는데 노지 딸기 재배 시나 반축성 재배시 고온상승을 방지키 위해 하우스를 개방하는 늦은 봄철에는 자연에 존재하는 곤충들이 들어와 방화하여 꽃가루를 수분시키기 때문에 기형과 발생은 크게 문제되지 않는다(Shimotori, 1981). 그러나 저온기의 밀폐된 하우스 내에는 화분매개곤충이 존재하지 않기 때문에 수분이 어렵게 된다. 최근 들어 일부 농가에서 대부분 첫 수확을 한달 정도 앞당기는 축성재배를 하기 시작하였다(강, 1996). 이러한 딸기 재배작형의 변화는 화분매개곤충의 요구를 더욱 증가시키고 있으며 재배방법의 개선에 따라 기존의 호르몬 처리보다는 생물적 인자인 곤충에 의한 화분매개로 과실의 양적, 질적 향상은 물론 노동력 절감까지 가져오고 있다(Sakai 와 Matsuka, 1988).

현재 국내 시설딸기에서 가장 많이 이용되고 있는 화분매개곤충은 서양종꿀벌(*Apis mellifera*)이며 일부 농가에서 동양종꿀벌(*A. cerana*)과 머리빨가



위벌(Osmia cornifrons)을 이용하는 것으로 알려져 있으나 그 이용 봉군수는 극히 소수에 불과하다.

II. 연구개발 수행내용 및 결과

1. 꿀벌 화분매개 효과와 이용

가. 꿀벌의 화분매개의 중요성

1)속씨식물의 꽃과 꿀벌의 상호관계

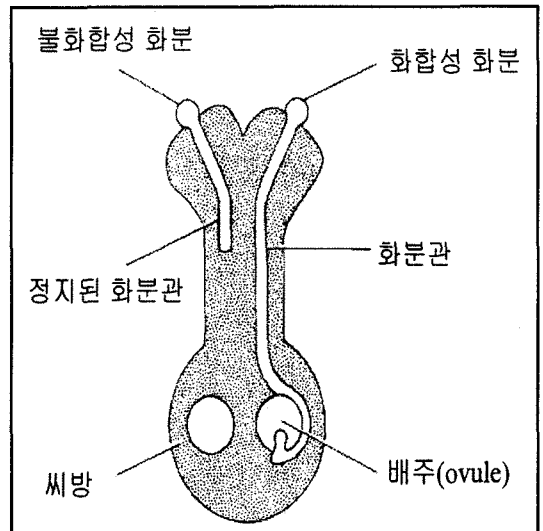
과일과 종자를 생산하는 속씨식물(angiosperms)과 화분을 매개하는 곤충은 60~100백만년 전부터 상호간에 공진화하여 왔다. 공진화하는 과정에서 꽃을 피우는 식물은 화밀과 화분을 벌에게 공급하고, 그 댓가로 벌은 식물의 화분을 암술로 옮겨 수분시킴으로써 시굴의 종자번식을 돕게 되었다. 지구상에 속씨식물은 약 25만종이 알려져 있는데 대부분은 벌류나 일부 파리, 딱정벌레, 나비?나방 등의 곤충과 관계를 맺고 있으나, 새와 박쥐 등이 화분을 매개하는 경우도 있다.

타가수분(cross pollination), 즉 서로 다른 식물체간에 수분이 일어나는 이계교배(outbreeding)는 자가수분보다 식물체 개체군의 유전적 다양성이 높아져서, 계속해서 변화하는 환경에 대한 적응력이 높아지므로 다른 종간의 경쟁에서 유리하다. 화분매개 곤충들은 식물의 타가수분을 도우므로, 식물의 진화와 번성에 도움을 준다고 할 수 있다.

타가 수분을 돕는 화분매개곤충을 잘 관찰해 보면, 대부분 몸에는 수많은 화분을 붙일 수 있는 미세한 갈래로 나누어진 털이 나 있으며, 꿀벌(Apis spp.)처럼 화분주머니나 소화관 앞부분에 화밀을 담아 두는 밀위, 꿀과 화분을 저장할 수 있는 밀납으로 만든 벌집을 만드는 습성 등 화분매개와 관련된 형태와 습성을 관찰할 수 있다.

한편, 식물은 타가수분의 효율을 높일 수 있도록 벌들이 유인하는 구조가 잘 발달되어 있으며, 동시에 같은 식물체내에서 수분이 일어나는 자가수분을 방지하도록 진화되었다. 꽃들은 벌들의 눈에 잘 띄는 독특한 색채와 자외선 단파장의 빛을 내며, 어떤 꽃에서는 벌들이 화밀을 잘 찾을 수 있도록 화밀 분비샘을 표시할 수 있는 독특한 색과 향기를 갖고 있다. 자가수분을 최소화하거나 방지할 수 있는 구조적?생리적 장치로는, 수술만 있는 수꽃(staminate)과 암술만 있는 암꽃으로 나누어져 있거나, 암술과 수술

의 숙성 기간이 서로 다른 경우 등이 있다. 이러한 식물의 예로 양파꽃의 경우는 암술이 성장하기 이전에 수술이 익어 꽃가루를 발산한다. 어떤 식물들은 자가수정을 피하기 위한 생리적 수단으로 자가불화합성을 갖고 있다. 대표적인 예로 사과를 들 수 있는데, 대부분 사과 품종들은 성공적으로 수정되어 좋은 과일을 만들기 위해서는 다른 클론(동일 유전물질을 보유한 그룹)의 화분이 필요하다. 만일 같은 단일품종만을 심게 되면 정상적인 사과과일의 수확을 기대할 수 없다. 따라서 수분수로서 적당한 다른 품종의 사과를 같이 심어야 한다. 자가불화합성에는 두 가지 유형이 있는데 ① 화분관이 충분히 자라지 못하여 화분핵이 난세포에 도달하지 못하는 경우나



<그림 1>

<그림 1>, ② 화분핵이 난핵과 결합되지 못하여 수정에 실패하는 경우 등이다. 이러한 자가불화합성의 정도는 완전 100% 수준의 불화합성부터 외부로부터의 타가화분을 약간 선호하는 정도까지 다양하다. 동일 클론의 화분이 수분되어 일어나는 불화합성은 우리가 인식하는 것보다 훨씬 보편적인 현상이다. 예를 들면, 뉴질랜드에서 초기에 '레드 클로버'를 재배하는데 실패하였던 이유는 뒤영벌 등 화분매개 곤충이 부족하였던 것뿐만 아니라, 동일한 유전자로부터 유래된 식물체간의 자가불화합성에도 그 원인이 있었다. 미국에서도 역시 초기에 수입재배 당시 펠렛클로버(pellet clover) 종자를 생산하지 못한 이유도 이같은 자가불화합성에 의한 것으로 설명될 수 있다.

- 다음호에 계속 -



〈서울기능식품 4월호 Health & Beauty NewsLetter〉

유통벌꿀 항생물질 안심

국내에서 유통되고 있는 벌꿀에 대한 항생물질 잔류여부 검사결과 안전성에는 문제가 없는 것으로 밝혀졌다.

한국소비자보호원(원장 최규학)은 국내에 유통되는 국산 및 수입산 벌꿀 30종에 대한 클로람페니콜, 스트렙토마이신, 테트라사이클린, 클로르테트라사이클린, 옥시테트라사이클린 등 5종의 항생물질 잔류검사를 실시한 결과 조사대상 모두에서 항생물질이 검출되지 않았다고 밝혔다.

이번 조사는 지난해 2월부터 유럽연합과 미국, 일본 등에서 중국산 꿀에 항생제인 클로람페니콜, 스트렙토마이신 등이 검출되어 수입금지 조치를 취했다는 해외소비자 정보가 접수된 데다 국내의 열악한 양봉환경을 고려할 때 무분별한 항생제 사용 우려가 있어 취해진 것이다.

소보원은 이번 조사결과 벌꿀제품의 안전성은 확인됐으나 중국산 수입꿀에서 항생물질이 계속 검출되고 있고 우리의 경우도 벌꿀 수입량 증가와 함께 열악한 양봉환경도 무분별한 항생제 투입을 부추길 수 있다며 지속적인 감시와 함께 안전기준 설치가 시급하다고 지적했다.

벌 치는 사람은 관절염, 암에 강하다.

평소 관절염을 앓고 있는 환자라면 추운 겨울은 두려운 계절임에 틀림없다. 나들이 할 때마다 혹시 모를 낙상을 당하지 않을까 전전긍긍하기 일쑤다.

한방에서는 이런 환자들에게 벌의 독이 좋은 치료약이 된다. 이른바 ‘봉독요법’인데 ‘독으로써 독을 다스린다’는 ‘이독치독(以毒治毒)’의 원리에 따른 것이다. 이 요법은 약물이 지닌 독성을 활용해 질병을 치료하는 약물요법과 인체에 흐르는 기의 통로인 경락과 경혈을 자극해 질병을 치료하는 침구술을 결합시킨 치료법으로 퇴행성 관절염을 비롯한 염증 질환에 효과가 높다.

벌의 독을 인체로 주사하면 이 독은 인체의 면역체계를 자극하게 되며 동시에 생체의 방어력을 증강시키게 된다. 실제 양봉업자들은 관절염, 암, 전염병 등의 발병률이 낮다는 연구결과도 나와 있다.

봉독요법은 최근에 개발된 것은 아니다. 봉독요법이 처음으로 언급된 한의서는 지금으로부터 2000여 년 전 ‘마황퇴의서’로 ‘봉독은 기를 보하는 작용이 있어 부족해진 정기를 채워 발기부전 등을 치료하는 용도로 사용됐다’고 기록돼 있다.

이와 함께 최근 벌의 독을 암 치료에 활용하려는 연구도 활발한데 호주과학산업연구기구(CSIRO)의 분자과학팀이 봉독의 독성 분자를 이용해 새로운 암치료제를 개발하고 있다. 어렸을 적 두려움의 대상이었던 벌이 이제 수많은 난치 질환의 치료에 해답을 가져다 줄 중요한 존재로 떠오르고 있는 것 같다.