

꿀벌 수정작용이 콩수량 및 수량 구성요소에 미치는 영향

Influence of Honeybees Pollination on Soybean Yield and Yield Components

沈 龍 九 · 崔 永 然¹

Sim, Yong-Gu and Choi, Young-Eoun¹

ABSTRACT This experiment was carried out to elucidate the influence of honeybees pollination on yield and yield components of soybean at the Kyungbuk Provincial Rural Development Administration from 1990 to 1991. Six soybean varieties were cultivated in net houses with and without bees. Italian honeybees (*Apis mellifera* L.) were used. The visiting frequency of bees in net house with bees was 58% higher than that of field honeybees, and it was the highest at 10 A.M. during a day. Number of pods per plant and podding ratio of soybean were higher with bees compared with without bees, especially for the varieties Paldalkong and Dankyongkong. The number of seeds per pod was not significantly different between with bees and without bees, although the percentage of three seeded pod of varieties Danyeobkong and Muhankong and one seeded pod of varieties Hwangkeumkong and Milyangkong was increased.

The percentage of three seeded pod of Paldalkong and Dankyeongkong, however, was decreased with bees compared with without bees. At the same time no varietal difference was found in two seeded pods between with bees and without bees. Yield of soybeans was increased 0 to 12% with bees compared with that of without bees. Yield increase was the highest in Paldalkong and Dankyongkong. The ratio of soybean hybrid plant was increased with-bees compared with that of without-bees, especially in Paldalkong and Dankyongkong. A negative correlation was found between the ratio of hybrid plant and the duration of flowering in soybeans.

KEY WORDS Honeybees, soybeans, honeybees pollination, insect pollination, soybean pollination, hybrid soybeans, honeybees influences

초 록 꿀벌의 수분작용이 콩 품종별 수량 및 수량구성요소에 미치는 영향을 구명하기 위하여 1990년부터 1991년까지 2개년간 경북농촌진흥원 망사하우스에서 단엽콩, 무한콩, 황금콩, 밀양콩, 팔달콩 및 단경콩의 6개품종을 공시하여 꿀벌을 방사처리 하여 조사한 실험 결과는 다음과 같다. 콩꽃에 대한 꿀벌의 방화회수는 노지포장에 비해 방사구에서 58% 많았으며 시간별로는 노지포장, 방사구 모두 오전 10시에 가장 많았다. 주당협수 및 결형율은 무방사구에 비해 방사구가 증가 되었는데, 팔달콩과 단경콩에서 특히 높았다. 협당립수는 통계적 유의차는 없었지만 무방사구에 비해 방사구에서 단엽콩과 무한콩은 3립협 비율이, 황금콩과 밀양콩은 1립협 비율이 증가 되었으나 팔달콩과 단경콩은 3립협 비율이 감소되었다. 그러나 2립협 비율은 품종간에 일정한 경향이 없었다. 콩수량은 무방사구에 비해 방사구가 0~12% 증수되었는데, 특히 팔달콩과 단경콩은 꿀벌 방사에 의한 증수 효과가 컸었다. 콩 hybrid 주 비율은 무방사구에 비해 방사구에서 증가되었는데 팔달콩과 단경콩에서 hybrid주 비율이 높았다. 콩 개화기간과 hybrid주 비율과는 부의 상관관계가 인정되었다.

경북농촌진흥원 (Kyungbuk Provincial RDA, Taegu, Korea)

¹ 경북대학교 농과대학 농생물학과 (Dept. of Agrobiol, Coll. of Agric., Kyungpook University, Taegu, Korea)

검 색 어 꿀벌, 룡, 꿀벌수분, 곤충수분, 룡수분, 잡종룡, 꿀벌방화, 꿀벌영향

꿀벌(*Apis mellifera* L.)을 이용한 화분매개는 세계적으로 면화, 양파, 당근, 십자화 채소류 및 두과 사료작물 등의 증자생산에 주로 이루어져 왔다(Sasaki 1987). Levin이 미국에서 129 작물을 대상으로 꿀벌의 화분매개 효과를 금액으로 환산하여 보고한 바에 따르면 양봉산물에서 얻어지는 직접적인 수익이 140백만 \$ 이었고 화분매개를 통하여 얻어지는 수익은 직접적인 수익의 143배라고 하였다(Levin 1987). 또한 일본에서는 사양하고 있는 양봉군 약 36 만군 중 30%정도가 화분매개를 위해 사용되고 있으며, 시설재배딸기의 수정, 채소 및 화훼류 등의 증자생산에 이용되고 있다(Sasaki 1987). 한편, 우리나라에서 꿀벌을 화분매개로 사용한 경우는 과수와 시설재배 딸기 등이며, 특히 축성·반축성 비닐하우스 딸기 주산지에서 기형과율의 감소, 수량증대, 품질향상을 위해서 꿀벌을 이용하고 있다(안 등 1988, 안 등 1989, 유 1989).

꿀벌이 룡 수정 및 수량에 미치는 영향에 대한 연구는 오랫동안 이루어져 왔다. 룡은 자가수정을 하는 작물로 알려져 있으나 결핵율은 총 꽃수의 13~57%뿐이라고 하였다(Erickson 1975, 조 등 1989). 그러나 룡꽃은 많은 총매 특성을 가지고 있고, 꿀벌이 룡 꽃에 방화했을 때 룡수량이 증수된다는 많은 보고가 있다(David 1952, Erickson 1975, 1983; Abrams 등 1978, Erickson 등 1978, Erickson과 Garment 1979, Erickson과 Robin 1979, Chiang과 Kiang 1987).

미국 미시시피 삼각주 대단위 룡재배 지역에서는 룡으로부터 꿀을 매년 1군당 70~90kg을 생산하고 있으며 지역에 따라서는 1군에 수집되는 꽃가루의 50%정도가 룡꽃가루인 곳도 있다(Jaycox 1970, Erickson 1983). 꽃가루를 이동시키는 것은 주로 벌. 총채벌레, 기타 곤충류이나 주로 꿀벌에 의한다고 하였다(Woodworth 1922, Graber와 Odland 1926,

Johnson 1944, David 1952, Weber와 Hanson 1961, Gaviness 1966, Rosas 1967, Erickson 1975, 1983; Erickson과 Berger 1978, Erickson과 Garment 1979). 증실수량과 잡종비율은 망사하우스를 설치하고 꿀벌을 방사한 것이 꿀벌을 방사하지 않은 망사하우스보다 높았고, 꿀벌을 방사한 망사하우스를 망사하우스를 설치하지 않은 포장과 비슷하였다(Culter 1934, Johnson 1944, Erickson 1975, 1983). 이와 같은 수량의 증가는 백립종이나 협당립수에서는 거의 차이가 없었지만 주당협수의 증가가 주원인이었으며(Culter 1934, Chaudhary와 Singh 1974, Erickson 1975). 실질적으로 꿀벌이 룡꽃을 방화할 때 수량 및 잡종비율이 증가되어 꿀벌 이용가치가 있다고 하였다(Linden과 Vander 1981, David 등 1982, Handel 1983, Levin 1983). 꿀벌이 룡꽃을 방화하는 것은 꿀벌의 먹이구득활동의 결과이며 룡꽃에 꿀벌이 유인되는 것은 꽃수(밀도), 꽃향기, 화밀량, 꽃개도, 꽃크기, 꽃색 등의 순이며 꿀벌의 활동력 즉 거리, 시간, 기후의 영향을 크게 받는다고 하였다(Robacker 등 1982, Chiang과 Kiang 1987). 꿀벌이 룡꽃을 방화했을 때 룡 품종간 수량과 잡종비의 뚜렷한 차이가 인정되었으며, 꿀벌종 간에도 룡꽃을 방화하는 회수에 차이가 있었다고 하였다(Beard와 Knowles 1971, Chaudhary와 Singh 1974, Sheppard 등 1979). 그리고 룡꽃 1개당 평균 화밀량은 품종, 토양, 개화기, 식물의 생육상태에 따라서 다르지만 약 0.2mic. l 이라고 하였다(Erickson 1983). 한편 10a당 생산되는 꽃의 수는 13~41만개/일 범위로 다양하고 개화기간은 동일품종일 경우는 4~6주, 조·만생종이 혼식되어 있는 경우는 6~9주로서 룡이 중요한 밀원식물이 될 수 있다고 하였다(Erickson 1983).

우리나라에서는 꿀벌에 대한 기초연구와 꿀벌이 작물의 수정에 미치는 영향에 대한 연구가 초보적인 단계일 뿐만 아니라 룡에 대해서

는 거의 보고된 바가 없다. 따라서 본시험에서는 꿀벌을 화분매개로 이용할때 콩 생태형별 수량증대의 효과를 구명하여 콩에 대한 꿀벌 이용에 필요한 기초자료를 얻고자 하였다.

재료 및 방법

본 시험은 1990~1991년 2년간에 걸쳐 경상북도 농촌진흥원 시험포장에서 실시하였다. 1990년에는 N-P₂O-K₂O-추비=4-7-6-1,000kg/10a, 토양살충제(후라단)을 4.5Kg/10a를 전면 살포후 경운 및 정지작업을 하고 분할구 배치 8반복으로 구획한 후 폭 5.5m 높이 2m 길이 50m 하우스 골주를 2동 설치하고, 단엽콩, 무한콩, 황금콩, 밀양콩, 팔달콩 및 단경콩을 6월 10일에 재식거리 60×10cm, 1주 5립씩 파종하였다. 6월 15일 발아기 직후에 하우스 골주를 설치한 2동에 망사(0.7×0.7mm)를 씌워 망사 하우스를 만들었다. 6월 27일 1주 3본을 남기고 중경을 실시하였으며 7월 1일 제 1복엽이 완전히 전개되었을 때 1주 2본만 남기고 제거하여 구당 6m²에 100주를 확보하였다. 포장토양의 건조시에 2회 관수하였고 강우시에는 파습을 방지하기 위해 매수로틀 이용하여 배수하였으며 토양이 콩 성장에 적당하도록 적습상태를 유지 했다. 망사하우스 2동 중 꿀벌 투입 망사 하우스에는 가장 먼저 개화하는 단경콩의 최초 개화일로부터 가장 늦게 개화하는 단엽콩의 최종 개화일까지 44일간 이탈리아중 꿀벌 1군을 넣었다. 꿀벌관리는 먹이가 若干 부족하여 방화활동을 열심히 할 수 있도록 사양하였으며 봉군 세력의 약화를 방지하기 위해서 1주일마다 양봉장의 다른 봉군에서 封蓋巢脾를 1枚씩 교환하여 봉군세력을 유지시켜 주었다. 일반관리는 양봉가들의 관행관리 방법에 준하였다. 방화 꿀벌수 조사는 꿀벌투입 망사하우스와 포장에서 개화최성기(7월 하순~8월 상순)에 1.8×1m 조사구를 설치하고 10일동안 08, 10, 12, 15, 16시에 5분동안 조사구내에서 발견되는 꿀벌수를 조사하였으며 조사구에 방

화한 후 조사구 밖으로 나갔다 다시들어오는 꿀벌수도 계산에 포함하였다. 총꽃수는 개화 첫날부터 2일간격으로 개화 마지막날까지 반복 당 무작위로 12주를 조사하였고 결형비율은 총꽃수를 조사한 12주에서 결형이 된 10일후에 협수를 조사하였다. 협당립수는 수확후 반복당 무작위로 12주를 취하여 조사하였으며 수량은 협수를 조사한 12주를 이용하여 주별로 조사하였다. 100립중은 수확후 정상립을 선별한 후 무작위로 100립의 중량을 조사하였다. 1991년에는 포장시비 및 작업은 1990년과 동일하게 하였으며 동일 시험포장 노지에 1990년 채종한 종자 중 정상립을 선별하여 1991년 6월 11일, 60×10cm, 1주 3본씩 파종하여 제 1복엽 전개시 1본만 남기고 제거하였고 그외 관리도 1990년과 동일하게 하였다.

교잡비율은 품종당 1,000주를 임의로 택하여 외부형태 즉 배추의 색, 모용의 색과 밀도, 꽃색, 꼬투리색을 육안으로 조사하였으며, 4가지 외부형태 중 1가지 이상 품종 고유의 특성과 상이할때는 모두 교잡된 것으로 간주하였다.

결과 및 고찰

콩꽃에 대한 꿀벌의 방화빈도

꿀벌의 콩꽃에 대한 방화회수는 그림 1에서 보는 바와 같이 노지포장에 비해 방사구(꿀벌 방사 망사 하우스)에서 많았으며 시간별로는 오전 10시에 꿀벌의 방화 활동이 가장 왕성한 것으로 나타났다. 노지포장에 비해 방사구에서 오전 8시에 20%, 오전 10시 28%, 정오 12시 89%, 오후 2시 400%, 오후 4시 70% 방화회수가 많아 상대적으로 오후 2시가 포장보다 꿀벌 방화수가 많았다. 10일간 평균 방사구에서는 오후 2시에 2.0마리, 오후 4시에 0.7마리인데 비해 노지포장에서는 오후 2시 0.4마리 정도였고 오후 2시 이후에는 콩꽃을 방화하는 꿀벌을 찾아볼 수 없었다.

이와같은 현상은 Erickson이 꿀벌의 방화회수를 노지포장과 방사구에서 10시, 12시, 14시

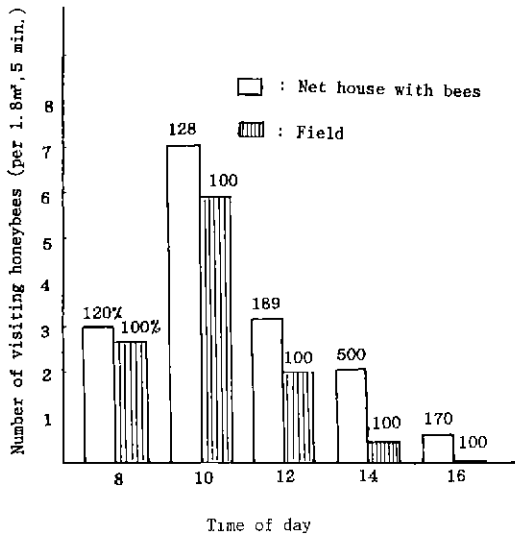


Fig. 1. Frequency of visiting honeybees to soybean plants in net house and field.

에 조사한 결과, 노지포장이나 방사구에서 공히 10시, 12시에 가장 많았으며 노지포장에 비해 방사구에서 10시에 116%, 12시 116%, 14시 60% 높게 나타났다. 노지포장보다 방사구에서 방화회수가 많고 시간별 방화회수의 정점 등은 본시험과 같은 경향이지만 노지포장 대비 방사구의 방화회수 증가율에서는 본시험과 다소 상이하였다. 이것은 Caldwell, Norman 등에 의하면 재배 환경적 요인에 의해 꿀벌의 방화 친화력은 변화될 수 있다고 하였는바 이러한 차이는 재배 환경적 요인 즉 기온교차, 토양온도, 시비량 등에 의한 것으로 생각 되어진다.

수량구성요소에 미치는 꿀벌방사의 영향

가. 주당협수 및 결현율

표 1에서 보는 바와같이 주당협수(방사구·무방사구)는 단엽콩이 40.0, 39.3개로 가장 많았으며 단경콩 28.0, 25.0개, 팔달콩 27.5, 24.8개, 밀양콩 22.8, 22.1개, 무한콩 21.6, 22.0개, 황금콩 18.4, 17.5개등의 순이었다. 무방사구에 비해 방사구에서 협수는 단엽콩, 무한콩, 황금콩 및 밀양콩 등은 차이가 없었으나 팔달콩과 단경콩에서는 유의성이 인정 되었으며 각각 12%의 협수가 증가되었다.

팔달콩과 단경콩은 경장이 짧고 개화기간이 극히 짧은 유한형으로 1일당 개화하는 꽃수가 많은 품종이므로 Chiang 등, Robacker 등의 보고와 같이 꿀벌들이 콩꽃에 유인되는 가장 큰 원인인 꽃수의 다·소와 관련이 있는 것으로 생각된다. 결현율(방사구, 무방사구)은 단경콩이 61.5, 55.9%로 가장 높았고 다음이 팔달콩 57.9, 50.8%, 단경콩 30.3, 30.3%, 밀양콩 29.1, 28.4%, 무한콩 27.6, 27.5%, 황금콩 27.7, 27.2% 등의 순이었다. 무방사구에 비해 방사구에서 단엽콩, 무한콩, 황금콩 및 밀양콩 등은 큰 차이가 없었으나 팔달콩은 7.1%, 단경콩은 5.6% 높았다.

이러한 결과는 콩의 품종에 따라 결현율의 차이가 크며, 특히 유한형인 팔달콩과 단경콩의 꿀벌 방사효과는 높았으므로 금후 지속적인 검토가 필요하다고 생각 되어진다.

Table 1. Influence of honeybees on podding ration of soybean in net house

Variety	With-bees		Without-bees		Index*	Prob. (T-test)
	No. pods /plant	Podding ratio (%)	No. pods /plant	Podding ratio (%)		
Danyeobkong	40.0	30.3	39.3	30.3	102	0.55 ^{NS}
Muhangkong	21.6	27.6	22.0	27.5	98	0.36 ^{NS}
Hwangkeumkong	18.4	27.7	17.5	27.2	105	1.43 ^{NS}
Milyangkong	22.8	29.1	22.1	28.4	103	1.04 ^{NS}
Paldalkong	27.5	57.9	24.8	50.8	111	2.50*
Dankyeongkong	28.0	61.5	25.0	55.9	112	2.91*
L.S.D(5%)	4.1	6.1	3.2	3.8		

*Index = No. pods per plant with-bees / No. pods per plant without-bees × 100

Table 2. Percentage of 1, 2 and 3 seeded pod of soybean with-bees and without-bees in net house

Variety	1 seeded pod(%)		2 seeded pod(%)		3 seeded pod(%)	
	With-bees	Without-bees	With-bees	Without-bees	With-bees	Without-bees
Danyeobkong	19.5	20.6	71.4	71.5	9.1	8.2
Muhankong	11.6	13.6	43.2	43.2	44.5	43.2
Hwangkeumkong	21.1	18.9	60.0	62.1	19.0	20.0
Milyangkong	12.6	10.7	61.0	62.7	26.4	26.6
Paldalkong	10.2	9.1	53.8	53.1	36.4	37.3
Dankyeongkong	16.4	17.0	72.5	71.5	11.1	11.5
Mean	15.2	14.9	60.31	60.68	24.4	24.4

Table 3. One hundred grain weight of soybean with-bees and without-bees in net house

Variety	100-grain weight (g)		Index*	Prob. (T-test)
	With-bees	Without-bees		
Danyeobkong	15.4	15.2	101	1.38 ^{NS}
Muhankong	23.2	23.2	100	0.40 ^{AS}
Hwangkeumkong	26.8	26.4	102	1.39 ^{NS}
Milyangkong	21.6	21.2	102	1.66 ^{NS}
Paldalkong	16.1	16.2	99	0.53 ^{NS}
Dankyeongkong	24.8	25.0	99	0.81 ^{NS}

*Index = 100-grain weight(g) with-bees/100-grain weight (g) without-bees × 100

나. 협당립수

협당립수는 표 2에서 보는 바와 같이 전반적으로 보면 방사구, 무방사구가 비슷하게 나타났으며 2립협 비율이 60%로 가장 높았고 3립협 24.4%, 1립협 15% 등의 순이었다. 품종별로는 황금콩, 밀양콩은 1립협 비율이 방사구가 무방사구에 비하여 약간 높았고 단경콩은 2립협에서 약간 높았고 3립협에서는 무한콩이 약간 높았다.

이것은 1975년 Erickson이 Hark 품종에서 무방사구와 방사구에서 협당립수를 조사한 결과 무방사구와 방사구의 차이를 인정할 수 없었으나, 2립협, 3립협, 1립협 비율의 순으로 높게 나타났다고 보고한 것과 일치하였다.

다. 립중

표 3에서 보는 바와 같이 100립중에서는 방사구와 무방사구간에 차이가 없었다. 단지 황금콩과 밀양콩은 무방사구에 비하여 2%정도 증가되었고 단엽콩은 1% 증가되었으나 팔달콩과 단경콩은 오히려 1% 감소되는 경향이였다. 이와같은 결과는 1978년 Erickson이 노지포장에서 양봉장으로부터의 거리에 따라 100립중을 조사한 결과, 양봉장으로부터 콩 재배 포장

까지 거리에 따라 가까울수록 무겁고 멀수록 가벼운 영향을 보여 끝벌이 어느 정도 립중에 영향을 미친다고 하였으나 본 시험에서는 그와 같은 뚜렷한 차이는 없었다.

수 량

주당 수량은 표 4에서 보는 바와 같이 단경콩은 방사구가 무방사구에 비하여 12% 증가되었고 다음이 팔달콩 11%로 유의성이 인정되었다. 그러나 무한콩을 제외한 나머지 품종들은 유의성은 인정되지 않았으나 황금콩 5%, 밀양콩 4%, 단엽콩 3% 등의 순으로 증가되었다.

1975년 Erickson은 끝벌 수정활동의 결과로서 Corsoy와 Hark 두 품종의 수량이 14~16% 증가 되었다고 하였으며 1978년 Erickson 등은 미시시피 지역에서 Pickett 품종이 무방사구에 비해 방사구에서 21.6% 수량증가를 보고했고 Juliano Kettle과 Taylor 등도 무방사구에 비해 방사구가 수량이 증가된다고 하였으며 Jaycox 등 많은 연구자들이 끝벌은 콩꽃을 방화하고 그 결과, 수량을 증대시킨다고 보고하였다 (Jaycox 1970, Sheppard 등 1979, Linden 1981, Robacker 등 1982). 본 시험에서도 수량 증수

울에서는 차이가 있었으나 비슷한 경향을 나타냈다.

교잡율

교잡율은 표 5에서 보는 바와 같이 방사구가 무방사구에 비하여 11%에서 60% 증가되었다. 품종별로는 단경콩이 60%로 가장 교잡율이 높았고 다음으로 팔달콩 36%, 밀양콩 23%, 황금콩·단엽콩 15%, 무한콩 11% 등의 순이었다. 전 품시품종이 무방사구에 비해 방사구에 높았으며 밀양콩, 팔달콩 및 단경콩에서는 고도의 유의차가 인정되었다. 그리고 개화기간과 교잡율은 개화기간이 긴 단엽콩과 무한콩은 개화기간이 짧은 팔달콩과 단경콩에 비해 교잡율이 낮았으며 무방사구에 비해서 방사구에서 전 품종 공히 교잡율이 높았다. 이와 같은 결과는 개화기간이 짧은 품종은 1일당 개화하는 꽃수의 증가로 꿀벌의 유인효과가 크기 때문인 것 같다. 1966년, 1970년 Caviness과 Caviness 등은 콩의 자연교잡율을 0.03%라 했고 조 등 1% 미만, Culter, David 등은 0.5~35.0%,

Rosas는 3.35%등이라고 보고했으며 Chiang과 Kiang은 교잡율이 재식거리 및 품종간 교호재배했을 때 재식거리가 좁을수록, 교호정도가 심할수록 교잡율이 증가된다고 보고했다(Woodworth 1922, 1923 ; Graber와 Odland 1926, Chiang 과 Kiang 1987), Gordienko(1960)는

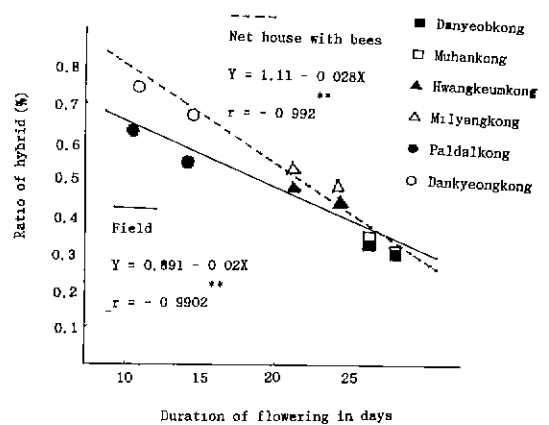


Fig. 2. Relationship between the ratio of hybrid plants and the duration of flowering in soybeans with-bees in net house and field.

Table 4. Influence of honeybees pollination on soybean yield

Variety	Yield (g/plant)		Index*	Prob. (T-test)
	With-bees	Without-bees		
Danyeobkong	11.6	11.3	103	0.82 ^{NS}
Muhankong	11.7	11.7	100	0.06 ^{NS}
Hwangkeumkong	9.8	9.3	105	1.19 ^{NS}
Milyangkong	10.5	10.1	104	1.15 ^{NS}
Paldalkong	10.1	9.1	111	2.70 ^{NS}
Dankyeongkong	13.5	12.1	112	2.68 ^{NS}
L.S.D (5%)	0.72	1.12		

*Index = Yield(g/plant) with-bees/Yield(g/plant)without-bees × 100

Table 5. The number of hybrid soybean plant from plot with bees and without bees in net house

Variety	No. hybrid Plants/1,000plants)		Index	Prob. (T-test)
	With-bees	Without-bees		
Danyeobkong	3.0	2.6	115	4.07*
Muhankong	3.1	2.8	111	3.45*
Hwangkeumkong	4.6	4.0	115	5.46*
Milyangkong	4.8	3.9	112	6.33*
Paldalkong	6.8	5.0	136	9.84*
Dankyeongkong	7.7	4.8	160	11.35**

*Index = No. hybrid per/1,000 plant with-bees/No. hybrid per/1,000 plant without-bees × 100

cage에 꿀벌을 방사했을때 잡종 증자생산이 26~46% 증가되었다고 한다. 본 시험에서는 교잡율이 0.30~0.77% 정도였고 무방사구에 비해 방사구에서 11~60% 증가되었다.

이상의 결과로서 콩에 대한 꿀벌방사는 무방사에 비해 결핍율과 수량 증대효과가 있었는데 특히 유한형인 팔달콩과 단경콩에서는 그 효과가 컸다. 또한 hybrid주 비율도 품종간에 차이가 컸는데, 개화기간이 짧은 유한형인 팔달콩과 단경콩이 그 비율이 높았다.

콩의 수량 구성요소와 수량에 미치는 꿀벌방사의 효과는 품종간 차이가 크다. 콩에 대한 꿀벌의 수분작용은 그 효과가 매우 높으므로 앞으로 더 많은 연구와 관찰이 필요하다고 생각되어진다.

인 용 문 헌

- Abrams, R.L., C.R. Edwards & T. Harris. 1978. Yields and cross-pollination of soybeans as affected by honeybees and alfalfa leafcutting bees. *Am. Bee J.* 118: 555~560.
- 안종문, 최주성, 엄영철, 조일환, 유인철, 박중춘, 1988. 꿀벌 방사와 생장조정제 처리가 팥기의 기형과 방지 및 과실발육에 미치는 영향. *농사시험연구논문집(원예편)*. 30(3): 22~30.
- 인성복, 김인수, 조왕수, 최귀문, 1989. 하우스 팥기의 화분매개를 위한 꿀벌의 방사이용 실태. *한국양봉학회지*. 4(1): 1~8.
- Caldwell, B.E. 1973. Soybean: Improvement, production, and uses. *Amer. Soc. Agron., Inc., Madison*, 681pp.
- Beard, B.H. & P.F. Knowles. 1971. Frequency of cross-pollination of soybeans after irradiation. *Crop Sci.* 11: 489~492.
- Caciness, C.E. 1966. Estimates of natural cross-pollination in Jackson-soybeans in Arkansas. *Crop Sci.* 6: 211~212.
- Caviness, C.E. 1970. Cross-pollination in the soybean. P. 33~36. In the indispensable pollinators. 9th pollination Conf. Rep. Ark. Agric. Exp. Stn. Misc. Pub.
- Caviness, C.E., J.J. Walter & D.L. Johnson. 1970. A partially male-sterile strain of Crop. *Crop Sci.* 10: 107~108.
- Chaudhary, D.N. & B.B. Singh. 1974. Heterosis in soybeans. *Indian J. Genet. and plant* 34: 69~74.
- Chiang, Y.C. & Y.T. Kiang. 1987. Geometric position of genotypes, honeybee foraging patterns and outcrossing in Soy. *Bot. Bull. Academia sinica* 28: 1~11.
- 조재영 등 1989. 전작(콩편). *항문사*: 270~329.
- Culter, G.H. 1934. A simple method for making soybean hybrids. *J. Am. Soc. Agron.* 26: 252.
- David, C.R., P. Flottum & E.H. Erickson. 1982. The role of flower aroma in soybean pollination enter genetics. *Proceedings of the 10th pollination conference.* 7: 1~5.
- David, J.H. 1952. Soybean for honey production. *Am. Bee J.* 92: 18~19.
- Erickson, E.H. 1975. Effect of honeybee on yields of three soybean cultivars. *Crop. Sci.* 15: 84~86.
- Erickson, E.H., G.A. Berger, J.G. Shannon & J.M. Robins. 1978. Honeybee pollination increases soybean yields in the Mississippi delta region of Arkansas and Missouri. *J. Econ. Entomol.* 71: 601~603.
- Erickson, E.H. & M.B. Garment. 1979. Soya-bean flowers: Nectary ultrastructure, nectar gudes, and orientation on the flower by foraging honeybees. *J. Apic. Res.* 18: 3~11.
- Erickson, E.H. & J.M. Robin. 1979. Honey from soybeans: The influence of soil conditions. *Am. Bee J.* 119: 444~450.
- Erickson, E.H. 1983. The soybean for bees and bee keeping. *An international technical magazine of apicultural and economic information.* 17: 1~7.
- Gordienko, V.A. 1960. Obtaining sexual hybrids of soybeans by controlled bee pollination. P. 381~388. In A.N. Menichenko(ed), *Pollination of agricultural crops by bees.* Vol. 3. Amerind publishing Co., New Delhi.
- Graber, R.J. & J.E. Odland. 1926. Natural crossing in soybeans, *J. Am. Soc. Agron.* 18: 967~970.
- Handel, S.N. 1983. Pollination ecology, plant population structure, and geneflow. In L. Real(ed), *Pollination biology.* Academic Press. P. 163~211.
- Jaycox, E.R. 1970. Ecological relationships between honeybee and soybean. *Am. Bee J.* 110: 306~307, 343~345, 383~385.
- Johnson, A.P. 1944. Honey from soybeans. *Am. Bee J.* 84: 306.
- Juliano, J.C. 1977. Poliniza Cao entomofila na soja. In: *Anais do 4 congresso Brasil eiro de Apicultura.* 1976, Carituba, PR, Brazil, P. 235~239.
- Kettle, W.D. & O.R. Taylor. 1979. Ecological interactions of honey bees and soybeans. *J. Kans. Entomol. Soc.* 52: 549(abstract).

- Levin, M.D., 1983. Value of bee pollination to U.S. agriculture. *Bull. Entomol. Soc. Am* 29: 50~55.
- Linden, J.O. Vander. 1981. Soybean honey production in Iowa. *Am. Bee, J.* 121: 723~725.
- 유인철, 1989. 무공해 딸기생산을 위한 꿀벌방사요령. *연구와 지도*, 30(2): 23~25.
- Norman, A. G. 1978. *Soybean physiology, and utilization*. Academic Press, New York, NY. 249pp.
- Robacker, D.C., P.K. Flottum, D. Sammataro & E. H. Erickson. 1982. Why soybeans attract honeybees? *Am. Bee J.* 122(7): 481~484, 518~519.
- Rosas, G.S. 1967. Hibridacion natural de la soja (*Glycine max L.*) en pergamino, Argentina, Turrialba. 17: 300~303.
- Sasaki, M. 1987. Present situation and perspective of the pollination by bees in Japan. *Honey Science*. 8(4): 145~146.
- Sheppard, W.S, E.R. Jaycox & S.G. Parise. 1979. Selection and management of honey bees for pollination of soybeans. *Proc. IVth. Int. Symp. on pollination Md. Agric. Exp. Sta. Misc. Publ.* 1: 123~130.
- Weber, C.R. & W.O. Hanson. 1961. Natural hybridization with and without: ionizing radiation in soybeans. *Crop Sci.* 1: 389~392.
- Woodworth, C.M. 1922. The extent of natural cross-pollination in soybean. *J. Am. Soc. Agron.* 14: 278~283.
- Woodworth, C.M. 1923. Inheritance of growth habit, pod color, and flower color in soybean. *Agron. J.* 15: 481~495.

(1993년 1월 4일 접수)