

LMO 격리 포장에서 유전자변형형 모본 고추(P915)와 유전자 변형 고추(CMVPO-CP)에 서식하는 절지동물 군집 비교연구

이훈복* · 김현정
서울여자대학교

The Comparative Study of Arthropods Community on Non-transgenic Mother Chili Pepper (P915) and Transgenic Chili Pepper (CMVPO-CP) in the Isolated Quarantine LMO Fields

Hoonbok Yi* and Hyunjung Kim

Division of Environmental and Life Science, Seoul Women's University, 139-774, Korea

ABSTRACT: The environmental risks of cucumber mosaic virus resistant transgenic chili peppers with the *CMVPO-CP* gene on non-target organisms in the agroecosystem environments was evaluated during the periods of the chili pepper growing season (June 19, July 30, August 31) in 2007. Arthropods assemblages leaves and flowers of chili peppers were quantitatively collected by using an insect vacuum collector to compare the arthropod community structures between non-transgenic chili peppers (nTR, P 915) and mosaic virus resistant transgenic chili peppers (TR, CMV-cp, line 7). There was no statistical difference in the arthropod community structure between the two types of crops, nTR and TR, at the same season, although the species richness and Shannon's index were somewhat different among seasons; indicating no effects of genetically modified peppers on the arthropod community. However, further studies were required to conclude more concretely for the potential environmental risk of the transgenic chili pepper of CMV-cp.

Key words: Arthropod, Community, Diversity, Herbivore, Transgenic chili pepper

초 록: 토마토나 고추 등의 유용작물에 자주 발생하여 생산량을 저하시키는 오이모자이크병에 대한 저항성을 높여 생산량을 증대시키기 위하여 개발된 *CMVPO-CP* (Cucumber mosaic virus-coat protein) gene이 삽입된 유전자 변형 *CMVPO-CP* 고추 (line 7)에 대한 환경위해성을 평가하였다. 2007년 고추의 생육기간 동안 절지동물의 군집구조를 3회(6월 19일, 7월30일, 8월31일)에 걸쳐 조사를 하였다. 두 가지의 고추, 즉 모본(P915, nTR)고추와 유전자변형 고추(*CMVPO-CP* (line 7), TR)의 꽃과 잎에 서식하는 곤충을 포함한 절지동물의 군집구조를 파악하기 위하여 곤충을 포획할 수 있는 곤충진공포획기를 사용하여 절지동물을 정량적으로 채집하였다. 절지동물의 군집은 채집 시기별로 출현 종과 빈도수에 차이는 있었지만 두 작물 간의 군집 구조는 통계학적으로 차이를 나타내지 않았다. 지금까지 수행된 본 연구결과를 근거로 판단하여 볼 때, 유전자 변형 고추로 인한 비표적 생물체의 군집구조가 모본 고추의 군집구조와 차이가 나타나지 않아 환경 위해도는 없는 것으로 볼 수 있지만, 좀더 확실한 유전자변형생물체인 고추의 환경위해성이 없다는 결론을 얻기 위해서는 추가적인 연구가 수행되어야 할 것이다.

검색어: 절지동물, 군집, 다양성, 초식곤충, 유전자변형 고추

최근 생명공학기술의 눈부신 발전과 함께 전 세계적으로 인구증가와 그에 따른 식량 소비의 증가 및 화학비료와 농약 사용에 따른 문제점 등을 해결하고자 재조합 저항성, 병해충

저항성, 저장성 향상, 고영양분 성분함유 등의 특성을 지닌 유전자변형 생물체(LMO, Living Modified Organisms)의 개발이 활발히 진행되고 있다(Fraley 1992; Simmonds *et al.*, 1999; Conner *et al.*, 2003). 유전자변형생물체가 가지는 잠재적인 이익 때문에 개발이 가속화 되고 있고 미국을 비롯한 많은 나라가 유전자 변형 작물의 재배에 동참하여

*Corresponding author: yih@swu.ac.kr
Received March 11 2010; revised March 26 2010;
accepted March 25 2010

매년 그 양이 증가하고 있으며 우리나라에서도 이미 여러 곳에서 유전자변형작물을 개발 중에 있다(James 2005; KRIBB 2005; Woo *et al.*, 2006; MOE 2010).

그러나 유전자변형 생물체의 연구가 활발히 진행될수록, 유전자변형생물체가 농업생태계를 포함한 자연생태계에 미치는 잠재적인 위해성에 대한 논란 역시 끊임없이 제기되고 있다(Hilbeck and Andow 2004; Hilbeck *et al.*, 2006; Yi *et al.*, 2006). 이러한 문제를 해결하기 위해 많은 국가에서는 인체나 환경에 대한 안전성을 확보하기 위하여 GM 작물이나 식품을 승인하기 전에 철저한 위해성 평가를 수행하고 있다. 유전자변형작물의 환경위해성평가의 주요 내용으로는 유전자변형작물 도입유전자의 이동, 유전자변형작물의 잡초화 및 야생화 가능성, 비표적생물체에 대한 영향 등이 있다. 이 중 비표적생물체에 대한 영향은 유전자변형 작물이 비표적생물체의 군집구조나, 먹이망 구조에 직간접적으로 가해지는 변화를 통해 측정하였다(Dale, 2002). 본 연구실에서는 오이녹반모자이크바이러스에 저항성을 가지는 수박 공대를 이용하여 모본과 유전자변형 작물 간 절지동물의 군집구조상 차이에 대하여 연구를 하였으며 (Yi *et al.*, 2006), 유전자변형 탄저병 저항성 고추(PepEST gene)가 복숭아혹진딧물에 어떤 영향을 미치는지에 관하여 연구를 수행하였다(Park *et al.*, 2007).

오이 모자이크 바이러스(cucumber mosaic virus, CMV)는 고추를 비롯한 토마토, 오이, 참외, 상추 등에서 잘 발병되고, 식물체가 바이러스에 감염되면 잎 또는 기주 전체에 황색의 모자이크 모양으로 발병해 잎을 위축시키고 심하면 생육이 중지되며, 이러한 바이러스는 진딧물이 매개가 되어 옮겨진다(Jung, 2000). 이러한 피해를 줄여 작물의 생산량을 늘리고자 최근에 모계통인 P915 고추를 아그로박테리움을 이용해 형질전환하여 CMVPO-CP (cucumber mosaic virus pathotype 0 - coat protein) 유전자를 삽입하여 유전자 변형된 오이 모자이크 바이러스 저항성 CMVPO-CP 고추가 개발되었다(Lee *et al.*, 2007).

본 연구의 목적은 CMVPO-CP 유전자가 삽입되어 새롭게 개발된 CMVPO-CP 고추가 비표적 생물체에 악영향을 미치는지의 여부를 평가하는 것이다. 새로운 유전자를 고추작물에 삽입하여 새로운 품종을 만든 유전자변형생물체는 비표적 생물체에게 악영향을 미칠 것 이라는 우려가 있으므로, 본 연구에서는 CMVPO-CP 고추를 야외 포장에 정식하여 유전자변형고추와 모본 고추에서 비표적 생물체인 곤충을 포함한 절지동물의 군집구조의 차이가 있을 것이라는 가설

을 검증하기 위한 연구를 수행하였다. 이를 통해서 유전자변형생물체가 국내의 작물 환경에 위해성을 가지고 있는지 여부를 평가하였다. 이러한 연구는 앞으로 계속 수행될 것이며, 환경위해성 평가와 관련된 이러한 연구가 초석이 되어서 국내에서 개발되고 있는 생명공학기술을 이용한 유전자변형생물체의 상업화가 속히 이뤄질 것으로 본다.

재료 및 방법

실험구의 설치

충북 청원군 오창면 한국생명공학연구원 오창 캠퍼스에 위치한 격리 포장에 정식된 바이러스 저항성 CMVPO-CP (line 7) 고추가 비표적 생물체인 절지동물에 미치는 영향을 평가하기 위하여, CMVPO-CP (line 7) 고추와 모본 P915 고추에 서식하는 절지동물을 포획하여 군집을 비교하였다. 평가대상 고추는 2007년 5월 14에 정식하였고, Fig. 1과 같이 CMVPO-CP (line 7) 고추와 모본 P915 고추 그리고 청풍명월 고추를 격리포장(23m x 23m)에 시험구(7mX7m)를 9개 만들고 라틴 스퀘어(Latin square)의 방법에 따라 배치하였다. 각각의 소규모포장에 102주의 고추를 17주씩 6줄로 40cm의 간격을 두고 정식하였다. 본 연구를 위한 샘플링은 CMVPO-CP (line 7) 고추와 모본에서만 수행되었다(Fig. 1).

절지동물 채집

절지동물 채집은 고추가 일정크기 이상 자란 시기부터 수확직전까지 한 달 간격으로 (2007년 6월 19일, 7월 30일, 8월 31일) 총 3회 수행하였으며, 각 시험구마다 30주의 고추를 임의로 선정한 후 그 중 10주의 고추를 하나의 채집 단위로 하고, 3반복으로 수행하였다. 절지동물 채집은 곤충 포획기(Insect Vacuum, Bioquip, 2820B; Cordless insect vacuum collector)를 사용하였고, 지면으로부터 약 15cm 위로부터 절지동물채집을 수행 하였다. 기주에 붙어 있는 절지류와 기주 가까이에 날고있는 절지류도 함께 포획하였다(Yi *et al.* 2007에 상세히 기재). 포획한 절지동물은 70% 알콜에 보관한 뒤 실험실로 운반하여 해부현미경하에서 종동정을 수행하였다.

데이터 분석

분류된 절지동물의 군집을 먹이 기능군으로 나누어 도식화하였고, 각 분류군이나 기능군으로 나누어 포획된 곤충은

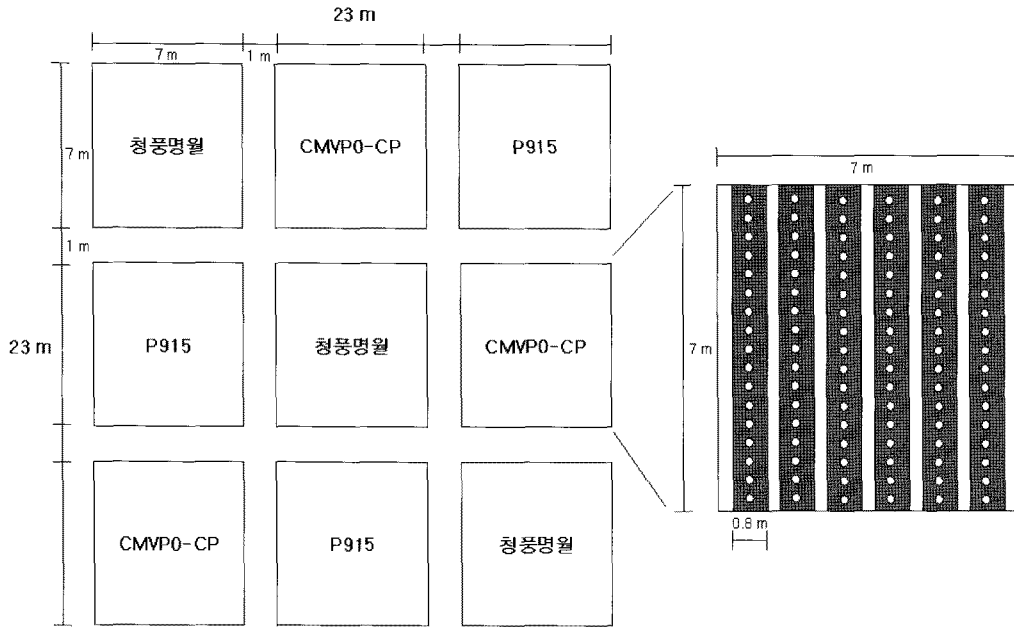


Fig. 1. A scheme of the one plot for red peppers planted in 2007.

개체수의 평균을 종속변수로 사용하여 분석하였다. 이러한 분석은 곤충의 출현이 채집 시기별, 또는 작물의 차이에 의한 출현했는지를 SAS를 이용하여 두 작물간의 비료를 위해서 Students' t-test 및 분산분석법(Analysis of Variance, ANOVA)으로 분석하였다(SAS, 2001). 또한 종풍부도 (species richness)와 다양도지수(Shannon's diversity index) 등을 구하여 군집내의 생물학적 지수를 비교하였으며(Cody 1986; McCune and Grace 2002), PC-Ord를 이용하여 다변량 분석 방법인 다차원 분석(Non-metric multidimensional scaling; NMS)을 실시하였다(Kruskal 1964; Mather 1976; Clarke 1993). 분석 데이터 중에서 높은 베타 다양도(β -diversity)를 가진 군집 데이터는 로그변환을 하여, 변이계수(Coefficient of Variation, CV)를 낮추어 데이터 분석의 신뢰도를 높였다(Clarke 1993; SAS 2001; McCune and Grace 2002).

결과 및 고찰

야외 포장의 P915 고추와 CMVP0-CP (line 7) 고추에서 채집된 절지동물을 종 구성 및 먹이 기능군별로 구분하여 평균 개체수와 표준오차로 나타내었으며, 3차에 걸친 채집 시기(1차, 6월 19일, 2차, 7월 30일, 3차, 8월 31일)와 작물별 (non transgenic; nTR, transgenic; TR) 출현으로 구분하여

나타내었다(Table 1). 채집된 절지동물의 평균 출현은 1차 모본 P915 고추에서는 47마리로, 같은 시기의 CMVP0-CP (line 7) 고추의 57마리와는 통계적으로 차이가 없었고 ($P>0.05$), 2차에서는 평균적인 개체수가 많이 낮아진 각각 14마리와 12.7마리로 역시 두 작물간의 유의한 차이가 없었으며($P>0.05$), 3차 시기엔 67마리와 64.7마리로 두 작물 간에 통계적인 차이($P>0.05$)는 없었지만, 2차시기와 비교할 때 비교적 높은 개체수의 증가를 보였다. 2차 시기에서 개체수가 다소 낮은 경향을 나타냈는데, 이는 1차 시기에서는 진딧물과와 파리목에서 개체수가 높았고, 3차 시기에서는 거미목과 파리목의 개체수가 높는데 기인 한 것이다. 고추 작물은 농작물이므로 이와 관련된 곤충을 포함한 절지류에 관한 연구는 주로 해충과의 관계를 다룬 연구이지만 (Moon *et al.*, 2006) 본 연구에서는 생태학적인 연구가 수행 되어짐에 따라서 고추 작물에 서식하는 해충을 포함한 여러 절지류의 정량적인 포획이 수행되었으며, Yi *et al.* (2007)의 결과에서와 마찬가지로, 추후에 다른 유사연구와 비교할 만한 연구 자료로 활용 되기에 충분한 의미가 있는 연구이다.

두 작물 종류간에 서식하는 절지동물류를 각 먹이 기능군 별로 비교하였다. 1차 조사시 모본 P915 고추의 초식자 군집은 18.7마리, CMVP0-CP (line 7) 고추에서는 37.7마리로 나타났으며, 2차 조사에서는 각각 2.3마리와 4.3마리, 3차 조사에서는 6마리와 3마리로 나타나, 1차 조사 시기에

Table 1. Mean abundances and standard errors of arthropod communities collected by using an insect vacuum collector from non-transgenic (nTR; P915) and transgenic (TR; CMVP0-CP (line 7)) chili peppers in 2007

Taxa	Korean name	19 June		30 July		31 August	
		nTR	TR	nTR	TR	nTR	TR
HERBIVORE	초식자	18.7(9.3)	36.4(16.2)	1.7(0.8)	4.3(0.3)	6.0(1.5)	3.0(1.0)
ORTHOPTERA	메뚜기목	-	-	0.7(0.7)	0.7(0.7)	-	0.3(0.3)
	<i>Oecanthus indicus</i> Saussure	-	-	-	0.7(0.7)	-	-
Tridactylidae	좁쌀메뚜기과	-	-	-	-	-	0.3(0.3)
	<i>Atractomorpha lata</i> (Motschulsky)	-	-	0.7(0.7)	-	-	-
Hemiptera	노린재목	1.0(0.6)	0.7(0.3)	-	-	4.3(1.2)	1.3(0.9)
	<i>Adelphocoris suturalis</i> (Jakovlev)	0.3(0.3)	0.7(0.3)	-	-	0.3(0.3)	-
	<i>Geocoris</i> (<i>Geocoris</i>) <i>proteus</i> Dstant	-	-	-	-	0.3(0.3)	-
	<i>Trigonotylus coelestialium</i> (Kirkaldv)	0.3(0.3)	-	-	-	-	-
Pentatomidae	노린재과	0.3(0.3)	-	-	-	2(1.2)	0.3(0.3)
	<i>Dolycoris baccarum</i> (Linne)	-	-	-	-	1.7(1.2)	1.0(1.0)
HOMOPTERA	매미목	16.0(9.7)	34.0(18.0)	-	-	1(0.6)	-
Aphididae	진딧물과	16.0(9.7)	33.7(17.7)	-	-	1(0.6)	-
	<i>Laodelphax striatellus</i> (Fallén)	-	0.3(0.3)	-	-	-	-
COLEOPTERA	딱정벌레목	0.7(0.3)	1.0(0.6)	0.7(0.3)	-	-	1.3(0.7)
Curculionidae	바구미과	-	-	0.3(0.3)	-	-	-
Coccinellidae	방아벌레과	-	-	-	-	-	0.3(0.3)
Eucnemidae	어리방아벌레과	0.3(0.3)	-	-	-	-	0.3(0.3)
Lathridiidae	섯벌레과	-	-	0.3(0.3)	-	-	-
	<i>Monolepta quadriguttata</i> (Motschulsky)	-	-	-	-	-	0.7(0.3)
	<i>Phyllotreta striolata</i> (Fabricius)	0.3(0.3)	1.0(0.6)	-	-	-	-
HYMENOPTERA	벌목	0.3(0.3)	-	0.3(0.3)	3.0(0.6)	-	-
Apidae	꿀벌과	0.3(0.3)	-	-	0.3(0.3)	-	-
	<i>Apis mellifera</i> Linne	-	-	0.3(0.3)	2.7(0.9)	-	-
DIPTERA	파리목	0.7(0.3)	0.7(0.3)	-	-	0.7(0.3)	-
Syrphidae	꽃등예과	0.3(0.3)	-	-	-	0.3(0.3)	-
	<i>Sphaerophoria menthastri</i> (Linné)	0.3(0.3)	0.7(0.3)	-	-	-	-
Tipulidae	각다귀과	-	-	-	-	0.3(0.3)	-
LEPIDOPTERA	나비목	-	-	-	0.7(0.7)	-	-
	<i>Artogeia rapae</i> (Linne)	-	-	-	0.7(0.7)	-	-
PREDATOR	포식자	7.0(2.9)	8.0(2.8)	8.4(3.4)	5.7(1.8)	17.7(7)	22.3(5.4)
COLEOPTERA	딱정벌레목	5.0(2.9)	3.7(1.5)	-	-	0.3(0.3)	1.3(0.7)
	<i>Tachyura laetifica</i> (Bates)	-	-	-	-	0.3(0.3)	0.3(0.3)
Coccinellidae	무당벌레과	4.0(2.3)	2.7(0.9)	-	-	-	0.7(0.7)
	<i>Harmonia axyridis</i> (Pallas)	0.7(0.7)	0.3(0.3)	-	-	-	-
	<i>Propylea japonica</i> (Thunberg)	0.3(0.3)	0.7(0.3)	-	-	-	-
Cryptophagidae	곡식썩시기과	-	-	-	-	-	-
ODONATA	잠자리목	-	-	-	-	-	0.3(0.3)
	<i>Ischnura asiatica</i> (Brauer)	-	-	-	-	-	0.3(0.3)

Table 1. Mean abundances and standard errors of arthropod communities collected by using an insect vacuum collector from non-transgenic (nTR; P915) and transgenic (TR; CMVP0-CP (line 7)) chili peppers in 2007(Continued)

Taxa	Korean name	19 June		30 July		31 August	
		nTR	TR	nTR	TR	nTR	TR
HEMIPTERA	노린재목		1.3(0.9)	0.7(0.3)			
	<i>Nysius (Nisius) plebejus</i> Distant			0.7(0.3)			
	<i>Orius (Dimorphella) sauteri</i> (Poppus)	-	1.3(0.9)	-	-	-	-
ARANEAE	거미목	2.0(0)	3.0(0.6)	7.7(1.8)	5.7(1.8)	17.3(1.3)	20.7(5.2)
	Agelenidae	-	-	-	-	-	2.0(2.0)
	Araneidae	-	-	-	-	-	0.3(0.3)
	Clubionidae	0.7(0.3)	-	0.7(0.3)	0.3(0.3)	7(2.6)	-
	Linyphiidae	-	0.3(0.3)	0.7(0.3)	-	3.0(1.5)	5.0(1.0)
	Lycosidae	0.3(0.3)	1.0(0.6)	-	-	-	0.7(0.3)
	Salticidae	-	-	-	-	0.7(0.3)	1.0(0.6)
	Tetragnathidae	-	0.3(0.3)	4.3(1.3)	3.0(1.5)	2.0(0.6)	3.7(1.8)
	Theridiidae	1.0(0.6)	1.3(0.7)	1.0(0.6)	1.7(1.2)	3.7(2.7)	6.0(1.7)
	Thomisidae	-	-	1.0(0.6)	0.7(0.7)	1.0(1.0)	2.0(1.5)
PARASITOID	기생포식자	1.0(0.6)	0.3(0.3)	0.3(0.3)	-	0.3(0.3)	-
HYMENOPTERA	벌목	1.0(0.6)	0.3(0.3)	0.3(0.3)	-	0.3(0.3)	-
	Eulophidae	1.0(0.6)	0.3(0.3)	0.3(0.3)	-	0.3(0.3)	-
DETRITIVORE	분해자	17.3(6.2)	8.7(2.0)	1.0(0.6)	2(0.6)	40.0(16.8)	35.0(17.2)
DIPTERA	파리목	17.3(6.2)	8.7(2.0)	1.0(0.6)	2(0.6)	40.0(16.8)	35.0(17.2)
	Chironomidae sp1	0.3(0.3)	0.7(0.3)	-	-	0.7(0.3)	2.7(1.2)
	Chironomidae sp2	2.0(0.6)	-	0.3(0.3)	0.7(0.7)	25.3(12.2)	24.0(17.3)
	Chironomidae sp3	1.7(1.2)	1.3(1.3)	-	0.3(0.3)	11.7(4.5)	5.0(0.6)
	Chironomidae sp4	1.7(0.7)	1.0(0.6)	0.7(0.7)	0.7(0.7)	1.7(1.2)	1.7(0.3)
	Chironomidae sp5	7.0(3.1)	5.7(1.5)	-	0.3(0.3)	-	1.3(1.3)
	Chironomidae sp6	2.3(1.3)	-	-	-	0.3(0.3)	0.3(0.3)
	Chironomidae sp7	2.3(1.5)	-	-	-	0.3(0.3)	-
OMNIVORE	다식자	3.0(2.5)	4.0(2.3)	2.7(0.3)	0.7(0.7)	3.0(2.1)	4.3(1.3)
HYMENOPTERA	벌목	-	-	-	-	-	2.0(2)
	Formicidae	-	-	-	-	-	2.0(2.0)
DIPTERA	파리목	3.0(2.5)	4.0(2.3)	2.7(0.3)	0.7(0.7)	3.0(2.1)	2.3(0.7)
	Agromyzidae	-	-	-	-	-	0.3(0.3)
	Chloropidae	-	-	-	-	-	0.3(0.3)
	Dolichopodidae	-	0.7(0.3)	-	-	-	-
	Drosophilidae	3.0(2.5)	3.3(2)	2.7(0.3)	0.3(0.3)	3.0(2.1)	1.7(0.7)
	Sciomyzidae	-	-	-	0.3(0.3)	-	-
Species richness		13.7(1.9)	12.3(1.7)	7.7(0.9)	7.0(2.1)	13.0(0.0)	16.0(3.1)
Shannon's diversity (H')		2.0(0.2)	1.6(0.2)	1.6(0.2)	1.7(0.1)	1.7(0.4)	2.0(0.2)
Sum of mean abundance (S)		47.0(14.6)	57.3(19.6)	14(3.1)	12.7(3.2)	67(20.9)	64.7(14.3)

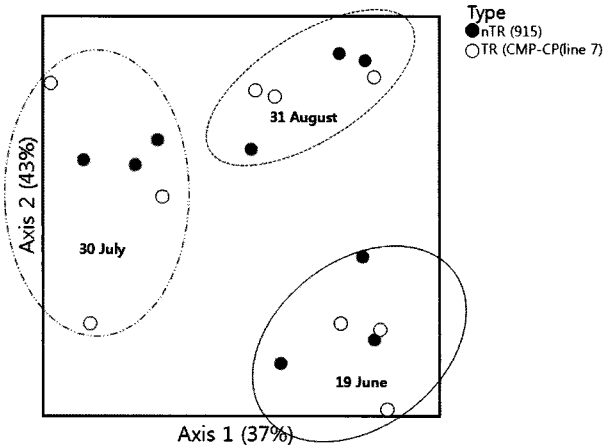


Fig. 2. Nonmetric multidimensional scaling (NMS) analysis of the arthropod community structures on non-transgenic (nTR; P915) and transgenic (TR; CMVPO-CP line 7) red peppers during the collecting periods in 2007.

많은 개체수가 채집 된 것을 알 수 있었다. 이는 1차 조사 시기에 진딧물과가 많이 발생하여 나타난 것으로 보이며, 진딧물과를 제외한 1, 2, 3차 조사는 개체수 차이가 거의 나타나지 않았으며, 두 작물간의 차이도 나타나지 않았다. 포식자에서는 3차시기에 많은 개체수가 채집이 되었는데, 이는 거미목이 3차시기에 많이 채집 된 영향으로 인한 것이고, 초식자와 마찬가지로 포식자에서 거미목을 제외한 1차, 2차, 3차 조사는 개체수 차이가 거의 나지 않았으며, 두 작물간에도 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다 ($P>0.05$). 분해자 역시 3차시기에 깔따구과의 많은 발생으로 인해 높은 개체수를 보이지만 두 작물 간의 통계적인 차이는 나타나지 않았다. 기생자와 다식자는 전체적으로 개체수가 적게 나타났고, 시기에 따른 차이나 작물간의 차이도 나타나지 않았다. 결론적으로 종풍부도(Species richness)에서, 1, 2, 3차 각각 13.7마리, 12.3마리와 7.7마리, 7마리 그리고 13마리, 16마리로 시기적인 차이만 있을 뿐 모본 P915 고추와 CMVPO-CP (line 7) 고추 간의 유의한 차이는 나타나지 않았다. 종다양도 지수(Shannon's diversity)(H')에서도 각 시기별로 작물간의 차이는 나타나지 않았다.

조사된 군집 데이터를 NMS (Non-metric Multidimensional scaling)로 분석한 결과 Axis 1에 의해 37%, Axis 2에 의해 43%를 설명해 총 80%의 데이터를 설명하였고 43%를 설명한 Axis2에 의해 1차, 2차, 3차 조사 시기별로 군집이 나누어지는 결과를 나타냈다. 즉 본 실험에서 채집 시기에 따른 종조성의 차이는 나타났으나 동일 채집 시기내에서 모본 고추 P915와 CMVPO-CP (line 7) 고추에서 채집

된 군집 구조는 차이를 나타나지 않았다(Fig. 1).

결론적으로, 모본 P915 고추와 CMVPO-CP (line 7) 고추 간에 비표적 생물체인 절지동물군집 구조의 차이는 채집 시기별 종조성과 분류군별 개체수의 차이가 있었지만, 각 채집 시기별로 두 작물간의 군집 구조의 차이가 통계학적으로 명확하게 나타나지 않았다. 이는 실험 방법은 같지만 작물을 달리하여 수행한 2007년도 조사(Yi et al., 2007)의 결과에서 보고된 바와 같이 곤충의 군집이 시기에 따른 차이만 나타낼 뿐, 작물의 영향으로 인하여, 군집구조의 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다($P>0.05$). 이와 같이 두 작물간의 유의한 차이가 없다는 것은 모본 P915와 비교해서 유전자 변형작물인 CMVPO-CP (line 7) 고추의 영향으로 인한 절지동물의 군집 구조에 환경 위해성이 나타나지 않았다는 것을 의미하지만, 앞으로 지속적인 모니터링 연구를 기초로 다양한 측면에서 접근할 필요성이 있을 것이라 사료된다.

사 사

본 연구는 과학기술부 시행 생명공학안전성평가기술개발사업과 KRIBB 기관고유사업 및 작물유전체기능연구사업단 연구결과의 일부이며 서울여자대학교의 교내 연구비 지원에 감사드립니다.

Literature Cited

Clarke, K.R. 1993. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Aust. J. Ecol.* 18: 117-143.
 Cody, M.L. 1986. Diversity, rarity and conservation in Mediterranean-climate regions, pp. 122-152. In M.E. Soule(ed.), *Conservation biology, the science of scarcity and diversity*. Sinauer, Sunderland, USA.
 Conner, A.J., T.R. Glare and J.P. Nap. 2003. The release of genetically modified crops into the environment. Part II. Overview of ecological risk assessment. *Plant J.* 33: 19-46.
 Dale, P. 2002. The environmental impact of genetically modified (GM) crops-A review. *J. Agri. Sci.* 138: 245-248.
 Fraley, R. 1992. Sustaining the supply. *Bio. Technology* 10: 40-43.
 Hilbeck, A. and D.A. Andow. 2004. *Environmental Risk Assessment of Genetically Modified Organisms: V. 1. A Case Study of Bt Maize in Kenya*. CABI, Wallingford, UK.
 Hilbeck, A, D.A. Andow and E.M.G. Fontes. 2006. *Environmental risk assessment of genetically modified organisms: V.2 Methodologies for assessing Bt cotton in Brazil*. CABI, London, UK.

- James, C. 2005. Executive summary of global status of commercialized biotech/GM crops: ISAAA Briefs No. 34. ISAAA: Ithaca, NY.
- Jung, Y.H. 2000. Diagnosis and control of insect pests and vegetables diseases Rural Development Administration National Academy of Agricultural Science. Academy book.
- KRIBB [Korea Research Institute of Bioscience & Biotechnology]. 2005. Biosafety White Paper. Ministry of Education, Science and Technology.
- Kruskal, J.B. 1964. Nonmetric multidimensional scaling: a numerical method. *Psychometrika*. 29: 115-129.
- Lee, B.K., C.G. Kim, J.Y. Park, K.W. Park, H.B. Yi, C.H. Harn and H.M. Kim. 2007. Assessment of the Persistence of DNA in Decomposing Leaves of *CMVPO-CP* Transgenic red Pepper in the Field Conditions. *Kor. J. Environ. Agr.* 26: 319-324.
- Mather, P.M. 1976. Computational methods of multivariate analysis in physical geography. Wiley, London, UK.
- McCune, B. and J.B. Grace. 2002. Analysis of Ecological Communities. MjM Software Design. Gleneden Beach, USA.
- MOE [Ministry of Environment]. 2010. The report for the items development for the environmental risk assesement. Report of Ministry of Environment. Korea.
- Moon, H.C., C.I. Kwon, I.J. Rock, G.B. Rae, D.H. Kim and C.Y. Hwang. 2006. Seasonal occurrence and damage by thrips on open and red pepper in Jeonbuk Province. *Kor. J. Appl. Entomol.* 45: 9-13.
- Park, J.E., H.B. Yi, C.G. Kim, S.C. Jeong, W.K. Yoon, K.W. Park, B.K. Lee and H.M. Kim. 2007. The Effect of the Anthracnose Resistant red Pepper (PepEST gene) on the Non-target Insects, Green Peach Aphids (*Myzus persicae* Sulzer, Homoptera). *Kor. J. Appl. Entomol.* 46: 343-348.
- SAS, Institute. 2001. PROC user's manual, version 6th ed. SAS Institute, Cary, NC, USA.
- Simmonds, N.W., J. Smartt, S. Millam, and W. Spoor. 1999. Principles of Crop Improvement, 2nd ed. Blackwell, Oxford, UK.
- Woo, H.J., S.H. Lim, K.J. Lee, S.Y. Won, T.S. Kim, H.S. Cho and Y.M. Jin. 2006. Current Development Status on the Genetically Modified Crops in Korea. *J. Intl. Agri.* 18: 221-229.
- Yi, H.B., J.E. Park, M.C. Kwon, S.K. Park, C.G. Kim, S.C. Jeong, W.K. Yoon, S.M. Park, S.L. Han, C.H. Harn and H.M. Kim. 2006. Environmental risk assessment of watermelon grafted onto transgenic rootstock resistant to Cucumber green mottle mosaic virus (CGMMV) on non-target insects in conventional agro-ecosystem. *J. Ecol. Field Biol.* 29: 323-330.
- Yi, H.B., M.C. Kwon, J.E. Park, C.G. Kim, K.W. Park, B.K. Lee and H.M. Kim. 2007. Effect of the Anthracnose Resistant Transgenic red Pepper on the Arthropod communities in a Confined Field. *Kor. J. Environ. Biol.* 25: 326-335.