

감자수염진딧물(*Macrosiphum euphorbiae* Thomas)에 의한 감자 품종별 피해정도와 관련요인 분석

권 민* · 장동철 · 안용준¹

농촌진흥청 고령지농업연구소 환경보전과/작물과, ¹서울대학교 농업생명과학대학 응용생물화학부 응용생물학전공

Infestation of Potato Cultivars by Potato Aphid, *Macrosiphum euphorbiae* Thomas, and its Infestation-related Factors

Min Kwon*, Dong-Chil Chang and Young-Joon Ahn¹

Environment Management Division, National Institute of Highland Agriculture, Rural Development Administration, 232-955, Pyeongchang, Gangwon, Korea

¹Applied Biology Division, Department of Applied Biology and Chemistry, College of Agriculture and Life Science, Seoul National University, 151-818, Seoul, Korea

ABSTRACT : Fifty potato cultivars were screened for potato aphid, *Macrosiphum euphorbiae* Thomas infestation degree in the field. Aphid honey dew secretion and contents of foliar substances (glycoalkaloids, total nitrogen, Ca, K and Mg) of the cultivars were measured in the laboratory to analyze the correlation between infestation degrees and those factors. The number of aphids ranged from 4.1 to 31.4 per five leaves. The lower density (less than 5 aphids) was found on cvs. Jidose, Recent, and Sebago. The aphid secreted highest (40.3 droplets) and lowest (15.7 droplets) honeydew on cvs. Jopoong and Anco, respectively. Degree of infestation is positively correlated to glycoalkaloids and total nitrogen contents of the potato leaf.

KEY WORDS : Potato aphid, Potato, Glycoalkaloids, Total N content

초 록 : 감자(*Solanum tuberosum* L.)의 주요 해충의 하나인 감자수염진딧물(*Macrosiphum euphorbiae* Thomas)에 의한 50개 감자 품종별 피해정도를 포장에서 검정하고 실내에서 배설 감로수와 식물체 내 성분(glycoalkaloids, total N, Ca, K, Mg) 함량을 품종별로 분석하여 피해도와의 상관성을 조사하였다. 50개 품종에 대한 감자수염진딧물의 포장 발생밀도 범위는 5엽당 4.1~31.4정도였으며, Jidose, Recent, Sebago 품종 등은 5마리 이하의 낮은 발생밀도를 보였다. 품종별 배설 감로수는 Jopoong에서 40.3개로 가장 많았고, 그 다음이 Superior로 37.7개였다. 가장 적은 품종은 Anco와 Shepody로 각각 15.7개, 16.7개였다. 포장실험과 실내시험 결과를 각 성분 함량별로 상관분석한 결과, 감자수염진딧물에 의한 피해는 glycoalkaloids 함량이나 전질소 함량과 정의 상관성을 보였고, 나머지 식물체 성분함량과는 어떠한 상관도 보이지 않았다.

검색어 : 감자수염진딧물, 감자, glycoalkaloids, 전질소함량

*Corresponding author. E-mail: mkwon@rda.go.kr

감자수염진딧물(*Macrosiphum euphorbiae* Thomas)은 북미에서 유래하여 현재는 전 세계에 분포하는 종이며, 200종 이상의 기주식물을 흡즙가해한다. 지금까지 40종 이상의 식물 바이러스를 매개하는 것으로 알려졌으며 (Salazar, 1996), 특히 감자(*Solanum tuberosum* L.)를 선호하기 때문에 건전 씨감자의 안정적 생산을 위협하는 요인의 하나이다. 감자수염진딧물을 방제하는 여러 가지 방법 가운데 저항성 감자 품종을 선발하여 재배하는 것은 환경에 대한 영향을 줄이면서 가장 확실한 효과를 나타내는 방법으로 알려져 있다. 해충에 저항성을 나타내는 물리적 특성이나 화학적 특성을 가진 품종의 경우 특별한 방제 조치가 없어도 수확이 가능하기에 국가마다 저항성 품종 개발에 주력을 하고 있다. 그러나 대부분의 저항성 품종은 장기적으로는 해충에 의해 무너지므로 근본적인 효과는 기대하기 어렵기 때문에 새로운 저항성 품종 개발을 위한 끊임없는 노력이 이루어지고 있다.

감자의 경우 2,000여종 이상의 많은 야생종 감자가 알려져 있는데(Rowe, 1993), 이러한 야생종 감자의 대부분은 오랜 진화의 과정을 통해 각종의 초식성 곤충에 대한 많은 저항성 인자를 보유하고 있는 것으로 알려져 있다. 그 대표적인 것으로 야생종 감자의 잎에 많이 존재하는 trichome과 잎과 괴경 중에 존재하는 glycoalkaloids이다 (Tingey and Sinden, 1982; Sinden *et al.*, 1986). Glycoalkaloids의 식물체 내 함량은 광노출, 토성, 비료, 기후, 고도, 괴경 크기, 숙기, 상해여부, 품종 등에 따라 변이가 심하며, 괴경에 물리적 충격을 주거나 상해 등이 발생하면 solanine이 다량 축적될 가능성이 있고(Fatzpatrick *et al.*, 1977), 이러한 glycoalkaloids는 질소 함유물질이므로 질소시비량도 함유량에 큰 작용을 하는데, 질소 결핍시 glycoalkaloids 합성량도 줄어든다는 보고도 있다(Love *et al.*, 1994).

본 연구에서는 감자 품종별 감자수염진딧물의 발생정도를 포장에서 조사하고, 품종별 감로발생 정도를 실내에서 조사하였다. 저항성 관여 가능성을 알아보기 위하여 잎 내 각종 성분(glycoalkaloids, total N, Ca, K, Mg) 함량을 분석하여 품종별 피해정도와 상관성을 분석하였다.

재료 및 방법

해충피해도 포장검정

자연적으로 발생하는 감자수염진딧물을 대상으로 감자 품종별 피해도 검정을 위해 농촌진흥청 고령지농업연구

소 강릉시험포장에서 실험을 수행하였다. 고령지농업연구소 감자육종연구실에서 분양받은 50개 품종(결과 참조)을 25 cm × 75 cm 간격으로 시험구당 씨감자 32~80주를 난괴법 3반복 파종(10개 품종은 6반복)하였고, 파종부피 조사 종료까지 살충제는 일체 처리하지 않았고, 파종직후에 제초제 1회 처리와 감자역병 방제를 위해 역병예찰 프로그램에 따른 살균제 살포를 수 회 실시하였다. 그 외의 모든 시비와 재배방법은 일반농가의 관행에 준하여 적용하였다. 피해도는 감자의 경엽 무성기에 3회에 걸쳐 자연발생한 감자수염진딧물의 수를 품종별로 조사하였다. 각 시험구의 중앙에 위치한 골의 10주를 택하여 주당 상위 5엽에 발생한 감자수염진딧물 수를 조사하였다.

해충피해도 실내검정

포장검정에서 감자수염진딧물에 대한 피해도가 비교적 낮은 것으로 평가된 3개 품종 및 우리나라의 7개 장려품종을 실내에서의 해충피해도 검정에 이용하였다(결과 참조). 시험곤충은 1997년 6월 대관령 시험포장에서 채집하여 곤충사육실(온도 24±1℃, 광주기 8L : 16D, 상대습도 80±5%)에서 누대사육한 개체를 이용하였다. 누대사육에 이용한 먹이식물은 온실에서 포트재배한 감자 10개 품종의 복엽을 사용하였다. 섭식에 따른 진딧물의 감로 배설량 정도는 벼멸구(*Nilaparvata lugens*)에서 사용하는 방법(Heinrichs *et al.*, 1985)을 적용하였는데, 여과지(직경 9 cm, No. 2)를 0.01% ninhydrin (in acetone) 용액에 적신 후 acetone을 완전히 풍건시킨 다음 각 품종의 감자 복엽 줄기 밑에 끼우고 상위엽에 감자수염진딧물 20마리를 접종하였다(Fig. 1). 진딧물의 감로 배설량은 매미충이나 멸구처럼 다량이 아니라 상대적으로 소량이므로 Heinrichs *et al.* (1985)의 방법을 적용하기가 어려웠다. 따라서 여과

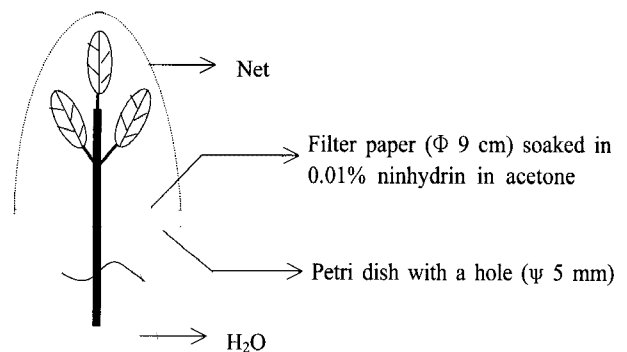


Fig. 1. Laboratory setup for estimating the amount of honeydew excreted by *M. euphorbiae* on filter paper treated with 0.01% ninhydrin in acetone (Modified from Heinrichs *et al.*, 1985).

지에 처리하는 ninhydrin의 농도를 0.01%로 조제하여 미량의 감로라도 발색이 가능하도록 하였으며, 벼를 포트에 심은 것과는 달리 감자 복엽하나를 칼로 잘라서 물에 담그는 방식으로 하였다(Fig. 1). 그러나 일부 품종에서 6시간이 지나면서 물에 담근 줄기 끝이 서서히 갈라지기 시작하여 10시간 정도가 지나면 완전히 갈라져 버리는 경향도 보였으나, 본 실험에서는 품종간의 차이를 고려하지 않고 일괄적으로 접종 24시간 후에 감로량을 측정하였다. 감자 수염진딧물은 접종과 동시에 흡즙할 수 있도록 실험에 투입하기 전에 24시간 동안 섭식을 중지시켰다. 24시간 섭식후 여과지에 찍힌 보라색 spot 수를 조사하여 감로배설 정도를 추정하였고, 3회 반복실험하여 품종별 차이를 평가하였다.

Glycoalkaloids 함량 분석

감자잎을 각 품종별로 실험포장에서 채취한 즉시 실험실로 가져와 분석하였다. 감자의 잎에 함유된 glycoalkaloids 추출은 Bushway *et al.* (1990)의 방법에 준하되, 몇 가지 시료 처리와 용매 시스템을 조금씩 달리하여 추출하였다(Fig. 2). 잎 50 g에 methanol-chloroform (2:1, v/v) 혼합용액 100 ml를 부은 후 전기믹서로 마쇄한 후 여과지로 걸렀다. 동일한 용매 100 ml로 침전물을 다시 한번 여과하고, 전체 여과액을 250 ml로 만들었다. 이 중 50 ml를 45°C에서 감압농축하여 25 ml로 만들고 여기에 0.2 N HCl 용액 25 ml를 가한 후 3분간 sonication하고 이를 원심분리(25,000 rpm, 4°C, 10분)하여 침전물은 버리고 상정액을 얻었다. 상정액에 conc. NH₄OH 약 25 ml를 가하여 pH 10.5~11.0으로 조절한 후, 70°C 수조에서 20분간 가열 후 냉장고에 24시간 방치하였다. 다시 원심분리(25,000 rpm, 4°C, 10분)하여 상정액은 버리고 침전물을 취하고, 암모니아 냄새가 없어질 때까지 실온에서 풍건시켰다. 침전물을 methanol (99.6%) 25 ml에 용해시켜 원심분리(5,000 rpm, 20°C, 10분)한 후 상정액을 45°C에서 감압농축시켜 glycoalkaloids 침전물을 얻었다. 총 glycoalkaloids 함량은 침전물의 무게를 시료 100 g당 mg으로 환산하였다.

무기물(총질소, Ca, K, Mg) 분석

감자잎을 85°C dry-oven에서 48시간 완전히 건조시킨 후 전기믹서기를 이용하여 가루로 만들었다. 건조 분말시료 1.0 g을 Kjeldahl flask에 넣고 conc. H₂SO₄, 12 ml를 넣은 후 전기분해조에서 순차적으로 180°C에서 420°C까지 가열하면서 투명한 액체가 될 때까지 24시간 계속 습식

분해시켰다. 이때 분해를 위한 촉매로서 30% H₂O₂, 3 ml를 6시간 마다 넣어 주었다. 분해가 완전히 종료되면 여과지(No. 6)로 거르고, 증류수를 가하여 시료액이 100 ml가 되게 하였다.

전질소 함량은, 각 시료액 50 ml를 취하여 자동질소분석장치(Kjeltec System 1026 Distilling Unit, Tecator Co.)를 이용하여 증류하였다. 증류액은 삼각플라스크(250 ml) 속의 2% Boric acid (50 ml)와 반응시켰고, 이를 0.01 N(인)의 H₂SO₄로 적정(청색 → 포도주색)하여 건물질 %로 환산하였다.

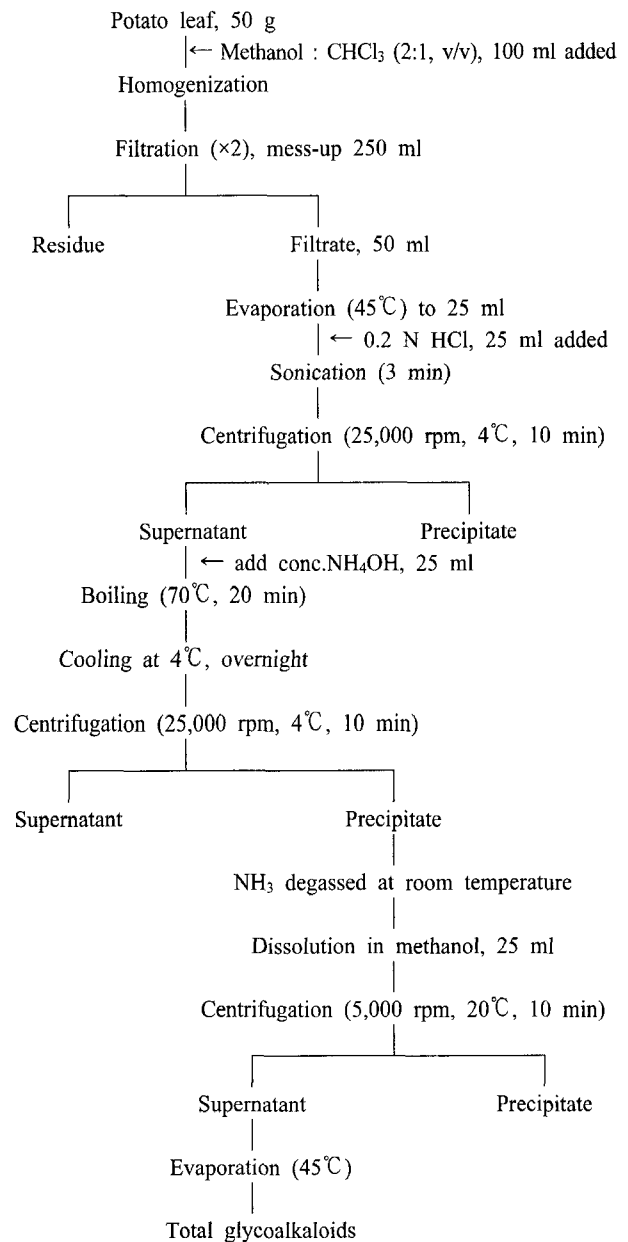


Fig. 2. Quantification procedure used to extract and isolate total glycoalkaloids from potato leaves (Modified from Bushway *et al.*, 1990).

K, Ca, Mg 등의 무기양이온 함량은, 각 시료액을 원자 흡광분광도계(Atomic Absorption Spectrophotometer, Z-6000, Hitachi Co.)를 이용하여 Ca는 422.7 nm, Mg은 285.2 nm, K는 766.5 nm에서 흡광도를 측정하여 ppm으로 환산하였다.

해충피해도와 관련요인간 상관분석

각 수치의 유의성은 SAS를 이용하여 Tukey검정($\alpha = 0.05$)으로 비교하였으며, 실외/실내시험의 피해도와 각 저항성 관련 요인들 간의 상관성은 SAS의 PROC CORR (SAS Institute Inc., 2003)을 이용하여 분석하였다.

결 과

감자 품종별 진딧물 피해도

우리나라 7개 장려 품종을 포함한 총 50개 품종에 대한 감자수염진딧물의 포장 발생밀도 범위는 5엽당 4.1~31.4 정도였다. 낮은 발생밀도를 보인 품종은 Jidose, Recent, Sebago 품종 등으로 5마리 이하 발생하였고, Desiree 품종은 30마리 이상의 높은 발생량을 보였다(Table 1). 10개 감자 품종별 감자잎을 흡즙한 감자수염진딧물의 감로 배설량 측정실험에서 Ninhydrin을 처리한 여과지에 나타난 보라색 반점의 수는 Jopoong에서 40.3개로 가장 많았고, 그 다음이 Superior로 37.7개였다. 가장 적은 품종은 Anco와 Shepody로 각각 15.7개, 16.7개였다(Table 2). 본 실내 실험의 결과를 포장에서의 발생밀도와 상관성을 분석한

Table 2. Number of honeydew spots secreted by *M. euphorbiae* aphid by 10 potato cultivars

Cultivar	No. of purple spots (M±SD)
Anco	15.7±1.2 e ¹
Shepody	16.7±1.5 e
Bintje	21.7±2.1 de
Irish Cobbler	25.0±2.7 cd
Denali	25.0±3.0 cd
Atlantic	27.3±1.5 bcd
Namsuh	32.7±3.5 abc
Dejima	33.3±3.2 ab
Superior	37.7±2.5 a
Jopoong	40.3±4.2 a

¹In a column, means with the same letter are not significantly different by Tukey's Studentized Range Test, $p = 0.05$.

Table 1. Comparative infestation level of *M. euphorbiae* with 50 potato cultivars in the field

Maturing type	Cultivar	No. of aphid per 5 leaves (M±SD)
Early	Anco	8.3±0.7 nopqrs ¹
	Shepody	8.4±0.7 mnopqrs
	Irish Cobbler	9.2±2.4 lmnopqrs
	Maritta	13.5±1.2 ijklm
	Sandra	14.3±1.1 hijkl
	Warba	14.9±1.6 ghijk
	Namsuh	15.9±2.9 fgghi
	Carlton	22.2±3.0 bcde
	Superior	23.4±2.7 bcde
	Jopoong	27.1±1.8 ab
Desiree	31.4±0.8 a	
Mid	Norgold Russet	5.7±0.6 qrs
	AK-Red	8.2±0.2 nopqrs
	Norland	9.7±0.5 klmnopqr
	Russet Norkotah	10.3±1.1 jklmnopq
	Shinyuseo	12.2±0.8 ijklmno
	Nicola	12.4±1.3 ijklmno
	Penobscot	14.8±0.8 ghijk
	Denali	18.8±2.2 efgh
	Toyoshiro	19.7±1.5 efgh
	Epicure	20.2±1.2 ef
Alamo	20.4±1.9 def	
Late	Jidose	4.1±0.3 s
	Recent	4.4±0.9 s
	Sebago	4.8±0.6 rs
	Allegany (NY72)	6.9±0.2 pqrs
	Shimabara	8.0±0.4 opqrs
	Ojira	8.0±1.5 opqrs
	Isola	8.4±0.4 mnopqrs
	Red LaSoda	11.2±0.6 ijklmnop
	Red Pentiac	11.5±1.1 ijklmnop
	Marijk	11.6±1.0 ijklmnop
	Some moire	11.9±1.6 ijklmnop
	Rosa	12.2±2.6 ijklmno
	Dejima	12.7±2.7 ijklmno
	Atlantic	12.9±2.4 ijklmno
	Sieglinde	13.0±1.0 ijklmno
	Whitu	13.2±1.2 ijklmn
	Cardinal	13.9±1.2 hijkl
	Corine	14.5±0.7 ghijk
	Enignheimer	14.5±1.1 ghijk
	Norin#2	15.4±0.9 fghij
Pentland Envoy	19.0±1.0 efgh	
Snowchip	21.6±1.8 cde	
Hatsuhubuki	21.9±2.6 bcde	
Spunta	23.4±2.4 bcde	
Wheeler	23.7±1.9 bcde	
Renemahue-9	25.5±1.7 bcd	
Bintje	25.7±1.6 bc	
Kumsisuh	26.4±1.3 abc	

¹Means with the same letter are not significantly different by Tukey's Studentized Range Test, $p = 0.05$.

Table 3. Contents (M±SD) of total glycoalkaloids (GA), total nitrogen, Ca, K and Mg in potato leaves

Cultivars	GA (mg/100 g fresh)	Total-N (% dry wt.)	Ca (ppm, dry wt.)	K (ppm, dry wt.)	Mg (ppm, dry wt.)
Anco	3.5±0.3f	5.2±0.3c ¹	190.8±6.5bc	901.6±13.0b	78.4±1.3cd
Atlantic	4.7±0.1de	5.7±0.2abc	142.0±14.6e	1204.0±12.7a	80.8±3.9cd
Bintje	5.5±0.2d	6.0±0.3ab	185.2±9.0bcd	1184.0±70.4a	103.2±5.3ab
Dejima	4.6±0.2def	5.8±0.4abc	197.6±6.9b	1133.6±69.6a	96.8±8.3abc
Denali	15.7±0.9a	5.3±0.1bc	240.8±25.0a	906.4±28.2b	113.6±11.0a
Ir-Cobbler	3.8±0.3ef	5.4±0.1bc	169.2±3.2bcde	1200.8±12.6a	88.8±10.5bc
Jopoong	7.0±0.3c	6.3±0.2a	158.4±4.1de	1154.4±184.9a	109.6±9.0a
Namsuh	12.2±0.4b	5.8±0.2abc	160.4±3.9de	922.4±11.0b	94.4±4.3abc
Shepody	3.6±0.1f	5.3±0.1bc	163.6±5.8cde	907.2±7.0b	83.2±5.7bcd
Superior	6.9±0.6c	5.5±0.4bc	150.4±4.4e	767.2±18.3b	65.6±2.6d

¹In a column, means with the same letter are not significantly different by Tukey's Studentized Range Test, p = 0.05.

Table 4. Correlation between infestation level of *M. euphorbiae* in the field and laboratory test and possibly resistance-related factors of potato cultivars. Values represent Spearman's rank correlation coefficient

Correlation coefficient ^a	Field test	Lab. test	Glyco-alkaloid	Total N	Ca	K	Mg
Field test	-	0.61	0.81**	0.72*	-0.27	0.12	0.50
Lab. test		-	0.57	0.65*	-0.46	0.09	0.17

^aAsterisks indicate significant differences at 95% significant level (Kendall tau-b). * and ** indicates P < 0.05 and P < 0.01, respectively.

결과 정의 상관관계가 있는 것으로 나타났다.

Glycoalkaloids 함량

감자 품종별 엽 내 glycoalkaloids의 함량을 조사한 결과, Denali와 Namsuh 품종은 생체중당 10 mg% 이상의 높은 함량을 보였으며, Anco와 Irish Cobbler 품종은 4 mg% 이하의 낮은 함량을 보였다(Table 3).

무기물 및 아미노산 함량

잎의 전질소 함량은 Jopoong에서 가장 많았고, Ca 함량은 Denali 품종에서 건물중당 240.8 ppm로 매우 높았다. K 함량은 다른 무기 양이온 원소들에 비해 상대적으로 많이 함유하고 있었는데, 잎에서는 Superior 품종을 제외하고는 모든 품종의 잎에 900 ppm 이상이 함유되어 있었고, Irish Cobbler에는 216.8 ppm으로 가장 적게 함유하는 것으로 나타났다. Mg 함량은 Jopoong 품종에 많았고, Anco 품종은 적게 함유하였다(Table 3).

해충피해도와 관련 요인 간 상관분석

포장실험과 실내시험 결과를 각 요인별로 상관분석한 결과, 감자수염진딧물에 의한 피해는 glycoalkaloid 함량

이나 전질소 함량과 정의 상관관계를 보였고, 나머지 식물체 성분과는 유의한 상관관계가 없었다(Table 4).

고 찰

감자수염진딧물이 감자 5엽당 10마리 이하가 발생한 품종은 Jidose, N-Russet, Norland, Recent, Sebago 등 13종으로 대부분 증만생종이었으며, 가장 발생이 심한 품종은 조생종인 Desiree로 31.4마리가 발생하였다(Table 1). 일반적으로 Superior같은 조생종이 Russet Burbank 같은 만생종보다 해충피해가 심한 것으로 알려져 있는데, 이는 만생종은 괴경이 형성된 이후에도 새 잎이 자라나므로 이미 해충에 의해 섭식된 피해엽을 보상할 수 있기 때문으로 해석된다(Ferro and Boiteau, 1993). Kwon *et al.* (1997)은 감자포장에서 진딧물의 밀도가 가장 높은 품종은 Superior였다고 보고하였으나, 이는 발생한 모든 진딧물을 조사한 결과이므로 감자수염진딧물만 조사한 본 시험과는 약간의 차이가 있다고 생각된다.

감자와 토마토에 주로 함유된 glycoalkaloids는 내충성과 관련된 2차 화합물로서, alkaloids에 당이 결합한 구조를 하고 있으며 지금까지 알려진 종류만 해도 13가지 정도이다(Osman *et al.*, 1991). Gregory *et al.* (1981)은 16개

야생종 감자의 잎을 분석한 결과 glycoalkaloids 함량은 평균 200~3,900 mg%이며 대부분이 solanine과 chaconine이라고 보고하였다. 본 실험에서 품종별 glycoalkaloids 함량은 잎에서는 3.50~15.67 mg%로 변이가 컸다. 잎의 glycoalkaloids 함량에 영향을 미치는 요인은 광도, 토양습도, 잎의 성숙정도, 광도, 살충제 처리 등으로 알려져 있다(Wilson and Frank, 1975; Tingey *et al.*, 1978; Deahl *et al.*, 1991). 본 실험에서 각 품종별 glycoalkaloids 함량과 포장에서의 진딧물 피해간에는 정의 상관관을 보였으나, 보다 정밀도가 높을 것으로 판단되는 실내 감로 배출량 실험에서 추정된 피해정도와는 전혀 상관관이 없는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 glycoalkaloids가 내충성에 관여할 것이라는 일반적인 생각과는 반대되는 결과로서 몇 가지 이유로 설명할 수가 있을 것이다. 일반적으로 질소시비량을 증가하면 식물체내의 glycoalkaloids 함량도 함께 증가하는데(Love *et al.*, 1994), 질소함유물질인 glycoalkaloids 함량이 많다는 것은 식물체 중 질소함량이 많다는 것으로 유추할 있고, 그에 따라 해충의 섭식선호도가 증가하였으리라 생각할 수 있다. Shepody 품종에서 암모니아태 질소(ammonium nitrate) 시비량 증가에 따라 괴경내 glycoalkaloid와 nitrate 함량이 증가하였다는 보고도 있다(Mondy and Munshi, 1990). glycoalkaloid 함량이 높은 야생종 감자인 *S. chacoense*를 재배종 감자와 교배하여 잎에 고농도의 leptine을 함유한 유망한 내충성 clone을 얻기도 하였는데(Sanford *et al.*, 1996), glycoalkaloid 종류별로 우리나라 주요 감자해충에 대한 저항성 검정과 함께 glycoalkaloid 함유 내충성 감자품종 개발이 친환경 농업 시대에 필요하리라 생각된다.

잎의 전질소 함량과 감자수염진딧물 피해도간에는 포장 및 실내 실험 모두에서 정의 상관($r = 0.71953^*$, 0.65138^*)을 보였다(Table 4). 질소는 곤충의 섭식에 영향을 주는 일부 allelochemicals의 구성요소일 뿐 아니라 단백질이나 효소의 주성분이므로 질소비료를 많이 주면 해충의 발생도 많아진다고 알려져 있다. 실제 질소비료를 많이 준 수수와 적게 준 수수에 옥수수태두리진딧물 (*Rhopalosiphum maidis* Fitch)이 자연 발생하도록 했을 때 진딧물 밀도는 많이 준 시험구에서 3배 이상 많이 발생하였다(Branson and Simpson, 1966). 질소와는 달리 K 함량은 해충 발생과 부의 상관관이 있다고 일반적으로 알려져 있는데, 이는 K가 식물체 즙액중의 아미노산이나 환원당의 제거와 관련된 생리적 현상 때문이다. 그러나 본 실험에서는 어떠한 상관성도 나타나지 않았다.

감자재배시 내충성 품종을 생물적 방제법과 통합하여

실제 포장에서 적용하기에는 아직까지 해결해야 할 점이 남아있다. 그 두 가지 방법은 서로 상반되는 면을 갖고 있는데, 살충성 곰팡이인 *Beauveria bassiana*를 Colorado potato beetle (*L. decemlineata*)을 방제하기 위해 처리할 경우에는 식물체내에 glycoalkaloids 함량이 적은 품종이어야 효과적이라고 한다. 그 이유는 감자의 주요 glycoalkaloid 성분인 solanine과 tomatine은 그 곰팡이의 성장과 콜로니 형성을 저해하기 때문이다(Costa and Gaugler, 1989). 따라서 내충성 관련요인을 탐색하여 새로운 내충성 품종을 육성하거나, 작물이 해충에 대해 저항성을 발휘할 수 있는 재배법을 개발할 경우에는 다른 유용한 방법과 상반되는 점은 없는지를 고려해야 할 것이다. 또한 지금까지 언급한 요인들이 실제 해충에 대한 저항성 요인으로 작용하는지를 검정하기 위해서는 새로운 많은 품종들을 대상으로 포장과 실내에서 확인하는 작업이 계속되어야 할 것이다.

Literature Cited

- Branson, T.F. and R.G. Simpson. 1966. Effects of a nitrogen-deficient host and crowding on the corn leaf aphid. *J. Econ. Entomol.* 59: 290-293.
- Bushway, A.A., R.J. Bushway, and C.H. Kim. 1990. Isolation, partial purification and characterization of a potato peel α -solanine cleaving glycosidase. *Amer. Potato J.*, 67: 233-238.
- Costa, S.D. and R. Gaugler. 1989. Influence of Solanum host plants on Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) susceptibility to the entomopathogen *Beauveria bassiana*. *Environ. Entomol.* 18: 531-536.
- Deahl, K.L., W.W. Cantelo, S.L. Sinden and L.L. Sanford. 1991. The effect of light intensity on Colorado potato beetle resistance and foliar glycoalkaloid concentration of four *Solanum chacoense* clones. *Amer. Potato J.* 68: 659-666.
- Fatzpatrick, T.J., S.F. Herb, S.F. Osman and J.A. McDermott. 1977. Potato glycoalkaloids: Increases and variations of ratios in aged slices over prolonged storage. *Amer. Potato J.* 54: 539-544.
- Ferro, D.N. and G. Boiteau. 1993. Management of insect pests. In *Potato Health Management*. 178 pp. APS Press, Minnesota.
- Gregory, P., S.L. Sinden, S.F. Osman, W.M. Tingey and D.A. Chessin. 1981. Glycoalkaloids of wild, tuber-bearing *Solanum* species. *J. Agric. Food & Chem.* 29: 1212-1215.
- Heinrichs, E.A., F.G. Medrano and H.R. Rapusas. 1985. Genetic Evaluation for Insect Resistance in Rice. 356 pp. IRRRI, Los Banos, Philippines.
- Kwon, M., C.S. Park and Y.I. Hahm. 1997. Occurrence pattern of insect pests on several varieties of potato. *Korean J. Appl. Entomol.* 36: 145-149.
- Love, S.L., T.J. Herrman, A.J. Johns and T.P. Baker. 1994. Effect of interaction of crop management factors on the glycoalkaloid concentration of potato tubers. *Potato Res.* 37: 77-85.

- Mondy, N.I. and C.B. Munshi. 1990. Effect of nitrogen fertilization on glycoalkaloid and nitrate content of potatoes. *J. Agric. Food & Chem.* 38: 565-567.
- Osman, S.F., S.L. Sinden, P. Irwin, K. Deahl and W.M. Tingey. Solanocardinol: A steroidal alkaloid from *Solanum neocardenasii*. *Phytochem.* 30: 3161-3163.
- Rowe, R.C. 1993. Potato Health Management: A Holistic Approach. In *Potato Health Management*. 178pp. APS Press, Minnesota.
- Salazar, L. F. 1996. Potato viruses and their control. 214pp. International Potato Center (CIP), Lima.
- Sanford, L.L., R.S. Kobayashi, K.L. Deahl and S.L. Sinden. 1996. Segregation of leptines and other glycoalkaloids in *S. tuberosum* (4x) × *S. chacoense* (4x) crosses. *Amer. Potato J.* 73: 21-33.
- SAS Institute. 2003. SAS/STAT User's Guide. Statistics, version 9.1. SAS Institute Inc. Cary, NC.
- Sinden, S.L., L.L. Sanford, W.W. Cantelo and K.L. Deahl. 1986. Leptine glycoalkaloids and resistance to the Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) in *Solanum chacoense*. *Environ. Entomol.* 15: 1057-1062.
- Tingey, W.M., J.D. Mackenzie and P. Gregory. 1978. Total foliar glycoalkaloids and resistance of wild potato species to *Empoasca fabae* (Harris). *Amer. Potato J.* 55: 577-585.
- Tingey, W.M. and S.L. Sinden. 1982. Glandular pubescence, glycoalkaloid composition and resistance to the green peach aphid, potato leafhopper, and potato flea beetle in *Solanum berthaultii*. *Amer. Potato J.* 59: 95-106.
- Wilson, J.M. and J.S. Frank. 1975. The effect of systemic pesticides on total glycoalkaloid content of potato tubers at harvest. *Amer. Potato J.* 52: 179-184.

(Received for publication March 25 2008;

revised June 25 2008; accepted June 26 2008)