

감자 이상모자이크증상의 몇 가지 발생원인 및 제초제에 의한 증상 유기

권민 · 함영일 · 김현준¹ · 임명순

농촌진흥청 고령지농업시험장 작물과, ¹농촌진흥청 원예연구소 채소육종과

요약 : 최근 씨감자 채종지에서 PVX, PVY 감염증상과 유사한 비(非)바이러스성 모자이크증상(Non virus-induced mosaic symptom, NVMS)이 매년 5~20% 정도 발생하고 있어서 씨감자포장검사원과 농민간에 많은 마찰이 발생하고 있는 실정이다. 본 실험에서는 NVMS의 원인을 구명하고자 의심주와 건전주의 재배적, 병리적, 화학적 분석을 실시하였고, NVMS를 일으키는 원인중의 하나로 생각되는 감자밭 제초제에 대한 약해증상 유기실험을 포장과 실내에서 실시하였다. 이상모자이크 증상주가 심겨진 근권토양의 이화학적 특성(pH, EC) 및 토양 내 각종 성분(유기물, P₂O₅, K, Ca, Mg, NO₃) 함량을 분석하여 이상모자이크 발생률과의 상관분석을 실시한 결과 어떠한 상관성도 보이지 않았다. 또한 바이러스항혈청(PVY, PVX)을 이용한 ELISA 검정과 투과(透過)전자현미경(TEM) 검경에서도 어떠한 바이러스 입자도 검출되지 않았다. 지표식물인 *Nicotiana tabacum*과 *N. sylvestris*를 이용한 접종에서도 PVX와 PVY 감염증상이 보이지 않았다. 감자밭용 제초제 처리 결과 Pendimethalin · linuron EC+paraquat SL 처리구에서는 61.1%의 NVMS 발생률을 보였으며, Pendimethalin EC+paraquat SL 처리구에서는 47.2%, Oxadiazon · pendimethalin EC+paraquat SL 처리구에서는 19.4%의 발생률을 보였다. 따라서 Pendimethalin 성분이 함유된 제초제 처리가 감자의 NVMS 발생 원인으로 판명되었다. 수량에서는 처리간 유의성을 보이지 않았으나, 다만 Dicamba 처리구에서 무처리 대비 23%의 수량감소가 있었다. 또한 전년도 제초제 처리한 피경을 파종하여 후대검정한 결과, 어떠한 이상모자이크 증상도 관찰되지 않았다.(2001년 3월 24일 접수, 2001년 5월 22일 수리)

Key words : Potato, non virus-induced mosaic symptom, pendimethalin, phytotoxicity.

서론

감자는 영양번식을 하는 작물이므로 건전한 씨감자 생산을 위해서는 바이러스의 검정 및 이병주 제거가 필수적이다. 일반적으로 바이러스에 걸린 씨감자를 심었을 때의 수량은 건전한 씨감자를 심은 것에 비하여 수량감소가 40~70% 정도로 막대한 피해를 초래한다(Killick, 1979). 이에 따라 세계 각국은 씨감자 생산사업을 국가주도로 실시하여 엄격한 바이러스 검정을 실시하고 있으며, 특히 상위급(上位級) 단계의 씨감자에 대해서는 포장진단과 후대검정을 통하여 바이러스 이병주 제거에 많은 노력을 기울이고 있다. 현재 우리나라에서는 보증씨감자를 생산하려면 종자산업법 제128조(포장검사)에 따라 농림부장관 또는 종자관리사로부터 1회 이상 포장검사를 받아야 한다고 규정하고 있으며, 또한 동법 종자관리요강(농림부고시 제1999-37호)의 포장검사 및 종자검사의 검사 기준에 의하면 감자모자이크바이러스의 발생률은 원원종포 0.3%, 원종포 0.5%, 채종포 1.0% 이하로 발생되어야만 씨감자로서의 생산 기준에 부합된다.

국내에서 감자잎에 모자이크 증상을 일으키는 대표적인 바이러스로는 감자X바이러스(PVX)와 감자Y바이러스(PVY)가 알려져 있다. 이러한 바이러스성모자이크 증상과 유사한 비(非)바이러스성 모자이크증상(Non virus-induced mosaic

symptoms, NVMS), 즉 이상모자이크 증상과 그 원인에는 sublethal chilling에 의한 chlorosis (Hooker, 1968), 토양 중 염류의 과다축적에 의한 잎 주변부의 necrosis (Robinson 등, 1960), 토양 중 각종의 미량원소 결핍에 의한 황화증상 및 chlorosis (Meisinger 등, 1978; 장 등, 1999), 병해충의 가해에 의한 잎의 기형과 necrosis (Brodie, 1984; Eyers, 1937), 유전적 이상(chimera)에 의한 variegation (Schmelzer와 Schmidt, 1963) 등이 보고되어 있다.

최근 씨감자 채종지에서 PVX 또는 PVY 감염증상과 유사한 이상모자이크 증상이 매년 5~20% 정도 발생하고 있는데(함 등, 1998), 이에 따라 농림부산하 농산물품질관리원에서 주관하고 있는 포장진단시에 씨감자 재배농민이나 농민단체와 바이러스 감염문제를 두고 많은 마찰이 발생하고 있는 실정이다. 현재 국내에 등록된 감자밭 제초제는 20종으로서(농약공업협회, 2000), 이들에 의한 감자의 약해증상 유무는 필수적인 등록사항이므로 엄격한 약해시험을 수행하고 있다. 또한 제초제의 약해증상에 관해서는 농약 품목 등록 보고서에 기준량과 배량에서 약해시험 결과를 기재하고 있으며, 감자밭 제초제에 의한 약해 관련논문으로 현재까지 국내에서 보고된 것으로는 quinclorac을 처리한 논에 감자를 심은 결과 어린 감자잎이 심하게 말리고 기형증상을 보였다(Om 등, 1994)는 것이 유일하다.

따라서, 본 실험에서는 이러한 감자 이상모자이크 증상의 원인을 구명하고자 이상모자이크주와 정상주의 재배적, 병리적, 화학적 분석을 실시하였고, 또한 이상모자이크를

*연락처자

일으키는 원인중의 하나로 생각되는 감자밭 제초제에 대한 약해증상 유기실험을 포장과 온실에서 실시하였다.

재료 및 방법

감자 이상모자이크 원인 구명

강원도 평창군 내 씨감자 재배포장 4곳에서 이상모자이크 증상을 보이는 식물체 16주와 정상주 4주를 채집하였고, 각 식물체가 심겨진 지점의 토양을 500 g씩 채취하였다. 토양분석을 위해 토양시료를 75°C 건조기에서 건조 후 2 mm 체에 통과시킨 토양을 분석시료로 이용하였으며, 분석방법은 농업과학기술원의 표준토양화학분석법(농업기술연구소, 1988)을 적용하였다. 즉, 토양 pH는 건조토양 10 g에 증류수 50 mL 넣고 2~3분간 진탕후 30분간 방치후 pH meter로 측정하였고, 토양 전기전도도(EC)는 동일한 시료를 EC meter(Model 180, Orion)를 이용하여 측정하였다. 토양유기물 함량은 Walkley-Black법을 이용하여 측정하였고, 토양 내 P₂O₅함량은 Molybden-Blue법을 이용하였다. 토양 중 무기양이온(Ca, Mg, K) 함량은 토양시료 10 g을 1N ammonium acetate 100 mL로 침출후 원자흡광광도계(AA-6701F, Shimadzu)로 측정하였다. 토양내 질산태질소(NO₃) 함량은 2 N KCl로 추출후 Kjeldahl법으로 측정하였다.

효소결합항체검정(ELISA)를 위하여 식물체 착즙후 PVX, PVY에 대한 IgG 코팅 → 증액접종 → Conjugated IgG 첨가 → Substrate 첨가 → Reading 순서로 수행하였으며, 일부는 지표식물인 *Nicotiana tabacum* (White

Burley)과 *Nicotiana sylvestris* SPEG를 이용하여 PVX와 PVY 감염여부를 각각 검정하였다. 또한 투과(透過)전자현미경(Hitachi-7100S, TEM)을 이용하여 식물체내 바이러스 입자의 존재여부를 검정하였다.

감자 이상모자이크 유기

포장시험은 1999~2000년에 걸쳐서 감자 수미품종을 대상으로 실시하였다. 시험구(5 m²)당 씨감자 24주를 25×75 cm 간격으로 5월 8일에 파종하여, 감자 싹이 80% 정도 출현한 5월 31일에 9종의 토양처리형 제초제를 처리하였다(표 1). 제초제별 처리약량은 농약사용지침서의 규정에 준하였으며(농약공업협회, 1999), 시험구 배치는 난괴법 3반복으로 하였다. 감자 이상모자이크 증상 발생정도는 7월 10일에 육안조사하였으며, 시험구 당 발생주수를 전체주수와 대비하여 발생률(%)로 산정하였다. 이 때 한 잎이라도 이상모자이크 증상이 나타나면 증상주로 판정하였다. 또한 제초제 처리에 따른 감자의 수량차이를 조사하기 위하여 9월 18일에 시험구 전체의 수확량을 조사한 후 10 a당 수확량으로 환산하였다.

온실실험에서는 제초제 선정에 달리 하였는데, 포장시험 결과 pendimethalin 성분을 함유한 제초제 처리구에서 이상모자이크 증상이 19~61% 정도 출현하였기에, 이를 재확인하기 위하여 7종의 제초제(표 1)를 선정하여 8월 상순부터 2회에 걸쳐 기준량과 배량으로 경엽에 처리한 후 감자잎의 이상모자이크 발현 여부를 조사하였다.

감자 이상모자이크 증상주의 후대검정

Table 1. Herbicides tested for induction of non virus-induced mosaic symptom(NVMS) on potato plants in the field and greenhouse in 1999~2000

Herbicide	A.I. (%)	Dosage (per 10a)	Field	Greenhouse	
				1st	2nd
Metribuzin WP+paraquat SL	35+24.5	100 g + 300 mL	○	-	-
Pendimethalin EC+paraquat SL	31.7+24.5	200 mL + 300 mL	○	○	○
Oxadiazon · pendimethalin EC+paraquat SL	(4+15)+24.5	300 mL + 300 mL	○	○	○
Pendimethalin · linuron EC+paraquat SL	(15+10)+24.5	400 mL + 300 mL	○	○	○
Flufenacet · metribuzin WP+paraquat SL	(36+7)+24.5	100 g + 300 mL	○	-	-
Paraquat SL	24.5	300 mL	○	○	○
Glufosinate ammonium SL	18	300 mL	○	-	-
Sethoxudim EC	20	150 mL	○	-	-
Dicamba SL	48.2	100 mL	○	-	-
Pendimethalin EC (1X) ^{a)}	31.7	200 mL	-	○	○
Pendimethalin EC (2X)	31.7	400 mL	-	○	-
Linuron WP (1X)	50	150 g	-	○	○
Linuron WP (2X)	50	300 g	-	○	-
Pendimethalin · linuron EC (1X)	15+10	400 mL	-	○	○
Pendimethalin · linuron EC (2X)	15+10	800 mL	-	○	-
Oxadiazon · pendimethalin EC (1X)	4+15	300 mL	-	○	○
Oxadiazon · pendimethalin EC (2X)	4+15	600 mL	-	○	-
Untreated (Hand weeding)	-	-	○	○	○

^{a)}1X : Recommended dosage, 2X : Double dosage of recommendation.

Table 2. Physical and chemical properties of the soil taken from the field spots where diseased or healthy potato plants were planted in 1999

Site	Incidence degree ^{a)}	Soil pH (1:5)	Soil EC (1:5, $\mu\text{s/cm}$)	OM ^{b)} (%)	P ₂ O ₅ (ppm)	NO ₃ -N (Cmol/kg)	K (Cmol/kg)	Ca (Cmol/kg)	Mg (Cmol/kg)
1	++	5.45	139.0	3.25	277.7	0.32	0.79	5.41	1.49
2	++	6.10	149.9	2.66	205.1	0.27	0.25	6.88	1.96
3	++	5.95	74.5	1.02	100.2	0.25	0.07	7.30	1.95
4	++	5.70	65.5	1.74	100.2	0.33	0.10	8.04	2.03
5	-	5.65	712.0	3.08	351.1	0.38	0.94	7.22	2.29
6	+	5.80	183.3	2.11	172.7	0.41	0.95	3.02	1.20
7	+++	5.00	173.1	3.05	318.7	0.37	1.30	4.06	1.57
8	+++	5.00	110.1	2.71	348.3	0.44	0.67	4.81	1.96
9	+++	5.00	247.0	2.01	326.3	0.28	0.52	5.24	2.37
10	-	5.35	141.9	3.27	364.5	0.29	1.61	3.66	1.37
11	+++	5.05	96.7	3.75	213.7	0.35	2.17	2.21	0.76
12	+++	4.70	237.0	3.54	269.1	0.39	1.29	1.18	0.72
13	+++	5.75	83.8	2.95	89.7	0.40	0.55	0.21	0.28
14	-	4.70	552.0	4.17	275.8	0.37	1.50	1.44	0.84
15	-	5.10	72.6	4.78	213.7	0.30	0.83	0.70	0.35
16	-	5.75	291.0	5.33	193.7	0.26	2.61	1.51	1.05
Average		5.38	208.1	3.09	238.8	0.34	1.01	3.93	1.39

^{a)}Incidence degree of NVMS: +++ heavy, ++ medium, + slight, - none.

^{b)}Content of organic matter in the soil.

당대에 이상모자이크 증상을 보였던 식물체로부터 수확한 괴경을 후대에 심었을 경우에도 이상모자이크 증상을 보이는 지를 검정하기 위하여, 1999년 포장시험에서 제초제 pendimethalin EC와 pendimethalin EC+paraquat SL를 기준량 및 배량 처리하여 이상모자이크 증상을 보였던 감자의 괴경을 씨감자로 이용하였다. 9월 18일 수확하여 4℃ 저장고에 보관 후, 2000년 5월 3일에 파종하였다. 시험구(3 m×2.5 m)당 32주를 파종하였으며, 난괴법 3반복으로 실시하였다. 파종복토후 살충제와 제초제는 전혀 처리하지 않고 손제초만 실시하였으며, 감자역병을 예방하기 위하여 만코제브 수화제를 생육중 3회 살포하였다. 감자의 싹이 지상부로 출현한 이후부터 계속 잎에 나타나는 이상모자이크 증상 발생 여부를 조사하였다.

결과 및 고찰

감자 이상모자이크 원인 구명

이상모자이크 증상주가 심겨진 근권 토양의 이화학적 특성(pH, EC) 및 토양내 각종 성분(유기물, P₂O₅, K, Ca, Mg, NO₃) 함량을 분석하여 이상모자이크 발생률과의 상관 분석을 실시한 결과 어떠한 상관성도 보이지 않았다(표 2). 일반적으로 토양 중 영양성분의 결핍 혹은 과잉으로 인한 증상은 종종 바이러스로 인한 증상과 유사한 것으로 알려져 있는데, 토양중 질소 결핍은 일반적으로 감자잎에서 chlorosis와 시들시들한 모습의 증상을 일으키고, P₂O₅ 결핍은 잎의 진한 녹색화 및 cupping을 초래하며 (Houghland, 1960; 장 등, 1999), 마그네슘의 결핍은 잎맥

간 황화를 일으킨다(Sawyer와 Dallyn, 1966). 그렇지만 이상모자이크 증상의 원인이 토양 중 각종 영양성분의 결핍이나 과다가 아닌 바이러스에 의한 것일 수도 있다는 가정하에 바이러스 검정을 위한 여러 가지 진단을 실시하였다. 그 결과 감자 바이러스 항혈청(PVY, PVX)을 이용한 ELISA 검정에서 이상모자이크 증상주 모두 건전주와 동일한 흡광도를 보였으며, 주사전자현미경 검정에서도 이상모자이크 증상주 조직내에서 어떠한 바이러스 입자도 검출되지 않았다. 바이러스 진단 지표식물인 *Nicotiana tabacum* (White Burley)과 *Nicotiana sylvestris* SPEG를 이용하여 PVX와 PVY 감염여부를 각각 검정한 결과 어떠한 감염증상도 보이지 않았다. 따라서 감자잎의 이상모자이크 증상은 토양 중 영양성분의 결핍·과다 또는 바이러스에 의한 감염증상은 아닌 것으로 판단되었다.

감자 이상모자이크 증상 유기

감자밭에 이용되는 주요 제초제를 paraquat SL와 혼용하여 감자 유식물체에 처리한 결과 pendimethalin 성분이 함유된 약제 처리구에서 모두 이상모자이크 증상이 발생하였다(표 3).

그 결과 pendimethalin·linuron EC+paraquat SL 처리구에서 이상모자이크 발생률이 61.1%로 가장 높았으며, pendimethalin EC+paraquat SL 처리구에서는 47.2%, oxadiazon·pendimethalin EC+paraquat SL 19.4%의 발생률을 보였다. 그러나 paraquat SL 단독처리구에서는 어떠한 이상모자이크 증상도 발생하지 않은 것으로 보아 paraquat SL에 의한 피해는 아닌 것으로 판명되었다. 특히

paraquat SL을 처리하면 이미 지상부로 출현하여 약액이 접촉된 잎은 황화, 엽소(葉燒)의 증상을 보이면서 소실되지만, 계속되는 감자잎의 출현에 의해 약해증상은 점차 사라지고 생육중기에 접어들면 무처리와 동일한 생육상태를 보였다. Dicamba SL의 경우는 이상모자이크 증상과는 판이한 형태의 잎말림과 직립 및 기형증상, 속칭 고사리증상이 심하게 나타났는데, 초기 약해증상이 시간의 경과에 따라 증상은 그대로 유지하면서 작물체가 생육하는 까닭에 무처리 대비 약 23%의 수량감소가 있었다. 제초제 처리에 의한 감자의 수량감소에 관해서는 Om 등(1994)이 quinclorac이 살포된 논에 감자를 심었을 경우 감자수량이 약 30% 감소한다고 보고한 바 있다.

Pendimethalin 성분이 함유된 제초제에 의한 감자 이상모자이크 증상 출현 여부를 확인하기 위하여 2회에 걸쳐 단제 및 혼합제를 기준량과 배량으로 경엽에 처리한 후(표 1), 감자잎의 이상모자이크 발현 여부를 조사하였다. 그 결과 pendimethalin · linuron EC+paraquat SL, pendimethalin EC, pendimethalin · linuron EC 등에서 이상모자이크 증상을 보였으며, 특히 pendimethalin EC를 단독처리한 감자잎에서는 전형적인 이상모자이크 증상이 심하게 나타났다(표 4). 그러나 paraquat SL와 linuron WP를 단독처리한 감자잎에서는 어떠한 이상모자이크 증상도 관찰되지 않았다. 다만 linuron WP 처리의 경우 황화 증상과 함께 잎말림 증상이 보였지만 pendimethalin EC

Table 3. Effects of several herbicides on induction of non virus-induced mosaic symptom(NVMS) on potato leaves and tuber yields

Herbicide	Incidence rate, % (Mean ± SD)	Yield, kg/10a (Mean ± SD)
Metribuzin WP+paraquat SL	1.4 ± 0.17d ^{a)}	2,607 ± 83.61ab
Pendimethalin EC+paraquat SL	47.2 ± 5.13b	2,623 ± 21.63ab
Oxadiazon · pendimethalin EC+paraquat SL	19.4 ± 0.96c	2,265 ± 127.60cd
Pendimethalin · linuron EC+paraquat SL	61.1 ± 5.24a	2,220 ± 85.43cd
Flufenacet · metribuzin WP+paraquat SL	4.2 ± 0.56d	2,394 ± 208.46bcd
Paraquat SL	0d	2,534 ± 38.16abc
Glufosinate ammonium SL	1.4 ± 0.26d	2,510 ± 179.21abc
Sethoxydim EC	2.9 ± 0.53d	2,675 ± 122.32ab
Dicamba SL	0d	2,145 ± 64.09d
Untreated (Hand weeding)	1.4 ± 1.51d	2,800 ± 102.89a

^{a)}Means with the same letter are not significantly different by Tukey's Studentized Range Test, $P=0.05$.

Table 4. Incidence degree of non virus-induced mosaic symptom(NVMS) on potato leaves by treatment of pendimethalin alone and in mixture with other herbicides in the greenhouse

Herbicide	A. I. (%)	Dosage (per 10a)	Incidence degree ^{a)}	
			1st	2nd
Pendimethalin EC+paraquat SL	31.7+24.5	200 mL+300 mL	±	+
Pendimethalin · linuron EC+paraquat SL	(15+10)+24.5	400mL+300 mL	++	++
Oxadiazon · pendimethalin EC+paraquat SL	(4+15)+24.5	300 mL+300 mL	+	+
Pendimethalin EC (1X) ^{b)}	31.7	200 mL	+++	+++
Pendimethalin EC (2X)	31.7	400 mL	+++	NT ^{c)}
Linuron WP (1X)	50	150 g	+	±
Linuron WP (2X)	50	300 g	±	NT
Pendimethalin · linuron EC (1X)	15+10	400 mL	++	++
Pendimethalin · linuron EC (2X)	15+10	800 mL	++	NT
Oxadiazon · pendimethalin EC (1X)	4+15	300 mL	-	+
Oxadiazon · pendimethalin EC (2X)	4+15	600 mL	+	NT
Paraquat SL	24.5	300 mL	-	-
Untreated (Hand weeding)	-	-	-	-

^{a)}Incidence degree of NVMS : +++ heavy, ++ medium, + slight, - none, ± unclear.

^{b)}1X : Recommended dosage, 2X : Double dosage of recommendation.

^{c)}NT: Not tested.



Fig. 1. Phytotoxicity symptoms of potatoes treated with herbicides.

- 1 : Pendimethalin+paraquat, 2 : Oxadiazon - pendimethalin+paraquat,
- 3 : Pendimethalin · linuron+paraquat, 4 : Pendimethalin, 5 : Paraquat,
- 6 : Dicamba.

처리구와는 다른 증상이 보였다. 일반적으로 제초제에 의한 감자의 약해 반응은 품종별로 차이가 있는 것으로 알려져 있는데, 미국의 대표적인 가공용 품종인 Russet Burbank의 경우 metribuzin에 대해서는 약해를 보이지 않았으나 (Graf와 Ogg, 1976), 같은 광합성 저해작용을 가진 bentazon에 대해서는 심한 약해증상을 보였다(Love와 Haderlie, 1991). 또한 동일한 품종이라도 생육시기에 따라서 약해증상의 차이를 보였는데, bentazon을 감자 식물체 신장이 20~30 cm에 경엽처리한 것이 8~15 cm 시기에 처리한 것보다 심한 약해증상을 나타내었다(Love와 Haderlie, 1991).

Pendimethalin 성분에 의한 감자잎의 이상모자이크 증상은 감자바이러스(PVX, PVY)에 의한 증상과는 유사하나 몇 가지 다른 점을 관찰할 수 있었다. 일반적으로 PVX에 의한 감자잎의 감염증상은 모자이크형과 반점형이 있는데, 모자이크형은 주로 중간엽에 많이 나타나며 맥간이 퇴색하여 담록색이 되나 엽맥을 중심으로 한 부분은 퇴색하지 않는 특징을 보인다. 반점형은 잎의 맥간에 흑갈색의 불규칙한 괴저반점이 생기며, 보통 반점주변이 퇴색되어 전체적으로 옅은 색을 나타낸다. PVY에 의한 감염증상은 주로 모자이크 증상을 보이는데, PVX와는 달리 엽맥 그 자체에 증상이 나타난다. 즉 엽맥이 투명하게 백화(白化)되어 이 부분을 중심으로 주변이 퇴색되는 특징을 나타낸다(Hooker, 1981; Salazar, 1996). 이상모자이크 증상은 비병원성 모자이크 증상을 보이는데, 식물체 전체가 모자이크 증상을 보이는 경우는 드물고 하나의 측지 혹은 하나의 복엽에만 모자이크, 잎기형 및 심할 경우에는 오글쭉한 증상을 보인다(그림 1). 생육초기에 제초제에 노출되므로 약액이 묻은 측지는 갈수록 생육이 부진해져서 새로 생겨나서 성장하는 측지보다 하위로 처지는 까닭에 포장에서 세밀하게 조사하지 않으면 쉽게 관찰되지 않는다.

감자 이상모자이크 증상주의 후대검정

1999년도 포장실험에서 이상모자이크 증상을 보였던 pendimethalin EC 및 pendimethalin EC+paraquat SL 처리구(기준량, 배량)의 괴경을 수확하여 보관하였다가 2000년에 씨감자로 이용하여 재배한 결과, 어떠한 이상모자이크 증상도 관찰되지 않았다. 다만 생육초기에 약간의 생육지연이 있었지만 생육중기로 접어들면서 무처리와 비교하여 아무런 차이도 보이지 않을 정도로 정상적으로 생육하였다. 따라서 본 실험에서는 pendimethalin 성분이 함유된 제초제를 감자의 경엽에 처리한 경우 후대까지는 영향을 주지 않았던 것으로 생각된다. 그러나 괴경중 제초제 성분의 잔류량을 분석하지 않고서는 후대에서의 약해증상 발현여부를 판단할 수는 없을 것이다. 실제 quinclorac 성분의 경우 씨감자 괴경 중 20 ppb 이상이 함유된 경우에는 약해증상을 보였지만, 그 이하로 함유된 감자는 약해증상을 보이지 않았다(Om 등, 1994). 따라서 pendimethalin 성분이 함유된 제초제를 감자에 처리하여 후대에서 나타날 수 있는 이상모자이크 증상 발현여부를 판단하기 위해서는, 감자 괴경 및 재배할 토양 중 pendimethalin 성분의 함유량에 대한 정밀한 분석이 선행되어야 할 것이다.

인용문헌

Brodie, B. B. (1984) Nematode parasites of potato. pp. 167~212. In Plant and Insect Nematodes (ed. W. R. Nickle), Marcel Dekker Inc., NY.

Eyers, J. R. (1937) Physiology of psyllid yellows of potatoes. J. Econ. Entomol. 30:891~898.

Graf, G. T. and A. G. Ogg, Jr. (1976) Differential response of potato cultivars to metribuzin. Weed Sci. 24:137~139.

- Hooker, W. J. (1968) Sublethal chilling injury of potato leaves. *Am. Potato J.* 45:250~254.
- Hooker, W. J. (1981) Compendium of potato diseases. p.125. *In* The American Phytopathological Society, St. Paul, MN.
- Houghland, G. V. C. (1960) The influence of phosphorus on the growth and physiology of the potato plant. *Am. Potato J.* 37:127~138.
- Killick, R. J. (1979) The effect of infection with potato leafroll virus(PLRV) on yield and some of its components in a variety of potato (*Solanum tuberosum* L.). *Ann. Appl. Biol.* 91:67~74.
- Love, S. L. and L. C. Haderlie (1991) Potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivar response to bentazon and crop oil. *Amer. Potato J.* 68:331~342.
- Meisinger, J. J., D. R. Bouldin and E. D. Jones (1978) Potato yield reductions associated with certain fertilizer mixtures. *Am. Potato J.* 55:227~234.
- Om, Y. H., S. Y. Kim, S. Y. Na and J. H. Choi (1994) Injury in seed potatoes planted after quinclorac-treated paddy rice and performance of their progeny. pp.76~77. *In* Proceeding of the Fourth Asian Potato Association Triennial Conference (eds. E. T. Rasco and F. B. Aromin), Daegwallyong, Korea.
- Robinson, D. B., G. D. Easton and R. H. Larson (1960) Some common stem streaks of potato. *Am. Potato J.* 37:67~72.
- Salazar, L. F. 1996. Virus symptoms in potato. pp.23~38. *In* Potato viruses and their control. International Potato Center. Lima. Peru.
- Sawyer, R. L. and S. I. Dallyn (1966) Magnesium fertilization of potatoes on Long Island. *Am. Potato J.* 43:249~252.
- Schmelzer, K. and H. O. Schmidt (1963) Merkmale virus und genetisch bedingter Buntblattrigkeiten. *Gartenwelt.* 63:405~407.
- 농약공업협회 (1999, 2000) 농약사용지침서.
- 농업기술연구소 (1988) 토양화학분석법. pp.20~123. 농촌진흥청. 수원
- 장동철, 김승열, 윤영호, 박천수 (1999) 감자의 주요 무기성분 생리장해현상 구명. p.561. 고려지농업시험장 시험연구보고서.
- 함영일, 권민, 안재훈, 서효원 (1998) 감자의 주요병해충생태 및 발생소장 조사. p.533. 고려지농업시험장 시험연구보고서.

Several causes of non virus-induced mosaic symptom on potato leaves and its induction by herbicides

Min Kwon*, Young-Il Hahm, Hyun-Jun Kim¹, and Myoung-Soon Yiem(Crop Research Division, National Alpine Agricultural Experiment Station, RDA 232-955 Pyongchang, Korea, ¹Vegetable Breeding Division, National Horticultural Research Institute, RDA 441-310 Suwon, Korea)

Abstract : In recent, non virus-induced mosaic symptoms(NVMS) on potato leaves were observed in the seed potato fields, and its incidence rate was 5~20% nationwide. It made difficult to rogue out virus-infected plants, and caused much arguments between seed potato production farmers and seed potato inspectors. The objectives of these experiments were to find out the causes of NVMS, and also to induce mosaic symptom(phytotoxicity) on potato plants by treatment of several herbicides. No significant correlations were found between incidence rates of NVMS and values from soil analyses; soil pH, soil EC, organic matter content, and contents of inorganic constituents(P₂O₅, NO₃, Ca, Mg, K) in the soil around the potato planted. The examinations by ELISA, virus indicator plants, and TEM showed that NVMS on potato leaves was not caused by the viruses infection. But, the use of herbicides could induced the NVMS on potato leaves. The incidence rates of potato treated with pendimethalin · linuron of 400 mL/10 a, pendimethalin of 200 mL/10 a, pendimethalin · oxadiazon of 300 mL/10 a, and control were 61.1%, 47.2%, 19.4%, and 1.4%, respectively. Based on these results, we confirmed that the treatment of pendimethalin alone and in mixture with other herbicides were the reason of NVMS on potato leaves. The yields among test plots were similar except dicamba treated plot, which decreased by about 23% compared to control plot. When their progenies harvested in 1999 were planted in the following season, no symptoms of mosaic were observed.

* Corresponding author (Fax : +82-33-330-7715, E-mail : mkwon@rda.go.kr)