한작지(Korean J. Crop Sci.), 60(1): 54~62(2015)

ISSN 0252-9777(Print)
ISSN 2287-8432(Online)
DOI : http://dx.doi.org/10.7740/kjcs.2014.60.1.054

지역을 달리하여 재배한 고구마 바이러스 무병묘 효과

양정욱*† · 김재명* · 이형운* · 한선경* · 이준설* · 남상식* · 정미남** · 송연상*** · 안승현** · 최인후*

*농촌진흥청 국립식량과학원 바이오에너지작물센터, **농촌진흥청 국립식량과학원, ***농촌진흥청

Effect of Virus Free Stocks of Sweetpotato Cultivated at Different Regions

Jung-Wook Yang*†, Jea-Myung Kim*, Hyeong-Un Lee*, Seon-Kyeong Han*, Joon-Seol Lee*, Sang-Sik Nam*, Mi-Nam Chung**, Yeon Sang Song***, Seung-Hyun Ahn**, and In-Hu Choi*

**Bioenergy crop research institute, National Institute of Crop Science in RDA. 199 Muan-ro, Cheonggye-myeon, Muan-gun, Jeollanam-do,534-833, Republic of Korea*

***Planning & Coordination Division, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration. 180, Galsan-ri, Iseo-myeon, Wanju-gun, Jeollabuk-do, Republic of Korea*

****Rural Development Administration, 300, Nongsaengmyeong-ro, Wansan-gu, Jeonju-si, Jeollabuk-do 560-500, Republic of Korea*

ABSTRACT To analysis of virus free sweetpotato effect, 5 virus free sweetpotato and virus normal sweetpotato varieties were planted in 5 different regions at 2010 year. The average yields of virus free sweetpotato are showed different results according to regions. Sinjami which cultivated at Iksan were increased maximum 68% compare to normal. However, Sinjami which cultivated in Hamyang were decreased yield 11% compare to normal. Analysis of tuber formation ratio of Sinjami, Yenhwangmi, Singeonmi which cultivated in Nonsan were decreased tuber number compare to normal. However, 3 varieties were all increased on Average storage root weight and yield of marketable storage root. In the results of analysis of marketable storage root according to cultivated regions and varieties, all varieties except Sinjami which cultivated in Hamyang were increased yield. Also, quality of virus free sweetpotato were enhanced 7 to 9 compare to virus infected sweet potato which showing average 3. Contents of starch between virus free and virus infected sweetpotato were not affected by virus. Virus free sweetpotato were more increased starch products according to increased total production yield. Also, Brix° (%) was not showing difference between virus free and virus infected sweetpotatoes. In this experiment, Virus free sweetpotato are enhanced production yields and quality. Therefore, we suggested that virus free sweetpotato is one of the methods to reduce damage by sweetpotato virus.

Keywords : *Ipomoea batatas* (L.) Lam, virus free, Marketable storage root yield

고구마(*Ipomoea batatas* (L.) Lam.)는 메꽃과에 속하는 쌍떡잎식물로 B.C. 3,000년경부터 처음 재배되기 시작하였다. 고구마의 주요 성분은 수분이 68.5%를 차지하고 있으며, 탄수화물 26.4%, 단백질 1.8%, 지방 0.6% 순으로 구성되어 있다. 특히 프로비타민 A인 카로틴을 많이 함유하고 있으며, 그 밖에 비타민 B1, B2, C, 니아신 등을 함유하고 있어, 노화예방, 피로 회복, 시력 향상 및 성인병 예방에 효과적이다.

고구마에 많이 들어 있는 식이성 섬유는 변비, 비만, 지방간, 대장암 등을 예방하는 건강식품으로 많이 이용하고 있다. 우리나라 고구마는 전남, 전북, 경기도를 중심으로 대단위면적 재배가 확대되고 있으며, 고구마의 역할이 식량에서 건강식품으로 변화되면서 육종의 목표도 수량에서 품질로 바뀌었다. 따라서 최근에 증가하고 있는 병충해에 의한 고구마 품질의 악화는 가장 시급히 해결해야 할 과제로 부상되고 있다.

고구마의 수량과 품질을 떨어뜨리는 원인중의 하나인 바이러스는 황화반점, 대상조피(russet crack), 내부괴저(internal cork), 수량 감소, 모양의 변형 등의 원인으로써 수량 감소 및 품질 저화에 커다란 영향을 주는 것으로 알려져 있다.

국내외로 고구마바이러스에 의한 피해가 증가함에 따라 바이러스 발생실태 조사연구가 1990년대 초부터 지금까지 세계적으로 진행되어져왔다. 특히, 세계 고구마 생산량의 70% 이상을 차지하고 있는 중국의 경우 1990년대 초반부터 산동, 장수, 안후이 등 지역에서의 SPFMV 발생 실태 조사를 시작하여 2007년 광동지역에서의 SPV-2 발생실태 조사까

†Corresponding author: (Phone) +82-61-450-0140 (E-mail) hg369732@korea.kr
<Received 30 July, 2014; Revised 19 November 2014; Accepted 5 January 2015>

지 장기간에 걸쳐 바이러스 발생실태를 조사하였다(Colient and Kummert, 1993; Colient *et al*., 1993; Ateka *et al*., 2007). Sweetpotato Featherl mottle virus (SPFMV)의 경우 중국의 고구마 주요 주산지 3곳에서 21~100%의 발생률을 보였고, Sweetpotato leaf curl virus (SPLCV)는 21~90%의 높은 발생률을 보여줬다(Zhang *et al*., 2005; 2006). 또한 1996부터 2000년까지 수행된 중국 고구마 생산 주산지인 장수, 스챤, 산동, 안후이 지역의 바이러스 피해 실태 조사한 결과 바이러스 감염에 의해 고구마 생산량이 20~30% 감소된 것으로 파악이 되었으며, 심한 경우 78%까지 수확량이 감소한 것으로 알려졌다(Shang *et al*., 1996; Gao *et al*., 2000). 바이러스 감염은 다른 병원체에 대한 저항성에도 관련되어 있다. Yang *et al*. (1998)과 Wang *et al*. (2000)에 의하면 SPLCV와 SPFMV에 감염된 고구마 묘는 무병묘에 비하여 *Moniochaetes infuscans*, *Ceratocystis fimbriata*와 같은 곰팡이 병원균과 *Pratyenchus coffeae*와 같은 선충에 대하여 감수성을 나타낸다고 보고하였으며, 2005년 중국의 바이러스 감염에 의한 피해 실태조사를 한 결과, 경제적 손실액이 5,800억 원에 이른다고 발표하였다(Zang and Guo, 2005). 이와 같이 고구마에 바이러스 감염은 고구마 수량 감소의 주된 원인 중의 하나로 작용하고 있으며, 경제적 손실도 막대함을 알 수 있다. 이런 바이러스 감염에 의해 피해를 감소하기 위하여 2000년 대 초반부터 미국, 중국, 일본 등 여러 나라에서 고구마 바이러스 무병묘를 생산 보급하기 시작하였으며, 국내에서도 2000년대 중반부터 고구마 무병묘를 생산하고, 농가에 보급하기 시작하였다. 그러나, 국외와 달리 국내에서는 바이러스 무병묘 효과에 대한 많은 연구가 미흡한 실정이다. 본 연구에서는 각기 다른 지역에 무병묘 적용하여 무병묘의 효과를 입증하고자 한다.

재료 및 방법

고구마 재료 준비 및 재배법

바이러스 무병묘와 일반묘의 생산량 및 품질의 차이를 알아보기 위하여 국내 육성 품종인 주황미, 신자미, 신황미, 신건미, 그리고 연황미 품종 등 5종을 이용하였다. 주황미 등 5개 품종의 바이러스 무병묘는 정단분열 조직을 배양하여 육성하였으며, 논산, 보령, 익산, 무안, 함안 등 5개 지역의 농가에서 5월 중순에 이식하여 9월 중순에 수확하였다. 재배법은 고구마 재배 표준영농교본에 준하여 수행하였다. 무병묘와 일반묘의 포장에서 시험구 배치법은 난괴법 3반복으로 수행하였다.

바이러스 검사를 위한 RT-PCR

바이러스 검사는 Viral DNA/RNA/ Extraction kit (Viral gene-Spin^{TM}, iNtRON)에서 제시한 방법으로 DNA/RNA Virus를 추출 후, Sweetpotato Featherl mottle virus (SPFMV), Sweet potato leaf curl virus (SPLCV), Sweet potato latent virus (SwPLV), Sweet potato G virus (SPGV)를 대상으로 Table 1에서 제시한 바이러스 특이적인 primer를 이용한 RT-PCR로 바이러스 감염 여부를 확인하였다.

생육 조사 및 상저수량 측정

고구마의 생육 특성은 농촌진흥청 농업과학기술 연구조사 분석기준에 준하여 실시하였다. 지상부 무게인 만중(vine weight)은 넝쿨무게 즉 생중을 측정한 것이며, 고구마 상저무게(marketable root weight)는 개당 무게가 50 g 이상인 것을 골라 합산하여 10a 단위로 환산하여 나타냈다.

껍질색 측정

색도는 색차계(CM-3500d, Konica Minolta Co. Ltd., Japan)를 이용하여 Hunter's value L, a, b 값을 측정하여 품종에 따른 lightness, redness, yellow 값을 각각 구하였다

외관품질 조사

외관 품질은 율미를 표준 품종으로 하여 9(상), 5(중), 1(하) 등 1에서 9까지의 index를 만들어 측정을 하였으며, 무

Table 1. Primer pairs to detect viruses that occurred on the seed bed.

Virus	Primer Name	Sequence (5'→3')	Loci	Product size
Sweet potato leaf curl virus (SPLCV)	IYVV u1	TCTGCCGTCGATCTGGAACTC	2315~2335	506bp
	IYVV d1	GTGCCCGCCTTTGGTGGAC	2821~2803	
Sweet potato feathery mottle virus (SPFMV)	SPFMV 1F	TACACACTGCTAAAACTAGG	9073~9092	355bp
	SPFMV 1R	AGTTCATCATAACCCCATGA	9428~9409	
Sweet potato G virus (SPGV)	SPG 3F	CAATGCCAAATGGAAGAATAG	1061~1081	285bp
	SPG 3R	GCATGATCCAATAGAGGTTTTA	1346~1325	
Sweet potato latent virus (SwPLV)	SPLV 1F	GGAGTCAGTTCAATCAATGGTA	335~356	183bp
	SPLV 1R	AGTGGCTTTATTGGGTATGAT	518~498	

병묘, 일반묘 각각 30개체를 무작위적으로 선별하여 측정한 후 평균을 내었다.

전분 함량 측정

고구마 전분 함량은 알카리 침지법으로 Sin and Ahn (1983)이 제시한 방법에 따라 분석하였다. 고구마를 씻어 껍질을 벗기고 자른 후 100 g을 취하여 3배의 0.1% NaOH 용액 300 ㎖을 가하여 3분간 마쇄하고 100 mesh와 270 mesh에 차례로 통과시켰다. 실온에 정치하여 상층액은 버리고 얻어진 침전물에 0.1% NaOH 용액을 가하는 과정을 4회 반복한 후 증류수로 2회 세척하였다. 세척된 침전물에 0.1N HCl을 사용하여 pH 6.5~7로 중화한 후 40℃에서 20시간 건조시켜 무게를 측정하였다. 고구마 전분 함량은 고구마 생체 100 g 당 건조 전분 무게를 측정하여 건물율에 대한 백분율로 나타내었다.

당도 측정

고구마 당도는 찐고구마 20 g에 80 ㎖의 물을 넣고 믹서기로 분쇄한 후 상온에서 굴절당도계(RA-250/KEM, MTH56908, Japan)를 이용하여 측정한 후 희석배수를 곱하여 주었다.

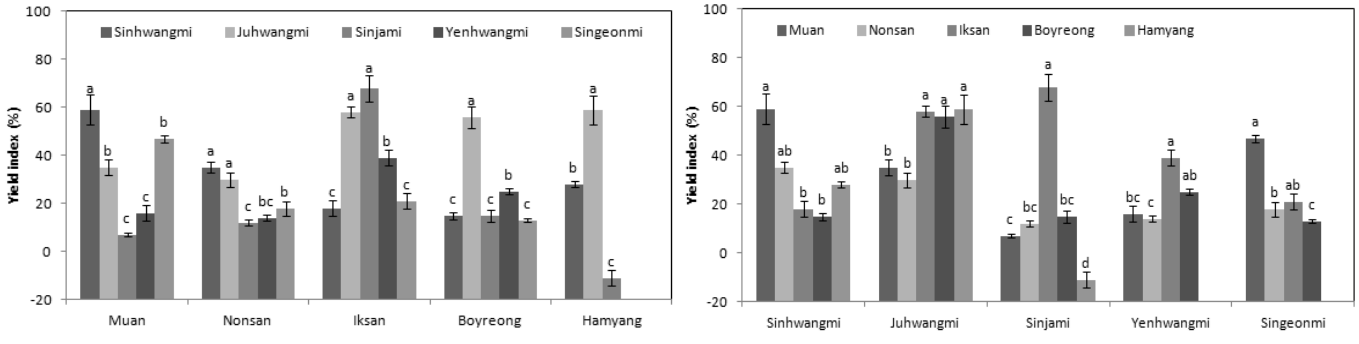
결과 및 고찰

바이러스 무병묘 실증 시험

바이러스 무병묘와 일반묘를 이용하여 2010년에 재배와 생육조사를 수행하였다. 충남 논산, 보령, 전북 익산, 전남 무안, 경남 함양에서 신자미, 주황미, 신황미, 신건미, 연황미 등 5개의 농촌진흥청 육성 품종을 대상으로 무병묘와 일반묘의 실증 실험을 진행하였으며 함양에서는 연황미와 신건미의 실증 시험은 진행하지 못했다.

그 결과 신황미의 경우 무안지역에서 무병묘가 일반묘에 비하여 상품괴근수에 대해 최대 58.7% 생산량의 증가를 가져왔으며, 보령지역에서 최소 15% 생산량 증가 효과를 보았다. 주황미는 함양에서 최대 59%, 논산에서 최소 30% 증가하였으며, 연황미는 최소 14%에서 최대 39%로 재배 지역에 따라 다른 증가율을 보였으며, 신건미는 지역에 따라 최소 13%에서 47%로 증가하였다. 그러나 신자미의 경우 함양에서 조사한 결과 무병묘가 일반묘에 비하여 10.7% 감소하였다. 이는 함양지역의 기후와 토양의 차이, 덩굴쪼김병과 같은 여러 병의 발생 차이로 생각되어진다. 반면 익산지역에서는 최대 증가율인 68% 증가율을 보였으며, 무안 7%, 논산 12%, 보령 15%등 증가율의 증가율을 보였다(Fig. 1(a) and 1(b)). Song (2012) 등에 의하면 3개의 품종을 대상으로 무병묘와 농가묘의 비교 실험을 수행한 결과 상품성을 지닌 괴근이 일반묘에 비하여 무병묘에서 품종에 따라 4.2~7.8% 증가하였고, 괴근 형성수도 평균 0.6개 이상 증가한 것으로 밝혔다. 본 실험에서도 품종별로 평균 괴근 형성수가 신황미 0.78, 주황미 0.66, 신자미 0.36, 연황미 0.22, 그리고 신건미는 0.37개 증가 된 것으로 파악되었다(Table 2). 중국의 경우 2005년 산둥지방에서 수행된 5개 품종의 고구마 바이러스 무병묘와 SPFMV, SPLCV 감염묘의 고구마 총 생산량과 상품성 있는 고구마 생산량의 비교 결과 총 생산량은 품종에 따라 20.3~62% 생산량 증가의 차이를 보였으며, 상품성 있는 고구마 생산량도 품종에 따라 11.3~32.9%까지 증가한 것으로 나타났다(Zhang *et al*., 2005). 본 실험에서도 품종에 따라 총괴근 수량의 차이는 있으나 함양의 신자미를 제외한 모든 품종이 각 지역에서 최대 66.1%(익산, 신자미)에서 최소 6.3%(논산, 연황미)까지 일반묘에 비해 증가하였으며, 함양의 신자미는 7.3% 감소하였다.

Wang (2000) 등에 의해 수행된 Xushu 18, Beijing 53,



(a) (b)

Fig. 1. Yield index of marketable storage root among different cultivation regions (a) and different varieties (b) at 120 days transplanted Data followed by different letters in the same local and varieties indicated significant at $p<0.05$.

Table 2. Comparison of growth and yield between virus free stocks and control[b].

Area	Cultivar	Division	Wt. of vain (kg/10a)	Vain length (cm)	Marketable storage root (kg/10a)	No. of storage root/plant	Ave. weight of storage root (g)	Total yield (kg/10a)
Muan	SH	VI[a]	3,472	299	2,270	1.4	243	2,330
		VF[b]	2,972	288	3,603*	2.3*	235	3,702*
	JH	VI	2,333	152	3,393	3.1	163	3,537
		VF	3,028	176	4,568*	3.5*	199	4,690*
	SJ	VI	2,722	155	3,173	2.2	214	3,238
		VF	3,112	163	3,392*	2.6*	198	3,507
	YH	VI	1,583	164	2,153	1.9	168	2,278
		VF	1,583	129	2,508*	2.2	173	2,662
	SG	VI	3,612	135	2,358	1.9	189	2,503
		VF	2,888	122	3,462*	2.8*	189	3,583*
Nonsan	SH	VI	3,000	242	1,620	2.1	119	1,790
		VF	2,500	241	2,193*	2.5*	132	2,323*
	JH	VI	3,055	149	2,733	2.8	145	2,903
		VF	3,500	151	3,547*	3*	179	3,672*
	SJ	VI	2,278	128	1,835	1.8	155	1,893
		VF	2,000	125	2,060*	1.6	199	2,082
	YH	VI	1,667	165	2,153	2.9*	113	2,440
		VF	1,833	115	2,452*	2.4	153	2,595
	SG	VI	2,667	154	2,098	2.2	145	2,305
		VF	3,445	130	2,477*	2	191	2,582*
Iksan	SH	VI	5,167	436	1,452	1.2	181	1,577
		VF	4,792	437	1,718*	1.7*	152	1,833*
	JH	VI	2,750	215	1,973	1.9	158	2,145
		VF	4,583	250	3,120*	3.3*	144	3,332*
	SJ	VI	4,500	231	1,272	1.4	141	1,328
		VF	3,667	225	2,135*	2.1*	156	2,207*
	YH	VI	2,083	282	1,517	2.1	108	1,702
		VF	2,750	391	2,105*	2.6*	121	2,307*
	SG	VI	3,708	240	2,618	2.2	179	2,787
		VF	5,417	265	3,170*	3*	157	3,352*
Boyreong	SH	VI	4,950	374	1,668	1.3	1.3	1,807
		VF	4,500	303	1,913*	2.2*	2.2	2,255*
	JH	VI	3,117	152	2,020	2.2	2.2	2,167
		VF	4,528	190	3,160*	2.7*	2.7	3,402*
	SJ	VI	3,445	158	2,155	1.9	1.9	2,293
		VF	4,528	190	3,160*	2.7*	2.7	3,402*
	YH	VI	2,445	134	2,162	2.2	2.2	2,412
		VF	3,583	279	2,705*	2.8*	2.8	3,053*

Table 2. Comparison of growth and yield between virus free stocks and control[b](Continue).

Area	Cultivar	Division	Wt. of vain (kg/10a)	Vain length (cm)	Marketable storage root (kg/10a)	No. of storage root/plant	Ave. weight of storage root (g)	Total yield (kg/10a)
Boyreong	SG	VI	4,250	192	2,445	1.6	1.6	2,750
		VF	4,362	181	2,758*	1.6	1.6	3,023
Hamyang	SH	VI	4,833	336	1,758	1.4	195	1,845
		VF	4,138	368	2,255*	2.6*	131	2,398*
	JH	VI	8,555	361	2,305	2	177	2,363
		VF	9,250	353	3,670*	2.8*	197	3,737*
	SJ	VI	3,888	203	678	1	102	777
		VF	3,862	218	605	1.1	86	720

*, significant at $p< 0.05$ [a]VI=virus infected [b]VF= virus free
b: Control= normal sweet potato

Table 3. The rainfall and average temperature for cultivation periods.

Ave. of temp. (℃)	7days	10 days	20 days	30 days	60 days	90 days	120 days
Boryeong	15.5	15.6	16.6	18.0	22.6	26.5	25.2
Nonsan	17.9	18.1	19.7	21.2	24.6	26.8	24.5
Muan	16.3	16.4	18.1	19.4	23.8	26.9	25.2
Iksan	16.8	17.4	19.7	21.2	25.6	28.2	25.8
Hamyang	15.9	15.76	17.3	19.2	23.21	25.6	23.6
rainfall (mm)	7days	10 days	20 days	30 days	60 days	90 days	120 days
Boryeong	58.5	58.5	70.5	110	132.5	220	354
Nonsan	45	45	45	91	151	323.5	225
Muan	29.5	29.5	37.5	48.5	328	336	303.5
Iksan	47	47	50	62.5	210.5	450.5	231.5
Hamyang	42.9	47	47	64.5	261.5	585.5	443

Xushu 34 등 품종의 바이러스 무병묘와 SPLCV와 SPFMV 바이러스 감염묘 생육 조사 결과, 바이러스 무병묘가 감염묘에 비하여 분지 수, 줄기 길이, 생중 등의 생육이 우수함을 입증하였다. 본 실험에서 줄기의 생중과 길이를 측정한 결과 품종과 지역에 따라 차이를 보였다. 신황미의 경우 모든 지역에서 무병묘가 일반묘에 비하여 줄기 무게 및 길이가 낮은 수치를 보였으며, 주황미는 줄기 무게와 길이 생장이 높게 나타났다. 신자미, 연황미는 줄기 생중과 길이가 지역별로 차이가 났으며, 신자미는 보령 지역을 제외한 4개 지역에서 일반묘가 생육이 우수하였다. 이에 반해 총 괴근 수량은 보령지역에서 수확한 신자미 한품종만 제외하고 전 품종이 모든 지역에서 무병묘가 수확율이 높았다(Table 2). 함양과 보령의 무병묘 신자미의 총 수량성과 생육의 감소 결과를 토대로, 고구마 지상부의 생육이 수량 증가와 유의 상관 관계가 아닐수 도 있으며, 이는 품종의 고유 특성에 의해 결정될 수 있을 것이라 생각된다.

Du *et al.* (1993)은 무병묘와 SPFMV감염묘의 뿌리 생육 비교 조사 하였다. 그 결과 무병묘가 바이러스 감염묘에 비하여 뿌리 형성시기가 빠르며 뿌리 길이도 길게 뻗어 나가는 것을 확인하였으며, Villordon *et al.* (2009)에 의하면 괴근 형성시기는 삽식 후 20일에서 35일안 결정이 되며, 괴근 형성은 삽식 후 1주일 이내에 발생한 부정근으로부터 발달한다고 하였다. 이런 보고를 토대로 주당 괴근 형성를 측정하였다. 그 결과, 논산 지역에서만 주당 괴근 형성수가 신자미, 연황미, 신건미에서 일반묘에 비해 차이가 없거나 낮게 형성되는 것을 확인하였다(Table 2). 이는 삽식 초기 다른

지역과 비슷한 강수량을 보였으나 평균 기온이 높아 토양내 수분 부족 및 건조에 의해 초기 뿌리 생육이 좋지 않아 발생한 것이라 생각되어진다(Table 3).

일반묘와 바이러스 무병묘의 색가 및 품질 분석

2010년에 수행한 고구마 실증 시험을 통해 수확한 고구마의 피색, 육색 및 외관 품질을 조사하였다. Song *et al*. (2012)에 의해 이뤄진 무병묘와 농가묘에서 생산된 고구마의 피색을 조사한 결과 명도를 나타내는 L값과 적색을 나타내는 a값과 황색을 나타내는 b값에서 품종이 지닌 고유의 색깔에 따라 무병묘가 농가묘에 비하여 명도가 높고 밝은 적색을 보여 피색이 선명해진 것을 확인하였다. 본 실험에서도 피색, 육색, 선명도, 및 상품성을 조사하였다. 피색을 분석한 결과 L값은 0.36~7.97 범위에서 무병묘의 피색이 더욱 선명하였으며, 농홍색을 띄는 주황미, 연황미, 담홍색을 띄는 신건미, 자색을 띤 신자미의 피색의 홍색(a)값은 일반묘에 비해 높았으나 홍색을 띄는 신황미의 홍색값은 무병묘가 일반묘에 약했다. 그러나, 황색을 의미하는 b값에서 무병묘가 일반묘에 낮음으로써 육색의 차이는 일반묘와 무병묘의 큰 차이가 나지 않았다. 육색의 경우 농황색을 띄는 연황미의 경우 무병묘의 b값이 일반묘에 비해 2.01 높았으며, 짙은 주황색을 띄는 주황미의 경우 무병묘 a값이 3.13 높고, b값은 0.22 낮아 일반묘에 비해 더욱 선명한 짙은 주황색을 나타냈으며, 주황색을 띄는 신황미는 a값과 b값 모두 무병묘가 일반묘에 높아 더욱 선명한 주황색을 보여줬다. 연한 황색을 나타내는 신건미는 무병묘가 일반묘에 비해 b값이 낮고 a값이 높아 무병묘가 일반묘에 비해 황색이 연하게 나타났으며, 신자미는 a값에 큰차이 없이 b값이 일반묘에 비해 무병묘가 낮게 나와 자색이 더 선명하게 나왔다. 따라서 괴근의 피색은 무병묘에서 일반묘보다 명도가 높고 피색이 선명하며, 반대로 육색은 각 고구마 특성에 맞는 진한색은 더 진하게 밝은색은 더욱 밝게 나타내었다(Table 4).

2010년 실증 시험을 통해 수확된 고구마를 무작위적으로 선택하여 외관 피색 및 모양, 크기를 총체적으로 종합하여 외관 품질이 높은 것을 9 낮은것을 1이라는 수치 index를 만들어 외관 품질을 평가한 결과, 무병묘는 고품질이라 할 수 있는 9~7수준으로 나타났으며, 일반묘는 3이라는 외관 품질의 결과가 나타났다(Table 4). 이러한 결과는 Carrolla (2004)등에 의해 이뤄진 실험 결과인 무병묘 피색의 a값이 선명해지고, 육색의 b값이 증가하며, 상품 고구마 비율이 증가한다는 보고와 일치하며, 바이러스 무병묘가 바이러스에 의해 피색의 퇴색, 불균일한 모양등 상품성 저하를 막을 수 있는 하나의 방법임을 제시한다.

Du *et al*. (1999)에 의해 수행된 무병묘와 바이러스 감염묘의 광합성 능력 측정결과, 무병묘가 일반묘에 비해 6.6 mg $(CO_2)/dm^2h$ 높았으며, Chen *et al*. (2001)이 조사에 의하면 광합성율은 무병묘가 바이러스 감염묘에 비하여 약 5 $\mu mol/m^{-2}S^{-1}$ 높다고 하였으며, 전분 분해 효소활성도는 0.06 $(mg/mg^{-1}min^{-1})$ 높다고 보고하였다. 또한, 전분생산량도 1 ha당 약 10톤 가량 무병묘가 바이러스 감염묘에 비하여 증가한 것으로 밝혀졌다.

국내 보다 앞서 무병묘를 생산한 중국의 경우 SPFMV, SPLCV 감염묘와 무병묘의 세대별 수량성 평가를 진행하였

Table 4. Skin color of sweet potato tuber among different variety.

Variety	Division	Chroma value of inner layer			Chroma value of outer layer			Quality of appearance-(1~9)
		L	a	b	L	a	b	
Sinjami	Control	29.85	18.60	-5.78	39.23	7.69	5.87	3
	Virusfree	27.72	18.09	-4.23	38.69	7.79	6.55	7*
Ju hwangmi	Control	71.53	29.96	41.09	47.55	22.91	8.66	3
	Virusfree	69.80	33.09	40.87	39.58	23.93	5.93	7*
Sinh wangmi	Control	74.86	26.02	35.38	43.34	24.32	5.36	3
	Virusfree	74.22	27.50	37.63	42.56	22.07	5.14	7*
Sin geonmi	Control	85.87	1.54	33.84	46.71	18.95	8.82	3
	Virusfree	85.80	2.03	32.79	43.61	22.88	3.73	7*
Yeonhwangmi	Control	58.64	-2.86	37.62	40.31	22.35	5.68	3
	Virusfree	85.96	4.31	39.63	39.95	24.59	4.23	9*

Chroma value: chroma meter CR-200 (Minolta camera co., Ltd); L, lightness: black=0, white=100; a, redness to greenness: green=-80, red=+80; b, yellowness to blueness: blue=-80, yellow=+80

다. 그 결과 바이러스 감염묘에 비하여 바이러스 무병묘 1세대, 2세대, 3세대의 1개체당 상저 고구마수는 2.8~2.9개로 차이는 보이지 않았다. 그러나 개체당 개체중 100 g 이상의 고구마는 바이러스 감염묘의 평균 2.1개 보다 높은 2.3~2.6으로 무병묘 1세대에서 3세대까지 높게 나타났으며, 반대로 100 g 이하는 바이러스 감염묘가 평균 0.8개로 0.3~0.6를 나타낸 바이러스 무병묘 1세대, 2세대, 3세대에 비해 높게 나타났다. 고구마 총 생산량도 무병묘 1세대는 40.8 t/ha, 2세대 39.2 t/ha, 3세대 27.4 t/ha으로 25.1 t/ha의 생산량을 보인 바이러스 감염묘 보다 높게 나왔다. 2세대까지는 고구마 총 생산량 및 상품성 높은 고구마 생산량이 높게 나왔으며, 바이러스 무병묘 3세대는 바이러스 감염묘보다 생산량 등이 높게 나왔으나 바이러스 감염묘와 유사한 수치를 보였다. 따라서 바이러스 무병묘 사용 가능한 한계 판단의 근거로 삼을 수 있을 것이라 여겨진다(Wong and Chen, 2001). 이 보고 등을 참고하여 외관의 품질뿐만 아니라 식미에서 단맛을 측정하는 Brix값을 측정한 결과 각 품종별로 무병묘와 일반묘 간의 Brix°%값의 차이는 거의 없었다(Fig. 2). 그러나 전분 수량을 측정한 결과, 17.2~43.8%의 전분 수량이 무병묘에서 증가하였음을 확인하였다. 그러나 이는 전분함량의 차이가 아니라 주당 상저수의 증가 혹은 괴근 평균중이 품종에 따라 증가하였기 때문이라 생각된다(Fig. 3(a), 3(b)).

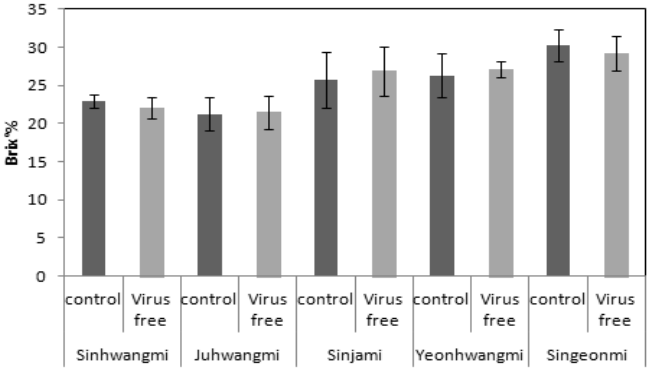
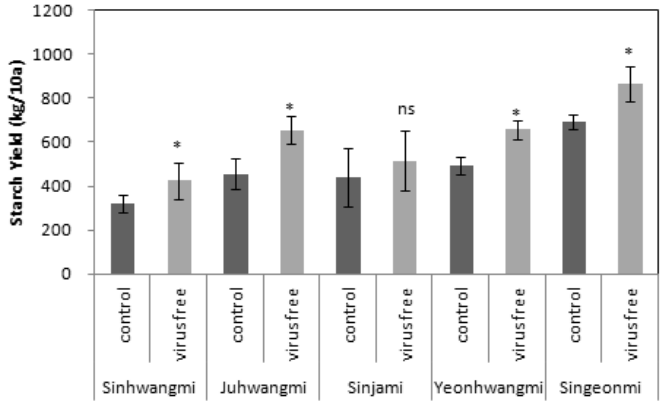


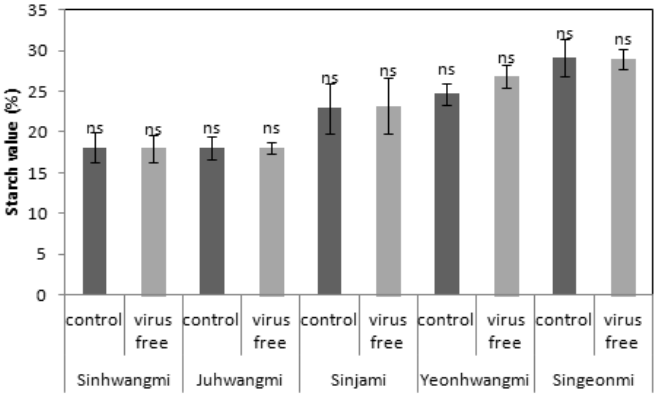
Fig. 2. Comparison of Brix°(%) of sweetpotato rootbetween virus free and control. In virus free sweetpotato field application test in 2010, we analyzed Brix°(%) of 5 varieties grown at 5 local fields with 30 repeats.

수분, 탄수화물, 단백질, 지방, 비타민 A 등이 주성분을 이루며, 단백질 및 탄수화물이 풍부하여 최근 건강 다이어트 식품으로도 각광을 받고 있는 고구마는, 품종에 따라 카로티로이드(주황미), 안토시아닌(신자미) 등이 함유되어 있어 노화 예방, 피로 회복, 항산화 활성 및 성인병 예방에 효과적이다(Han *et al*., 2013). 이러한 고구마에 피해를 주는 바이러스는 최근 전 세계에 30여종이 분포하고 있다고 하며(Christopher A. Clark *et al*., 2012), Kwak *et al*. (2006)의 보고에 의하면 국내에 SPFMV, SPGV, SPLCV, 그리고 SwPLV 등 4종의 바이러스가 포장 감염률이 100%이며, 고구마 주산지의 농가 묘상은 묘상에 따라 3~100% 감염되어 있다고 보고 하였다(Park *et al.*, 2011). 이런 높은 감염률을 보이는 바이러스의 피해를 줄이기 위해 한국을 포함 중국, 일본 등에서 바이러스 무병묘가 사용되어 지고 있다.

최근 Song *et al*. (2012)과 Yoo *et al*. (2013)의 보고에 의하면 바이러스 무병묘는 국내에서도 일반묘보다 수량 및 품질이 향상된 것으로 보여진다. 그러나, 한 지역에서 수행된 연구결과여서, 기상 조건과 토양 조건이 다양한 조건하에서



(a)



(b)

Fig. 3. Comparison of starch yield (a) and value (b) of sweetpotato root between virus free and control. To analyze starch yield and value, 5 varieties grown at 5 local fields with 30 repeats were applied. Starch yield shows difference only in Yeonhwangmi, but starch value shows no difference statistically (ns, * non-significant and significant at p< 0.05).

도 무병묘가 우수한지 알아볼 필요가 있다. 이를 위하여 본 실험에서는 전국 5개 지역에서 5개의 품종을 대상으로 무병묘 재배 효과를 입증하였다. 함양에서 재배한 신자미를 제외한 5개 지역에서 모든 품종이 무병묘가 생육이 우수하게 나타났으며, 품질에서도 각 품종에 맞는 육색과 피색, 외관 등 품질이 무병묘가 보다 우수하게 나타나 일반묘에 비해 무병묘가 우수하다는 것을 입증하였다. 그러나, 논산에서 수행된 신자미, 연황미, 신건미 같이 주당 괴근수의 감소는 Song *et al*. (2012)이 보고한 것 같이 항상 무병묘가 높지는 않았다. 이는 기후 조건과 각 지역 토양 조건, 병 발생 정도에 따라 다양하게 나타 날수 있다고 생각되어진다. 또한, 바이러스 무병묘의 생산만큼이나 중요한 것은 바이러스 방제이다. 바이러스 매개체로 알려져 있는 담배가루이와 진딧물의 효과적인 방제에 대한 연구도 진행되어져야 할 것이라 생각된다.

적 요

고구마 바이러스 무병묘의 지역에 따른 우수성을 입증하기 위하여 바이러스 무병묘와 일반묘를 대상으로 5지역(논산, 보령, 익산, 무안, 함안)에서 5개의 품종(주황미, 신자미, 신황미, 신건미, 그리고 연황미)으로 바이러스 무병묘 실증 시험을 진행하였다.

1. 2010년에 수행한 5개 지역 5개 품종의 일반묘와 무병묘의 비교 시험 결과 품종에 따라 최대 68%(신자미, 익산) 생산량이 증가하였으며, 최소 10.7% 감소(신자미, 함양)하였다.
2. 신자미를 제외한 모든 품종은 모든 지역에서 최대 59%(주황미, 함양) 최소 7%(신자미, 무안)증가하여 무병묘가 일반묘에 비하여 경제성이 높았다
3. 덩굴길이나 무게는 품종과 지역에 따라 무병묘가 일반묘보다 생육이 나빴으나 생산성과는 무관하였다.
4. 논산에서 생산된 무병묘의 상저괴근수는 무병묘가 일반묘보다 3품종(신자미, 연황미, 신건미)에서 낮았으나, 괴근의 평균중이 높아 총생산량은 높았다. 이는 초기 발근 시점인 20일 이내 평균 기온이 다른 지역보다 높아 발근율이 낮아져 생긴 현상으로 판단된다.
5. 모든 품종에서 품종 특성에 맞게 육색과 피색이 더욱 선명하였으며, 괴근의 모양 등 외관 평가에서 무병묘(7~9)가 일반묘(평균3)보다 우수하였으나 당도와 전분가에는 영향이 없었다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 국립식량과학원연구사업(PJ00925007)에 의해 이뤄진 것임.

인용문헌(REFERENCES)

Ateka, E. M., E. Barg, R. W. Njeru, G. Thompson, and H. J. Vetten, 2007. Biological and molecular variability among geographically diverse isolates of sweet potato virus 2. Arch. Virol. 152 : 479-488.

Carrolla, H. W., A. Q. Villordonc, C. A. Clarkb, D. R. La Bontea, and M. W. Hoya. 2004. Studies on Beauregard sweetpotato clones naturally infected with viruses. Int. J. Pest Manag. 50 : 101-106.

Chen, X. Y., F. X. Chen, Z. N. Yuan, and B. H. Zhuang, 2001. Effect of virus-elimination on some physiological indices in sweetpotato. J. Fujian Agri. Univ. 30 (4) : 449-453 (in Chinese, English abstract).

Christopher A. Clark et al. (2012). Sweetpotato Viruses: 15 years of Progress on Understanding and managing complex Diseases. Plant disease, 96 : 168-185.

Colient, D. and J. Kummert. 1993a. Identification of a sweet potato feathery mottle virus isolate from China (SPFMV-CH) by the polymerase chain reaction with degenerated primers. J. Virol. Methods 45 : 149-159.

Colient, D., J. Kummert, P. Lepoivre, and J. Semal. 1993b. Identification of distinct Potyviruses in mixedly-infected sweet potato by the polymerase chain reaction with degenerate primers. Phytopathology 84 : 65-69.

Du, X. H., H. J. Zhan, Q. Y. Xu, Q. C. Wang, Y. Z. Niu, and C. X. Yu, 1999. Effects of virus elimination on several physiological characteristics of sweetpotato. Plant Physiol. Commun. 35(3) : 185-187 (in Chinese).

Gao, F., Y. F. Gong, and P. B. Zhang. 2000. Production and employment of virus-free sweet potato in China. Crop Prot. 19 : 105-111.

Han, S. K., Y. S. Song, H. Y. Lee, S. H. Ahn, J. W. Yang, J. S. Lee, M. N. Chung, S. J. Suh, and K. H. Park. (2013). Difference of starch characteristics of sweetpotato (Ipomoea batata (L.) Lam) by cultivated regions. Korean J. Food Sci. Technol 45(6) : 682-692.

Kwak, H. R., M. K. Kim, M. N. Chung, S. H. Lee, J. W. Park, K. H. Kim, and H. S. Choi. 2006. Virus Disease incidences of Sweetpotato in Korea. Plant Pathol. J. 22(3) : 239-247.

Park, J., S. Kim, E. Choi, H. R. Kwak, M. K. Kim, K. Y. Lee, H. S. Choi, and S. Lee. 2011. Molecular characterization of sweet potato leaf curl virus (SPLCV) isolates from Korea: phylogenetic relationship and recombination analysis. Acta Virol. 55(4) : 327-35.

Shang, Y. F., C. L. Yang, X. Q. Xin, J. H. Zhao, C. S. Li, and R. W. Luo. 1996. Techniques of sweet potato virus-free by meristem tip culture. Plant Prot. 22(5) : 14-16 (in Chinese, English abstract).

Shin, M. S. and S. Y. Ahn. 1983. Studies on Physicochemical properties of starches from sweet potato of Korea cultivars. J. Korean Agricultural Chemical Society. 26(2) : 137-142

Song, H. A., K. C. Kim, and S. Y. Lee, 2012. Effect of Virus ⁻free Plant and Subsoiling Reversion Soil for Reduction of Injury by Continuous Cropping of Sweet Potato. Korean J. Crop Sci. 57(3) : 254-261.

Villordon, A., D. R. LaBonte, N. Firon, Y. Kfir, E. Pressman, and A. Schwarts. 2009. Characterization of adventitious root development in sweetpotato. HortScience 44 : 651-655.

Wang, J. J., X. M. Shi, Z. R. Mao, Y. T. Chen, and Y. F. Zhu, 2000. Analysis on the growth habit and physiological characteristics of virus-free sweetpotato. Chinese Agri. Sci. Bull. 16(3) : 17-19 (in Chinese, English abstract).

Wang, Q. M., L. M. Zhang, and Z. L. Wang, 2005. Endogenous hormone concentration in developing tuberous roots of different sweet potato genotypes. Agri. Sci. China 5 (12) : 919-927.

Wong, C. 2001. Effects of generations of virus-free plants on growth and yield of sweetpotato. Rain Fed Crops 21(1) : 29-31.

Yang, C. L., Y. F. Shang, J. H. Zhao, and C. S. Li. 1998. Techniques and practice of production of virus-free sweet potato. Acta Phytophyl. Sinica 25(1) : 51-55 (in Chinese, English abstract).

Yoo, K. R. and S. Y. Lee. 2013. Growth Characteristics and Yield of Sweet Potato Cultivars between Virus-free and Farmer`s Slips in Late Season Cultivation. Korean J. Crop Sci. 58(1) : 43-49.

Zhang, L. M., Q. M. Wang, D. F. Ma, and Y. Wang. 2005. Major viruses and effect of major virus diseases and virus elimination by meristem culture on sweetpotato yield and quality in China. Acta Bot. Bor.-Occid. Sin. 25(2) : 316-320 (in Chinese, English Abstarct).

Zhang, L. M., Q. M. Wang, D. F. Ma, and Y. Wang. 2006. The effect of major viruses and virus-free planting materials on sweet potato root yield in China. Acta Hortic. 703 : 71-77.

Zhang, Y. Q. and H. C. Guo. 2005. Research progress on the tip meristem culture of sweet potato. Chinese Agri. Sci. Bull. 21(3) : 74-76 (in Chinese, English abstract).