

얌빈 생육과 괴경 수량에 영향을 미치는 재배요인

남효훈^{1*}, 권중배², 이중환¹, 손창기², 서영진¹

¹경상북도농업기술원, 농업연구사, ²경상북도농업기술원, 농업연구관

Cultural Practices Affecting the Growth and Tuber Yield of Yam Bean (*Pachyrhizus erosus* L.)

Hyo-Hoon Nam^{1*}, Jung-Bai Kwon², Joong-Hwan Lee¹, Chang-Ki Son² and Young-Jin Seo¹

¹Researcher and ²Senior Researcher, Gyeongsangbuk-do Agricultural Research and Extension Services, Bonghwa 36229, Korea

Abstract - This study was conducted to establish a domestic cultivation system of a newly introduced yam bean (*Pachyrhizus erosus* L.). Growth and yield were investigated in response to various cultural practices, such as seedling raising, planting distance, pinching, and flower pruning. Optimum conditions for raising of seedling were an average temperature of 22°C for 30 days. Considering of the raising efficiency and the convenience of transplanting, 128 cells per tray was a suitable size. When pinching at a height of 120 cm from late July to early August, yield increased by 22% compared to no pinching. Flower pruning between late August and early September increased the number of tubers and tuber yield by 32% in comparison with no flower pruning. Yam bean seedlings planted at 50 cm × 30 cm spacing resulted in 30% yield increase as compared to wider spacing of 100 cm × 30 cm. Our results thus suggested that the optimal combination of cultural practices (50 × 30 cm planting distance, pinching at 120 cm height, and one time of flower pruning) increase profitability by 107%. All these results suggest high possibility of yam bean as a new income crop in Korea.

Key words – Cultural practice, Flower pruning, Pinching, Planting distance, Yam bean

서 언

기후변화에 의한 기온 상승은 작물의 재배지 변동과 생산성 변화 등 농업 환경에 중대한 영향을 미치게 된다(RDA, 2016). 작물 생산성 저하, 병충해 다발 등 부정적인 측면이 많지만 생육기간이 연장되고 생육온도가 높아짐에 따라 국내에서 재배하기 어려웠던 작물의 도입이 가능해지기도 한다. 새로운 작물의 도입은 농업인과 소비자의 다양한 기호와 수요를 충족시키면서 기존 작부체계에 다양성을 높이고 새로운 소득원으로 개발할 여지를 제공한다.

얌빈은 콩과 덩굴성 식물로서 멕시코 원산 Jicama (*Pachyrhizus erosus*), 안데스 원산 Ahipa (*P. ahipa*), 그리고 아마존 원산 Goitenyo (*P. tuberosus*)로 구분되며 태국, 중국, 말레이시아 등 아시아지역에서는 *P. erosus*가 주로 재배되고 있다. 괴경은

단백질, 철, 아연이 풍부하여 식용으로 사용되고 최근 항산화 및 미백기능의 화장품 재료로 인정받고 있으며, 종자에는 어독성이 높은 살충성분인 rotenone이 있다(Kim *et al.*, 2009; Lee *et al.*, 2017; Sørensen, 1996). 질소고정능력을 가지고 생장량이 많은 작물로서 외부환경의 영향을 상대적으로 적게 받아 안정적인 수량 확보가 가능하지만 생육일수와 수분스트레스(Leidi, 2002), 파종기(Nedunchezhiyan and Ray, 2005), 품종과 유기물(Bernabe, 2010)과 같은 재배요인에 영향을 받는다. 잠재적인 괴경 수량 범위는 77~126 ton · ha⁻¹(Nielsen *et al.*, 2000) 정도이다. 국내에서는 도입 가능성과 rotenone 함량에 대한 분석(Kim *et al.*, 2009)이 이루어졌을 뿐 국내 재배환경에서 재배요인에 관련된 연구는 시작 단계이다. 따라서 본 연구는 기능성 작물로 주목받고 있는 얌빈의 국내 재배기술 확립을 위하여 육묘방법, 재식밀도, 초세관리방법 등 주요 재배기술에 따른 생육 및 수량 반응을 검토하였다.

*교신저자: E-mail whoisnam@korea.kr

Tel. +82-54-673-8064

재료 및 방법

본 연구는 경상북도농업기술원 생물자원연구소 시험포장 (북위 36° 39' 동경 128° 42', 상주통)에서 수행하였으며, 적심 및 적화효과 시험은 2014년과 2015년, 재식밀도 시험은 2015년, 최적화 재배요인 시험과 육묘시험은 2016년에 수행되었다. 시험기간 중 기상조건은 Fig. 1과 같다. 생육기간 중 평균기온은 2014년 19.4℃, 2015년 19.6℃, 2016년 20.6℃로 평년에 비해 각각 0.4, 0.6, 1.6℃가 높았다. 강수량은 평년 926 mm와 비교하여 114, 357, 142 mm가 적었는데 정식 초기~생육 중기까지 평년에 비해 적었던 반면 생육 후기에는 많았다. 일조시간은 2014년 1,458시간, 2015년 1,636시간, 2016년 1,577시간으로 평균기온과 같이 대부분의 생육기간 동안 평년에 비해 길었다. 식물재료를 암빈 ‘천군만마’(생산판매신고 02-0118-2012-1)를 사용

하였고, 4월 중순에 원예용상토(코코피트 70~80%, 피트모스 10~20%, 질석 5~8%, 펄라이트 7~10%, 제오라이트 8~13%)를 충전한 128공 트레이에 파종하여 약 30일간 육묘 후 정식하였다. 시험포장은 N, P, K를 10 a당 성분량 기준 각 6, 6, 18 kg을 시비하였고 퇴비는 1000 kg·10 a⁻¹를 살포하였다. 1 m 간격으로 구획 후 흑색비닐 피복하였으며 I자형 지주와 오이 유인망을 설치하였다.

육묘방법

플라스틱 온실내에 2 m × 20 m의 육묘상을 설치하였고 1 kW 전열선을 무처리, 10 cm 간격(20열), 20 cm 간격(10열)으로 배치하여 처리간 육묘온도 차이를 조절하였다. HOBO U23-002 (ONSET, USA)로 기온을 측정하고 결과 평균기온이 무처리, 10 cm 간격, 20 cm 간격 각각 18, 20, 22℃였다(Table 1). 예비조사를

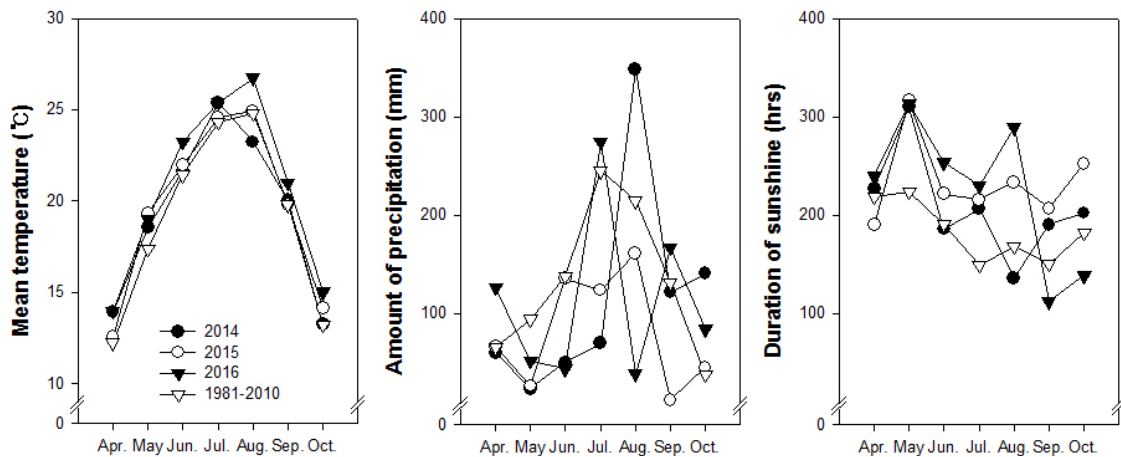


Fig. 1. Meteorological data in Andong, Korea during 2014-2016.

Table 1. Temperature conditions for raising seedlings of yam bean (*Pachyrhizus erosus* L.)

Air temperature (°C)	Period (days)	Mean soil temperature (°C)	Mean air temperature (°C)	Accumulated air temperature (°C)
18	50	19.8	18.0	884
	43	20.2	18.4	790
	35	20.7	18.7	657
20	40	23.0	19.8	771
	34	23.1	19.9	678
	28	23.4	20.3	568
22	30	28.5	22.0	637
	25	29.2	22.1	552
	20	29.6	22.2	445

통해 목표 적산온도(500~900℃)에 도달하는 육묘기간을 추정하여 육묘온도 3수준, 육묘기간 3수준의 조합을 통해 9수준으로 육묘하였으며 실제 적산온도와 목표 적산온도 사이에는 10~55℃의 범위에서 차이를 보였다. 트레이 크기는 50, 128, 200공 트레이 등 3수준으로 처리하였다. 1일 1회 두상관수하였으며, 육묘상은 18시부터 익일 09시까지 보온비닐로 피복하였다. 육묘방법에 따른 출현일수, 정식 전 건물중 등 묘품질과 육묘기간 중 상대생장률을 산출하였다. 2016년 5월 19일에 50×30 cm 간격으로 정식하였고, 시험구 배치는 분할구배치법 3반복으로 하였다. 7월 29일과 8월 12일에 120 cm 높이에서 적심하였고, 8월 20일과 9월 3일에 적화를 실시하였으며 수확 후 괴경 특성을 조사하였다.

적심효과, 적화효과, 재식밀도

적심은 무처리를 대조로 하여 지표면으로부터 60, 120 cm 높이로 2회(7월29일~30일, 8월12일~15일)에 걸쳐 처리하였다. 적화는 무처리를 대조로 하고, 1회(8월 20일), 2회(8월 20일, 9월 3일~20일) 화서를 제거하였다. 적심과 적화시험은 2014년 5월 20일과 2015년 5월 19일에 100×30 cm의 재식거리로 정식하여 수행하였다. 재식밀도 시험은 100×30 cm (1휴 1열)처리를 대조로 하여 50×30 cm, 50×25 cm, 50×20 cm (1휴 2열) 간격으로 2016년 5월 18일에 정식하고 적심과 적화는 실시하지 않고 수행되었다. 각 시험은 난괴법 3반복으로 배치하였으며, 2014년 10월 8일, 2015년 10월 5일, 2016년 10월 6일에 각각 지상부 생체중, 협중, 괴경중, 괴경수 및 수량을 조사하였다. 생육기간

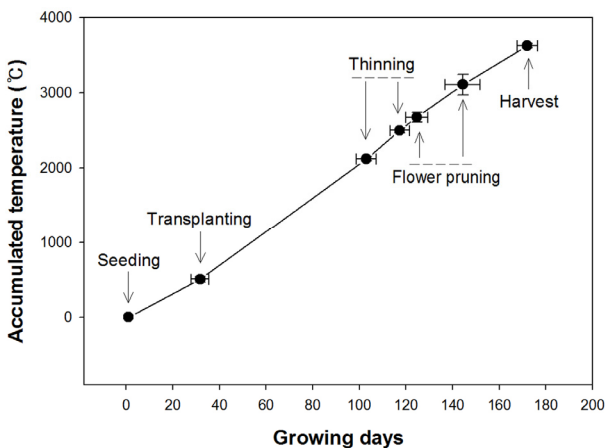


Fig. 2. Growth stage and accumulated temperature for yam bean (*Pachyrhizus erosus* L.) cultivation in Andong, Korea. Bars in graph mean standard deviations (n=3).

중 재배요인 투입시기와 각 시기별 생육일수 및 적산온도는 Fig. 2와 같다.

얌빈 최적재배의 경제성 분석

재식밀도, 적심 및 적화효과 시험을 통해 괴경 수량에 유의한 영향을 미치는 재배기술 조합을 재식밀도 50×30 cm + 120 cm 높이 적심 2회 + 적화 1회(OCP, optimized cultural practices)로 설정하여 재배기술이 투입되지 않은 대조구(재식밀도 100×30 cm + 무적심 + 무적화)와 생육특성을 비교하고 경제적 효용성을 부분예산법에 따라 분석하였다. 종묘비는 주당 300원, 인건비는 시간당 14,942원, 소농구비는 포장상자 500원, 적과가 위 5,000원을 기준으로 하였다(MOEL, 2014).

통계처리

통계프로그램 R (v3.4.4)을 이용하여 분산분석 후 5% 유의수준에서 최소유의차검정(LSD, least significant difference test) 또는 던컨다중검정(DMRT, Duncan’s multiple range test)를 실시하였다.

결과 및 고찰

육묘방법

트레이 크기와 육묘온도 조합(온도×기간)에 따른 얌빈의 출현, 묘 생육특성 및 괴경 수량은 Fig. 3과 같다. 출현일수는 육묘온도에 따라 유의한 차이를 보였으며 온도가 높을수록 출현일수가 단축되었다. 묘 품질은 육묘조건에 따른 유의한 차이가 확인되었다. 72공 트레이의 건물중이 가장 많았으나 72공과 128공 트레이간 차이는 크지 않았다. 육묘온도가 높거나 동일한 육묘온도에서도 육묘기간이 길어질수록 건물중이 증가하였으며, 상대생장률은 육묘기간이 짧을수록 높았다. 이와 같은 육묘조건에 따른 묘 품질의 차이에도 불구하고 괴경 수량은 처리간 유의한 차이가 없이 무처리 대비 87~107% 수준을 보였다. 이는 얌빈의 높은 생산성으로 인해 묘 품질의 차이가 정식 이후 생육기간 동안 보상된 것으로 보인다. 묘 품질의 차이가 얌빈 괴경 수량에 미치는 영향이 크지 않으므로 묘 생산을 위한 제한요인으로서 육묘기간과 이식작업의 편이성 등을 고려해야만 한다. 육묘온도가 낮으면 육묘기간이 길어지게 되므로 온도를 22℃로 설정하고 트레이에서 분형근이 형성되는 최소한의 시기인 30일 정도가 적절할 것으로 생각된다.

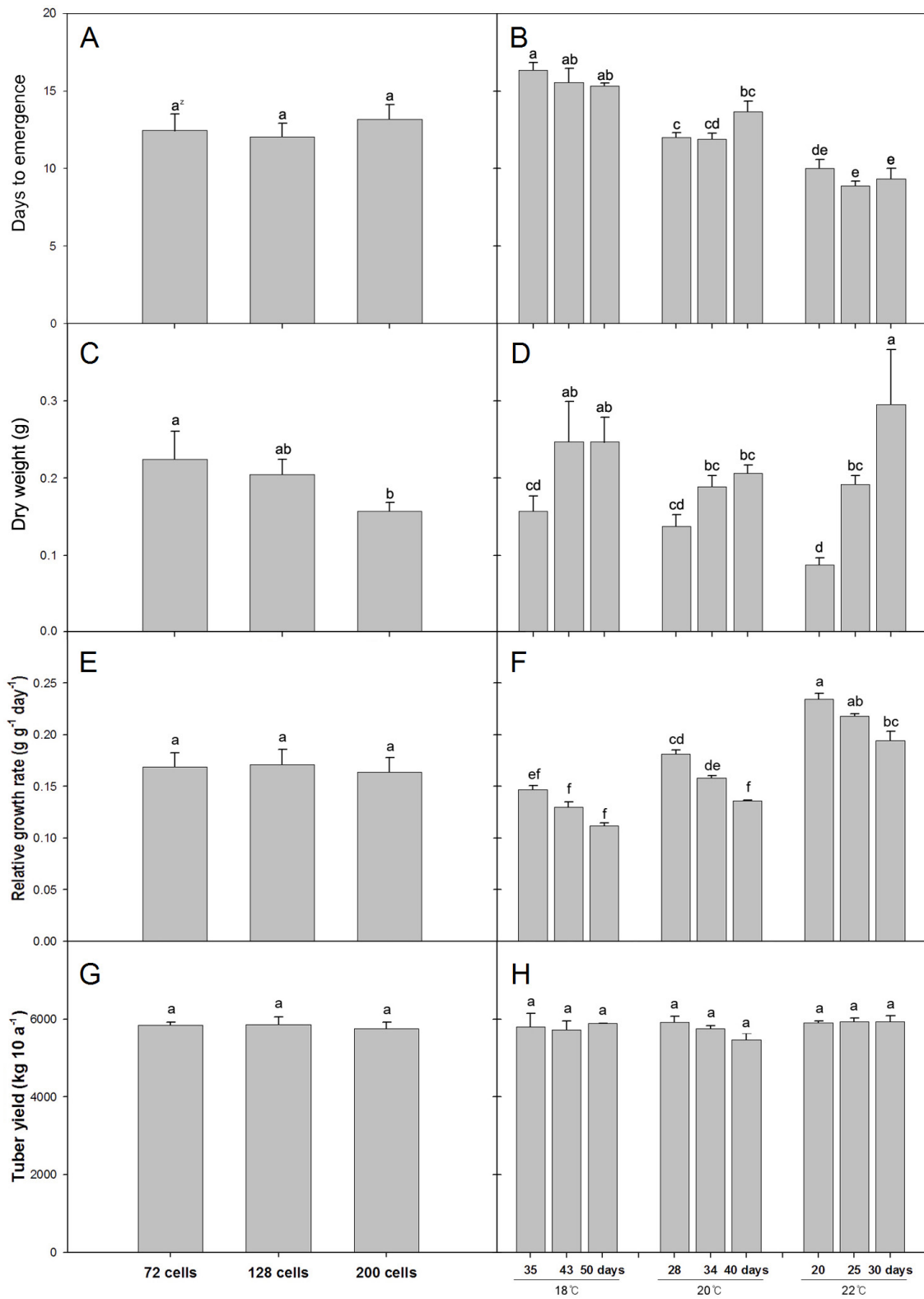


Fig. 3. Seedling characteristics and tuber yield of yam bean (*Pachyrhizus erosus* L.) as affected by raising condition. A, C, E, and G are respectively days to emergence, dry weight, relative growth rate, and tuber yield by tray cell size. B, D, F, and H are those affected by raising temperature and periods. ²Mean separation within each graph by Duncan's multiple range test at $P=0.05$.

Table 2. Growth and yield of yam bean (*Pachyrhizus erosus* L.) influenced by pinching height

Pinching height (cm)	Aerial part fresh weight (kg·10 a ⁻¹)	Pod fresh weight (kg·10 a ⁻¹)	Tuber			
			Number (ea per 10 a)	Fresh weight (g per plant)	Yield (kg·10 a ⁻¹)	
					2014	2015
60	2,012	53.1	9,712	709.1	1,200	2,363
120	3,460	186.7	9,368	644.6	1,848	2,148
No pinching	4,202	152.2	8,615	526.4	1,167	1,754
LSD (5%) ^z	1,267	48.3	ns ^y	104.1	200	394

^zLeast significantly different at $P=0.05$; ^yNot significantly different.

Table 3. Growth and yield of yam bean (*Pachyrhizus erosus* L.) influenced by flower pruning

Flower pruning times	Aerial part fresh weight (kg·10 a ⁻¹)	Pod fresh weight (kg·10 a ⁻¹)	Tuber			
			Number (ea per 10 a)	Fresh weight (g per plant)	Yield (kg·10 a ⁻¹)	
					2014	2015
0	3,632	199.1	9,110	574.1	1,842	1,913
1	3,730	67.2	10,996	759.5	2,381	2,531
2	3,513	16.2	10,704	787.8	2,740	2,626
LSD (5%) ^z	ns ^y	48.3	ns	129.0	624	428

^zLeast significantly different at $P=0.05$; ^yNot significantly different.

적심

I자형 지주 유인 재배시 적심높이별 효과를 검토한 결과 (Table 2), 120 cm 처리의 지상부 생육은 무처리와 유의한 차이를 보이지 않았으나 60 cm 처리는 협중, 생체중이 유의하게 감소하였다. 적심처리의 주당 괴경중과 10 a당 수량은 증가하는 경향이였으며, 60, 120 cm 적심은 무적심에 비해 괴경 수량이 각각 2014년 58, 3%, 2015년 22, 35% 증가하였다. 적심은 채소, 과수 결실량 증대, 화훼 상품성 향상에 긍정적인 효과를 보이고 있지만 지하부 생육에 미치는 영향은 작물에 따라 반응이 다르다. 감초(Nam *et al.*, 2011), 황금(Kim *et al.*, 1998) 등은 적심에 의해 수량이 증가한 반면 카사바(Sunitha *et al.*, 2016)와 더덕(Kim *et al.*, 2004)의 경우 적심강도와 빈도가 높을수록 감소되기도 한다. 재배농가에 따라 지주를 설치하지 않는 경우도 있으며, 이로 인해 초형관리가 불가능하기도 하다. 하지만 본 시험결과를 통해 적심의 효과가 분명한 것으로 판단되며 적심에 의해 수량이 증대된 이유는 과부한 지상부 생육을 제한함으로써 수광조건이 개선되어 근락생산성이 증가하고 지하부로의 동화산물 축적량이 상대적으로 증가되었기 때문으로 생각된다. 60 cm 처리가 지상부 생육을 제한하는 효과가 컸으나 괴경 수량에 있어서 120 cm 처리가 시험년차에 따라 괴경수량이 많거나 유의한

차이가 없었으므로 작업의 편의성을 고려하면 120 cm가 적합한 적심 높이로 판단된다.

적화

적화는 생식생장기간 동안 영양기관과 생식기관 간의 양분 전이를 조절함으로써 수량을 증가시키게 되는데 적화 횟수가 증가하면 주당 협중이 유의하게 감소하였고, 주당 괴경중이 늘어났으며 10 a당 수량이 무처리 대비 32, 37% 증가하였다(Table 3). 암빈에서 적화의 효과는 괴경 크기가 증가하고 수량이 증가한다는 보고(Høgh-Jensen *et al.*, 2008)와 일치하였다. 암빈의 국내재배에서 채종 목적을 제외하고 꽃대를 제거할 것으로 추천하고 있으나 시기나 강도 등에 대한 정보는 부족한 실정이다. 본 시험의 결과 무처리와 적화처리간에는 생육 및 수량에 유의한 차이가 확인되었으나 적화횟수의 다소에 따른 유의한 차이를 보이지 않아 개화시기에 1회 적화하는 것이 적합할 것으로 보인다.

제식밀도

밀식할수록 개체당 생육량은 감소하였으나 단위 면적당 지상부 생체중, 괴경수 및 수량이 증가하는 경향이였다(Table 4).

Table 4. Growth and yield of yam bean (*Pachyrhizus erosus* L.) influenced by planting space

Planting space (cm)	Aerial part fresh weight (kg·10 a ⁻¹)	Pod fresh weight (kg·10 a ⁻¹)	Tuber		
			Number (ea per 10 a)	Fresh weight (g per plant)	Yield (kg·10 a ⁻¹)
100×30	3,220	160.2	10,954	700.5	2,335
50×30	4,712	173.0	18,845	450.8	3,005
50×25	4,656	217.1	19,846	377.1	3,017
50×20	5,284	149.9	25,799	329.5	3,295
LSD (5%) ^z	1,013	ns ^y	5,716	85.5	454

^zLeast significantly different at P=0.05; ^yNot significantly different.

Table 5. Comparison of growth and yield of yam bean (*Pachyrhizus erosus* L.) cultivated under two different cultural practices

Treatment	Aerial part fresh weight (kg·10 a ⁻¹)	Pod fresh weight (kg·10 a ⁻¹)	Tuber		
			Number (ea per 10 a)	Fresh weight (g per plant)	Yield (kg·10 a ⁻¹)
OCP ^z	3,032	11.6	18,020	771	5,143
Control ^x	3,220	160.2	10,954	700	2,335
LSD (5%) ^y	ns ^w	35.1	3,451	ns	1,396

^zOptimized cultural practices, Close planting (50×30 cm) + pinching at 120 cm height + a time of flower pruning; ^yPlanting space 100×30 cm + No pinching + No flower pruning; ^wLeast significantly different at P=0.05; ^xNot significantly different.

Table 6. Economic analysis of yam bean (*Pachyrhizus erosus* L.) cultivated under two different cultural practices

(Unit: Korean thousand won)

Treatment	Loss factor				Profit factor		B-A
	Sum (A)	Seedling cost	Labor cost	Farming tool cost	Sum (B)	Yield	
OCP ^z	2,993	2,000	755	238	9,124	9,124	6,131
Control ^y	1,243	1,000	138	105	4,198	4,198	2,955

^zOptimized cultural practices, Close planting (50 cm×30 cm) + pinching at 120 cm height + a time of Flower pruning;

^yPlanting space 100×30 cm + No pinching + No flower pruning.

밀식하면 주당 괴경중은 감소하지만 10 a당 괴경수가 증가함으로써 괴경 수량이 증가하였으며, 1휴 2열 재배는 1휴 1열 재배에 비해 수량이 29~41% 증가하였으며, 주간거리에 따른 차이는 없었다. 이는 유통 및 소비 측면에서 유리한 300~700 g의 중소형 괴경 생산 가능성을 제시하였다. Høgh-Jensen *et al.* (2008) 이 10 a당 26,670주까지 밀식할 경우 괴경수는 증가하고 괴경 크기가 감소하지만 전체 수량에는 변동이 없다고 하였고, Suh *et al.* (2018)도 곱취를 밀식할수록 수량이 늘어난다고 한 보고를 통해 재식밀도 조절로 인한 수량, 종묘비, 정식비용 증가 등을 고려한 적정 한계 설정이 필요하다고 판단된다.

경제성 분석

OCP 처리와 대조구를 비교한 성적은 Table 5와 같이 지상부 생체중과 주당 괴경중은 유의한 차이를 보이지 않았지만 협중은 감소하였고, 괴경수 및 괴경 수량이 증가하였다. 적심, 적화, 재식밀도 처리에서는 수량이 각각 29% (Table 2), 23% (Table 3), 32% (Table 4) 증가하였으며, OCP 처리에서 120.3% 증가하여 재배요인의 조합이 얌빈 수량 증가에 상승적으로 작용하는 것으로 보인다.

재배요인 투입에 따른 경제적 효율성을 부분예산법에 따라 분석하였다(Table 6). OCP 처리는 밀식에 따른 종묘 소요량 증가로 종묘비 2,000천원, 적화, 적심 및 정식작업 증가에 따른 노

동시간 증가로 노동비 755천원, 포장재 추가 소요, 적과가위 등 소농구비 238천원이 추가되어 손실적인 요소는 2,993원이었다. 반면 수량 증가에 따라 이익적인 요소가 9,124천원 발생하였다. OCP 처리를 무처리와 비교했을 때 경제적인 이익이 107% 증가하여 새로운 농가 소득 작목으로 재배하기 위해서는 적심, 적화, 재식밀도 설정 등 재배기술의 최적화가 필요하다. 본 연구의 결과 신도입작물인 양빈의 수량성 및 경제성 확보를 위한 최적 재배기술의 조합을 구성하였고 이에 따라 국내 생산 기반을 구축하고 생산성 평가 및 개선의 기준으로 활용될 것으로 판단된다.

적 요

새롭게 도입된 양빈의 국내 재배기술 확립을 위하여 육묘조건, 적심, 적화, 재식밀도 등의 재배요인에 의한 생장과 수량반응을 조사한 결과는 다음과 같다. 양빈은 P.E. 하우스내에 전열 온상을 설치하여 평균 22℃로 유지하여 30일(적산온도 650℃) 육묘하면 건전묘 생산이 가능하였다. 트레이 규격에 따른 출현 특성의 차이는 없으며, 셀 크기가 클수록 묘 성장량이 증가하지만 육묘효율, 이식작업의 편의성을 고려하여 128공 트레이가 적합하였다. 7월 하순에서 8월 상순에 120 cm 높이에서 적심을 하면 수량이 23% 가량 많아지며 8월 하순에서 9월 상순 사이에 적화를 하면 괴경수와 괴경중이 증가하여 수량이 32% 가량 많아진다. 50 cm×30 cm로 정식하였을 때 관행 100 cm×30 cm보다 수량이 30% 증가하였다. 적심, 적화, 재식밀도 최적조합처리는 무처리에 비해 경제적으로 107%의 이익적인 요소가 발생하였다. 이상의 연구 결과 양빈의 최적 재배기술 적용을 통해 국내에서 새로운 소득 작목으로서 유망할 것으로 판단된다.

References

Bernabe, J.A. 2010. Productivity, nutrient use efficiency and energy utilization of yam bean (*Pachyrhizus erosus* (L.) urban) genotype in Ilocos Norte, Philippines. J. ISSAAS 16:159-169.

Høgh-Jensen, H., A.Q. Mora, J.A.M. Morera and M. Sørensen. 2008. Effect of planting density and pruning on yam bean tuber yields and quality. Res. J. Agron. 2:56-63.

Kim, H.H., J.K. Hwang and U.D. Shin. 2004. Topping, flower pinching treatment for increasing yield of *Codonopsis*

lanceolata and development of propagation method by cutting. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 22:183-187 (in Korean).

Kim, M.S., B.J. Chung, G.C. Park, T.D. Park, S.C. Kim and J.H. Shim. 1998. Effects of topping time and split fertilization on growth and root yield of *Scutellaria baicalensis* G. Korean J. Medicinal Crop Sci. 6:271-276 (in Korean).

Kim, S.K., H.J. Choi, J.H. Won, J.H., Park, I.J. Lee and S.Y. Park. 2009. Introduction of yam bean (*Pachyrhizus* spp.) in Korea. Korean J. Plant. Res. 22:546-551 (in Korean).

Lee, A.R., G.N. Kim, H.O. Kim, W.J. Song and S.S. Roh. 2017. Antioxidant activity and melanin inhibitory effects of yam bean (*Pachyrhizus erosus*) extract. Kor. J. Herbol. 32:57-64 (in Korean).

Leidi, E.O. 2002. Leaf gas exchange of *Pachyrhizus ahipa* and *P. erosus* under water and temperature stress. Photosynthetica 40: 375-381.

MOEL (Ministry of Employment and Labor). 2014. Statistics of Employment and Labor. <http://laborstat.moel.go.kr>.

Nam, S.Y., I.J. Kim, S.Y. Choi, Y.H. Kim, I.G. Song, G.J. Lee, J.H. Park and T.J. Kim. 2011. Effect of topping time on growth and quality in *Glycyrrhiza uralensis*. Korean J. Plant Res. 24:189-194 (in Korean).

Nedunchezhiyan, M. and R.C. Ray. 2005. Effect of dates of sowing on dry matter production and partitioning in yam bean (*Pachyrhizus erosus* (L.) Urban). Ann. Trop. Res. 27: 31-42.

Nielsen, P.E., M. Sørensen and M. Halafihi. 2000. Yield potential of yam bean *Pachyrhizus erosus* (L.) urban accessions in the Kingdom of Tonga, South Pacific. Trop. Agric. 77:174-179.

RDA (Rural Development Administration). 2016. Climate Change-Related Food Crop Production. RDA, Jeonju, Korea.

Suh, J.T., D.L. Yoo, K.D. Kim, J.N. Lee and M.S. Hong. 2018. Effects of planting region and distance on the growth and yield of Gomchwi 'Sammany' variety. Korean J. Plant Res. 31:378-383 (in Korean).

Sørensen, M. 1996. Promoting the Conservation and Use of Underutilized and Neglected Crop-Yam bean (*Pachyrhizus* DC), IPK, Gatersleben, Germany. pp. 55-57.

Sunitha, S., C.S. Ravindran, J. George and J. Sreekumar. 2015. Effect of pruning on cassava stem, foliage and tuber yield. J. Root Crops 41:36-41.

(Received 4 May 2018 ; Revised 19 September 2018 ; Accepted 18 December 2018)