

토양 배지조성이 고추냉이 생육에 미치는 영향

변학수[†]·서정식·임수정·허수정·서상명
강원도 농업기술원

Effects of Soil Physical properties on Growth in *Wasabia japonica* Matsum

Hak Soo Byeon[†], Jeong Sik Seo, Soo Jeong Lim, Su Jeong Heo, Sang Myung Seo

*Kangwon Province Agricultural Research & Extension Services Chuncheon 200-150, Korea

ABSTRACT : This study was conducted to find out the optimum ranges of soil physical properties for wasabi growth by the relationship of soil physical properties and plant growth. Soil bulk density and hardness were higher in decomposition of granite and river sand than hydroball. This root distribution of surface layer was higher in decomposition of granite and river sand than hydroball. Growth characteristics and yield were higher in hydroball than decomposition of granite and river sand. In inlet site, the marketable rhizome weight in decomposition of granite, river sand, hydroball were 298kg/10a, 401kg/10a, 766kg/10a, respectively. But outlet, the weight in three soils were 251kg/10a, 256kg/10a, 633kg/10a, respectively.

Key words : *Wasabi*, Soil physical properties, growth characteristics

서 언

작물 생육은 유전적 요인과 토양, 기후 등 환경 요인 및 재배관리 기술의 상호작용에 의하여 결정된다. 작물 생육에 직접적으로 영향을 미치는 토양의 물리적 성질은 토양 수분 및 공기의 함량, 지온, 경도 등이며, 이들 직접 요인들은 토양의 용적 밀도, 토성, 입단 크기 및 발달 정도, 공극 분포 등에 따라 좌우된다(Kuboda, 1987). 식물 뿌리의 신장은 토양의 입경조성, 수분 함량, 경도, 삼상분포,

통기성, 온도 등의 물리성과 pH, 유기물, 무기물 등의 화학적 특성에 많은 영향을 받는다.

토양 물리성의 한 요인인 입경 조성은 토양내의 대소 공극 비율을 결정하는 주요 요인이 되고 있으며, 투수성, 토양 통기 등을 지배한다. 그리고 토양 경도는 토성, 토양구조, 유기물 함량 수분상태 및 용적 밀도에 영향을 받을 뿐 아니라 투수성, 통기성과도 밀접한 관련이 있다(조 등, 1997).

고추냉이는 재배양식에 따라 물재배와 밭재배로 나눌 수 있는데, 물재배는 풍부한 수량과 용존 산

[†] Corresponding author (Phone) : 033-254-7901

Received Jan. 13, 2001

소량 9.5mm 이상, 전기전도도 0.03~0.2mmho/cm, 수온 8~18℃의 적절한 수질을 요구하며, 재배 적지가 제한되어 있다(이 등, 1995).

일본에서의 포장 조성 양식은 지형 및 용수의 조건에 따라 첩석식, 평지식, 계류식, 지니식 등 여러 가지로 분화되어 있으며, 첩석식 포장이 가장 우수하며 고품질 근경이 생산된다. 포장조성 양식에 관계 없이 물재배 양식에서 작토층은 항시 물로 포화되어 있기 때문에 고추냉이의 뿌리 호흡에 필요한 산소는 물의 용존 산소량에 의존하게 되며 근계에 원활한 산소 공급을 위해서는 투수성이 양호하여야 한다.

현재 우리나라에서 고추냉이 물재배는 아직 초보적 단계이며, 포장조성 방법도 일본의 방식을 인용하여 재배하고 있다. 그러나 일본과 우리나라의 토양은 생성과정인 모암단계부터 다르므로 일본과 동일한 포장 조성 양식을 이용하는 것은 무리라고 생각된다. 따라서 본 시험은 작토층의 조성재료에 따른 토양물리성 인자들이 고추냉이 생육과의 상호 관련성을 구명하고자 실시하였다.

재료 및 방법

포장 조성 재료가 고추냉이 생육에 미치는 영향을 구명하고자 블록으로 4m×15m의 포장 테두리를 만들고 하층에 호박돌(Ø 35cm)를 깔고 그위에 자갈(Ø 4cm)를 깔 다음 작토층은 마사토, 강모래, 난석을 각각 15cm 깔아 작토층을 조성하였다. 용수는 소양댐 발전 방류수를 양수기로 이용하여 관개하였고, 수온 4~18℃ 범위였다. 공시재료는 달마종 실생묘를 재식밀도 30×25cm로 정식하였다. 차광은 4~10월까지 70% 차광 그외는 무차광으로 하였다. 일반적인 포장 관리는 수시로 작토를 세척하여 탈락한 엽이나 엽병을 제거하였다. 토양 물리성 조사는 5.08cm core를 사용하여 토양별로 입수구 및 퇴수구의 상하층을 10개소씩 시료를 채취하여 조사하였다. 용적밀도, 공극량 등 토양 물리성

인자들은 농기연 토양 분석법(농업기술연구소, 1973)의 건조법에 의하여 5반복으로 구하였다. 토양의 입경 분석은 건조한 토양을 각각 4mm, 2mm, 0.25mm, 0.05mm sieve에 통과시키고, 각각 체위에 남은 중량을 전체 토양 중량에 대한 백분율로 나타내었다.

토양 경도의 측정은 단수하여 물이 완전히 빠진 후 山中式 경도계를 이용 입수구 및 퇴수구의 상하층을 10개소씩 조사하여 평균치를 구하였다.

결과 및 고찰

1. 토양의 물리성

가. 작토의 입경 분포

토양 종류별 입경 조성은 표 1과 같다. 토양종류, 입퇴수구, 상하층간 뚜렷한 차이를 보였는데 입퇴수간의 차이는 퇴수구보다 입수구 쪽에 2mm 이상의 입자가 많이 분포하였고, 2mm 이하의 분포는 반대의 경향이었다. 상하층의 차이는 난석에서는 상층에 2mm 이상의 입자가 많이 분포하였으나 마사토, 강모래에서는 비슷하거나 반대의 경향이었다. 토양 종류에 따라 상하층간에 큰 차이를 보이는 이유는 밀도가 낮고(표 2), 입경이 큰 재료로 조성한 난석에서는 물의 하향 유동에 의해 큰 공극 사이로 작은 입자가 이동하여 침적되었으나 마사, 강모래에서는 입자간 공극이 작아 이동이 원활치 않았던 것으로 사료되었다.

토양별 입자의 분포는 마사토, 강모래는 2.0~0.25mm가 가장 많았으나, 난석은 4mm 이상의 입자가 가장 많이 분포하였다. 고추냉이 물재배는 토양 공극이 항시 물로 포화되어 있기 때문에 근권부의 산소공급은 용존 산소량에 의존할 수 밖에 없다. 따라서 작토층의 총 공극량 보다는 대소 공극의 분포가 고추냉이 생육을 좌우하며, 대소 공극의 분포는 토양의 입경 분포 비율에 따라 차이를 나타내고 있다(조 등, 1997).

본 시험에서 토양의 입경 분포는 동일한 첩석식

Table 1. Distribution of particle size under different soils

Soil	Site	Horizon	Particle size(%)				
			4.0mm >	4.0~2.0	2.0~0.25	0.25~0.05	0.05 <
Decomposition of granite	Inlet	Topsoil	18.3	30.8	43.2	6.7	1.0
		Subsoil	18.3	30.8	43.7	6.5	0.7
	Outlet	Topsoil	13.4	28.9	48.4	7.7	1.2
		Subsoil	12.3	29.4	47.6	9.0	1.7
River sand	Inlet	Topsoil	14.6	17.3	59.9	7.2	1.0
		Subsoil	17.0	17.3	57.4	7.3	1.1
	Outlet	Topsoil	13.5	15.3	63.3	7.0	0.9
		Subsoil	19.0	14.1	58.6	7.4	0.9
Hydroball	Inlet	Topsoil	62.6	29.2	3.8	3.5	0.9
		Subsoil	48.6	32.9	8.4	8.1	2.0
	Outlet	Topsoil	67.9	29.5	1.9	0.7	0.0
		Subsoil	54.0	34.9	7.8	3.0	0.3
Sizuoka			35.0	17.0	32.3	11.9	3.8

양식을 취하는 일본의 시즈오카에 비하여 난석 이외의 토양은 2mm 이상의 자갈 분포가 적었고, 粗砂 분포가 10~30% 정도 많았다.

한편 토양 모재가 물과 접할 경우에는 기계적 풍화 작용뿐만 아니라 수화 작용에 의한 화학적 풍화 작용도 받게 되므로 (조 등, 1997) 재배년수 경과에 따라 2mm 이하의 입경 분포는 더욱 증가될 것으로 전망된다. 이와 같이 토양 입경분포가 일본과 다른

것은 토양 모재 및 토양 생성과정이 다르기 때문으로 사료된다.

나. 토양 물리성 변화

토양 종류별 물리성 변화는 표 2와 같다. 토양 경도는 마사, 강모래는 비슷하였으나 난석은 낮았고, 동일한 토양내에서는 하층일수록 경도가 높았다. 토양 경도와 자갈 함량은 고도의 유의성 있는 부의

Table 2. Changes of soil physical properties under different soil

Soil	Site	Horizon	Hardness(mm)	Bulk density	Posity(%)
Decomposition of granite	Inlet	Topsoil	11.3±2.21	1.65±0.04	37.8
		Subsoil	14.9±3.19	1.61±0.05	39.2
	Outlet	Topsoil	12.1±2.12	1.60±0.08	39.6
		Subsoil	15.1±2.92	1.65±0.10	37.8
River sand	Inlet	Topsoil	12.1±1.73	1.62±0.05	38.7
		Subsoil	12.5±2.67	1.61±0.04	39.3
	Outlet	Topsoil	12.9±1.29	1.63±0.06	38.4
		Subsoil	14.2±1.55	1.60±0.06	39.6
Hydro ball	Inlet	Topsoil	5.5±0.84	1.08±0.07	55.4
		Subsoil	6.2±1.55	1.08±0.07	56.4
	Outlet	Topsoil	5.8±0.63	1.01±0.05	56.1
		Subsoil	7.0±0.94	1.06±0.06	53.9

※ (means ± SD)

상관을 보인다고 하였는데(조 등, 1997), 본 시험의 결과도 토양간에는 이와 일치하는 경향이었으나, 토양내에서는 이와 다른 경우도 있었는데(표 1, 2), 이는 고추냉이 포장에 인위적으로 조성된 것이고 이 과정에서 4mm 이상의 대형 자갈 함량에 따라 다소간 차이가 있었던 결과로 사료된다. 토양 상하층간의 경도 차이는 물에 의한 압밀화 현상과, 상층토는 주기적인 세척 작업에 의해 경도가 낮아진 반면 하층토는 그렇지 않은 결과로 사료된다.

토양 경도와 가비중은 고도의 유의성 있는 정적 상관 관계가 있다고 하였는데(조 등, 1997), 본 시험의 결과는 대체로 이와 일치하였으나 강모래에서는 이와 일치하지 않았다. 이는 토양 상하층간의 위치 차이와 인위적으로 조성된 포장으로 토양 모재가 충분히 혼합되지 않은 결과로 생각된다. 공극율은 마사토, 강모래는 사토의 범위였으며 난석은 식토~식양토의 범위로 공극율이 높았다.

2. 토양별 고추냉이 생육

가. 근계 분포

작토 종류별 고추냉이 근권부 생육은 표 3과 같다. 마사토와 강모래는 넓고 얇게 분포하였으나, 난석은 좁고 깊게 분포하였다. 작물의 근권부 생육은 동일한 수분 조건에서 토양의 가비중과 뿌리의 신장과는 고도의 유의성 있는 부의 상관을 보인다고 하였으며(조 등, 1997), 투수속도가 빠를수록 뿌리의 양도 많고, 근권이 깊이까지 확장된다고 하였는데(안 등, 1987), 본 시험의 결과 고추냉이 근권부의 신장도 이와 일치하였다.

토양 경도와 작물 생육과의 관계에서 토양 경도는 가비중이 증가할수록 커지고 수분 함량이 높아짐에 따라 감소하며 수분 함량이 충분한 경우 가비중 1.8까지도 뿌리가 신장하지만 그 이상에서는 어떤 경우도 신장하지 못한다고 하였다(조 등, 1977 ; 조 등, 1987 ; 조 등, 1997). 본 시험에서 고추냉이 근계 분포 깊이로 볼 때 마사토, 강모래의 뿌리 하층부 경도가 14~15mm(표 2)인 것으로 보아 이 부근이 고추냉이 뿌리의 관입 한계 경도일 것으로 생각된다.

Table 3. Distribution of wasabi roots under different soil (unit : cm)

Soil	Width	Depth
Decomposition of granite	49	14
River sand	46	16
Hydroball	35	26

나. 토양별 고추냉이 생육 및 수량

토양별 고추냉이 생육 및 수량은 그림 1, 2 및 표 4, 5와 같다.

고추냉이 지상부 생육과 근경수량과의 관계에서 근경중은 주경엽수, 근경장, 총중량, 엽병중, 엽중 등과 정의 상관 관계를 보여 지상부 생육이 왕성한 것이 근경수량도 많다고 하였는데(변 등, 1997), 본 시험에서도 전반적인 생육은 이와 일치하였다.

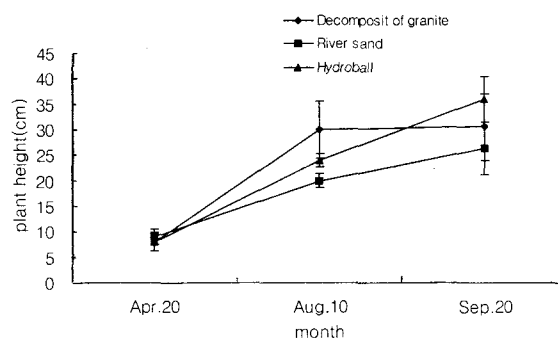


Fig 1. Changes of plant height under different soils.

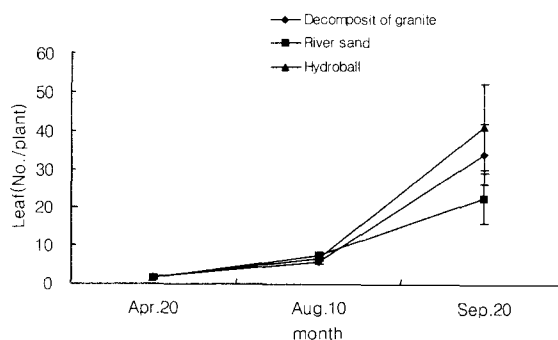


Fig 2. Changes in number of leaf under different growth days.

Table 4. Growth characteristics under different soils

Soil	Site	Plant height (cm)	Petiole length (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Leaves of main stem	Total leaves	No. of tillers
Decomposition of granite	Inlet	42±5.7	24±5.9	12.9±2.0	16.2±2.4	11.9±2.7	29.8±10.9	2.5
	Outlet	37±3.3	20±3.2	12.6±1.4	16.1±1.6	12.6±6.3	20.4± 8.4	1.5
River sand	Inlet	42±4.4	24±3.5	14.1±2.1	19.0±2.7	13.8±3.5	17.9± 6.3	0.6
	Outlet	38±3.7	23±3.4	12.5±1.4	17.6±2.2	13.5±3.1	20.7± 7.2	1.2
Hydro ball	Inlet	52±5.0	30±2.6	16.7±2.1	20.8±2.3	15.9±5.1	31.1±13.4	2.0
	Outlet	51±4.6	30±6.4	18.1±2.1	22.5±3.1	17.7±3.2	33.6± 9.6	1.8

* (means ± SD)

Table 5. Rhizome growth characteristics and yield of wasabi in different soils

Soil	Site	Growth characteristics			Yield		
		Length (cm)	Diameter (mm)	Weight (g/plant)	Rhizome weight (kg/10a)	Marketable rhizome weight (kg/10a)	Commercial ratio (%)
Decomposition of granite	Inlet	10.1±1.2	15.7±2.1	50.8±21.6	338	298	80
	Outlet	9.2±2.3	16.1±3.7	50.3±31.3	334	251	50
River sand	Inlet	9.6±1.3	20.0±4.1	60.1±23.5	451	401	80
	Outlet	8.5±1.1	18.1±2.9	44.2±14.1	332	256	66
Hydro ball	Inlet	12.8±2.9	19.5±4.7	102.0±59.5	766	766	100
	Outlet	12.2±2.2	20.2±4.3	87.1±67.6	649	633	93

* (means ± SD)

초기 생육은 마사토, 강모래가 우수하였으나, 초장은 정식후 10개월, 엽수는 5개월부터 난석이 우수하였고, 후기 생육까지 지속되었다. 식물의 흡수 기능은 장력이 낮은 토양 수분이 많더라도 산소 공급 능력이 없으면 식물 뿌리는 양분이나 수분을 흡수하는데 필요한 에너지를 만들지 못하여 흡수가 정지되고(조 등, 1997), 경도가 너무 단단하면 뿌리는 신장을 하지 못하므로 생육이 나쁘게 된다고 하였는데(민 등, 1983), 본 시험에서도 비슷한 경향으로 개체 발육량이 적고 뿌리가 표층에 분포하는 생육초기에는 양분 공급에 관여하는 세사 이하의 입경 분포가 많은 마사토나 강모래가 유리하지만 개체 발육량이 크고 뿌리 호흡이 왕성한 생육 후기에는 토양의 양분 공급 능력보다는 투수성이 높

아 근권부 산소 공급 능력이 우수한 대립의 입자로 구성된 난석이 생육에 유리하게 작용한 것으로 사료된다.

한편 이러한 결과는 본 시험에 사용된 물이 하천수이므로 하계 고수온 기간에 뿌리 호흡이 양호한 난석에서 생육이 우수한 것으로 사료되며 용출수를 이용한 적은(12~15℃)에서는 이와 상이한 결과도 예상된다.

입퇴수간 생육 차이는 지상부의 생육은 큰 차이가 없었으나(표 4), 근경 생육 및 수량은 마사토를 제외하고는 큰 차이를 보였는데 이는 입수구 쪽은 용존 산소량이 풍부한 반면 퇴수구 쪽은 물이 상면을 통과하는 과정에서 고추냉이의 뿌리 호흡에 의해 용존 산소량이 낮아졌고, 이로 인하여 양분 저

장 기관인 근경의 생육 및 수량이 낮아진 것으로 사료된다.

Table 6. Distribution of rhizome weight in different soils

		(unit : %)					
Soil	Site	LL	L	M	S	SS	
Decomposition of granite	Inlet	-	10	10	60	10	10
	Outlet	-	20	0	30	40	10
River sand	Inlet	-	33	27	20	20	-
	Outlet	-	6	0	60	27	6
Hydro ball	Inlet	13	47	20	20	-	-
	Outlet	6	40	27	20	6	-

J Superior : 160g, LL : 159~80g
 L : 79~57g M : 56~40g
 S : 39~28g SS : 27~20g

다. 고추냉이 근경중의 분포

토양별 고추냉이 근경중의 분포는 표 6과 같다. 토양에 관계없이 입수구에서 상품율이 높았고, 퇴수구는 낮았다. 토양 종류별 상품 수량은 난석 > 강모래 > 마사토 순이었다. 입퇴수간 상품율은 마사토, 강모래는 큰 차이가 있었고, 난석에서는 차이가 적었는데 이러한 결과는 난석은 투수성이 양호하여 입퇴수간에 용존 산소량 감소에 의한 저해 작용을 덜 받은 반면, 마사토나 강모래는 투수성이 불량하여 하류일수록 심한 저해를 받아 대형 근경이 생산되지 않은 것으로 사료된다.

적 요

고추냉이 물재배에서 토양의 배지조성이 고추냉이의 생육 및 수량에 미치는 영향을 구명하기 위해 시험한 결과 토양의 입경 조성은 일본에 비하여 마사토, 강모래에서는 2mm 이상의 자갈 함량이 적었고 조사의 분포가 많았다. 토양경도는 마사토와 강모래에서 상층은 11.3~12.9, 하층은 12.5~15.1 사이에 분포하였으나, 난석에서 상층은 5.5~5.8, 하층은 6.2~7.0 사이에 분포하여 난석의 경도가

가장 낮았다. 근계 분포는 경도가 낮은 난석에서는 좁고 깊게 분포하였으나, 경도가 높은 마사토, 강모래에서는 넓고 얇게 분포하였다. 근경중은 난석에서 입수구 쪽은 766kg/10a, 퇴수구 쪽은 649kg/10a, 마사토에서 입수구 쪽은 338kg/10a, 퇴수구 쪽은 334kg/10a, 강모래에서 입수구 쪽은 451kg/10a, 퇴수구 쪽은 332kg/10a로 난석 대비 입수구 쪽은 마사토 44%, 강모래 59%, 퇴수구 쪽은 마사토, 강모래 각각 51% 수준이었다.

LITERATURE CITED

Ahn, S. B. 1987. Effect of Percolation Rate on Soil Chemical Properties and Rice Growth in Poorly Drained Soil. J. Korean Soc. Soil Sci. Fert. Vol 20(3) : 231~240

Byun, H. S., J. S. Seo, S. M. Seo, S. J. Lim, and S. C. Choi. 1997. Effect of Seedling and Division Nursery Stock Size on Growth and Yield in Water Culture Condition of *Wasabia japonica* Matsum. Korean J. Plant. Res. 10(4) : 375~381

Jo, I. S., S. J. Cho, and J. N. Im. 1977. A Study on Penetration of Pea Seedling Taproots as Influenced by strength of soil. J. Korean Soc. . Soil Sci. Fert. Vol. 10(1) : 7~12

Jo, I. S., B. K. Hur, L. Y. Kim, Y. K. Cho, and K. T. Um. 1987. Soil Physico-chemical Properties of Red pepper Fields and Plant Growth. J. Korean Soc. . Soil Sci. Fert. Vol. 20(3) : 205~203

Jo. I. S., B. K. Cho, Hyun, H. J. Hyun, Jang. Y. S. Hyun, and J. S. Shin. 1997. Effect of Soil Texture and Bulk Density on the Least-Limiting Water Range. J. Korean Soc. . Soil Sci. Fert. Vol. 30(1) : 51~55

Cho J. H., K. R. Kim. 1997. Effect of Bulk Density, Volumetric Water and Gravel Contents on Hardness in Prepared Sandy Loam. J. Korean Soc. . Soil Sci. Fert. Vol. 30(1) : 46~50

Kuboda, J. 1987. Soil Physical analysis for Soil Diagnosis in extension. Soil Physical Condition and Plant Growth 55 : 2~4

- Lee, S. W., O. K. Kim, H. J. Yong, W. H. Lee, and J. K. Yu. 1996. Growth and Yield of Wasabi Cultivated in Cold Water Drained from Trout Nursery. Korean J. Crop Sci. 41 (5) : 586~591
- Min, K. B., J. J. Kim, S. J. Cho, and J. N. Im. 1983. The Effects of Subsoiling at Different Depths and Spacings on Physical Properties of Soil and Rice Yields. J. Korean Soc. . Soil Sci. Fert. Vol. 16(3) : 228~234
- 조성진, 박천서, 엄대익. 1997. 토양학. 향문사.
- 이성우, 안병옥. 1995. 고추냉이(와사비) 재배법. 농진회
- 농업기술연구소. 1973. 토양 조사 편람. 제2권 토양분석법. 농촌진흥청 p : 3~97