

패화석이 보리생육과 토양 미생물상에 미치는 영향

이영한[†] · 손연규^{1†} · 이성태 · 허재영 · 김민근 · 김은석 · 송원두 · 김대호^{**} · 옥용식^{2*}

경상남도농업기술원, ¹국립농업과학원, ²강원대학교

Effects of Oyster Shell Lime on Barley Growth and Soil Microbe in an Upland Soil

Young-Han Lee[†], Yeon-Kyu Sonn^{1†}, Seong-Tae Lee, Jae-Young Heo, Min-Keun Kim, Eun-Seok Kim, Won-Doo Song, Dae-Ho Kim^{**}, and Yong Sik Ok^{2*}

Gyeongsangnam-do Agricultural Research and Extension Services, Jinju 660-360, Korea

¹National Academy of Agricultural Science, RDA, Suin-ro 150, Gwonseon-gu, Suwon 441-707, Republic of Korea.

²Biochar Research Center, Department of Biological Environment, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Republic of Korea

Oyster shell has a high content of CaCO_3 to be used as a acidic soil amendment. To enhance productivity of barley and soil microbe in an upland soil, oyster shell and calcium-magnesium carbonate were selected as a soil amendments in this study. A field experiment was treated no treatment (hereafter, control), oyster shell lime 3.09 Mg ha^{-1} and 2.38 Mg ha^{-1} , and calcium-magnesium carbonate 2.38 Mg ha^{-1} as amount of lime requirement in silt loam soil. The yield of barley from the oyster shell lime treatment was the highest. The protein content of barley was the highest of 11.1% in the calcium-magnesium carbonate, followed by 10.7% for the control, 10.6% for the oyster shell lime 3.09 Mg ha^{-1} , and 10.4% for the oyster shell lime 2.38 Mg ha^{-1} . Soil pH value was higher than that of control in harvesting stage. In addition, the population of soil bacteria was highest in oyster shell lime 2.38 Mg ha^{-1} , actinomycetes was highest in calcium-magnesium 2.38 Mg ha^{-1} . We concluded that the oyster shell lime can be effective to restore soil nutrient and microbe balance in an upland soil.

Key words: Oyster shell, Barley, Acidic soil, Upland soil, Soil microbe

서 언

우리나라 토양은 화강암과 화강편마암에 기인되어 염기가 부족하기 쉬우며 여름철에 집중적으로 내리는 강우로 인하여 토양의 산성화가 심화되므로 토양개량을 위해 석회시용을 권장하고 있다 (Heo et al., 2010; Jung et al., 1993; Jung et al., 2007; Lee et al., 2006). 농업용 토양개량제로 이용되고 있는 석회고토는 산성토양을 개량하는 효과가 있으나 장기적으로 산림훼손, 자연생태계 파괴 등의 사회적 문제를 발생시키므로 이를 대체할 수 있는 자원 개발이 필요하다고 하였다 (Heo et al., 2010). 패화석비료는 대부분 석회물질로 구성된 굴 껍질을 낮은 온도에서 소성하고 분쇄

하여 제조한 비료로서 산성토양 개량제로 활용할 수 있는 유용한 대체 자원이라고 했다 (Kim et al., 1995; Lee et al., 1997; Lee et al., 2004; Lee et al., 2005; Heo et al., 2010). Kim et al. (1995)은 석회소요량으로 굴 껍질을 사용한 결과 대조구에 비해 상추 120%, 양배추 6%, 양파 154%, 고추 13%, 콩 8% 정도 증수한다고 보고하였으며, Lee et al. (1997)은 굴 껍질 4 Mg ha^{-1} 를 산성 토양 개량제로서 논토양에 사용한 결과 벼 수량은 6.79 Mg ha^{-1} 로 무처리구에 비해 11% 증수되었다고 보고하였다. Ha et al. (1998a,b)은 시설 봄배추 재배에 굴 껍질을 4 ton ha^{-1} 사용한 결과 대조구 수량 $135.3 \text{ ton ha}^{-1}$ 에 비해 18% 증수하였고 산성토양에서 배추를 2년간 재배한 결과 대조구의 8.7 ton ha^{-1} 을 기준으로 193% 증가하였음을 보고하였다. Lee et al. (2004)은 사과재배지 산성토양 개량제로 패화석을 사용한 결과 수량은 37 Mg ha^{-1} 로 무시용 대비 5% 증수되었다고 하였다. 그러나 밭토양에서 화분과 작물을 대상으로 패화석의 시용효과를 검토한 결과는 미흡한 실정이다.

접수 : 2012. 7. 5 수리 : 2012. 8. 6

[†]공동 제1저자

*연락처 : Phone: +82332506443

E-mail: soilok@kangwon.ac.kr

**공동연락처 : Phone: +82557716222

E-mail: goodyear58@korea.kr

따라서 본 연구는 밭토양에서 패화석 비료의 효과를 검토하기 위하여 보리의 생육 및 수량과 토양 미생물상에 미치는 영향을 조사하였다.

재료 및 방법

재배 및 토양 조건 본 시험에 사용한 품종은 겉보리인 상록보리이며 이현미사질양토 (Ihyeon series, Coarse silty, mixed, mesic family of Dystric Fluventic Eutrochrepts)에서 패화석 시용효과를 검토하였다. 상록보리는 내한성과 도복에 강하며 호위축병과 흰가루병에 저항성이 강하고 백도가 높은 양질의 겉보리이다 (NICS, 2000). 처리내용은 무처리, 석회고토 (석회소요량), 패화석 (석회소요량) 및 석회고토 동량의 패화석 등 4수준으로 처리하여 난괴법 3반복으로 수행하였다. 석회소요량은 ORD 분석을 통하여 석회고토는 2.38 Mg ha⁻¹, 패화석은 3.09 Mg ha⁻¹, 석회고토 동량의 패화석 처리구는 2.38 Mg ha⁻¹로 처리하였다. 토양 양분관리는 N-P₂O₅-K₂O=91-74-39 kg ha⁻¹로 시비하였다. 시험전 토양화학적성은 Table 1과 같이 pH가 낮고 Ca 함량이 낮은 밭토양의 특징을 나타냈다.

생육조사 및 분석방법 보리의 생육 및 수량조사는 농촌진흥청 농사시험 연구조사기준 (1995)에 준하였으며 토양과 식물체의 무기성분 및 토양 미생물 분석은 농촌진흥청 토양화학분석법 (2000)에 준하여 분석하였다. 분석에 사용된 토양 시료는 표토 (0-20 cm) 500 g 정도를 3반복으로 채취하였으며 실험실에서 7일간 풍건하여 2 mm 체를 통과된 것을 분석에 사용하였다. pH와 EC는 토양과 증류수의 비율을 1:5로 추출하여 초자전극법, 유기물은 Tyurin법, 유효인산은 Lancaster법으로 spectrophotometer (Genesis, Spectronic

Ins., Rochester, USA)를 이용하여 비색 정량하였다. 치환성 양이온은 1N-NH₄OAc 용액으로 침출한 후 Atomic absorption spectrophotometer (Anaylst 300, Perkin-Elmer, Norwalk, USA)를 사용하여 분석하였고, 암모니아태 및 질산태 질소 함량은 Kjeldahl법으로 분석하였다. 식물체 무기성분분석에 사용된 시료는 채취 후 70°C에서 24시간 건조시키고 Willy mill을 사용하여 270 mesh로 분쇄하여 조제한 후 건물 0.5 g을 습식 분해하여 분석에 이용하였다. 전질소는 Kjeldahl법, P₂O₅는 Vanadate법으로 spectrophotometer를 사용하여 380 nm에서 측정하였다. K₂O, CaO 및 MgO 함량 등은 원자흡광분광광도계를 이용하여 정량하였다. 토양미생물상은 희석평판법으로 호기성 세균과 방선균의 경우 egg-albumin agar 배지를, 사상균은 rose-bengal agar 배지를 사용하여 개체수를 측정하였다. 처리간의 유의성 검정 등 통계적 처리방법은 SAS 통계프로그램을 이용하여 분석하였다.

결과 및 고찰

생육 및 수량 보리의 생육상황은 Table 2와 같이 패화석 처리로 석회고토나 무처리에 비해 m²당 수수와 천립중이 높아졌다. 그리고 보리의 수량은 패화석 석회소요량 3.09 Mg ha⁻¹ 처리구에서 5.53 Mg ha⁻¹로 가장 많았으며 석회고토 동량의 패화석 처리구도 5.23 Mg ha⁻¹로 석회고토 처리구인 5.20 Mg ha⁻¹ 보다 많은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 Lee et al. (1997)은 패화석에는 산성토양을 개량할 수 있는 CaCO₃ 함량이 45% 정도로 높을 뿐만 아니라 붕소 등의 미량성분이 많아 화본과인 벼의 생육을 촉진시킨다고 보고한 결과와 일치하였다. 또한, 보리의 단백질 함량은 패화석 처리구가 10.4%에서 10.6%로 석회고토 처리구의 11.1%보다 0.5~0.7% 낮아져 농산물의 품질향상에 미치는 영향

Table 1. The chemical properties of soil used in this experiment.

pH	EC	OM	Avail. P ₂ O ₅	Exch. Cation				NH ₄ -N	NO ₃ -N
				K	Ca	Mg	Na		
(1:5)	dS m ⁻¹	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	cmol _c kg ⁻¹				mg kg ⁻¹	
5.8	0.39	20	257	0.21	4.0	1.6	0.34	4.1	39.4

Table 2. Yield and yield component of barley at the harvesting stage.

Lime treatment	Plant height	Panicle no.	Grain no.	Wt. of 1000 grains	Grain yield	Protein of grain	β-glucan of grain
	cm	No. m ⁻²	No. panicle ⁻¹	g	Mg ha ⁻¹	----- % -----	-----
Control	104a	481c*	51.7b	31.3b	5.01b	10.7b	2.4a
Calcium-magnesium 2.38 Mg ha ⁻¹	104a	518b	53.0a	32.0ab	5.20ab	11.1a	2.6a
Oyster shell 2.38 Mg ha ⁻¹	108a	530ab	52.0ab	32.5a	5.23ab	10.4c	2.4a
Oyster shell 3.09 Mg ha ⁻¹	105a	562a	53.7a	32.8a	5.53a	10.6bc	2.4a

*Values within a column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by DMRT.

은 석회고토보다 양호한 것으로 판단되었다. 보리의 β -글루칸 함량은 패화석 처리구와 석회고토 처리구 모두 유의적인 차이가 없었다.

토양 화학성 보리 수확후 토양의 화학성은 Table 3과 같이 토양의 pH는 패화석과 석회고토 시용으로 무처리 보다 0.5~0.6 정도 상승되었다. 특히 치환성 Ca 함량은 패화석 3.09 Mg ha⁻¹ 처리구에서 7.5 cmol_c kg⁻¹으로 가장 높았으며 석회고토 처리구는 치환성 Mg 함량이 2.5 cmol_c kg⁻¹으로 가장 높게 나타났다. 이러한 결과는 Lee et al. (2005)이 보고한 바와 같이 패화석의 증가에 따른 토양의 칼슘 함량의 유의적인 증가와 일치하였다. 토양의 유효인산 함량은 석회고토 처리구와 패화석 3.09 Mg ha⁻¹ 처리구에서 각각 301 mg kg⁻¹ 및 290 mg kg⁻¹으로 무처리 281 mg kg⁻¹ 보다 높았으나 유의적인 차이는 없었다. 일반적으로 토양의 유효인산 함량은 pH가 중성에서 유효도가 높게 나타나는데 패화석 4 Mg ha⁻¹ 시용량은 무처리와 큰 차이가 없다고 보고한 Lee et al. (2005)의 결과와 비슷하였다. 토양의 미량성

분인 Fe 및 Mn 함량도 pH에 따른 유효도에 의하여 무처리구에서 Fe 함량은 251 mg kg⁻¹, Mn 함량은 56 mg kg⁻¹으로 다른 처리구에 비해 높게 나타났으나 유의성은 없었다.

식물체 무기성분 수확후 보릿짚의 무기성분은 Table 4와 같이 패화석 3.09 Mg ha⁻¹ 처리구와 석회고토 2.38 Mg ha⁻¹ 처리구에서 T-N, P₂O₅, K₂O, Fe 함량이 무처리구에 비해 낮았으나 유의성은 없었다. 이와같이 보리 식물체의 무기성분 함량이 모든 처리구에서 유의적인 차이가 없는 것은 적정 석회요구량을 사용하여 단기간에 식물체의 무기성분 함량의 변화가 나타나지 않는 것으로 생각되었다 (Lee et al., 1997; Lee et al., 2005). 그러나 석회고토 2.38 Mg ha⁻¹ 처리구에서 보릿짚의 MgO 함량은 0.17%로 다른 처리구에 비해 높게 나타났다.

토양 미생물 보리를 수확하고 난 후의 토양 미생물상은 Table 5와 같다. 토양의 세균 밀도는 패화석 3.09 Mg ha⁻¹, 2.38 Mg ha⁻¹ 처리구에서 각각 60.9 및 69.7×10⁶ CFU

Table 3. Change of chemical properties in soil after harvesting stage.

Lime treatment	pH	EC	OM	Avail. P ₂ O ₅	Exch. Cation				Fe	Mn
					K	Ca	Mg	Na		
	(1:5)	dS m ⁻¹	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	cmol _c kg ⁻¹				mg kg ⁻¹	
Control	5.8b*	0.46a	28a	281a	0.28a	4.2c	1.8b	0.36a	251a	56a
Calcium-magnesium 2.38 Mg ha ⁻¹	6.4a	0.49a	28a	301a	0.27a	6.9ab	2.5a	0.29a	213a	42a
Oyster shell 2.38 Mg ha ⁻¹	6.3a	0.47a	28a	283a	0.24a	6.5b	1.8b	0.32a	215a	48a
Oyster shell 3.09 Mg ha ⁻¹	6.4a	0.45a	29a	290a	0.31a	7.5a	1.6b	0.30a	216a	47a

*Values within a column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by DMRT.

Table 4. The chemical properties in barley straw after harvesting stage

Lime treatment	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Fe	Mn
	%						mg kg ⁻¹
Control	1.73a	0.88a	0.63a	0.04a	0.12b*	109a	23a
Calcium-magnesium 2.38 Mg ha ⁻¹	1.55a	0.85a	0.61a	0.05a	0.17a	86a	20a
Oyster shell 2.38 Mg ha ⁻¹	1.78a	0.89a	0.63a	0.05a	0.15ab	110a	17a
Oyster shell 3.09 Mg ha ⁻¹	1.51a	0.98a	0.54a	0.05a	0.15ab	87a	20a

*Values within a column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by DMRT.

Table 5. Change of microbial population in soil after harvesting stage.

Lime treatment	Aero bacteria	Actinomycetes	Fungi
	×10 ⁶ CFU g ⁻¹	×10 ⁵ CFU g ⁻¹	×10 ⁴ CFU g ⁻¹
Control	43.4b	48.6ab	9.3a
Calcium-magnesium 2.38 Mg ha ⁻¹	43.1b	51.9a	7.7a
Oyster shell 2.38 Mg ha ⁻¹	69.7a	45.4ab	10.8a
Oyster shell 3.09 Mg ha ⁻¹	60.9a	32.4b	6.2a

*Values within a column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by DMRT.

g⁻¹로서 다른 처리구에 비해 높았다. 반면 방선균 밀도는 각각 32.4, 45.4×10⁵ CFU g⁻¹로서 다른 처리구에 비해 낮은 밀도를 나타냈으나 유의성은 없었다.

요 약

산성토양을 개량하기 위한 목적으로 패화석을 사용하여 보리의 생육, 수량과 품질 및 토양 미생물상을 조사하였다. 패화석 처리로 석회고토나 무처리에 비해 m²당 수수와 천립 중이 높아져 보리의 수량은 석회소요량 처리구인 패화석 3.09 Mg ha⁻¹ 시용에서 5.53 Mg ha⁻¹로 가장 많았으며 석회고토 동량의 패화석 처리구도 5.23 Mg ha⁻¹로 석회고토 5.20 Mg ha⁻¹ 보다 증대되었다. 패화석 처리구는 석회고토 처리구 보다 보리 단백질 함량은 0.5~0.7% 낮아져 농산물의 품질향상에 미치는 영향은 석회고토보다 양호한 것으로 판단되었다. 토양 pH는 패화석과 석회고토 시용으로 무처리 보다 0.5~0.6 정도 상승되었고 치환성 Ca 함량은 패화석 3.09 Mg ha⁻¹ 처리구에서 7.5 cmol_c kg⁻¹으로 가장 높았으며 석회고토 처리구는 치환성 Mg 함량이 2.5 cmol_c kg⁻¹으로 가장 높게 나타났다. 패화석 3.09 Mg ha⁻¹ 및 2.38 Mg ha⁻¹ 처리구는 석회고토 2.38 Mg ha⁻¹ 처리구에 비해 토양의 세균 밀도는 각각 60.9 및 69.7×10⁶ CFU g⁻¹로서 높은 반면 방선균 밀도는 각각 32.4, 45.4×10⁵ CFU g⁻¹로서 낮았다.

인 용 문 헌

Ha, H.S., U.G. Kang, H. Lee, and Y.B. Lee. 1998a. Effects of fly ash, gypsum, and shell on the chemical properties of soil and growth of Chinese cabbage in plastic film housed paddy. *Kor. J. Environ. Agric.* 17(1):65-69.

Ha, H.S., U.G. Kang, H. Lee, and Y.B. Lee. 1998b. Residual effects of fly ash, gypsum, and shell on growth and qualities of Chinese cabbage in acidic soils. *Kor. J. Environ. Agric.* 17(3):189-94.

Heo, J.Y., S.T. Lee, M.G. Kim, K.P. Hong, W.D. Song, C.W. Rho, J.S. Cho, and Y.H. Lee. 2010. Relationship between the incidence of Bitter pit and the application level of crushed oyster shell in apple orchard. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 43(5):637-643.

Jung, K.H., S.O. Hur, S.G. Ha, C.W. Park, and H.H. Lee. 2007. Runoff pattern in upland soils with various soil texture and slope at torrential rainfall events. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 40:208-213.

Jung, Y.T., E.S. Yun, J.K. Kim, I.S. Son, J.D. So, and Y.K. Jo. 1993. Establishment of soil suitability classification system for sweet persimmon in Yeongnam area. *RDA J. Agric Sci. Soil Fert.* 35:245-251.

Kim, J.G., H.S. Lee, J.G. Cho, and Y.H. Lee. 1995. Composition of crushed oyster shell and its application effect on vegetables. *J. Korean Soc. Soil Sci. Fert.* 28(4):350-355.

Lee, H.H., S.K. Ha, S.O. Hur, K.H. Jung, W.T. Kim, and K.H. Kim. 2006. Characteristics of runoff and percolation on sloping land with different soil textures. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 39:268-273.

Lee, J.Y., C.H. Lee, Y.S. Yoon, B.H. Ha, B.C. Jang, K.S. Lee, D.K. Lee, and P.J. Kim. 2005. Effects of oyster-shell meal on improving spring Chinese cabbage productivity and soil properties. *J. Korean Soc. Soil Sci. Fert.* 38(5):274-280.

Lee, S.T., Y.H. Lee, Y.J. Lee, and C.H. Lee. 2004. Effect of oyster shell powder on soil pH and growth and yield of apple. *J. Korean Soc. Soil Sci. Fert.* 37(6):383-387.

Lee, Y.H., J.G. Kim, H.S. Lee, J.S. Cho, and H.S. Ha. 1997. Effect of oyster shell, fly ash and gypsum application on rice yield and quality. *J. Korean Soc. Soil Sci. Fert.* 30(3):242-247.

NIAST. 2000. Methods of soil and plant analysis, National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon, Korea.

NICS (National Institute of Crop Science). 2000. Report of crop science 1999. NICS, Suwon, Korea. pp. 25-27.

RDA. 1995. Standard of agricultural research. RDA, Suwon, Korea.