

珪酸 施用이 米粒의 品質에 미치는 影響

강양순* · 이종훈** · 김정일* · 이재생***

Influence of Silicate Application on Rice Grain Quality

Yang Soon Kang*, Jong Hoon Lee**, Jeong Ill Kim* and Jae Saeng Lee***

ABSTRACT : To evaluate the characters related to rice grain quality as affected by silicate application, the ripened color, appearance and physicochemical properties of rice grain which were produced at the silt-loam paddy field of National Yeongnam Agricultural Experiment Station with a little poor drainage for trials on long-term effects of continuous application of same fertilizer were analyzed comparing with the NPK fertilizer and the NPK+compost in 1995.

The whiteness value and color space value in ripened color of rice hull by silicate application were higher than those in the plots of NPK and NPK+compost, because of low percentage of rusty grain and sooty grain.

The percentage of perfect grain in brown rice and in milled rice by the silicate application increased by 6.1~7.5% and by 1.8~3.5% respectively, as compared with the NPK application and white core and white belly of milled rice were decreased.

The amylose content, protein content and starch-iodine blue value of milled rice by silicate application were lower than those in the plots of NPK and NPK+compost, while the peak point and breakdown viscosity of gelatinized rice flour on amylograph, and tastes value evaluated as an indicator of panel test by nireco tester were higher. By silicate application these factors could be affected toward better in eating quality.

Key words : Silicates application, Hull ripened color, Rice grain quality

벼는 식물 중에서 유일하게 규산을 다량으로 함유하는 특이성을 갖고 있는 규산식물이므로 논농사에 규산질비료 사용은 토양 비옥도를 증진시키고 도체의 RNA, DNA, 미토콘드리아, 엽록체 등 에너지 생산기구에서 대사적 기능을 원활히 하여^{1,11)} 벼 생육을 양호하게 하므로 농학적 필수원소로 불려진다. 특히 도체의 표피에 규산체로서 집적되어 병해충 저항성을 갖게 하고 수분손실을 줄

이며 초형을 직립으로 유지하여 광합성 효율 증진과¹³⁾ 에틸렌 생성을 줄여 엽신 노화억제 및 휘산 질소를 막아 질소 효율을 높인다^{4,5)}. 그리고 뿌리와 조직을 강건하게 하여 도복을 억제하고 냉해를 경감시킨다¹³⁾. 규산의 토양 개량 및 벼의 수량 생산에 관한 연구는 많이 이루어졌으나 품질에 관한 연구는 보기 드물다. 품질은 조곡 수매시 외관검사에 중요한 요인이 되고 상품성과 밥맛을 중시하

* 작물시험장(National Crop Experiment Station, RDA, Suwon 441-100, Korea)

** 한국방송통신대학(Korea Nat'l Open Univ., Jongro-ku, Seoul 110-791, Korea)

***영남농업시험장(National Yeongnam Agri. Exp. Station, RDA, Milyang, Korea)

는 소비 성향이나 국제경쟁력 강화에 필연적으로 대응해야 할 부문이다.

일반적으로 증수효과는 미질을 저하시키는 방향으로 작용되는데 규산시용에 따른 증수는 양호한 등숙을 동반하므로^{2,4,10)} 품질에 미치는 영향은 적을 것으로 보아 본 시험에서는 규산 시용에 따른 미립 품질을 정조의 선택과 현미, 백미의 외관 및 최종 가공단계인 밥맛과 관련되는 특성을 검토하였다.

재료 및 방법

본 시험은 1995년 영남농업시험장 비료 장기연용(29년차) 포장(배수 약간 불량한 보통답, 평택 미사질양토)에서 생산된 화남벼의 粗穀을 공시재료로 하여 미립의 품질과 관련되는 특성을 분석하였다. 재배법으로서 규산시용구의 규산처리는 10a당 성분량으로 50kg을 기비로 사용하였고 퇴비시용구의 퇴비는 10a당 1톤을 사용하였으며 기타 재배법은 당 시험장 표준재배법에 준하였다.

정조의 등숙선택을 감각적인 색차보다 더 명확히 구분하기 위하여 백도계(일본 Kett Electric Laboratory社에서 제작된 Kett C-300-3)로서 그것의 기준백도 85.4에 대한 밝기로 나타내었고 색차계(TC-1500 MC, Japan)로서 色度를 명확히 하였다. 현미와 백미의 품위조사는 품질판정기(RS-1000)로 분류하였다. 쌀알의 관능평가 지표로서 SHON 食味値와 단백질 함량은 근적외분광분석기(NIR-6500HON)로, 아밀로스 함량은 자동분석기(Bran+Luebbe Co.)로, 요드정색도는 U.V-160A(Shimazu Co.)로, 아밀로그래프 특성은 Viscograph-E(Brabender社)로 측정하였다.

결과 및 고찰

1. 등숙선택

조곡의 수매와 저장에 제한요소가 되는 수분함량과 외관을 표 1에서 나타내었다. 수분함량은 모든 처리에서 11.0~11.6%로 수매 한계 15%보다 매우 안전한 수준이었다. 조곡의 숙색으로서 백도치는 규산시용구에서 표준백도 85.4에 대한 17.2로서 3요소+퇴비구의 16.0이나 3요소 단용구의 16.7보다 높아 육안으로 명확히 구분되는 훨씬 밝은 선택을 보였다. 특히 규산시용구에서는 선택을 어렵게 하는 그을름난알 비율과 반점난알비율이 20%로서 규산무시용구인 3요소 단용구와 3요소+퇴비구의 53~64%에 비하여 훨씬 낮아 숙색을 밝게 하는 정상립비율이 상대적으로 월등히 높았기 때문이었다(표 1). 무규산재배 식물체에서는 이삭에 그을름난알이 많이 생기고 난알의 類이 잘 터진다는 보고¹³⁾도 있다. 이러한 원인은 조곡 표피에 규산 집적이 적어지면 일액 유출이 상대적으로 많아져 부생균 등의 기생에 유리한 조건으로 되지 않을까 생각한다. 우리 나라의 조곡 수매등급은 숙색을 육안 평가하므로 합리적인 판단이 어려우나 맥류의 품질판정에서 이용되는 백도치로서 가능할 것으로 본다.

또한 등숙된 미립의 조곡 숙색을 色彩色差計로서 측정하여 표 2에 나타내었다. 색을 수치화 할 때 색의 3속성인 명도(Value)는 L*, 색상(Hue)은 a*, 채도(Chroma)는 b* 단위로 선정하고 a*는 색의 방향을 적(+)->녹(-)으로, b*는 황(+)->청(-)으로 표시하여 a*와 b*가 교차하는 점을 색도로 보고 이들의 기준색에 대한 차이나 처리

Table 1. The moisture content, whiteness and hull appearance of rice kernel as affected by application of silicates

Treatments	Moisture content (%)	Whiteness	% of rough rice kernel		
			Normal	Sooty	Rusty
NPK + silicates	11.0	17.2	80	9	11
NPK + compost	11.6	16.0	36	34	30
NPK only	11.1	16.7	47	36	17

Table 2. The color space and color difference in hull of rough rice as affected by application of silicates

Treatments	Color space			Color difference			
	L*	a*	b*	ΔL	Δa	Δb	ΔE
NPK + silicates	53.1	5.66	23.4	-36.3	5.44	21.34	42.45
NPK + compost	49.9	3.61	21.3	-39.5	3.39	19.18	44.03
NPK only	49.7	4.87	20.6	-39.7	4.65	18.48	44.05

간 차이를 색차로⁸⁾ 나타내어 보면 규산시용구는 3요소 단용구에 비하여 색택은 황색 방향인데 더 선명함을 나타내고 기준색과의 색차는 42.45로서 다른 처리보다 1.6 적었으며 이 정도의 색차는 시각에 의한 감각적인 표현과의 관계로서 나타낸 미국의 National Bureau of Standard Unit (NBS 단위)⁹⁾ 색채로 보면 지각할 수 있을 정도의 차이인 1.5~3.0 수준의 범위이었다. 이러한 결과는 규산 시용의 효과인 출수 균일과 양호한 등숙으로¹³⁾ 완전립수가 증가되었을 것으로 보이고 병해충 및 기상재해저항성 증진으로¹³⁾ 그을림립수나 반점립수가 줄어들 수 있을 조건으로 생각된다. 일반적으로 흰등립구 등 밀구류나 진딧물의 발생 밀도가 높을 때에는 엽신의 표면인 상위면과 미립에 지지분한 그을림이 많이 집적되는 현상을 자주 볼 수 있는데 이것은 해충의 분비물에 부생균이 발생되는 것이므로 규산시용에서는 해충의 식이 선호가 낮았을 것으로 생각된다.

2. 미립의 외관

현미와 백미의 외관은 上米收量이나 상품성 및 품질에 직접 관여하는 요인으로서 규산시용 유무에 따른 영향을 표 3에 나타내었다. 규산시용으로 현미에서는 피해립이나 청미, 사미, 변색립비율이 줄어들어 완전립비율이 6.1~7.5% 높아졌고 백미에서도 현미에서와 마찬가지로 완전미율이 1.8~3.5% 높아져 실질적인 상미의 증수효과가 있게 되는 셈이었으며 심백과 복백미 발생도 적어서 상품성과 품질향상 방향으로 작용되었다. 특히 백미중 심·복백미는 등숙기간 중 일시적인 미립내 물질 공급의 불균형으로 부분적인 발생이 되므로¹²⁾ 규산은 칼리와 함께 물질 전류를 촉진시켜서 등숙을 양호하게 하기 때문에¹⁰⁾ 발생이 적을 것으로 생각된다.

3. 미질 관련 특성

Table 3. The general appearance of brown rice and miled rice grain as affected by application of silicate

Treatments	Brown rice					
	Perfect(%)	Green(%)	Opaque(%)	Damaged(%)	Rusty(%)	1,000-grain weight(g)
NPK + silicates	76.9	0	2.5	20.4	0.3	19.9
NPK + compost	69.4	0.2	4.5	25.6	0.4	19.6
NPK only	70.8	0.1	3.1	25.7	0.3	20.0

(Con't in table 3)

Treatments	Miled rice(%)			
	Perfect	White core	White belly	Others
NPK + silicates	76.8	1.5	3.4	18.3
NPK + compost	75.0	1.7	12.0	11.4
NPK only	73.3	3.0	7.7	16.1

Table 4. Physiochemical properties of milled rice as affected by application of silicate

Treatments	Taste value	Protein (%)	Amylose content (%)	Starch-iodine blue(O.D)	Viscosity of rice flour(BU)		
					Peak	Hot	Breakdown
NPK + silicates	35.1	8.54	17.6	0.23	364.5	139.8	225
NPK + compost	33.9	9.03	18.2	0.25	343.5	135.5	208
NPK only	29.4	9.12	17.9	0.27	346.7	138.7	208

표 4에서는 규산시용에 따른 쌀알의 찰성 지표로서 아밀로스 함량과 단백질을, 맛의 지표로서 취반액 중 용출액 요드정색도를, 쌀가루의 점성 지표로서 아밀로그램 특성을, 관능평가 지표로서 근적외분광분석계로 측정된 식미치를 나타내었다. 3요소 단용구와 퇴비구에 비하여 아밀로스 함량, 단백질 함량 및 요드정색도는 낮았고 최고점도, Breakdown 및 식미치는 높아서 식미를 향상하는 방향으로 나타났다. 식미에는 미립 중 질소와 아밀로스 등의 유기성분이 관여되는데 이러한 성분들은 식미를 저하시키는 마이너스 요인으로 작용하고⁹⁾ 아밀로스는 전분-요드정색반응과 정상관을 갖는 특성으로나^{3,6,7)} 아밀로그램의 최고점도가 높고 그것과 최저점도와의 차이인 Breakdown이 큰 것이 식미가 양호한 경향이라는 보고⁹⁾와도 잘 일치된다.

미질의 평가는 미질 관련 이화학적 특성이나 취반특성 및 식미검정 등으로 가능하나 식미품질 분석계에 의한 관능검사 지표로서 食味値가 효과적이다. 규산시용에서는 식미치도 높게 나왔고 이상에서 언급된 다른 보조 특성과도 잘 일치되어 미립의 품질 향상에 대한 규산시용 효과가 명확하였다.

적 요

규산시용 유무에 따라 생산된 미질을 평가하기 위하여 평택통 미사질양토(배수가 약간 불량한 보통답) 조건인 영남농업시험장 동일비료 장기연용 시험구(29년차)의 비료 3요소구, 3요소+규산시용구, 3요소+퇴비시용구에서 1995년도 생산된 화남벼의 미립에 대한 등숙색택, 미립의 외관 및 미질 관련 특성을 분석한 결과를 요약하

면 다음과 같다.

1. 규산시용구에서는 정조의 백도치가 높고 선황색으로 색도가 높아 등숙색택이 좋아졌으며 반점립과 그을림립비율이 낮아졌다.
2. 규산시용으로 현미 중 피해립, 청미 및 변색립율이 떨어져 완전미율이 6.1~7.5% 증가되었고 백미 중 완전미율도 1.8~3.5% 증가되었으며 심·복백미율도 낮았다.
3. 규산시용으로 아밀로스 함량, 단백질 함량 및 요드정색도는 낮아졌고 아밀로그램의 최고점도, Breakdown 및 식미품질분석계에 의한 식미치는 높아져서 식미를 향상시키는 요인으로 작용되었다.

LITERATURE CITED

1. Alyoshin N.E, Avakyan E.R, Tumanyan N.G, Lebedev E.V and Alyoshin E.P. 1989. Silicon content of chloroplasts and aleurone grains of rice. Soviet Agr. Sci. 2: 19-21.
2. Cock J, and Yoshida S. 1970. An assessment of the effects of silicate application on rice bt a simulation method. Soil Sci. Plant Nutr. 16(5): 212-214.
3. Kang M.Y, and Chae H.C. 1993. Varietal variation in structure and physical characteristics of rice endosperm starch. Korean J. Crop Sci. 38(6): 513-523.
4. Kang Y.S. 1985. The influences of silicon on growth of rice plants. Res. Rept. RDA(P.M & U) 27(1): 57-72.
5. Kang Y.K. 1981. Silicon influence on phy-

- siological activities in rice. The Univ. of Arkansas, 1-84.
6. Kim K.H and Yoon K.H. 1994. Varietal variation of cooking quality and inter-relationship between cooking and physicochemical properties of rice grain. Korean J. Crop Sci. 39(1): 45-54.
 7. Lee I.K, Park K.H, and Choi H.C. 1993. Changes in physicochemical properties of rice grain during long term storage. Kor. J. Crop Sci. 38(6): 524-530.
 8. 須賀長市, 茶木清. 1980. 變退色と色相, 明度, 彩度. 染色工業. 28(4): 35-43.
 9. 長内俊一. 1982. お米の味. 北農研究シリーズ. VIII. p35.
 10. 太田保夫. 1982. イネの 登熟とけい酸加里シリーズ(1), 籾殻は米粒のれまのてぼない, 卍道珪酸, 加里ニエース, 13: 1-12.
 11. Rice of Russia. V. 2. N 1. 1994. All-Russian Rice Research Institute. Krasnodar. 82p.
 12. Tashiro T, and Ebata M. 1975. Studies on white belly rice kernel. III. Effect of ripening conditions on occurrence of white belly kernel. Proc. Crop Sci. Japan, 44(1): 86-92.
 13. Yoshida S. 1975. The physiology of silicon in rice. ASPAC, FFTC, Technical Bull., 25: 1-27.