

등숙기 도복 시기 및 정도에 따른 쌀 품질 특성

정응기* · 김기종* · 천아름* · 이춘기* · 김선림*[†] · Darshan S. Brar** · 손종록*

*작물과학원, **국제미작연구소

Characterization of Grain Quality under Lodging Time and Grade at Ripening

Eung-Gi Jeong*, Kee-Jong Kim*, A-Reum Cheon*, Choon-Ki Lee*, Sun-Lim Kim*[†],
Darshan S. Brar**, and Jong-Rok Son*

*National Institute of Crop Science, RDA, Suwon, 441-857

**International Rice Research Institute, Dapo Box 777, Metro Manila, Philippines

ABSTRACT This study was carried out to compare the grain quality under lodging time and grade at ripening. Ripened grain ratio and 1000-grain weight were higher with lodging of plants at 45° angle from the ground and increased with crop development. The number of spikelets, as well as the protein and amylose content of the grains, were higher in plants under severe or complete lodging than those under lodging at 45° angle from the ground. Palatability and sensory evaluation values were higher in plants under lodging at 45° angle from the ground than those under complete lodging. Brown rice: rough rice ratio was higher with lodging of plants at 45° angle from the ground and increased with crop growth. Milling recovery and milled rice recovery were higher with lodging of plants at 45° angle from the ground, whereas chalky grain, cracked grain and damage grains were higher at complete lodging.

Keywords : rice, lodging, grain quality, polished rice, head rice recovery

최근 식생활 수준 향상에 따라 고품질 쌀의 선호도가 급증하고, 이에 부응하여 소비를 확대하기 위한 고품질 품종의 육성, 재배기술 개선 및 수확후 관리 기술 등이 중요한 연구과제가 되고 있다(Oh, 1993). 소비자들에 의해 구매될 때는 쌀의 외형, 외관, 청결성 및 균일성 등이 미질을 결정하는 중요한 요인이 된다. 쌀의 립형, 심복백 비율, 심복백 정도, 립색, 광택 및 완전미 비율 등이 시장성을 관여하는 형질들이다(Choi *et al.*, 1990; Kim *et al.*, 1990; 土居 등, 1984).

또한 정현비율, 현백비율 및 완전미 도정수율 등의 도정특성, 쌀의 단백질함량이나 아밀로스 등의 화학적 성분도 미질요소로 중요시 되고 있다(Juliano, 1985). 등숙기 포장도복은 시기와 정도에 따라 등숙불량 등으로 수량이 감소하고 도정특성이 불량해진다(Lee *et al.* 1986). 또한 광합성 물질전류의 불균형 등으로 단백질함량이 높아 식미가 불량해지는 원인이 되기도 한다. 도복의 발생원인은 크게 두가지로 태풍, 폭우 등과 같이 기상환경에 의해 직접적으로 물리적 피해를 주는 것과, 품종, 시비량, 시비시기, 분시방법, 물관리, 병해충피해 등과 같은 재배방법에 따라 간접적으로 발생하는 것으로 대별될 수 있다(Lim *et al.*, 1992). 본 시험은 등숙기 도복 시기 및 정도에 따른 고품질 쌀 생산 기준을 설정하여 도복으로 고품질이나 양질미 특성을 갖추지 않은 필지를 철저하게 구별하여 수확·유통되도록 함으로써 안정된 쌀품질이 유지될 수 있는 방안을 모색하고자 실시하였다.

재료 및 방법

본 시험은 2005년도 작물과학원 남양시험지에서 새추청벼를 증식하는 포장에서 등숙기 도복된 부분의 시료를 채취하여 분석하였다. 포장의 재배조건은 4월 25일에 파종하고 5월 25일에 재식거리 30×15 cm로 이양하였다. 시비량(N-P₂O₅-K₂O)은 13-4.5-5.7 kg/10a를 사용하였다. 품질 분석 시료 채취를 위하여 도복되는 시점을 출수후 20, 25, 30일로 간격을 두었고, 도복정도는 농촌진흥청 농사시험연구 조사기준(농촌진흥청, 2003)에 따라 1~9 단계로 조사하여 도복정도를 반도복 5(이삭목경사 45%이상 쓰러졌으나 이삭이 지면에 닿지 않은 상태)와 완전도복 9(이삭이 완전히 지

[†]Corresponding author: (Phone) +82-31-290-6886
(E-mail) kims1@rda.go.kr <Received August 7, 2006>

면에 깔린 상태)의 포장에서 채취하였다(Fig. 1). 시료 도정 특성은 작물과학원에서 개발한 소형 완전미 도정수율 판정기를 이용하여 제현율, 현백율, 도정율과 완전미 도정수율을 조사하였고, 백미 품위는 근적외선분석기 AN-700(Kett, Japan)를 이용하여 완전미율, 분상질미, 쇠미, 사미 등을 조사하였다. 백도계 C-300-3(Kett, Japan)를 이용하여 쌀의 백도를 측정하였고, 단백질 함량은 쌀의 전질소량을 Kjeldahl 분석법으로 정량하고 5.95를 곱하여 단백질 함량을 구하였으며, 아미로스함량은 Juliano(1971)의 비색법에 따라 분석하였다. 밥맛을 간이측정 할 수 있는 Palatability 분석은 백미 33 g의 시료를 3반복으로 채취하여 Toyo MB-90A 기계를 이용하여 먼저 80°C의 더운물에 10분간 취반후 상온에서 3분간 뜸을 들이고 Toyo 미도메타를 이용하여 식미치를 분석하고, 실질적인 밥의 관능검정은 작물과학원 미질실의 훈련된 검사요원에 의하여 실시하였다.

기타 생육 및 수량조사 등은 농촌진흥청 농사시험연구 조사기준에 준하여 실시하였다.

결과 및 고찰

도복시기와 정도별 주요 작물학적 특성

포장에서 도복시기와 정도에 따른 작물학적 특성은 도복시기가 빠르고 도복정도가 심할수록 수당립수는 많았고 등숙비율은 낮았으며 현미 천립중은 가벼운 경향이였다(Table 1). 수당립수는 무도복 72립에 비해 완전도복(9)은 73~89립이며 반도복(5)은 69~87립으로 출수후 20일과 25일 도복에서 무도복에 비해 13~17립이 많았다. 등숙비율은 도복정도에 따라 완전도복(9)은 45.2~79.7%이고 반도복(5)은 75.1~82.5%로서 도복 시기와 정도에 따라 차이가 심하였다. 현미천립중은 무도복 22.5 g에 비해 완전도복(9)은 18.4~21.6 g이며 반도복(5)은 20.7~21.8 g으로 도복정도가 심할수록 현미천립중이 가벼웠다. 이상의 결과로 보면 수당립수가 많아서 지상부가 무거워 도복될 가능성이 많고, 도복시기가 빠르고 도복정도가 심할수록 벼알의 충실도는 불량한 것으로 판단된다. Lee *et al.*(1986; 1991)은 도복시기가 출수후 빠를수록 등숙비율과 천립중은 크게 감소하는 경향이라고 보고하여 본시험과 동일한 결과였다. 출수후 수



Fig. 1. Illustration of lodging degree in the field. ① : not lodged(1); ② : lodged 45 degree from the ground(5); ③ : lodged completely(9).

Table 1. Agronomic characteristics by lodging at different stage of grain development after heading.

Days after heading	Lodging [†] (1-9)	No. of spikelets	Ripened grain ratio (%)	1,000 grains wt. (g)	Grain length (mm)	Grain width (mm)	Grain thickness (mm)
20	9	85	45.2e [‡]	18.4c	5.09	2.75	2.03
	5	87	75.1c	20.7b	5.17	2.94	1.93
25	9	89	63.0d	20.8b	5.05	2.87	2.09
	5	87	79.4bc	21.6ab	5.17	2.96	1.93
30	9	73	79.7bc	21.6ab	5.21	2.99	2.12
	5	69	82.5bc	21.8ab	5.22	3.03	2.16
Not lodged (1)		72	94.5a	22.5a	5.20	3.01	2.20

[†]1 : Not lodged, 5 : lodged 45 degree from the ground, 9 : lodged completely.

[‡]Numbers with the same letter in a column are not different significantly according to DMR test.

분이 이루어지면 배유의 발달은 입장, 입폭, 입후 순으로 발달된다(이, 1972). 입장은 무도복 5.2 mm에 비해 완전도복(9)은 5.05~5.21 mm였으며 반도복(5)은 5.17~5.22 mm로서 무도복과의 차이가 크지 않았는데, 이는 도복시기가 수분후 입장의 발달이 거의 완료된 후 도복된 것으로 판단된다. 입폭은 무도복 3.01 mm에 비해 완전도복(9)은 2.75~2.99 mm이고 반도복(5)은 2.94~3.03 mm로 도복정도가 심할수록 입폭의 발달은 불량하였다. 입후는 무도복 2.2 mm에 비해 완전도복(9)은 2.03~2.12 mm이고 반도복(5)은 1.93~2.16 mm로 완전도복에서 입후의 발달이 불량하였다. 벼의 수분후 배유의 발달과정에서 도복은 립장 > 립폭 > 립후 순으로 영향을 미치는 것으로 조사되어(Fig. 2) 이(1972)가 보고한 배유발달 과정과 동일한 결과였다. 따라서 본 시험의 재료는 도복에 따른 품질분석시료로 적합함을 간접적으로 알 수 있었다.

도복시기와 정도별 도정 품질 특성

도복시기와 정도에 따른 도정특성 중 정현비율은 무도복 82.3%에 비해 도복정도에 따라 반도복(5)은 80.0~82.7%이고 완전도복(9)은 74.8~82.1%로서 무도복 보다 도복된 곳이, 반도복 보다는 완전도복에서 정현비율이 낮았다. 현미에서 미강층을 제거한 백미수율을 현백비율이라 하는데 무도복 91.8%에 비해 도복정도에 따라 반도복(5)은 90.4~91.8%이고, 완전도복은 88.2~90.5%였다. 정현비율과 현백비율을 고려한 도정율은 무도복 75.5%에 비해 반도복(5)은 72.3~75.0%이고, 완전도복(9)은 66.1~74.2%였다. 결과적으로 도복시기가 빠르면서 도복정도가 심한 출수후 20일과 25일의 완전도복 포장에서 무도복과 통계적인 차이가 인정되었다(Table. 2). 쌀의 외관품질 중에서 완전미 도정수율은 무도복 63.0%에 비해 도복정도에 따라 반도복(5)은 47.2~60.7%이고, 완전도복(9)은 34.6~56.1%로 조사되었

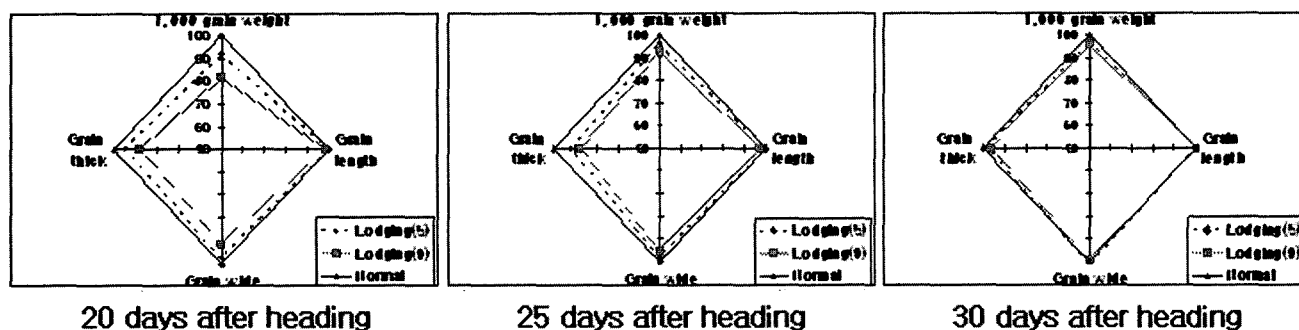


Fig. 2. Comparison of grain appearance in accordance with lodging degrees at different ripening stages.

Table 2. Characteristics of milling and polished rice quality by lodging at different stage after heading.

Days after heading	Lodging (1-9) [†]	Milling (%)			Polished rice quality (%)			
		Brown/rough rice ratio	Milled/brown rice ratio	Milling recovery	Milled head rice recovery	Chalky rice	Cracked rice	Damage grain
20	9	75.0	88.2	66.1b [‡]	34.6d	11.6	25.4	10.7
	5	80.0	90.4	72.3a	47.2c	11.2	18.6	4.9
25	9	74.8	90.2	67.4b	44.3c	10.4	16.7	7.2
	5	81.7	91.8	75.0a	57.2b	7.8	13.5	2.5
30	9	82.1	90.5	74.2a	56.1b	10.9	6.3	7.1
	5	82.7	90.5	74.9a	60.7a	8.4	4.2	3.4
Not lodged (1)		82.3	91.8	75.5a	63.0a	6.3	4.7	3.0

[†]1 : Not lodged, 5 : lodged 45 degree from the ground, 9 : lodged completely.

[‡]Numbers with the same letter in a column are not different significantly according to DMR test.

다. 완전미도정수율은 유의성 검정에서 출수후 20일 완전도복 > 출수후 20일 반도복, 출수후 25일 완전도복 > 출수후 25일 반도복, 출수후 30일 완전도복 > 출수후 30일의 반도복(5), 무도복 순으로 높게 유의성이 인정되었다. 따라서 도복에 따른 완전미도정수율은 도복시기가 빠르고 도복정도가 심할수록 낮아지고 분상질미, 쉼미 및 사미는 증가하는 경향이였다. Lee *et al.*(1991)은 쌀의 품질에 미치는 도복의 영향에서 도복시기가 출수후 빠를수록 완전미율이 감소하는 반면 쉼미나 糝粒비율이 증가한다고 보고하여 본시험과 동일한 결과였다. 이상의 결과로 보면 강우나 태풍에 의해 도복이 되면 영양분의 이동이 차단되고, 광합성능력이 저하되어 미립의 발달이 불량하여 쌀 품질이 낮아지는 것으로 판단된다.

도복시기 및 정도별 이화학적 특성

출수후 등숙기 도복 시기 및 정도에 따라 쌀의 화학적 특성과 밥의 관능검정결과는 Table 3과 같다. 쌀의 백도는 무도복에 비하여 전체적으로 낮은 값이었으나 일정한 경향은 없어 보였다. 밥의 찰기와 질감에 나쁜 영향을 주는 단백질 함량은 무도복 6.2%에 비해 반도복(5)은 도복시기에 따라 6.2~6.5%으로 큰 차이가 없었으나 완전도복(9)은 출수후 30일 도복에서 6.7%이었고 출수후 20일과 25일은 7.6%와 7.7%로서 높았다. 따라서 도복과 단백질 함량은 출수후 도복시기가 빠를수록 높았고 도복시기보다는 도복정도에 따라 완전도복에서 반도복보다 높게 나타났다. 아밀로스함량은 무도복 18.7% 비해 출수후 도복시기에 따라 19.8~20%이었고 도복정도에 따라 19.2~21%로서 무도복에 비해 도복에서 전체적으로 높은 경향이고 출수후 20일 도복에서

가장 높았다. 토요식미계로 측정된 식미치는 무도복 78.8에 비해 도복시기가 빠를수록 낮은 경향이고, 도복정도에 따라서는 완전도복(9) > 반도복(5) > 무도복 순으로 낮은 경향이였다. 식미관능검정에서 무도복에 비해 도복은 출수후 30일에 완전도복(9)와 반도복(5) 모두에서 식미가 나쁘게 나타났다, 출수후 25일에서는 완전도복이 식미가 낮았고, 반도복(5)과 출수후 30일의 완전도복과 반도복은 무도복 1.4에 비해 1.1~1.3으로 비슷한 수준이였다. 이상의 결과로 보면 밥의 찰기와 질감에 나쁜 영향을 주는 단백질함량이나 밥맛을 간접적으로 비교하는 토요식미치와 실제적인 관능검사에 의한 밥맛은 무도복에 비해 도복시기가 빠르고 도복정도가 심할수록 식미가 나빠지는 쪽으로 영향을 미쳤고, 도복시기보다는 도복정도가 더 많은 영향을 미치는 것으로 판단된다. 태풍이나 호우 등에 의해서 좌절 또는 만곡도복이 되면 뿌리에서 양분흡수가 억제되고 식물체 광합성대사에 나쁜 영향을 미치는 등 식물체 물질전류가 순조롭지 못하다고 보고하였는데(이, 1972) 본시험에서도 도복에 의한 이삭의 발달이 불량하게 되어 식미를 나쁘게 하는 것으로 판단된다.

적 요

1. 도복정고에 따른 주요 작물학적 특성은 도복시기가 빠르고, 도복정도가 심할수록 수당립수는 많았고, 등숙비율은 낮았으며, 현미천립중은 가벼웠다.
2. 완전미도정수율은 출수후 20일 완전도복(9), 출수후 20일 반도복(5), 출수후 25일 완전도복(9), 출수후 25일 반도복(5), 출수후 30일 완전도복(9), 출수후 30일의 반도복

Table 3. Physicochemical characteristics by lodging at different stage after heading.

Days after heading	Lodging [†] (1-9)	Whiteness	Protein (%)	Amylose (%)	Palatability [‡]	Sensory evaluation (-3~+3)
20	9	38.1	7.6	21.0	69.2	0.4
	5	38.0	6.5	20.0	72.9	0.8
25	9	39.9	7.7	19.2	71.6	0.7
	5	40.4	6.2	18.3	77.1	1.3
30	9	38.8	6.7	20.2	74.2	1.1
	5	38.3	6.2	19.8	76.3	1.3
Not lodged (1)		40.1	6.2	18.7	78.8	1.4

[†] 1 : Not lodged, 5 : lodged 45 degree from the ground, 9 : lodged completely.

[‡] Analyzed by Toyo's rice taste measuring system

(5), 무도복 순으로 높게 유의성이 인정되었다. 따라서 도복에 따른 완전미도정수율은 도복시기가 빠르고 도복정도가 심할수록 낮아지고 분상질미, 쉼미 및 사미는 증가하는 경향이였다.

3. 밥의 찰기와 질감에 나쁜 영향을 주는 단백질함량이나 밥맛을 간접적으로 비교하는 토요식미치와 실제적인 폐널에 의한 밥맛은 무도복에 비해 도복시기가 빠르고 도복정도가 심할수록 식미가 나빠지는 쪽으로 영향을 미쳤고, 도복시기보다는 도복정도가 더 많은 영향을 미치는 것으로 판단된다.

인용문헌

- Choi, M.K., B.T. Jun, and S.S. Park. 1990. Studies on the Cultural Practices of Rice for Improvement of Grain Quality in Southern Plain Area. *Korean J. of Crop Sci.* 35(6) : 487-491.
- Juliano, B.O. 1971. A simplified assay for milled rice amylose. *Cereal Sci. Today* 16 : 334-340.
- Juliano, B.O. 1985. Criteria and tests for rice grain qualities rice : *Chemistry and Technology, AACC* : 443-524.
- Kim, K.H., J.C. Chae., M.S. Lim, S.Y. Cho, and R.K. Park. 1988. Research Status and Prospects in Rice Quality. *Korean J. of Crop Sci.* 33(S) : 1-17.
- Lee, M.H., Y.J. Oh, and R.K. Park. 1991. Lodging Mechanisms and Reducing Damage of Rice Plant. *Korean J. Crop Sci.* 36(5) : 383-393.
- Lee, M.H., Y.H. Kwak, S.H. Park, and R.K. Park. 1986. Lodging effect on rice grain yield and quality. *Res. Rept. RDA(Crop)* 28(1) : 63-67.
- Lim, J.T., H.J. Lee, K.S. Cho, and D.S. Song. 1992. Analysis of Lodging Related Characteristics in Rice Plants. *Korean J. of Crop Sci.* 37(1) : 78-85.
- Oh, Y.B. 1993. Varietal and Culture-Seasonal Variation in Physicochemical Properties of Rice Grain and Their Interrelationships. *Korean J. of Crop Sci.* 38(1) : 72-84.
- 土居孝治, 泉和夫, 山尾昌弓, 酒井正三, 大鹽裕陸. 1984. 植物生長調節劑S-327 の處理時期ならびに強制倒伏操作ガコツヒカソの收量に及ぼす影響. *日作紀* 53(別2) : 174-175.
- 농촌진흥청. 2003. 농사시험연구조사기준. pp 838.
- 이은웅. 1972. 신고 수도작. 향문사 서울. pp 250.