

질소 시비조건에 따른 벼 품종의 미질과 식미특성 반응

김정일* · 최해춘* · 김광호** · 안종국**† · 박노봉* · 박동수* · 김춘송* · 이지윤* · 김제규*

*식량과학원, **건국대학교

Varietal Response to Grain Quality and Palatability of Cooked Rice Influenced by Different Nitrogen Applications

Jeong-Il Kim*, Hae-Chun Choi*, Kwang-Ho Kim**, Jong-Kuk Ahn**†, No-Bong Park*, Dong-Soo Park*, Chun-Song Kim*, Ji-Yoon Lee*, and Jae-Kyu Kim*

*National Institute of Crop Science, RDA, Suweon 441-857, Korea

**Department of Crop Science, Konkuk University, Seoul 141-707, Korea

ABSTRACT To intensively analyze and examine the changes in palatability of cooked rice and structural properties of rice grains influenced by increased nitrogen topdressing during the panicle formation and ripening stage, a series of experiments were carried out using three japonica rice cultivars with contrasting rice quality characteristics. The protein content of brown rice increased maximally up to 35~47% of that in standard N6 plot with the increase in nitrogen topdressing fertilizer during 20 days before heading to 10 days after flowering. The high-yielding rice cultivars showing poor palatability of cooked rice revealed larger increase in protein content of rice grains by increased nitrogen topdressing. Under the same nitrogen level of 15 kg per 10a with nitrogen topdressing at 3 kg/10a, high-yielding rice cultivars, Yumehikari and Reihou showed the significant increase in protein content of brown rice when topdressing was applied at 10 days after flowering as compared with when it was applied at 30 days after transplanting. Although the variation in amylose content of milled rice as affected by nitrogen topdressing level was relatively small, it decreased within 1% with the opposite tendency against increased protein content of brown rice by increased nitrogen topdressing. The total score of sensory evaluation was higher in the order of Hinohikari < Yumehikari < Reihou in panel test. It decreased significantly by increased amounts of nitrogen topdressing during 20 days before heading to 10 days after flowering when nitrogen level was higher than 12 kg/10a. The more poor palatable rice cultivar in panel test revealed the larger decreasing in total score of sensory evaluation by higher nitrogen topdressing rates. All

sensory evaluation components were largely affected by the change in protein content of brown rice rather than amylose content of milled rice. The influence of protein content to palatability of cooked rice was larger in poor-palatable rice than in high-palatable rice. The protein content decreased drastically from outer layer to inner layer of rice grains, while the amylose content increased on the contrary. The high-palatable rice exhibited higher distribution of protein content on bran layer but lower distribution of protein content on the layer of polished rice as compared with the poor-palatable rice. Especially, the high-palatable rice showed also significantly lower distribution of amylose content on the outer layer of polished rice as compared with the poor-palatable rice.

Keywords : rice, grain quality, nitrogen application, protein, amylose, palatability

최근 국제 개방화의 물결이 더욱 거세어지면서 특히 생산비나 가격 면에서 일본 다음으로 가장 열세의 경쟁력을 가진 우리 쌀이 그나마도 살아남을 수 있는 길은 우리의 입맛에 가장 알맞은 품질의 우수성을 갖추는 것이다. 또한 경제수준의 향상과 더불어 식생활이 고급화하는 추세에 따라 국민 1인당 쌀 소비량이 1990년의 119.6 kg에서 급격히 감소하여 2006년에는 79 kg으로 떨어지면서 밥맛 좋은 고급 쌀을 찾는 소비층이 점차 두꺼워지고 있다.

이러한 시대의 흐름에 따라 높은 수량성을 유지하면서 식미가 우수한 양질미 품종 개발에 박차를 가하여 옴으로써 최근 추첨벼 수준이상의 밥맛 좋은 고품질 쌀 품종의 보급 비율이 90%이상 넘어서게 되었고, 또한 양질미 생산을 위

†Corresponding author: (Phone) +82-2-450-3206
(E-mail) jkahn@konkuk.ac.kr <Received May 26, 2008>

하여 질소질 비료의 시비수준을 낮추도록 힘써온 결과 10a 당 전국평균이 11 kg 수준으로 낮아졌다. 그러나 아직도 일부 농민들은 소출을 많이 내기 위하여 20 kg/10a 대의 질소질 비료를 주고 있으며 그동안 소출이 곧 수입과 직결되어 있다는 과거의 고정관념을 벗어나지 못하고 있다.

그동안 고품질 쌀 생산을 위하여 품종개발과 재배기술 개선에 연구 노력을 크게 기울여 온 결과 많은 성과를 거두었고, 쌀의 외관품위와 이화학적특성 및 식미 향상을 위한 기반 연구에서도 우수한 실적을 올린 바 있다. 밥이 부드럽고 차지면서 구수한 감칠맛이 나는 우리의 기호성에 적절한 품종선정과 재배 및 수확 후 관리기술 개선을 위하여 쌀의 구조적 및 이화학적특성과 식미간의 관계구명과 식미계 등을 통한 식미수준 판정의 객관화와 식미검정기술의 개선에도 지속적인 연구 노력을 기울여 왔다. 그러나 식미관능검정에서 나타나는 미세한 차이를 올바르게 이해하고 기기 등을 통하여 이를 객관화하는 데에는 한계가 있었다. 쌀의 식미가 단백질함량, 아밀로스함량, 호화점도 및 취반특성, 밥의 물리적특성 등과 어떤 밀접한 연관성을 가지고 있다는 사실은 많은 연구결과를 통하여 어느 정도 밝혀지고 있으나 아직도 명확하지 못한 부분이 많이 남아있다.

특히 쌀의 식미가 질소시비량의 영향을 크게 받는다는 사실을 쌀의 단백질함량과 연계시켜 구명하려고 다각도로 연구 노력을 기울여 왔지만 아직도 분명한 과학적 해답을 주지 못하고 있는 실정이다. 본 연구는 식미와 단백질 및 아밀로스함량에 차이를 보이는 3품종을 쌀 단백질의 축적을 증대시키는 질소 수비 및 실비 증시조건을 부여하여 쌀의 구조적특성의 품종별 반응을 조사 분석하고 식미의 객관적 평

가를 도모할 수 있는 방법을 찾기 위하여 몇 가지 시험을 수행하였다.

재료 및 방법

시험재료 및 재배방법

구주농업시험장의 시험포장에서 식미와 아밀로스함량에 차이가 나는(표 1) 히노히카리, 유메히카리, 레이호우 3품종을 공시해 시험을 실시하였으며, 생육 및 수량구성요소의 특징은 표 2와 같다. 재식거리는 30×16 cm로서, 5월 25일 파종, 육묘한 중묘를 1주 3본씩 6월 17~18일에 손이앙 하였다. 질소시비조건은 표 3과 같은 질소기비 6 kg/10a(N6), 질소기비 6 kg/10a에 수비 1차 3 kg/10a(N9), 질소기비 6 kg/10a에 수비 1·2차 3 kg/10a(N12), 질소 6 kg/10a에 분얼비 3 kg/10a와 수비 1·2차 3 kg/10a(N15T), 질소 6 kg/10a에 수비 1·2차 3 kg/10a와 실비 3 kg/10a(N15H), 질소 6 kg/10a에 수비 1차 3 kg/10a, 수비 2차 3 kg/10a와 실비 5 kg/10a(N19)의 6개 처리로 하였다. 또 식미 및 미질검정 비교품종으로 滋賀縣 中主町産 니혼바레(일등미)를 이용하였다.

시료조제 및 미질평가

시료조제

粒厚 1.8 mm 이상의 현미를 정미기(Satake Co.)로 현백률 90%가 되도록 정미하여 여러가지 성분분석과, 물성측정 및 식미관능시험 시료로 사용하였다.

Table 1. Protein content, amylose content, and eating quality by panel test of three rice varieties

Variety	Protein content in brown rice (%)	Amylose content (%)	Palatability (-3~+3)
Hinohikari	7.44	18.95	0.96
Yumehikari	7.74	20.51	0.68
Reihou	7.56	21.56	0.28

※ Level of nitrogen fertilizer: 9 kg/10a

Table 2. Growth and yield components of three rice varieties

Variety	Heading date	No. of panicle/m ²	No. of Spikelets/panicle	Grain ripened ratio (%)	1000 grain weight (g)
Hinohikari	Aug. 30	312	73.4	91.3	22.0
Yumehikari	Sep. 8	306	94.9	83.8	22.1
Reihou	Sep. 5	345	75.8	89.9	23.9

※ Level of nitrogen fertilizer : 9 kg/10a

Table 3. Nitrogen application rate and time in the experiment (kg/10a)

Treatment	Application time					Total
	Basal	30 DAT [†]	20 DBH [‡]	10 DBH	10 DAH [¶]	
N6	6	0	0	0	0	6
N9	6	0	3	0	0	9
N12	6	0	3	3	0	12
N15T	6	3	3	3	0	15
N15H	6	0	3	3	3	15
N19	6	0	3	5	5	19

[†]DAT: days after transplanting, [‡]DBH: days before heading, [¶]DAH: days after heading

미립층위별 구분 및 도정방법

히노히카리, 유메히카리, 레이호우 각 품종별로 질소기비 6 kg/10a(N6), 질소기비 6 kg/10a에 수비 1·2차 3 kg/10a(N12), 질소기비 6 kg/10a에 수비 1차 3 kg/10a, 수비 2차 5 kg/10a, 실비 5 kg/10a(N19)의 세 가지 질소시비조건에서 생산된 것을 층위별 도정시료로 사용하였다. 입후 1.8 mm 이상의 현미를 골라서 외층부터 정미율(중량비)로서 L1(100~93%), L2(93~91%), L3(91~89%), L4(89~87%), L5(87%이하)의 5층으로 나누어서 각각 단백질함량과 아미로스함량을 측정하였다. 층위별 도정은 동양정미기기 제작소의 도요-테스트 정미기를 이용하였다.

분석방법

단백질함량은 분쇄시료를 120°C에서 1시간 건조 후 Micro Kjeldahl법에 의해 정량하여 질소를 측정하고 5.95를 곱하여 단백질함량으로 환산하였다. 아미로스함량은 분쇄시료(수분 13%)를 Auto-analyzer(II 형, 브란루베사 제품)을 이용하여, Juliano의 요드비색법에 의해 측정하였다.

관능시험

관능검사항목인 「외관」, 「맛」, 「질감」, 「찰기」 및 「총평」에 대해서는 기준미에 대한 「좋음-불량」의 정도를 -3에서 +3까지 7단계로 평가하였다. 취반방법은 정백미 900 g을 쌀중량 1.33배의 물을 가하고 1시간 담갔다가 취반하였다. 폐널은 관능검사 경험이 있는 사람으로서 20대에서 50대의 남녀 25명으로 구성하여, 니혼바레(滋賀縣 中主町産 일등미)를 기준으로 해서 평가하였다.

결과 및 고찰

질소 추비 증시에 따른 단백질 및 아미로스함량

질소 추비 증시에 따른 단백질함량

기비의 질소시비량을 6 kg/10a으로 하고 출수전 20일과 10일경 2차례 수비와 출수후 10일의 실비로 질소시비량을 증량하였을 때 3품종 모두 미립내 단백질함량이 증가하는 경향을 나타내었다(표 4).

공시품종의 현미 단백질함량은 N6에서는 6.96~7.14%, 5

Table 4. Changes in protein content of brown rice in each of three rice cultivars influenced by increasing the amounts of nitrogen topdressing at 20 days or 10 days before heading and 10 days after heading

Treatment	Protein content (%)		
	Hinohikari	Yumehikari	Reihou
N6	7.14 ^d (100)	6.96 ^c (100)	7.14 ^{df} (100) [‡]
N9	7.44 ^d (104)	7.74 ^d (111)	7.56 ^d (106)
N12	8.27 ^c (116)	8.21 ^c (118)	8.93 ^c (125)
N15H	9.16 ^b (128)	9.28 ^b (133)	9.40 ^b (132) ^z
N19	9.64 ^a (135)	9.94 ^a (143)	10.47 ^a (147)
Ave.	8.33	8.43	8.70

[†]The estimates followed by a common letter in a column were not significantly different at 5% level.

[‡]Figures in parenthesis were indicate index compare to N6.

개 처리구의 평균치 8.33~8.70으로 품종 간에 유의한 차이를 나타내지 않았으나, 1, 2차에 걸친 수비증량과 질소 사용량 증시에 따라 현미 단백질함량 증가 정도가 벼 품종에 따라 약간 차이를 나타내는 경향이였다. 식미가 양호한 히노히카리에 비해 식미가 다소 떨어지는 유메히카리나 레이호우가 수비 및 실비 증량에 따라 미립내 단백질함량 증가 정도가 약간 더 높았다. N6구에 비해 유의한 단백질함량 증가를 나타낸 것은 3품종 모두 2차례에 걸친 수비를 6 kg/10a 증시한 구에서 였는데, 단백질함량이 히노히카리는 1.13%, 유메히카리와 레이호우는 각각 1.25%와 1.79%정도 증가하였는데 N6구 대비 증가된 비율로 보면 히노히카리는 16% 증가한데 비해 유메히카리와 레이호우는 각각 18%와 25%가 증가하여 식미가 떨어지는 품종일수록 증가비율이 높은 경향이였다. 이러한 경향은 실비 3~5 kg/10a을 증시한 구에서 3품종 모두 더욱 뚜렷한 단백질함량의 증가 현상으로 나타나서 N6구에 비해 현미 단백질함량이 2.02~2.40%(증가비율로 28~35%) 증가하였는데 유메히카리와 레이호우는 각각 2.32~2.98%(증가비율 33~43%)와 2.26~3.33%(증가비율 32~47%)가 증가하여 식미가 낮은 다수성인 벼 품종의 쌀이 식미가 양호한 품종에 비해 수비와 실비로 질소시비량을 증시한 경우 더욱 높은 단백질함량의 미립내 축적으로 식미를 저하시킴을 시사하였다. 수비를 출수전 24일경에 주지 않고 그 보다 늦은 시기인 출수전 20일과 출수전 10일에 두 차례에 걸쳐 질소비료를 증시하면 천립중 증가에는 다소 영향을 미칠지는 모르나 수당영화수를 증가시켜 미립내 단백질함량의 증가를 어느 정도 완화시켜 주는 효과를(추비시기가 늦어짐으로 해서) 얻기 어려웠던 때문에 이와 같은 결과가 나타난 것으로 보인다(Matsuda *et al.*, 1997). 또한 실비는 천립중 및 등숙율 향상에는 어느 정도 효과가 있지만 과도하게 출수이후에 질소비료를 시비하면 그것은 결국 미립내 단백질함량의 증가를 초래하여 현저하게 식미를 저하

시키는 결과를 나타내게 되는 것이다(山下 等, 1974; Perez *et al.*, 1996). 레이호우와 같이 도복에 강하고 초형이 양호하면서 내비 다수성인 품종일수록 질소흡수력이 강하여 수비와 실비의 질소시비량의 증가에 따라 천립중과 등숙율 향상을 도모할 수 있지만 그에 따라 미립내 단백질함량의 축적이 증대될 수밖에 없는 것이다(本庄 等, 1979). 이러한 품종일수록 도복 및 내비성이 약하고 수량성이 낮은 양질미 품종에 비해 후기 질소증시에 따른 단백질함량의 상대적인 축적정도가 더욱 높아질 수 있을 것으로 추정된다(稻津, 1991). 질소시비량이 15 kg/10a인 동일한 수준에서 이양후 30일에 1차 추비를 한 다음 두 차례 수비를 준 시험구(N15T)와 1차 추비를 주지 않고 두 차례 수비와 한 차례 실비를 준 시험구(N15H)간에 현미 단백질함량을 비교해 본 결과 표 5에서와 같이 수비가 과다한 조건에서도 1차 추비에 비해 추가로 실비를 준 경우에 히노히카리보다 유메히카리와 레이호우에서 유의하게 현미 단백질함량이 증가한 경향을 나타내었다.

유메히카리와 레이호우 품종에서 N15T에 대비한 N15H의 상대적 단백질함량 증가비율은 9% 정도로 그리 크지 않지만 특히 식미가 떨어지는 다수성 품종에서 실비에 의한 미립내 단백질함량의 증가가 유의하게 나타났다. 이 두 시험구는 두 차례의 수비에서 이미 질소 6 kg/10a가 공급된 상태이기 때문에 추가적인 실비에 따른 단백질축적 효과가 상대적으로 그리 크지 못했던 것으로 생각된다. 실비가 등숙을 향상시키는 데는 어느 정도 효과가 있지만 미립내 단백질함량의 증가를 초래하기 때문에, 이미 많은 연구결과를 통하여 보고되었고(Perez *et al.*, 1996; Islam *et al.*, 1996; 近藤, 1990), 양질미를 생산하기 위해서는 반드시 실비를 주지 않도록 권장되어 왔었다(稻津, 1982).

Table 5. Comparison of protein content in brown rice between topdressing of nitrogen fertilizer at 30 days after transplanting and at 10 days after heading on the same total 15 kg/10a of nitrogen fertilizer application

Treatment	Protein content(%)		
	Hinohikari	Yumehikari	Reihou
N15T [†]	8.93 ^a (100)	8.51 ^b (100)	8.63 ^{b†} (100) [‡]
N15H [‡]	9.16 ^a (103)	9.28 ^a (109)	9.40 ^a (109)

[†]N15T: Topdressing of 3 kg/10a nitrogen fertilizer at 30 days after transplanting and two times of respective 3kg/10a additional topdressing of nitrogen fertilizer at 20 days and 10 days before heading stage.

[‡]N15H: Three times topdressing of respective 3 kg/10a nitrogen fertilizer at 20 days and 10 days before heading and at 10 days after heading.

[†]The estimates followed by a common letter in a column were not significantly different at 5% level.

[‡]Figures in parenthesis were indicate index compare to N15T.

질소 시비조건에 따른 아밀로스함량

질소 6 kg/10a 기비조건에 비해 수비 및 실비 추비에 의한 질소증시에 따라 아밀로스함량이 유의하게 감소경향을 보인 것이 3품종 모두 N15H 및 N19구였으며 레이호우는 N12부터 유의한 감소 경향을 나타내었다(표 6).

아밀로스함량은 품종간 차이가 뚜렷하여 히노히까리가 평균 18.61%로 가장 낮고 유메히까리와 레이호우가 각각 평균 20.17%와 21.02%로 높았다. 질소 수비 및 실비 증시에 따른 아밀로스함량 감소 경향은 미립내 단백질함량이 증가함에 따른 상대적 영향으로 생각할 수 있다.

이 두 성분은 미립내 축적에서 서로 상반되는 방향으로 부의 상관관계에 영향을 미치기 때문이다(堀野, 1989; 近藤 등, 1990). 아밀로스함량은 질소 시비조건에 따른 변이가 불과 1% 미만으로 극히 미미하였으며 이들 품종간 출수기 차이에 따른 등숙환경의 영향도 품종간 차이나 처리간 차이에 상당히 작용하였을 것으로 추정된다. 히노히까리의 출수기가 8월30일로 유메히까리의 9월 8일과 레이호우의 9월 5일에 6-9일 정도 빠르기 때문에 다소 높은 평균기온의 등숙기간을 경과함으로써 상대적으로 아밀로스함량이 다소 낮아질 수 있었을 것이다. 그러나 아밀로스함량은 환경적인 변이보다 품종적인 변이가 더욱 현저하기 때문에 비교적 안정적인 편이다(최 등, 1979). 아밀로스함량은 단백질함량과

는 반대로 고온일수록 감소하고 저온일수록 증가하는 경향인데 온도차이가 심하면 2~3%의 변이를 보인다(Gomez, 1979).

질소 시비량이 15 kg/10a로 다소 과다한 조건에서 그중 3 kg/10a을 이양후 30일경인 분얼기에 추비를 한 경우(N15T)와 출수후 10일경인 등숙초기에 추비를 한 경우(N15H)에 백미의 아밀로스함량 차이를 표 7에서 보면 표 5의 현미 단백질함량과는 반대로 아밀로스함량은 실비구에서 유메히까리와 레이호우 두 품종 모두 유의하게 대체로 0.9%정도 감소하는 경향을 보였다. 그러나 식미가 양호한 히노히까리에서는 유의한 차이가 인정되지 않았다. 이러한 아밀로스함량의 변화는 실비에 의한 현미 단백질함량의 상대적 증가에 따른 반향(反響)으로 볼 수 있다.

그림 1에서 보면 아밀로스함량은 질소 추비량의 증시에 따라 단백질함량이 거의 직선적으로 증가하는 양상에 반대되는 방향으로 감소하는 변화를 보여주고 있다. 벼 품종에 따라 단백질함량 변화에 따른 아밀로스함량의 변화정도가 약간 차이가 있어서 히노히까리나 유메히까리에 비해서 레이호우의 단백질함량 증가에 따른 아밀로스함량 감소정도는 좀더 큰 경향을 나타내었다.

이는 아마도 아밀로스함량의 변화가 단백질함량 변화의 품종적 특이성에 기인된 것이 아닌가 추정된다(金 등, 1990). 단백질함량과 아밀로스함량간의 품종적 변이에서 나타나

Table 6. Changes in amylose content of polished rice in each of three rice cultivars, influenced by increasing the topdressing amounts of nitrogen fertilizer at 20 days or 10 days before heading and at 10 days after heading

Treatment	Amylose content (%)		
	Hinohikari	Yumehikari	Reihou
N6	18.97 ^a	20.46 ^a	21.53 ^{a†}
N9	18.95 ^a	20.51 ^a	21.56 ^a
N12	18.67 ^{ab}	20.32 ^a	20.66 ^{bc}
N15H	18.33 ^{bc}	19.82 ^b	20.92 ^b
N19	18.12 ^c	19.75 ^b	20.44 ^c
Ave.	18.61	20.17	21.02

[†]The estimates followed by a common letter in a column were not significantly different at 5% level.

Table 7. Comparison of amylose content in polished rice between topdressing of nitrogen fertilizer at 30 days after transplanting and at 10 days after heading on the same total 15kg/10a level of nitrogen fertilizer application

Treatment	Amylose content (%)		
	Hinohikari	Yumehikari	Reihou
N15T [†]	18.71 ^a	20.76 ^a	21.83 ^{a‡}
N15H	18.33 ^a	19.82 ^b	20.92 ^b

[†]N15T and N15H: Refer to Table 5.

[‡]The estimates followed by a common letter in a column were not significantly different at 5% level.

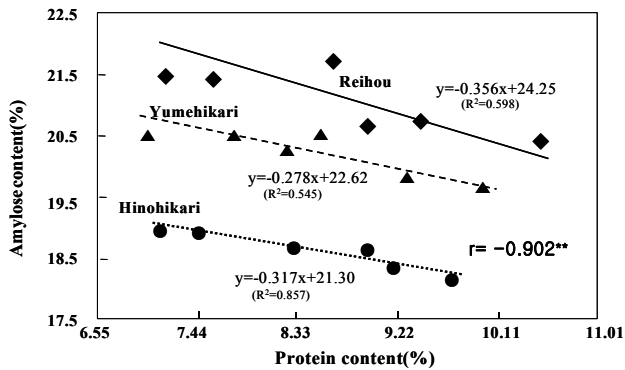


Fig. 1. Changing aspect of protein and amylose content in rice grain of three varieties influenced by increasing topdressing amounts of nitrogen fertilizer. **Significant at 1% level.

는 부의 상관관계(堀野, 1989; 近藤 等, 1990)는 질소 시비 조건에 따른 두 성분 간 관계와는 다소 차이가 있다고 보아야 할 것이다.

질소 추비 증시에 따른 식미평가

질소 비료의 수비 및 실비 증량에 따라 식미가 양호한 히노히까리는 N19의 과다한 추비 조건에서만 식미관능총평이 유의하게 낮은 경향을 보이는데 비해 유메히까리는 N15, N19 구에서, 레이호우는 N12~N19 구에서 N6구에 비해 식미총평이 유의하게 떨어지는 경향을 나타내었다(표 8).

평균 식미총평은 히노히까리 > 유메히까리 > 레이호우 순으로 높았는데 식미가 양호한 히노히까리는 질소 수비 및 실비 증시에 따라 식미가 나빠지는 정도가 덜 심하였던 반면, 특히 식미가 낮은 레이호우가 수비 및 실비 증량에 따라 현저하게 식미가 나빠지는 경향을 나타내었다. 이는 식미가 떨어지는 품종일수록 관능평가자들로 하여금 더욱 뚜렷하

게 나쁜 정도를 쉽게 감지할 수 있는 것에도 기인된 바가 있지만 식미가 좋지 않은 품종이 질소 수비 및 실비 증량에 따라 현미 단백질함량의 증가 정도가 상대적으로 컸던 품종의 특이적 반응과도 무관하지 않은 것 같다(Islam *et al.*, 1966). 따라서 식미가 떨어지는 품종일수록 양질미를 생산하기 위해서는 더욱 수비와 실비를 지양해야 한다는 사실을 시사하고 있다.

분얼비, 1, 2차 수비 및 실비 질소증시에 따라 나타나는 미립내 단백질함량과 아밀로스함량의 변화가 식미관능 평가요소의 변화에 얼마나 직선적인 기여도를 가지는가를 그들 간의 결정계수(R^2)로 나타낸 것이 표 9이다. 여기에서 어느 품종에서나 식미관능 특성이 모두 아밀로스함량 보다는 단백질함량의 변화에 따른 기여도가 높았다. 식미가 양호한 히노히까리 보다는 유메히까리나 레이호우에서 단백질함량의 변화가 더욱 현저히 높은 기여도를 나타내었다. 유메히까리나 레이호우에 비해 히노히까리에서 아밀로스함량 변화의 식미관능 요소에 기여도가 유의하게 높았다. 히노히까리에서 단백질함량 변화와 가장 밀접한 관계를 보인 식미관능 특성은 찰기와 식미총평이었는데 반해 유메히까리에서는 밥의 외관과 맛 및 식미총평이, 레이호우에서는 모든 식미관능특성이 단백질함량 변화와 밀접한 변화 양상을 나타내었다. 아밀로스함량 변화와 가장 밀접한 관계를 나타낸 식미관능특성은 히노히까리에서는 단백질함량 변화와 마찬가지로 찰기($R^2=0.740$)와 식미총평($R^2=0.716$) 이었는데 반해 유메히까리에서는 식미총평이($R^2=0.540$), 레이호우에서는 질감($R^2=0.635$)이 아밀로스함량 변화와 가장 밀접한 관계를 보였다. 질소시비조건에 따라 단백질함량과 아밀로스함량의 변화는 서로 밀접한 관계를 가지고 있지만 그 변화 패턴과 밀접한 관계를 가지고 있는 식미관능특성은 품종에 따라 상당한 차이를 보였고 기여도에서도 상당한 차이를 나

Table 8. Change in total score of sensory evaluation of cooked rice influenced by increased topdressing amounts of nitrogen fertilizer

Treatment	Total score of palatability of cooked rice		
	Hinohikari	Yumehikari	Reihou
N6	0.95 ^a	1.12 ^a	0.64 ^{a†}
N9	0.96 ^a	0.68 ^b	0.28 ^b
N12	0.62 ^{ab}	0.48 ^b	-0.19 ^c
N15T	0.50 ^b	0.40 ^b	-0.22 ^c
N15H	0.67 ^{ab}	-0.08 ^c	-0.56 ^d
N19	-0.28 ^c	-0.28 ^c	-1.04 ^c
Ave.	0.57	0.39	-0.18

[†]The estimates followed by a common letter in a column were not significantly different at 5% level.

Table 9. Linear contribution of protein and amylose content of rice grain in each of three rice cultivars under the condition influenced by increased topdressing amounts of nitrogen fertilizer at tillering, panicle formation and early ripening stage

Variety		Palatability components				
		Appearance	Taste	Stickiness	Texture	Total score
Hinohikari	Protein	0.412	0.615	0.773	0.410	0.743 [†]
	Amylose	0.648	0.629	0.740	0.320	0.716
Yumehikari	Protein	0.947	0.895	0.760	0.623	0.830
	Amylose	0.413	0.479	0.284	0.452	0.540
Reihou	Protein	0.951	0.972	0.962	0.887	0.974
	Amylose	0.503	0.464	0.549	0.635	0.497

[†]The linear contributions were suggested by the coefficient of determination between protein or amylose content of rice grain and palatability components of cooked rice in panel test.

Table 10. Changes in brown rice yield influenced by increased topdressing amounts of nitrogen fertilizer at tillering, panicle formation and early ripening stage

Treatment	Brown rice yield (kg/10a)		
	Hinohikari	Yumehikari	Reihou
N6	447 ^b	479 ^c	516 ^{c†}
N9	461 ^{ab}	565 ^{ab}	561 ^b
N12	464 ^{ab}	577 ^{ab}	567 ^{ab}
N15T	490 ^a	595 ^a	585 ^a
N15H	479 ^a	551 ^b	582 ^a
N19	475 ^{ab}	544 ^b	575 ^{ab}
Ave.	469.3	551.8	564.3

[†]The estimates followed by a common letter in a column is not significantly different at 5% level.

타내었다. 질소시비조건에 따른 품종별 수량성 반응을 보면 (표 10), 공시품종 모두 N6 구에 비해 유의한 증수를 나타낸 것은 히노히카리는 N15T와 N15H구였고, 유메히카리와 레이호우는 모든 질소 추비 증지구였다. 공시품종 모두 이양후 30일에 1차 추비를 주고 출수전 20일 및 10일에 수비를 준 N15T구에서 최대 수량을 보였다. 수량구성요소 중 가장 수량성 결정에 영향을 크게 미치는 수당영화수와 포기당 이삭수가 이미 결정된 상태에서 출수전 20일 이후에 계속 질소 추비량을 증가시킬 경우 유메히카리의 N15H 및 N19구, 레이호우의 N9구를 제외하고는 N15T구와 유의한 증수를 나타내지 않았다.

따라서 질소 수비 및 실비의 증시에 따라 수량에는 크게 영향을 미치지 않고 주로 현미 단백질함량을 증가시킴으로써 식미 저하에 크게 영향을 미치도록 처리가 이루어졌음을 알 수 있다. 내비 다수성 품종인 레이호우는 히노히카리나 유메히카리에 비해 어느 정도 다비의 효과가 있었던 것으로 보인다.

질소 추비 증시에 따른 쌀 증위별 단백질과 아밀로스함량

지금까지 쌀의 단백질함량은 호분층 주변의 바깥층이 높고 속 층으로 갈수록 현저히 낮아지는 것으로 알려져 있으며(山下等, 1974), 백미외층에 있는 단백질 입자의 분포가 식미 특히 밥의 질감에 크게 영향을 주는 것으로 보고 있다. 단백질과는 달리 아밀로스함량은 쌀알의 바깥층이 낮고 속 층으로 갈수록 유의하게 높아지는 것으로 알려져 있다(堀野, 1989). 그림 3에서보면 특히 배유 외층의 복합전분체 주변에 단백질 입자(PB)가 많이 분포하며 속층에서는 단백질 입자가 거의 보이지 않는다. 질소수비 및 실비의 증시에 따라 현미 단백질함량이 유의하게 증가하였는데 식미저하와 연계해서 미립 증위별로 단백질함량의 분포변이가 어떻게 달라지는가 하는 것은 검토해 볼 필요가 있다.

미립 증위별 단백질함량 분포

미립 증위별 단백질함량의 분포는 N6, N12, N19 처리의 현미시료를 가지고 도정 정도에서 중량비로 100~93%인 층

을 L1, 93~91%인 층을 L2, 91~89%인 층을 L3, 89~87%층을 L4, 87%이하를 L5로 나타내었다. 표 11에서 보면 미립의 단백질함량은 질소소비조건에 관계없이 모두 외층에서 내층으로 갈수록 유의하게 감소하는 경향이었으며 히노히까리는 겨층에서 가장 바깥층(L1)보다 호분층이 포함된 내층(L2)이 더 높은 단백질함량을 나타내었다. 질소수비 및 실비의 증시에 따라 히노히까리와 유메히까리의 N19 쌀시료의 L1층(바깥겨층)에서는 N6과 N12 쌀시료 L1층에 비해 약 1% 정도 유의하게 높은 단백질함량을 보였으나 레이호우에서는 그러한 경향이 없었다. L2층 및 L3층에서 유메히까리는 N19 처리에서만 다른 두 처리에 비해 약 1~2% 정도 높은 단백질함량을 보였는데 히노히까리와 레이호우는 N12와 N19 처리에서 모두 N6에 비해 1~2% 정도 높은 단백질함량을 나타내었다. L3층은 백미외곽층으로 이 층에 단백질 입자의 축적이 많으면 밥의 경도와 질감에 가장 영향을 크게 미치게 된다(Choi *et al.*, 1997).

N19 처리에서 L3층의 단백질함량은 히노히까리와 유메히까리가 레이호우보다 약 1% 정도 더 높은 단백질 축적을 나타내었다. L4와 L5층에서는 모두 수비 및 실비의 질소증량에 따라 유메히까리와 레이호우는 N6 < N12 < N19 순으로 유의하게 1~2% 정도 높은 단백질축적을 나타내었으나 히노히까리는 N6구에 비해 N12와 N19구가 1~2%정도 높은 단백질 축적을 나타내었다. 특히 속층인 L5 층에서 레이호우가 다른 두 품종에 비해 3 처리 모두 가장 높은 단백질축적을 보였다.

각 품종 소비구(N6)의 현미 단백질함량치를 100으로 하여 각층의 단백질함량을 이에 대한 상대적 지수로 나타낸 것이 그림 2이다.

층위별 단백질함량 분포의 품종별 특성을 보면 식미가 양호한 히노히까리가 다른 두 품종에 비해 쌀겨 내층인 L2 층에서 가장 높은 축적비율을 보였으나 3처리 모두 백미층에서는 가장 낮은 지수를 나타내었다. 이것에 반해 식미가 불량한 레이호우 백미층(L3~L5)의 단백질 분포비율이 가장 높았고 특히 다비조건에서 내층의 단백질축적 정도가 높았다. 유메히까리는 대체로 히노히까리와 레이호우의 중간특성의 층위별 단백질 축적 분포양상을 나타내었다. 히노히까리는 백미 도정시에 쌀겨로 떨어져 나가는 L1과 L2 층은 레이호우보다 상대적으로 높은 단백질 축적을 보이고 백미층(L3~L5)에 현저히 낮은 단백질 축적을 보인 반면 레이호우는 반대로 겨층은 히노히까리보다 상대적으로 낮은 단백질 축적을 보이고 백미층은 특히 속층일수록 현저히 높은 단백질축적 분포를 보였다. 이러한 미립 층위별 단백질분포의 품종간 차이가 특히 질소다비조건에서 양호한 식미특성을 유지할 수 있는 양식미 품종의 특성으로 볼수 있는지는 식미에 차이를 보이는 더 많은 품종을 대상으로 더 검토해 보아야할 것으로 생각된다. 여하튼 겨층에는 상대적으로 단백질이 많이 축적되지만 백미층에는 낮게 분포한다는 것은 식미가 좋은 쪽으로 바람직한 특성으로 생각된다. N6구 쌀시료의 층위별 단백질함량을 100으로 하여 질소수비 및 실비의 증량에 따른 처리구 쌀시료의 층위별 단백질함량의 분

Table 11. Difference in distribution of protein content on the milled layer of rice grain in three rice cultivars, influenced by increasing the amount of nitrogen topdressing

Variety	Treatment	Protein content (%) in each layer of rice grain				
		L1 [†]	L2	L3	L4	L5
Hinohikari	N6	13.57 ^b	16.48 ^b	11.48 ^b	9.46 ^b	6.09 ^{b‡}
	N12	13.69 ^b	18.39 ^a	12.14 ^a	11.12 ^a	7.08 ^a
	N19	14.58 ^a	18.43 ^a	13.74 ^a	12.44 ^a	8.27 ^a
	Ave.	13.95	17.77	12.45	11.01	7.15
Yumehikari	N6	13.74 ^b	15.23 ^b	11.84 ^b	9.34 ^c	5.89 ^c
	N12	14.16 ^b	15.58 ^{ab}	12.38 ^b	10.95 ^b	6.90 ^b
	N19	15.17 ^a	16.12 ^a	13.80 ^a	11.78 ^a	8.87 ^a
	Ave.	14.36	15.64	12.67	10.69	7.22
Reihou	N6	14.04 ^a	13.21 ^b	10.83 ^b	9.46 ^c	6.31 ^c
	N12	14.40 ^a	14.46 ^a	12.44 ^a	11.01 ^b	7.68 ^b
	N19	14.10 ^a	14.76 ^a	12.73 ^a	12.01 ^a	9.40 ^a
	Ave.	14.18	14.14	12.00	10.83	7.80

[†]Classified layer of rice grain by the proportion of milling (weight ratio compared to whole grain of brown rice).

[‡]The estimates followed by a common letter in a column of each cultivar were not significantly different at 5% level.

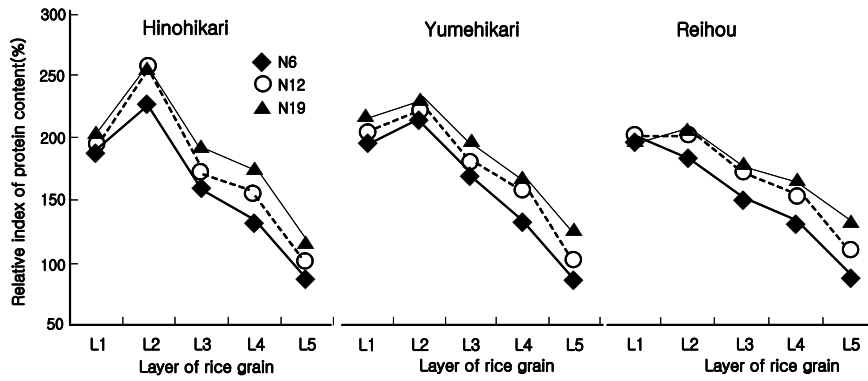


Fig. 2. Influence of increased topdressing nitrogen fertilizer on the relative distribution of protein content in each layer of rice grain.

※ Relative index of protein content: Relative index compared to protein content of brown rice as 100 in N6 treatment of each rice cultivar. L1: 100-93%, L2: 93-91%, L3: 91-89%, L4: 89-87%, L5: 87-0%.

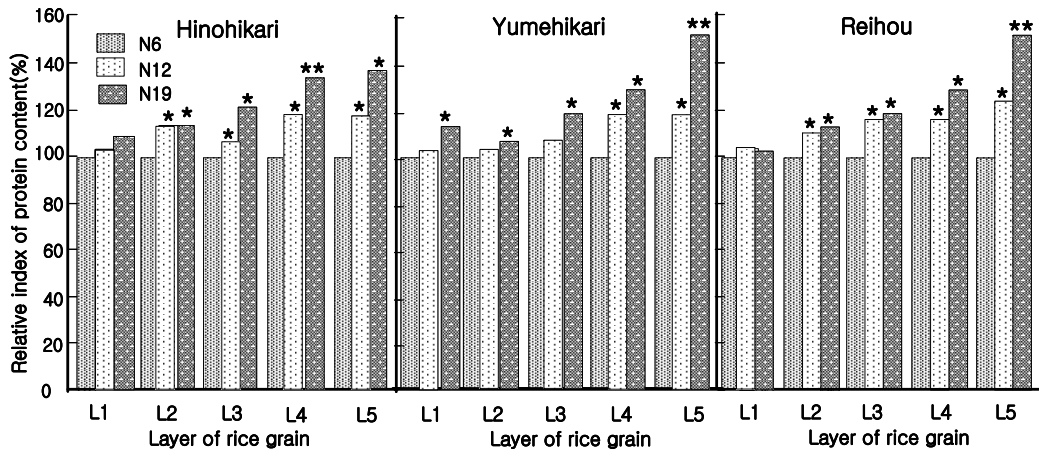


Fig. 3. Influence of increased topdressing nitrogen fertilizer on the relative distribution of protein content compared to protein content of N6 plot materials in each layer of rice grain.

※ Relative index of protein content : Relative protein content compared to protein content of N6 plot materials as 100 in each layer of rice grain. L1: 100-93%, L2: 93-91%, L3: 91-89%, L4: 89-87%, L5: 87-0%. *, **: Significantly different from N6 plot at 5% and 1% level, respectively.

포를 상대적지수로 나타낸 것이 그림 3이다. N6구에 비해 N12와 N19로 수비와 실비량이 많아질수록 공시품종 모두 미립내 층위별 단백질함량이 점차 늘어나는데 늘어나는 정도가 겨층보다 백미층이 유의하게 컸다. 백미층(L3~L5) 중에서도 가장 속층인 L5층에서 3품종 모두 N6구에 비해 N12 및 N19 처리구에서 20~50% 정도로 높은 단백질함량 축적을 보였다. 특히 L5 층의 단백질함량 분포 증가정도가 레이호우나 유메히카리가 히노히카리보다 N19 처리구에서 유의하게 높은 경향을 나타내었다. 이는 과다한 질소 수비 및 실비 증시조건에서 다수성인 레이호우나 유메히카리가 식미가 양호하면서 저수성인 히노히카리에 비해 백미 속층에 더 많은 단백질 입자를 축적하는 것으로 추정된다.

미립 층위별 아밀로스함량 분포

전향과 동일한 시료의 미립 층위별 아밀로스함량의 분포를 보면(표 12), 공시품종 모두 외층에서 내층으로 갈수록 아밀로스함량이 현저하게 높아졌다. 겨층인 L1과 L2 층은 아밀로스함량이 각각 0.2~1.0%, 3~8%로 매우 낮은 함량을 나타내었고, 백미층인 L3, L4, L5 층의 아밀로스함량은 각각 8~13%, 12~18%, 18~20%로 점차 증가 하였다. 쌀겨층인 L1과 L2 층의 아밀로스함량은 히노히카리가 각각 평균 0.22%와 2.84%로서, 유메히카리의 0.31%와 4.88%, 레이호우의 0.81%와 6.74%에 비해 현저히 낮았다. 백미 외층인 L3과 L4 층의 아밀로스함량도 같은 경향으로 히노히카리가 각각 8.49%와 12.40%로서, 유메히카리의 10.86%와 16.96%,

Table 12. Difference in distribution of amylose content on the milled layer of rice grain in three rice cultivars influenced by increasing the amount of nitrogen topdressing

Variety	Treatment	Amylose content(%) in each layer of rice grain				
		L1 [†]	L2	L3	L4	L5
Hinohikari	N6	0.20 ^a	3.00 ^a	9.22 ^a	13.06 ^a	19.88 ^{a‡}
	N12	0.26 ^a	2.83 ^a	8.00 ^a	12.40 ^b	19.60 ^a
	N19	0.19 ^a	2.68 ^a	8.24 ^a	11.75 ^c	19.32 ^a
	Ave.	0.22	2.84	8.49	12.40	19.60
Yumehikari	N6	0.43 ^a	4.15 ^c	10.84 ^a	18.31 ^a	18.11 ^a
	N12	0.27 ^a	5.61 ^a	11.10 ^a	16.12 ^b	18.16 ^a
	N19	0.22 ^a	4.88 ^b	10.64 ^a	16.44 ^b	17.77 ^a
	Ave.	0.31	4.88	10.86	16.96	18.01
Reihou	N6	0.95 ^a	7.85 ^a	13.44 ^a	15.91 ^a	18.61 ^a
	N12	0.86 ^a	5.61 ^c	11.62 ^b	15.95 ^a	18.07 ^a
	N19	0.63 ^a	6.77 ^b	12.87 ^a	16.40 ^a	18.29 ^a
	Ave.	0.81	6.74	12.64	16.12	18.32

[†]Classified layer of rice grain by the proportion of milling (weight ratio compared to whole grain of brown rice).

[‡]The estimates followed by a common letter in a column of each cultivar were not significantly different at 5% level.

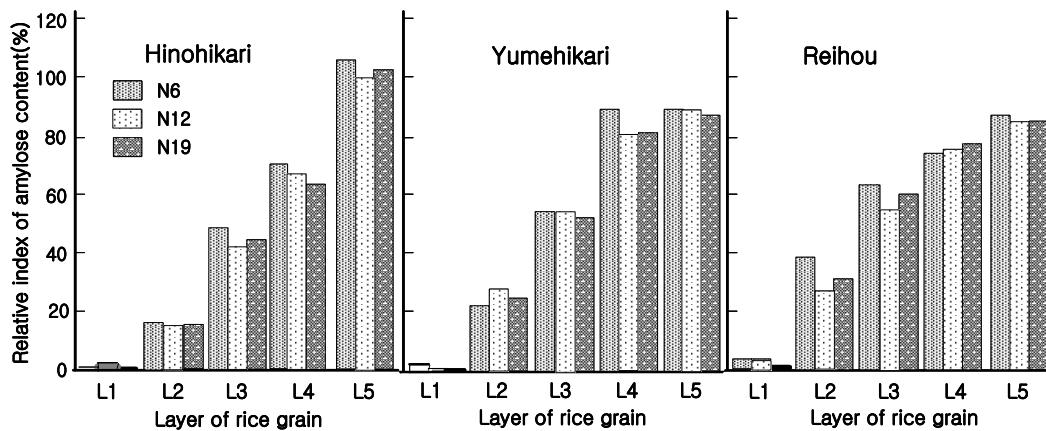


Fig. 4. Influence of increased topdressing nitrogen fertilizer on the relative distribution of amylose content in each layer of rice grain.

※ Relative index of amylose content: Relative index of amylose content in each layer of rice grain compared to amylose content of N6 plot materials as 100 in each rice variety.

레이호우의 12.64%와 16.12%에 비해 현저히 낮았다.

질소 수비 및 실비 증시에 따라 아밀로스함량의 분포 변이는 단백질함량과는 달리 어떤 일정한 경향을 보이지 않았고 유메히카리와 레이호우의 L2 층과 히노히카리와 유메히카리의 L4 층 이외는 층위별로 처리간에 유의한 차이가 인정되지 않았다. 특히 L2 층은 현미에서 겨층이 분리되면서 백미가 되는 경계이기 때문에 쌀알의 경연질이나 등숙정도에 따라 호분층과 부호분층의 깎이는 정도가 달라질수 있어서 상당한 단백질함량이나 아밀로스함량의 변이가 발생할수 있다. 특히 백미의 외층인 L3층의 아밀로스함량이 어느

처리에서나 레이호우 > 유메히카리 > 히노히카리의 순으로 유의하게 높은 경향을 나타내었는데, 식미가 양호한 일품벼 품종 쌀 외층의 아밀로스함량 분포가 다른 품종에 비해 유의하게 낮은 분포를 보여 이것이 밥알의 찰기와 부드러운 물리성을 더욱 양호한 방향으로 나타낼 수 있는 양식미 쌀의 한 구조적인 특성이 아닌가(Choi *et al.*, 1997) 지적한 바와 같이 본 실험에서 얻어진 결과도 거의 같은 사실을 인정할 수 있었던 것으로 생각된다.

각 품종별로 기비만 준 N6구의 백미 아밀로스함량을 100으로 하여 처리별 층위별로 아밀로스함량의 상대적 지수로

나타낸 것이 그림 4인데, 특히 백미층(L3~L5)에서 히노히까리에 비해 유메히까리나 레이호우가 더욱 완만하게 아밀로스함량이 증가하는 것으로 나타났다. 이는 백미 외층의 상대적 아밀로스함량이 유메히까리나 레이호우가 히노히까리보다 높았기 때문이다. 백미의 층위별 아밀로스함량 분포는 도정 정도를 87% 이하의 속층에 대하여 여러 단계의 층위로 검토해 보지 않았기 때문에 이와 식미특성과의 관계는 앞으로 더욱 검토해야 할 사항이지만 백미 외층이 다소 낮은 아밀로스함량 분포를 보인다는 것은 우리가 밥을 씹을 때 느끼는 질감에 찰기와 부드러움을 더 느낄 수 있게 하는데 더 좋은 구조적 특성을 가지고 있는 것으로 간주된다.

적 요

질소수비 및 실비 사용량을 증시하여 미립내 단백질함량을 증가시킴으로써 이에 따른 식미저하와 쌀의 구조적 특성의 품종별 반응을 정밀하게 분석 검토하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 현미 단백질함량은 질소 수비·실비의 증량에 따라 표준구(N6) 대비 35~47%까지 증가하였으며 식미가 낮은 품종일수록 증가 정도가 컸고, 동일한 질소 15kg/10a 수준으로 1,2차 수비가 충분히 준 조건에서도 1차 추비에 비해 실비를 준 경우 유메히까리와 레이호우는 현미 단백질함량이 유의하게 증가하였다.

2. 아밀로스함량은 질소 수비·실비의 증시에 따라 대체로 단백질함량과 반대로 변화정도는 품종간 차이보다 미미하지만 감소하는 경향을 나타내었다.

3. 식미 관능총평은 히노히까리 > 유메히까리 > 레이호우 순으로 높았는데 N 12 kg/10a 이상에서 질소 수비·실비 증시에 따라 유의하게 감소하는 경향을 보였으며 식미가 낮은 품종일수록 저하 정도가 컸고, 모든 식미관능 특성이 아밀로스함량보다 단백질함량 변화에 따라 크게 좌우되었으며 식미가 양호한 품종보다 식미가 낮은 품종에서 단백질함량 변화의 영향이 컸다.

4. 미립의 층위별 분포를 보아 외층에서 내층으로 갈수록 단백질함량은 현저히 감소하였고 아밀로스함량은 증가하였다. 식미가 양호한 품종이 낮은 품종에 비해 단백질함량의 분포가 겨층에서 높은 반면 백미층에서 크게 낮았으며 특히 아밀로스함량의 백미 외층 분포비율이 낮았다.

인용문헌

- Choi, H. C., H. C. Hong, and B. H. Nahm. 1997. Physicochemical and structural characteristics of grain associated with palatability in japonica rice. *Korean J. Breeding* 29 : 15-27.
- Gomez, K. A. 1979. Effect of environment on protein and amylose content of rice. 59-68. *In Chemical Aspects of Rice Grain Quality*. IRRI.
- Islam, N., S. Inanaga, N. Chishaki, and T. Horiguchi. 1996. Effect of N top-dressing on protein content in Japonica and Indica rice grains. *Cereal Chem.* 42 : 225-235.
- Matsuda, H., H. Fujii, Y. Shibata, C. Kominami, S. Hasegawa, K. Oobuchi, and H. Andou. 1997. Effect of number of grains per amount of N at heading and amount of N in grain on the protein content of milled rice. *Jpn. J. Soil Sci. Plant Nutr.* 68 : 501-507.
- Perez, C. M., B. O. Juliano, S. P. Liboon, J. M. Alcantara, and K. G. Cassman. 1996. Effects of late nitrogen fertilizer application on head rice yield, protein content, and grain quality of rice. *Cereal Chem.* 73 : 556-560.
- 최상진, 박래경, 최현옥. 1979. 쌀 amylose함량의 유전 및 변이성에 관한 연구. *한국육종학회지* 11 : 213-221.
- 김광호, 주현규. 1990. 벼품종의 재배지역에 따른 미질특성변이, I 미질특성의 지역변이. *한국작물학회지* 35 : 34-43.
- 本庄一雄, 平野 貢. 1979. 米のタンパク含量に關する研究 第4報 穂揃期追肥による米粒タンパク質含有率の品種間 差異. *日本作物學會紀事* 48 : 525-530.
- 堀野俊郎, 梶本品子. 1989. 米の食味關連成分の栽培變動及び米粒内 分布. *日作中國支部 研究集録* 30 : 11-12.
- 稻津 脩, 佐佐忠雄, 新井利直. 1982. お米の味. その科學と技術. 長内俊一監修 89-92 財團法人北農會.
- 近藤始彦, 野副卓人, 吉田光二. 1990. 白米アミロース含量に与える栽培條件の影響 (第1報) 窒素施肥法の影響. *東北農業研究* 43 : 83-84.
- 近藤始彦, 野副卓人. 1990. (第2報) 玄米 窒素含量と白米アミロース含量の相觀における品種間差異. *東北農業研究* 43 : 85-86.
- 大坪研一. 1993. だ飯のおいしさ評價. *月間食品流通技術* 22 : 23-28.
- 平 宏和, 平 春枝, 松崎昭夫, 松島省三. 1974. 水稻玄米の化學性分組成におよぼす窒素施肥の影響. *日本作物學會紀事* 43 : 144-150.
- 山下境一, 藤本堯夫. 1974. 肥料と米の品質に關する研究 4. 窒素肥料による精米のタンパク質の變化と食味との關係. *東北農研報* 48 : 91-96.