

## 재배 및 환경조건에 따른 쌀 단백질 함량 변동 평가

이윤호<sup>1</sup>, 김정원<sup>1</sup>, 정재혁<sup>2</sup>, 황운하<sup>1</sup>, 이현석<sup>1</sup>, 양서영<sup>1</sup>, 이충근<sup>\*</sup>

<sup>1</sup>국립식량과학원 작물재배생리과, <sup>2</sup>국립식량과학원 기획조정과  
(2022년 11월 29일 접수; 2022년 12월 19일 수정; 2022년 12월 20일 수락)

## Evaluation of Rice Protein Content Variation on Cultivation and Environmental Conditions

Yun-Ho Lee<sup>1</sup>, Jeong-Won Kim<sup>1</sup>, Jae-Hyeok Jeong<sup>2</sup>, Woon-Ha Hwang<sup>1</sup>, Hyeon-Seok Lee<sup>1</sup>,  
Seo-Yeong Yang<sup>1</sup>, Chung-Keun Lee<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Crop physiology and production, National Institute of Crop Science, 181 Hyeoksins-ro, Iseo-myeon, Wanju-gun,  
Jeollabuk-do 55365, Republic of Korea

<sup>2</sup>Planning and Coordination Div., National Institute of Crop Science, 181 Hyeoksins-ro, Iseo-myeon, Wanju-gun,  
Jeollabuk-do 55365, Republic of Korea

(Received November 29, 2022; Revised December 19, 2022; Accepted December 20, 2022)

### ABSTRACT

The effect of year, varieties, nitrogen application, and transplant time were examined in relation to rice of protein. An experiment was conducted using 12 rice varieties to investigate the effect of management and weather conditions on brown rice protein of during the filling stage. The transplanting time was set to be three groups including early, medium, and late timing. The nitrogen application was set to be 0 N kg / 10a, 9N kg / 10a and 18 N kg / 10a to examine the effect of fertilizer management on protein content. Field experiments were conducted in three growing seasons including 2019, 2020, and 2021. The brown rice of protein content were 5.7%, 5.9%, and 6.6% under early, medium, and late transplanting time conditions, respectively. The protein content differ by variety. For example, Chucheong, Hopum, Ipum, Mipum, Odae, Saenuri, and Saeilmi had more than 6.1%, and Chindeul, Shindongjin, Samkwang, Unkwang, Younhojinmi were less than 6.1%. Nitrogen content was 5.7% for 0kgN/10a, 6.1% for 9kgN/10a, and 6.8% for 18kgN/10a. The contribution of the characteristics to the protein content was highest in nitrogen content (38.8%), followed by transplanting time (13.7%), variety (8.2%), and year (3.5%). The average temperature for 20 days after heading time was the highest (9.3%), followed by sunshine duration (3.9%) and solar radiation (3.5%). Our results revealed that brown rice protein content was determined to be affected by changes in average temperature, sunshine duration and solar radiation for 20 days after heading time. This suggested that assessment of temperature and solar radiation after heading time would indicate the degree of rice quality in terms of protein.

**Key words:** Rice, Protein, Environment, Nitrogen, Transplant time



\* Corresponding Author : Chung-Keun Lee  
(leegaka@korea.kr)

## I. 서 론

최근 통계청이 발표한 “2021년 양곡소비량조사”에 따르면 2021년 가구 부문의 국민 1인당 연간 쌀 소비량은 56.9kg이며, 이는 2020년 57.7kg 대비 0.8kg 감소한 수준이다(Kosis, 2022). 이러한 원인으로는 국·찌개·탕 등 가정 간편식 시장 확대에 의한 집 밥 수요 증가, 쌀 소비량이 상대적으로 많은 1인 가구 증가 등으로 분석된다(Kosis, 2022). 이에 따라 밥맛에 대한 소비자의 선호는 상승하고 있다.

쌀에서 전분 다음으로 많은 성분은 단백질로 쌀의 품질과 밥 맛에 영향을 주는 요소로 단백질이 함량이 높을수록 밥이 단단하고 부착성이 떨어져 식미가 저하된다고 보고되었다(Choi *et al.*, 1990; Matsunami *et al.*, 2016). 쌀 단백질의 특성은 밥으로서 식미와 쌀 가공품의 품질에 상당한 영향을 주지만(Jung, 2019), 쌀의 단백질 함량 변동은 품종, 재배 시기, 비료, 수확 후 건조, 저장, 도정 등 다양한 영향에 의해 좌우된다(Yun and Lee, 2001; Choi *et al.*, 2005; Kim *et al.*, 2009; An *et al.*, 2017; Seong *et al.*, 2022).

한편 우리나라는 제현율로 쌀 수매 등급 기준을 적용하여 공공비축미와 지역별 조합 중심으로 자체 수매가 이루어지고 있으나 품질 향상 유인 및 생산량 억제 기능은 미흡하다. 현재 쌀 수매 등급 기준은 제현율로 특등 82%, 1등 78%, 2등 74%, 3등 65% 이상이다. 또한 공공비축미의 특등과 1등의 비율은 태풍과 같은 기상재해가 심하게 발생한 해를 제외하고는 90% 이상이다. 현재 양곡관리법 제20조의 2와 법 시행규칙 제7조 3에 따른 “양곡의 표시 이하 및 표시 방법” 쌀의 단백질 함량 기준은 6.0% 이하 ‘수’이고 6.1~7.0% ‘우’, 7.1% 이상은 ‘미’로 정하고 있다 (<https://www.law.go.kr/>).

쌀 품질의 주요 지표 중 하나인 단백질 함량을 현재 제현율로 시행하고 있는 고품질 쌀 수매 등급 기준으로 개선하려면 장기간 재배 시기, 품종, 질소 수준 등을 고려한 연구가 수행 되어야한다. 따라서 본 연구는 쌀 밥맛과 품질에 영향을 주는 단백질 함량에 미치는 영향을 분석하여 쌀 수매 등급에 기초 자료로 제공하고자 수행하였다.

## II. 재료 및 방법

### 2.1. 재배 방법

본 연구는 3년간(2019년, 2020년, 2021년) 이앙시기는 조식(5월 10일), 적식(6월 10일), 만식(7월 10일)이었고, 질소 시비량 수준은 무비(0kgN/10a), 보비(9kgN/10a), 다비(18kgN/10a)로 하였고 전국에서 재배면적이 높은 12품종 중 조생종(오대, 운광)과 중만생종(신동진, 삼광, 새일미, 새누리, 추청, 일품, 영호진미, 호평, 미품, 친들)을 국립식량과학원 답작 포장에서 재식 거리는 30cm × 14cm로 1주 3본으로 손 이앙을 하였다. 수확기시는 출수 후 적산온도가 1100~1200°C 정도에 수행하였다. 시험구 배치는 3반복 난괴법으로 하였다. 그 외 재배관리법은 농촌진흥청 표준 재배법에 준하여 수행하였다.

### 2.2. 단백질 및 기상 분석

농촌진흥청 농사료에 따르면 시험에 사용된 12개 품종의 단백질 함량은 오대 6.6%, 운광 6.2%, 신동진 7.6%, 삼광 5.7%, 새일미 6.1%, 새누리 6.1%, 추청 6.5%, 일품 6.4%, 영호진미 6.0%, 호평 7.4%, 미품 6.6%, 친들 5.9% 이었다. 한편, 수확한 벼는 탈곡과 탈망 작업을 거쳐 정조 무게(수분 함량 15~14%)를 측정 후 제현기로 현미를 만든 후에 1.6mm 줄체로 사미와 누 등을 분리하여 단백질 함량은 곡물 성분 분석기(Foss, Infratec™ 1241, Sweden)로 시료용기에 200g 이상 채워 3회 측정하였다. 재배기간 기상은 전주기상청 자료를 활용하였으며, 평균 온도, 일조시간, 일사량은 출수 이후 20일과 40일로 구분하여 현미 단백질 함량에 미치는 요인을 분석하였다(Uchikawa *et al.*, 2010).

### 2.3. 통계분석

실험 결과는 SAS (9.2 version) 프로그램을 이용하여 분석하였다. 통계 분석은 다중비교검정을 사용하여 그룹간 유의성검정을 하였고, 현미 단백질에 미치는 요인(연차, 이앙시기, 질소 시비량, 품종, 출수 후 20일과 40일 평균 온도, 일조시간, 일사량)은 다중 회귀분석으로 상호 작용을 분석하였다. 기여도 분석은 회귀분석과 선형구조방정식의 공분산 분석(Covariance analysis of linear structural equations, CALIS)을 이용하여 분석하였다. 유의 수준은  $P < 0.05$ 로 분석하였다.

### III. 결 과

#### 3.1. 출수기 기상환경

2019년, 2020년, 2021년 각각의 조식, 적식 및 만식의 출수기 범위는 조생종과 중만생으로 구분한 결과는 Table 1과 같다. 2019, 2020, 2021년 조식의 조생종 출수기 범위는 7월 14일~22일이었고, 중만생종은 8월 4일~20일이었다. 2019년, 2020년, 2021년 적식의 조생종 출수기 범위는 8월 6일~9일이었고, 중만생종은 8월 7일~31일이었다. 2019년, 2020년, 2021년 만식의 조생종 출수기 범위는 8월 29일~9월 9일이었고, 중만생종은 8월 30일~9월 19일이었다.

본 연구 기간 2020년은 기상 관측 이래 가장 긴 장마 기간을 보였 일사량이 2019와 2021년에 비해 일사량이 낮았고 8월 말 태풍 바비를 시작으로 9월 초에는

마이삭과 하이선의 영향을 받았다. 한편, 2021년은 다른 해에 비해 장마기간이 짧고 폭염 일수가 많아 2019년과 2020년에 비해 평균 온도가 높았다. 3년간 조식, 적식, 만식의 출수 후 20일간 평균 온도, 일조시간, 일사량 결과는 Table 2와 같다. 조식의 2019년, 2020년, 2021년 평균 온도는 각각 26.1°C, 27.6°C 및 26.3°C 이었고, 일조시간은 각각 6.1hr, 6.2hr 및 5.6hr이었으며, 일사량은 각각 16.0MJm<sup>-2</sup>, 16.0MJ m<sup>-2</sup> 및 16.7 MJm<sup>-2</sup> 이었다. 적식의 2019년, 2020년, 2021년 평균 온도는 각각 24.1°C, 25.2°C 및 24.8°C이고, 일조시간은 각각 3.5hr, 4.9hr 및 4.3hr이었으며, 일사량은 각각 12.0MJm<sup>-2</sup>, 13.4 MJm<sup>-2</sup> 및 14.5MJm<sup>-2</sup> 이었다. 만식의 2019년, 2020년, 2021년 평균온도는 각각 23.3°C, 21.3°C 및 22.3°C이고, 일조시간은 각각 5.3hr, 5.4hr 및 5.2hr이었고, 일사량은 14.1 MJm<sup>-2</sup>, 13.8 MJm<sup>-2</sup> 및 14.0 MJm<sup>-2</sup>이었다.

**Table 1.** The heading time at transplant time in 2019, 2020, and 2021

Year	Maturing type	Transplant time		
		Early (May. 10)	Medium (June. 10)	Late (July. 10)
2021	Early	July.14-15	August.6-7	August.29
	Mid-late	August.4-12	August.20-28	August.30-September.7
2020	Early	July.20-21	August.4-5	August.30- September.1
	Mid-late	August.7-14	August.7-14	September.5-9
2019	Early	July.21-22	August.8-9	August.30- September.2
	Mid-late	August.9-20	August.18-31	September.2-September.19

**Table 2.** The climatic conditions during rice ripening period of 20 and 40 days after heading in 2019, 2020, and 2021

Year	Transplant timeYear	Mature type	20 days after heading			40 days after heading		
			Ave. temp. (°C)	Sunshine duration (hr.)	Solar radiation (MJ m <sup>-2</sup> )	Ave. temp. (°C)	Sunshine duration (hr.)	Solar radiation (MJ m <sup>-2</sup> )
2021	Early (May. 10)	Early	28.2	7.6	19.7	27.3	7.4	18.6
		Mid-late	25.7	5.8	15.3	24.6	4.9	14.0
		Average	26.1	6.1	16.0	25.0	5.3	14.8
	Medium (June. 10)	Early	26.0	6.1	15.6	24.8	4.8	14.0
		Mid-late	23.7	3.0	11.3	23.3	4.7	13.2
		Average	24.1	3.5	12.0	23.5	4.7	13.3
	Late (July. 10)	Early	23.4	4.2	13.0	23.1	5.6	14.0
		Mid-late	23.2	5.5	14.3	22.6	5.8	13.8
		Average	23.3	5.3	14.1	22.7	5.7	13.8

2020	Early (May. 10)	Early	25.2	1.6	9.4	26.5	4.4	13.4
		Mid-late	28.0	7.2	17.3	25.1	5.9	15.0
		Average	27.6	6.2	16.0	25.3	5.6	14.7
	Medium (June. 10)	Early	27.5	5.9	15.3	26.0	5.2	14.0
		Mid-late	24.7	4.7	13.1	22.4	5.8	14.2
		Average	25.2	4.9	13.4	23.0	5.7	14.2
	Late (July. 10)	Early	22.6	4.4	12.5	20.5	6.1	14.2
		Mid-late	21.0	5.6	14.1	18.8	6.4	14.3
		Average	21.3	5.4	13.8	19.1	6.4	14.3
2019	Early (May. 10)	Early	27.9	5.0	16.2	26.5	5.3	14.6
		Mid-late	26.0	5.7	16.8	23.9	6.2	14.1
		Average	26.3	5.6	16.7	24.3	6.1	14.2
	Medium (June. 10)	Early	26.9	6.4	18.0	24.1	6.3	14.0
		Mid-late	24.4	3.9	13.8	22.6	6.6	13.5
		Average	24.8	4.3	14.5	22.9	6.5	13.6
	Late (July. 10)	Early	23.9	4.3	13.6	23.4	6.0	13.5
		Mid-late	21.9	5.4	14.1	23.0	6.5	13.5
		Average	22.3	5.2	14.0	23.1	6.4	13.5

### 3.2. 이앙 시기 및 재배법 간의 단백질의 영향

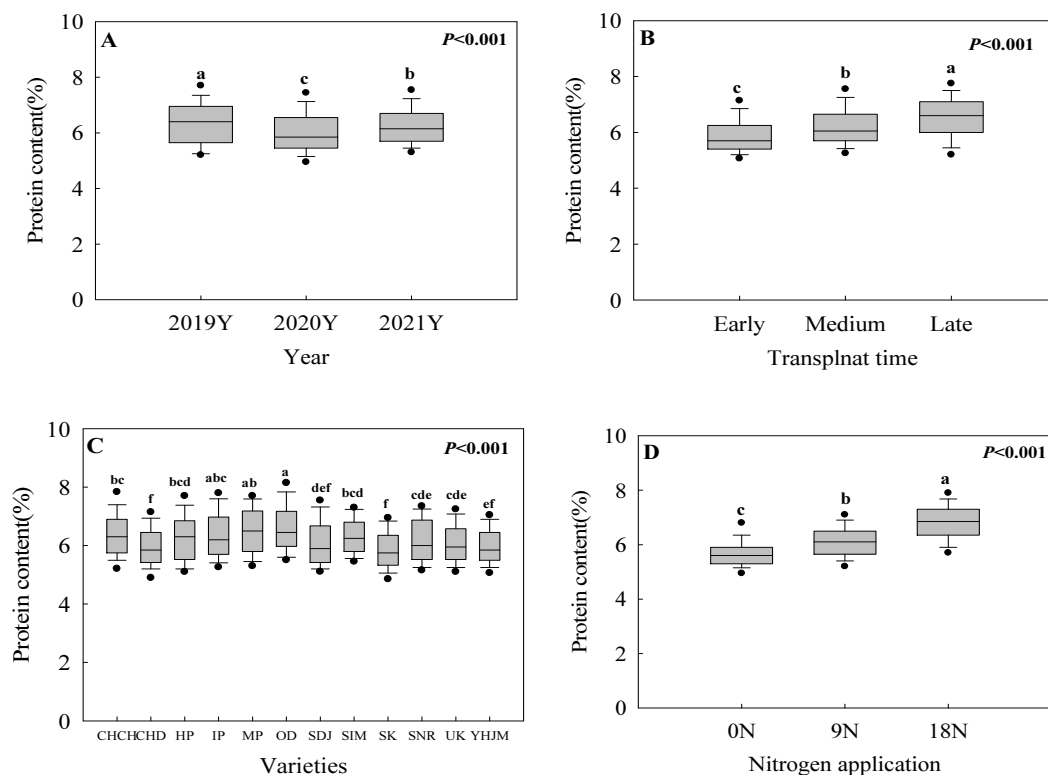
3년간 이앙시기, 품종, 질소 시비량 수준에 대한 결과는 Fig. 1과 같다. 단백질 함량은 연차, 이앙시기, 품종, 질소 시비량 수준에 따라 유의한 차이를 보였다. 연차 간 단백질 함량은 2019년 6.4%이고 2020년 5.7% 이고, 2021년은 5.9%를 보였다(Fig. 1A). 이앙 시기는 적식 5.7%, 적식 5.9%, 만식 6.6%를 보였다(Fig. 1B). 품종에서는 추청, 호평, 일품, 미품, 오대, 새누리, 새일미들은 6.1% 이상이고, 친들, 신동진, 삼광, 운광 영호진미들은 6.1% 이하 이었다(Fig. 1C). 질소량 수준은 0N, 9N, 18N는 각각 5.7%, 6.1% 및 6.8%를 보였다(Fig. 1D).

현미 단백질 함량의 연차, 이앙시기, 품종, 질소 시비량의 설명력, 기여도 및 각각의 상호 작용에 대한 결과는 Table 3과 같다. 연차, 이앙 시기, 품종, 질소 시비량으로 현미 단백질 함량에 미치는 영향이 86.9%로 설명이 가능하였고 현미 단백질 함량에 미치는 특성들의 기여도는 질소 시비량이 38.8%로 가장 높았고 다음으로 연차(3.5%), 이앙 시기(13.7%), 품종(8.2%) 순이었다. 따라서 질소 시비량은 현미 단백질 함량에 있어서 가장 주요한 요인으로 판단된다. 한편 상호 작용에 있어서 연차 × 이앙시기 그리고 연차 × 이앙시기

× 품종은 각각 3.0%와 3.9%로 현미 단백질 함량에 기여를 보였다.

### 3.3. 기상 환경과 단백질의 영향

출수 이후 20일과 40일간의 평균 온도, 일조시간 및 일사량이 현미 단백질 함량에 치는 영향은 Table 4와 같다. 출수 이후 20일과 40일의 기상환경으로 현미 단백질 함량에 미치는 영향이 46.8%로 설명이 가능하였으며, 출수 이후 20일 평균 온도, 일조시간 및 일사량의 기여도는 각각 9.3%, 3.9% 및 3.5%를 보였다. 출수 이후 40일 평균 온도, 일조시간 및 일사량은 각각 5.9%, 0.4% 및 5.2%가 기여하였다. 따라서 출수 후 20일의 기상환경이 40일 기상환경 보다 주요 하였으며 기상 환경 중에서는 평균 온도가 가장 주요한 것으로 판단되었다. 상호 작용에서는 출수 이후 20일 평균 온도 × 일사량, 출수 후 40일 평균 온도 × 일사량이 각각 4.0%와 5.9%가 기여도를 하였다.



**Fig. 1.** Brown rice of protein content (A) years, (B) transplant time, (C) varieties, (D) nitrogen. Chucheong(CHCH), Chindeul(CHD), Hopum(HP), Ilpum(IP), Mipum(MP), Odae(OD), Sindongjin (SDJ), Seailmi(SIM), Samkwang(SK), Saenuri(SNR), Unkwang(UK), Younhojinmi(YHJM). Means with same letter are not significantly different at  $p < 0.05$ .

**Table 3.** Comparison of years, transplant time, varieties, nitrogen application, contribution rate, and interaction for protein content of brown rice

	DFSource	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F	contribution rate (%)
Model	323	485.156598	1.5020328	13.3	<.0001	86.9
Year(Y)	2	19.6380896	9.8190448	86.92	<.0001	3.5
Transplant(T)	2	76.2687141	38.134357	337.56	<.0001	13.7
Varieties(V)	11	46.0015156	4.181956	37.02	<.0001	8.2
Nitrogen(N)	2	216.48064	108.24032	958.13	<.0001	38.8
Y×T	4	16.8621959	4.215549	37.32	<.0001	3.0
Y×V	22	12.2372117	0.5562369	4.92	<.0001	2.2
Y×N	4	2.8998309	0.7249577	6.42	<.0001	0.5
T×V	22	11.9338122	0.542446	4.8	<.0001	2.1
T×N	4	7.2874085	1.8218521	16.13	<.0001	1.3
V×N	22	10.9836736	0.4992579	4.42	<.0001	2.0
Y×T×V	44	11.236437	0.2553736	2.26	<.0001	2.0

Y×T×N	8	21.9780232	2.7472529	24.32	<.0001	3.9
Y×V×N	44	10.3095484	0.2343079	2.07	<.0001	1.8
T×V×N	44	5.9895113	0.1361253	1.2	0.1756	1.1
Y×T×V×N	88	15.0499861	0.1710226	1.51	0.0029	2.7
Error	647	73.0916667	0.1129701			13.1
Corrected Total	970	558.2482647				

Means with same letter are not significantly different at  $p < 0.05$

**Table 4.** Comparison of mean temperature, sunshine duration, and solar radiation, contribution rate, and interaction for protein content of brown rice in 20, 40 days after heading

	DFSource	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F	contribution rate (%)
Model	77	76.63951	0.995318	2.81	<.0001	46.8
20 days after heading						
Temperature(T)	8	15.27779	1.909724	5.4	<.0001	9.3
Sunshine duration (SD)	6	6.313265	1.052211	2.98	0.008	3.9
Solar radiation (SR)	7	5.777883	0.825412	2.33	0.0253	3.5
40 days after heading						
Temperature(T)	10	9.664471	0.966447	2.73	0.0033	5.9
Sunshine duration (SD)	3	0.612404	0.204135	0.58	0.6305	0.4
Solar radiation (SR)	5	8.469293	1.693859	4.79	0.0003	5.2
20 days after heading						
T×SD	11	4.725778	0.429616	1.21	0.2775	2.9
T×SR	6	9.71531	1.619218	4.58	0.0002	5.9
SD×SR	2	0.885927	0.442963	1.25	0.2876	0.5
T×SD×SR	0	0	.	.	.	0.0
40 days after heading						
T×SD	9	6.500881	0.72232	2.04	0.0355	4.0
T×SR	7	8.302554	1.186079	3.35	0.002	5.1
SD×SR	2	0.392039	0.196019	0.55	0.5752	0.2
T×SD×SR	1	0.001915	0.001915	0.01	0.9414	0.0
Error	246	87.00561	0.353681	.	.	53.2
Corrected Total	323	163.6451	.	.	.	100

Means with same letter are not significantly different at  $p < 0.05$

#### IV. 고 찰

본 연구는 3년간 재배 환경과 재배법이 쌀 단백질함량에 미치는 영향에 대한 연구 결과로 현미의 단백질함량은 질소 시비량과 출수 후 기상 환경에 의해 많은 영향을 미치는 것으로 판단되었다. 따라서 이앙 시기

에 따른 단백질 함량 변동은 주로 기상조건으로 특히 출수 이후 20일간 평균 온도와 일사량의 영향이 출수 이후 40일 보다는 높게 기여하는 것으로 판단되었으며, 우리나라에서는 출수 이후 40일간의 일평균 기온이 20~22°C이고, 일조시간은 일평균 7시간으로 보고하였다(RDA, 2008).

일반적으로 등숙 기간 기온이 높아지면 현미 단백질 함량이 높아지는 경향을 보였으며, 특히 등숙 전반기의 기상 환경에 의해 좌우된다 하였다(Cock and Yoshida, 1972). 일본에서는 등숙 기간 평균 온도가 27°C 이상, 일사량은 18 MJm<sup>-2</sup> 이하에서는 현미 단백질 함량이 높다 하였다(Ishimaru et al., 2018). 등숙 기간 높은 온도는 단백질 함량이 높아지고, 아밀로스 함량을 낮다 보고하였으며(Ishimaru et al., 2018; Li et al., 2018), 낮은 일사량에서는 단백질 함량이 높아진다 하였다(Kim et al., 2015; Lee et al., 2016).

본 연구 결과에 따르면, 이앙 시기에 있어서 조식이 적식과 만식에 비해 단백질 함량이 낮은 반면 만식은 단백질 함량이 높았다. 만식의 경우 등숙 기간 일조가 부족해 상대적으로 단백질 함량이 높아지거나 끈기와 경도도가 변화하기 때문에 밥 맛이 내려 갈 수 있다. 등숙 기간 적식은 출수 이후 20일 평균 온도는 높았지만 상대적으로 일사량이 높았고 반면, 상대적으로 만식은 출수 이후 20일 평균 온도와 일사량이 낮았기 때문이다. 따라서, 출수 이후 20일간 평균 온도와 일조 시간 및 일사량은 단백질 함량 변화에 영향을 주는 것으로 판단되었다. 예를 들어, 2020년은 출수 이후 20일 평균 온도는 높고 일사량이 낮았기 때문에 2019년과 2021년에 비해 단백질 함량이 낮았다.

본 연구 결과는 질소 시비량이 쌀 단백질 함량 변동에 가장 크게 기여하는 것으로 나타났다. 일반적으로 질소 시비량이 증가하면 단백질 함량이 높아지고, 기비와 추비가 증가되면 단백질 함량이 더욱 높아진다(Kim et al., 2009; Matsunami et al., 2016). 일본에서는 단백질 함량을 좌우하는 요소로 질소 시비량, 품종 및 기타요인이 각각 36%, 23%, 및 41% 기여한 것으로 보고하였다(Aomori-ken, 2011). 본 연구에서는 질소 시비량이 38.8%를 기여하였고, 품종보다는 이앙 시기가 현미 단백질 함량 변동에 기여하였는데, 이는 기상 환경과 관계가 있는 것으로 판단된다.

단백질 함량과 품종간 차이를 판단할 때 질소의 흡수특성, 광합성 능력 등의 질적 특성과 함께 동화 산물을 좌우하는 초형 특성 등을 고려할 필요가 있다(Ohdaira et al., 2013). 본 연구에서 친들, 신동진, 삼광, 운광 영호진미는 6.1% 이하로 정부에 요구하는 단백질 함량이 낮았는데 그 중에서 운광, 삼광, 영호진미는 최고 품질로 추천되는 쌀이었다.

생육 후기부터 등숙기의 엽색이나 체내 질소 함유율이 낮은 경우에는 고온이나 일조 부족 시에는 복백

립이나 유백미 등의 입자의 발생이 증가하는 것으로 밝혀졌다 있다(Ishzuki et al., 2013; Ishimaru et al., 2018; Li et al., 2018). 현미의 단백질 함량을 불필요하게 낮추기 위해 과도하게 시비를 억제하면 등숙기에 질소가 부족하여 외관 품질의 저하를 초래할 수 있다(Uchikawa et al., 2010; Xuan et al., 2019). 따라서 쌀 단백질 함량은 연차 변동이나 재배방법, 이앙 시기와 동일 품종 내에서도 변동이 크고 차이가 있는 것으로 판단되었으며, 특히 2019, 2020, 2021년은 각각 기상 환경이 서로 달라서 쌀 단백질 함량 변동을 예측하기란 어려웠다. 따라서 낮은 쌀 단백질을 생산하기 위해서는 출수 후 적정 등숙 온도 및 일사량을 확보하는 것이 중요하다. 또한 현재의 쌀 수매 등급을 단백질 함량으로 개선하기 위해서는 다양한 방법으로 고려해서 접근해야 할 것이다.

## 적 요

본 연구는 연차, 이앙시기, 품종, 질소 시비량, 연차 및 기상 환경과 연계하여 쌀 단백질 함량 변동에 영향을 미치는 기여도와 요인 분석한 연구 결과이다. 이앙 시기의 단백질 함량은 적식 5.7%, 적식 5.9%, 만식 6.6%이었으며, 품종에서는 추청, 호평, 일품, 미품, 오대, 새누리, 새일미들은 6.1% 이상이었고, 친들, 신동진, 삼광, 운광 영호진미들은 6.1% 이하였다. 질소 시비량에서는 무비 5.7%, 보비 6.1% 및 다비 6.8%이었다. 연차, 이앙 시기, 품종, 질소 시비량으로 86.9%가 현미 단백질 함량 설명이 가능하였으며, 단백질 함량에 미치는 특성들의 기여도는 질소 시비량 (38.8%)로 가장 높았고 그 다음으로는 이앙 시기(13.7%) 그리고 품종(8.2%), 연도(3.5%) 순이었다. 출수 이후 20일과 40일의 기상환경으로 46.8%가 현미 단백질 함량에 대해 설명이 가능하였으며, 출수 이후 20일 평균 온도(9.3%) 가장 높았고 그 다음으로 일조시간(3.9%) 그리고 일사량(3.5%) 순으로 기여하였다. 쌀 단백질 함량은 출수 이후 20일간 평균 온도와 일조 시간 및 일사량 변화에 영향을 받는 것으로 판단되었으며, 낮은 쌀 단백질을 생산하기 위해서는 출수 이후 적정 등숙 온도 및 일사량을 확보하는 것이 중요하다.

## 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 작물시험연구사업(과제 번호:

PJ014296)의 지원에 의해 수행되었습니다.

## REFERENCES

- An, K. N., I. Lee., S. H. Shin, H. K. Kyoung, O. D. Kwon, H. G. Park, H. R. Shin, and H. Y. Kim, 2017: Characterization of seasonal and annual variations in quality of rice brands distributed in Jeonnam province. *Korean Journal of Crop Science* **62**(2), 79-86.
- Aomori-ken, 2011: Key point for producing delicious rice. Rice improvement guidelines, 137-144.
- Choi, H. C., S. Y. Cho, and K. H. Kim, 1990: Varietal difference and environmental variation in protein content and/ or amino acid composition of rice seed. *Korean Journal of Crop Science* **35**(5), 379-386.
- Choi, W. Y., J. K. Nam, S. S. Kim, J. H. Lee, J. H. Kim, H. K. Park, N. H. Back, M. G. Choi, C. K. Kim, and K. Y. Jung, 2005: Optimum transplanting date for production quality rice in Honam plain area. *Korean Journal of Crop Science* **50**(6), 435-441.
- Cock, J. H., and S. Yoshida, 1972: Accumulation of <sup>14</sup>C-labelled carbohydrate before flowing and its subsequent redistribution and respiration in the rice plant. *Japan Journal of Crop Science* **41**(2), 226-234.
- Introduction of Korean Law Information Center, 2022: Grain Management Act. <https://www.law.go.kr>
- Ishimaru, T., Y. Nsksysms, N. Aoki, A. Ohsumi, K. Suzuki, T. Umemoto, S. Yoshinaga, and M. Kondo, 2018: High temperature and low solar radiation during ripening differentially affect the composition of milky-white grains in rice (*Oryza sativa* L.). *Plant Production Science* **21**(4), 370-379.
- Ishzuki H, H. Kikukawa, and K. Saitoh, 2013: Effect of shading high-temperature treatments on thickness and appearance quality of brown rice and palatability of cooked rice- comparisons between 2009 and 2010. *Japan Journal of Crop Science* **82**(3), 242-251.
- Jung, K. H., 2019: Value and utilization of rice protein. *Food Science and Industry* **52**(1), 60-67.
- Kim, J. I., H. C. Choi, K. H. Kim, J. K. Ahn, N. B. Park, D. S. Park, C. S. Kim, J. Y. Lee, and J. K. Kim, 2009: Varietal response to quality and palatability of cooked rice influenced by different nitrogen applications. *Korean Journal of Crop Science* **54**(1), 13-23.
- Kim, K. Y., J. C. Ko, C. S. Woon, H. S. Park., M. K. Baek, J. K. Nam, B. K. Kim, and J. H. Lee, 2014: Effect of low radiation during grain filling stage on rice yield and grain quality. *Korean Journal of Crop Science* **59**(2), 174-180.
- KOSIS, 2022: Food grain consumption survey in 2021. Korean Statistical Information Service.
- Lee, S. H., E. H. Son, S. C. Hong, S. H. Oh, J. Y. Lee, J. H. Park, S. H. Woo, and C. W. Lee, 2016: Growth and yield under low solar radiation during the reproductive growth stages of rice plants. *Korean Journal of Crop Science* **61**(2), 87-91.
- Li, X., L. Wu, X. Geng, X. Xia, X. Wang, Z. Xu, and Q. Xu, 2018: Deciphering the environmental impacts on rice quality for different rice cultivated areas. *Rice* **11**(7), 3954.
- Matsunam, T., T. Kodama, H. Sano, and K. Kon, 2016: Approaches to maximize the palatability of rice. *Japan Journal of Crop Science* **85**(3), 231-240.
- Ohdaira, Y., R. Sasaki, and H. Takeda, 2013: Analysis of factors affecting seed protein compositions and protein contents in rice of seed-protein mutant cultivars under different cropping seasons. *Japan Journal of Crop Science* **82**(1), 18-27.
- RDA (Rural Development Administration), 2015: The advanced technology of rice quality. 434pp.
- Seong, D. G., Y. G. Kim, S. M. Yun, H. C. Kim, J. J. Lee, C. S. Kim, and J. S. Chung, 2022: Studies on How Changing the Transplanting Time Affects Rice Quality and Yield. *Korean Journal of Breeding Science* **54**(3), 177-183.
- Uchikawa, O., and M. Araki, 2010: Effects of the nitrogen nutrient condition and nitrogen application on kernel quality of rice. *Japan Journal of Crop Science* **79**(4), 450-459.
- Xing, Z. P., P. Wu, M. Zhu, H. J. Qian, Y. J. Hu, B. W. Guo, H. Y. Wei, K. Xu, Z. Y. Huo, Q. G. Dai, and H. C. Zhang, 2017: Temperature and solar radiation utilization of rice for yield formation with different mechanized planting methods in the lower reaches of the Yangtze River, China. *Journal of Integrative Agriculture* **16**(9), 1923-1935.
- Xuan, Y., Y. Yi, H. Liang, S. Wei, L. Jiang, I. Ali, S. Ullah, and Q. Zhao, 2019: Effects of meteorological factors on the yield and quality of special rice in different periods after anthesis. *Agricultural Sciences* **10**(4), 451-475.
- Yun, S. H., and J. T. Lee, 2001: Climate change impacts on optimum ripening periods of rice plant and its countermeasure in rice cultivation. *Korean Society of Agricultural and Forest Meteorology* **3**(1), 55-70.