

Effect of nitrogen fertilize application levels on yield and quality of Korean wheat cultivars

Kyeong-Min Kim¹, Kyeong-Hoon Kim¹, Hag-Sin Kim², Dong Jin Shin¹, Young-Jin Kim¹, Myeong-Gyu Oh¹, Jong-Nae Hyun^{1*}

¹Department of Southern Area, NICS, RDA, Miryang 50424, Korea

²National Institute of Crop Science, RDA, Wanju 55365, Korea

*Corresponding author: hyunjn@korea.kr

Abstract

This study was done to determine the effect of additional nitrogen fertilization on the yield and quality of the Korean wheat cultivars Keumkang, Jokyoung, Baegjoong, Sooan, Uri and Goso. Different levels of nitrogen applications (109, 82, 55, 41, and 27 kg/ha) were applied to six cultivars. The results show that the yield and protein contents were increased in all tested cultivars. The grain yields of the cultivars Keumkang, Jokyoung, Baegjoong and Sooan were greatly increased in the case of double fertilization treatments. Moreover, Uri and Goso had greatly increased yields by the additional fertilization at a 50% rate compared with Korea wheat standard fertilization rate. A significantly higher yield was observed in Uri. Baegjoong was the highest yielding cultivar among the tested cultivars with the additional nitrogen fertilization. As the fertilization was increased up to double the fertilization treatment, the yield of Baegjoong also showed a constant increase. Positive correlations were found between the nitrogen fertilizer application levels and the protein contents of the grain in all the cultivars except for Uri, and among these, Jokyoung had a most significant correlation between the nitrogen fertilizer application level and the increase in its protein contents. Keumkang had the highest protein contents and highest increase in the protein content change according to the amount of nitrogen application. However, amylose, damaged starch and ash contents were not significantly changed by the different levels of nitrogen applications.

Keywords: nitrogen application, quality, relationships, wheat, yield

Introduction

밀은 옥수수, 쌀과 더불어 3대 작물 중 하나로서 최근 전통적인 쌀 소비가 줄고 밀을 이용한 가공식품인 제빵과 제과류의 소비가 계속 늘어나 전체 소비량이 증가하고 있는 추세이다(Choi, 2001; Kim, 2006; Han and Jeong, 2010).

밀가루는 다양한 제품을 만들 수 있어 많은 식품의 주재료로 이용되고 있으며, 용도에 따라 제빵용인 경질밀과 제면 및 제과용인 연질밀로 구분되고 있다(Lim et al., 2007). 국산 밀은 제빵용을 제외하면 수입 밀과 품질이 대등하나 농가당 생산규모가 작고 분산된 농지, 재배관리 소홀,



OPEN ACCESS

Citation: Kim KM, Kim KH, Kim HS, Shin DJ, Kim YJ, Oh MG, Hyun JN. 2018. Effect of nitrogen fertilize application levels on yield and quality of Korean wheat cultivars. Korean Journal of Agricultural Science 45:9-18.

DOI: <https://doi.org/10.7744/kjoas.20180001>

Editor: Taek-Keun Oh, Chungnam National University, Korea

Received: August 11, 2017

Revised: January 9, 2018

Accepted: January 26, 2018

Copyright: © 2018 Korean Journal of Agricultural Science.



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

벼 중심의 밀 재배에 따른 조기 수확 등으로 같은 품종 내에서도 품질균일도가 떨어져 수입 밀보다 품질이 낮게 평가되고 있다. 국내 제분업계에서는 자체적으로 단백질 함량에 기준하여 밀가루의 용도 구분과 회분 함량에 기준한 등급체계를 부여하고 있으나, 현재 개발된 품종이 위와 같은 이유로 용도에 맞지 않는 단백질함량을 나타내는 경우가 많다. 밀 품질은 단백질의 양적 및 질적인 측면에 의해 크게 좌우되고(Lim et al., 2007), 동일 품종일 경우 제빵적성은 단백질 양과 비례하지만 동일 수준의 단백질 함량에서는 글루텐의 질적 특성에 의해 좌우된다고 알려져 있다(Khatkar et al., 1995). 또한 단백질함량은 국수면대 밝기와 과자의 직경에는 부의 상관을 나타내고, 국수의 경도와 외는 고도의 정의 상관을 나타내는 등 밀을 이용한 가공식품 품질에 많은 영향을 미친다(Kang et al., 2010a). 우리나라는 일반적으로 추파밀에서 월동 후 생육재생기에 수량과 단백질 함량의 증가를 위해 질소비료를 추비로 사용하고 있으며, 질소 수준 증가에 따라 간장, 수장, 수수, 영화수 및 종실 수량을 포함하여 단백질 함량도 점차 증가하는 경향을 나타낸다(Kim et al., 2013). 벼에서도 총 단백질 함량은 질소 시비량이 증가함에 따라 4종의 단백질 분획이 동반하여 증가하였고, 이와 같은 결과는 질소 비료가 주요 쌀 단백질 분획의 질적 변화가 아닌 양적 변화를 일으키는 것을 의미한다(Kim, 2011). 현재 국내에서는 수입 밀과의 품질 차이를 극복하기 위해 용도에 적합한 고품질 밀 품종 개발을 목표로 육종을 실시하고 있고(Kang et al., 2010a), 본 연구에서는 현재 국내에서 용도에 따라 개발된 밀 품종들의 품질 향상과 균일도 증진을 위한 재배기술 개발에 목적이 있으며 특히 질소 추비량에 따른 밀 용도별 생산량과 밀 품질에 영향을 미치는 단백질의 변이를 구명하였다.

Materials and Methods

시험재료 및 시험구 처리

본 시험은 2014년 10월부터 2016년 6월까지 국립식량과학원 남부작물부 답리작 포장(경남 밀양)에서 수행했다. 시험재료는 경질밀인 금강밀과 조경밀, 중간질밀인 백중밀과 수안밀, 연질밀인 우리밀과 고소밀을 공시하였다(Table 1). 파종 방법은 휴림광산파로 실시하였고, 파종량은 16 kg/10 a를 기준으로 하였다. 시비량에 의한 처리는 밀 표준시비량인 10 a당 N₂ 9.1 kg, P₂O₅ 7.4 kg, K₂O 3.9 kg를 기준으로 경질밀과 중간질밀은 감비 50% (기비 100%, 추비 50%), 표준비(기비 100%, 추비 100%), 증비 50% (기비 100%, 추비 150%), 증비 100% (기비 100%, 추비 200%)를 연질밀은 감비 50% (기비 100%, 추비 50%), 감비25% (기비 100%, 추비75%), 표준비(기비 100%, 추비 100%), 증비 50% (기비 100%, 추비 150%)를 생육재생기 이후 사용하였고, 그 후 밀의 생육특성과 품질을 분석하

Table 1. Additional nitrogen fertilizer levels in wheat cultivars.

Type of wheat	Cultivars	Additional nitrogen application levels
Hard wheat	Keumkang	50% decrease
	Jokyoung	Standard
		50% increase
		100% increase
Semi-hard wheat	Baegjoong	50% decrease
		Standard
	Soonan	50% increase
		100% increase
Soft wheat	Uri	50% decrease
	Goso	25% decrease
		Standard
		50% increase

였다. 시험구는 난괴법 3반복으로 배치하여 수행하였고 모든 작물의 병해충 및 잡초방제는 기본방제를 기준으로 하였으며 간장, 수장, 수수, 천립중, 리터중 및 수량 등과 같은 농업형질 특성은 국립식량과학원 표준재배법(NICS, 2010)과 농업과학기술 연구조사분석기준(RDA, 2012)에 준하여 조사하였다.

밀가루 품질분석

원맥 시료를 1 kg을 준비하여 제분기(BUHLER MLU 202, Buhler)를 이용하여 70%수율로 제분하였다. 단백질은 질소/단백질 분석기(Kjeltec 8400, Foss)를 이용하여 전질소함량을 구한 다음 질소 계수 5.7을 곱하여 산출하였고, 회분은 AACC (1983) Method 08-01 방법으로 하였다. 아밀로스는 Williams et al. (1970) 방법에 따라 수행하였고, 손상 전분 함량은 Megazyme kit (K-SDAM)을 이용하여 분석하였으며, 침전가는 SDS-Sedimentation test 방법을 이용하여 분석하였다.

기상 환경 조사

온도, 강우 및 일조시간은 생육 기간인 10월부터 6월까지 수집하여 2014 - 2015, 2015 - 2016년 및 5년(2011 - 2015) 평균을 비교 분석하였다(Fig. 1). 2014 - 2015년 평균 온도(10.2°C)는 2015 - 2016년 (11.3°C)보다 0.9°C 낮았고, 5년 평균(9.7°C)보다 0.5°C 높았다. 2014 - 2015년 강수량(486.8 mL)은 2015 - 2016년 강수량(706.8 mL)보다 220.0 mL 적었고, 평년인 5년(593.2 mL) 강수량보다도 106.4 mL 적었다. 2014 - 2015년 일조시간은 1646.8시간으로 2015 - 2016년(1591.5시간)보다 57.3시간 많았고 5년(1749.6시간)보다 102.8시간 적었다(Table 2). 월동 이후 평균 기온은 2015년과 2016년 두 해 모두 5년 평균기온보다 높게 경과하여 생육 단계가 빨랐고, 특히 2016년에 성숙기 고온으로 결실률이 낮고 천립중과 리터중은 가볍게 나타났다.

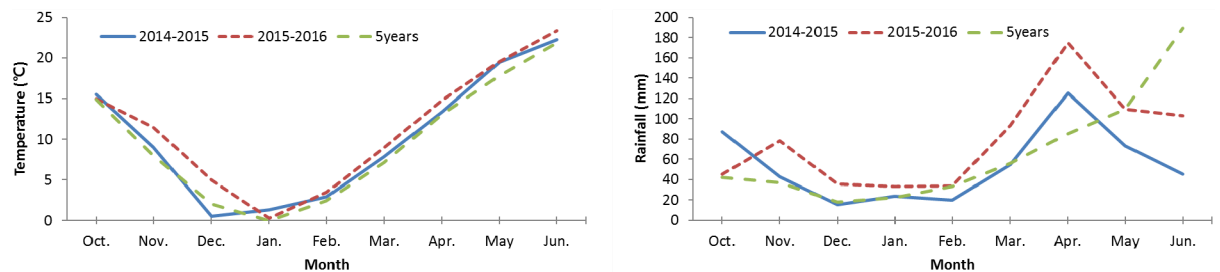


Fig. 1. Monthly means temperature and rainfall during the wheat-growing period in Miryang.

Table 2. Monthly sunshine hours during the wheat-growing period in Miryang.

Years	October			November			December			January			February			March			April			May			June		Sum
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B				
2014 - 2015	76.6	59.6	57.5	57.5	75.7	34.8	58.5	53.2	67.4	78.0	63.4	48.1	83.0	58.2	32.7	81.4	62.9	99.0	25.9	52.0	75.0	77.2	64.7	107.1	67.8	29.6	1646.8
2015 - 2016	75.6	84.6	77.3	43.6	16.9	36.1	39.3	41.9	70.1	62.7	53.3	47.8	84.5	54.3	52.8	57.5	62.1	79.5	58.3	68.3	61.7	56.6	90.8	94.6	62.6	58.7	1591.5
Average of 5 years	64.6	67.8	75.9	61.2	61.1	58.9	60.4	60.6	67.9	61.4	58.4	72.1	67.1	65.4	55.4	66.7	65.1	73.0	71.8	72.3	75.8	72.2	72.4	83.1	71.7	67.3	1749.6

A, B, and C indicate first, middle, and late part of a month total sunshine hours, respectively.

통계분석

이 실험에서 얻어낸 데이터는 SAS program (version 9.1, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 이용하여 분산분석을 실시하였으며, Duncan's multiple range test에 의하여 5% 유의수준에서 처리 구간의 통계적인 차이를 구명하였다.

Results and Discussion

밀 품종 간 추비처리 수준에 따른 생육특성 및 수량성

밀 품종 간 질소 추비처리 수준에 따른 경질밀 및 중간밀의 생육특성 및 수량성은 Table 3에 연질밀은 Table 4에 나타난 바와 같다. 2015년 출수기와 성숙기의 경우 금강밀 50% 감비 시험구에서 각각 4월 21일과 5월 31일로 다른 추비 처리구보다 1 - 2일 빨랐으나, 다른 품종은 품종별로 출수기와 성숙기 차이는 있었지만, 품종 내에서 추비 처리 수준에는 차이를 보이지 않았다. 2016년 출수기와 성숙기의 경우 금강밀 100% 증비 시험구에서 다른 추비 처리 구보다 4일정도 성숙이 늦었으나 다른 품종들은 추비 처리 수준에는 차이를 보이지 않았다. 출수기와 성숙기는 질 소 수준 보다는 온도 등 환경적인 요인이 더욱 영향을 주는 것으로 보인다. 출수기와 성숙기의 연차 간 변이가 가장

Table 3. Growth characteristics of hard wheat and semi-hard wheat at different nitrogen fertilizer levels in 2015 and 2016.

Year	Cultivars	NL ²	Heading date (M. dd)	Maturity date (M. dd)	Culm length (cm)	Spike length (cm)	Number of spike (m ²)	1000 grain weight (g)	Test weight (g/L)	Yield (kg/10a)	
										Grain weight	Index
2015	Keumkang	50%D	4.21	5.31	88 ± 1a	6.8 ± 0.7a	759 ± 101b	46.9 ± 0.5b	819 ± 6a	479 ± 56a	92
		STD	4.23	6.01	86 ± 5a	7.3 ± 0.9a	768 ± 98b	47.4 ± 0.3ab	819 ± 4a	523 ± 92a	100
		50%I	4.22	6.02	89 ± 2a	6.8 ± 0.4a	821 ± 191ab	48.0 ± 0.6a	816 ± 7a	541 ± 32a	103
		100%I	4.22	6.03	89 ± 2a	6.8 ± 0.4a	936 ± 95a	47.9 ± 0.5a	816 ± 11a	564 ± 83a	108
	Jokyoung	50%D	4.23	6.01	90 ± 2a	7.5 ± 0.9a	713 ± 137a	48.5 ± 0.9a	821 ± 3a	604 ± 43a	96
		STD	4.23	6.01	90 ± 1a	7.8 ± 0.1a	845 ± 155a	48.3 ± 0.8a	821 ± 6a	632 ± 29a	100
		50%I	4.23	5.31	90 ± 1a	7.6 ± 0.3a	706 ± 69a	48.9 ± 0.5a	822 ± 3a	641 ± 61a	101
		100%I	4.23	6.01	90 ± 2a	7.8 ± 0.8a	771 ± 106a	49.0 ± 0.5a	820 ± 3a	641 ± 85a	101
	Baegjoong	50%D	4.23	6.01	90 ± 1a	7.0 ± 0.6a	742 ± 85a	46.3 ± 0.9a	812 ± 9a	648 ± 21b	100
		STD	4.23	6.01	91 ± 2a	7.0 ± 0.4a	712 ± 25a	47.1 ± 0.8a	812 ± 3a	649 ± 19b	100
		50%I	4.23	6.01	91 ± 3a	7.3 ± 0.4a	759 ± 55a	46.7 ± 0.3a	816 ± 6a	713 ± 76ab	110
		100%I	4.23	6.01	91 ± 2a	7.2 ± 0.4a	801 ± 115a	46.5 ± 0.3a	820 ± 2a	756 ± 61a	117
	Soosan	50%D	4.24	6.01	96 ± 4a	7.1 ± 0.5a	765 ± 141a	47.5 ± 0.8a	822 ± 7a	514 ± 36c	90
		STD	4.24	5.31	96 ± 2a	7.2 ± 1.0a	804 ± 46a	47.8 ± 1.0a	830 ± 3a	574 ± 18b	100
		50%I	4.24	5.31	97 ± 1a	6.5 ± 0.5a	827 ± 152a	48.0 ± 0.6a	827 ± 7a	582 ± 12ab	101
		100%I	4.24	5.31	96 ± 0a	6.9 ± 0.2a	842 ± 105a	47.8 ± 1.0a	830 ± 5a	621 ± 13a	108
2016	Keumkang	50%D	4.15	5.24	77 ± 2a	7.7 ± 0.5a	569 ± 31b	44.4 ± 0.9a	783 ± 8a	296 ± 21b	87
		STD	4.16	5.24	77 ± 4a	7.6 ± 0.3a	710 ± 88a	44.8 ± 1.2a	782 ± 18a	339 ± 73ab	100
		50%I	4.16	5.24	80 ± 4a	8.1 ± 0.3a	710 ± 17a	46.6 ± 0.9a	799 ± 10a	409 ± 73ab	121
		100%I	4.16	5.28	79 ± 1a	8.1 ± 0.1a	726 ± 54a	46.0 ± 1.1a	795 ± 7a	451 ± 151a	133
	Jokyoung	50%D	4.14	5.26	78 ± 1b	7.3 ± 0.2a	594 ± 41b	43.2 ± 3.1b	761 ± 6c	330 ± 56b	82
		STD	4.15	5.26	82 ± 2ab	7.5 ± 0.4a	553 ± 27b	43.1 ± 3.2b	771 ± 10bc	402 ± 54ab	100
		50%I	4.15	5.26	82 ± 4ab	7.8 ± 0.2a	691 ± 37a	45.1 ± 1.6ab	783 ± 2ab	490 ± 11a	122
		100%I	4.15	5.27	83 ± 4a	7.9 ± 0.4a	569 ± 70b	45.7 ± 1.7a	791 ± 4a	472 ± 71a	117
	Baegjoong	50%D	4.17	5.28	82 ± 2a	7.0 ± 0.2a	604 ± 169a	41.9 ± 1.5a	764 ± 9c	392 ± 61b	83
		STD	4.17	5.29	83 ± 2a	7.1 ± 0.3a	626 ± 94a	41.1 ± 3.7a	773 ± 2bc	475 ± 72ab	100
		50%I	4.17	5.29	85 ± 2a	7.3 ± 0.4a	753 ± 114a	42.1 ± 1.2a	781 ± 3ab	558 ± 44a	118
		100%I	4.17	5.29	87 ± 3a	7.2 ± 0.1a	732 ± 30a	43.2 ± 0.2a	783 ± 3a	585 ± 36a	123
	Soosan	50%D	4.17	5.28	90 ± 2b	6.5 ± 0.3a	484 ± 44b	44.8 ± 2.1a	774 ± 6b	296 ± 32c	82
		STD	4.17	5.28	95 ± 2a	6.5 ± 0.5a	521 ± 20ab	45.4 ± 1.2a	774 ± 4b	362 ± 33b	100
		50%I	4.18	5.28	96 ± 2a	6.3 ± 0.4a	603 ± 38ab	46.3 ± 1.0a	798 ± 2a	434 ± 43a	120
		100%I	4.18	5.28	95 ± 3a	6.8 ± 0.5a	624 ± 118a	46.7 ± 0.5a	806 ± 14a	467 ± 34a	129

Means in a row with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

²NL, Nitrogen fertilizer application levels(D, Decrease; STD, Standard; I, Increase).

큰 품종은 금강밀로 출수기는 7일, 성숙기는 8일 차이가 났으며, 적은 품종은 출수기는 고소밀로 5일, 성숙기는 백중밀로 2일 차이로 다른 품종에 비해 적게 나타났다. 생육 특성 중 간장, 수장과 수수는 질소 수준 증가에 따라 증가했으며, 종실 특성의 경우에도 질소 수준 증가에 따라 천립중과 리터중은 대체로 증가하였다. 연도별 생육 특성을 살펴보면 2015년도에는 간장, 수장, 수수, 천립중, 리터중, 종실 수량 모두 2016년보다 높은 수치를 나타내고 있었다. 하지만 수량을 제외한 생육 특성 및 종실특성에서 2015년 금강밀의 m²당 수수와 천립중만 질소 수준에 따라 유의성을 나타내고 다른 품종은 유의성이 없었으며, 2016년에는 품종별 생육 및 종실특성에서 유의성이 나타났다. 이와 같은 결과는 2016년에 월동 이후 고온으로 생육 단계가 빨랐으나, 성숙기 지속적인 고온으로 결실율이 낮고, 등숙률이 떨어진 이유이며, 생육에 불리한 환경조건에서 질소 비료가 더욱 생육에 영향을 미쳤다고 생각된다. 간장의 경우 2015년과 2016년 모두 수안밀의 50% 증비 시험구에서 각각 97 cm, 96 cm로 가장 컸고, 우리밀 50% 감비 시험구에서 79 cm, 74 cm로 가장 작았다. 수장은 2015년과 2016년 모두 고소밀 50% 증비 시험구에서 각각 8.9 cm, 8.5 cm로 가장 길었고, 2015년 우리밀 표준비 시험구에서 각각 6.3 cm, 2016년 우리밀 50% 감비 시험구에서 6.3 cm로 가장 짧았다. 단위면적당 수수는 2015년에 금강 100% 증비 시험구에서 936 개/m²로 가장 많았고 2016년에는 백중 50%증비 시험구에서 753 개/m²로 가장 많았으며, 가장 적은 품종은 고소밀로 2015년과 2016년 모두 50% 감비 시험구에서 각각 659 개/m², 456 개/m²로 가장 적었다. 생육 특성의 연차간 변이가 가장 적은 품종은 백중밀로 간장과 수장 그리고 단위면적당 수수가 각각 2 cm, 0.1 cm, 75개 차이로 가장 적어 환경 변이가 시험 품종 중 가장 작았다.

Table 4. Growth characteristics of soft wheat at different nitrogen fertilizer levels in 2015 and 2016.

Year	Cultivars	NL ^z	Heading date (M. dd)	Maturity date (M. dd)	Culm length (cm)	Spike length (cm)	Number of spike (m ²)	1000 grain weight (g)	Test weight (g/L)	Yield (kg/10a)	
										Grain weight	Index
2015	Uri	50%D	4.26	6.01	80 ± 1a	6.7 ± 0.6a	777 ± 125a	38.1 ± 0.2a	793 ± 7a	600 ± 38c	89
		25%D	4.26	6.01	80 ± 1a	6.5 ± 0.5a	792 ± 36a	38.3 ± 0.7a	792 ± 7a	648 ± 59bc	96
		STD	4.26	6.01	81 ± 0a	6.3 ± 0.2a	809 ± 106a	38.3 ± 0.2a	793 ± 7a	675 ± 21ab	100
		50%I	4.26	6.01	82 ± 2a	6.3 ± 0.5a	786 ± 75a	38.4 ± 0.5a	800 ± 3a	713 ± 24a	106
	Goso	50%D	4.24	5.31	82 ± 1a	8.8 ± 0.3a	659 ± 27a	40.5 ± 0.5a	802 ± 7a	436 ± 45b	87
		25%D	4.24	5.31	81 ± 1a	8.8 ± 0.5a	668 ± 75a	40.4 ± 0.5a	803 ± 2a	496 ± 29ab	99
		STD	4.24	5.31	81 ± 2a	8.9 ± 0.2a	692 ± 79a	40.8 ± 0.4a	801 ± 3a	500 ± 33ab	100
		50%I	4.24	5.31	81 ± 2a	8.9 ± 1.0a	715 ± 169a	40.6 ± 0.3a	804 ± 6a	531 ± 21a	106
2016	Uri	50%D	4.18	5.29	74 ± 1c	6.3 ± 0.1b	556 ± 42ab	36.7 ± 0.7a	744 ± 5b	347 ± 20b	86
		25%D	4.19	5.29	78 ± 2b	6.5 ± 0.3ab	523 ± 49ab	36.7 ± 0.4a	747 ± 4b	399 ± 21b	99
		STD	4.19	5.30	79 ± 1ab	6.5 ± 0.4ab	481 ± 36b	36.8 ± 0.3a	749 ± 3ab	403 ± 38b	100
		50%I	4.19	5.30	80 ± 0a	6.8 ± 0.0a	568 ± 30a	37.5 ± 0.8a	758 ± 7a	503 ± 54a	125
	Goso	50%D	4.19	5.28	75 ± 3a	8.2 ± 0.1a	456 ± 41a	38.4 ± 1.2a	736 ± 10b	306 ± 33a	91
		25%D	4.19	5.28	74 ± 1a	8.1 ± 0.1a	480 ± 40a	37.8 ± 2.3a	746 ± 4ab	335 ± 77a	100
		STD	4.19	5.28	75 ± 3a	8.0 ± 0.7a	491 ± 84a	38.8 ± 1.6a	745 ± 9ab	336 ± 28a	100
		50%I	4.19	5.28	75 ± 3a	8.5 ± 0.2a	540 ± 99a	39.4 ± 1.0a	757 ± 4a	416 ± 64a	124

Means in a row with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

^zNL, Nitrogen fertilizer application levels (D, Decrease; STD, Standard; I, Increase).

종실특성의 경우 2015년 천립중은 조경밀 100% 증비 시험구에서 49.0 g으로 가장 무거웠고, 우리밀 50% 감비 시험구에서 38.1 g으로 가장 가벼웠다. 리터중은 수안밀 100% 증비시험구에서 830 g/L으로 가장 무거웠고, 우리

밀 25% 감비 시험구에서 792 g/L로 가장 가벼웠다. 2016년 천립중과 리터중은 수안밀 100% 증비 시험구에서 각각 46.7 g과 806 g/L로 가장 무겁게 나타났으며 우리밀 50% 감비 시험구에서 36.7 g으로 천립중이 가장 가벼웠고 고소밀 50% 감비 시험구에서 736 g/L로 리터중이 가장 가벼웠다. 종실수량은 2015년과 2016년 모든 품종들이 질소 수준 증가에 따라 증가하였으며, 2016년 조경밀을 제외한 모든 품종이 100% 증비 시험구에서 가장 많은 종실 수량을 나타내었고, 2016년 조경밀은 50% 증비 시험구에서 가장 많은 종실 수량을 나타내었다. 2015년 표준비 대비 경질밀과 중간질밀의 종실 수량 증가는 100%증비 시험구에서 백중밀은 17%, 수안밀 8%, 금강밀 8%, 조경밀 1% 증가하였고, 연질밀은 50% 증비 시험구에서 우리밀과 고소밀이 각각 6%씩 증가하였고, 2016년은 경질밀과 중간질밀의 100% 증비 시험구에서 표준비대비 금강밀 33%, 수안밀 29%, 백중밀 23%, 조경밀 17% 순으로 증가하였고, 연질밀은 50% 증비 시험구에서 우리밀 25%, 고소밀 24% 순으로 증가하였다. 2015년보다 2016년의 종실 수량 증가 비율이 높은 것으로 보아 생육에 불리한 환경에서 질소비료의 증가는 최종적인 수량 손실을 적게 가져올 수 있을 것으로 보인다. 종실 수량에 대한 통계적인 유의성은 2015년에 백중밀, 수안밀, 우리밀, 고소밀에서 5% 수준에서 유의적으로 나타났으나 금강밀과 조경밀에서는 유의성을 나타내지 않았고, 2016년에는 고소밀을 제외한 모든 품종에서 5% 수준의 통계적인 유의성을 나타내었다. 특히 수안밀은 질소수준증가에 따른 종실 수량 증가 변화가 다른 품종들에 비해 가장 높았고, 4가지 품종 중 가장 많은 종실 수량은 백중밀로 나타났다.

질소 추비 처리 수준을 통하여 최적 생육 조건을 선발하고자 조사한 결과, 생육 특성 및 수량측면에서 공시한 모든 품종들이 100% 증비 범위 내에서는 증비할수록 좋았고, 특히 성숙기의 고온 같은 생육에 불리한 환경에서 더욱 좋아지는 경향을 나타냈다.

밀 품종 간 추비 처리 수준에 따른 밀가루 품질 분석

밀 품종 간 추비 처리 수준에 따른 밀가루 품질 분석은 Table 5와 같다. 밀가루의 단백질 함량은 밀 가공제품의 용도를 결정하는 중요한 요소 중 하나이며, 단백질 함량은 품종과 생육 환경에 따라 차이가 있다(Baik et al., 1994). 단백질 함량은 표준비 시험구에서 금강밀 11.84%, 수안밀 10.07%, 조경밀 9.79%, 백중밀 9.03%, 고소밀 8.10%, 우리밀 7.00% 순이었고, 질소 수준에 따른 단백질 함량은 금강밀 100% 증비 시험구에서 13.06%로 가장 높게 나타났고, 조경밀과 수안밀과 백중밀은 100%증비 시험구에서 각각 11.13%, 10.93%, 9.84%로 가장 높게 나타났으며 고소밀과 우리밀은 50%증비 시험구에서 8.56%, 7.25%로 모든 품종에서 질소 수준 증가와 함께 단백질함량이 증가하였다. 경질밀과 중간질밀은 질소 수준에 따라 단백질 함량이 유의성을 나타내었으나, 연질밀인 우리밀과 고소밀에서 유의성이 없어 연질밀은 질소 비료에 상대적으로 둔감한 것으로 나타났다. 강력분용의 적정 단백질 함량은 12% 이상으로 금강밀 50%와 100%증비 시험구에서 적정 단백질 함량을 나타냈으며 조경밀은 100% 증비에서도 기준에 미달하였고, 중간질과 연질밀의 품종들은 표준비에서 적정 단백질함량을 나타내고 있었다. 밀 품종 별로 질소 비료 증가와 단백질함량의 상관관계는 확인한 결과 우리밀을 제외한 다섯 품종에서 높은 정의상관관계를 나타냈고, 그 중 조경밀이 가장 높은 정의상관관계를 나타내었다(Fig. 2). 침전가는 단백질 중 밀가루의 질을 나타내는 글루텐 함량을 간접적으로 표시하며 단백질 함량과 관련성이 높다(Kang et al., 2015). 침전가는 표준비 시험구에서 금강밀 73.75 mL, 조경밀 66.50 mL, 수안밀 64.00 mL, 백중밀 52.50 mL, 고소밀 41.00 mL, 우리밀 38.25 mL 순이었으며, 질소 수준이 증가할수록 증가하였고, 단백질 함량과도 비례하게 증가하는 경향을 보였다. 하지만 백중밀을 제외하고는 유의성이 없었으며, 우리밀과 고소밀의 경우 질소 수준에 따른 단백질함량과 침전가가 비례하지 않는 경우가 있었는데, 이와 같은 결과는 총 단백질의 함량이 글루텐 함량을 모두 나타낼 수 있는 것은 아니란 것을 알 수 있으며, 밀가루의 용도를 결정하는 단백질은 양적인 문제뿐만 아니라 질적인 수준에서도 중요하게 다루어져야 한다는 Lee et al. (2016)의 결과와 유사하였다.

Table 5. Quality characteristics of flour according to different nitrogen fertilizer levels in 2015 and 2016.

Cultivars	NL ^y	Protein (%)	Ash (%)	Amylose (%)	Damaged starch (%)	SDSS ^z (ml)
Keumkang	50%D	10.46b	0.44a	21.12a	5.16a	68.25a
	STD	11.84ab	0.40a	21.80a	5.38aa	73.75a
	50%I	12.60ab	0.36a	19.44a	5.40a	76.75a
	100%I	13.06a	0.35a	21.41a	5.14a	78.75a
Jokyoung	50%D	8.87d	0.41a	22.83a	5.63a	62.25a
	STD	9.79c	0.40a	21.89a	6.04a	66.50a
	50%I	10.44b	0.42a	21.92a	6.21a	72.75a
	100%I	11.13a	0.41a	22.56a	6.25a	76.00a
Baegjoong	50%D	8.59c	0.41a	20.30a	5.69a	48.50b
	STD	9.03bc	0.41a	23.48a	5.70a	52.50ab
	50%I	9.35ab	0.39a	19.76a	6.06a	54.00a
	100%I	9.84a	0.38a	22.59a	5.70a	56.00a
Soonan	50%D	9.19b	0.39a	22.64a	5.71a	58.50a
	STD	10.07ab	0.40a	23.18a	5.89a	64.00a
	50%I	10.03ab	0.37a	21.15a	5.65a	65.25a
	100%I	10.93a	0.39a	21.34a	5.48a	69.75a
Uri	50%D	7.03a	0.34a	23.66a	2.86a	39.75a
	25%D	7.12a	0.33a	24.03a	2.75a	39.00a
	STD	7.00a	0.33a	24.69a	2.99a	38.25a
	50%I	7.25a	0.34a	23.35a	2.96a	41.00a
Goso	50%D	7.81a	0.31a	22.88a	2.75a	40.25a
	25%D	7.91a	0.32a	22.12a	3.14a	41.25a
	STD	8.10a	0.30a	22.01a	3.27a	41.00a
	50%I	8.56a	0.26a	21.77a	3.17a	48.75a

Means in a row with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

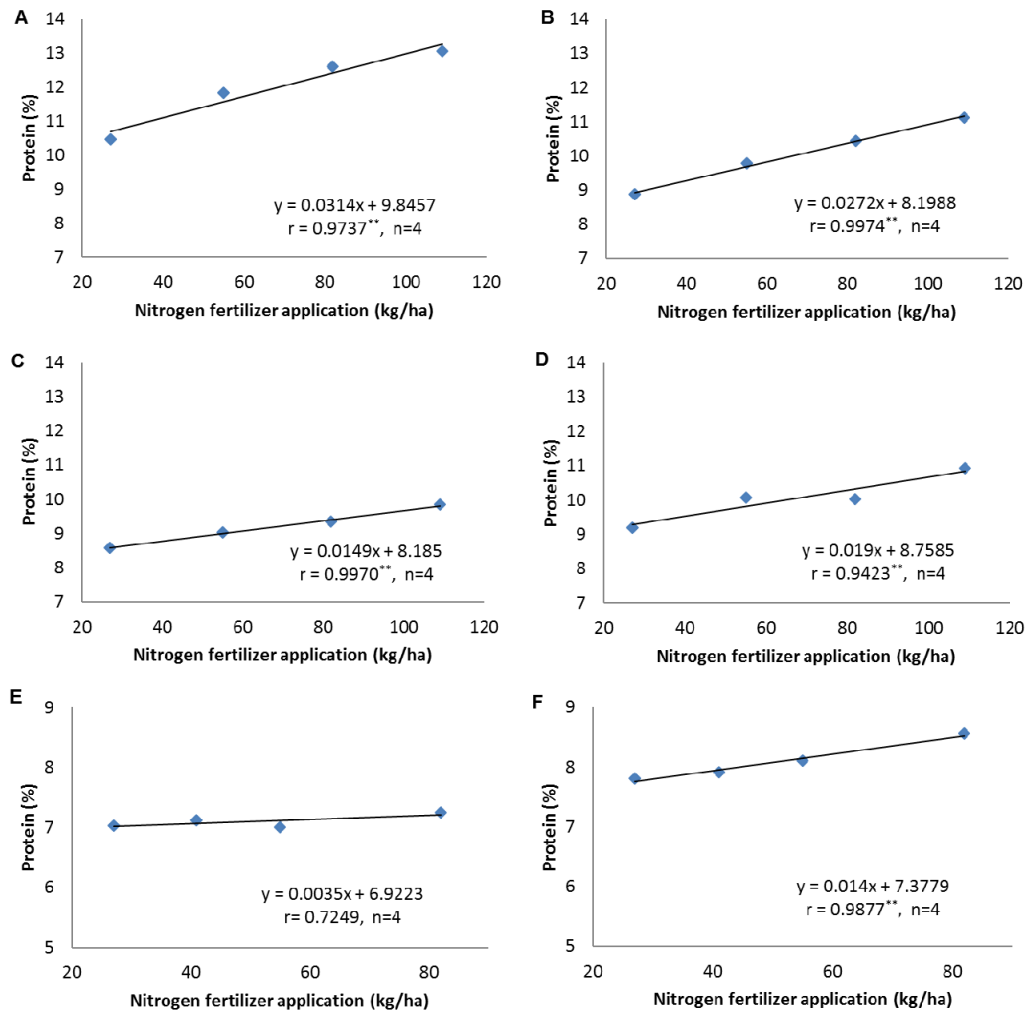
^yNL, Nitrogen fertilizer application levels (D, Decrease; STD, Standard; I, Increase).

^zSDSS, SDS-sedimentation.

반죽하는 동안 밀가루의 수분 흡수율과 건면의 절단력을 증가시키는 손상 전분은 Oh et al. (1986) 연질밀 종실의 경우 쉽게 파쇄 되고 전분이 본래의 형태로 잘 분리되어 손상전분이 적은 밀가루를 생산하나, 제빵에 이용되는 경질밀은 제분 과정 중 전분이 쉽게 부서지기 때문에 거친 밀가루가 만들어지고 손상전분의 함량도 많다(Glenn et al., 1991). 손상 전분은 표준비 시험구에서 조경밀 6.04%, 수안밀 5.89%, 백중밀 5.70%, 금강밀 5.38%, 고소밀 3.27%, 우리밀 2.99% 순으로 함량이 높았고, 연질밀보다 경질밀과 중간질밀에서 손상전분의 함량이 높게 나타났다. 회분 함량은 시료를 태운 후 남는 무기물로서 Hinton (1959) 표준비 시험구에서 금강밀 0.40%, 조경밀 0.40%, 백중밀 0.41%, 수안밀 0.40%, 우리밀 0.33%, 고소밀 0.30% 함량을 나타냈다. 추비 수준에 따라서는 각각 0.36 - 0.50%, 0.44 - 0.51%, 0.44 - 0.48%, 0.43 - 0.49%, 0.33 - 0.34%, 0.26 - 0.31% 범위를 나타냈고, 우리밀에서 변이 폭이 가장 적었으나 질소 수준에 따른 회분 함량은 유의성을 나타내지 않았다. 아밀로스의 함량은 국수의 점도에 영향을 미치는데 일반적으로 아밀로스 함량이 낮을수록 점도가 높아지며 국수의 식미를 향상시킨다(Kang et al., 2010b). 아밀로스 함량은 표준비 시험구에서 24.20 - 27.21%, 평균 25.61%로 나타났으나 표준비 시험구에서 우리밀 24.69%, 백중밀 23.48%, 수안밀 23.18%, 고소밀 22.01%, 조경밀 21.89%, 금강밀 21.80% 순으로 높은 함량이었다. 품종내 아밀로스 함량 변이는 금강밀 19.44 - 21.80%, 조경밀 21.89 - 22.83%, 백중밀 19.76 - 22.59%, 수안밀

21.15 - 23.18%, 우리밀 23.35 - 24.69%, 고소밀 20.77 - 22.88%로 나타났으나 질소 수준과 아밀로스 함량은 유의성을 나타내지 않았다.

2016년 조경밀을 제외하고 경질밀과 중간질밀은 100% 증비 시험구에서, 연질밀은 50% 증비 시험구에서 종실 수량이 가장 높게 나타났고, 단백질과 침전가는 경질밀과 중간질밀은 100% 증비 시험구에서 연질밀은 50% 증비 시험구에서 가장 높았다. 종실 수량 및 단백질함량은 질소수준과는 비례한 증가를 나타냈지만, 아밀로스과 저항 전분 및 회분 함량은 질소수준과는 유의성을 나타내지 않았다.



** : Statistically significant at $p = 0.01$ probability level.

Fig. 2. Correlation of nitrogen fertilizer application rate with protein content in wheat cultivars. (A: Keumkang, B: Jokyoung, C: Baegjoong, D: Soan, E: Uri, F: Goso).

Conclusion

본 연구는 용도에 기준한 품질 규격이 미비하고 품질 균일도가 낮아 문제가 되는 국산 밀에서 수량 증진 및 품질 개선 기술 개발을 위한 목적으로 경질밀인 금강밀, 조경밀과 중간질밀인 백중밀, 수안밀, 연질밀인 우리밀, 고소밀을 이용하여 영남지역에서 밀 용도별 최적의 재배 조건을 찾기 위해 수행하였으며 결과는 다음과 같다. 생육 특성은 질소 추비 수준이 증가함에 따라 종실 수량도 함께 증가하였고 성숙기 고온 같은 생육에 불리한 환경조건에서

질소 추비가 증가할수록 최종적인 수량 손실을 적게 나타냈으며, 품질 특성 면에서는 단백질함량이 질소 수준과 비례하게 증가하였고 우리 밀을 제외한 대부분의 품종에서 높은 정의상관관계를 나타내었으나 아밀로스과 손상 전분 및 회분 함량은 질소수준과는 관계가 없어 보였다. 용도별 품질과 수량을 고려한 적정 질소 추비량은 강력분 용인 금강밀을 50% 증비하면 강력분용에 적합한 단백질함량과 종실 수량 증가를 얻을 수 있고 중력분과 박력분용 품종들은 표준비에서 각 용도에 맞는 적정 단백질함량을 나타냈다. 이와 같은 결과는 국내 밀 품종의 용도별 생산성 증대뿐만 아니라 품질 균일도를 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다.

Acknowledgements

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(세부과제명: 영남지역 적응 조숙 내재해성 용도별 밀 품종 개발, 세부과제번호: PJ011202012017)의 지원에 이루어진 것이며, 이의 지원에 감사드립니다.

References

- AACC (American Association of Cereal Chemists). 1983. Official methods of the AACC (8th ed.), St. Paul, MN, USA.
- Baik BK, Czuchajowska Z, Pomeranz Y. 1994. Role and contribution of starch and protein contents and quality to texture profile analysis of oriental noodles. *Cereal Chemistry* 71:315-320.
- Choi NO. 2001. A research on the current status of children's eating behavior depending on the mother's employment status and the presence of other family members during mealtime. MS dissertation, Sookmyung Women's Uni. Seoul, Korea. [in Korean]
- Glenn GM, Younce FL, Pitts JD. 1991. Fundamental physical properties characterizing the hardness of wheat endosperm. *Journal of Cereal Science* 13:179-184.
- Han JH, Jeong KJ. 2010. Factors expanding consumption of domestic wheat processed products. *Korean Journal of Agricultural Management and Policy* 37:573-599. [in Korean]
- Hinton JJC. 1959. The distribution of ash in the wheat kernel. *Cereal Chemistry*. 36:19-31.
- Kang CS, Park CS, Park JC, Kim HS, Cheong YK, Kim KH, Kim KJ, Park KH, Kim JG. 2010a. Flour characteristics and end-use quality of Korean wheat cultivars I. Flour characteristics. *Korean Journal of Breeding Science* 42:61-74. [in Korean]
- Kang CS, Park CS, Park JC, Kim HS, Cheong YK, Kim KH, Kim KJ, Park KH, Kim JG. 2010b. Flour characteristics and end-use quality of Korean wheat cultivars II. End-use properties. *Korean Journal of Breeding Science* 42:75-86. [in Korean]
- Kang CS, Son JH, Cheong YK, Kim KH, Ko YH, Park JC, Oh YJ, Kim KH, Kim BK, Park CS. 2015. Characterization of korean wheat line with long spike II. Flour characteristics and genetic variations. *Korean Journal of Breeding Science* 47:229-237. [in Korean]
- Khatkar BS, Bell AE, Shofield JD. 1955. The dynamic rheological properties of gluten sub-fractions from wheats of good and poor bread making quality. *Journal of Cereal Science* 22:29-44.
- Kim SH. 2006. The surprising power of family meals (translated version). pp. 28-44. Hansmedia, Seoul, Korea. [in Korean]
- Kim JW. 2011. Effect of the cultivar and amount of nitrogen fertilizer on protein content and composition of rice grain. MS dissertation, Chonbuk National Uni., Jeonju, Korea. [in Korean]
- Kim YJ, Kim HS, Kang CS, Kim KH, Hyun JN, Kim KJ, Park KH. 2013. Effect of additional nitrogen fertilizer application on decreasing of pre-harvest sprouting in winter wheat. *Korean Journal of Crop Science* 58:169-176. [in Korean]

- Lee NR, Kim KH, Kim KM, Lee SH, Kwon YU, Hyun JN. 2016. Comparison of agricultural characteristics and quality with mixed seeding types and ratios between wheat varieties. *Korean Journal of Crop Science* 61:98-103. [in Korean]
- Lim EY, Chang HK, Park YS. 2007. Physicochemical properties and the product potentiality of soft wheats. *Korean Journal of Food Science and Technology* 39:412-418. [in Korean]
- NICS (National Institute of Crop Science). 2010. Task performance plan for test research business. pp. 45-54. Rural Development Administration (RDA), Wanju, Korea. [in Korean]
- Oh NH, Seib PA, Ward AB, Deyoe CW. 1986. Noodles. IV. Influence of flour protein, extraction rate, particle size, and starch damage on the quality characteristics of dry noodles. *Cereal Chemistry* 62:441-446.
- RDA (Rural Development Administration). 2012. Agricultural science and technology of analysis based on research (I). pp. 315-374. Rural Development Administration (RDA), Wanju, Korea. [in Korean]
- Williams PC, Kuzina FD, Hlynka I. 1970. A rapid colorimetric procedure for estimating the amylose content of starches and flours. *Cereal Chemistry* 47:411-421.