

경북 농업기후 지대별 쌀 품질 비교

이선형* · 원종건*[†] · 최장수* · 안덕종* · 최기연* · 이우경* · 박소득* · 손재근**

*경상북도 농업기술원, **경북대학교 농업생명과학대학 식물생명과학부

Comparison of Rice Quality According to Agroclimatic Regions in Gyeongbuk Province

Sun Hyung Lee*, Jong Gun Won*[†], Jang Soo Choi*, Duok Jong Ahn*, Ky Yeon Choi*, Woo Gyeong Lee*, So Deuk Park*, and Jae Keun Son**

*Gyeongbuk Agricultural Technology Administration, Taegu 702-320, Korea

**Division of Plant Bioscience, College of Agriculture and Life Science, Kyungpook National University, Taegu 702-701, Korea

ABSTRACT : This study was carried out to provide the geographic information based on the distribution of rice qualities and palatability in Gyeongbuk province of Korea. The rice grain quality and environmental factors were analyzed using 513 sampling sites based on different five-agroclimatic regions of Gyeongbuk province during three years from 2002 to 2004. In rice grain quality characteristics, the average palatability was low in South eastern coastal and Tabaek semi alpine regions as 67.6~68.3 and the coefficient of variation (CV) was relatively high as 6.2~7.4%. The average head rice rates were low in South and Central eastern coastal regions as 87.3~88.2% and CV was high as 8.2~8.3%. The average protein content was high in Central eastern coastal regions as 8.0% and CV was high as 8.2~8.3%. In case of palatability, the variation was differed clearly between high and low agroclimatic regions; it means that it is possible to divide the same agroclimatic region of high CV into two or three areas by CV of palatability. As the results of subdividing each existing agroclimatic regions based on the palatability, the variation of grain quality characteristics was become lower than that of existing five-agroclimatic regions. Therefore, the re-establishing of agroclimatic region based on rice grain quality was very important for precise cultivation for rice.

Keywords: rice quality, variation, agroclimatic region, palatability

쌀의 외관 품질 및 이화학적 특성은 품종에 따라 산지간 반응이 달랐으며, 산지내의 품종간의 변이는 산지에 따라 미질 변이가 다르게 나타났다고 보고하였다(Ueda *et al.*, 1998). 우

리나라 산지간 쌀의 품질 차이는 불안전미율과 건전미율이 품종별로 혹은 산지별로 상당한 차이가 있었으며, 자포니카 벼에서 쉐미, 분상질미 비율과 단백질 함량은 연차간, 지역간 차이가 크다는 보고(최 등, 1990)와 아밀로즈 함량은 연차별, 산지별 차이가 적다는 정(1984)의 결과도 보고되고 있다. 건전미율의 비율이 높은 지역은 등숙기인 8월중에 주야간 온도 교차가 심하고 적정 등숙온도에 가까운 약간 저온인 조건하에서 서서히 등숙이 진행됨으로서 분상질미와 쉐미가 다소 적게 발생한다고 하였고(內村 등, 2000), 분상질미 비율은 동일 재배 조건하에서는 품종 간 변이는 0.6~13.3%, 동일 품종 내에서의 산지간 변이는 7.9~13.6%로 산지간 변이가 품종간 변이보다 컸으며, 이앙시기가 늦을수록 분상질미의 발생이 많았다고 하였다(Matsue and Ogata, 1999).

동일품종에 있어서도 미립의 화학성분에 대한 산지간 차이를 보여 출수기전후 각 5 반순계 10반순 간의 일사량, 일조시간과 기온의 영향이 컸으며(Minabe, 1980), 저온 일조시수부족조건하에서는 미립의 전분함유율, 아밀로즈 함유율과 더불어 단백질 함량도 증가하였다고 하였다(Matsue, 1995). 한편, 고온, 일조 부족 조건하에서는 전분질함유는 증가하였지만 아밀로즈함유율은 저하되었고 아밀로그래프 특성치와 텍스처는 저하되었다(和田 등, 2002).

경북지역의 벼농사는 전국의 축소모형이라 할 만큼 산간지, 내륙분지, 동해안냉조풍지 등 다양한 지대로 구분되어 있기 때문에 세분화된 정밀농업이 가장 필요하며, 고품질 쌀을 생산하기 위해서는 평균온도, 적산온도, 일조시간, 토양의 이화학적특성 등의 최적 환경적요인 적용과 재배 기술적 요인인 품종, 이앙시기, 시비, 물 관리, 적기수확 및 수확 후 관리의 철저로 완전미율 증가와 단백질함량을 감소시킬 수 있는 최적 기술의 투입이 필요한 실정이다.

따라서 본 연구는 현재 수량과 관련된 경상북도의 농업 기

[†]Corresponding author: (Phone) +82-53-320-0271 (E-mail) jgwon67@empal.com

후 지대를 쌀 품질을 중심으로 한 정밀 농업을 실현하기 위한 세분된 농업기후 지대를 재설정하고자 실시하였다.

재료 및 방법

경북 지역 농업기후 지대를 미질 및 식미치를 근거로 하여 다시 세분된 지대를 설정하고자 2002년부터 2004년까지 3년간 경북 전 지역에서 가장 많이 재배되고 있는 품종 중 중만생종인 일품벼, 주남벼, 남평벼, 중생종인 화영벼, 조생종인 오대벼를 재배하고 있는 논 513개소의 쌀을 수집하여 분석 조사하였다.

미질 분석은 분석용 시료 1점당 500g씩 칭량하여 YANMAR ST50 현미조제기에 2회 반복 도정한 후 현미 200g을 칭량하여, 현미 Yoyo Desuku 精米機(MC 90A)를 이용하여 백미로 도정하였다. 도정된 백미를 Grain Inspector (FOSS TECATOR, Cervitec 1625)를 이용하여 완립률, 찌라기, 분상립, 피해립, 착색립, 동할미, 백미등급 등을 측정하였다. 그리고 백미 200g을 Grain Analyzer (FOSS Infratec 1241)에 투입하여 Protein, Moisture, Amylose 함량을 3반복

으로 분석하였고, 백미 33g의 시료를 3반복으로 채취하여 80℃의 더운물에 10분간 취반한 후 상온에서 3분간 뜸들이기를 한 다음 Yoyo 味度메타 MA-90을 이용하여 식미치를 측정하였으며, 3반복 측정하여 식미치 분석 자료로 사용하였다.

미질을 중심으로 한 경상북도 농업 기후 지대 재설정은 농촌진흥청에서 제시한 고품질 추천 품종의 Toyo 식미치의 평균값 74 이상을 나타내는 지역을 고품질 쌀 생산 지대, 농가 선호 추천품종의 식미치가 68~74 범위의 값을 나타내는 지역을 중간 품질 쌀 생산 지대, 식미치가 68미만을 나타내는 지역을 저 품질 쌀 생산 지대로 구분하여 재설정 하였다.

결과 및 고찰

지대별 쌀 품질

경북지역 농업기후 지대별 미질을 근거로 하여 세분된 지대로 재설정하기 위하여 2002년부터 2004년까지 3년간 경북 전 지역에서 오대벼, 화영벼, 주남벼, 남평벼, 일품벼를 재배하고 있는 논 513개소의 쌀을 분석하였으며 그 결과는 Table 1과 같다. 지대별 식미치의 평균은 동해안 남부지대가 67.6로 다

Table 1. Comparison on physicochemical properties of rice grain and palatability for several varieties in the agroclimatic regions.

Agroclimatic zones	Varieties	Physicochemical properties of rice grain (%)								Palatability*
		Head	Broken	Chalky	Damaged	Colored	Protein	Amylose		
South eastern coastal (38)	Ilpumbyeo	Mean	87.1	4.4	7.3	1.0	0.3	7.9	16.5	67.3
		CV(%)	4.4	37.6	39.6	76.8	101.7	5.5	5.6	6.5
	Junambyeo	Mean	84.1	6.2	8.7	0.7	0.3	7.3	16.7	65.2
		CV(%)	8.1	59.1	37.5	66.4	52.9	4.6	4.3	6.7
	Nampyeongbyeo	Mean	88.9	2.0	8.3	0.6	0.2	7.9	14.8	69.7
		CV(%)	12.3	87.0	112.3	44.8	93.1	9.5	19.4	4.2
	Hwayeongbyeo	Mean	89.1	2.5	7.3	0.6	0.5	8.1	17.3	62.6
		CV(%)	2.5	66.4	62.3	70.7	56.6	4.1	9.0	3.6
	Odaebyeo	Mean	88.3	2.8	8.3	0.5	0.1	7.7	17.5	69.8
		CV(%)	0.8	14.3	17.0	103.9	100.0	13.8	6.0	5.2
	Total	Mean	87.3	3.7	7.9	0.7	0.3	7.8	16.1	67.6
		CV(%)	8.2	68.4	70.7	74.8	87.4	7.8	12.2	6.2
Central eastern coastal (32)	Ilpumbyeo	Mean	89.2	2.7	5.7	1.8	0.6	7.8	16.5	70.3
		CV(%)	2.5	56.1	36.6	76.3	127.9	7.5	5.5	2.9
	Junambyeo	Mean	77.4	2.5	18.9	0.5	0.8	7.6	17.3	66.3
		CV(%)	24.8	66.9	102.1	40.0	71.8	14.5	8.7	3.8
	Nampyeongbyeo	Mean	90.7	1.3	6.5	0.9	0.6	8.4	15.6	68.5
		CV(%)	4.8	41.8	67.0	90.4	100.5	7.8	2.9	3.8
	Hwayeongbyeo	Mean	91.9	1.5	5.7	0.4	0.5	7.7	17.1	66.4
		CV(%)	2.2	23.6	39.9	49.5	58.9	3.8	10.2	4.3
	Odaebyeo	Mean	82.5	3.6	10.1	2.7	1.1	8.2	17.0	68.4
		CV(%)	10.8	101.7	14.9	122.6	42.3	14.3	4.8	7.1
	Total	Mean	88.2	2.2	7.6	1.4	0.6	8.0	16.5	68.8
		CV(%)	8.3	72.3	89.6	109.4	96.6	8.8	6.6	4.2

* Toyo value

() : Number of sites investigated for three years('02~'04)

Table 1. Continued

Agroclimatic zones	Varieties	Physicochemical properties of rice grain (%)								Palatability*
		Head	Broken	Chalky	Damaged	Colored	Protein	Amylose		
Yungnam inland mountainous (151)	Ilpumbyeo	Mean	90.3	2.6	5.5	1.1	0.5	7.6	16.6	71.6
		CV(%)	3.1	60.3	43.2	91.1	122.9	5.9	4.9	5.8
	Junambyeo	Mean	87.7	3.6	7.4	0.6	0.8	7.4	16.3	71.1
		CV(%)	6.1	77.6	55.0	60.6	147.5	9.6	8.1	2.9
	Nampyeongbyeo	Mean	93.3	2.0	3.6	0.7	0.4	7.7	15.4	71.9
		CV(%)	5.0	110.4	95.4	56.0	91.8	12.5	8.2	7.3
	Hwayeongbyeo	Mean	92.0	2.2	4.3	0.7	0.8	7.7	16.6	67.8
		CV(%)	2.9	58.7	63.2	72.8	125.6	8.2	4.8	5.0
	Odaebyeo	Mean	86.5	3.6	7.8	1.5	0.6	8.1	17.5	69.6
		CV(%)	7.2	51.6	66.3	89.3	63.1	9.1	4.2	6.2
	Total	Mean	90.0	2.8	5.7	1.0	0.6	7.6	16.5	71.0
		CV(%)	4.6	69.3	56.4	94.1	130.7	7.9	6.2	5.7
Yungnam basin (242)	Ilpumbyeo	Mean	89.8	3.0	5.8	1.0	0.5	7.7	16.6	71.0
		CV(%)	3.6	54.7	45.4	64.7	132.4	6.5	5.0	6.3
	Junambyeo	Mean	88.3	3.5	7.3	0.6	0.4	7.5	16.2	69.7
		CV(%)	8.7	59.8	88.9	68.7	122.0	9.1	7.4	5.7
	Nampyeongbyeo	Mean	92.5	1.9	4.3	0.9	0.4	7.7	15.9	69.8
		CV(%)	4.9	69.3	99.1	80.2	126.4	6.5	6.0	6.6
	Hwayeongbyeo	Mean	92.0	2.3	4.6	0.6	0.5	7.7	16.9	67.4
		CV(%)	2.4	59.6	50.4	55.7	127.3	6.7	5.9	5.2
	Odaebyeo	Mean	86.9	2.9	8.6	1.2	0.3	8.2	17.9	69.1
		CV(%)	5.7	62.8	49.2	104.7	115.4	7.5	5.6	4.6
	Total	Mean	89.9	2.9	5.9	0.8	0.4	7.7	16.6	69.6
		CV(%)	5.6	61.0	70.8	78.4	129.3	7.5	6.5	6.1
Tabaek semi alpine (50)	Ilpumbyeo	Mean	90.3	3.7	4.1	1.2	0.8	7.6	16.8	69.0
		CV(%)	4.2	77.0	49.9	106.7	170.8	6.2	5.1	8.4
	Junambyeo	Mean	85.0	7.4	5.6	0.8	1.1	7.4	17.9	61.9
		CV(%)	4.6	51.2	24.1	43.3	165.4	4.9	4.4	3.9
	Hwayeongbyeo	Mean	91.9	2.5	4.5	0.8	0.3	7.6	17.0	67.2
		CV(%)	3.2	77.0	48.2	93.5	111.0	6.5	5.7	5.7
	Odaebyeo	Mean	86.1	2.9	8.8	1.6	0.6	7.6	17.6	70.1
		CV(%)	7.8	75.9	65.5	86.8	121.5	5.9	5.0	6.2
	Total	Mean	89.3	3.4	5.5	1.1	0.6	7.6	17.1	68.3
		CV(%)	5.7	79.5	69.9	100.7	165.3	6.0	5.5	7.4

른 지대에 비해 약간 낮았으며, 완전미 비율은 동해안 남부지대 및 동해안 중부지대가 각각 87.3%, 88.2%로 낮았으며 변이계수도 각각 8.2~8.3%로 높았다. 단백질 함량은 동해안 중부지대가 8.0%로 다른 지대에 비해 약간 높았고, 변이계수도 8.8%로 높았다. 이는 우리나라 산지 간 쌀의 불완전미율과 건전미율의 산지에 따른 반응에 상당한 차이가 있었고, 자포니카 벼에서 쇠미, 분상질미 비율 등 외관상 품위의 지역간 변이가 컸다는 보고(최 등, 1990)와 일치하였지만, 단백질 함량의 변이는 상대적으로 적어 최 등(1990)의 보고와는 약간 다른 경향이였다.

지대별 각 품종의 식미치 비교에서 동해안 남부지대에서는 오대벼, 남평벼, 동해안 중부지대에서는 일품벼, 영남내륙 산간지대에서는 남평벼, 일품벼 및 주남벼가 우수한 것으로 나타나 재배 지역과 품종에 따라 차이를 보였다.

지대별 단백질 함량은 동해안 남부 지대에서는 전 품종 모두 높았으며, 동해안 중부지대는 오대벼, 남평벼가 각각 8.2%, 8.4%로 높았고, 영남내륙 산간지대, 영남분지지대는 오대벼가 각각 8.1%, 8.2%로 다른 품종에 비해 높았다. 태백준산간지대의 단백질 함량은 7.6%로 다른 지대에 비해 낮았고, 품종 간 차이도 적었다.

아밀로즈 함량은 남평벼만 모든 지대에서 가장 낮았고, 그 외 품종들은 약간의 차이를 나타내었다. 정(1984)의 보고에 의하면 아밀로즈 함량은 연차별, 산지별 차이가 적었다고 보고하고 있어 Table 1의 결과와 비슷하였다. 모든 지대에서 주남벼와 오대벼의 완전미 비율이 전체 평균치보다 낮았고, 화영벼와 남평벼의 완전미 비율이 높게 나타났다. 쌀 품질 중 식미치의 연차간 변이계수는 동해안 중부지대를 제외한 모든 농업기후지대에서 일품벼와 남평벼가 높았고, 그 외 품종들은 일정한 경향이 없었다.

경북지역 농업기후 지대별로 쌀 품질 관련 특성들의 평균치에 대한 변이계수는 지대 간에 큰 차이가 없었으나 특정 지역을 세분하여 보면, 전체 평균의 변이계수에 비해 세분된 지역의 변이계수는 상당한 차이를 보이는 것으로 조사되었다. 이는 특정 지역별 기상조건 뿐만 아니라, 그 지역 재배법, 토양 비옥도 등의 재배환경 조건에 따라 쌀 품질이 다양해질 수 있다는 것을 나타내고, 수량 생산성 위주로 나누어진 농업기후 지대내에서도 쌀 품질이 다양해질 수 있다는 것을 의미한다. 따라서 고품질의 쌀을 안정적으로 생산하기 위해서는 기존의 설정된 경북의 농업기후 지대를 비슷한 품질의 쌀을 생산할 수 있는 부분으로 세분하여 각 지역에 알맞은 적지적작 기술의 개발이 필요할 것으로 사료되었다.

지대별 식미치 비교

경북지역 농업기후 지대를 식미치를 근거로 하여 세분된 지대로 재설정하기 위하여 주요 5품종에 대한 식미치 분석 결과에서 농촌진흥청에서 제시한 고품질 추천 품종의 Toyo 식미치의 평균 값 74 이상을 나타내는 지역을 고품질 쌀 생산 지대, 농가선호 추천 품종의 식미치가 68~74 범위의 값을 나타내는 지역을 중간 품질 쌀 생산지대, 식미치가 68미만을 나타내는 지역을 저품질 쌀 생산지대로 구분하여 지도에 나타내어 보면 Fig. 1과 같다.

경상북도를 농업기후대별로 보면 동해안 남부 및 동해안 중부 지대는 각각 2지대로, 영남내륙산간, 영남분지 및 태백준산간 지대는 각각 3지대로 세분된다. 이렇게 기존 농업기후대별 지도 위에 각 지역별 식미치를 근거로 하여 고품질 쌀 생산 지대를 연결할 경우 영남내륙 산간지대와 영남분지 지대의 서북경계면을 중심으로 한 지역을 고품질 쌀 생산지대로 설정할 수 있고, 특히 태백준산간 지대와 영남분지 지대의 시설채소 집단재배지인 남부 지역은 쌀의 품질이 떨어지는 지역으로 뚜렷하게 나타나고 있어 기존의 농업기후지대와는 상당한 차이가 있었다. 농업기후 지대별 식미치를 기준으로 상, 중, 하로 등급화 하여 세분한 지대의 쌀 품질 평균치 및 변이계수는 Table 2와 같다.

전반적으로 외관상 품위 및 이화학적 특성치의 CV는 저품질로 갈수록 높아지는 경향이었고, Table 1의 농업기후 지대별로 구한 평균 CV에 비해서 높은 것도 있었지만 대체적

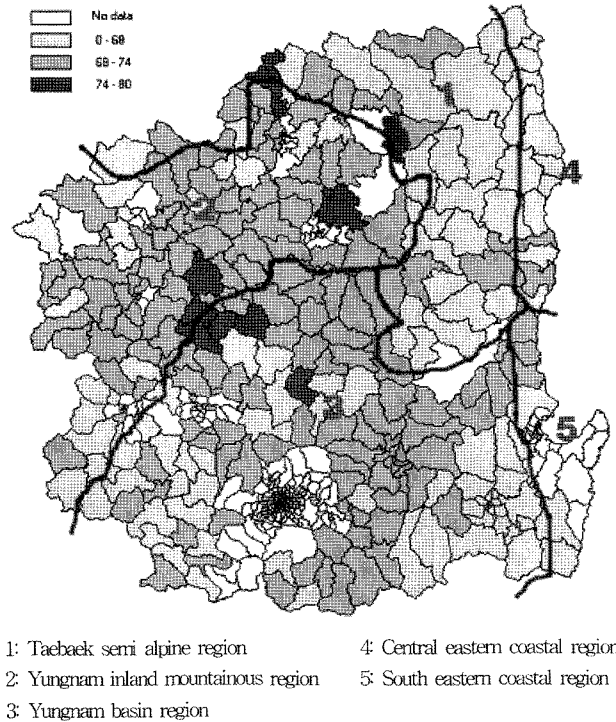


Fig. 1. Map of the rice palatability which analyzed by Toyo Rice Taste Measuring System for 3 years from 2002 to 2004 in Gyeongbuk province.

으로 낮았다. 그러나 세분화된 지대의 식미치에 대한 변이계수는 기존 농업기후지대의 변이계수보다 전지대의 등급 내에서 상당히 낮아진 것을 알 수 있었다, 이는 다른 쌀 품질 분석치 보다는 식미치를 이용하면 각 지대에서 일정한 품질 자료를 얻을 수 있다는 것을 제시하고 있으며, 이러한 결과는 세분화된 지대별 고품질 쌀 생산을 위한 특정 지역의 정밀 기술 개발 및 보급의 기초 자료로 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

적 요

경북 지역 농업기후 지대를 미질 및 식미치를 근거로 하여 다시 세분화된 지대를 설정하고자 2002년부터 2004년까지 3년간 경북 전 지역에서 가장 많이 재배되고 있는 품종 중 중만생종인 일품벼, 주남벼, 남평벼, 중생종인 화영벼, 조생종인 오대벼를 재배하고 있는 논 513개소의 쌀을 수집하여 분석 조사한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 지대별 식미치의 평균은 동해안 남부지대가 67.6로 다른 지대에 비해 약간 낮았으며, 완전미 비율은 동해안 남부지대 및 동해안 중부지대가 각각 87.3%, 88.2%로 낮았으며 변이계수도 각각 8.2~8.3%로 높았다. 단백질 함량은 동해안 중부지대가 8.0%로 다른 지대에 비해 약간 높았고, 변이계수도 8.8%로 높았다.

Table 2. Rice qualities in subdivided regions from the current agroclimatic regions.

Agroclimatic regions	Quality grade		Physicochemical properties of rice grain (%)							Palatability*
			Head	Broken	Chalky	Damaged	Colored	Protein	Amylose	
South eastern coastal	Low	Mean	85.7	5.2	7.9	0.9	0.3	7.7	16.5	64.2
		CV(%)	5.6	49.4	35.6	70.8	85.0	6.4	5.1	4.5
	Medium	Mean	89.0	2.3	8.0	0.5	0.2	7.9	15.7	71.0
		CV(%)	9.8	68.3	94.5	57.1	91.8	9.2	16.6	2.6
Central eastern coastal	Low	Mean	86.4	2.5	9.3	1.1	0.7	7.9	16.6	66.2
		CV(%)	12.6	83.0	108.0	156.5	64.1	10.5	7.5	3.1
	Medium	Mean	89.4	2.1	6.4	1.6	0.6	8.0	16.4	70.6
		CV(%)	3.4	60.9	45.4	86.3	124.0	7.7	6.2	2.5
Yungnam inland mountainous	Low	Mean	87.4	3.1	8.0	1.0	0.5	8.1	16.6	65.8
		CV(%)	5.1	62.3	40.6	70.3	97.5	7.1	7.4	2.6
	Medium	Mean	89.8	2.8	5.7	1.0	0.7	7.6	16.5	71.0
		CV(%)	4.1	70.5	51.1	101.2	135.5	7.5	6.1	2.1
	High	Mean	93.2	2.4	3.1	0.9	0.5	7.2	16.5	77.0
		CV(%)	2.9	74.7	55.6	102.6	115.0	5.1	5.4	3.1
Yungnam basin	Low	Mean	87.9	3.4	7.4	0.9	0.4	7.9	17.0	65.1
		CV(%)	5.7	58.2	57.0	86.5	141.4	8.2	6.2	3.2
	Medium	Mean	90.2	2.6	5.9	0.8	0.4	7.6	16.5	70.4
		CV(%)	5.6	61.3	72.7	67.9	128.1	6.8	6.2	2.2
	High	Mean	93.1	2.5	3.1	0.8	0.5	7.4	16.1	76.3
		CV(%)	2.5	56.0	58.1	83.0	111.2	5.9	6.0	3.0
Tabaek semi alpine	Low	Mean	87.1	4.4	6.5	1.2	0.8	7.7	17.4	64.1
		CV(%)	6.0	71.5	72.5	93.1	164.8	5.9	5.6	4.4
	Medium	Mean	91.2	2.3	4.8	1.3	0.4	7.5	16.9	71.4
		CV(%)	4.9	84.7	59.2	106.8	115.2	5.5	5.6	2.4
	High	Mean	92.6	2.5	4.0	0.6	0.4	7.3	16.8	75.8
		CV(%)	1.3	30.8	41.7	30.8	43.2	5.8	3.4	1.1

2. 특정지역을 세분하여 쌀 품질을 조사해보면 전체 평균의 변이계수보다 높게 나타나는 지역과 낮게 나타나는 지역으로 뚜렷하게 구분된다. 변이 계수가 크다는 것은 특정 지역 내에서도 쌀 품질의 세분화된 지역간 차이가 심하므로 고품질 쌀 생산을 위해서는 세분화된 벼 재배 구역 설정하여 적지적작의 정밀농업이 필요하였다.

3. 식미치를 근거로 세분화된 지대의 쌀 품질 요인에 대한 연차 간 변이계수는 기존 농업기후시대의 변이계수보다 상당히 낮아져, 세분화된 지대별 고품질 쌀 생산을 위한 특정 지역의 정밀 기술 개발 및 보급의 기초 자료로 활용할 수 있을 것으로 사료되었다.

인용문헌

최해춘, 조수연, 김광호. 1990. 쌀의 단백질 함량과 아미노산 조성의 품종간 차이와 환경변이. 한국작물학회지 35(5) : 379-386.
 정해욱. 1984. 품질과 산지를 달리한 쌀의 이화학적 성질 및 식미에 관한연구. 숙명여자대학교 석사학위논문. pp 1-37.

Minabe, M. 1980. Studies on the Soft-Textured Rice Kernel. XIV. On the influence of the producing places with special reference to the meteorological factors upon the chemical components and the disposition structures of starch-cells in the cross section of rice kernels. Japan Jour. Crop Sci., 49(1) : 95-102.
 Matsue, Y. 1995. Studies on Palatability of Rice in Northern Kyushu. V. Influence of abnormal weather in 1993 on the palatability and physicochemical Characteristics of rice. Japan. Jour. Crop Sci., 64(4) : 709-713.
 Matsue, Y. and T. Ogata. 1999. Influences of environmental conditions on the protein content of grain at different positions within a rice panicle. Japan Jour. Crop Sci., 68(3) : 370-374.
 内村要介・尾形武文・佐藤大和・松江勇次. 2000. 水稻湛水直播栽培におけるケイ酸施用が倒伏, 収量, 食味および精米の理化学的特性に及ぼす影響. 日作紀69(4): 487-492.
 Ueda, K., A. Kusutani, K. Asanuma and M. Ichii. 1998. Effect of transplanting time on growth of rice cultivar "Kinuhikari" in Kagawa Prefecture - Meteorological factors effecting grain yield and palatability of rice. Japan Jour. Crop Sci., 67(3) : 289-296.
 和田卓也・大里久美・浜地勇次. 2002. 暖地における1999年の登熟期間中の高温寡照條件が米の食味と理化学的特性に及ぼした影響. 日作紀, 71(3) : 349-354.