

과제구분	기본연구	수행시기		전반기	
연구과제 및 세부과제명		연구분야 (code)	수행 기간	연구실	책임자
전자기후도 이용 농산물 품질 및 재배적용 예측모델개발		벼 LS0201	'10~'12	농업기술원 작물개발과	최병열
쌀 품질 GIS 공간정보 시스템 구축		벼 LS0201	'10~'12	농업기술원 작물연구과	최병열
색인용어	쌀, 품질, 토양, 관개수, 기상, 공간정보				

ABSTRACT

This study was carried out to instruct geometric information system(GIS) of rice quality. Soil chemical characteristics, climatic factors, time-series irrigated water quality and rice quality data of 8 cities were collected in years from 2010 to 2012 to instruct GIS of rice quality in Gyeonggi-do.

The results were as follows; Soil pH, organic matter content, Av. P₂O₅ content, exchangible cation concentration(K, Ca, Mg) and Av. SiO₂ content, were collected as soil chemical characteristics. Water pH, total nitrogen and phosphorus content were collected as irrigated water quality. Daily mean, maximum and minimum temperature and rainfall amount in cultivation period and maturing stage were collected as climatic factors. The perfect rice ratio and milled grain protein content were collected as rice quality. As there were some variations of degree in each data, some more data and investigation were needed for improvement of rice quality.

Key words : Soil property, Irrigated water quality, Climatic factor, Rice quality, GIS

1. 연구목표

쌀품질은 품종과 기상조건, 토양, 시비량, 관개수 등 수분관리 및 병해충 발생 및 수확후 관리 등 여러 가지 요인에 의해 영향을 받는 것으로 알려져 있다.

토양에 따른 생육과 쌀 품질에 대한 연구보고로는 쌀 수량과 현미 단백질 함량은 유수형성기 벼 생육과 재배전 토양상태와 높은 상관관계가 있다는 보고(이 등, 2004b,

김 등, 2003, 이 등 2003)와 쌀의 완전미율과 단백질 함량은 품종과 지역 및 산지에 따라 변이가 크다는 보고가 있다(이 등, 2004a, 최 등 1990)

한편 기후조건과 쌀 품질에 대한 연구로 광합성, 호흡, 전류 등 등숙에 관련된 과정은 온도와 일사량의 지배를 받는 생화학적인 반응으로(Kobata & Uemuki, 2004) 알려져 있다. 특히 등숙온도는 21~25℃로 알려져 있으며(Aimi, 1967) 고온에서는 종실발육을 지연시키며(Inabe & Sato, 1976), 이런 효과는 낮보다 밤 고온이 더 크며 저온의 경우는 종실발육을 억제하여 종실성숙을 지연시킨다는 보고((Morita 등, 2005) 등으로 볼 때, 온도는 종실발육과 품질에 큰 영향을 미치는 것으로 볼 수 있다. 또 일사량은 자연 조건하에서 광합성의 제한인자로 작용하며(이, 1971), Matzshima(1957)는 감수분열기의 약광은 퇴화영화수를 증가시키며 출수 후 약광은 등숙율을 낮추어 수량이 감소한다고 하여 일사량이 쌀 수량과 밀접한 관련이 있음을 보고하였다. 한편 종실의 단백질 집적은 쌀 품질에 지대한 영향을 미치며 기후의 영향 연구는 많지 않으나(Zhu et al., 2007), 최근 국내에서 김 등(2009)이 종실중과 종실 질소함량의 변이는 품종, 등숙기 일사량, 등숙기 유효적산온도로 잘 설명할 수 있을 것으로 보고하는 등 등숙기의 온도와 종실중 및 종실 질소함량의 관계에 대한 연구 등이 진행되고 있는 실정이다.

본 연구는 경기도 주요 쌀 재배지역의 토양, 기후, 관개수질과 이에 따른 쌀 품질을 조사하여, 향후 쌀품질향상과 변이를 최소화하는 기초자료로 이용하기 위한 공간정보를 작성하기 위하여 수행한 결과를 보고하는 바이다.

2. 재료 및 방법

본 연구는 2010부터 2012년까지 토양, 관개수, 기상 등 재배환경과 쌀 품질을 조사하여 공간정보화하기 위하여 경기도내 용인시 등 8개 시군, 시군별 10농가를 대상으로 필지별로 토양화학성, 관개수질, 기상요소를 수집하고, 쌀 품질로 완전미율, 단백질함량을 분석하였다. 토양화학성은 농업과학기술 연구조사분석기준에 따라 pH는 초자전극법, 유기물함량은 Tyurin법, 유효인산은 Lancaster법, 치환성양이온(K, Ca, Mg, Na) 농도는 1N-NH₄OAc로 추출 후 ICP Analyzer로, 관개수질은 위의 방법에 따라 T-N, T-P 함량과 온도를 시기별로 조사하였다. 또 쌀 품질특성조사는 현미시료를 시험용 정미기(MC-90A, Toyo Co., Japan)을 이용하여 10분도로 도정한 백미를 사용하였다. 완전미는 쌀 품위 분석기(Cervitec1625 Grain Inspector, Foss Co., Sweden)를, 단백질함량은 성분분석기(Infratec1241 Grain Analyzer, Foss Co., Sweden)를 이용하여 측정하였다. 기상요소는 출수 후 평균, 최고, 최저기온, 강수량을 측정하였고 이를 기초로 각 기상요소의 적산온도를 산출하였다. 또 품질 주요형질인 완전미율과 단백질함량을 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 토양화학성

벼 재배전 토양화학성을 조사한 결과 표 1과 같이 시군에 따라 pH(1:5)는 5.8~6.2, 유기물 함량 19~24g/kg, 유효인산 함량 78~124mg/kg, 치환성양이온 농도는 칼리 0.25~0.42, 칼슘 3.4~6.0, 마그네슘 0.6~1.1cmol/kg, 유효규산 함량은 105~135mg/kg으로 나타나 벼 재배에 문제가 없는 특성을 나타내었다. 한편 토양화학성 형질들의 표준오차는 pH(1:5)는 0.06~0.44, 유기물함량 0.6~3.8g/kg, 유효인산함량 9.1~59.9mg/kg, 치환성양이온 농도는 칼리 0.010~0.312, 칼슘 0.15~1.93, 마그네슘 0.06~0.49cmol/kg, 유효규산 함량은 2.0~20.6mg/kg으로 비교적 필지 및 연차 변이가 비교적 크게 나타났으며, 특히 양분특성의 변이가 큰 것은 필지별 차이가 지역간에, 비배관리의 차이가 연차간 변이에 기여한 것으로 보인다. 따라서 쌀 품질은 기본적인 토양화학성외에 비배관리에 대한 자료를 고려해야 될 것으로 판단되었다.

표 1. 시군별 토양화학성

지역	pH (1:5)	OM (g/kg)	Av. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex. Cation(cmol/kg)			Av. SiO ₂ (mg/kg)
				K	Ca	Mg	
용인	5.9±0.44 [†]	22±0.6	78±9.1	0.26±0.010	4.2±0.35	1.0±0.06	127± 5.5
이천	6.0±0.12	20±1.2	116±9.3	0.31±0.179	4.1±0.95	0.7±0.38	131±20.6
여주	5.9±0.06	19±1.0	72±9.5	0.25±0.139	3.4±0.40	0.7±0.26	131± 5.2
양평	5.8±0.06	21±0.6	82±18.1	0.37±0.251	4.9±0.21	1.1±0.32	135± 2.0
고양	5.9±0.10	20±0.6	94±18.9	0.25±0.113	4.6±0.72	0.8±0.35	105±19.3
김포	6.2±0.21	23±1.0	102±59.9	0.29±0.083	6.0±0.96	1.1±0.49	122± 2.9
양주	6.0±0.15	24±1.5	124±15.5	0.42±0.312	5.6±1.93	0.8±0.10	132± 3.5
포천	5.8±0.32	20±3.8	100±17.1	0.33±0.231	4.5±0.15	0.6±0.21	121±16.4

† : 평균±표준오차임

나. 포장관개수 시기별 특성

조사지역의 채취시기별 관개수질은 표 2와 같이 시군에 따라 평균 pH는 7.0~7.5로 중성을 나타냈으며, 전질소 함량 2.03~3.55, 전인산 함량 0.07~0.26mg/L로 나타나 지역별 변이가 나타났다. 한편 관개수질의 표준오차는 pH는 0.06~0.35, 전질소 함량 0.466~1.257mg/L, 전인산 함량 0.004~0.099mg/L로 필지 및 연차 변이가 나타났으며 이는 관개수의 지역간 차이와 시기별로 관개수질이 달라지는 것에 기인한 것으로 보인다.

표 2. 시기별 관개수 특성

지역	pH				T-N(mg/L)				T-P(mg/L)			
	6월	7월	9월	평균	6월	7월	9월	평균	6월	7월	9월	평균
용인	7.0±0.40 [†]	7.6±0.15	7.8±0.36	7.5±0.08	3.17±0.982	3.14±1.49	3.13±1.667	3.15±1.257	0.16±0.0041	0.12±0.0026	0.17±0.117	0.15±0.017
이천	6.9±0.97	7.1±0.06	7.1±0.15	7.0±0.02	2.18±0.286	2.50±1.865	2.43±0.394	2.37±0.676	0.25±0.108	0.33±0.242	0.20±0.104	0.26±0.087
여주	7.1±0.44	7.4±0.15	7.4±0.17	7.3±0.13	1.70±0.312	2.26±1.05	2.14±0.682	2.03±0.644	0.08±0.003	0.13±0.114	0.06±0.009	0.09±0.046
양평	7.4±0.55	7.6±0.06	7.6±0.17	7.5±0.14	2.10±0.811	2.36±1.289	2.15±1.030	2.20±1.019	0.08±0.031	0.08±0.012	0.06±0.007	0.07±0.015
고양	7.1±0.46	7.6±0.15	7.6±0.06	7.4±0.19	3.10±0.361	2.60±0.934	3.05±0.494	2.92±0.138	0.21±0.113	0.29±0.063	0.30±0.286	0.26±0.064
김포	7.2±0.40	7.4±0.35	7.3±0.06	7.3±0.26	3.85±0.820	3.04±0.253	3.76±1.079	3.55±0.684	0.14±0.006	0.20±0.014	0.20±0.041	0.18±0.004
양주	7.3±0.38	7.6±0.10	7.3±0.29	7.4±0.03	2.36±0.339	2.06±1.276	2.50±0.885	2.37±0.546	0.10±0.072	0.14±0.027	0.30±0.341	0.18±0.009
포천	7.4±0.26	7.7±0.06	7.3±0.10	7.5±0.13	3.20±0.176	2.54±0.820	2.00±0.727	2.58±0.466	0.15±0.110	0.14±0.036	0.13±0.088	0.14±0.064

† : 평균±표준오차임

다. 벼 재배기간의 기상

벼 활착기(6월10일) 이후 수확시까지 지역별 기상요소를 조사한 결과 표 3과 같다. 평균기온은 시군별로 누적 2,755~2,883℃, 평균은 20.7~21.7℃, 표준오차는 누적 72.0~129.4℃, 평균 0.55~0.96℃, 최고기온은 누적 3,475~3,646℃, 평균은 26.1~27.4℃, 표준오차는 누적 44.9~116.8℃, 평균 0.36~0.87℃, 최저기온은 누적 2,150~2,301℃, 평균은 16.2~17.3℃, 표준오차는 누적 154.9~189.5℃, 평균 1.13~0.41℃, 누적 강수량은 1,211~1,584mm, 표준오차는 44.9~116.8mm로 나타났다. 또 8월 20일부터 10월 20일까지 벼 등숙기간 동안의 지역별 기상요소는 표 4와 같았는데, 평균기온은 시군에 따라 누적 1,084~1,165℃, 평균은 17.2~18.5℃, 표준오차는 누적 48.3~93.4℃, 평균 0.79~1.25℃, 최고기온은 누적 1,493~1,577℃, 평균은 23.7~25.0℃, 표준오차는 누적 17.1~52.2℃, 평균 0.20~0.61℃, 최저기온은 누적 738~831℃, 평균은 11.7~13.2℃, 표준오차는 누적 85.6~133.8℃, 평균 1.37~2.02℃, 누적강수량은 388~494mm, 표준오차는 216.2~431.6mm로 나타났다. 이로 보아 벼 생육기간 동안의 기상, 연차간, 필지간 상당한 변이가 있었으며, 특히 강수량의 경우가 가장 심하였다.

표 3. 지역별 벼 재배기간중 기상(6/10~10/20)

지역	평균기온(°C)					최고기온(°C)					
	2010	2011	2012	평균	표준오차	2010	2011	2012	평균	표준오차	
용인	누적	2844	2681	2,740	2,755	82.5	3,528	3,398	3,498	3,475	68.1
	평균	21.4	20.2	20.6	20.7	0.61	26.5	25.5	26.3	26.1	0.53
이천	누적	2882	2,728	2,772	2,797	84.9	3,683	3,582	3,673	3,646	55.7
	평균	21.7	20.5	20.8	21.0	0.62	27.7	26.9	27.6	27.4	0.44
여주	누적	2984	2,768	2,784	2,829	91.6	3,667	3,580	3,643	3,630	44.9
	평균	22.1	20.8	20.9	21.3	0.72	27.6	26.9	27.4	27.3	0.36
양평	누적	2951	2,807	2,880	2,879	72	3,635	3,559	3,658	3,617	51.8
	평균	22.2	21.1	21.7	21.7	0.55	27.3	26.8	27.5	27.2	0.36
고양	누적	2889	2,735	2,975	2,883	129.4	3,669	3,501	3,691	3,620	103.9
	평균	22.1	20.6	22.4	21.7	0.96	27.6	26.3	27.8	27.2	0.81
김포	누적	2880	2,701	2,825	2,805	96	3,562	3,409	3,558	3,510	87.2
	평균	21.7	20.3	21.2	21.1	0.71	26.8	25.6	26.7	26.4	0.67
양주	누적	2832	2,671	2,762	2,755	80.7	3,544	3,442	3,544	3,510	58.9
	평균	21.3	20.1	20.8	20.7	0.60	26.6	25.9	26.6	26.4	0.40
포천	누적	2831	2,680	2,786	2,766	77.5	3,533	3,467	3,694	3,565	116.8
	평균	21.3	20.2	20.9	20.8	0.56	26.6	26.1	27.8	26.8	0.87

지역	최저기온(°C)					강수량(mm)					
	2010	2011	2012	평균	표준오차	2010	2011	2012	평균	표준오차	
용인	누적	2,315	2,095	2,107	2,172	155.6	1,276	1,712	1,153	1,380	68.1
	평균	17.4	15.8	15.8	16.3	1.13	-	-	-	-	-
이천	누적	2,338	2,105	2,092	2,178	164.8	1,006	1,419	1,994	1,473	55.7
	평균	17.6	15.8	15.7	16.4	1.27	-	-	-	-	-
여주	누적	2,407	2,154	2,108	2,223	178.9	1,039	1,579	1,015	1,211	44.9
	평균	18.1	16.2	15.8	16.7	1.34	-	-	-	-	-
양평	누적	2,441	2,216	2,243	2,300	159.1	1,521	1,802	1,057	1,460	51.8
	평균	18.3	16.7	16.9	17.3	1.13	-	-	-	-	-
고양	누적	2,382	2,114	2,406	2,301	189.5	1,632	1,721	768	1,374	103.9
	평균	17.9	15.9	18.1	17.3	1.41	-	-	-	-	-
김포	누적	2,378	2,145	2,239	2,254	164.8	1,486	1,714	1,020	1,407	87.2
	평균	17.9	16.1	16.8	16.9	1.27	-	-	-	-	-
양주	누적	2,290	2,050	2,110	2,150	169.7	1,782	1,949	1,022	1,584	58.9
	평균	17.2	15.4	15.9	16.2	1.27	-	-	-	-	-
포천	누적	2,298	2,079	2,105	2,161	154.9	1,543	1,421	913	1,292	116.8
	평균	17.3	15.6	15.8	16.2	1.20	-	-	-	-	-

표 4. 지역별 벼 등숙기간 기상(8/20~10/20)

지역	평균기온(°C)					최고기온(°C)					
	2010	2011	2012	평균	표준오차	2010	2011	2012	평균	표준오차	
용인	누적	1,147	1,032	1,086	1,088	57.5	1,511	1,462	1,507	1,493	27.2
	평균	18.5	16.6	16.7	17.3	1.07	24.4	23.6	23.2	23.7	0.61
이천	누적	1,161	1,041	1,088	1,097	60.5	1,576	1,555	1,592	1,574	18.6
	평균	18.7	16.8	16.7	17.4	1.13	25.4	25.1	24.5	25.0	0.46
여주	누적	1,187	1,058	1,094	1,113	66.6	1,569	1,542	1,577	1,563	18.3
	평균	19.1	17.1	16.8	17.7	1.25	25.3	24.9	24.3	24.8	0.50
양평	누적	1,191	1,085	1,142	1,139	53.1	1,544	1,529	1,580	1,551	26.2
	평균	19.2	17.5	17.6	18.1	0.95	24.9	24.7	24.3	24.6	0.31
고양	누적	1,180	1,065	1,250	1,165	93.4	1,567	1,534	1,631	1,577	49.3
	평균	19.0	17.2	19.2	18.5	1.10	25.3	24.7	25.1	25.0	0.31
김포	누적	1,172	1,073	1,145	1,130	51.2	1,519	1,500	1,543	1,521	21.5
	평균	18.9	17.3	17.6	17.9	0.85	24.5	24.2	23.7	24.1	0.40
양주	누적	1,130	1,030	1,091	1,084	50.4	1,501	1,504	1,532	1,512	17.1
	평균	18.2	16.6	16.8	17.2	0.87	24.2	24.3	23.6	24.0	0.38
포천	누적	1,130	1,037	1,106	1,091	48.3	1,502	1,512	1,597	1,537	52.2
	평균	18.2	16.7	17.0	17.3	0.79	24.2	24.4	24.6	24.4	0.20

지역	최저기온(°C)					강수량(mm)					
	2010	2011	2012	평균	표준오차	2010	2011	2012	평균	표준오차	
용인	누적	876	685	750	770	97.1	644	97	533	425	289.1
	평균	14.1	11.1	11.5	12.2	1.63	-	-	-	-	-
이천	누적	880	673	731	761	106.8	570	115	796	494	346.9
	평균	14.2	10.9	11.2	12.1	1.82	-	-	-	-	-
여주	누적	924	706	743	791	116.7	580	158	451	396	216.2
	평균	14.9	11.4	11.4	12.6	2.02	-	-	-	-	-
양평	누적	936	741	806	828	99.3	869	106	475	483	381.6
	평균	15.1	11.9	12.4	13.1	1.72	-	-	-	-	-
고양	누적	878	680	935	831	133.8	887	65	248	400	431.6
	평균	14.2	11	14.4	13.2	1.91	-	-	-	-	-
김포	누적	895	724	817	812	85.6	885	71	399	452	409.5
	평균	14.4	11.7	12.6	12.9	1.37	-	-	-	-	-
양주	누적	844	641	730	738	101.8	910	101	469	493	405.0
	평균	13.6	10.3	11.2	11.7	1.71	-	-	-	-	-
포천	누적	850	665	736	750	93.3	689	112	363	388	289.3
	평균	13.7	10.7	11.3	11.9	1.59	-	-	-	-	-

라. 완전미율 및 단백질 함량

양곡에 대한 품질표시 표시사항이며 쌀 품질의 가장 중요한 완전미율과 단백질 함량을 조사한 결과 표 5와 같다. 조사시군별 완전미율은 90.6~94.6%, 단백질 함량은 6.1~6.4%로 나타났으며 이에 대한 표준오차도 완전미율 0.93~5.77%, 단백질 함량은 0.31~0.68%였다. 이를 보면 연차간, 지역별 변이가 비교적 큰 것으로 나타나 쌀 품질은 전술한 토양, 기상 환경 등 여러 요인에 의해 영향을 받은 것으로 판단된다. 또한 후 쌀 품질에 대한 보다 더 유용한 공간정보 구축과 품질변이 최소화를 위하여 지역과 연차변이에 대한 보다 정밀한 검토가 요망된다고 생각된다.

표 5. 지역별 완전립율 및 단백질함량

지역	완전립율(%)				단백질함량(%)			
	2010년	2011년	2012년	평균	2010년	2011년	2012년	평균
용인	92.2±4.07	95.8±1.97	90.1±3.99	92.7±3.34	6.5±0.67	6.4±0.30	6.4±0.83	6.4±0.60
이천	92.9±4.24	95.5±2.03	93.6±3.43	94.0±3.23	6.5±0.79	6.4±0.32	6.4±0.91	6.4±0.67
여주	91.8±4.34	95.2±1.73	92.6±4.99	93.2±3.69	6.3±0.79	6.2±0.34	6.4±0.77	6.3±0.63
양평	88.5±5.68	95.5±1.74	90.5±5.57	91.5±4.33	6.3±0.93	6.2±0.35	6.4±0.76	6.3±0.68
고양	92.7±3.83	96.7±0.94	94.4±1.02	94.6±0.93	5.8±0.40	6.3±0.23	6.1±0.31	6.1±0.31
김포	88.5±5.78	94.2±3.32	89.1±6.13	90.6±5.08	6.2±0.58	6.5±0.35	6.3±0.71	6.3±0.55
양주	84.6±4.23	95.6±1.95	93.4±4.95	91.2±3.71	6.5±0.49	6.6±0.23	6.6±0.63	6.6±0.45
포천	89.3±7.46	93.9±3.30	90.4±6.56	91.2±5.77	6.3±0.75	6.7±0.17	6.4±0.67	6.5±0.53

4. 적 요

쌀 품질 개선과 변이 최소화를 위한 공간정보 시스템 구축을 위하여 경기도 비주요 재배지역의 토양, 관개수질, 기상요소와 쌀 품질 정보를 수집하여 조사한 결과는 다음과 같다.

- 가. 토양화학적 성은 pH(1:5)는 5.8~6.2, 유기물함량 19~24g/kg, 유효인산 함량 78~124mg/kg, 치환성양이온농도는 칼리 0.25~0.42, 칼슘 3.4~6.0, 마그네슘 0.6~1.1cmol/kg, 유효규산 함량은 105~135mg/kg였다.
- 나. 관개수질은 시군에 따라 평균 pH는 7.0~7.5로 중성을 나타냈으며, 전질소 함량 2.03~3.55, 전인산함량 0.07~0.26mg/L 이었다.
- 다. 활착기(6월10일) 이후 수확시까지 평균기온은 시군별로 누적 2,755~2,883℃, 평균은 20.7~21.7℃, 최고기온은 누적 3,475~3,646℃, 평균은 26.1~27.4℃, 최저기온은 누적 2,150~2,301℃, 평균은 16.2~17.3℃, 누적 강수량은 1,211~1,584mm 이었다.
- 라. 8월20일부터 10월 20일까지 벼 등숙기간 동안의 평균기온은 시군에 따라 누적

1,084~1,165℃, 평균은 17.2~18.5℃, 최고기온은 누적 1,493~1,577℃, 평균은 23.7~25.0℃, 최저기온은 누적 738~831℃, 평균은 11.7~13.2℃, 누적 강수량은 388~494mm 이었다.

- 마. 쌀 품질의 가장 중요한 요소인 완전미율은 90.6~94.6%, 단백질함량은 6.1~6.4%로 나타났다.
- 바. 이들 조사자료는 모두 지역간, 연차간 변이가 있어 쌀 품질은 전술한 토양, 기상 환경 등 여러 요인에 의해 영향을 받을 것으로 판단되어, 향 후 쌀 품질에 대한 보다 더 유용한 공간정보 구축시와 품질변이 최소화를 위하여는 지역별 연차간 변이에 대한 보다 정밀한 검토가 필요하였다.

5. 인용문헌

- Aimi R. 1967. Cell-physiological and biochemical aspects in the physiology of ripening. IRC Newsletter special : 106-111
- 최해춘, 조수연, 김광호. 1990. 쌀의 단백질 함량과 아미노산 조성의 품종간 차이와 환경변이. 한국작물학회지 35(5) : 179-386
- Inaba K. Sato K.. 1976. High temperature injury of ripening in the rice plant. VI. Enzyme activities of kernel as influenced by high temperature. Proc. Crop Sci. Soc. Jpn. 45: 162-176
- 김준환, 이충근, 오세관, 오성환. 2009. 벼 고온등숙의 생리적, 유전생화학적 해석연구. 시험연구보고서. 식량과학원. pp 318-326
- 김상수, 장병춘, 최민규, 박홍규, 백남현. 2003 환경친화형 벼 정밀농업 기술연구 : 벼 생육량에 따른 가변시비량 구명. 시험연구보고서 호남농업시험장 pp. 139-145
- Kobata T., Uemuki, N.. 2004. High temperature during the grain-filling period do not the potential grain dry matter increase of rice. Agro J. 96 : 406-414
- 이호진, 이창환, 이승훈, 정지훈. 2004b. 논에서 변량시비를 통한 비료절감과 벼 수량 및 수확량 변이지도의 작성. 한국작물학회지 49(S1) : 284-285
- 이재홍, 임갑준, 한상욱, 조영철, 김희동. 2004a. 고품질 경기쌀 브랜드 규격화 연구 ; 재배지역에 따른 주요품종의 미질특성연구. 시험연구보고서. 경기도농업기술원 pp.63-70
- Matsshima S. 1957. 水稻收量の成立と豫察に關する作物學的研究. 農技研報告. A 11.
- Morita S. Yonemaru J. Takanashi J.. 2005. Grain growth and endosperm cell size under high night temperature in rice(*Oriza sativa* L.). Ann. Bot. 95 : 695-701

농촌진흥청. 2003. 농업과학기술연구 조사분석 기준. pp. 271-290

Suddth, K.A. et al., 1996. Analysis of spatial factors influencing crop yield. Proceedings of the 3rd Conference on Precision Agriculture. St. Paul. Robert P. C., Rust R. H. and W. E. Larson(ed). ASA. CSSA. Maidison. WI.

Zhu Y., Li W., Jing Q., Cao W., Horie T.. 2007. Modeling grain protein formation in relation to nitrogen uptake and remobilization in rice plant. Agric. China 1(1) : 8-16

6. 연구원 편성

세부과제	구 분	소 속	직 급	성 명	수행업무	참여년도		
						'10	'11	'12
쌀품질 GIS 공간정보시스템 구축	책 임 자	작물개발과	농업 연구사	최병열	세부과제총괄		○	○
	공동연구자	작물개발과	농업 연구사	임갑준	데이터 분석	○	○	
	"	"	농업 연구사	원태진	미질분석	○	○	
	"	"	농업 연구관	조광래	토양, 수질분석	○	○	○
	"	"	농업 연구사	이진홍	문헌조사			○
	"	"	농업 연구사	주옥정	자료수집			○
	공동연구자	환경농업과	농업 연구관	홍순성	기상자료분석	○	○	○