

과제구분	기본연구		수행시기	전반기	
연구과제 및 세부과제	연구분야 (Code)	수행 기간	과제책임자 및 세부책임자		
벼 친환경적 안전재배 연구		'08~'11	작물경영연구과	이안수	
1) 기후변화에 따른 환경영향 및 적응성평가	벼 FC010101	'08~'11	"	"	
2) 벼 친환경 생력재배기술 개발	벼 FC010101	'08~'11	"	"	
색인용어	조생종, 품질, 이앙기, 무논점과, 질소소비량				

1. 연구목표

가. 기후변화에 따른 환경영향(조생종 작기이동 연구) 및 적응성 평가

지구온난화의 영향으로 우리도 평야지의 경우 최근 10년간 평균기온이 0.5℃ 상승되었고 앞으로는 기온상승이 가속화될 것으로 전망되어 벼 재배시 이에 대한 대책이 요구되는데, 도내에서 조생종은 등숙기 중 기온상승으로 인하여 분상질립이 증가하는 등 쌀 품질저하가 우려되므로 고품질품종 선택과 재배기술 개선을 통하여 쌀 품질을 개선하는 것이 시급하다. 또한 벼 재배가능기간이 길어져 조생종 재배지대에 중생종, 중생종 재배지대에 중만생종의 적응성을 검토하는 연구도 필요해 졌다. 따라서 조생종의 품질향상을 위한 재배기술 연구 및 비장려품종에 대한 적응성 검토를 목적으로 본 연구를 수행하였다.

나. 벼 친환경 생력재배기술 개발

1995년부터 2014년까지 우리 쌀 시장은 MMA(Minimum Market Access)에 따른 쌀 의무수입량이 해마다 증가하고 있고 2015년부터는 쌀 시장이 완전개방될 예정이며, 쌀 소비량 감소로 인한 쌀 가격하락으로 벼 재배의 수익성은 더욱더 하락하고 있는 실정이다. 이에 따라 쌀 생산감축과 더불어 생산비를 절감할 수 있는 재배기술에 대한 관심이 증가되고 있는 상황이어서, 벼 무논점과 재배법이 빠른 속도로 확산되고 있다. 그러나 벼 무논점과 재배시 질소소비량은 이앙재배시와 동일하다고 기술보급되고 있으나 도내에서 질소소비량에 대한 시험성적은 없는 상황이어서 본 연구에서는 질소소비량을 설정연구를 수행하고자 하였고, 경영비 절감 및 친환경 생력재배를 위한 친환경 무경운 직파재배법에 대한 가능성을 검토하고자 하였다.

2. 주요 결과

가. 기후변화에 따른 환경영향 및 적응성 평가

<시험1> 벼 등숙기 고온에 따른 쌀 품질변이 연구('10~'11)

1) 이앙기별 주요생육, 수량 및 품질 특성(2010)

운광벼의 이앙시기별 주요 생육, 수량, 품질 및 등숙 온도를 표 1-1에 나타내었다. 이앙시기가 늦어지면 출수기가 늦어졌고 간장은 길어졌으며 주당수수는 적어졌다. 쌀 수량도 이앙

기가 늦어질수록 적어졌는데, 그 원인은 영양생장기가 단축되어 주당수수가 적어진 때문으로 판단되었다. 이 결과는 일반 농가에서 만기이앙을 기피하고 조기이앙을 선호하는 이유를 잘 보여주고 있다. 수량과는 반대로 완전미율은 이앙시기가 늦을수록 증가되어 완전미수량은 이앙시기간에 큰 차이가 없었다. 또한 도요식미치는 이앙기가 늦어질수록 증가되어 완전미율과 더불어 밥맛도 좋아지는 것으로 보였다.

표 1-1. 운광벼의 생육 수량 및 품질 특성

파종시기 (월. 일)	출수기 (월. 일)	간장 (cm)	주당수수 (개/포기)	수량 (kg/10a)	완전미율 (%)	완전미수량 (kg/10a)	식미치 (Toyo)	등숙온도 (°C)
5. 10	7. 25	65	14.0	596 a ^{*)}	76.5	456a	59	26.0
5. 25	7. 31	66	11.0	519 b	84.5	439a	62	25.7
6. 10	8. 7	71	9.8	489 b	91.9	449a	66	24.7

*) : DMRT 5%

2) 이앙기, 재식거리 및 재식본수별 생육 및 수량 특성(2011)

표 1-2에는 각 품종의 이앙시기별 절간장과 줄기의 건물중을 나타내었는데, 운광벼는 6월 10일 이앙구에서 절간장이 크게 신장되어 내도복성이 약해질 것이 우려되었으나 각 절간장이 고르게 신장되었고, 특히 건물중은 각 절간이 크게 증가하여 줄기가 더 굵고 튼튼해진 것을 알 수 있었다. 오래벼 역시 운광벼에 비해서는 상대적으로 절간장과 줄기 건물중의 증가폭은 적었지만 비슷한 경향을 보였다.

표 1-2. 품종 및 이앙기별 절간 생육 특성

품종	이앙기 (월. 일)	절간장(cm)			건물중(g/줄기)		
		계	상위1절	하위절	계	상위1절	하위절
운광	5. 25	61.7	31.6	30.1	3.05	0.75	2.30
	6. 10	67.1	33.0	34.1	4.20	1.00	3.20
오래	5. 25	58.1	29.9	28.2	3.01	0.52	2.49
	6. 10	60.5	31.7	28.8	3.38	0.59	2.79

이앙시기, 재식거리 및 재식본수간의 엽색도를 비교하였는데(표 1-3), 5월 25일보다는 6월 10일, 30×15cm보다는 30×13cm, 3본보다는 5본 이앙구에서 엽색이 연하였다. 이러한 차이가 나타난 것은 표 1-2에서 살펴본 바와 같이 6월 10일 이앙시 간장이 길고 건물중이 높았으며, 30×13cm 및 5본 이앙구에서는 m²당 수수가 많아진 것이 원인인 것으로 보였다(표 1-4).

m²당 이삭수와 입수는 6월 10일, 30×13cm-5본 이앙구에서 많은 경향을 보였다. 운광벼는 6월 10일 이앙구에서 재식거리 및 본수와는 무관하게 등숙율과 천립중 증가로 인하여 증수되었기에 재식거리와 본수의 효과가 뚜렷하지는 않았지만, 30×13cm-5본 이앙시 가장 높은 수량을 보였다. 오래벼는 운광벼와는 달리 6월 10일 이앙구에서 등숙율과 천립중의 증가경향이 없었기에 수량에서 이앙기, 재식거리 및 재식본수의 효과가 뚜렷이 나타났다. 6월10일-30×13cm-3본 이앙구에서는 6월10일-30×15cm-3본 이앙구보다 9% 증수되었고, 재식본수 5본 이앙시 3본 이앙구보다 2% 증수되어 6월10일-30×13m-5본 이앙시 5월25일-30×15cm-3본 이

양구보다 5% 증수되었다. 본 결과에서 운광벼는 이앙기만 늦어진 경우에도 수량이 증가되었지만 2010년의 운광벼나 2011년의 오래벼와 같이 이앙기가 늦어지면 분얼수가 적어지면서 수량도 감소되는 것이 일반적인 경향이므로 수량을 증가시키기 위해 재식거리와 본수의 조정은 반드시 필요하다고 판단된다.

표 1-3. 품종, 이앙기, 재식거리 및 재식본수별 엽색도

품종	이앙시기 (월. 일)	30×15cm		30×13cm	
		3본	5본	3본	5본
운광	5. 25	38.6	38.0	39.1	37.6
	6. 10	38.7	36.3	34.9	34.6
오래	5. 25	41.2	39.1	40.9	39.4
	6. 10	39.4	38.5	38.1	37.2

표 1-4. 품종, 이앙기, 재식거리 및 재식본수별 주요생육 및 수량

품종	이앙기 (월. 일)	재식거리 (cm)	재식본수 (본/주)	출수기 (월. 일)	간장 (cm)	수수 (개/㎡)	입수 (개/㎡)	등숙율 (%)	천립중 (g)	쌀 수량 (kg/10a)
운광	5. 25	30×13	3	8/2	63	246	29,766	77	23.9	544 abc [♪]
			5	8/2	61	269	28,783	81	23.3	530 abc
	6. 10	30×15	3	8/2	62	233	26,096	80	23.7	521 bc
			5	8/2	60	251	28,865	73	23.7	513 c
	5. 25	30×13	3	8/11	67	210	28,560	88	24.2	545 abc
			5	8/11	65	246	29,520	86	23.9	564 a
6. 10	30×15	3	8/11	70	202	25,250	89	24.3	559 ab	
		5	8/11	69	226	26,668	88	24.2	552 ab	
오래	5. 25	30×13	3	8/1	58	289	30,056	77	21.1	459 a
			5	8/1	55	307	29,779	78	21.7	460 a
	6. 10	30×15	3	8/1	59	278	29,190	77	21.7	474 a
			5	8/1	58	282	28,200	82	22.2	478 a
	5. 25	30×13	3	8/13	62	228	27,816	80	21.4	489 a
			5	8/13	62	264	30,096	78	21.2	499 a
6. 10	30×15	3	8/13	62	206	25,750	77	21.0	447 a	
		5	8/13	62	233	26,795	77	21.1	456 a	

♪ : DMRT 5%

3) 이앙기, 재식거리 및 재식본수별 기상 및 품질 비교(2011)

본 연구에서 2011년 운광벼와 오래벼의 출수후 40일간의 기상조건은 표 1-5과 같았다. 6월 10일 이앙 운광벼와 오래벼의 등숙온도는 각각 23.4, 22.8℃로써 최적등숙온도(22℃)보다는 다소 높았지만, 5월 25일 이앙구보다 각각 0.9, 1.6℃ 낮아져서 완전미율 등 품질이 향상될 것으로 기대되었다. 일조시간은 비슷하였고 강수량은 다소 차이를 보였지만 수량과 품질에 미치는 영향은 적을 것으로 판단되었다.

표 1-5. 품종 및 이앙기별 출수후 40일간 기상

품종	이앙기 (월. 일)	등숙기 온도(°C)			일조합 (hrs)	강수량합 (mm)
		평균	최고	최저		
운광	5. 25	24.3	28.9	21.0	169	147
	6. 10	23.4	28.1	19.9	167	96
오래	5. 25	24.4	29.0	21.1	168	165
	6. 10	22.8	27.7	19.2	174	90

백미 완전미율은 6월 10일 이앙시 5월 25일 이앙 대비 큰 폭으로 증가되었는데, 운광벼는 93.5%로 7.2%, 오래벼는 96.2%로 5.0% 증가되었다. 단백질 함량은 차이가 나타나지 않았는데, Honjo(1971)와 Kataoka(1975)가 등숙기의 높은 기온이 단백질을 증가시킨다고 하였으나 본 연구에서의 온도차이가 상대적으로 적었기 때문에 함량 변화가 뚜렷이 나타나지 않았던 것으로 보인다. 또한 6월 10일 이앙시 2010년의 결과와 마찬가지로 도요식미치가 운광벼는 2, 오래벼는 9포인트 증가되었는데(표 1-6) 늦게 이앙하여 등숙온도가 낮아질수록 밥맛이 좋아지는 것으로 나타났다.

표 1-6. 품종 및 이앙기별 쌀 품질

품종	이앙기 (월. 일)	완전미 (%)	불완전미(%)			단백질 (%)	식미치 (Toyo)
			분상질립	싸라기	피해립		
운광	5. 25	86.3	6.7	6.5	0.5	5.1	63
	6. 10	93.5	3.4	3.0	0.2	5.1	65
오래	5. 25	91.2	4.2	3.7	0.8	5.7	75
	6. 10	96.2	1.2	1.9	0.6	5.6	84

<시험2> 지대별 벼 품종 적응성 평가('08~'10)

평야지 춘천에서 삼광벼를 대비품종으로 하여 호품벼 등 9품종의 적응성을 조사하였다. 대비품종 삼광벼는 밥맛이 좋고 복합내병성 품종으로 농가의 호평을 받으며 2011년에는 도내에 2,152ha 재배되었지만 감부기병과 도복에 취약하여 개선이 필요한 품종이다. 칠보벼는 감부기병에 강하고 내도복성이며 완전미율이 높았고 밥맛도 좋은 것으로 나타났고, 호품벼와 온누리벼는 수량이 가장 많았고 밥맛도 좋은 것으로 나타났다.

표 1-7. 평야지(춘천)에서 남부지방 적응 고품질품종의 적응성 평가

품종	출수기 (월. 일)	간장 (cm)	수수 (개/주)	감부기 (0-9)	도복 (1-9)	수량 (kg/10a)	완전미 (%)	단백질 (%)	식미치 (Toyo)
삼광벼(대)	8. 20	75	14	1	2	558	97	5.7	80
호품벼	8. 22	61	15	1	1	597	94	5.9	78
칠보벼	8. 17	67	21	0	1	524	98	6.3	75
온누리	8. 19	66	14	0	1	603	94	6.1	69
황금누리	8. 25	67	14	1	1	497	93	6.0	68
일미벼	8. 20	71	15	0	1	551	97	6.3	70
남평벼	8. 20	72	17	0	1	539	96	6.3	72
주남벼	8. 23	61	14	0	1	534	96	5.9	75
동진1호	8. 17	74	14	0	1	550	96	6.1	67
동진2호	8. 21	60	14	1	1	514	92	5.8	76

중간지 철원에서는 오대벼를 대비품종으로 하여 청아, 청담벼 등 중생 5품종의 적응성을 조사하였다. 철원지역에서 적응성이 높은 품종은 청아벼인 것으로 나타났는데 청아벼는 8월 15일 출수되어 철원에서 시험품종 중 유일하게 적기에 출수되었다. 청아벼는 타시험품종에 비하여 수확량은 다소 적었지만 완전미율이 97%로 가장 높아 원료곡을 그대로 사용하여도 쌀 품위등급 표기시 1등급 표시가 가능하고 식미치도 가장 높게 나타났다. 청담 등 다른 품종들은 3년간의 시험결과에서 감부기병 발생이 많았던 것을 제외하고 수량과 품질은 우수하였으나 출수기가 8월 20일 전후여서 중간지 철원에서는 재배안전성이 다소 떨어지는 것으로 판단되었다.

동해안지 강릉에서는 오대벼를 대비품종으로 청아, 청담벼 등 중생 5품종의 적응성을 조사하였는데, 5개 시험품종이 모두 적기에 출수되었다. 그 중 청아벼와 수라벼는 감부기병이 적고 완전미율이 높았으며 식미치도 높게 나타나 유망한 것으로 나타났다.

표 1-8. 중간지(철원)에서 중생종의 적응성 평가

품종명	출수기 (월. 일)	간장 (cm)	감부기 (0-9)	흰잎마름병 (0-9)	수량 (kg/10a)	완전미 (%)	단백질 (%)	식미치 (Toyo)
오대벼(대)	8. 1	71	0	5	557	90	7.2	68
청아벼	8. 15	79	1	3	540	97	6.5	82
청담벼	8. 21	76	2	1	588	92	6.1	75
화영벼	8. 20	76	2	0	612	96	6.5	78
수라벼	8. 19	67	0	1	605	96	6.2	82
서안1호	8. 20	73	2	1	592	92	6.2	76

표 1-9. 동해안지(강릉)에서 중생종의 적응성 평가

품종명	출수기 (월. 일)	간장 (cm)	감부기 (0-9)	천립중 (g)	수량 (kg/10a)	완전미 (%)	단백질 (%)	식미치 (Toyo)
오대벼(대)	8. 3	61	1	27.0	495	92	6.1	73
청아벼	8. 13	68	1	22.6	486	99	6.2	83
청담벼	8. 20	65	4	21.2	527	95	5.5	81
화영벼	8. 17	63	3	23.1	472	98	6.1	77
수라벼	8. 18	58	1	22.6	520	98	5.8	82
서안1호	8. 21	60	2	21.7	496	98	5.8	78

표 1-10. 최근 10년('00~'09)간 기상으로 본 지역별 출수적기 및 한계기

지역	완전미수량을 위한 출수적기		안전출수 한계기		평년대비 출수적기
	기간	해당품종	일자	해당품종	
춘천	8. 9~20	칠보, 동진1, 온누리, 삼광, 일미, 남평	8.25	동진2, 호품, 주남, 황금누리	3-4일 늦어짐
철원	8.10~15	청아	8.20	수라, 화영, 서안1	비슷함
강릉	8.10~22	청아, 화영, 수라, 청담, 서안	8.29	-	2일 늦어짐

※ 출수후 40일간 일평균기온의 평균 : 21~23℃(출수적기), 20℃(안전출수한계기)

나. 벼 친환경 생력 재배기술 개발

<시험1> 벼 무논점과 재배시 적정질소 시비량 구명

1) 절간특성 비교

질소시비량에 따른 절간장, 줄기의 건물중 및 포장도복 정도를 비교하였다(표 2-1). 질소 무시비구에서는 질소 공급량이 적었던 이유로 호반벼의 줄기는 절간장 합계가 58.5cm로써 상위 1절이 30.9, 하위절이 27.6cm이었다. 7, 9kg 수준에서는 질소 무시비구 대비 질소 공급량이 증가되었음에도 불구하고 상위 1절은 거의 변화가 없었고 하위절은 각각 7.1, 7.4cm 신장되었다. 그러나 질소 11kg 수준에서 질소 무시비구 대비 상위 1절이 2.7cm 신장되었고 하위절은 8.4cm가 신장되었는데 하위절은 상위 1절에 비하여 굵기 때문에 내도복성에 미치는 영향이 크지 않을 것으로 판단되지만 상위절은 가늘고 약하기 때문에 상위절 신장은 내도복성 감소로 이어질 수 있다고 판단되었는데 실제 포장도복지수 조사치에서도 상위1절이 상대적으로 짧은 질소 0, 7, 9kg/10a 수준에서는 전혀 도복이 나타나지 않았지만 11kg/10a 수준에서는 만곡도복이 나타났다. 또한 질소 시비량이 증가될수록 이삭의 무게도 증가되어 11kg 이상 시비할 경우에는 줄기는 더욱 약해지고 이삭은 더욱 무거워지는 결과가 초래되어 내도복성은 더욱더 약해질 것으로 추정되었다.

표 2-1. 질소시비량별 절간의 특성 비교

N 시비량 (kg/10a)	절간장(cm)			건물중(g)		포장 도복지수 (1-9)
	상위1절	하위절	계	이삭	줄기	
0	30.9	27.6	58.5	1.87	0.60	1
7	30.8	34.7	65.5	2.10	0.61	1
9(대비)	30.4	35.0	65.4	2.24	0.60	1
11	33.6	36.0	69.6	2.45	0.72	3

표 2-2에서 벼 출수기는 질소 무시용구에서 8월 15일로 질소 시용구보다 3일 늦었는데 질소 부족에 따른 생육 지연이 원인인 것으로 보였다. 간장은 절간장의 계와 비슷한 결과를 보였고 주당수수는 시비량이 많을수록 증가되는 결과를 보였다. 그러나 수당립수와 등숙율은 10a당 질소 9kg 수준에서 최고치를 보였고 11kg 수준에서는 변화 없거나 오히려 감소되는 결과가 나타났다. 질소비료를 50-20-30(밀거름-가지거름-이삭거름)의 비율로 분시하였는데, 질소 9kg 수준에서 주당수수가 적었던 것은 가지거름이 부족하였다는 것을 의미하고, 수당립수가 많고 등숙율이 높았던 것은 이삭거름은 적정하였다는 것을 의미한다. 따라서 무논점과 재배시 질소비료를 9kg 수준으로 시용할 경우 가지거름을 다소 증가시키는 방향으로 분시율 조정이 필요하다는 결론이 도출되는데 향후 이에 대한 추가 연구가 필요한 것으로 보인다. 정현율은 질소 9kg/10a 이상 시용시 83%로 양호하였고, 천립중은 시비량이 많을수록 낮았는데 입수가 많아질수록 알 크기는 적어졌다. 쌀 수량은 시비량 증가와 더불어 증가되었는데, 10a당 질소시비량 7kg과 9kg간의 수량 차이는 50kg이었지만, 9kg과 11kg간에는 수량차이가 크게 줄었고 통계적인 유의차도 없었다.

표 2-2. 질소시비량별 벼 생육 및 수량특성

N 시비량 (kg/10a)	출수기 (월.일)	간장 (cm)	주당 수수	수당립수	등숙율 (%)	정현율 (%)	천립중 (g)	쌀수량 (kg/10a)	지수
0	8.15	61	9.2	80	94.5	82	22.6	290 c	61
7	8.12	70	10.6	97	94.7	82	22.5	429 b	90
9(대비)	8.12	71	11.1	106	95.1	83	22.3	479 ab	100
11	8.12	74	11.5	105	94.0	83	22.2	494 a	103

♪ : DMRT 5%, 품종 : 호반벼, 파종기 : 5월 30일

질소시비량별 쌀 품위는 차이가 적었는데 대체로 질소 9, 11kg 수준에서 싸라기와 분상질립이 적은 경향을 보였고, 단백질 함량은 7 < 9 < 11 < 0kg/10a 순으로 높았는데 7, 9, 11kg 시비구간의 단백질 함량차이는 예상되었던 것이었으나 무시용구에서 높았다는 것은 다소 의외의 결과였다. 관수 등을 통한 질소의 천연공급량이 6.5kg/10a에 이른다고 알려져 있는데 이와 더불어 토양 유기물 등으로 토양에 잔존해 있던 질소성분이 공급되었다고 가정하면 화학비료로 질소를 공급하지 않았기에 질소 흡수율이 향상되었을 것이고 이에 따라 쌀 수량이 매우 적었던 질소 무시용구에서 단백질 함량이 상승할 수도 있었을 것으로 추정된다. 본 시험은 품종 특성상 완전미율이 높은 호반벼를 이용하였고 파종기가 5월 30일로 8월 중순에 출수되어 쌀 품질이 매우 양호하였다. 2011년 시행된 양곡표시제에 따른 품위등급표기시 원료곡을 그대로 사용하여도 품위 1등급으로 매우 우수한 품질의 쌀이 생산된 것으로 조사되었고, 단백질 함량은 7, 9kg 수준에서는 각각 5.7, 5.9%로 6.0% 이하로 나타났는데, 11kg 수준에서는 6.1%로 높아졌다. 이 결과에서 10a당 질소시비량 7~11kg 구간에서 질소 2kg이 증가될 때마다 쌀 단백질 함량은 약 0.2% 증가된 것으로 나타났다(표 2-3).

표 2-3. 질소시비량별 쌀 품질 특성

N 시비량 (kg/10a)	완전립 (%)	불완전립(%)				단백질 (%)	품질표시 등급	
		싸라기	분상질	피해립	열손립		품위 (1-5)	단백질 (수, 우, 미)
0	97.3	2.3	0.4	0.0	0.0	6.3	1	우
7	97.4	2.1	0.3	0.2	0.0	5.7	1	수
9	97.8	2.0	0.2	0.1	0.0	5.9	1	수
11	97.8	2.0	0.2	0.0	0.0	6.1	1	우

<시험2> 친환경 무경운 직파재배 적용성 검토

2010년 10월 20일에 벼 입모중에 콩 파종기를 이용하여 올보리를 무경운 파종하였고 벼 수확하면서 벧짚으로 피복하였다. 월동 당시 보리의 생육단계는 1.2엽기로 일반재배에 비하여 다소 늦은 경향을 보였다. 2011년 5월에 보리 생육조사 결과, 분얼수와 수수가 적고 간경이 가늘었으며, 건물중도 낮은 등 일반재배에 비하여 보리 생육이 많이 떨어지는 모습을 보였다(표 2-4). 이 원인은 월동당시 보리의 생육단계가 다소 늦었고 무경운 및 무비료 환경에 의하여 일반재배에 비하여 보리 생육이 많이 떨어진 것으로 보였다. 보리 생육량이 적어

의 건물중이 일반재배의 33% 수준이라는 것은 벼 파종 후 보리짚 피복량이 적어 이후 벼 생육기에 잡초발생량이 다소간 많아질 것이라는 예측이 가능하였다.

표 2-4. 보리 친환경 무경운 직파시의 생육

재배방법	간장 (cm)	월동시 생육단계	분얼수 (개/본)	간경 (mm)	수수 (개/m ²)	건물중	
						kg/10a	지수
일반재배 (보리 원원종)	51	2.0엽기	2-3	3.3	699	524	100
친환경 무경운 (파종 '10.10.20)	43	1.2엽기	1-2	3.0	329	172	33

벼 친환경 무경운 직파시기별 초기생육 조사결과는 표 2-5와 같았다. 결주율은 논외 배수 상태에 따라 큰 차이를 보였는데 배수가 양호한 시험구에서 결주율이 낮게 나타났고 배수 불량인 시험구에서는 결주율이 매우 높았다. 따라서 이 재배법 적용시 반드시 배수로를 설치해야 할 것으로 보였다. 파종기에 따른 생육 차이는 거의 나타나지 않았다.

표 2-5. 친환경 무경운 직파 파종기별 벼 초기생육

파종시기 (월. 일)	배수상태	결주율 (%)	초장 (cm)	주당경수 (개)	비고
5. 10	양호	23	44.5	5.5	결주 원인 - 보리 피복량 부족 - 배수 불량
	불량	60			
5. 30	양호	6	45.9	5.7	
	불량	52			

벼 친환경 무경운 직파재배시 잡초발생량은 표 2-6과 같았다. 일반재배시 제초제를 2회 사용하였음에도 불구하고 저항성 잡초로 보이는 물달개비가 많이 발생하였고 보리짚 피복과 건습반복의 물관리가 유일한 제초방법인 친환경 무경운구에서는 올챙이고랭이가 많았다. 이러한 결과는 일반재배에서는 상시담수하였고 친환경 무경운구에서는 약 10일에 1회씩만 관수하여 건습이 반복되도록 관리한 것이 원인인 것으로 추정되는데, 건답인 기간이 길었던 만큼 관수량이 적어져 비료성분의 천연공급량도 적었을 것이라는 추정도 가능하였고 무시비 및 잡초와의 경합 등으로 인하여 벼 생육량은 더 적어질 것으로 예상되었다.

표 2-6. 친환경 무경운 직파재배시 잡초발생량

재배방법	초종별 발생본수(생체중g/m ²)				
	올챙이고랭이	물달개비	미국외풀	기타	계
일반재배 (제초제 2회)	-	60 (453)	17 (4)	3 (1)	80 (458)
친환경 무경운 (보리짚 피복)	211 (363)	-	-	8 (8)	219 (371)

표 2-7에서 주요생육 및 수량특성을 최신 직파재배방법인 무논점과 재배구와 비교하였다. 친환경 무경운 시험구의 벼는 생육과 수량이 무논점과 재배구보다 크게 낮았다. 쌀 수량은 약 110kg/10a로써 무논점과 재배구와의 차이가 컸는데, 그 원인은 무경운, 무농약, 무비료, 무제초 등 여러 가지가 있겠으나 가장 중요한 것은 본 시험은 1년차로써 친환경 무경운 재배에 알맞은 토양이 아직 만들어지지 않았다는 것이다. 앞으로 수년간 무경운, 무농약, 무비료 및 무제초로 관리하면서 벼와 보리(또는 헤어리베치)의 2모작재배를 계속한다면 벼짚 및 보리짚의 지속적인 공급과 친환경적인 관리로 미생물이 활성화되고 토양은 부드러워지며 뿌리의 토양침투력이 좋아져 지력이 증대될 것이며, 누적된 벼짚과 보리짚의 영향으로 잡초생육이 억제되고 벼 생육과 수량은 점점 증가되어 2-3년 후에는 무논점과 재배와 수량 차이가 크게 줄어들 것으로 전망된다.

표 2-7. 벼 친환경 무경운 직파 파종기별 생육 및 수량

파종시기 (월. 일)	출수기 (월. 일)	간장 (cm)	수수 (개/m ²)	입수 (개/수)	등숙율 (%)	천립중 (g)	쌀수량 (kg/10a)
5. 10	8. 18	49.0	104	68	81.4	22.4	105
5. 30	8. 20	46.1	102	52	82.2	23.2	116
무논점과(대비)	8. 12	71.2	223	106	82.6	22.3	479

본 재배방법은 친환경 직파재배방법이면서 종자를 제외하고 논에 투입되는 자재가 없고 농기계는 파종과 수확작업에만 이용되며, 인력절감효과도 매우 커서 경영비를 10a당 10만원 미만으로 절감할 수 있는 생산비 극소화 재배방법이지만, 논토양이 본 재배법에 적응하도록 만들어지기까지 3년 이상 소요될 것으로 전망되므로 금년에는 재배상 몇 가지 문제점과 개선대책만을 확인한 채로 과제 수행을 중단하고자 한다. 앞으로 수년간 벼 재배와 보리 및 헤어리베치의 2모작을 반복하여 본 재배법에 적합한 토양이 만들어지면 다시 과제 수행하고자 한다.

3. 고 찰

가. 기후변화에 따른 환경영향 및 적응성 평가

<시험1> 벼 등숙기 고온에 따른 쌀 품질변이 연구('10~'11)

- 1) 이앙기별 주요생육, 수량 및 품질 특성(2010)
 - 벼의 이앙시기가 늦어지면 주당수수가 감소되어 쌀 수량이 감소되었지만, 완전미율과 도요식미치는 증가되어 품질은 향상된 것으로 나타났다.
- 2) 이앙기, 재식거리 및 재식본수별 생육 및 수량 특성(2011)
 - 6월 10일 이앙구에서 벼 절간이 크게 신장되었고, 줄기 건물중도 증가하여 줄기가 굵고 튼튼해진 것으로 나타났다.
 - 벼 엽색도는 이앙기별로는 5월 25일보다는 6월 10일, 30×15cm보다는 30×13cm, 3분보다는 5분 이앙구에서 엽색이 연하였다. 이러한 차이는 6월 10일 이앙구에서는 간장이

길고 건물중이 증가하였으며, 30×13cm 및 5본 이앙구에서 m²당 수수가 많아진 것이 원인인 것으로 보였다.

- m²당 이삭수와 입수는 6월 10일 이앙시 30×13cm-5본 이앙구에서 뚜렷이 증가되었다.
- 윤광벼와 오래벼 모두 6월 10일-30×13m-5본 이앙구에서 5월 25일-30×15cm-3본 이앙구보다 각각 8, 5% 증수되었다.

3) 이앙기, 재식거리 및 재식본수별 기상 및 품질 비교(2011)

- 6월 10일 이앙 윤광벼와 오래벼의 등숙온도는 각각 23.4, 22.8℃로써 최적등숙온도(22℃)보다는 다소 높았지만, 5월 25일 이앙구 대비 각각 0.9, 1.6℃ 낮아졌고 따라서 백미 완전미율은 윤광벼는 93.5%로 7.2%, 오래벼는 96.2%로 5.0% 증가되었다.
- 단백질 함량은 차이가 없었는데, 등숙기의 높은 기온이 단백질을 증가시킨다고 알려져 있으나 본 연구에서의 온도차이가 크지 않아 함량 차이가 나타나지 않았던 것으로 보였다.
- 도요식미치는 2010년의 결과와 마찬가지로 윤광벼는 2, 오래벼는 9포인트 증가되었는데 만기이앙으로 등숙온도가 낮아져 밥맛이 좋아진 것으로 보였다.

<시험2> 지대별 벼 품종 적응성 평가('08~'10)

- 평야지 춘천 : 칠보벼는 껍부기병에 강하고 내도복성이며 완전미율이 높았고 밥맛도 좋은 것으로 나타났다. 호품벼와 온누리벼는 수량이 가장 많았고 도요식미치도 높게 나타났다.
- 중간지 철원 : 청아벼는 8월 15일 출수되어 철원에서 시험품종중 유일하게 적기에 출수되었다. 타시험품종 대비 수확량은 다소 적었지만 완전미율이 높아 원료곡을 그대로 사용하여도 쌀 품위등급 표기시 1등급 표시가 가능하고 식미치도 높게 나타났다.
- 동해안지 강릉 : 5개 시험품종이 모두 적기에 출수되었는데 그 중 청아벼와 수라벼는 껍부기병이 적고 완전미율이 높았으며 식미치도 높게 나타나 유망한 것으로 보였다.

나. 벼 친환경 생력 재배기술 개발

<시험1> 벼 무논점과 재배시 적정질소 시비량 구명

1) 절간특성 비교

- 질소 9kg 수준까지는 주로 하위절간이 신장되어 도복에 미치는 영향은 적을 것으로 보였으나, 11kg 수준에서는 주로 상위 1절이 신장되었는데 상위1절은 가늘고 약하기 때문에 상위1절 신장은 내도복성 감소로 이어질 수 있다고 판단되는데 실제 포장에서도 만곡도복이 나타났다.
- 질소를 11kg 이상 시비할 경우 줄기는 더욱 약해지고 이삭은 무거워져 내도복성은 더욱 약해질 것으로 보였다.
- 간장과 주당수수는 시비량이 많을수록 증가되었지만, 수당립수와 등숙율은 질소 9kg 수준에서 최고치를 보였고 11kg 수준에서는 변화 없거나 오히려 감소되었다. 이 결과로 질소 9kg 수준에서는 가지거름은 다소 부족하였고, 이삭거름이 적정하였다는 것을 의미한다. 따라서 무논점과 재배시 질소비료를 9kg 수준으로 사용할 경우 가지거름을

다소 증가시키는 방향으로 분시율 조정이 필요한 것으로 판단되었다.

- 정현율은 질소 9kg/10a 이상 사용시 83%로 양호하였고, 천립중은 시비량이 많을수록 낮았는데 입수가 많아질수록 알 크기는 작아졌다.
- 쌀 수량은 질소 시비량과 함께 증가되었는데, 9kg 수준에서는 질소 11kg 사용구와의 수량차이가 약 3%로써 적었다.
- 쓰라기와 분상질립은 질소 9, 11kg 수준에서 적었고, 단백질 함량은 $7 < 9 < 11 < 0\text{kg}/10\text{a}$ 순으로 높았다. 질소 7~11kg/10a 사이에서는 질소시비량이 2kg 증가시 쌀 단백질 함량은 약 0.2%씩 증가되었다.
- 본 연구에서 호반벼를 무논점과 재배할 경우, 질소를 9kg/10a 사용하면 원료곡을 그대로 사용하여도 쌀의 품위등급 1등급, 단백질 함량등급 '수'로 매우 우수한 품질의 쌀이 생산이 생산되는 것으로 나타났다.

<시험2> 친환경 무경운 직파재배 적응성 검토

- 벼 보리 생육 조사결과 일반재배의 1/3 수준으로 보리 생육량이 적었다.
- 벼의 결주율은 배수가 불량한 시험구에서 높게 나타나 이 재배법 적용시 필수적으로 배수로를 설치해야 할 것으로 보였다.
- 벼 일반재배구에서는 저항성 잡초로 보이는 물달개비가 주로 발생하였고 친환경 무경운구에서는 올챙이고랭이가 주로 발생하였다. 이러한 잡초발생 양상 차이는 친환경 무경운구에서는 건습이 반복되도록 관리한 것이 원인인 것으로 추정되었다.
- 친환경 무경운구의 쌀 수량은 약 110kg/10a로 무논점과 재배구보다 크게 낮았는데, 그 원인은 무농약, 무비료, 잡초 무방제 등 여러 가지가 있겠으나 가장 중요한 것은 본 시험이 1년차로써 친환경 무경운 재배에 알맞은 토양이 아직 만들어지지 않았다는 것이다. 본 재배방법을 지속한다면 토양미생물이 활성화되어 토양은 부드러워지고 벼 뿌리가 깊이 침투하며, 벼짚과 보리짚에 의한 잡초억제로 생산성이 점차 향상될 것으로 기대된다.
- 본 재배법은 친환경적이면서도 생산비도 매우 낮은 재배방법이나 논토양이 본 재배법에 적응하도록 만들어지기까지 3년 이상 소요될 것으로 전망되므로 금년에는 재배상 문제점과 개선대책만을 확인한 채로 과제 수행을 중단하고, 수년간 벼와 동계작물의 2모작을 계속하여 본 재배법에 적합한 토양이 만들어지면 다시 과제 수행하고자 한다.

4. 결과활용 요약

구 분	계	영농활용	논문게재	기초활용	기타
계	9	4	1	4	
기후변화에 따른 환경영향 및 적응성평가	7	3	1	3	
벼 친환경 생력재배기술 개발	2	1		1	

5. 세부과제 Abstract

가. 기후변화에 따른 환경영향 및 적응성평가('08 ~ '11)

In this study, two trials were conducted. The one was to improve rice cultivating technique for high quality and the other was to select rice varieties adaptable in Gangwon province in order to respond to recent climate changes.

In the 1st trial, the yield of Unkwang-byeo was 596kg/10a when transplanted on May 10, 2010. The rice yield decreased with delaying transplanting date. The head rice rate was 91.9% when transplanted in June 10, and the rate decreased as the transplanting got earlier. In 2011, the yield increased by 5~8% when transplanted on June 10 because of the increase of ripening rate and 1,000 grain weight. The yield, when transplanted in the distance of 30×13 cm with 5 roots, was higher than the other treatments. The yield of Orae-byeo, transplanted on June 10, decreased by 6% compared with transplanting on May 25, while the yield, when transplanted in the distance of 30×13cm with 5 roots, increased by 5% because of the increase in the number/m² of panicle and grain. The head rice rates of the two varieties increased by 5~7% and the Toyo palatability appeared to get improved when transplanted on June 10 possibly because of the effect of low ripening temperature by 0.9~1.6°C by delaying heading date from 9 to 12 days.

In the 2nd trial, 10 rice varieties, which are mid-late maturing varieties and cultivated in southern regions, were evaluated in 2 plain regions, Chuncheon and Wonju. Hopumbyeo, Onnuribyeo and Chilbobyee were selected in Chuncheon, and Onnuribyeo, Dongjin 2ho and Chilbobyee were selected in Wonju for high quality and yield. Onnuribyeo and Chilbobyee appeared to be promising varieties in Gongwon plain regions. 5 rice varieties, which are medium-maturing varieties, were evaluated in 2 plain regions, Cheorwon and Gangrung. Cheongabyeo was selected in Cheorwon, and Cheongabyeo, Surabyeo and Seoanilho were selected in Gangrung. Especially Cheongabyeo could be harvested earlier than the other testing varieties because it has uniform ripening and short ripening period.

나. 벼 친환경 생력재배기술 개발('11)

Rice puddled-field spot seeding is regarded prosperous as a rice cultivation technique for labor-saving and cost down to prepare for the opening up rice market. In this test, we intended to confirm the appropriate N fertilizing amount in rice puddled-field spot seeding. 0, 7, 9 and 11kg/10a of N were fertilized. When 7 and 9kg/10a of N was fertilized, upper 2nd to 5th internode elongated 7.1, 7.3cm respectively while the upper 1st internode didn't elongate, comparing to 0kg/10a of N fertilizing. From this result we could estimate that the elongation will affect little on rice lodging. But when 11kg/10a

of N was fertilized, the upper 1st internode elongated 2.7cm and the other internode elongated 8.4cm, which means the rice plant could be weak in lodge resistance because the upper 1st internode is thin and fragile. Rice yield were 290, 429, 479 and 494kg/10a respectively. The difference of rice yields between of 9 and 11kg/10a was just 15kg, while N fertilizing increased with rice yield. The protein contents appeared to be increased with N fertilizing amount except 0kg/10a. It appeared that 2kg/10a of N increased the protein content by 0.2%. In conclusion, fertilizing 9kg/10a of N would excellent choice in rice puddled-field spot seeding, considering lodging , rice yield and quality.