

전 략 체 계	지속 - 4 - 1		구 분	완결	
기술분야코드	V1	기술유형코드	S02	작목구분코드	FC-01-0101
과 제 종 류	공동연구		과제번호	PJ015083	
과 제 명	온난화 적응 벼 재배시기 재설정 및 폭염 대응 콩, 감자 재배기술 개발				
과 제 책임자	성 명		직 급	소속기관 및 부서	
	강 신 구		농업연구사	국립식량과학원	
연 구 기 간	2020 ~ 2022		참여연구기관	식량원, 경기·강원·충북도원	
세부과제명			부 서	세부책임자	연구기간
온난화 적응 벼 재배시기 재설정 및 폭염 대응 콩, 감자 재배기술 개발(5공동)			작물연구과	윤예지	'20~'22
색 인 용 어	벼, 생태형, 이앙기, 재배지대, 고품질				

ABSTRACT

Due to recent climate change, the temperature in Korea has risen by 1.5°C over the past 100 years, twice the global average. Accordingly, as the cultivation period of rice increases, the possibility of changing the ecological type suitable for each region is raised. It is necessary to develop an appropriate transplantation period for stable, high-quality rice production by ecology type suitable for each region. Therefore, this study was conducted to find a suitable transplanting period for the central plains and eastern coast by comparing the yield and quality according to the transplanting date.

For the test varieties, early maturing ‘Odae’, middle maturing ‘Cheongpum’, and mid-late maturing ‘Samgwang’ were used for each ecotypes. The location was carried out in three areas: Chuncheon, Cheorwon, and Gangneung, which are the central plains and eastern coast. This study was conducted for two years in 2020 and 2021. As for the transplanting period for each region, Transplanting was carried out 5 times from May 20 to June 30 in Chuncheon and from May 10 to June 20 in Cheorwon and Gangneung at 10-day intervals. After harvesting, the yield and the head rice ratio of brown rice were comparatively analyzed.

In all regions and ecotypes, yields tend to decrease as the transplanting season is delayed. In Chuncheon, the earlier the transplanting period, the better the yield and the head rice ratio of brown rice in early maturing variety. For middle and mid-late maturing varieties are appropriate around June 10. In Gangneung, it is best to transplant the middle maturing variety around May 20. Lastly, in case of early maturing variety in Cheorwon, too early transplantation should be avoided as the rice yield and head rice ratio of brown rice will decrease. In case of middle and mid-late maturing varieties, better results were obtained the faster the transplanting was done. The results of this study are thought to be helpful in setting the transplantation period according to the ecological type of the central plain and eastern coast in Gangwon.

최근 온난화에 따른 이상기상의 하나로 폭염에 의한 식량작물 피해가 증가하고 있는 추세이다. 고온, 장해 및 고온 등숙에 따른 벼의 수량성 및 품질이 저하되고, 콩이나 팥, 들깨의 잎 고사 및 불임에 따른 착해율이 감소하고 있다. 또한 고랭지 여름감자의 생육 후반기 평균기온이 상승하면서 폭염피해가 발생하였다(국립기상연구소, 2004). 7월 중하순 평균기온은 2013년도부터 2017년도까지 평균 23.8℃였으나, 2018년도는 27.4℃로 약 3.6℃ 증가하였다.

따라서, 온난화로 작물 등숙기간 변화에 맞춰 재배적기 재설정이 필요한 실정이다. 벼의 경우 등숙적온은 출수 후 40일간 21~23℃이고, 24℃인 경우 쌀 수량은 5% 감소한다고 한다(상, 2018). 등숙기 고온을 회피하여 최적온도에서 등숙이 되도록 재배시기 변경이 필요하다. 또한, 온난화로 벼 재배 가능 기간이 확대되므로 적정 출수생태형 변화 구명이 필요하다. 이앙 가능시기는 빨라지고, 최적출수기 및 안전출수한계기는 점차 늦어지며, 생육기간 기온은 높아지므로 강원도내 지대별 적응 출수생태형도 변화하고 있다(김, 2013).

기존에 기후변화에 따라 변화하는 지역별 농업기후에 근거한 최적 품종의 선택, 이앙기 및 수확기 등 재배시기 조절에 대하여 보고되어 왔다. 이앙시기가 고품질 쌀 생산에 미치는 영향(강 등, 2005; 이 등, 2012; 양 등, 2017), 질소질 비료가 쌀 품질에 미치는 영향(이 등, 2007; 이 등, 2010), 고품질 쌀 생산을 위한 재배 및 수확 후 관리기술 확립(작물과학원, 2005) 외에도 많은 보고서 및 연구결과가 보고되었다.

벼는 출수 후 40일 동안 평균기온이 상승하면 등숙율과 천립중, 완전미비율이 낮아지고, 미숙립이 급격히 증가한다. 또한 단백질 함량이 증가되고 미질이 저하된다. 벼 생육은 다양한 지대나 생태형의 차이, 품종 등에 따른 등숙 고온에 대한 반응은 다르기 때문에 지대 및 생태형별 품질 변화에 대한 기초자료 수집이 필요하다(양, 2017).

온난화의 영향으로 재배가능 기간이 길어지므로 재배 작기의 다양화가 예상된다(국립기상연구소, 2004). 이밖에도 지대에 따라서 기존에 적합하지 않던 벼 출수생태형 품종의 재배가 가능하게 되므로 농가에서 보다 다양한 품종을 선택할 수 있는 대안을 제시할 필요가 있다.

본 과제는 2020년부터 2022년까지 3년간 중부작물부, 경기도농업기술원, 강원도농업기술원, 충청북도농업기술원이 공동으로 수행하였으며, 이 중 본 보고서는 강원도의 중부평야지(춘천), 중북부평야지(철원), 동해안지(강릉)에서 이앙시기 및 생태형을 달리하여 수량 및 품질 변화를 분석한 결과이다.

<제5공동과제: 온난화 적응 벼 재배시기 재설정 및 폭염 대응 콩, 감자 재배기술 개발>

본 과제는 2020년부터 2022년까지 강원도내 평야지인 춘천, 중간지 철원, 동해안지 강릉에서 실험하였다. 출수생태형 품종으로는 조생종인 오대, 중생종인 청품, 중만생종인 삼광으로 진행하였다. 이앙시기는 2020년도의 경우 춘천에서 5월 20일 삼광을 첫 이앙을 시작으로 10일간격으로 6월 30일 까지 4~5회 이앙하였고, 철원과 강릉의 경우 5월 20일 이앙을 시작으로 6월 20일까지 4회 이앙하였다. 2021년도 부터는 춘천 지역은 기존과 동일한 처리를 하였고, 철원과 강릉지역에 5월 10일 이앙구를 추가하여 5월 10일부터 6월 20일까지 4회 처리를 실시하였다(표 1, 표 2).

종자 소독은 60℃ 온탕에서 10분간 침지 후 기포발생기가 내장된 최아기에 32℃를 유지하여 살균제 이프코나졸유제 500배와 살충제 페니트로티온유제 1,000배를 희석한 후 48시간 동안 침지 소독하였다. 소독을 마친 후 24시간 동안 깨끗한 물로 세척한 후 마른 벼 무게 기준으로 150g을 증묘판에 파종하였다. 각 처리당 육묘기간은 30일 증묘로 하였다. 재배방법은 농촌진흥청 기계이앙 증묘 표준재배법에 준하여 실시하였다.

재식거리는 중부평야지 30×14cm, 중북부평야지 및 동해안지 30×12cm로 하였다. 시비는 완효성복합비료를 시비량(N-P₂O₅-K₂O) 기준으로 중부평야지는 9-4.5-5.7kg/10a, 중북부평야지 및 동해안지는 10-4.5-5.7kg/10a를 정량으로 하여 시비하였다.

조사내용은 출수기 및 이삭수, 이삭당 벼알수, 등숙비율, 현미천립중 등 수량구성요소와 기상 및 수량등을 조사하였다. 기상자료는 2020년부터 2022년까지 기상청 자료를 수집하여 분석에 이용하였으며, 평년기상은 30년(1981년 ~ 2010년) 자료를 이용하였다.

본 과제에서 수집된 자료는 SAS enterprise guide(version 7.1)를 이용하여 분석하였다.

<표 1> 2020년도 재배지대별 시험지역, 시험품종 및 이앙시기

시험지역	출수생태형	품종	이앙시기(월.일)				
			5. 20.	5. 30.	6. 10.	6. 20.	6. 30.
춘천 (평야지)	조 생	오대		○	○	○	○
	중 생	청품		○	○	○	○
	중만생	삼광	○	○	○	○	
철원 (중간지)	조 생	오대	○	○	○	○	
	중 생	청품	○	○	○	○	
	중만생	삼광	○	○	○	○	
강릉 (동해안지)	조 생	오대	○	○	○	○	
	중 생	청품	○	○	○	○	
	중만생	삼광	○	○	○	○	

<표 2> 2021~22년도 재배지대별 시험지역, 시험품종 및 이앙시기

시험지역	출수생태형	품종	이앙시기(월. 일.)					
			5. 10.	5. 20.	5. 30.	6. 10.	6. 20.	6. 30.
춘천 (평야지)	조 생	오대			○	○	○	○
	중 생	청품			○	○	○	○
	중만생	삼광		○	○	○	○	
철원 (중간지)	조 생	오대		○	○	○	○	
	중 생	청품	○	○	○	○		
	중만생	삼광	○	○	○	○		
강릉 (동해안지)	조 생	오대		○	○	○	○	
	중 생	청품	○	○	○	○		
	중만생	삼광	○	○	○	○		

3

결과 및 고찰

<제5공동과제: 온난화 적응 벼 재배시기 재설정 및 폭염 대응 콩, 감자 재배기술 개발>

가. 시험기간 중 지대별 기상 개요

지역별 농업기상은 기상청 요소별 추출을 활용하여 평균기온(℃), 강수량(mm), 일조시간(hr)를 사용하였다(표 3). 평균기온은 2020년부터 2022년까지, 평년기온은 30년 기준으로 추출하였다.

<표 3> 지역별 평균, 강수량, 일조시간 비교

지역	구분		4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월
춘천	평균기온 (℃)	평균*	12.0	17.0	22.5	25.1	25.0	20.1	12.2
		평년**	12.0	17.9	22.7	25.6	25.8	20.1	13.0
	강수량 (mm)	평균	65.4	172.0	241.0	243.8	630.0	263.9	112.8
		평년	82.1	116.4	100.2	310.3	401.8	117.5	79.4
	일조시간 (hr)	평균	252.3	226.8	190.4	165.8	127.5	187.5	185.8
		평년	233.0	242.5	237.7	170.5	174.6	179.9	186.1
철원	평균기온 (℃)	평균	11.3	16.7	21.6	24.7	24.2	19.5	11.7
		평년	10.5	16.6	21.3	23.8	24.0	18.9	11.8
	강수량 (mm)	평균	59.8	196.0	329.8	244.8	653.8	317.6	130.9
		평년	68.2	104.7	121.1	401.8	338.0	118.0	48.9
	일조시간 (hr)	평균	277.4	272.4	236.8	242.4	174.8	227.1	217.2
		평년	204.2	224.1	199.5	141.9	169.9	186.7	201.1

지역	구분		4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월
강릉	평균기온 (℃)	평균	11.9	17.4	21.6	24.3	24.3	19.7	13.8
		평년	13.0	18.0	21.3	24.7	25.0	20.5	15.6
	강수량 (mm)	평균	82.5	211.6	245.6	235.4	660.7	290.1	266.0
		평년	69.3	82.8	116.4	252.8	281.5	236.8	116.5
	일조시간 (hr)	평균	268.9	265.0	230.6	211.8	161.5	215.0	190.3
		평년	211.1	218.0	177.6	147.6	153.1	161.0	193.0

※ 평균*: '20~'22, 평년**: 30년 기준

평균기온은 특히 중간지인 철원에서 벼 생육기간 중 유수형성기, 출수기 및 등숙 기간인 7월, 8월, 9월에 평년 대비 0.9℃, 0.2℃, 0.6℃ 이상 높은 기온을 나타냈다. 시험기간 중 등숙 고온에 따른 품질 저하가 우려된다고 할 수 있다. 중부평야지인 춘천의 경우 7월, 8월, 9월 평균기온은 평년대비 각각 0.5℃, 0.8℃, 0.0℃로 평년과 비슷하였다.

시험 기간 중 춘천의 7월 누적강수량은 평년대비 66.5mm 적었으나 8월, 9월은 평년대비 각각 315.8mm, 146.4mm 많았다. 누적일사량의 경우 7월, 8월엔 평년대비 적었으나 9월, 10월로 갈수록 평년대비 많아지는 경향을 보였다. 철원의 7월 누적강수량은 평년대비 157mm 적었으나, 8월, 9월은 평년대비 각각 315.8mm, 199.6mm 많았다. 누적일사량은 각각 100시간, 5시간, 40시간 많았다. 강릉의 7월 누적강수량은 평년대비 17.4mm 적었으나 8월, 9월에는 각각 379.2mm, 199.6mm 많았다. 누적일사량은 7월, 8월, 9월 각각 64시간, 8시간, 54시간 적었다.

나. 시험기간 중 출수 후 40일간 평균 기온

1) 중부평야지(춘천) 40일간 평균 기온

조생종의 경우, 모든 이앙구에서 20℃ 이상이였으며, 중생종의 경우 5월 30일, 6월 10일 이앙구에서 평균기온이 21℃ 이상, 6월 30일 이앙구에서 20℃ 미만을 보였다. 중만생종의 경우 5월 20일, 30일 이앙구에서 20℃ 이상, 6월 10일, 20일 이앙구에서 20℃ 미만이었다(표 4).

<표 4> 중부평야지(춘천)에서 시험기간 중 출수 후 40일 평균기온 (2020~2022, 3년 평균)

구분 \ 품종	오대			청품		삼광	
지역	이앙기	출수기 (월.일.)	평균기온 (℃)	출수기 (월.일.)	평균기온 (℃)	출수기 (월.일.)	평균기온 (℃)
춘천	5.20.	—	—	—	—	8.19.	21.5
	5.30.	7.31.	24.3	8.17.	21.8	8.24.	20.6
	6.10.	8.6.	23.6	8.21.	21.1	8.28.	19.9
	6.20.	8.13.	22.7	8.25.	20.5	9.1.	19.1
	6.30.	8.22.	20.9	8.28.	19.9	—	—

2) 중북부평야지(철원) 40일간 평균 기온

조생종의 경우, 모든 이앙구에서 21℃ 이상이였으며, 중생종의 경우 5월 10일, 20일, 30일 이앙구에서 평균기온이 20℃ 이상, 6월 10일 이앙구에서 20℃ 미만이었다. 중만생종의 경우 5월 10일, 20일 이앙구에서 20℃ 이상, 5월 30일, 6월 10일 이앙구에서 20℃ 미만이었다(표 5).

<표 5> 중북부평야지(철원)에서 시험기간 중 출수 후 40일 평균기온.

(2020~2022, 3년 평균)

구분	품종	오대		청품		삼광	
지역	이앙기	출수기 (월.일.)	평균기온 (℃)	출수기 (월.일.)	평균기온 (℃)	출수기 (월.일.)	평균기온 (℃)
철원	5.10.	—	—	8.15.	21.6	8.21.	20.4
	5.20.	7.29.	23.9	8.18.	21.0	8.22.	20.3
	5.30.	8. 4.	23.1	8.21.	20.4	8.26.	19.8
	6.10.	8.11.	22.4	8.25.	19.9	8.31.	18.7
	6.20.	8.18.	21.0	—	—	—	—

3) 동해안지(강릉) 40일간 평균 기온

조생종의 경우, 모든 이앙구에서 21℃ 이상이였으며, 중생종의 경우 모든 이앙구에서 20℃ 이상이였다. 중만생종의 경우 5월 10일, 20일, 30일, 6월 10일 이앙구에서 20℃ 이상, 6월 20일 이앙구에서 20℃ 미만이었다(표 6).

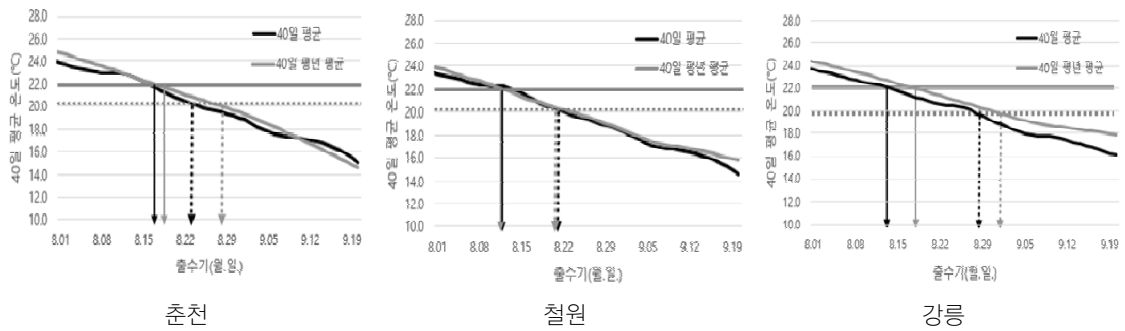
<표 6> 동해안지(강릉)에서 시험기간 중 출수 후 40일 평균기온

(2020~2022, 3년 평균)

구분	품종	오대		청품		삼광	
지역	이앙기	출수기 (월.일.)	평균기온 (℃)	출수기 (월.일.)	평균기온 (℃)	출수기 (월.일.)	평균기온 (℃)
강릉	5.10.	—	—	8.12.	22.1	8.17.	21.2
	5.20.	7.29.	24.0	8.18.	21.0	8.23.	20.4
	6.30.	8. 4.	23.2	8.20.	20.7	8.26.	20.0
	6.10.	8. 9.	22.5	8.24.	20.3	8.29.	19.3
	6.20.	8.16.	21.4	—	—	—	—

4) 지역별 최적출수기 및 안전출수한계기

지역별 최적출수기와 안전출수한계기를 계산하였다. 최적출수기는 출수일로부터 40일 동안의 평균기온이 22℃가 되는 날을 기준으로 계산하였고, 안전출수한계기는 20℃ 미만으로 내려간 날의 바로 전날로 계산하였다. 춘천과 강릉의 경우 평년 대비 최적출수기 및 안전출수한계기가 앞당겨지는 경향을 나타냈다. 철원의 경우 최적출수기 및 안전출수한계기가 평년과 비슷한 수준이었다.



(그림 1) 지역별 최적출수기 및 안전출수한계기

지역별 및 품종별 벼 생육은 표 7과 같다.

(2020~2022, 3년 평균)

지역	품종	이앙기 (월.일.)	출수기 (월.일.)	간장 (cm)	수장 (cm)	수수 (개/주)	m²당수수 (개)
철원	청품	5.10	8.15.	81.5	18.5	19.0	512.0
		5.20	8.18.	84.7	17.7	17.0	497.1
		5.30	8.21.	81.0	17.7	17.5	488.9
		6.10	8.25.	79.7	18.0	17.5	446.9
	삼광	5.10	8.21.	85.5	16.5	19.5	516.0
		5.20	8.22.	85.7	16.7	20.0	543.7
		5.30	8.26.	85.0	17.7	19.0	514.6
		6.10	8.31.	80.0	17.0	18.5	487.5
강릉	오대	5.20	7.29.	71.9	19.6	15.0	429.9
		5.30	8. 4.	73.3	20.3	13.5	385.0
		6.10	8. 9.	72.6	20.1	11.5	354.5
		6.20	8.16.	74.5	20.6	13.0	346.3
	청품	5.10	8.12.	76.0	19.0	13.0	345.5
		5.20	8.18.	78.7	18.8	13.5	391.2
		5.30	8.20.	77.2	19.3	13.0	370.4
		6.10	8.24.	74.3	19.4	11.5	341.2
	삼광	5.10	8.17.	77.0	18.0	13.5	354.5
		5.20	8.23.	78.4	19.1	13.5	366.8
		5.30	8.26.	81.3	18.4	14.5	394.4
		6.10	8.29.	75.8	18.8	12.5	358.4

라. 벼 수량구성요소 및 수량

1) 중부평야지(춘천) 생태형별 수량성

중부평야지 춘천에서 이앙시기에 따른 수량구성요소 및 수량은 표 8과 같다. 오대의 경우 5월 30일 이앙구에서 최대수량, 6월 10일 이앙구에서 최대 완전미를 나타냈다. 청품의 경우 6월 10일 이앙구에서 최대수량을 보였으며, 완전미는 5월 30일, 6월 10일 동일하게 나타났다. 삼광의 경우 5월 20일 이앙구에서 최대수량 및 완전미를 나타냈다. 완전미수량에서 통계적 유의성은 없었으나, 생태형이 늦어질수록, 이앙기가 빠를수록 최대완전미가 높아지는 경향을 보였다.(표 8) 현미천립중은 이앙기가 늦어질수록 무거워지는 경향을 보였다. 이는 이 등(2009)이 보고한 종실중은 연차 및 품종에 관계없이 등숙기 일사량이 큰 영향을 나타낸다고 보고한 것과 같은 경향을 보인다. 8월~9월의 일사량이 평년보다 많은 누적량을 보여주어 보고된 것과 같은 경향이었다.

<표 8> 중부평야지(춘천) 생태형별 수량구성요소 및 수량

(2020~2022, 3년 평균)

지역	품종	이앙기	등숙율 (%)	제현율 (%)	천립중 (g)	백미	
						수량 (kg/10a)	완전미 (kg/10a)
춘천	오대	5.30	90.3	81.6	25.5	525a	401a
		6.10	87.7	80.8	24.8	503ab	451a
		6.20	93.4	81.9	25.7	502ab	440a
		6.30	90.6	81.2	26.3	421b	349a
	청품	5.30	93.4	82.5	22.6	543a	508a
		6.10	89.8	82.7	22.6	558a	508a
		6.20	92.0	82.5	23.0	503a	445a
		6.30	91.1	82.3	23.3	465a	408a
	삼광	5.20	91.4	83.0	21.4	564a	520a
		5.30	94.1	83.1	22.4	557a	516a
		6.10	90.6	83.0	22.6	583a	485a
		6.20	89.3	82.2	21.9	557a	385a

2) 중북부평야지(철원) 생태형별 수량성

중북부평야지 철원에서 이앙시기에 따른 수량구성요소 및 수량은 표 9와 같다. 오대의 경우 이앙기가 빠를수록 수량은 높았으나, 완전미는 낮았다. 청품, 삼광의 경우 5월 10일 이앙구에서 최대수량 및 완전미를 보였다.

<표 9> 중북부평야지(철원) 생태형별 수량구성요소 및 수량

(2020~2022, 3년 평균)

지역	품종	이앙기	등숙율 (%)	제현율 (%)	천립중 (g)	백미	
						수량 (kg/10a)	완전미 (kg/10a)
철원	오대	5.20	85.7	82.7	25.5	546a	375a
		5.30	85.2	83.0	24.8	543a	415a
		6.10	89.2	82.6	23.9	505a	431a
		6.20	88.9	83.1	24.7	497a	438a
	청품	5.10	94.9	83.8	23.4	561a	548a
		5.20	91.7	83.6	23.2	539a	506ab
		5.30	89.5	83.0	23.6	537a	504ab
		6.10	88.7	82.7	23.3	488a	437b
	삼광	5.10	92.6	82.2	23.4	580a	540a
		5.20	92.0	82.8	22.7	554ab	495a
		5.30	87.9	81.8	22.4	532ab	439ab
		6.10	82.8	79.0	21.8	423b	298b

3) 동해안지(강릉) 생태형별 수량성

동해안지 강릉에서 이앙시기에 따른 수량구성요소 및 수량은 표 10과 같다. 오대의 경우 이앙기가 늦을수록 완전미가 높았으며 청품, 삼광의 경우 이앙기가 빠를수록 완전미가 높게 나타났다.

<표 10> 동해안지(강릉) 생태형별 수량구성요소 및 수량

(2020~2022, 3년 평균)

지역	품종	이앙기	등숙율 (%)	제현율 (%)	천립중 (g)	백미	
						수량 (kg/10a)	완전미 (kg/10a)
강릉	오대	5.20	84.6	82.0	24.8	523a	399a
		5.30	80.2	81.8	24.7	509a	394a
		6.10	83.5	82.4	24.1	469a	409a
		6.20	87.7	83.0	25.0	504a	413a
	청품	5.10	94.5	83.3	22.1	540a	523a
		5.20	94.8	83.3	21.5	528a	490a
		5.30	90.8	83.5	22.1	540a	499a
		6.10	85.6	83.7	22.8	525a	470a
	삼광	5.10	93.8	83.4	21.4	551a	537a
		5.20	93.1	84.2	21.7	590a	533a
		5.30	91.4	83.9	22.1	584a	497a
		6.10	78.1	83.3	22.3	535a	429a

4) 지역별 현미품위 및 성분

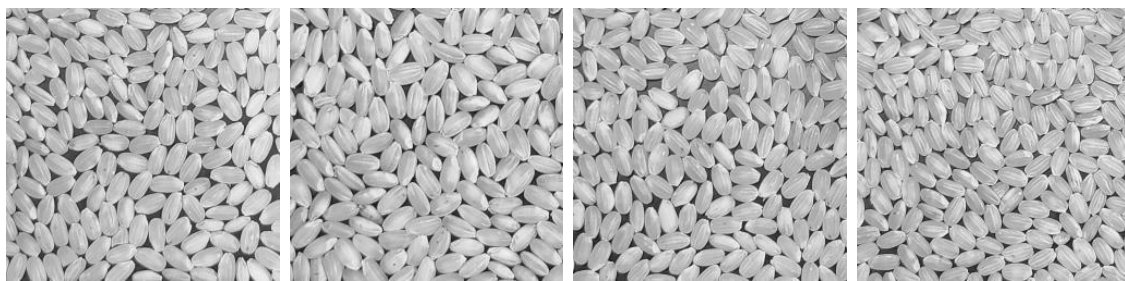
지역별 이앙시기에 따른 현미품위 및 성분은 표 11과 같다. 춘천 오대의 경우 이앙기가 빨라질수록 완전립의 비율이 높았다. 청품 및 삼광은 유의성이 없었다. 철원의 오대, 청품, 삼광의 경우 모두 이앙기가 빠를수록 완전립의 비율이 높았다. 강릉 오대의 경우 6월 10일 경의 완전립의 비율이 높았으며 청품 및 삼광은 유의성이 없었으나 이앙기가 빠를수록 완전립이 높은 경향을 나타냈다(그림 2, 3, 4).

<표 11> 지역별 현미품위 및 성분

(2020~2022, 3년 평균)

지역	품종	이앙기	현미 품위(%)					성분(%)	
			완전립	피해립	동할립	열손립	사미	단백질	아밀로즈
춘천	오대	5.30	82.3ab	5.6	10.6	0.6	0.9	7.1	18.6
		6.10	85.5a	4.8	8.0	0.9	0.8	7.3	19.1
		6.20	83.9ab	6.5	7.8	0.7	1.0	7.4	19.1
		6.30	72.9b	8.6	16.8	1.3	1.0	7.3	19.2

지역	품종	이앙기	현미 품위(%)					성분(%)	
			완전립	피해립	동합립	열손립	사미	단백질	아밀로즈
춘천	청품	5.30	90.2a	1.2	6.5	0.8	0.8	7.0	19.4
		6.10	88.8a	0.5	9.5	0.7	0.5	7.0	19.5
		6.20	83.8a	1.9	12.2	1.4	0.9	6.9	19.6
		6.30	82.7a	0.8	14.6	1.1	2.4	6.9	19.6
	삼광	5.20	90.5a	0.4	7.8	0.7	1.1	6.3	19.7
		5.30	91.0a	0.5	7.6	0.6	0.5	6.5	19.9
		6.10	80.2a	0.2	18.2	0.9	1.8	6.5	19.8
		6.20	68.3a	0.2	29.7	1.2	5.2	6.8	19.5
철원	오대	5.20	69.2c	9.1	18.9	1.3	2.4	7.4	16.2
		5.30	76.1b	6.5	14.8	1.3	2.5	7.4	16.5
		6.10	85.3a	2.7	9.0	0.8	2.6	7.3	16.8
		6.20	85.1a	4.1	8.9	0.7	1.8	7.6	16.8
	청품	5.10	94.4a	0.5	4.7	0.4	0.7	6.8	17.4
		5.20	91.1ab	0.6	6.2	0.5	0.9	6.8	17.1
		5.30	90.9ab	0.4	7.8	0.6	0.6	7.0	16.9
		6.10	85.2b	0.5	13.0	0.9	2.1	7.3	17.1
	삼광	5.10	91.8a	0.1	7.7	0.5	2.8	6.8	17.3
		5.20	87.7a	0.3	10.7	0.8	2.9	6.8	17.1
		5.30	81.0ab	0.2	17.5	1.1	5.5	7.0	17.0
		6.10	67.9b	0.2	30.7	1.1	11.9	7.7	16.6
강릉	오대	5.20	72.9c	7.9	13.5	1.8	3.2	7.7	18.6
		5.30	74.9bc	6.3	9.5	1.9	4.5	7.9	18.7
		6.10	82.2a	4.1	6.7	1.6	2.6	7.8	19.2
		6.20	76.7b	5.4	6.6	0.8	4.4	7.3	19.1
	청품	5.10	91.5a	0.4	7.3	0.8	0.7	7.1	19.5
		5.20	90.1a	0.8	7.4	0.9	0.7	7.3	19.6
		5.30	87.9a	0.8	9.9	0.9	0.5	7.5	19.5
		6.10	83.1a	0.6	14.4	1.0	0.8	7.6	19.9
	삼광	5.10	91.7a	0.7	6.6	1.0	0.8	7.2	19.7
		5.20	90.0a	0.2	11.5	0.7	1.2	7.0	19.7
		5.30	88.4a	0.3	16.6	0.9	1.3	7.2	19.8
		6.10	85.8a	0.1	30.0	1.1	2.3	7.2	19.7



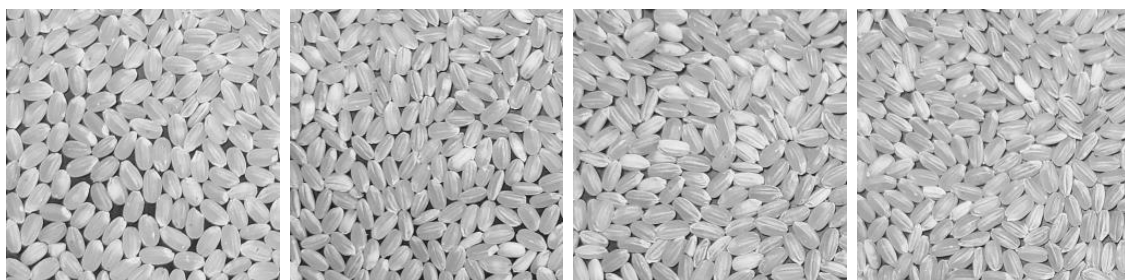
5,30.

6,10.

6,20.

6,30.

오대



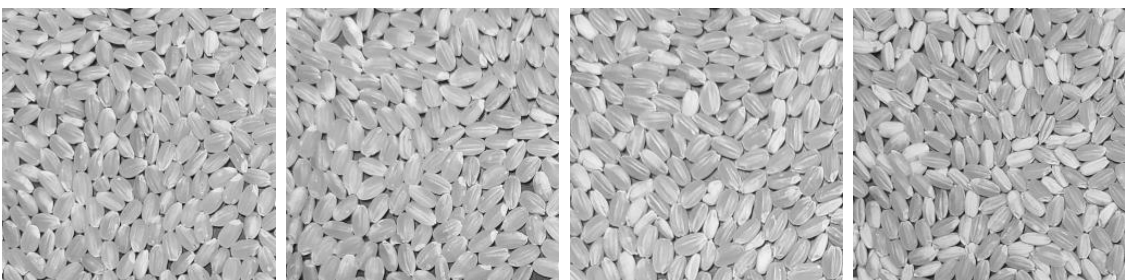
5,30.

6,10.

6,20.

6,30.

청품



5,20.

5,30.

6,10.

6,20.

삼광

[그림 2] 춘천지역 생태형 및 이앙시기별 현미 품위



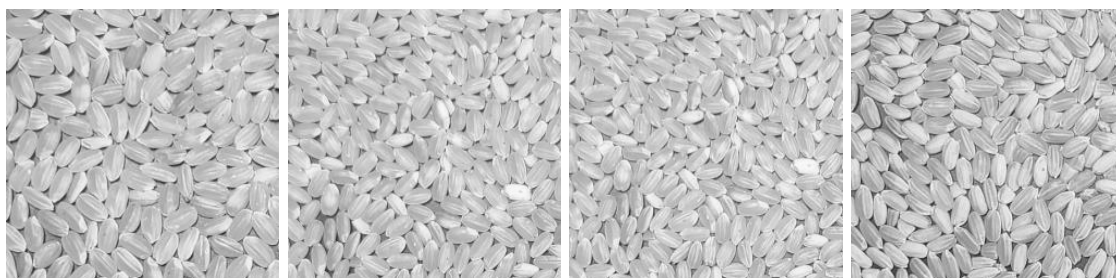
5,20.

5,30.

6,10.

6,20.

오대



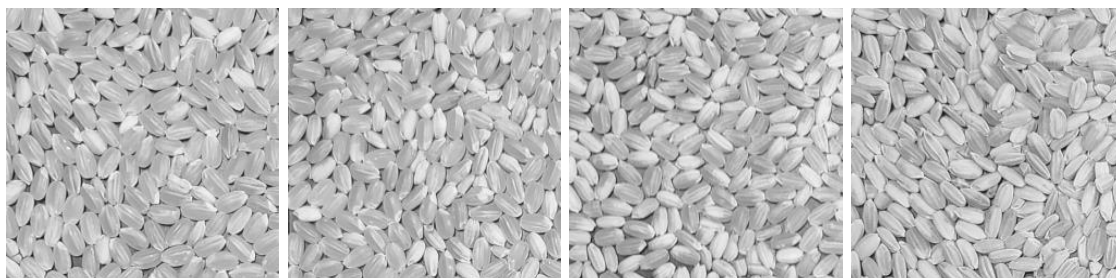
5,10.

5,20.

5,30.

6,10.

청품



5,10.

5,20.

5,30.

6,10.

삼광

[그림 3] 철원지역 생태형 및 이앙시기별 현미 품위



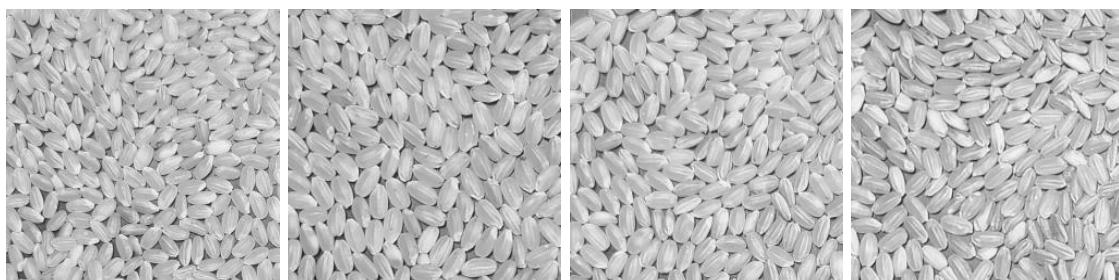
5.20.

5.30.

6.10.

6.20.

오대



5.10.

5.20.

5.30.

6.10.

청품



5.10.

5.20.

5.30.

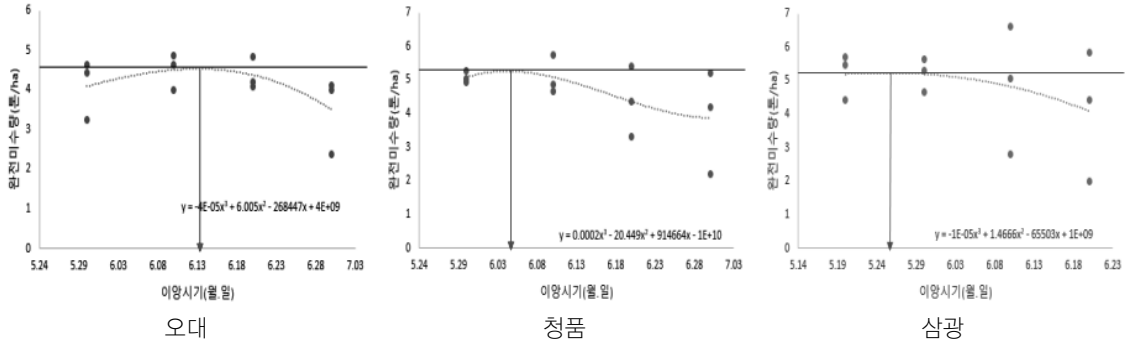
6.10.

삼광

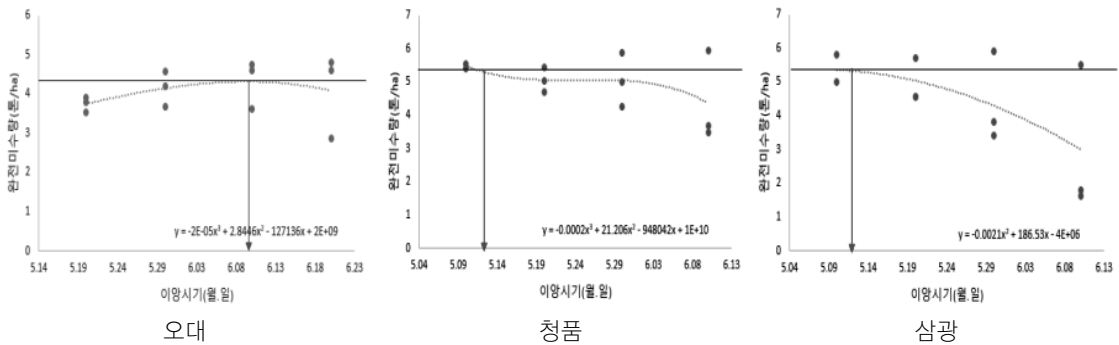
[그림 4] 강릉지역 생태형 및 이앙시기별 현미 품위

마. 지대, 품종, 이앙시기 및 완전미수량 간 상관

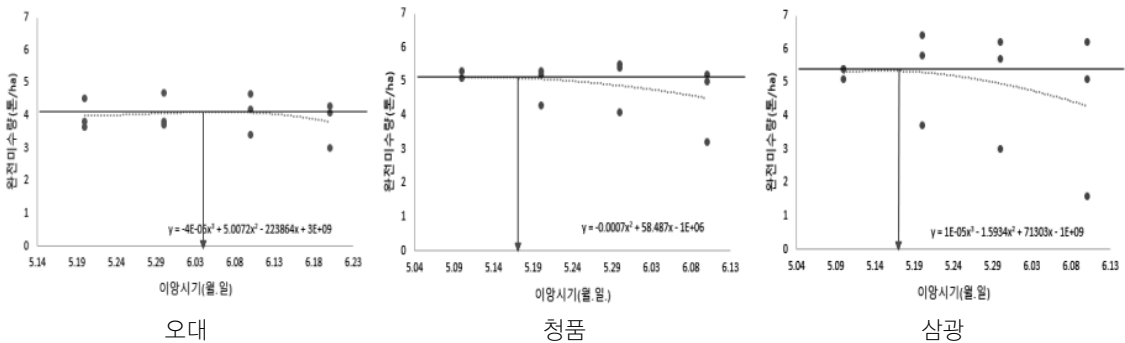
중부평야지 조생종의 경우 6월 13일 전후, 중생종의 경우 6월 4일 ~ 6일 전후, 중만생종의 경우 5월 25일 ~ 27일 전후의 이앙시기일 때 최대 완전미수량을 나타냈다. 중북부평야지 조생종의 경우 6월 9일 ~ 11일 전후, 중생종 및 중만생종의 경우 5월 11일 ~ 13일 전후의 이앙시기 일 때 최대 완전미수량을 나타냈다. 동해안지 조생종의 경우 6월 3일 ~ 5일 전후, 중생종 및 중만생종의 경우 5월 16일 ~ 18일 전후의 이앙시기 일 때 최대 완전미수량을 나타냈다(그림 5, 6, 7).



(그림 5) 중부평야지 이앙시기와 완전미수량 간 회귀식



(그림 6) 중북부평야지 이앙시기와 완전미수량 간 회귀식



(그림 7) 동해안지 이앙시기와 완전미수량 간 회귀식

- 가. 시험수행 기간(2020~2022)의 평균기온은 특히 중간지인 철원에서 벼 생육기간 중 유수형성기, 출수기 및 등숙 기간인 7월, 8월, 9월에 평년 대비 0.9℃, 0.2℃, 0.6℃ 이상 높은 기온을 나타냈고, 모든 지역에서 7월 누적강수량은 평년대비 적었으나 8월, 9월은 평년대비 많았다. 누적일사량의 경우 7월, 8월엔 평년대비 적었으나 9월, 10월로 갈수록 평년대비 많아지는 경향을 보였다
- 나. 춘천과 강릉의 경우 평년 대비 최적출수기 및 안전출수한계기가 앞당겨지는 경향을 보였고 철원은 평년과 비슷한 수준 이었다
- 다. 중부평야지 춘천에서 이앙시기에 따른 수량구성요소 및 수량은 오대의 경우 5월 30일 이앙구에서 최대수량, 6월 10일 이앙구에서 최대 완전미를 나타냈다. 청품의 경우 6월 10일 이앙구에서 최대수량을 보였으며, 완전미는 5월 30일, 6월 10일 동일하게 나타났다. 삼광의 경우 5월 20일 이앙구에서 최대수량 및 완전미를 나타냈다. 완전미수량에서 통계적 유의성은 없었으나, 생태형이 늦어질수록, 이앙기가 빠를수록 최대완전미가 높아지는 경향을 보였다.
- 라. 중북부평야지 철원에서 이앙시기에 따른 수량구성요소 및 수량은 오대의 경우 이앙기가 빠를수록 수량은 높았으나, 완전미는 낮았다. 청품, 삼광의 경우 5월 10일 이앙구에서 최대수량 및 완전미를 보였다.
- 마. 동해안지 강릉에서 이앙시기에 따른 수량구성요소 및 수량은 오대의 경우 이앙기가 늦을수록 완전미가 높았으며 청품, 삼광의 경우 이앙기가 빠를수록 완전미가 높게 나타났다.
- 바. 지대, 품종, 이앙시기 및 완전미수량 간 상관관계를 볼 때 중부평야지(춘천) 조생종의 경우 6월 13일 전후, 중생종의 경우 6월 4일~6일 전후, 중만생종의 경우 5월 25일~27일 전후의 이앙시기일 때 최대 완전미수량을 나타냈다. 중북부평야지(철원) 조생종의 경우 6월 9일~11일 전후, 중생종 및 중만생종의 경우 5월 11일~13일 전후의 이앙시기 일 때 최대 완전미수량을 나타냈다. 동해안지(동해) 조생종의 경우 6월 3일~5일 전후, 중생종 및 중만생종의 경우 5월 16일~18일 전후의 이앙시기 일 때 최대 완전미수량을 나타냈다.

- FAO. 2004. Impact of climate change on agriculture in Asia and the Pacific. Twenty-seventh FAO regional Conference for Asia and the Pacific. Beijing, China, 17-21.

- Wolfe, D W., M. D. Schwartz, A. N. Lakso, Y. Otsuki, R. M. Pool, and N. J. Shaulis. 2005. Climate change and shifts in spring phenology of three horticultural woody perennials in USA. *International Journal of Biometeorology*. 49:303-309.
- 강종래, 김정태, 백인열, 김정일. 2005. 이앙시기가 중산간지 고품질 쌀에 미치는 영향. *한작지*. 50(S): 33-36.
- 국립기상연구소. 2004. 기후변화협약 대응 시나리오 산출 기술 개발(III). 기상연구소보고서.
- 상완규, 조현숙, 김준환, 신평, 백재경, 이운호, 조정일, 서명철. 2018. RCP 8.5 시나리오에 따른 미래 기후조건에서 벼의 품질 및 전분 동화 특성 변화. *한국농림기상학회지*. 20(4) 296-304.
- 양운호, 강신구, 박정화, 김숙진, 최종서, 윤영환. 2017. 중부평야지에서 고품질 중생종 벼 하리아미의 재식밀도에 따른 수수 변화와 수량의 관계. *한작지*. 62(3): 193-202.
- 양운호, 김명기, 강신구, 박정화, 김숙진, 최종서, 양창인, 백남현. 2017. 중북부 중간지대에서 극조생 벼 품종 조운의 기계이앙 시기에 따른 개화기 및 수량특성 변화. *한작지*. 62(4): 304-310.
- 이준근, 곽강수, 김준환, 손지영, 양원하. 2011. 미래 기후변화 및 그에 따른 재배시기 조정이 벼 생태형별 생육기간과 생육온도에 미치는 영향. *한작지*. 56(3): 233-243.
- 이준근, 박호기, 구본철, 이재은, 신진철. 2007. 벼 표준시비량이 감소된 조건에서 고품질 쌀 생산을 위한 중부지역 질소시비방법 연구. *작물과학연구논총*. 8:490-499.
- 이충근, 김덕수, 권영업, 이재은, 서종호, 이변우. 2009. 등숙기 기온 및 일사량이 벼 종실중 및 종실질소함량에 미치는 영향. *한작지*. 54(1): 36-44.
- 이충근, 김준환, 최민규, 곽강수, 신진철. 2010. 표준질소시비량이 감소된 조건에서 쌀 품질 향상과 노력절감을 위한 질소 시비방법. *한작지*. 55(1): 70-75.
- 작물과학원. 2005. 지역 및 지대별 고품질 쌀 생산을 위한 이앙적기, 적정질소 시비량 및 수확 적기, 고품질 쌀 생산을 위한 재배 및 수확 후 관리 기술 확립 제 3차년도 완결보고서.
- 최경진, 박태식, 이춘기, 김정태, 김준환, 하기용, 양운호, 이충근, 박홍규, 남정권, 김정일, 한귀정, 조용식, 박영희, 한상욱, 김재록, 이상영, 최현구, 조승현, 박홍규, 안덕중, 정완규, 한상익, 김상열, 장기창, 오성환, 서우덕, 나지은, 김준영, 강항원. 2011. 등숙기 온도변이가 중만생종 벼의 쌀 품질과 식미치에 미치는 영향. *한작지*. 56(4): 404-412.

6

연구결과 활용

연도(연차)	활용방안	제 목
2020(1년)	컨 설 텅	2020년도 새해농업인실용교육 강의 등 3건
	홍보성과	춘천 남이섬 다문화가정 유학생 모내기행사 등 9건(18.5점)
2021(2년)	학술발표	긴 장마가 벼 이앙시기 차이에 따라 품질 및 수량에 미치는 영향
	컨 설 텅	2021년 미래농업대학 6월 교육과정 강의
	홍보성과	강원농기원 벼 농가에 도열병 등 병해 방제 당부 등(7.1점)
2022(3년)	논문게재	강원도 벼 주산지에서 생태형별 이앙시기가 현미 품질에 미치는 영향
	학술발표	A Comparison of Yield and Quality by Ecotype according to the Rice Transplantation Period in Central Plain and Eastern Coast in Gangwon
	영농정보	강원도내 벼 지대에 따른 벼 출수생태형별 이앙시기

성과지표		연도		1년차(2020)		2년차(2021)		3년차(2022)		계	
		목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적
논문 게재	SCI										
	비SCI					1	1	1	1		
학술 발표	국제							1	1	1	1
	국내			1	1					1	1
영농 활용	기술										
	정보					1	1	1	1	1	1
홍 보		3	18.5	3	7.1	3				9	25.6
현장컨설팅		1	3	1	1	1				3	4
계		4	21.5	5	9.1	7	3			16	33.6

7

연구원 편성

구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도		
					'20	'21	'22
과제책임자	국립식량과학원	농업연구관	박정화	과제 총괄	○		
	국립식량과학원	농업연구사	강신구	과제 총괄		○	○
5공동책임자	감 자 연 구 소	농업연구사	조윤상	세부주관 수행	○	○	
	작 물 연 구 과	농업연구사	윤예지	세부주관 수행			○
공동연구자	작 물 연 구 과	농업연구사	이지우	시험수행 및 평가	○	○	○
	작 물 연 구 과	공 업 주 사	김성용	현장조사 지원	○	○	○
	산 채 연 구 소	농업연구관	고재영	평가분석 지원	○		
	작 물 연 구 과	농업연구관	김용복	평가분석 지원		○	○
	연 구 협 력 과	농업연구관	정정수	평가분석 지원	○		
	철원군농업기술센터	농업연구사	정영평	시험수행 및 평가	○	○	○