

남부지역 논의 밀 이모작에서 하계 곡실작물 도입의 적합성

서중호^{1,†} · 황정동¹ · 오성환²

Compatibility of Double Cropping of Winter Wheat – Summer Grain Crops in Paddy Field of Southern Korea

Jong-Ho Seo^{1,†}, Chung-Dong Hwang¹, and Seong-Hwan Oh²

ABSTRACT The growth period and productivity of cropping system of winter wheat-rice, winter wheat-bean and winter wheat-grain corn for 4 years from 2015 to 2018 were compared at the experimental field of National Institute of Crop Science in Miryang city. The harvest period of winter wheat was in mid-June, and summer crops were sown (transplanted) in late June. In transplanting of rice in late June, there was no difficulty in securing the heading of panicle and the yield of rice, but there was a lot of trouble in sowing wheat in proper time because the harvest time of rice was delayed to early November due to late maturity of rice, particularly in the mid-late maturing cultivar. There was no problem in soybean planting after winter wheat because the proper period of soybean planting is late-June. In addition, there was no problem in winter wheat sowing after soybean because the maturity period of soybean was mid-October. Selection of grain maize in double cropping with winter wheat in terms of growing periods, was desirable because grain maize had the fastest maturity among summer crops. In double cropping of winter wheat-summer crops, wheats combined with soybean and grain maize showed stable yields during three years, but there was a risk of yield declines in the wheat combined with rice in heavy rainfall year. It was possible to secure high yields in three summer crops as yields of rice, soybean, and corn were 600, 350, and 800 kg/10a, respectively. Summer crops with medium maturity was recommended because of no significant difference in yield between medium maturity and medium-late maturity cultivar. Soil physical properties were improved in soils cultivated with soybean and grain maize. Therefore, It was thought that double cropping systems of winter wheat with soybean and grain maize were superior to that of winter wheat with rice in terms of connecting period between winter wheat - summer crops and improvement of soil physical properties, and total income, particularly in soybean.

Keywords : double cropping, paddy field, summer grain crop, wheat

우리나라 남부지역 논에서 식량생산을 위해 전통적으로 널리 이루어진 이모작은 벼-보리(답리작)의 체계였다. 그러나 1970년대 이후 식량증산을 위한 통일벼 재배확대, 밀, 옥수수 등 곡물 수입의 증대와 더불어 식이선호도가 낮은 보리의 재배는 현저히 감소하였고, 겨울은 휴경하거나 소득성이 높은 마늘, 양파 등 양념채소류로 대체되었으며, 더불어 축산물 소비증가에 따라 호밀, 이탈리아안라이그라스 등 동계 조사료의 재배가 증가하여 왔다(RDA, 2002). 논에

서 벼의 재배면적과 쌀 생산량도 감소하여 왔는데(1990년 논벼 재배면적 124.2만 ha, 쌀 생산량 560.6만톤 → 2019년 재배면적 73.0만 ha, 쌀 생산량 374.5만) 국민의 쌀 소비량 감소에 따라(1990년 102.4 kg/인/년 → 2019년 59.2 kg/인/년) 만성적으로 생산량이 수요량을 초과하여 재고미가 증가하는 등 문제가 나타나 정부는 5만 ha 정도의 논에서 콩, 사료작물 등을 벼 대신에 재배하여 쌀 생산의 적정성을 꾀하고자 하고 있다(MAFRA, 2019).

¹국립식량과학원 남부작물부 논이용작물과 농업연구사 (Junior Researcher Scientist, Paddy Crop Research Division, Department of Southern Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Miryang 50424, Korea)

²국립식량과학원 남부작물부 논이용작물과 농업연구관 (Senior Researcher Scientist, Paddy Crop Research Division, Department of Southern Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Miryang 50424, Korea)

[†]Corresponding author: Jong-Ho Seo; (Phone) +82-55-350-1172; (E-mail) sseo@korea.kr

<Received 5 October, 2020; Revised 14 December, 2020; Accepted 24 December, 2020>

보리, 더 나아가 주식인 쌀 소비량이 감소된 주 이유는 칼로리 확보원이 전통적인 보리와 쌀에서 옥수수, 밀, 콩 등 수입곡물로 만든 축산물 및 가공식품으로 변하였기 때문인데 식생활의 글로벌화에 따라 그 경향은 더욱 심화될 것으로 보인다. 현재 식량자급률은 48.9% ('17년), 사료곡물을 포함한 곡물자급률은 23.4%인데 곡실용옥수수는 0.8%, 콩 5.4%, 밀 0.9% ('18년)를 나타내고 있으며 곡실용옥수수 수입량은 1,016 만톤으로 약 국내 쌀 생산량의 2.5배에 달하고 있고 그 중 약 70% 정도가 가축의 사료로 사용된다. 밀의 수입량은 379 만톤으로 국내 쌀 생산량과 거의 비슷한 수준을 나타내는데 그 중 약 반 정도가 각각 사료용 및 가공용으로 사용되고 있으며 밀의 1인당 소비량도 32.2 kg/인/년('18년)으로 쌀 소비량의 반 이상을 차지하고 있다. 콩도 사료용 대두박 포함 310 만톤의 수입량을 나타내고 있다.

옥수수, 밀, 콩 등 밭 곡실작물의 수요가 증가되고 있지만 국내 자급률이 낮은 주 이유는 수입곡물의 가격이 국내 생산비용에 비해 현저히 낮아 국내 생산의 경쟁력이 없기 때문이다. 하지만 2008년도에 경험한 바와 같이 기상이변에 따라 수입곡물이 가격이 현저히 증가하거나 해외에서 수입물량을 확보할 수 없을 비상상황을 대비하여 국내 자체 생산기반 및 체계를 갖추는 작업도 필요하다. 곡물자급률은 국방력과 같이 당장은 사용되지 않을지는 몰라도 국가존립을 위해서 또는 대외협상에서 우위를 점하기 위해서 꼭 필요한 기초산업 능력이라고 할 수 있다. 도입곡물 중 옥수수와 콩은 대부분이 GMO인데 국민의 식품안전 관념의 증대에 따라 Non-GMO 곡물에 대한 수요도 앞으로 증가할 수 있다. 우리와 사정이 비슷한 일본에서도 밀, 콩, 곡실용옥수수에 대한 자급률을 증대하고자 노력하고 있는데 밀의 경우에는 자급률이 12%로 증가하였다. 또 수입 농후사료에 대한 과도한 대외 의존도를 감소시키기 위해 북해도 지역을 중심으로 사료곡실용 옥수수의 재배가 시작되어 240 ha ('16년)의 재배면적을 확보하고 있으며 논에서 밀, 콩과의 윤작작물로 Non-GMO 곡실용옥수수의 도입을 꾀하고 있다(Oshita *et al.*, 2016; Shinoto *et al.*, 2017). 곡실용옥수수는 하계 밭작물 중 작기가 짧아 논에서 습해만 해결된다면 밀과 이모작이 용이한데 우리나라 남부지역과 위도가 비슷한 중국의 화북평야(하남성, 산둥성)에서는 이미 밀-곡실용옥수수의 이모작이 대대적으로 이루어지고 있다(Sun *et al.*, 2007).

현재 기후변화에 따른 연평균 기온의 증가(0.18°C/10년)로 인해 겨울이 18일 감소하고 여름이 19일 증가(기상청)하는데, 특히 여름이 긴 남부지역에서는 곡실생산을 위한

이모작의 기후조건은 더 좋아지고 있다. 논에서 벼 대신에 재배하는 콩과 옥수수는 벼보다는 작기가 짧고 파종작업 등 투입노력이 적으며, 논에서 밭 상태 재배에 따라 토양 물리성 등 토양조건 등이 더욱 개선되어 대면적의 기계화 재배가 용이해져 정부가 추구하는 대규모 들녘별 기계화 재배에도 부합할 수 있다. 따라서 본 시험에서는 국내 식량 조달 여건 변화와 유사시를 대비한 기존의 남부지역에서 이루어지고 있는 벼 위주의 작부체계를 대신하여 콩, 곡실용옥수수를 겨울밀과 이모작하여 곡물을 최대한 생산할 수 있는 모델을 개발하고자 본 시험을 실시하였다.

재료 및 방법

본 시험은 2015년 봄부터 2018년 가을까지 4년 동안 경남 밀양시 국립식량과학원 남부작물부의 논 시험포장에서 실시되었는데 동계작물로 밀을 중심으로 한 작부체계와 봄 추파밀을 중심으로 한 작부체계로 하계작물 벼/콩/곡실용옥수수의 조합으로 이루어 졌다. 논 포장은 2014년까지 계속 벼가 재배되었던 포장이었다.

동계작물인 밀의 품종은 영남지역에서 주로 재배되는 조경밀로 고정하였으며, 하계작물로 벼, 콩, 옥수수는 중생종과 중만생종 각각 2 품종을 선발하였는데 벼, 콩, 옥수수의 중생종 품종은 각각 대보, 태선, 다안옥이었고, 중만생종 품종은 새누리, 대원, 광평옥이었다. 2016년 추파밀(2015가을-2016봄)-중만생종 벼/콩/옥수수의 처리를 춘파밀(2016년봄파종, 조경밀)-조생종벼(해담쌀)/콩(두루울)/옥수수(미백 2호)로 처리를 일부 변경하였는데, 2016년 봄에 파종한 춘파밀의 성숙기가 6월하순으로 매우 늦어 하계작물과의 이모작이 불가능하였다. 따라서 처리를 중단하고 다시 그 처리를 2017년부터는 추파밀-중만생종 벼/콩/옥수수의 처리로 바꾸어 시험을 다시 실시하였다.

밀의 파종기는 11월 상순(11월 3일)이었으며 수확기는 6월 중순이었다. 하계작물은 파종은 밀 이모작이 6월 하순이었고, 밀은 이랑폭 150 cm에 두둑폭 120 cm로 하여 휴립광산파로 파종하였다. 휴립광산파(150×30 cm, 휴고 30 cm) 하계작물 벼, 콩, 옥수수의 파종(이랑)일은 6월 중순이었다. 작부조합별 시험구의 면적은 173 m² (6.3×27.4 m)이었으며 단구로 처리하였다. 하계작물인 벼는 30×14 cm로 30일 육묘한 중묘를 이앙하였고, 콩과 옥수수는 논에서의 습해 회피를 위하여 이랑작성기를 이용하여 이랑너비 150 cm의 평휴로 60+90 cm의 조간거리(두둑 위의 조간거리 60 cm, 두둑간 조간거리 90 cm (90+60)×15 cm (평휴2열, 휴고 30 cm)으로 씨앗을 파종하였는데, 콩의 주간거리는 15 cm, 옥수

수의 주간거리 20 cm로 하였다. 옥수수와 콩은 2립씩 파종하여 옥수수는 출아후 주당 1립으로 조정하였고 콩은 주당 2립으로 재배하였다. 시비량은 밀이 N-P₂O₅-K₂O=9.5-7.4-3.9 kg/10a, 벼가 N-P₂O₅-K₂O=9-4.5-5.7 kg/10a, 콩이 N-P₂O₅-K₂O=3-3-3.4 kg/10a, 옥수수가 N-P₂O₅-K₂O=17.4-3-6.9 kg/10a였다. 질소비료는 밀은 기비를 40%, 월동 후 추비를 60%로, 콩은 전량시비, 벼는 기비, 분얼비 및 추비를 50-20-30%를, 옥수수는 기비와 추비를 50-50%의 비율로 분시하였다. 밀, 벼, 옥수수는 출수기와 출사기 등 생식생장기를 조사하였고, 성숙기는 밀, 벼와 콩은 잎이 황화되기 시작하는 시기를, 옥수수는 곡립 아래층에 흑색층(black layer)이 나타나는 황숙기를 성숙기로 잡았다. 생육기간의 적산온도는 시험지 인근에 위치한 밀양의 기상대의 평균기온을 이용하여 합산하여 나타내었다. 밀, 벼, 콩, 옥수수는 모두 단구 내에서 4 반복으로 조사하였는데 밀은 수확 전에 간장, 수장, 이삭수, 수당립수를 조사하였고, 수량조사는 시험구당 3 m²의 면적을 4반복으로 수확하여 조사하였으며, 벼는 수확전 반복 당 10 주를 대상으로 간장, 수수 등 생육조사를, 3 주를 채취하여 수량구성요소를, 그리고 100 주를 수확하여 수량조사(백미수량)를 하였다. 콩과 옥수수는 수확전 10 개체의 생육조사과 10 주를 수확하여 수량구성요소를 조사하였고 두둑 위 3 m의 2줄을 수확하여 수량조사를 하였다. 토양은 2015년 및 2018년의 시험전후의 2번에 걸쳐 하였는데 토양채취는 화학성 분석용은 5~15 cm에서 처리당 4 반복을, 1 반복당 5번 곳을 채취하여 섞어 분석하였다. 토양물리성 분석용은 로타리층 아래인 15~25 cm의 층위에서 100 cc 코어를 4 반복으로 채취하였고 1 반복당 3 곳에서 코어를 채취하였다. 토양화학성 분석으로 유기물

함량은 Tyurin법, 유효인산은 Lancaster법, 양이온은 유도 결합플라즈마발광도계(Perkin Elmer Optima 3300DV)를 이용하여 분석하였다. 통계처리(분산분석)는 SAS 9.4 (SAS Institute Inc., 2019)를 이용하였다.

결과 및 고찰

작물별 생육단계 변화

Fig. 1은 4년간의 작물생육기간중의 월별 평균기온의 평균치를 나타낸 것이다. 11월에서 다음해 5월까지의 3년의 밀 재배 기간 중 평균기온 변화를 보면 2017~2018년은 12월~2월중 기온이 예년에 비해 낮게 유지된 것을 제외하고 3년 모두 평균기온이 예년(30년 평균)에 비해 1~3°C 증가하는 경향을 보였다.

하작물의 생육기간 중 평균기온의 변화를 보면 2015년이 감소하였는데 특히 7월 및 8월의 평균온도가 2~4°C 감소한 것을 알 수 있었다. 2018년은 하작물의 생육후기인 10월에 평균온도가 낮았다.

Fig. 2는 2015년~2018년의 동작물(겨울밀)과 하작물의 수확 및 파종시기(5~6월, 10~11월)에 내린 강우량을 나타내었다. 2015년 및 2017년은 강우량이 적었던 반면 2016년 및 2018년의 강우량이 상대적으로 많았다. 2016년은 밀은 파종하기 전 하계작물을 수확하는 10월에 강우량이 136.9 mm으로 많았으며, 2018년은 하계작물을 파종하는 6월이 142.6 mm, 하작물을 수확하는 10월이 155.3 mm로 많았다.

Table 1은 밀의 3년 및 3년 평균의 파종일에 따른 출수기, 성숙기 등 생육일수의 변화와 관련 적산온도를 나타내었다. 3년 동안 밀 파종기는 같았지만 월동 후 출사기는

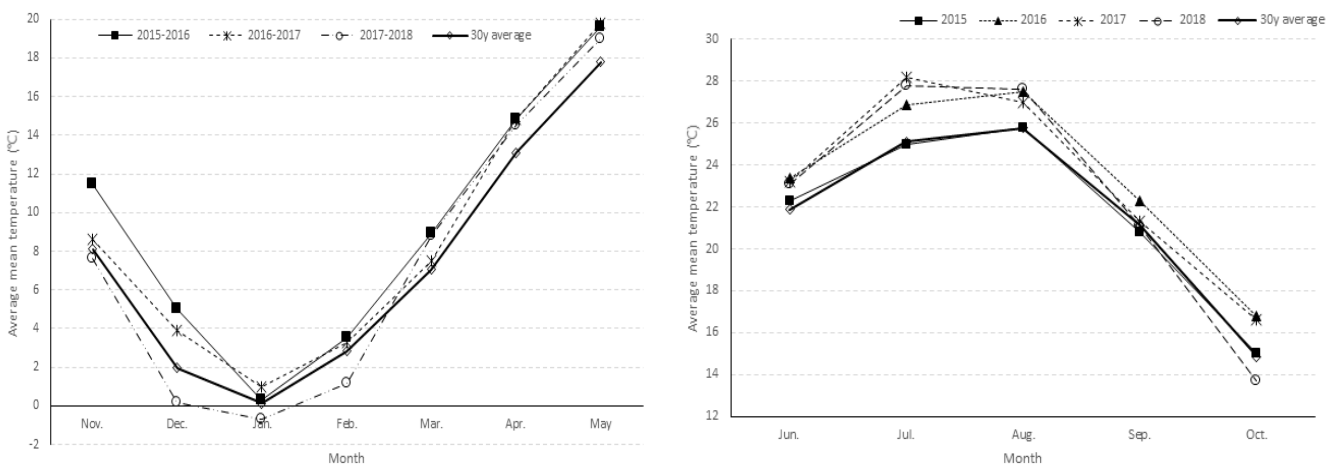


Fig. 1. Changes in the mean monthly air temperature during spring wheat (left, spring season) and summer grain crops (right) during growing seasons in 2015~2018.

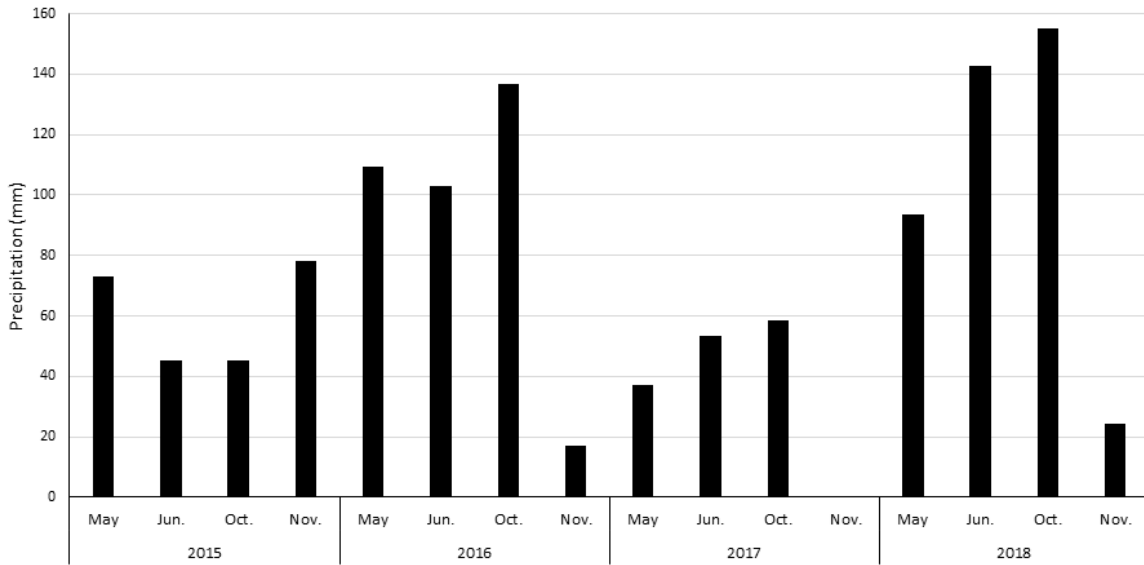


Fig. 2. Changes in the precipitation during planting and harvesting periods (April, May, October and November) in 2015~2018.

Table 1. Growing period and cumulative air temperature of wheat (variety Jokyeong) experienced per year from 2016 to 2018.

Year	Date (M.D.)			Growing period (days)			CT [†] (°C)		
	Planting (P)	Heading (H)	Maturation (M)	P-H	H-M	P-M	P-H	H-M	P-M
2015~2016	11.4	4.18	5.24	166	36	202	634	647	1,281
2016~2017	11.3	4.16	5.27	164	41	205	943	736	1,679
2017~2018	11.3	4.27	6.6	175	40	215	866	783	1,649
Mean	11.3	4.20	5.29	168	39	207	814	722	1,536

[†]CT : Cumulative daily mean air temperature.

2018년이 2016년 및 2017년보다 약 10일 늦었고 그에 따라 성숙기도 10일 늦었다. 이는 2017년 12월부터 2월까지 평균기온이 현저히 낮아(Fig. 1) 생육하는데 필요한 적산온도 확보가 늦었기 때문이었다. 그러나 2017년과 2018년의 전생육기간의 적산온도는 1,679°C 및 1,649°C로 큰 차이가 없었다. 밀 성숙기를 보면 2016년 및 2017년은 5월 25일 전후로 밀 종실의 수분함량이 20% 정도에 달하는 성숙기 후 7~10일에 밀 수확 작업을 하면 벼의 이앙, 콩 및 옥수수의 파종이 6월 중순에 가능하여 이모작에 큰 문제가 없으나 2018년 같이 성숙기가 6월 6일로 늦으면 이모작 하작물은 6월 하순이나 이앙 또는 파종이 가능할 것으로 나타났다. 3년 평균치를 보면 밀은 11월 3일 파종에 출수가 이듬해 4월 20일, 성숙기 5월 29일로 전체 생육일수는 207일에 해당되었지만 출수에서 성숙까지는 39일이 소요되었다. 전체 생육기간의 적산온도는 1,536°C을 나타내었다. 출수기에서 성숙기까지의 적산온도는 722°C를 나타내었다.

Table 2는 벼의 3년 및 3년 평균의 파종일에 따른 출수기, 성숙기 등 생육일수의 변화와 관련 적산온도를 나타내었다. 2015년이 벼 생육기의 기온이 낮아 이앙시기가 같은 2018년에 비해 생육일수가 증가하였고, 2017년은 이앙기가 10일 정도 빨라 이앙에서 출수까지의 일수 및 적산온도가 증가한 것으로 보였다.

3년 평균값을 보면 중생종인 대보는 6월 22일 파종에 출수는 8월 25일, 성숙기는 10월 24일로 이앙에서 출수까지는 64일에 적산온도 1,802°C를 나타내었다. 중만생종인 새누리는 6월 22일 파종에 출수는 8월 29일, 성숙기는 10월 30일로 이앙에서 출수까지는 68일에 적산온도 1,903°C를 나타내어 중생종 대보 보다 출수일수는 4일, 적산온도는 101°C 더 소요되었다. 출수기에서 성숙기까지 일수 및 적산온도는 대보가 60일, 1,177°C, 새누리가 62일, 1,152°C로 중생종과 중만생종간에 큰 차이가 없었다. 전체 생육일수는 중만생종 새누리가 130일로 중생종인 대보보다 약 6

일 정도로 큰 차이는 없었지만 6일 정도의 빠른 수확이 벼-밀 조합과 같이 작기가 부족한 이모작에서는 조금이라도 밀의 빠른 파종을 위해서는 도움이 될 것으로 보였다.

중생종 대보벼는 10월 24일 수확 후 밀을 11월 초순까지 파종하는데 매우 시간이 촉박하였고, 중만생종인 새누리벼 성숙기가 10월 30일로 벼 수확 후에 밀을 추파의 파종한계기인 11월 초순에 파종하는 것은 불가능하였다. 특히 벼는 수확 후 밀을 파종할 때는 밀의 파종작업을 하기 위해서는 논을 말리는 기간이 필요하므로 더 시간이 요구된다. 이 시기 강우가 내리면 파종이 어려워질 경우가 있다.

Table 3은 콩의 3년 및 3년 평균의 파종일에서 성숙기까지 생육일수의 변화와 관련 적산온도를 나타내었다. 중생종인 태선콩이 파종이 빠른 2017년에 생육기간이 122일로 가장 많고 적산온도도 많았다. 그러나 대원콩은 2018년이 132일로 가장 길었는데 2017년보다 생육기간의 기온이 낮아 적산온도가 2017년보다 낮았기 때문으로 보였다. 3년 평균값을 보면 중생종인 태선콩은 6월 22일 파종에 성숙기는 10월 24일로 성숙기까지 117일에 적산온도 2,878°C를 나타내었다. 중만생종인 대원콩은 6월 22일 파종에 성숙기는 10월 24일로 파종에서 성숙까지는 127일에 적산온도

Table 2. Growing period and cumulative mean air temperature of rice experienced per year from 2015, 2017 and 2018.

Rice variety	Year	Date (M.D.)			Growing period (days)			CT [†] (°C)		
		Transplanting (T)	Heading (H)	Maturation (M)	T-H	H-M	T-M	T-H	H-M	T-M
Daebo	2015	6.25	8.26	10.27	62	62	124	1,568	1,169	2,737
	2016	6.20	8.24	10.19	65	56	121	1,771	1,185	2,956
	2017	6.16	8.21	10.23	66	63	129	2,077	1,324	3,401
	2018	6.25	8.28	10.22	64	55	119	1,760	1,037	2,797
	Mean	6.22	8.25	10.24	64	60	124	1,802	1,177	2,978
Saenuri	2015	6.25	8.31	11.8	67	69	136	1,688	1,183	2,871
	2016	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2017	6.16	8.24	10.26	69	63	132	2,158	1,286	3,444
	2018	6.25	9.1	10.26	68	55	123	1,862	987	2,849
	Mean	6.22	8.29	10.30	68	62	130	1,903	1,152	3,055

[†]CT : Cumulative daily mean air temperature.

Table 3. Growing period and cumulative mean air temperature of soybean experienced per year from 2015 to 2018.

Soybean variety	Year	Date (M.D.)		Growing period (days)	CT [†] (°C)
		Planting	Maturation		
Taeseon	2015	6.25	10.19	116	2,613
	2016	6.20	10.7	109	2,762
	2017	6.16	10.16	122	3,287
	2018	6.25	10.17	114	2,734
	Mean [‡]	6.22	10.17	117	2,878
Daewon	2015	6.25	10.23	120	2,680
	2016	-	-	-	-
	2017	6.16	10.23	129	3,401
	2018	6.25	10.25	132	2,837
	Mean	6.22	10.24	127	2,973

[†]CT : Cumulative daily mean air temperature.

[‡]Mean : Average of 2015, 2017 and 2018 years.

2,973°C 대보 보다 생육기간이 10일, 적산온도는 95°C 더 소요되었다.

Table 4는 옥수수의 3년 및 3년 평균의 파종일에 따른 출수기, 성숙기 등 생육일수의 변화와 관련 적산온도를 나타내었다. 2015년의 전 생육기간이 2017 및 2018년보다 두 품종 모두 많았으며, 특히 출사에서 성숙기간이 증가하였는데 이는 2015년의 기상이 다른 두 해의 기상에 비해 낮아 생육에 필요한 기온을 확보하는데 기간이 더 소요되었기 때문으로 보였다. 중생종인 다안옥은 생육에 필요한 적산온도가 2,500~2,600°C, 중만생종인 광평옥은 2,700~2,900°C의 적산온도가 필요하였다. 3년 평균값을 보면 중생종인 다안옥은 6월 22일 파종에 출수는 8월 13일, 성숙기는 9월 29일로 이양에서 출수까지는 52일에 적산온도 1,502°C를 나타내었다. 중만생종인 광평옥은 6월 22일 파종에 출수는 8월 28일, 성숙기는 10월 12일로 이양에서 출수까지는 57일에 적산온도 1,636°C를 나타내어 다안옥보다 출사일수는 5일, 적산온도는 134°C 더 소요되었다. 출수기에서 성숙기까지 일수 및 적산온도는 다안옥이 47일, 1,053°C, 광평옥이 55일, 1,153°C로 중만생종이 생육일수가 8일, 적산온도는 100°C 많았다. 따라서 전 생육기간 및 적산온도는 광평옥이 다안옥보다 13일, 243°C 증가하는 것으로 나타났다.

하작물의 파종기(벼의 경우 이앙기)에서 성숙기까지의 전 생육일수를 보면 벼의 중생종 및 중만생종이 124, 130일, 콩의 중생종 및 중만생종이 117, 127, 옥수수의 중생종 및 중만생종이 99, 112일로 작물별로는 벼>콩>옥수수 순으로 감소하였다. 또 3 작물의 품종별 비교에서는 대체적으로 벼

의 중생종은 콩의 중만생종과 또 콩의 중생종은 옥수수의 중만생종과 생육일수가 비슷한 경향을 보였으며 적산온도도 비슷한 경향을 나타내었다.

작물 생육 및 수량성 변화

Table 5는 앞작물의 종류별 밀의 생육 및 수량 변화를 나타낸 것이다. 년차별로는 밀의 수량성은 차이가 있어 2016년 및 2018년이 밀의 수량성이 대체적으로 2017년보다 수량이 낮은 것으로 보였다. 앞작물에 따른 밀의 수량성 차이를 보면 2016년 및 2018년은 앞작물로 벼, 콩, 옥수수 간에 차이가 없었지만 2017년은 차이가 났는데 앞작물로 벼를 재배하였던 곳에서 간장과 분얼수가 적어 콩과 옥수수를 재배하였던 곳보다 현저히 낮았다. 밀의 수량이 각각 562, 585 kg/10a인데 비해 벼를 재배하였던 곳은 338 kg/10a로 현저히 낮았다. 2016년 10월의 강수량이 137 mm로 많아 2016년에 벼를 재배하였던 곳은 가을에 벼 수확 후 땅이 잘 마르지 않은 상태에서 밀을 파종하여 콩과 옥수수와 같이 발 상태에서 재배한 곳에 비해 생육이 불량하였기 때문으로 보였다.

Table 6은 밀 이모작으로 벼를 재배하였을 때 벼 품종의 조만성에 따른 생육 및 수량성의 차이를 나타낸 것이다. 수량성은 년차 간에 차이를 나타내어 2017년이 가장 높고 2018년이 낮은 것으로 나타났다. 품종간의 차이를 보면 중생종 대보와 중만생종 새누리 간의 차이는 2017년을 제외하고 없는 것으로 나타났다. 중만생종인 새누리는 중생종인 대보보다 수량이 증가한 것은 수수 및 수당립수가 증가되었기 때문이었다.

Table 4. Growing period and cumulative mean air temperature of maize experienced per year from 2015 to 2018.

Maize variety	Year	Date (M.D.)			Growing period (days)			CT [†] (°C)		
		Planting (P)	Silking (S)	Maturation (M)	P-S	S-M	P-M	P-S	S-M	P-M
Daanok	2015	6.25	8.16	10.12	52	57	109	1,325	1,181	2,506
	2016	6.20	8.13	9.30	54	48	102	1,446	1,172	2,618
	2017	6.16	8.5	9.14	50	40	90	1,683	972	2,655
	2018	6.25	8.18	10.2	54	45	99	1,497	1,006	2,503
	Mean	6.22	8.13	9.29	52	47	99	1,502	1,053	2,555
Kwangpyeongok	2015	6.25	8.23	10.23	59	61	120	1,498	1,182	2,680
	2016	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2017	6.16	8.8	9.29	53	52	105	1,747	1,232	2,979
	2018	6.25	8.24	10.15	60	52	112	1,663	1,045	2,708
	Mean	6.22	8.18	10.12	57	55	112	1,636	1,153	2,789

[†]CT : Cumulative daily mean air temperature.

Table 5. Growth and yield of winter wheat (variety Jokyeong) by year and crop combination in double cropping systems.

Year	Crop combination	Stem height (cm)	Panicle height (cm)	Panicle number (No/m ²)	Kernel number per panicle	Grain yield (kg/10a)
2016	Rice-Wheat	85	7.4	821	25	419
	Soybean-Wheat	89	7.9	796	26	443
	Maize-Wheat	87	7.1	823	24	406
	LSD0.05 [†]	ns	0.6	ns	ns	ns
2017	Rice-Wheat	69	8.2	792	32	338
	Soybean-Wheat	80	8.3	986	30	562
	Maize-Wheat	82	8.8	1,206	33	585
	LSD0.05	5	ns	186	ns	53
2018	Rice-Wheat	78	8.1	726	29	493
	Soybean-Wheat	77	9.2	729	31	488
	Maize-Wheat	81	8.3	795	30	517
	LSD0.05	4	0.5	ns	2	ns

[†]Least significant difference at 5% level.

Table 6. Growth and yield of rice by year and crop combinations.

Year	Winter crop-rice cultivar	Stem height (cm)	Spike per hill (number)	Grain per spike (number)	Percent ripened grain (%)	Rice yield (kg/10a)
2015	Follow-Daebo	62	16.6	107	80	633
	Follow-Saenuri	78	14.8	120	87	635
	LSD0.05 [†]	2	ns	ns	6	ns
2016	Wheat-Daebo	56	14.5	91	89	493
	Wheat-Saenuri	-	-	-	-	-
	LSD0.05	-	-	-	-	-
2017	Wheat-Daebo	70	17.7	99	90	646
	Wheat-Saenuri	87	13.2	118	86	708
	LSD0.05	3	2.3	15	ns	28
2018	Wheat-Daebo	54	17.6	88	82	563
	Wheat-Saenuri	75	15.8	94	77	552
	LSD0.05	3	1.0	6	4	ns

[†]Least significant difference at 5% level.

Table 7은 밀 이모작으로 콩을 재배하였을 때 콩 품종의 조만성에 따른 생육 및 수량성의 차이를 나타낸 것이다. 수량성은 년차 간에 차이를 나타내어 마지막 해인 2018년이 가장 낮았고 밭 재배 3년차인 2017년이 가장 높았다. 품종 간 비교에서는 2017년은 차이가 없었지만 첫해인 2015년은 태선이 대원보다 약 70 kg/10a 이상 증가한 것으로 나타났는데 주로 절수와 주당협수의 증가에 기인하였다. 그러나 수량수준이 낮은 2018년은 태선이 260 kg/10a으로 대원

의 323 kg/10a보다 약 60 kg/10a 적은 것으로 나타났다.

Table 8은 밀 이모작으로 옥수수를 재배하였을 때 옥수수 품종의 조만성에 따른 생육 및 종실 수량성의 차이를 나타낸 것이다. 수량성은 년차간에 차이를 나타내어 밭재배 3년차인 2017년이 가장 높아 광평옥의 경우에는 1,000 kg/10a에 가까운 수량성을 나타내었다. 수량성이 낮은 2018년은 700 kg/10a 정도의 수량성을 나타내었다. 수량이 높았던 2017년은 간장과 간경 등이 증가한 것을 보았을 때, 식물체

Table 7. Growth and yield of soybean by year and crop combination.

Year	Winter crop-soybean cultivar	Stem height (cm)	Stem node (number)	Pod per plant (number)	Seed per plant (number)	Grain yield (kg/10a)
2015	Follow-Taeseon	58	16.7	61.7	80	384
	Follow-Daewon	40	11.5	51.8	82	310
	LSD0.05 [†]	5	1.0	4.5	ns	53
2016	Wheat-Taeseon	45	12.2	67.9	110	498
	Wheat-Daewon	-	-	-	-	-
	LSD0.05	-	-	-	-	-
2017	Wheat-Taeseon	53	14.4	75.1	128	431
	Wheat-Daewon	77	14.0	59.2	106	460
	LSD0.05	10	ns	13.8	ns	ns
2018	Wheat-Taeseon	56	14.2	76.0	97	260
	Wheat-Daewon	53	12.1	49.0	75	323
	LSD0.05	ns	0.6	7.8	10	54

[†]Least significant difference at 5% level.

Table 8. Growth and yield of maize by year and crop combination.

Year	Winter crop-maize variety	Stalk height (cm)	Stalk thickness (mm)	Ear length (cm)	Ear thickness (cm)	Grain yield (kg/10a)
2015	Fallow-Daanok	228	16.2	16.7	4.65	794
	Fallow-Gwangpyeongok	251	15.5	16.3	4.79	827
	LSD0.05 [†]	11	ns	ns	0.07	ns
2016	Fallow-Daanok	176	14	18	4.5	616
	Fallow-Gwangpyeongok	-	-	-	-	-
	LSD0.05	-	-	-	-	-
2017	Wheat-Daanok	210	18.4	16.8	4.8	886
	Wheat-Gwangpyeongok	264	21.7	17.4	4.8	976
	LSD0.05	9	1.3	ns	ns	ns
2018	Wheat-Daanok	189	19.8	17.1	4.68	704
	Wheat-Gwangpyeongok	226	20.7	15.4	4.89	716
	LSD0.05	12	ns	1.3	0.14	ns

[†]Least significant difference at 5% level.

생육이 수량에 영향을 주었던 것으로 판단된다. 품종간의 차이를 보면 중생종 다안옥과 중만생종 광평옥 간에는 년도별 모두 차이가 없는 것으로 나타났다.

Table 9는 밀-하작물 이모작의 2015, 2017, 2018 3년간의 평균수량과 순수익을 나타내었다. 밀수량은 벼를 재배한 곳에서 수량이 417 kg/10a로 낮았지만 콩, 옥수수를 재배한 곳에서는 500 kg/10a 내외의 수량성을 얻을 수 있었다. 벼는 대보 및 새누리 두 품종 모두 600 kg/10a 이상의 쌀수량을 얻을 수 있었고, 콩도 350 kg/10a 이상의 높은 수

량성을, 옥수수는 평균 800 kg/10a 내외의 종실 수량성을 얻을 수 있었다. 순수익을 보면 밀-벼 이모작에서는 밀이 약 30만원 벼가 약 80만원으로 약 110 만원/10a 정도였지만 밀-콩 이모작은 밀 수량성이 증가하여 밀의 소득이 약 40만원 정도였고, 콩이 350 kg/10a 정도의 높은 수량성으로 150 만원/10a의 소득이 가능하여 이모작 전체 약 190 만원/10a의 순수익을 얻을 수 있었다. 밀-옥수수 이모작의 경우는 옥수수의 종실의 단가가 낮아 이모작 합계 65 만원/10a에 불과하였다.

Table 9. Changes in total yield and net income earned by combination of double cropping.

Crop combination (winter-summer)	Variety of summer crop	Yield [†] (kg/10a)		Net income [‡] (thousand won/10a)			
		Wheat	Summer crop	Wheat	Summer crop	Total	Index (%)
Wheat-Rice	Daebo	417	614	303	764	1,067	100
	Saenuri	417	632	303	798	1,101	103
Wheat-Soybean	Taeseon	498	358	401	1,439	1,840	173
	Daewon	498	364	401	1,467	1,868	175
Wheat-Maize	Daanok	503	795	407	246	652	61
	Gwangpyeongok	503	840	407	282	689	65

[†]Yield : Average of 2015, 2017 and 2018 years

[‡]Net income = Crude income (yield × unit price) - Operating expenses

- Unit price : spring wheat 1.5 thousand Won/kg, rice 1.6 thousand won/kg, soybean 3.5 thousand Won/kg, maize 1 thousand Won/kg

- Operating expenses : spring wheat 1,000 thousand Won/10a, rice 400 thousand Won/10a, soybean 300 thousand Won/10a, maize 300 thousand Won/10a.

Table 10. Soil physicochemical characteristics[†] before and after experiment[‡].

Investigation time [‡]	Crop combination	Bulk density [†] (g/cm ³)	Porosity [†] (%)	pH (1:5)	EC (ds/m, 1:5)	OM (%)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex-Cation (cmol _e /kg)			
								K	Ca	Mg	Na
Before experiment	Continuous rice	1.75	33.8	5.8	0.58	2.47	90	0.39	5.31	1.24	0.32
After experiment	Wheat-rice	1.65	37.7	5.9	0.67	2.45	61	0.43	4.69	1.05	0.30
	Wheat-soybean	1.54	41.9	5.7	0.57	2.63	88	0.26	4.62	1.04	0.28
	Wheat-maize	1.51	42.9	5.7	0.38	2.44	83	0.21	4.35	0.96	0.26
LSD0.05 [§]		0.12	4.5	ns	0.10	ns	27	0.16	0.44	0.18	0.03

[§]Least significant difference at 5% level.

[†]Bulk density and Porosity : Soil depth 15~25 cm

Soil chemical characteristics (pH, EC, OM, P₂O₅, Ex-Cation) : Soil depth 5~15 cm

[‡]Before experiment : 2015 spring; After experiment : 2018 autumn

시험전후 토양변화

Table 10은 2015년 봄의 시험전의 토양과 2018년의 하계작물 수확 후 가을의 토양의 이화학성 변화를 살펴 본 것이다. 시험전 토양은 연속적으로 벼가 재배되어온 토양이었는데 가밀도와 공극율이 1.75 g/cm³을 나타내었고 공극율은 33.8%를 나타내었다. 밀-하작물(벼/콩/옥수수) 이모작을 4년간 수행함에 따라 토양물리성이 개선되었는데 특히 하계에는 벼 대신 콩과 옥수수를 재배함으로써 가밀도가 1.54 g/cm³, 1.51 g/cm³로 공극율이 41.9%, 42.9%로 개선되었는데, 벼보다 콩과 옥수수 포장에서 토양물리성이 좋아진 것은 콩과 옥수수가 발상태(호기조건)에서 재배되었기 때문에 토양의 전지화에 따라 토양의 물리성이 현저히 좋아짐을 알 수 있었다.

시험후 토양의 화학성을 보면 밀-하작물 이모작에 따라 pH 유기물함량 등은 큰차이가 없거나 일부 감소되는 경향

을 보였는데 EC 및 양이온 함량은 밀-옥수수 이모작에서 특이하게 감소하는 경향을 보였다.

추파밀-하작물 이모작의 적합성

추파밀은 월동 후 2017년 및 2018년과 같이 기온이 높은 해에는 예년에 비해 출수기가 당겨질 가능성이 있는 것으로 나타나 앞으로 기후온난화와 더불어 하작물과 이모작에는 유리해 질 가능성이 보였다. 남부지역에서 밀의 성숙기가 대략적으로 6월 6일 정도에 해당하므로 6월 중순의 초반에 밀의 수확이 가능하면 6월 20~25일 사이에는 하작물의 파종(이앙)이 가능한 것으로 나타났다. 따라서 6월 상순이 파종적기인 벼와 5월 이후 파종이 빠를수록 좋은 옥수수는 이모작의 파종기가 적기 파종보다 다소 늦은 것으로 나타났다. 그러나 콩은 재배적기가 6월 중하순에 해당하므로 밀 수확 후에 적기에 파종하는 것이 가능하였다. 3년간

의 밀의 수량성을 보면 가을에 기상이 좋아 벼 후작으로 파종한 밀은 콩과 옥수수를 재배한 곳과 비슷한 수량성이 얻을 수 있었지만 2016년 강우량이 많아 밀의 파종작업 조건이 나빠질 때는 밀의 파종이 지연되거나 밀의 수량이 감소할 위험성이 있어 밭상태로 재배한 콩과 옥수수의 후작으로 재배한 밀보다 재배의 안정성이 낮은 것으로 보였다. 특히 2015~2018년 4년 중 2016년 및 2018년의 2년의 밀 파종 전 강우량이 많았던(Fig. 2) 것을 감안했을 때 벼 재배 시 밀 파종의 위험성은 빈도가 높을 것을 알 수 있었다. 벼는 콩과 옥수수보다 생육일수가 더 소요되고 벼 수확 후에 밀 파종작업을 하기 위해서는 논을 말리는 기간이 더욱 소요되고, 토양물리성이 덜 개선되어 파종작업에도 노력이 더 소요되는 것으로 생각되어 밀이 콩과 옥수와 이모작하는 것보다 훨씬 작부체계상 불리한 것으로 보였다.

하계작물 벼만 보면 6월 중하순에 파종해도 남부평야지의 중만생종의 등숙이 가능한 출수한계기인 8월 30일(Kim *et al.*, 2018) 이전에 출수가 가능하여 밀이모작에서도 중만생종의 벼 품종의 재배가 가능하였다. 또 벼의 수량성을 보면 년차가 차이가 있었지만 품종 간 차이는 적었으며 이모작으로 6월 중하순 파종에도 불구하고 모두 600 kg/10a 이상의 높은 수량성을 얻을 수 있었다. 이는 적기보다 늦은 파종에도 불구하고 늦가을에도 벼의 생육에 필요한 적산온도를 확보할 수 있기 때문으로 보였다. 그러나 밀-벼 이모작을 고려했을 때는 밀의 파종적기가 10월하순~11월초순에 해당하여 벼의 중만생종 품종의 성숙기와 겹치는 것으로 나타났고 최대한 숙기가 빠른 벼 품종이 요구되는데 중만생종보다 숙기가 빠른 중생종은 작기상 밀파종은 가능하였다. 그러나 벼 수확 후 논을 말리는 기간이 요구되거나 강우가 빈번할 경우 밀파종 작업이 어려워질 수 있어 12월 이후 파종(춘파) 등의 대체적인 방법이 필요한 것으로 보인다. 이모작 벼는 중생종과 중만생종간에 이앙에서 출수까지의 일수에 차이가 났기 때문에 가급적 빠른 밀 파종을 위해서는 이앙에서 출수까지 생육일수가 적은 품종을 선택하여 6월 중에 빨리 이앙을 마치는 것도 필요하였다.

콩, 옥수수 등 하계 밭작물의 수량성도 년차간 차이는 있지만 품종간의 차이는 미미한 것으로 나타나 여유 있는 밀 이모작을 위해서는 되도록 생육기간이 짧은 품종을 선택하고 밀-콩 이모작과 같이 작기에 여유가 있을 때는 고품질 중만생종 품종을 선택할 수 있는 것으로 판단되었다. 일반적으로 논콩은 밭콩보다 높은 수량성을 확보할 수 있는데, 2015년 및 2017년에 350 kg/10a 이상의 높은 콩 수량 확보가 가능하였다. 그러나 논 콩의 지속재배에 따라 콩 재배 4년차인 2018년에는 수량이 감소하는 경향을 보였다. 논에

서 콩 재배 시 4년차부터 수량성이 감소할 수 있다는 하였는데(Hattori *et al.*, 2013; Nishia, 2016) 본 시험에서도 콩과 옥수수는 3년차까지는 수량성이 정상이었지만 대체로 4년차에서 감소하였다. 콩과 옥수수 등의 밭작물을 재배한 곳은 벼를 재배한 곳보다 토양의 전지화가 진행되어 토양의 물리성 등이 빨리 개선되고(Kim *et al.*, 2007), 또 콩과 옥수수의 수확 후에는 벼의 수확 후와 같이 논을 말리는 기간이 필요 없으므로 가을에 신속히 밀의 파종이 가능한데 작부시기가 잘 맞는 체계라고 보여진다. 특히 콩은 350 kg/10a 정도의 높은 수량성과 콩 후작의 밀 또한 재배 또는 수량성 확보에 안정성이 있고 이모작 전체 소득성이 가장 높아(Table 9) 논에서 도입이 유망한 조합인 것을 알 수 있었다.

옥수수는 3가지 여름작물 중 생육기간이 짧아 밀과의 이모작에는 문제가 없는 것으로 보였다. 그런데 4년간의 시험에서 파종에서 성숙기까지 소요되는 적산온도는 비슷하였지만 그 해의 기온 변화에 따라 전체 생육일수가 차이가 많이 나 2015년 같이 기온이 낮은 해에는 생육일수 특히 출사에서 성숙까지의 기간이 증가되어, 숙기도 벼와 콩과 같이 늦추어질 가능성이 높았다. 또 중생종 및 중만생종간의 곡실 수량성은 차이가 없는 것으로 나타나 따라서 밀 이모작을 위한 안정적인 작기 확보를 위해서는 중생종과 같이 숙기가 빠른 품종을 선택하여 이모작을 하는 것이 필요하였다. 발효 곡실사료용 옥수수(일본에서는 ear corn라 부름)로 이용할 경우에 일반 사일리지 옥수수와 달리 완숙기에 이삭만 수확하여 농후사료로 만들므로 수확기가 사일리지용 옥수수(황숙기에 수확)에 비해 약 20일 정도 늦게 수확하므로(Oshita *et al.*, 2016) 사일리지용의 성숙기(흑색층생성기) 보다 수확에 더 많은 일수가 필요하므로 더 숙기가 빠른 품종의 선택이 필요할 것으로 보였다. 일반적으로 옥수수의 6월 중 파종이 늦어지면 일반 식물체 뿐만 아니라 알곡의 수량성이 감소하는 것으로 알려져 있는데(Ju *et al.*, 2010) 밀 이모작에서는 옥수수의 파종을 6월 중하순에 하게 되므로 간엽 및 종실을 모두 이용하는 사료용은 수량성이 적기파종(4~5월 파종)에 비해 현저히 감소할 가능성이 있다. 그러나 이삭만을 수확하는 곡실용옥수수는 적기파종과 비교하여 6월 파종에도 수량성이 감소하지 않는다는 보고도 있어(Seo *et al.*, 2010, 2014) 만식적용 품종을 선택하면 정상적인 곡실수량성도 확보할 수 있을 것으로 보였다. 본 시험에서도 2017년에 976 kg/10a의 높은 곡실 수량성을 얻을 수 있었다. 따라서 옥수수 후작 밀 최대 수량 585 kg/10a와 더불어 밀-곡실용옥수수 이모작으로 논에서 1,561 kg/10a/년의 곡실 확보가 가능하여 앞으로 식량위기에 대

응하여 논에서 곡실을 최대 생산할 수 있는 작부체계가 될 가능성이 있었다.

밀-벼 이모작에서는 하작물 벼는 적기파종보다 이앙이 늦지만 6월 중하순 이앙에 따라 적산온도 및 수량성 확보에는 큰 지장이 없는 것으로 나타났지만 벼 수확 후 가을에 밀을 안정적으로 파종하거나 정상적 수량성도 확보하는 데 어려움이 있을 수 있었다. 따라서 밀-벼 이모작을 위해서는 최대한 조·중생종 위주의 품종선택으로 밀의 파종 및 수량 확보에 지장이 없게 하는 것이 중요하였다. 밀-콩 이모작은 작기 상 여유가 있고, 밀과 콩의 안정적인 파종, 수량성 및 소득확보가 가능하였는데 현재 논에서 가장 도입이 가능한 벼 대체 작부체계라고 할 수 있다. 밀-곡실용옥수수 이모작도 밀-콩과 같이 작부시기에서 파종작업 및 수량성 확보가 가능한 체계라고 할 수 있는데 곡실용옥수수는 안정적 성숙기 확보기 포장에서 건조기간 확보 및 안정적 수확작업을 위해 중생종 위주의 품종을 선택하여 밀과 이모작하는 것이 바람직 할 것으로 보였다.

적 요

남부지역 논에서 식량작물을 최대 생산하기 위해 밀양시 국립식량과학원 시험포장에서 2015~2018년의 4년 동안 겨울밀-벼, 겨울밀-콩 및 겨울밀-곡실용옥수수의 이모작 체계의 생육기간 및 생산성을 비교하였다. 밀의 수확적기는 6월 중순으로 하작물은 6월 하순에 파종(이앙)이 가능하였다. 벼의 6월 하순 이앙 시 안전출수와 벼의 수량성 확보에는 지장이 없었지만 가을에 성숙기가 늦어 뒷그루 밀 파종에는 지장이 많았으며, 특히 중만생종 벼의 경우 수확기가 11월 상순으로 늦추어져 밀의 적기파종이 어려웠다. 콩은 6월 하순이 파종적기이므로 작기상 큰 문제가 없었으며 성숙기도 10월 중순으로 11월 상순의 밀 파종에 큰 무리가 없었다. 곡실용옥수수는 6월 하순 파종 시 성숙기가 가장 빨라 밀과의 이모작에서 작기상 가장 유리하였다. 겨울밀-하작물 이모작에서 밀은 콩과 곡실용옥수수 후작에서는 안정적인 수량성을 얻을 수 있었지만 벼의 후작에서는 강우가 많은 해에는 수량이 감소할 위험성이 있었다. 벼, 콩, 곡실용옥수수의 수량성은 각각 600, 350, 800 kg/10a로 높은 수량성 확보가 가능하였고 중생종과 중만생종간의 수량성에 큰 차이를 보이지 않아 중생종이 만생종보다 이모작에 유리하였다. 토양 물리성에서도 콩과 옥수수 등 밭작물의 도입 시 물리성이 좋아지는 것으로 나타났다. 따라서 남부지역 논에서 밀-콩/곡실용옥수수 이모작은 작기 연결성 및 토

양개선, 소득성(콩)에서 밀-벼 이모작보다 우수한 것으로 나타났다.

사 사

본 성과물은 농촌진흥청 연구사업(세부과제번호 : PJ01388703)의 지원에 의해 이루어진 것임.

인용문헌(REFERENCES)

- Hattori, M., Y. Nagumo, T. Sato, Y. Fujita, Y. Higuchi, T. Ohyama, and Y. Takahashi. 2013. Effect of continuous cropping and long-term paddy-upland rotation on yield reduction of soybean in Niigata Prefecture. *Jpn J. Crop Sci.* 82(1) : 11-17.
- Ju, J. I., Y. G. Seung, C. G. Kim, and H. B. Lee. 2010. Planting date and hybrid influence on silage corn yield and quality at paddy field in middle region. *J. Kor. Grassl. Forage Sci.* 30(1) : 1-8.
- Kim, M. T., J. H. Seo, H. S. Cho, K. Y. Seong, J. K. Lee, S. P. Eom, W. T. Jeon, and J. Y. Lee. 2007. Annual variation of soil properties and yield of soybean in paddy field. *Korean J. Crop Sci.* 52(4) : 370-374.
- Kim, S. Y., J. H. Seo, H. K. Bae, C. D. Hwang, and J. M. Ko. 2018. Rice cultivars adaptable for rice based cropping systems in a paddy field in the Yeongnam plain area of Korea. *Korean J. Agri. Sci.* 45(3) : 355-363.
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. 2019. Support for cultivating crops other than rice in paddy fields. www.mafra.go.kr/subview.do
- Nishida, M. 2016. Decline in fertility of paddy soils induced by paddy rice and upland soybean rotation, and measure against the decline. *JARQ* 50(2) : 87-94.
- Oshita, T., E. Nemoto, Y. Aoki, Y. Ueda, and M. Aoki. 2016. Comparison of chemical composition, nutritive value and production yield between high moisture shelled corn and ear corn silage. *Jpn. J. Grassl. Sci.* 62 : 140-145.
- Seo, J. H., B. Y. Son, J. E. Lee, Y. U. Kwon, G. H. Jung, S. B. Back, J. H. Sung, and W. H. Kim. 2010. Change of growth and yield of late-planted maize cultivar for double cropping with barley. *Korean J. Crop Sci.* 55(3) : 232-238.
- Seo, J. H., J. K. Moon, G. H. Jung, M. J. Seo, J. H. Gu, C. H. Park, W. H. Bae, S. H. Shin, and Y. U. Kwon. 2014. Change of growth stage and yield of maize according to planting time in the central districts. *J. Agr. Sci. Chungbuk Nat'l Univ.* 30(2) : 120-128.
- Sun, H. Y., X. Y. Zhang, S. Y. Chen, D. Pei, and C. M. Liu. 2007. Effect of harvest and sowing time on the performance of the rotation of winter wheat-summer maize in the North China Plain. *Industrial Crops and Products* 25 : 239-247.