

## 남부지역 논에서 봄감자와 하작물 이모작에 따른 생육기간 및 생산성 변화

서중호<sup>1,†</sup> · 황정동<sup>1</sup> · 최원영<sup>2</sup> · 배현경<sup>1</sup> · 김상열<sup>3</sup> · 오성환<sup>3</sup>

### Changes in Growing Period and Productivity under Double Cropping of Spring Potato and Summer Cereals in Paddy Fields of Southern Korea

Jong-Ho Seo<sup>1,†</sup>, Chung-Dong Hwang<sup>1</sup>, Weon-Young Choi<sup>2</sup>, Hyeon-Kyung Bae<sup>1</sup>, Sang-Yeol Kim<sup>3</sup>, and Seong-Hwan Oh<sup>3</sup>

**ABSTRACT** Changes in growing periods and productivities of crops under double cropping of potato-rice, potato-soybean and potato-maize, were investigated at the Paddy Experimental Fields in Miryang City from 2015 to 2018. Spring potatoes planted in early March showed a yield of 2.1-2.3 ton/10a and a period of 90 days. In double cropping, growing period of rice, soybean, and maize was about 130, 125 and 115 days, respectively. The potato yield obtained was as much as 616, 330 and 815 kg/10a under double cropping with rice, soybean and maize, respectively. It is beneficial to sow the spring potatoes as early as possible to increase the yield and to secure the growing period of sequential crops. The introduction of summer medium-late variety grain crops into double cropping of spring potato and rice as well as into double cropping of spring potato and soybean/maize, was possible because of no sowing in the fall and plants were able to reach the heading growth stage before the safe heading limit of rice in particular. In the case of maize, the growth period was different according to the change in temperature over the year. The introduction of upland crops such as soybeans and maize instead of rice improved soil physicochemical properties in a short period of time, contributing to the increase of spring potato yields, but there was also a risk of damage by successive cropping for more than three years. Spring potato-maize showed higher yield in terms of starch production, and spring potato-soybean was found to be advantageous for net income.

*Keywords* : double cropping, maize, paddy field, potato, rice, soybean

**현재** 정부는 쌀 재고량 증가에 따라 쌀 생산을 감소시키고 자 논에서 타작물로 콩, 사료작물 등을 위주로 타작물의 재배를 추진하고 있다(MAFRA, 2019). 남부지역의 전통적 논 이모작체계는 여름에 벼를, 이어서 겨울에 답리작으로 보리를 많이 재배하였으나 수입곡물 및 육류소비량 증가에 따라 보리 재배면적이 현저히 감소하였고 대신 소득성이 높은 양념채소인 마늘과 양파 등의 답리작이 증가하여 왔다(RDA, 2002). 또 벼 재배 전에 봄에 파종하는 풋옥수수 및 봄감자 등의 소득작물과의 이모작도 증가하여 왔다

(RDA, 2003). 이 봄소득작물-벼 이모작에서는 소득이 높은 봄작물이 주작물이 되고 벼는 보조작으로 바뀌기도 하는데 이 춘작-하작의 작부체계는 가을에 파종작업이 없기 때문에 수확 등 작업에 여유가 있는 장점이 있다. 그러나 봄에 파종하기 때문에 작물에 따라서는 추파작물에 비해 성숙 및 수확기가 늦어질 수 있는데, 작기가 상대적으로 길어 6월에 이앙을 완료해야 하는 벼는 적정 파종기간이 한정되어 이모작에 지장을 줄 수 있다. 논에서 재배하는 콩의 경우에는 벼에 비해 7월까지 파종이 가능하여 춘작물과 조합

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

<sup>2</sup>농촌진흥청 국립식량과학원 기술지원과 농업연구관 (Senior Researcher Scientist, Technology Transfer Division, National Institute of Crop Science, Wanju 55365, Korea)

<sup>3</sup>국립식량과학원 남부작물부 논이용작물과 농업연구관 (Senior Researcher Scientist, Paddy Crop Research Division, Department of Southern Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Miryang 50424, Korea)

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

<Received 7 September, 2019; Revised 29 November, 2019; Accepted 30 November, 2019>

이 유리하여 담배, 봄감자, 봄배추와의 이모작이 증가하고 있으며(RDA, 2016). 하작물인 옥수수는 사료(사일리지)용으로 재배할 때는 5월 중하순부터 파종기간 늦어지면 식물체를 포함한 사료(TDN)수량이 감소하지만 알곡용으로 재배할 때는 6월 상순까지만 파종하면 알곡수량 확보에는 큰 무리가 없다(Seo *et al.*, 2010, 2014) 따라서 작기가 짧아 수확이 빠른 감자를 재배하고 사료용 옥수수를 파종하면 사료의 수량의 확보에는 문제가 없을 것으로 생각되어 진다. 일본의 연구기관에서도 논에서의 콩의 연속재배에 따른 지력감소 및 콩수량 감소에 대비해(Nishida, 2016) 논 윤작작물로 사료곡물용 옥수수의 도입을 적극적으로 검토하고 있다(Oshita *et al.*, 2016; Shinoto *et al.*, 2017). 우리나라도 앞으로 국제곡물가의 불안정 및 국내 NON-GMO 곡실사료용 옥수수의 수요 증가에 대비하여 여름에 논에 콩, 사료작물의 재배와 더불어 사료곡실용 옥수수의 재배에 대해 적극적으로 검토할 필요성이 있다. 감자는 생육기간이 짧고, 생육기간에 비해 전분생산 효율이 뛰어난 작물로 작기 상 하작물과 무리없이 이모작이 가능한 소득작물이다. 주식작물은 아니지만 식량이 부족한 시기에 구황작물로 많이 이용되었듯이 유사시에는 식량작물로도 전용이 가능하다. 중국에서는 2015년에 식량자급의 다목적 카드로 한랭·건조한 지역에서 적은 관개수량으로 단기간에 생산량을 확보할 수 있는 감자를 쌀, 밀, 옥수수에 이어 4대 주식(主食)으로 만든다는 전략을 발표하고 재배의 확대를 꾀하고 있다(KREI, 2015). 우리도 식량자급의 측면에서 이모작이 가능한 남부지역을 중심으로 벼 뿐만 아니라 자급률이 낮은 콩, 옥수수 등 하계 발작물과 연계하여 식량을 최대로 생산할 수 있는 봄감자 이모작 모델의 개발이 필요하다. 따라서 본 시험에서는 논에 하작물로 벼와 더불어 콩, 곡실사료용 옥수수를 도입하여 봄감자와 각각 연계한 이모작에서 작기 변화를 구명하고 최대 생산성 확보의 가능성을 검토하고자 본 시험을 실시하였다.

## 재료 및 방법

본 시험은 2015년 봄부터 2018년 가을까지 4년 동안 경남 밀양시 국립식량과학원 남부작물부의 논 시험포장에서 실시되었다. 논 포장은 2014년까지 계속 벼가 재배되었던 포장이었다. 춘작으로 봄감자를 두고 하계작물로 벼, 콩 및 곡실용옥수수의 이모작 조합으로 이루어 졌다. 감자 품종은 봄파종 용으로 일반적으로 많이 사용하는 수미였다. 감자 종서는 2015, 2016 및 2018년은 고령지농업연구소에서 직접 분양하는 바이러스 무병주 감자를 사용하였고, 2017

년은 강원도의 농가에서 제공하는 종서를 구입하여 사용하였다. 가을파종이 없기 때문에 하작물 품종은 생육기간이 길고 수량성이 높은 중만생종 품종 새누리(벼), 대원(콩), 광평옥(옥수수)을 선택하였다. 봄감자의 파종기는 2월 하순~3월 상순이었으며 수확기는 5월 하순~6월 상순이었다(Table 2, 2015년만 3월 17일 파종). 하계작물 벼, 콩, 옥수수의 파종(이앙)일은 6월 중순이었다. 작부조합별 시험구의 면적은 173 m<sup>2</sup> (6.3×27.4 m)이었으며 단구로 처리하였다. 감자는 하우스에서 산광최아 처리하여 절단한 절편을 이랑간격이 140 cm에 두둑너비 110 cm, 골너비 30 cm로 성휴하고 재식거리 30×35 cm 로 두둑위에 2열 파종하였고, 초기 서리피해를 막기 위해 흑색과 투명이 배합된 비닐을 피복하였다. 하계작물인 벼는 30×14 cm로 30일 육묘한 중묘를 이앙하였고, 콩과 옥수수는 논에서의 습해회피를 위하여 이랑작성기를 이용하여 이랑너비 150 cm의 평휴로 60+90 cm의 조간거리(두둑 위의 조간거리 60 cm, 두둑간 조간거리 90 cm)으로 씨앗을 파종하였는데, 콩의 주간거리는 15 cm, 옥수수의 주간거리는 20 cm로 하였다. 옥수수와 콩은 2립씩 파종하여 옥수수는 출아후 주당 1립으로 조정하였고 콩은 주당 2립으로 재배하였다. 시비량은 감자가 N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O = 9.5-7.4-3.9 kg/10a, 벼가 N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O = 9.5-7.4-3.9 kg/10a, 콩이 N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O = 3-3-4.3 kg/10a, 옥수수가 N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O = 17.4-3-6.9 kg/10a였으며, 봄감자는 시비전 퇴비를 1 ton/10a 사용하였고 하작물은 퇴비를 사용하지 않았다. 질소비료는 콩은 전량시비, 벼는 기비, 분얼비 및 추비를 50-20-30%를, 옥수수는 기비와 추비를 50-50%의 비율로 분시하였다. 벼와 옥수수는 출수기와 출사기 등 생식생장기를 조사하였고, 성숙기는 봄감자는 생육이 완료되어 식물체가 시드는 상태를 조사하였으며, 벼와 콩은 잎이 황화되기 시작하는 시기를, 옥수수는 곡립 아래층에 흑색층이 나타나는 황숙기를 성숙기로 잡았다. 생육기간의 적산온도는 시험지 인근에 위치한 밀양의 기상대의 평균기온을 이용하여 합산하여 나타내었다. 벼, 콩, 옥수수는 모두 단구내에서 4 반복으로 조사하였는데, 벼는 수확전 반복 당 10주를 대상으로 간장, 수수 등 생육조사를, 3주를 채취하여 수량구성요소, 그리고 100주를 수확하여 수량조사(백미수량)를 하였다. 콩과 옥수수는 수확전 10개체의 생육조사와 10주를 수확하여 수량구성요소를 조사하였고 두둑위 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 반

복당 3곳에서 코어를 채취하였다. 토양화학성 분석으로 유기물함량은 Tyurin법, 유효인산은 Lancaster법, 양이온은 유도결합플라즈마발광광도계(Perkin Elmer Optima 3300DV)를 이용하여 분석하였다. 통계처리(분산분석)는 SAS 9.4 (SAS Institute Inc., 2019)를 이용하였다.

**결과 및 고찰**

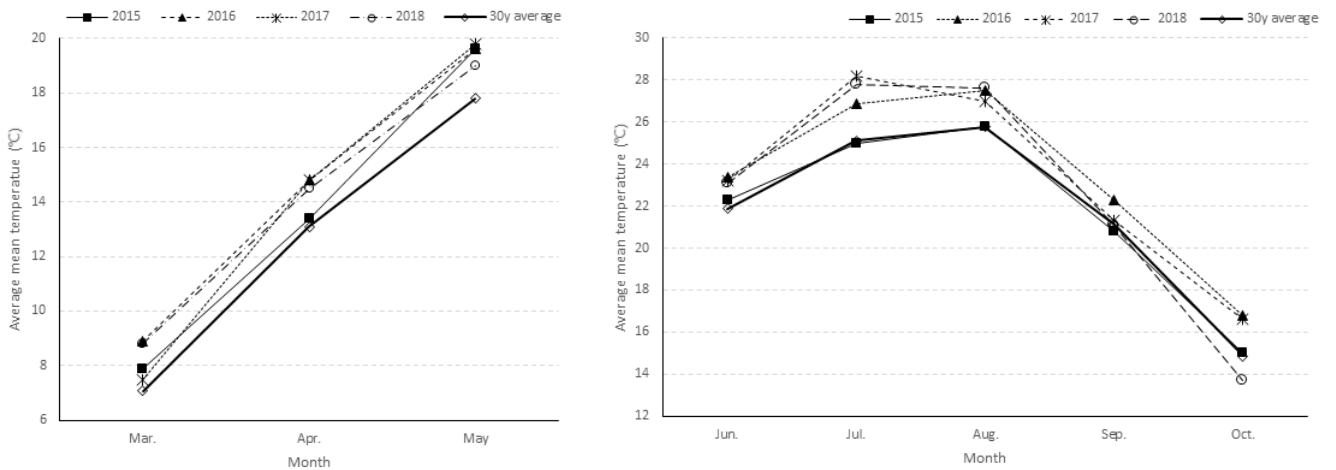
**작물별 생육단계 변화**

Fig. 1은 4년간의 작물생육기간중의 월별 평균기온의 평균치를 나타낸 것인데 생육기간의 평균기온이 봄감자는 8~20°C의 분포를, 하계작물은 15~28°C의 생육온도의 분포를 보였다. 2015년이 봄감자 및 하작물의 재배기간 중 평균기온이 감소하였는데 특히 하작물 생육기간이 7월 및 8월의 평균온도가 2~4°C 감소한 것을 알 수 있었다. 2018년은 하작물의 생육후기인 10월에 평균온도가 낮았다.

2015~2018년 4년간의 봄감자 생육기간 및 적산온도를 보면(Table 1) 2015년은 시험 첫해로 파종일이 3월 17일로

늦었지만 2016~2018년간은 감자파종은 2월 말~3월 초로 정상적이었다. 감자의 성숙기는 파종이 2월 23일로 빨랐던 2016년이 5월 25일로 빨랐으나 그 외는 6월 초순이면 성숙이 가능하였다. 생육일수는 80~97일로 평균 90일을 나타내어 3월초 파종 시 대체적으로 3개월이면 수확이 가능하였다. 4년간 파종에서 성숙까지의 적산온도는 보면 대략 1,200~1,370°C으로 4년 평균 1,280°C를 나타내었다. 따라서 남부 지역에서 6월 초순에 감자를 수확한다면 6월 상중순의 하작물의 파종에는 큰 지장이 없는 것으로 나타났다.

Table 2는 벼의 생육단계 및 적산온도를 나타낸 것이다. 이앙기 6월 10일~6월 15일에, 출수기는 8월 21일~8월 29일, 성숙기는 10월 16일~10월 26일을 나타내어 대체로 6월 중순에 이앙하면 출수기는 8월 하순, 성숙기 10월 하순에 해당되어 이앙에서 출수까지가 약 70일, 출수에서 이앙까지 60일로 전생육기간은 약 130일 정도 소요되었다. 2015년도에 이앙에서 성숙기까지의 생육일수가 135일로 다른 년도에 비해 증가한 것은 2015년의 여름 평균온도 감소하여 생장에 필요한 적산온도 확보에 많은 기간에 많은 일수가



**Fig. 1.** Changes in the mean monthly air temperature during spring potato (left) and summer grain crops (right) during growing seasons in 2015-2018.

**Table 1.** Growing period of potatoes and cumulative air temperature experienced per year from 2015 to 2018.

Year	Date (M.D.)		Growing period (days)	CT <sup>†</sup> (°C)
	Planting	Maturation		
2015	3.17	6.5	80	1,270
2016	2.23	5.25	97	1,202
2017	3.2	5.31	90	1,275
2018	3.6	6.5	91	1,373
Mean	3.5	6.2	90	1,280

<sup>†</sup>CT : Cumulative daily mean air temperature

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

Year	Date (M.D.)			Growing period(days)			CT <sup>†</sup> (°C)		
	Transplanting (T)	Heading (H)	Maturation (M)	T-H	H-M	T-M	T-H	H-M	T-M
2015	6.10	8.22	10.23	73	62	135	1,816	1,207	3,023
2016	6.10	8.21	10.16	72	56	128	1,916	1,220	3,136
2017	6.16	8.24	10.26	69	63	132	2,158	1,286	3,444
2018	6.15	8.29	10.24	75	56	131	2,028	1,037	3,065
Mean	6.13	8.24	10.22	72	59	132	1,980	1,188	3,167

<sup>†</sup>CT : Cumulative daily mean air temperature

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

Year	Date (M.D.)		Growing period (days)	CT <sup>†</sup> (°C)
	Planting	Maturation		
2015	6.10	10.19	131	2,956
2016	6.10	10.4	116	2,936
2017	6.16	10.20	126	3,353
2018	6.15	10.23	130	3,052
Mean	6.13	10.17	126	3,074

<sup>†</sup>CT : Cumulative daily mean air temperature

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

Year	Date (M.D.)			Growing period (days)			CT <sup>†</sup> (°C)		
	Planting (P)	Silking (S)	Maturation (M)	P-S	S-M	P-M	P-S	S-M	P-M
2015	6.10	8.16	10.19	67	64	131	1,668	1,288	2,956
2016	6.10	8.6	9.28	57	53	110	1,468	1,342	2,810
2017	6.16	8.8	9.29	53	52	105	1,747	1,232	2,979
2018	6.15	8.17	10.10	63	54	117	1,713	1,170	2,883
Mean	6.13	8.12	10.7	60	56	116	1,649	1,258	2,907

<sup>†</sup>CT : Cumulative daily mean air temperature

소요되었기 때문으로 보였다. 벼 생육기간 전체의 적산온도는 4년 평균 3,167°C이고 이앙에서 출수기까지가 1,980°C, 출수에서 등숙까지가 1,188°C로 나타내었다. 남부평야에서 중만생종벼의 안전 출수한계기는 8월 30일이라고 하였는데(Kim *et al.*, 2018), 감자 후작으로 벼의 이앙 시 중만생종 벼를 재배하는 것은 충분한 것으로 나타났다. 현재 지구의 온난화와 관련하여 가을철은 적산온도의 확보가 유리해지고 있는데 8월 하순에 출수하면 중만생종이 안전 등숙할 수 있는 1,200°C 정도의 적산온도의 확보(Kim *et al.*, 2018)는 충분할 것으로 보였다.

콩의 생육일수 및 적산온도를 보면(Table 3) 콩의 전체

생육일수는 116~131일, 적산온도는 2,956~3,352°C으로 벼와 옥수수에 비해 년차간 변이가 컸지만 대체로 성숙에 필요한 3,000°C 내외였다. 평균 생육일수는 125 일 전후, 평균 적산온도 3,070°C로 대체적으로 6월 중순에 파종하면 10월 20일 정도에 성숙이 가능하였다.

옥수수의 생육일수 및 적산온도를 보면(Table 4) 년도에 따라 출사일 8월 6일~8월 17일, 성숙일이 9월 28일~10월 19일로 년차 간에 차이가 있었다. 따라서 전체 생육일수도 105~131일로 최저와 최고에 간에 약 25일 정도의 차이를 나타내었다. 그러나 생육기간의 적산온도를 보면 2,810~2,956°C으로 년차간 큰 차이를 보이지 않았다. 생육일수에서 큰 차

이를 보였던 2015년과 2017년을 보면 생육일수가 각각 131, 105일로 약 26일 정도 차이를 보였지만 적산온도는 파종~출사 및 출사~성숙이 거의 비슷하여 파종에서 성숙까지의 전 생육기간의 적산온도가 2,956°C 및 2,979°C로 거의 비슷하였다. 이것은 2015년도의 생육기간 중 6월~8월의 평균 기온이 2016~2018년에 비해 현저히 낮아(Fig. 1) 생육에 필요한 적산온도를 확보하는데 더 많은 생육일수가 소요되었기 때문이었다. 여름 기온에 의해 생육일수가 많이 변할 수 있다는 것을 의미한다. 옥수수는 6월 중순 파종 시 10월 상순에 성숙되어 평균 116일의 생육일수와 2,900°C 정도의 적산온도가 소요됨을 알 수 있었다.

Table 5은 Tables 1~4에 근거하여 봄감자-하작물 이모작 조합들의 전체 생육일수 및 적산온도를 나타낸 것이다. 생육일수는 봄감자가 90일, 하작물이 116~132일로 전체 206~222일의 생육일수가 소요되었다. 봄감자-벼, 봄감자-콩, 봄

감자-옥수수가 각각 222일, 216일 및 206일로 생육기간이 단축됨을 알 수 있었고 그에 따라 적산온도도 4,447°C, 4,354°C, 4,187°C 순으로 감소되었는데 봄감자-콩 이모작에 비해 봄감자-옥수수의 생육일수 및 적산온도의 감소가 커서 짧은 기간에 이모작이 가능하여 봄감자-벼는 10월 하순, 봄감자-콩은 10월 중순, 봄감자-옥수수는 10월 상순 순으로 생육기간이 줄어들음을 알 수 있었다.

**작물 생육 및 수량성 변화**

Table 6은 4년간의 감자의 생육과 수량을 나타낸 것이다. 2015년은 파종기가 3월 17일로 늦었던 관계로 지상부 생장이 적었고 및 상서수량도 봄감자 전국 평균수량성인 2,500 kg/10a보다 약 800~900 kg/10a 적은 1,660 kg/10a를 나타내었다. 2016년은 3 작부조합 모두 지상부 생육의 차이는 없었는데 앞작물로 콩을 심었던 곳에서 상서수량이 현저히

**Table 5.** Changes in growing days and cumulative air temperature in double cropping combinations of spring potato and summer crops (4 year average).

Crop combination (Spring-Summer)	Growing period (days)			CT <sup>†</sup> (°C)		
	Potato	Summer crop	Total	Potato	Summer crop	Total
Potato-Rice	90	132	222	1,280	3,167	4,447
Potato-Soybean	90	126	216	1,280	3,074	4,354
Potato-Maize	90	116	206	1,280	2,907	4,187

<sup>†</sup>CT : Cumulative daily mean air temperature

**Table 6.** Growth and yield of potato by year and crop combination in a double cropping system.

Year	Crop combination	Stem height (cm)	Aboveground dry matter (kg/10a)	Marketable yield (kg/10a)	Scab (%)
2015	Rice-Potato	25	-	1,660	0
	Rice-Potato	43	78	2,279	0
2016	Soybean-Potato	47	112	2,936	0
	Maize-Potato	44	108	2,544	0
	LSD0.05 <sup>†</sup>	ns	ns	319	ns
2017	Rice-Potato	24	65	1,369	4.4
	Soybean-Potato	27	76	1,434	6.1
	Maize-Potato	31	88	2,103	2.6
	LSD0.05	4	ns	482	ns
2018	Rice-Potato	32	147	2,638	0
	Soybean-Potato	33	150	2,286	4.5
	Maize-Potato	47	167	2,288	2.7
	LSD0.05	ns	ns	ns	ns

<sup>†</sup>Least significant difference at 5% level.

**Table 7.** Growth and yield of rice grown after potato by year.

Year	Stem height (cm)	Spike per hill (number)	Grain per spike (number)	Percent ripened grain (%)	Rice yield (kg/10a)
2015	78	15.2	116	90	678
2016	73	13.4	97	92	549
2017	89	13.8	116	89	686
2018	76	13.2	117	74	550
LSD0.05 <sup>†</sup>	2	1.2	12	4	20

<sup>†</sup>Least significant difference at 5% level.

**Table 8.** Growth and yield of soybean planted after potato by year.

Year	Stem height (cm)	Stem node (number)	Pod per plant (number)	Seed per plant (number)	Grain yield (kg/10a)
2015	40	11.5	50.1	80	358
2016	41	11.3	66.4	104	320
2017	75	14.1	54.0	94	364
2018	48	11.3	46.1	60	279
LSD0.05 <sup>†</sup>	5	1.1	10.0	15	62

<sup>†</sup>Least significant difference at 5% level.

증가하여 약 3 ton/10a에 가까운 상서수량을 얻었다. 2017년은 구입한 종서가 달라 대체로 수량이 감소하였는데 작부조합별로는 옥수수-감자 이모작에서 상서수량이 높았다. 4년차인 2018년은 상서수량이 2,288~2,638 kg/10a로 통계적인 유의성이 없었다. 감자더듬이병의 발생은 발 상태에서 연작횟수와 관련이 깊은데(Hong *et al.*, 2003) 재배 4년차인 2018년에는 세 작부체계간 더듬이병의 발생의 유의성은 나타나지 않았지만 감자-콩, 감자-옥수수 조합은 더듬이병의 발생이 보여 연작병해가 나타날 가능성을 나타내었다.

벼 품종 새누리는 다수성에 속한다. 4년간의 벼의 생육 및 수량구성요소, 백미수량을 보면(Table 7) 생육초기에 온도가 높았던 2017년에 벼의 간장이 89 cm로 가장 높았다. 주당수수는 생육기 온도가 낮았던 2015년도가 15.2개로 가장 높았다. 수당립수는 2016년도가 97개, 등숙율은 2018년도가 74%로 낮았다. 2015년 및 2017년이 생육 및 수량구성요소가 우수하여 백미수량이 678 및 686 kg/10a로 높았다. 2016년도와 2018년은 수량성이 549 및 550 kg/10a를 나타내어 2015 및 2017년에 비해 130 kg/10a 정도 낮았다. 2016년도에는 수당립수가 낮았던 것이, 2018년도에는 등숙율이 감소한 것이 수량감소의 원인으로 보였다. 본 시험에서는 봄감자의 재배년차에 따른 수량성 변화의 추이는 볼 수 없고 년도별 기상에 따른 차이가 큰 것으로 나타났다.

년차간 콩의 생육 및 수량을 보면(Table 8) 2015~2017년

은 콩 수량이 320~364 kg/10a 수준의 수량성을 보였지만 2018년도에는 주당협수 및 주당립수가 저조하여 대략적으로 60 kg/10a 정도 감소하였다. 논에서는 콩 1년차에서 358 kg/10a를 얻어 2, 3년차와 차이가 없었지만 4년차부터는 수량감소의 가능성이 있었다.

옥수수의 곡실수량을 보면(Table 9) 2015~2017년은 849~869 kg/10a의 분포를 나타내어 평균 860 kg/10a의 수량성 확보가 가능한 것으로 보였다. 2018년은 간장 및 이삭장 등 생육이 감소하고 곡실 수량성이 앞의 3년에 비해 170~190 kg/10a 정도 감소하였다. 일반적으로 옥수수는 논에서 전환 1년차에 감소하고 년차가 증가할수록 수량성이 증가한다고 하는 데(Aota & Hoshino, 1978) 본 시험에서는 전환 1~3년차가 큰 차이를 보이지 않았다.

하작물-봄감자 조합별로 감자는 3년간의, 하작물은 4년간의 평균수량과 그에 따른 순수익을 보면(Table 10) 감자는 평균 수량성이 2,100~2,300°C 정도로 작부조합별 큰 차이를 나타내지 못했다. 하작물 벼, 콩, 옥수수는 각각 616, 330, 815 kg/10a으로 충분히 높은 수량성을 얻을 수 있었다. 순수익을 보면 봄감자는 2,143~2,467천원/10a으로 하작물보다 높아 이모작에서 주작물이 될 수 있었다. 하작물은 콩이 855천원/10a, 벼가 586천원/10a, 옥수수가 515천원/10a 순이었다. 전체 순수익은 콩-봄감자가 3,184천원/10a, 옥수수-봄감자가 2,982천원/10a, 벼-봄감자가 2,729천원/10a 순

**Table 9.** Growth and yield of maize grown after potato by year.

Year	Stalk height (cm)	Stalk thickness (mm)	Ear length (cm)	Ear thickness (cm)	Grain yield (kg/10a)
2015	260	16.7	16.5	4.86	869
2016	238	20.0	19.0	4.80	865
2017	294	22.5	16.4	4.90	849
2018	219	19.8	14.9	4.86	675
LSD0.05 <sup>†</sup>	7	1.0	1.3	ns	130

<sup>†</sup>Least significant difference at 5% level.

**Table 10.** Change in total yield and net income earned by type of double cropping (4 year average).

Crop combination (Summer - Spring)	Yield <sup>†</sup> (kg/10a)			Net income <sup>‡</sup> (thousand won/10a)			
	Summer crop	Potato	Total	Summer crop	Potato	Total	Index (%)
Rice-Potato	616	2,095	2,711	586	2,143	2729	100
Soybean-Potato	330	2,219	2,549	855	2,329	3184	117
Maize-Potato	815	2,311	3,126	515	2,467	2982	109
LSD0.05 <sup>§</sup>	-	NS	-	-	NS	-	-

<sup>§</sup>Least significant difference at 5% level.

<sup>†</sup>Summer crops : 4 years (2015-2018) average, Spring potato : 3 years (2016~2018) average

<sup>‡</sup>Net income = Crude income (yield × unit price) - Operating expenses

- Unit price: spring potato 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 potato 1,000 thousand Won/10a, rice 400 thousand Won/10a, soybean 300 thousand Won/10a, maize 300 thousand Won/10a

**Table 11.** Soil physicochemical characteristics<sup>†</sup> before and after experiment.<sup>‡</sup>

Investigation time	Crop combination	Bulk density (g/cm <sup>3</sup> )	Porosity (%)	pH (1:5)	EC (ds/m, 1:5)	OM (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	Ex-Cation (cmol <sub>e</sub> /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	potato-rice	1.63	38.4	6.3	0.59	2.74	81	0.68	4.80	1.07	0.25
	potato-soybean	1.51	43.0	5.9	0.86	2.70	146	0.79	5.08	1.14	0.27
	potato-maize	1.59	43.1	5.8	0.62	2.49	117	0.75	4.96	1.11	0.26
LSD0.05 <sup>§</sup>		0.09	3.2	0.3	0.15	0.25	19.7	0.16	0.36	0.12	0.03

<sup>§</sup>Least significant difference at 5% level.

<sup>†</sup>Bulk density and Porosity : Soil depth 15-25 cm

Soil chemical characteristics (pH, EC, OM, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Ex-Cation) : Soil depth 5-15 cm

<sup>‡</sup>Before experiment : 2015 spring ; After experiment : 2018 autumn

으로 감소하였는데 콩-봄감자의 순수익이 높았던 것은 콩의 수량성 및 단가가 높았고, 옥수수-봄감자 조합은 옥수수뿐만 아니라 감자 수량을 충분히 확보할 수 있었기 때문이었다.

#### 시험전후 토양변화

Table 11은 2015년 봄의 시험전의 토양과 2018년의 하계작물 수확 후 가을의 시험후 토양의 이화학성 값이다. 시험전 토양은 벼를 연속 재배해온 토양이었는데 우선 토양

물리성변화를 보면 가밀도가  $1.75 \text{ g/cm}^3$ , 공극율 33.8%의 값을 나타내었다. 4년 시험 후 토양은 이모작에 의해 토양 물리성이 개선된 것으로 나타났다. 특히 콩과 옥수수 등 논을 밭상태로 재배하였던 토양에서 시험 후 가밀도가  $1.51 \sim 1.59 \text{ g/cm}^3$ , 공극율이 43.0~43.1%로 물리성이 많이 개선된 것으로 나타났다. 토양화학성을 보면 이모작에 따라 EC,  $\text{P}_2\text{O}_5$  및 K 함량이 콩, 옥수수 등 밭상태에서 재배한 곳에서 많이 증가되었지만 감자-벼이모작은 시험전과 차이가 없었다. 이는 벼 재배 시에는 여름에 물대기를 하여 토양에 양분 및 염류의 집적이 적었지만 봄감자-콩, 봄감자-옥수수 등 지속적인 밭상태 재배에서는 EC, 인산 및 칼륨 등 양분 및 염류가 집적될 수 있다는 것을 알 수 있었다.

### 봄감자-하작물 이모작의 적응성

남부지역(밀양) 논에서 봄감자 수미는 3월 초순에 파종하면 6월 초순에 수확이 가능하여 약 90일(적산온도  $1,250^\circ\text{C}$ ) 정도로 매우 단기간에 소득성이 높은 재배가 가능하였고, 중만생종 하작물에서는 6월 중순 파종(이앙)시 성숙기까지 벼는 130일 내외(적산온도  $3,170^\circ\text{C}$ ). 콩은 125일 내외(적산온도  $3,070^\circ\text{C}$ ), 옥수수는 115일 내외(적산온도  $2,900^\circ\text{C}$  내외)로 단축되었고 특히 봄감자와 옥수수의 조합시 단기간에 재배가 가능하였다. 감자는 봄에 파종을 최대한 빨리 하는 것이 수량성 확보에 유리한 것으로 보였다. 벼의 출수기는 8월 하순으로 봄감자 후작으로 6월 중순에 이앙하면 월동전 수확이 가능한 안전출수 한계기인 8월 30일 이전에 출수가 가능하여 수량성 및 품질이 좋은 중만생 품종의 재배가 가능함을 알 수 있었다. 남부지역에서 전통적인 동작(맥류)-벼의 이모작은 10월에 맥류의 파종이 이루어지므로 벼의 수확기가 당겨지고 수확 후 논을 말리는 기간이 필요하여 중만생종 품종의 도입이 어려웠는데, 춘작(감자)-벼의 이모작에서는 가을에 파종이 없고 봄에도 6월 중 봄감자가 맥류보다 수확시기가 빨라 조기이앙이 가능하여 남부평야지의 중만생종의 등숙이 가능한 출수한계기인 8월 30일(Kim *et al.*, 2018)까지 출수가 가능하여 중만생종의 벼품종의 재배가 가능하였다. 남부지방에서 벼-맥류 이모작에서는 가을에 맥류 파종을 위해서는 만생종의 재배가 어려워 대개 조생종 및 중생종 위주로 재배가 이루어지고 있는데 봄감자-벼 이모작에서는 가을에 파종이 없고, 맥류보다 봄감자의 이른 수확으로 인해 중만생종이 가능해지는 장점이 있어 지역 미곡종합처리장에서 요구하는 고품질 중만생종의 벼 재배가 가능해질 것으로 보였다. 봄감자-콩의 이모작은 콩의 적정 파종시기가 6월 중하순으로 3가지 하작물 중 작기 상 가장 여유가 있는 조합으로 보였으며 가을에

파종작업이 없기 때문에 등숙이 늦고, 수량성이 높으며 품질이 좋은 중만생종 재배가 가능하였다. 봄감자-옥수수의 이모작에서는 일반적으로 옥수수의 6월 중 파종이 늦어지면 일반 식물체 뿐만 아니라 알곡의 수량성이 감소하는 것으로 알려져 있는데(Ju *et al.*, 2010) 맥류 이모작에 비해 6월중에 10~15일 정도 빠른 파종을 할 수 있어 알곡 수량성을 높일 가능성이 있다. 특히 봄감자 후작으로 수량성이 높은 중만생종 옥수수 품종 도입 가능하고 알곡용 옥수수의 수확은 생리적성숙기(알곡 흑색층생성기)의 약 20일 후인 완숙기 및 고숙기(알곡 수분함량 25% 전후)에 하므로 가을에 파종이 없어 수확 전 포장상태에서 알곡을 충분히 건조하여 수확의 여유에 따라 알곡의 건조비용 절감, 수확작업의 편이성 등을 통해 알곡용 옥수수의 재배 여건이 개선된 것으로 보였다. 본 시험에서 봄감자 뒷그루 벼는 생육기간이 길고 출수 후 가을의 기상에 따라 수량성이 년차간에 변이폭을 보이는 것으로 일부 나타났는데, 옥수수의 경우는 수량성이 낮았던 2018년을 제외하고는 알곡중이  $850 \sim 870 \text{ kg/10a}$ 의 안정적인 수량성을 보이고 재배기간도 짧아 연간 생산성의 확보가 벼보다 안정적으로 보였다. 또 옥수수의 수량이 벼에 비해  $200 \text{ kg/10a}$  정도 높고, 옥수수 재배 시 밭상태 논재배를 통한 단기간의 논토양의 개선 효과가 있어 봄감자의 수량이 다소 증가하는 경향을 보여 봄감자-옥수수 조합이 봄감자-벼의 이모작에 비해 연간 전분 생산능력은 우수한 것으로 보였다. 앞으로 사료곡물의 자급화를 위해 사료알곡용 벼와 옥수수를 논에서 확대하는 정책이 전개된다면 봄감자-옥수수 이모작 조합이 유망할 것으로 보였다. 현재 발효 곡실사료용 옥수수(일본에서는 ear corn라 부름)는 일반 사일리지 옥수수와 달리 완숙기에 이삭만 수확하여 농후사료로 만들므로 수확기가 사일리지용 옥수수(황숙기에 수확)에 비해 약 20일 정도 늦고(Oshita, 2016), 건조알곡용 옥수수로 이용할 때도 수확 후 건조에 많은 에너지가 필요한데(Inano *et al.*, 2017) 맥류-옥수수(Sun *et al.*, 2007)와는 달리 가을에 파종이 없기 때문에 가을에 수확시기를 늦추거나 포장상태에서 충분히 건조하여 건조비용을 줄일 수 있다는 장점도 가지고 있다. 논에서 콩 재배 시 4년차부터 수량성이 감소할 수 있다는 하였는데(Hattori *et al.*, 2013) 본 시험에서도 콩과 옥수수는 3년차까지는 수량성이 정상이었지만 대체로 4년차에서 감소하여, 논에서 밭작물의 연속재배 시 수량성 유지에 대한 조치가 필요할 것으로 보였다. 콩과 옥수수 등의 밭작물을 재배한 곳은 벼를 재배한 곳보다 토양의 물리성 등이 빨리 개선되어(Kim *et al.*, 2007) 감자의 수량성을 단기간에 증가시킬 수 있는 가능성이 있다. 그러나 감자의 재배 3년차부터 연작장해형 병



인 더텅이병이 발생하고 EC, 인산, 칼리 등 염분함량이 증가하는 등 연작장해의 증상이 나타나 지속적으로 이모작을 유지하는 것은 어려울 것으로 보였다. 봄감자-벼의 경우는 벼의 재배에 따라 연작장해의 피해가 거의 보이지 않아 지속적인 이모작이 가능하였다. 봄감자-하작물의 이모작에서는 주 소득작물이 봄감자이므로 단기간의 토양개선을 통한 봄감자, 콩, 옥수수 발작물의 수량성 증대와 감자, 콩, 옥수수의 발작물의 연속재배에 따른 연작장해 극복을 위해 봄감자-벼 또는 봄감자-콩/곡실용옥수수 연속적인 재배보다 그 두 가지 이모작의 윤환재배를 도입하는 것이 바람직할 것으로 생각되었다.

## 적 요

쌀 소비 감소 및 재고량 증가, 발작물의 자급도 감소에 따라 남부지역 논을 활용하여 콩, 옥수수, 감자 등을 최대 생산하는 작부체계 기술개발이 필요하다. 남부지역 논을 이용한 봄감자-중·만생종 벼/콩/옥수수 이모작의 작기 변화 및 생산성을 2015~2018년 4년간 밀양의 시험포장에서 조사하였다. 봄감자는 3월 초순에 파종하여 90일의 단기간에 수량성 2.1~2.3 ton/10a의 생산이 가능하였고 이모작의 중만생종 하계 곡실작물은 6월 중순 파종 시 벼는 130일 내외, 콩은 125일 내외, 옥수수는 115일 내외로 각각 616 kg/10a, 330 kg/10a 및 815 kg/10a의 높은 수량성을 얻을 수 있었다. 감자는 봄에 파종을 최대한 빨리 하는 것이 수량성 증대뿐만 아니라 후작물의 생육기간 확보에 유리하였다. 봄감자-콩/옥수수 이모작 뿐만 아니라 봄감자-벼 이모작에서는 가을에 파종이 없고 안전출수 한계기 이전에 출수가 가능하여 중만생의 하계 품종의 도입이 가능하였다. 파종기에 따라 수량과 등숙일수가 크게 영향을 받는 옥수수는 맥류이모작에 비해 6월 중 파종이 빨라 유리하였다. 생육기간이 온도의 영향을 많이 받는 옥수수는 년도별 기온의 변화에 따라 생육기간의 차이가 나타났다. 벼 대신에 콩, 옥수수 등 발작물을 도입하면 토양의 이화학적 성이 단기간에 개선되어 봄감자 수량 증대에 기여하였지만 3년 이상의 연속재배 시 연작장해 발생의 위험도 보였다. 봄감자-옥수수가 전분 생산면에서 수량성이 높았고, 봄감자-콩이 소득성에서 유리한 것으로 나타났다.

## 사 사

본 성과물은 농촌진흥청 연구사업(세부과제번호 : PJ01438104)의 지원에 의해 이루어진 것임.

## 인용문헌(REFERENCES)

- Aota, S. and M. Hoshino. 1978. Yearly variations of corn yield by conversion from paddy field of ill-drained clayey soil into upland field. *J. Japan. Grassl. Sci.* 24 : 118-122.
- 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.
- Hong, S. Y., Y. K. Kang, and Y. I. Hahm. 2003. Development characteristics of potato common scab in Jeju island. *Res. Plant Dis.* 9(3):137-144.
- Inano, I., K. Ishii, Y. Kimura, and H. Takenaka. 2017. Formulation of the process and estimating of the energy required for harvesting and drying of the shelled corn in the paddy field areas. *Japanese Journal of Farm Work Research* 52(4) : 167-178.
- 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.
- Korea Rural Economic Institute, China Office. 2015. Promotion of policy of main food with potato for food security. *Monthly Agricultural Brief in China* 2015-1 : 7-11.
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. 2019. Support for cultivating crops other than rice in paddy fields. [www.mafra.go.kr/subview.do](http://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.
- Rural Development Administration. 2002. Development of cropping system for reduction of soil sickness, disease and insect pest on garlic, onion and succeeding crops.
- Rural Development Administration. 2003. Subdivision of cropping area and developing of models of regional system.
- Rural Development Administration. 2016. Cultivation types of crops other than rice in paddy fields.
- 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.
- Shinoto, Y., T. Matsunami, R. Otani, H. Kanmuri, and S. Maruyama. 2017. Effects of plowing on growth and grain yield of maize (*Zea mays* L.) in upland field converted from paddy field in Andosol. Jpn. J. Crop Sci. 86(2) : 151-159.
- 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.