

답전윤환에서의 조, 수수, 기장 및 벼의 생육 및 수량

윤성탁*[†] · 김영중* · 정인호* · 한태규* · 유제빈* · 예민희* · 조영손** · 강항원***

*단국대학교, **경남과학기술대학교, ***국립식량과학원

Growth and Yield Characteristics of Foxtail Millet, Proso Millet, Sorghum and Rice in Paddy-Upland Rotation

Seong-Tak Yoon*[†], Young-Jung Kim*, In-Ho Jeong*, Tae-Kyu Han*, Je-Bin Yu*, Min-Hee Ye*,
Young-Son Cho**, and Hang-Won Kang***

*Collage of Bio-Resource Science, Dankook Univ., Cheonan 330-714, Korea

**Division of Agronomy & Medical Plant Resources, Gyeongnam National University of Science and Technology,
Jinju 660-758, Korea

***National Institute of Crop Science, RDA, Jeonju 560-500, Korea

ABSTRACT In order to develop optimum paddy-upland rotation system, we evaluated the 1st and the 2nd upland growth and yield characteristics of foxtail millet, proso millet, sorghum rotated from paddy field and rice rotated from upland in paddy-upland rotation. Average number of ears per hill was 3.3 in the 2nd upland cultivation. The value was greater by 1 ear as compared to 1st upland cultivation (2.2 ears per hill). In average yield per 10a, the 2nd upland cultivation showed 220.3 kg, 23% increased yield compared to the 1st upland cultivation (179 kg per 10a). In average number of ears per hill, the 2nd upland cultivation showed 8.3 ears, increased 4 ears compared to the 1st upland cultivation (4.2 ears per hill). In average yield per 10a, the 2nd upland cultivation showed 152.8 kg, 16.8% increased yield compared to the 1st upland cultivation (130.8 kg per 10a). In average days from seeding to heading of 5 sorghum varieties, there were no significant difference between the 1st (68.6 days) and the 2nd (67.4 days) upland cultivation rotated from paddy field. In the average number of grains per ears, the 2nd upland cultivation showed 2,931.6 grains per ear, 12% increased compared to the 1st upland cultivation (2,619.6 grains per ears). Average yield per 10a of sorghum in the 2nd upland cultivation showed 242.3 kg, 4.6% increased compared to the 1st upland cultivation (231.7 kg per 10a). In growth and yield characteristics of rice in paddy-upland rotation, culm length in paddy-upland-paddy plot showed 82.9 cm, 7.3 cm longer compared to the continuous rice paddy field (75.6 cm). Ear length was also 1 cm longer than that of the continuous

rice paddy field. In average number of ears per hill, paddy-upland-paddy plot showed 25.0 ears, 4.3 ears more than that of the continuous rice paddy field (20.7 ears per hill). In average yield of rice per 10a, the paddy-upland-paddy rotation plot showed 526.8 kg, 9.8% higher yield compared to the continuous rice paddy field (479.9 kg per 10a).

Keywords : foxtail millet, proso millet, sorghum, rice, paddy-upland rotation

답전윤환이란 논을 이용해서 밭-논으로 윤환하여 벼와 밭작물을 번갈아가면서 재배하는 농경지의 고도이용기술 형태로 답전윤환에 대한 연구는 서구 국가에서는 흔치 않으며, 1947년부터 일본에서 많은 연구가 실시되었다(Yoo *et al.*, 1995). 우리나라에 있어 쌀은 재배면적 감소에도 불구하고, 생산성 향상과 소비량 감소(농림수산식품부, 2011) 등으로 구조적 공급 과잉이 우려되고 있으며, 반면 밭작물은 대부분 수입에 의존하고 있어 국제 곡물가 급등, 잦은 이상기 후 등 비상시 대비 능력이 부족한 실정이다. 최근 경제성장에 따른 삶의 질 향상으로 건강에 대한 관심이 높아져 잡곡의 고유 기능성과 영양가치에 대한 중요성이 증대하고 있다. 반면에 쌀 1인당 소비량은 감소추세에 있으며[(00) 93.6 kg/1인 → (07) 76.9 → (08) 75.8 → (09) 74.0 → (10) 72.8 → (12) 69.8 → (13) 67.2 → (14) 65.1], 향후 장기

[†]Corresponding author: (Phone) +82-41-550-3600 (E-mail) styoona@dankook.ac.kr

<Received 1 July, 2015; Revised 27 August, 2015; Accepted 1 September, 2015>

적으로 보아 1인당 쌀소비량은 상당히 감소할 것으로 전망되고 있다. 또한 우리나라는 식량자급률이 낮은 국가로서 우리의 주식인 쌀은 해에 따라 자급률이 상회하는 반면 잡곡의 자급률은 약 27% (농촌진흥청, 2013)에 불과하여 향후 쌀생산 과잉시 답전윤환을 통한 논외 활용을 통하여 밭작물 자급률을 증진시킬 필요가 있다. 따라서 농식품부는 논 소득기반 다양화 사업을 추진하고 있으며, 정부는 향후 논외의 상당면적을 밭작물 재배를 통하여 밭작물 자급률 증진계획을 갖고 있다(농림수산식품부 농산경영과, 2011). 답전윤환의 다원적 기능을 보면 답 혹은 전으로만 계속 이용할 경우 발생하는 부작용을 회피할 수 있다. 즉 토양질의 향상, 잡초 제어, 병해충 제어, 양분이용효율 증대 이외에 많은 다원적 기능을 가지고 있어 잡곡의 생산성 향상을 위한 최적 답전윤환 모델 개발이 시급한 실정이다. 우리나라는 주곡인 벼 등에 대한 답전윤환 주기설정 및 수량성, 잡초와 병해충 방제법 등에 관한 연구결과는 많으나, 잡곡의 답전윤환에 대한 연구가 거의 없는 실정으로 답전윤환 작부체계 개발을 통하여 잡곡의 자급률 제고의 필요성이 요구되어지고 있다.

따라서 본 연구는 잡곡의 논 재배면적 확대를 위한 안정 생산 관리기술 개발 필요에 따라 중장기적으로 국제곡물가격 상승에 따른 수급불안 해소와 식량위기에 대응할 수 있는 국내 잡곡의 안정적 생산체제 마련을 위한 잡곡의 답전윤환 최적 작부체계 개발의 일환으로 답전윤환 시 조, 기장, 수수 및 벼의 생육 및 수량 특성 등을 조사 분석하였다.

재료 및 방법

본 시험은 2014년 경기도 안성시 공도읍 마정리에 위치한 식양질 논 토양에서 이루어졌다. 시험구는 그동안 논으로 사용된 숙답을 밭으로 윤환 후 밭1년(2013), 밭2년(2014), 논(2012)-밭(2013)-논(2014) 3개 처리구로 하여 조, 기장, 수수의 생육 및 수량의 년차 변화를 조사 분석하였다. 시험품종은 농촌진흥청 국립식량과학원 기능성작물부와 농업기술실용화재단에서 분양받은 조(삼다찰, 삼다메, 경관1호, 황금조), 기장(이백찰, 황실찰, 황금기장, 찰기장), 수수(남풍찰, 황금찰, DS202, 목탁수수, 앓은뱅이수수)를 사용하였다. 파종기는 조, 기장, 수수 5월 31일, 조, 기장은 105구 트레이(영농사), 수수는 72구 트레이(영농사)에 파종한 후 약 20일간 육묘한 묘를 6월 21일 포장에 정식하였다. 재배는 고휴 1열 멀칭처리를 하였으며 시험구 배치는 난괴법 3반복으로 하였다. 각 시험구의 크기는 4 m × 1.4 m로 하였고, 재식거리는 조는 휴폭 80 cm×주간 10 cm, 기장은 휴폭 80 cm×주간 25 cm, 수수는 휴폭 80 cm×주간 20 cm로 하였으

며, 벼는 이앙기를 이용하여 표준시비 및 재배법에 준하였다. 조, 기장, 수수의 시비는 전량 기비로 질소, 인산, 칼리를 조는 8-5-8, 기장은 15-5-8, 수수는 15-5-15 ka/10a를 각각 살포하였다.

출수기 및 성숙기는 파종 후 50%가 출수·성숙한 시기를 출수기 및 성숙기로 하였다. 생육특성은 수확기에 포장에서 각 품종들을 수확하여 간장, 경직경, 수장, 이삭폭, 엽수 그리고 엽장을 조사하였으며, 수량특성으로 포기당 이삭수, 1수립수, 천립중(수분함량 15%) 그리고 10a 당 수량을 조사하였다. 기타 재배 관리 및 조사는 농촌진흥청의 기준과 조사방법에 준하여 실시하였다. 수집된 자료의 통계분석은 SAS 9.2를 이용하여 분석하였다.

결과 및 고찰

답전윤환에 있어 조의 생육 및 수량

논으로부터 밭으로 윤환된 밭1년차 조 품종별 생육 및 수량 특성을 보면 출수소요일은 황금조가 65일로 가장 빨랐으며, 삼다찰이 83일로 가장 출수가 늦었다. 간장은 경관1호가 114.1 cm로 가장 컸으며, 삼다메가 86.2 cm로 가장 작았다. 반면 수장은 황금조가 19.3 cm로 가장 컸고 간장이 가장 큰 경관1호가 17.6 cm로 가장 작았다. 포기당 이삭수는 황금조가 3.0이삭으로 많았으며, 삼다찰, 삼다메가 각각 1.7, 1.8 이삭으로 적었다. 1000립중은 삼다찰이 2.6 g으로 가장 높았으며, 10a 당 수량도 마찬가지로 삼다찰이 192.1 kg으로 가장 높았으며, 다음은 삼다메가 188.6 kg을 나타냈으며, 경관1호가 152.5 kg으로 가장 수량이 낮았다(Table 1).

답전윤환에서 밭 2년차 조 품종별 생육 및 수량특성을 보면 출수소요일은 황금조가 61일로 가장 빨랐으며, 삼다메가 76일로 소요일수가 컸다. 간장은 밭1년차 재배와 마찬가지로 경관1호가 125.4 cm로 가장 컸으나, 수장은 삼다찰이 26.3 cm로 가장 컸다. 포기당 이삭수는 황금조가 4.4이삭으로 가장 많았으며, 경관1호가 2.5이삭으로 가장 적었다. 1000립중은 삼다메가 2.71 g으로 가장 높았으며, 다음은 경관1호가 2.69 g으로 높았다. 10a 당 수량은 삼다찰이 270.4 kg으로 가장 높았으며, 다음은 삼다메가 243.2 kg으로 높았으며, 조속종인 경관1호가 가장 낮았다(Table 2).

답전윤환에 있어서 논으로부터 윤환된 밭1년차와 밭2년차 재배에 있어 조의 생육 및 수량 특성을 비교해 보면 출수소요일은 밭1년차 4품종 평균 76.3일 소요되었으나, 밭2년차는 평균 70.5일 소요되어 약 6일정도 출수가 빨랐다. 품종별 년차간 차이는 삼다찰이 밭1년차 83일에서 밭2년차에는 75일로 8일 출수소요일 단축되어 가장 큰 차이를 보였

Table 1. Growth and yield of foxtail millet rotated from paddy field to upland field in 1st rotation year.

Variety	Days from seeding to heading (Mon./Day)	Days from seeding to ripening (Mon./Day)	Culm length (cm)	Ear length (cm)	Ears per hill	Grains per ear	1000 grain wt.(g)	Yield (kg/10a)
Samdachal	83 (8/21)	133 (10/10)	85.4 ^b	18.3 ^a	1.7 ^c	4715.4 ^a	2.61 ^a	192.1 ^a
Samdamae	81 (8/19)	133 (10/10)	86.2 ^b	19.1 ^a	1.8 ^{bc}	4431.7 ^a	2.56 ^a	188.6 ^a
Kyeongkwan 1	76 (8/14)	126 (10/3)	114.1 ^a	17.6 ^a	2.4 ^{ab}	4213.8 ^a	2.46 ^a	152.5 ^b
Hwanggeumcho	65 (8/3)	113 (9/20)	98.2 ^{ab}	19.3 ^a	3.0 ^a	4532.3 ^a	2.48 ^a	182.8 ^a

[†]Means with the same letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

Table 2. The 2nd upland growth and yield of foxtail millet rotated from paddy field in paddy-upland rotation.

Variety	Days from seeding to heading (Mon./Day)	Days from seeding to ripening (Mon./Day)	Culm length (cm)	Ear length (cm)	Ears per hill	Grains per ear	1000 grain wt.(g)	Yield (kg/10a)
Samdachal	75 (8/13)	127 (10/4)	124.2 ^a	26.3 ^a	2.7 ^c	6328 ^a	2.54 ^b	270.4 ^a
Samdamae	76 (8/14)	127 (10/4)	117.3 ^{ab}	23.5 ^b	3.5 ^b	5180.1 ^b	2.71 ^a	243.2 ^{ab}
Kyeongkwan 1	70 (8/8)	114 (9/21)	125.4 ^a	23.0 ^b	2.5 ^c	5471.4 ^a	2.69 ^a	164.1 ^c
Hwanggeumcho	61 (7/30)	106 (9/13)	113.2 ^b	19.2 ^c	4.4 ^a	4764.3 ^b	2.61 ^a	203.6 ^b

[†]Means with the same letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

으며, 황금조가 발1년차 65일, 발2년차가 61일로 4일의 가장 작은 차이를 보였다. 간장은 발1년차가 평균 96 cm이었고, 발2년차는 평균 120 cm으로 발1년차와 발2년차는 24 cm의 차이를 보였다. 수장은 발1년차가 평균 18.6 cm이었고, 발2년차는 23 cm으로 발1년차와 발2년차는 4.4 cm의 차이를 보였다. 발1년차에 비해 발2년차가 간장 및 수장이 증가하였다.

포기당 이삭수는 발1년차가 평균 2.2이삭이었으나, 발2년차는 평균 3.3이삭으로 포기당 1이삭이 증가하였다. 품종별로는 삼다메가 발1년차 1.8이삭에서 발2년차에는 3.5이삭으로 1.7이삭의 증가로 가장 큰 차이를 보였으며, 경관1호는 2.4이삭에서 2.5이삭으로 큰 차이가 없었다. 10a 당 수량은 발1년차가 179 kg이었으나, 발2년차는 220.3 kg을 나타내 1년차에 비해 2년차가 약 23% 증수하였다. 품종별로는 삼다찰이 발1년차에서 192.1 kg, 발2년차 270.4 kg으로 40.6% 증수하여 발윤환 1, 2년차 사이에 가장 큰 수량차이를 보였으며, 경관1호가 발1년 152.5 kg에 발2년차 164.1 kg으로

년차간 차이가 가장 적었다.

조의 경우 답전윤환의 연구결과 없어 비교가 어려우나, Kim *et al.*, (1993)은 대두의 경우는 밭으로 윤환 후 1년차 수량은 291 kg/10a이었으나, 2년차, 3년차 연작시에는 수량이 34~56 kg 감소되었으며 2년 연작구보다 3년 연작구에서 감소정도가 컸다고 하였다. Youn *et al.* (1992)도 콩의 수량은 밭윤환 후 첫해에는 수량이 증수되었으나 2년차, 3년차 순으로 감소하는 경향이었다고 하였다. 그러나 Park *et al.* (1993)은 답전윤환에서 당년도의 밭에서의 대두수량과 대비한 결과 답전윤환 1년차 밭윤환구에서는 감소하였지만, 2년차 이후에는 밭윤환구에서 재배연수가 경과할수록 증가하였다고 하였다. 이와 같이 답전윤환 시 대두 수량은 연구자의 결과에 따라 차이가 있었다. 이와 같은 차이는 파종기, 토양조건, 작부체계, 기상조건 등 재배환경의 차이에 의한 결과가 아닌가 생각된다. 본시험에서의 조의 경우는 논으로부터 밭으로 윤환후 1년차에 비해 2년차 수량은 23% 증가하였다. 따라서 이들의 연구결과를 종합해 보면 답전윤환에 있어서

생육 및 수량 반응은 작물종에 따라서 차이가 있는 것으로 판단되나, 조의 경우는 2년차에서 유기물의 분해, 토양의 물리·화학적 특성의 발토양화가 진전되어 수량이 증대로 이어진 것으로 판단된다.

답전윤환에 있어 기장의 생육 및 수량

논으로부터 밭으로 윤환된 밭1년차 기장 품종별 생육 및 수량 특성을 보면 출수소요일은 황금기장이 53일로 가장 빨랐으며, 황실찰이 74일로 가장 출수가 늦었다. 간장은 찰기장이 120.9 cm로 가장 컷으며, 황금기장이 69.4 cm로 가장 작았다. 수장은 4품종 간 차이가 없었으며, 포기당 수수는 황금기장이 5.3이삭으로 많았으며, 찰기장이 3.0이삭으로 가장 적었다. 수당립수는 이백찰이 484.6립으로 가장 많았으며, 다음은 황실찰이 467.7립으로 많았다. 1000립중은 황실찰이 4.93 g으로 가장 높았으며, 이백찰이 4.24 g으로 가장 낮았다. 10a 당 수량은 이백찰이 148.9kg으로 가장 높았으며, 황실찰이 136.9 kg으로 다음 순으로 높았다(Table 3).

논으로부터 밭으로 윤환된 밭2년차 재배된 기장 품종별 생육 및 수량 특성을 보면 출수소요일은 황금기장이 53일로 가장 빨랐으며, 황실찰이 74일로 가장 출수가 늦었다. 간장은 찰기장이 170.4 cm로 가장 컷으며, 황금기장이 110.0 cm로 가장 작았던 반면 수장은 이백찰이 38.2 cm로 가장 컷으며, 황실찰이 31.8 cm로 가장 작았다. 포기당 수수는 이백찰과 황금기장이 8.7이삭으로 많았으며, 수당립수는 황실찰이 623.6립으로 가장 많았다. 1000립중은 황실찰이 4.77 g으로 가장 무거웠으나, 4품종간에는 유의적인 차이가 없었다. 10a 당 수량은 이백찰이 161.1 kg으로 가장 많았으며, 다음은 황실찰이 153.5kg으로 많았다(Table 4).

답전윤환에 있어서 논으로부터 윤환된 밭1년과 밭2년차 재배에 있어 기장의 생육 및 수량 특성을 비교해 보면 밭1년차 기장 4품종 평균 출수소요일은 67일 소요되었으나, 밭2년차는 평균 64.8일 소요되어 밭1년차에 비해 약 2일 일찍 출수하였다. 품종별로는 이백찰이 밭1년차 71일 소요되었던 반면 밭2년차는 65일로 6일 출수가 빨랐으며, 황금기장

Table 3. The 1st upland growth and yield of proso millet rotated from paddy field in paddy-upland rotation.

Variety	Days from seeding to heading (Mon./Day)	Days from seeding to ripening (Mon./Day)	Culm length (cm)	Ear length (cm)	Ears per hill	Grains per ear	1000 grain wt.(g)	Yield (kg/10a)
Leebaekchal	71 (8/9)	130 (10/7)	114.3 ^a	30.0 ^a	3.9 ^{bc}	484.6 ^a	4.24 ^b	148.9 ^a
Hwangsilchal	74 (8/12)	131 (10/8)	103.3 ^a	28.4 ^a	4.5 ^{ab}	476.7 ^a	4.93 ^a	136.9 ^a
Hwanggeumgijang	53 (7/22)	113 (9/20)	69.4 ^b	30.0 ^a	5.3 ^a	357.4 ^c	4.89 ^a	124.4 ^{ab}
Chalgijang	71 (8/9)	127 (10/4)	120.9 ^a	31.4 ^a	3.0 ^c	431.6 ^b	4.54 ^a	113.1 ^b

[†]Means with the same letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

Table 4. The 2nd upland growth and yield of proso millet rotated from paddy field in paddy-upland rotation.

Variety	Days from seeding to heading (Mon./Day)	Days from seeding to ripening (Mon./Day)	Culm length (cm)	Ear length (cm)	Ears per hill	Grains per ear	1000 grain wt.(g)	Yield (kg/10a)
Leebaekchal	65 (8/3)	120 (9/27)	157.6 ^b	38.2 ^a	8.7 ^a	512.7 ^b	4.72 ^a	161.1 ^a
Hwangsilchal	74 (8/12)	126 (10/3)	165.7 ^{ab}	31.8 ^b	8.5 ^a	623.6 ^a	4.77 ^a	153.5 ^{ab}
Hwanggeumgijang	53 (7/22)	106 (9/13)	110.0 ^c	34.8 ^{ab}	8.7 ^a	381.4 ^c	4.56 ^a	147.5 ^b
Chalgijang	67 (8/5)	118 (9/26)	170.4 ^a	33.3 ^b	7.3 ^a	521.4 ^b	4.46 ^a	148.9 ^b

[†]Means with the same letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

은 53일로 발1년차와 발2년차가 큰 차이가 없었다. 간장은 발1년차가 평균 102 cm이었고, 발2년차는 평균 150.9 cm으로 발1년차와 발2년차는 48.9 cm의 큰 차이를 보였다. 수장은 발1년차가 평균 30 cm이었고, 발2년차는 34.5 cm으로 발1년차와 발2년차는 4.5 cm의 차이를 보였다. 조와 마찬가지로 발으로 윤환된 1년차에 비해 2년차 간장 및 수장이 증가하였다.

포기당 이삭수는 발1년차에서 평균 4.2이삭이었던 반면 발2년차에서는 8.3이삭으로 약 4이삭이 증가하였다. 품종별로는 이백찰이 발1년차에서 3.9이삭이었으나, 발2년차에서는 8.7이삭으로 1년차에 비해 2년차에 4.8이삭이 증가하여 가장 큰 차이를 보였으며, 대체적으로 포기당 이삭수는 1년차에 비해 발윤환 2년차에서 크게 증가하였다. 10a 당 평균 수량은 발1년차는 130.8 kg이었으나, 발2년차는 152.8 kg으로 발1년차에 비해 16.8% 증수하였다. 품종별로는 찰기장이 발1년차 113.1 kg에서 발2년차 148.9 kg으로 31.7% 증수로 년차간 가장 큰 차이를 보였으며, 이백찰이 발1년차 148.9 kg에서 발2년차 161.1 kg으로 차이가 가장 적었다.

기장의 경우도 답전윤환에 대한 연구결과가 없어 옥수수 답전윤환 결과와 비교해보면 Kim *et al.* (1993)은 옥수수 수량은 발윤환 후 첫해보다 2년, 3년차 재배에서 현저한 수량증가를 보였으며, 발윤환 후 3년차 재배가 매년운작구보다 증수정도가 컸다고 하였다. 따라서 수도작 후 발윤환 작물로서의 옥수수는 발윤환 초기에 장마철 배수 문제만 개선한다면 높은 생산력을 유지할 수 있고, 윤환 연작가능 연수는 3년 또는 그 이상의 가능성이 있는 것으로 추정된다고 하였다. 이와 같이 발윤환 2년차, 3년차 연작에서의 수량감소는 당해 연도의 불리하였던 재배환경 때문인지 연작장해의 원인인지 정확하게 알 수는 없어 좀 더 많은 연구 검토

가 있어야 할 것으로 판단된다.

답전윤환에 있어 수수의 생육 및 수량

논으로부터 밭으로 윤환된 발1년차 기장 품종별 생육 및 수량 특성을 보면 출수소요일은 황금찰이 64일로 가장 빨랐으며, 앞은뱅이수수는 71일 소요되었다. 간장은 목탁수수가 167.9 cm로 가장 컸으며, DS202가 105.5 cm로 가장 작았다. 품종별 수장을 보면 DS202가 간장은 작았던 반면 수장은 29.9 cm로 가장 컸으며, 황금찰수수가 22.6 cm로 가장 작았다. 수당립수는 DS202가 3181.7립로 가장 많았으며, 1000립중은 황금찰이 26.3 g으로 가장 높았다. 10a 당 수량은 DS202가 267.4 kg으로 가장 높았으며, 다음은 남풍찰이 244.4 kg으로 높았으며, 황금찰이 218.7 kg으로 가장 낮았다(Table 5).

논으로부터 밭으로 윤환된 발2년차 수수 품종별 생육 및 수량 특성을 보면 출수소요일은 황금찰과 DS202가 각각 64, 68일로 빨랐으나, 남풍찰과 앞은뱅이수수도 70~71일 소요되어 5품종간 차이는 크지 않았다. 간장은 목탁수수가 131.7 cm로 가장 컸으며, 반면 수장은 DS202가 28.2 cm로 가장 컸다. 수당립수는 DS202가 3221.7개로 가장 많았으며, 1000립중은 황금찰이 29.7 g으로 가장 높았다. 10a 당 수량은 DS202가 271.3 kg으로 가장 높았으며, 다음으로 남풍찰이 249.5 kg으로 높았다(Table 6).

답전윤환에 있어서 논으로부터 발1년과 발2년차 재배에 있어 수수의 생육 및 수량 특성을 비교해 보면 발1년차 수수 5품종 평균 출수소요일은 68.6일 소요되었으며 발2년차는 평균 67.4일 소요되어 발1년차와 발2년차는 조, 기장의 출수소요일에 비해 큰 차이가 없었다. 품종별로는 DS202가

Table 5. The 1st upland growth and yield of sorghum rotated from paddy field in paddy-upland rotation.

Variety	Days from seeding to heading (Mon./Day)	Days from seeding to ripening (Mon./Day)	Culm length (cm)	Ear length (cm)	Grains per ear	1000 grain wt.(g)	Yield (kg/10a)
Nampungchal	70 (8/8)	144 (10/21)	147.1 ^b	25.4 ^b	2765.6 ^a	26.31 ^a	244.4 ^a
DS202	68 (8/6)	145 (10/22)	105.5 ^c	29.9 ^a	3181.7 ^a	25.67 ^a	267.4 ^a
Hwanggeumchal	64 (8/2)	141 (10/18)	149.5 ^b	22.6 ^c	2315.7 ^b	24.11 ^a	218.7 ^b
Moktaksusu	70 (8/8)	145 (10/2)	167.9 ^a	25.0 ^{bc}	2817.1 ^a	25.43 ^a	228.4 ^b
Aneunbangisusu	71 (8/9)	145 (10/22)	152.7 ^b	25.3 ^b	2017.8 ^c	24.43 ^a	199.6 ^c

[†]Means with the same letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

Table 6. The 2nd upland growth and yield of sorghum rotated from paddy field in paddy-upland rotation.

Variety	Days from seeding to heading (Mon./Day)	Days from seeding to ripening (Mon./Day)	Culm length (cm)	Ear length (cm)	Grains per ear	1000 grain wt.(g)	Yield (kg/10a)
Nampungchal	70 (8/8)	141 (10/18)	116.2 ^b	25.6 ^b	2817.6 ^a	28.73 ^a	249.5 ^a
DS202	64 (8/2)	134 (10/11)	95.7 ^c	28.2 ^a	3221.7 ^a	24.13 ^b	271.3 ^a
Hwanggeumchal	64 (8/2)	134 (10/11)	115.3 ^b	21.1 ^c	2413.8 ^{ab}	29.73 ^a	228.4 ^{ab}
Moktaksusu	69 (8/7)	141 (10/18)	131.7 ^a	26.1 ^b	2986.1 ^a	28.17 ^a	242.7 ^a
Aneunbangisusu	70 (8/8)	141 (10/18)	121.0 ^{ab}	24.9 ^b	2218.9 ^b	27.80 ^a	219.5 ^b

[†]Means with the same letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

Table 7. Growth and yield characteristics of rice in Continuous rice paddy field and paddy-upland-paddy field in paddy-upland rotation.

Paddy-upland rotation system	Heading date (Mon./Day)	Culm length (cm)	Ear length (cm)	Ears per hill	Grains per ear	Repening rate (%)	1000 grain wt.(g)	Yield (kg/10a)
Continuous rice paddy	8/17	75.6 ^b	15.3 ^b	20.7 ^b	66.4 ^a	92.6 ^a	24.2 ^a	479.9 ^b
Paddy-upland-paddy	8/17	82.9 ^a	16.3 ^a	25.0 ^a	68.5 ^a	93.2 ^a	24.7 ^a	526.8 ^a

[†]Means with the same letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

발1년차 68일이었던 반면 발2년차는 64일로 발2년차가 4일 출수가 빨랐으나, 남풍찰, 황금찰, 목탁수수, 앓은뱅이수수는 발1년차와 발2년차가 큰 차이가 없었다.

수당립수는 발1년차는 2619.6립 이었으며, 발2년차는 평균 2931.6립으로 약 12% 증가하였다. 품종별로는 앓은뱅이수수가 발1년차 2017.8립, 발2년차 2218.9립으로 년차간 가장 큰 차이를 보였으며, DS202가 발1년차 3181.7립, 발2년차 3221.7립으로 가장 차이가 적었다. 10a 당 수량은 발1년차는 231.7 kg으나, 발2년차는 242.3 kg으로 4.6% 증수하였다. 품종별로는 앓은뱅이수수가 발1년차 199.6 kg에서 발2년차 219.5 kg으로 10% 증수로 가장 큰 차이를 보였으며, DS202가 발1년차 267.4 kg에서 발2년차 271.3 kg로 차이가 가장 적었다. Kim *et al.* (1993)은 울무의 답전윤환에 있어서 생육 및 수량은 수도작 후 발윤환 첫째의 울무수량은 10a 당 298 kg으로 가장 높았으며, 2년차 연작에서는 238 kg으로 1년차에 비해 18~20% 감소되어 울무의 경우 발윤환 시 연작기간이 길어질수록 감소되는 경향이었다고 하였는데, 본 시험에서의 수수의 생육 및 수량은 발1년차에 비해 발2년차가 양호하였다.

답전윤환에 있어 벼의 생육 및 수량

벼연속구와 논으로부터 발윤환 후 다시 논으로 윤환된 논-발-논 윤환구에서의 벼의 생육 및 수량 특성을 보면 출수기는 1년차와 2년차 간에 차이가 없었다. 간장은 논연속구 75.6 cm에 비해서 논-발-논 윤환구가 82.9 cm로 7.3 cm 컷으며, 수장도 마찬가지로 논연속구에 비해서 논-발-논 윤환구가 1 cm 컷다. 포기당 이삭수는 논연속구가 20.7이삭, 논-발-논 윤환구는 25.0이삭으로 논연속구에 비해 윤환구가 4.3 이삭 많았다. 수당립수, 등숙률, 1000립중은 논연속구와 논-발-논구는 유의성이 인정되지 않았다. 10a당 수량은 논연속구가 479.9 kg, 논-발-논 윤환구는 526.8 kg으로 연속구에 비해 윤환구가 9.8% 높았다(Table 7).

Yoo *et al.* (1995)은 답전윤환에 있어서 작부유형별 수도수량의 변화는 수도연속구에 비하여 맥류-벼 이보작구에서 감소하였으나 발-논 윤환구에서는 증가하였으며, 그 정도는 발-논2년차 윤환구에서 수도연속구 대비 15%, 격년 윤작구는 0~5%, 3년차 윤작구는 동일 수준으로 나타났다고 하였다. Park *et al.* (1993)은 답전윤환에서의 벼 생육을 보면 대조구에 비해 답전윤환구에서 전반적인 생육이 좋았고, 발윤

환기간이 3, 4년으로 길어질수록 일반 생육은 뚜렷한 차이가 없었으나 간장이 크고, 수수가 많아지는 경향이었다고 하였다. 이들 결과와 유사하게 본 시험에서도 논 연속구에 비해 윤환구가 증수되었다. 또한 Kim *et al.* (1993)도 답전윤환 재배에 의하여 벼의 등숙률을 제외한 모든 수량구성요소들이 증가되었으며, 밭1년-논윤환구에서 보다 밭2년-논윤환구 수도재배에서 더욱 증가하는 경향이었다고 하였다. 이와 같이 밭1년-논1년 격년 윤작구보다 밭2년-논1년 윤작구에서 수도 수량이 많은 것은 밭기간이 길수록 토양의 물리성 개선 및 화학성의 변화에 의한 때문인 것으로 생각된다. Kim *et al.* (1991) 등은 답전윤환 형태(논-논-논-논, 밭-논-밭-논, 밭-밭-논-논, 밭-밭-밭-논)에 따른 연차별 수도의 수량은 수도연작구(논-논-논-논) 2년차 정조중이 733 kg/10a에 비하여 격년윤환구(밭-논-밭-논) 2년째 윤환구가 15.0% (844.5 kg/10a) 증수되었다고 하였다. 밭상태 윤환전력이 각기 다른 4년차 수도의 수량은 수도연작구에 비하여 매년윤환구(밭-논-밭-논) 8.1%, 2년윤환구(밭-밭-논-논) 4.5%, 그리고 3년 윤환구(밭-밭-밭-논) 16.6%로 밭상태 연속연수가 증가할수록 증수정도가 컸다(Kim *et al.*, 1991). 또한 Kim *et al.* (1993)은 수도의 수량은 수도연작보다 답전윤환재배에 의하여 4개년 평균 수량이 7~12% 증수되었으며, 윤환형태별 수량은 밭윤환 1년 후 논전환구에서의 수량(1~4%)보다 밭윤환 2년 후의 수량(9~14%)이 증수되어 논으로 윤환되기 전 밭윤환 연속연수가 길어질수록 수도수량의 증가폭이 컸다고 하였다. 밭으로부터 논윤환 후 2년차 벼의 수량 및 수량구성요소는 수도연속구의 정조수량 561 kg/10a에 비하여 매년윤작구의 감자, 배추 및 대두구의 수량은 709 kg/10a 및 672 kg/10a로써 26~20%로 크게 증수하였다고 하였다. 이와 같이 벼 연속구보다 감자+배추구나 대두구에서 수량이 현저히 증가한 요인은 주당수수와 수당립수의 증가에 기인되었다고 하였다(Ahn *et al.*, 1992). 이와 같이 윤환답에서 수량이 증대되는 것은 벼 뿌리의 양분흡수 영역이 확대되어 뿌리의 활력이 높게 유지되고 생육 후기까지 수도체의 질소흡수가 유지되어서 등숙률이 높아지는 경향으로 생각된다.

답전윤환에 있어서 작물의 생육 및 수량은 연구자에 따라서, 작부체계에 따라서, 작물 중에 따라서, 환경조건 그리고 시비관리 등 재배기술에 따라 차이가 있다.

본 연구에서의 결과를 보면 논으로부터 밭 전환 후 1년차에 비해 2년차 밭상태에서 조, 수수, 기장의 수량이 높았던 것은 논이 환원상태로부터 밭의 산화상태가 되면서 유기물의 분해 촉진으로 양분공급이 많았던 점, 토양 공극률 증대에 의한 통기성 증대 등 물리성의 개선에 의한 습해의 완화

등 1년차에 비해 2년차가 밭토양화 진전이 커진 때문으로 생각된다. 벼의 수량도 마찬가지로 논연속구에 비해 논-밭-논의 수도재배구에서 수량이 높았던 것은 밭상태에서 유기물의 무기화 진행, 토양 공극률 증대 등 물리성의 개선에 기인된 결과로 보여진다.

Jung *et al.* (1996)은 우리나라의 답전윤환 포장 251개소를 조사한 결과 윤환연수는 1, 2~3, 4~5, 6~7, 8~9년 및 10년 이상인 포장수로 분포되어 있다고 하였다. 이 중 전체 포장의 54.2%가 2~3년 밭으로 윤환 이용한 후 수도를 재배하는 것으로 조사되었다. 일반적으로 답전윤환에 있어서 토양은 밭전환, 논전환과정에서 각각 3~4년 이상이 되면 지력이 저하하여 윤환에 따른 유리함이 감소되고 병충해 및 잡초발생도 전환기간이 길어질수록 답전윤환의 효과가 감소되어 밭기간 3년, 논기간 3년의 6년 1주기로 하는 것이 적합하다고 생각되나, 이는 작물에 따라 그해의 기상조건에 따라 차이가 크므로 좀더 많은 연구검토가 필요할 것으로 생각된다.

사 사

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(과제번호: PJ0092812015)의 지원에 의해 일부 이루어진 것임.

적 요

잡곡의 안정적 생산체제 마련을 위한 답전윤환 최적 모델 개발의 일환으로 답전윤환에 있어서 논으로부터 밭1년과 밭2년차 재배에 있어 조, 수수, 기장과 벼연속구와 논-밭-논 윤환구의 벼의 생육 및 수량특성을 조사 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 조의 4품종 평균 출수소요일은 밭1년차에는 76.3일 소요되었으나, 밭2년차는 평균 70.5일 소요되어 약 6일 정도 출수소요일이 짧았다. 포기당 이삭수는 밭1년차가 평균 2.2이삭이었으나, 밭2년차는 평균 3.3이삭으로 포기당 1이삭이 증가하였다. 10a 당 수량은 밭1년차가 179 kg이었으나, 밭2년차는 220.3 kg을 나타내 약 23% 증수하였다.
2. 기장 4품종의 평균 출수소요일 67일 소요되었으나, 밭2년차 기장은 평균 64.8일 소요되어 밭1년차에 비해 밭2년차가 약 2일 일찍 출수하였다. 포기당 이삭수는 밭1년차에서 4.2이삭이었던 반면 밭2년차에서는 평균 8.3이삭으로 약 4이삭이 증가하였다. 10a 당 평균수량은 밭1년차는 130.8 kg이었으나, 밭2년차는 152.8 kg

으로 16.8% 증수하였다.

3. 수수의 경우 5품종 평균 출수소요일은 밭1년차 68.6일 소요되었으며 밭2년차는 평균 67.4일 소요되어 큰 차이가 없었다. 수당립수는 밭1년차는 2,619.6립 이었으며, 밭2년차는 평균 2,931.6립으로 약 12% 증가하였다. 10a 당 평균 수량은 밭1년차는 231.7 kg으나, 밭2년차 평균수량은 242.3 kg으로 4.6% 증수하였다.
4. 벼연속구와 논-밭-논 윤환구에서의 벼의 생육 및 수량 특성을 보면 출수기는 차이가 없었다. 간장은 논연속구 75.6 cm에 비해서 논-밭-논 윤환구가 82.9 cm로 7.3 cm 컷으며, 수장도 논연속구에 비해 논-밭-논 윤환구가 1 cm 컷다. 포기당 이삭수는 논연속구가 20.7이삭, 논-밭-논 윤환구는 25.0이삭으로 논연속 윤환구에 비해 윤환구가 4.3 이삭 많았다. 10a당 수량은 논연속구가 479.9 kg, 논-밭-논 윤환구는 526.8 kg으로 연속구에 비해 윤환구가 9.8% 높았다.

인용문헌(REFERENCES)

- Ahn, S. B., T. Motomatsu, Y. S. Kim, K. S. Lee, and S. W. Hwang. 1992. Studies on rice productivity and mineral nutrients on the paddy-upland rotation. Korean Society of Soil Science and Fertilizer Vol. 25(4) : 334-341.
- Jung, S. J., C. S. Park, G. S. Hyeon, S. K. Rim, G. H. Cho, and Y. T. Jung. 1996. Land suitability classification and it's distribution for paddy-upland rotations in Korea. RDA. J. Agri. Sci. 38(1) : 357-363.
- Kim, L. Y., I. S. Jo, K. T. Um, and M. H. Park. 1991. Changes of soil chemical properties and crop productivity. Res. Rept. RDA(S & F).
- Kim, L. Y., I. S. Jo, K. T. Um, and M. H. Park. 1991. Changes of soil characteristics and crop productivity by the paddy-upland rotation system. Res. Rept. RDA(S & F).
- Kim, J. I., K. H. Rhee, Y. B. Oh, Y. J. Oh, and J. K. Lee. 1993. Crop Combinations and Rotation Years for Paddy-Upland Cropping System in Middle Part of Korea. Korean J. Crop. Sci. 38(4) : 304-311.
- Park C. Y., U. G. Kang, G. S. Hwang, and Y. T. Jung. 1993. Changes of crop yields according to cropping systems and fertilizing levels in paddy-upland rotation soils. RDA. J. Agri. Sci. 35(1) : 281-288.
- Yoo, C. H. C. H. Yang, K. B. Lee, J. G. Kim, T. Y. Uhm, J. D. So, and G. S. Rhee. 1995. Studies on paddy-upland rotation at Fluvio-marine paddy soil. 2. The Change of yield and soil properties on cropping systems at paddy-upland rotation cultivation. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Youn, K. B., Y. H. Chang, C. W. Lee, and E. B. Yoon. 1992. Yield and Changes of Soil Characteristics in Cropping System of Paddy-Upland Rotation. RDA. J. of Agri. Sci. 34(1) : 81-90.