

답전윤환 적합 품종 선발을 위한 윤환밭과 연속밭에서의 수수, 조의 병충해, 생육 특성 비교

유제빈¹ · 윤성탁^{1,†} · 양경(楊景)¹ · 예민희¹

A Comparison of the Disease and Insect Damage, and Growth Characteristics of Sorghum and Foxtail Millet between Rotational Upland and Continuously Cropped Upland Field in Order to Identify the Optimum Varieties for an Organic Paddy-Upland Rotation System

Je-Bin Yu¹, Seong-Tak Yoon^{1,†}, Jing Yang¹, and Min-Hee Ye¹

ABSTRACT In this study, we investigated the disease, insect damage, growth, and yield characteristics of sorghum and foxtail millet in an organic paddy-upland rotation system at Anseong-si Gyeonggi province, Korea, in 2016. Seven varieties of sorghum and foxtail millet are used in this study. A rotational upland field and continuously cropped upland field were compared in order to establish an optimum cultural method and to select the best sorghum and foxtail varieties for a paddy-upland rotation system. The incidence rate of major diseases was higher for sorghum than for foxtail millet. Moksaksusu (22.8%) had the highest incidence rate among sorghum varieties. Hwanggeumchal (7.0%) had the highest incidence rate among foxtail millet varieties. DS202 (89.3%) was the most severely damaged by *Ostrinia furnacalis* larva, which is the main pest of sorghum and maize. The weed numbers, and the weed fresh and dry weights were lower in the rotational upland field than in the continuously cropped upland field. Furthermore, the number of weed plants decreased by 42% and the dry weight of weeds decreased by 33% in the rotational upland field compared to the continuously cropped upland field. The culm length of sorghum and foxtail millet were 7.9 cm, and 3.4 cm longer, respectively, in the rotational upland field than in the continuously cropped upland field. The average yield of sorghum per 10 a increased by 90% in the rotational upland field compared to continuously cropped upland field. However, there was no significant difference between the rotational upland field and the continuously cropped upland field for foxtail millet. The most suitable varieties for a paddy-upland rotation system were judged to be Hwanggeumchal, Donganmae, and DS202 for sorghum, and Samdachal, Samdamae, Dahwangmae for foxtail millet.

Keywords : foxtail millet, growth and yield, paddy-upland rotation, sorghum

수수, 조는 쌀에는 부족한 Amino acid, Mineral, Vitamin 등이 많이 함유되어 있어 만성질환 예방, 노화방지에 효과가 있다고 보고되고 있다(Lim *et al.*, 2003; Jang *et al.*, 2013). Anthocynidine, Chalcone, Flavone, Flavonol, Quinone 등의 다양한 페놀화합물을 비롯하여(Maillard & Berset, 1995; Lloyd *et al.*, 2000) Diferulic acid, Ferulic acid, Lignan 등이 함유되어 유익한 생리활성 작용을 하는 것으로 알려져 있다(Bunzel *et al.*, 2001).

최근 1인당 연간 쌀 소비량은 136.4 kg (1970년대 기준)에서 65.1 kg (2014년 기준)으로 감소하고 있다(MAFRA, 2015; Kim & Cho, 2004). 과거 우리나라는 식량자급자족을 위한 쌀 생산량 증가에 더욱 중점을 두어 현재 쌀 자급은 달성하였으나, 해에 따라 쌀 재고량이 증가하여 정부는 쌀 수급안정 대책을 위하여 전국의 벼 재배면적을 감소시키고 쌀의 재고량 또한 감축할 예정이다(MAFRA, 2015). 이에 농경지를 효율적이고 합리적으로 활용하는 측면에서

¹단국대학교 생명자원과학대학 (Collage of Bio-Resource Science, Dankook Univ., Cheonan 31116, Korea)

[†]Corresponding author: Seong-Tak Yoon; (Phone) +82-41-550-3623; (E-mail) styoona@dankook.ac.kr

<Received 14 April, 2017; Revised 22 June, 2017; Accepted 23 June, 2017>

논의 용도를 다각화하여 발작물의 재배 확대를 통한 발작물의 자급률을 제고해야 한다(Kim & Lee, 1994; Song *et al.*, 2005). 국내 잡곡의 자급률은 13.0%로 쌀의 자급률에 비해 현저히 낮은 실정으로 외국으로부터의 수입이 불가피하고 그 양은 꾸준히 증가하고 있어 쌀재고량을 생각할 때 논에서의 발작물 재배 연구가 이루어져야 한다. 논에서의 수수, 조 등 발작물 재배가 어려운 이유는 배수가 불량하여 특히 장마철 습해로 인한 수량 감소, 도복이 증가하는 등 재배, 토양환경이 불량하여 밭 재배에 비해서 논에서의 수확량이 낮기 때문이다(Kono *et al.*, 1987; Seo *et al.*, 2012).

답전윤환은 벼와 발작물을 윤환하여 재배하는 농경지 이용 기술형태이다. 답전윤환 시 병해충방제, 잡초방제, 양분 이용률 증가 이외에도 토양의 통기성 증가, 입단형성, 유기물 분해 증가 등의 많은 장점을 가지고 있어 이에 대한 연구필요성이 있다(Ahn *et al.*, 1992; Huang & Ding, 1995; Kim *et al.*, 1993b; Kim *et al.*, 1995a; Kim *et al.*, 1995b).

따라서 본 시험은 논으로부터 윤환한 2년된 윤환밭과 연속밭에 수수, 조를 재배하여 답전윤환 밭포장에서의 병충해 발생 및 생육특성 구명하고자 하였다. 또한 답전윤환에 적합한 품종 선발은 물론 수수, 조의 답전윤환 재배 기술을 위한 기초자료를 확립하고자 수행하였다.

재료 및 방법

시험품종 및 재배방법

시험품종은 농촌진흥청 국립식량과학원 남부작물부 및 농가에서 많이 재배되는 재래종을 분양받아 수수 7품종(남풍찰, 황금찰, 앓은뱅이수수, 목탁수수, 동안메, 소담찰, DS202) 조 7품종(삼다찰, 삼다메, 황금조, 경관1호, 다황메, 조황메, 청장미차조)을 사용하였다. 수수에서 DS202는 수집유전자원으로 생육 및 수량이 우수하여 선발하여 사용하였다.

수수는 72구 B형포트(다인케미칼), 조는 105구 B형포트(다인케미칼)에 5월 20일 파종한 후 수수는 6월 11일, 조는 6월 18일에 포장에 정식하였다. 고휴 1열 재배를 하였고, 두둑은 흑색비닐멀칭을 하였으며, 이랑은 흑색부직포(하니본)를 고정핀(5 cm × 15 cm)으로 설치하여 이랑에 잡초가 발생하는 것을 방지하였다. 시험구배치는 난괴법 3반복으로 하였다. 재식거리는 수수는 휴폭 70 cm × 주간 20 cm, 조는 휴폭 70 cm × 주간 10 cm 로 하였으며, 조수해 방지를 위하여 방조망(0.8 cm × 0.8 cm)을 설치하였다.

각 작물별 출수기 및 성숙기는 50% 이상이 출수, 성숙한 시기로 하였으며, 생육특성은 수확기에 포장에서 수수와

조 각 품종들을 수확하여 간장, 수장 및 엽수를 조사하였다. 수량특성으로는 포기당 이삭수, 수당립수, 10a 당 수량을 조사하였다. 기타 재배관리 및 조사는 농촌진흥청의 기준과 조사방법에 준하여 실시하였다(RDA, 2000). 이식 후 작물의 뿌리활착과 원활한 생육을 위하여 스프링클러를 설치하여 토양에 관수하였으며, 수집된 자료의 통계분석은 SAS 9.2를 이용하여 분석하였고, 평균값의 통계적 유의성은 one-way ANOVA를 이용하여 p<0.05 유의 수준으로 Duncan's multiple range test로 검증하였다.

병충해

각 작물의 주요 병충해 발생정도를 조사하기 위하여 병해는 정식 후 작물의 생육기간동안 2주 간격으로 병반을 육안으로 조사하였으며, 주요 병해로 수수는 감부기병, 점무늬병, 줄기썩음병, 흰가루병을, 조는 감부기병, 잎마름병, 잎집무늬마름병, 점무늬병을 조사하였다. 충해는 작물의 생육기간 동안 1주 간격으로 잎의 식흔, 배설물, 침입공 등의 흔적을 중심으로 피해주율과 침입공수를 육안 조사하였다.

결과 및 고찰

윤환밭과 연속밭의 병해 발생 양상

수수

수수는 줄기썩음병의 피해가 윤환밭의 경우 평균 41.4%, 연속밭의 경우 평균 51.2%로 4가지 병해 중 가장 발병율이 높았다. 점무늬병의 경우 윤환밭 15.2%, 연속밭 19.9%로 연속밭에서 발병이 많았다. 감부기병과 흰가루병도 윤환밭의 경우 각각 3.3%, 2.4%로 연속밭에서 발병이 많아 수수는 4가지 주요 병해 모두 윤환밭에서 발병율이 낮았다. 윤작할 경우 모자이크병을 제외하고 34~45% 병 발생이 감소하고 잎마름병의 경우 윤환구에서 병해가 경감되는데(Kim *et al.*, 1993a), 수수의 경우 윤환밭에서 감소하는 유사한 경향을 보였다(Table 1).

가장 피해가 큰 줄기썩음병의 발병은 윤환밭의 경우 58.2%, 연속밭의 경우 61.3%로 다른 병해에 비해 가장 컸으며, 품종간에는 소담찰이 윤환밭 5.4%, 연속밭 19.8%로 양 포장 모두에서 발병이 가장 적었다(Table 1).

감부기병의 경우 줄기썩음병과 점무늬병에 비해 발병율이 낮은 경향을 나타내었다. 남풍찰, 앓은뱅이수수, 소담찰 3품종은 각각 1.2%, 1.0%, 3.6%로 윤환밭에서 발병이 적은 경향을 나타내었다. DS202가 윤환밭의 경우 8.6%, 연속밭의 경우 7.8%로 7품종 중 종합적으로 발병율이 높았고, 황금찰이 윤환밭 2.4%, 연속밭 1.0%로 발병율이 가장 낮았

Table 1. Disease incidence on sorghum in rotational upland field and continuing upland field.

Field	Variety	Leaf spot	Powdery mildew	Smut	Stem blight
		(%)			
Rotational upland field	Nampungchal	13.3 ^{bcdz}	3.0 ^b	1.2 ^d	56.4 ^{ab}
	Hwanggeumchal	12.6 ^{bcd}	3.0 ^b	2.4 ^c	48.5 ^{ab}
	Aneunbangi	18.0 ^{abc}	3.0 ^b	1.0 ^d	55.4 ^{ab}
	Moktak	24.5 ^a	5.0 ^a	3.5 ^b	58.2 ^a
	Donganmae	21.3 ^{ab}	1.0 ^c	2.8 ^c	38.5 ^{bc}
	Sodamchal	5.4 ^d	1.0 ^c	3.6 ^b	5.4 ^d
	DS202	10.5 ^{cd}	1.0 ^c	8.6 ^a	27.6 ^c
Continuing upland field	Nampungchal	21.5 ^{ab}	3.0 ^b	2.5 ^c	60.4 ^a
	Hwanggeumchal	11.5 ^b	1.0 ^c	1.0 ^c	63.4 ^a
	Aneunbangi	16.4 ^b	5.0 ^a	7.2 ^b	51.2 ^b
	Moktak	16.6 ^b	3.0 ^b	0.5 ^c	61.3 ^a
	Donganmae	28.5 ^a	1.0 ^c	1.2 ^c	64.6 ^a
	Sodamchal	0.5 ^c	3.0 ^b	9.8 ^a	19.8 ^d
	DS202	16.4 ^b	3.0 ^b	7.8 ^b	38.0 ^c
Field (A)		NS ^x	***	***	***
Variety (B)		*** ^y	***	***	***
A × B		*	***	***	NS

^zMeans with the same letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

^y*, **, *** : Significant at P = 0.05, 0.01, or 0.001 respectively

^xNS : Non-significant at 0.05 probability level

다(Table 1).

점무늬병의 경우 남풍찰, 동안메, DS202 3품종이 윤환밭에서 각각 13.3%, 21.3%, 10.5%로 연속밭 각각 21.5%, 28.5%, 16.4%보다 발병이 적었으며, 황금찰, 앞은뱅이, 목탁수수, 소담찰은 연속밭에서 발병이 높았다. 7품종 중 동안메가 윤환밭 21.3%, 연속밭 28.5%로 7품종 중 가장 발병율이 높았고, 소담찰이 윤환밭 5.4%, 연속밭 0.5%로 7품종 중 발병이 가장 적었다(Table 1).

흰가루병은 수수의 줄기썩음병과 점무늬병에 비하여 발병율이 낮은 경향이었으며, 품종별로는 남풍찰과 동안메는 윤환밭과 연속밭에서 발병율 차이를 보이지 않았으며, 앞은뱅이수수, 소담찰, DS202는 윤환밭의 경우 각각 3.0%, 1.0%, 1.0%로 연속밭보다 윤환밭에서 발병이 적었다(Table 1).

전반적으로 수수의 발병율은 윤환밭이 연속밭에 비해 적은 경향이었는데, 이는 답전윤환 체계에서 수도, 발작물의 병해발생이 윤환밭에서 감소되었다는 결과와 일치하는 경향이였다(Kim *et al.*, 1993a).

조

조는 주요 병해 감부기병, 잎마름병, 잎집무늬마름병, 점무늬병의 4가지 주요 병해 중 감부기병은 풋옥수수과 마찬가지로 윤환밭과 연속밭에서 발생하지 않았으며, 잎마름병의 피해가 윤환밭의 경우 평균 13.8%, 연속밭의 경우 평균 12.3%로 가장 발병율이 높았다. 잎집무늬마름병의 발병율은 윤환밭 3.8%, 연속밭 1.7%로 윤환밭에서 2.1% 높았으며, 점무늬병의 발병율은 윤환밭 0.7%, 연속밭에서는 모든 품종에서 발병하지 않았다. 발병하지 않은 감부기병을 제외한 3가지 주요 병해는 평균적으로 연속밭보다 윤환밭에서 발병율이 더 높았다. 이는 장마기에 토양수분이 많아 병이 발생하기에 적합한 환경으로 윤환밭에서 발생이 증가한 것으로 판단되며, Kim *et al.* (1993a)도 같은 결과를 나타내었다(Table 2).

가장 피해가 큰 잎마름병의 경우 윤환밭, 연속밭 포장간에는 차이가 없었다. 그러나 품종간에는 황금조는 25.5%로 발병이 가장 많았고, 삼다메가 낮은 경향이였다(Table 2).

잎집무늬마름병의 윤환밭 평균 발병율은 3.8%, 연속밭은

Table 2. Disease incidence on foxtail millet in rotational upland field and continuing upland field.

Field	Variety	Leaf blight	Leaf spot	Sheath blight	Smut
		(%)			
Rotational upland field	Samdachal	5.4 ^{cz}	0 ^c	2.8 ^b	0
	Samdamae	9.6 ^c	0 ^c	1.2 ^b	0
	Hwanggeum	24.4 ^a	1.2 ^b	2.4 ^b	0
	Kyeongkwan 1	9.6 ^c	2.4 ^a	2.6 ^b	0
	Dahwangmae	15.6 ^b	1.5 ^b	5.8 ^a	0
	Johwangmae	16.4 ^b	0 ^c	5.4 ^a	0
	Cheongjangmicha	15.8 ^b	0 ^c	6.4 ^a	0
Continuing upland field	Samdachal	4.8 ^b	0	2.2 ^c	0
	Samdamae	4.4 ^b	0	0.6 ^d	0
	Hwanggeum	26.5 ^a	0	0.5 ^d	0
	Kyeongkwan 1	16.8 ^{ab}	0	3.4 ^b	0
	Dahwangmae	11.4 ^b	0	0 ^d	0
	Johwangmae	9.6 ^b	0	4.8 ^a	0
	Cheongjangmicha	12.2 ^b	0	0.2 ^d	0
Field (A)		NS ^x	***	***	-
Variety (B)		*** ^y	***	***	-
A × B		NS	***	***	-

^zMeans with the same letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

^y*, **, *** : Significant at P = 0.05, 0.01, or 0.001 respectively

^xNS : Non-significant at 0.05 probability level

1.7%로 윤환밭에서 높았으며, 품종간에는 일정한 경향을 나타내지 않았다(Table 2).

점무늬병의 경우 연속밭에서는 7품종 모두 병징이 나타나지 않았으며, 윤환밭에서 황금조, 경관1호, 다황메 3품종에서만 병징이 나타났다(Table 2).

윤환밭과 연속밭의 총해 발생 양상

수수

조명나방 유충의 피해주율은 모든 품종 평균 윤환밭 75.2%, 연속밭 80.5%로 두 포장간에 차이가 없었다. 침입공수 또한 윤환밭의 경우 0.93개, 연속밭의 경우 0.98개로 두 포장간에 차이가 없었다. Kim *et al.* (2010b)의 연구에서 수수 유기재배의 경우 조명나방의 발생은 6월부터 9월까지 꾸준하게 증가하여 그 피해가 47.5~52.5%에 달하는 것으로 보고되었으나, 본 연구에서는 윤환밭과 연속밭에서 통계적 유의성이 인정되지 않았다(Table 3).

품종간에는 수수 총 7품종 중 동안메의 피해율이 53%로 가장 적었으며, 남풍찰, 황금찰, 앓은뱅이수수, 목탁수수, 소

담찰, DS202 6품종은 피해율이 컸으며, 이들 품종간에는 통계적 차이가 없었다. 침입공수도 마찬가지로 위의 6품종이 침입공수가 많았으며, 동안메가 적었다. Kim *et al.* (2016)의 연구에서도 답전윤환 포장에서 잡곡의 재배 시 조명나방 유충의 침입공수가 많이 발견된 품종에서 피해주율 역시 증가하였는데, 본 연구와 유사한 양상을 나타내었다(Table 3).

조

조명나방 유충에 의한 피해주율의 경우 윤환밭과 연속밭간에는 통계적 유의성이 인정되지 않았으며, 침입공수 또한 윤환밭의 경우 0.18개, 연속밭의 경우 0.19개로 포장간에는 차이가 없었다. 품종별 피해주율을 보면 삼다찰이 삼다메에 비해 피해가 큰 경향이었으나, 통계적 유의성은 인정되지 않았다. 삼다찰, 삼다메를 제외한 5품종은 조명나방 유충에 의한 피해가 현저히 미미하여 조사하지 못하였다. 모든 품종에서 피해주율과 달리 식물체가 입은 피해가 전체 잎 대비 피해율 2% 미만으로 생육 및 수량에 영향을 미치지 않을 것으로 판단된다(Table 4).

Table 3. Invasive pore on the stem of sorghum plant by larvae of *Ostrinia furnacalis* in rotational upland field and continuing upland field.

Field	Variety	Damaged plant (%)	No. of invasive pore
Rotational upland field	Nampungchal	81.0 ^{az}	0.92 ^a
	Hwanggeumchal	76.1 ^a	1.01 ^a
	Aneunbangi	73.4 ^a	0.96 ^a
	Moktak	75.1 ^a	1.11 ^a
	Donganmae	50.0 ^b	0.28 ^b
	Sodamchal	81.8 ^a	1.04 ^a
	DS202	89.3 ^a	1.20 ^a
Continuing upland field	Nampungchal	90.0 ^a	1.40 ^a
	Hwanggeumchal	75.6 ^a	0.85 ^b
	Aneunbangi	82.5 ^a	1.05 ^{ab}
	Moktak	91.7 ^a	1.17 ^{ab}
	Donganmae	56.0 ^b	0.32 ^c
	Sodamchal	84.4 ^a	1.09 ^{ab}
	DS202	83.1 ^a	1.00 ^{ab}
Field (A)		NS ^x	NS
Variety (B)		*** ^y	***
A × B		NS	NS

^zMeans with the same letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

^y*, **, *** : Significant at P = 0.05, 0.01, or 0.001 respectively

^xNS : Non-significant at 0.05 probability level

윤환밭과 연속밭의 작물별 생육 및 수량특성

수수

생육특성 중 출수소요일은 남풍찰과 목탁수수가 연속밭 68일, 67일 대비 윤환밭에서 각각 70일, 68일로 1~2일 더 소요되었다. 그러나 남풍찰, 목탁수수, 동안메, 소담찰, DS202는 윤환밭과 연속밭에서 차이를 보이지 않았다. 황금찰의 출수소요일이 윤환밭과 연속밭의 경우 63일로 가장 빨랐으며, 남풍찰, 얇은뱅이수수는 윤환밭에서 각각 70일, 68일로 나타났다. 등숙소요일 또한 출수소요일이 빨랐던 황금찰이 윤환밭 108일, 연속밭 99일로 가장 빨랐으며, 등숙소요일은 연속밭 7품종 평균 106.6일보다 윤환밭에서 평균 115.1일로 10일 더 소요되었다(Table 5).

간장은 연속밭 7품종 평균 126.7 cm 대비 윤환밭에서 평균 134.6 cm로 7.9 cm 큰 경향을 나타내었으며, 품종별로는 얇은뱅이수수가 149.4 cm로 가장 컸으며, 소담찰수수가

Table 4. Invasive pore on the stem of foxtail millet plant by larvae of *Ostrinia furnacalis* in rotational upland field and continuing upland field.

Field	Variety	Damaged plant (%)	No. of invasive pore
Rotational upland field	Samdachal	29.0 ^{az}	0.23 ^a
	Samdamae	27.0 ^a	0.12 ^a
Continuing upland field	Samdachal	35.0 ^a	0.24 ^a
	Samdamae	27.0 ^a	0.14 ^a
Field (A)		NS ^y	NS
Variety (B)		NS	NS
A × B		NS	NS

^zMeans with the same letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

^yNS : Non-significant at 0.05 probability level

72.6 cm로 가장 작았다. Kim (2015)은 수수의 답전윤환 재배 시 윤환기간이 길수록 간장이 큰 경향을 나타내었으며, Wample and Reid (1975)은 일반적으로 발작물을 논재배시 장마철 습해에 의한 생장억제로 줄기신장이 억제된다고 보고하였으나, 본 연구에서는 연속밭보다 윤환밭에서 더 큰 것으로 나타났다. Kim *et al.* (2015)의 연구에서는 소담찰의 논 재배 시 간장이 평균 90 cm로 본 연구와는 차이를 보이지만 간장이 매우 작아 논 재배 시 문제가 되는 도복에 강할 것으로 판단된다. 수장의 경우 연속밭 7품종 평균 26.0 cm 재배 대비 윤환밭에서 평균 27.0 cm로 1.0 cm 크게 나타났다. 얇은뱅이수수가 윤환밭과 연속밭 26.8 cm로 차이를 보이지 않았다. 경직경은 남풍찰, 황금찰, 얇은뱅이수수, 소담찰은 윤환밭 대비 연속밭에서 더 크게 나타났다. 동안메가 윤환밭의 경우 18.2 mm, 연속밭의 경우 18.7 mm로 7품종 중 가장 작게 나타났다(Table 5).

수량특성 중 천립중은 연속밭 평균 18.6 g 대비 윤환밭에서 평균 24.3 g으로 5.6 g 무거웠다. 품종간에는 윤환밭의 경우 동안메가 29.3 g로 가장 무거웠고, 다음은 황금찰(27.8 g)이며, DS202 (21.5 g)가 가장 가볍게 나타났다. 연속밭의 경우 윤환밭과 마찬가지로 동안메가 26.6 g로 가장 무거웠다. DS202를 제외한 6품종은 윤환밭에서 더 무겁게 나타났다(Table 5).

수당립수는 연속밭 7품종 평균 997.7개 대비 윤환밭에서 평균 1,429.3개로 431.6개 더 많은 경향을 나타냈다. 품종간에는 소담찰이 윤환밭의 경우 736.6개, 연속밭의 경우 578.3개로 가장 적게 나타났다. 수량은 연속밭 7품종 평균 126.5

Table 5. Growth and yield characteristics of sorghum in rotational upland field and continuing upland field cultivation.

Field	Variety	D.T.H. [†]	D.T.R.	C.L. (cm)	E.L. (cm)	C.D. (mm)	N.L.	1,000 G.W. (g)	G.E. (No.)	Yield (kg/10a)
Rotational upland field	Nampungchal	70	121	138.2 ^{bzz}	26.4 ^b	24.3 ^{ab}	12.4 ^a	22.1 ^c	1,558.1 ^b	245.0 ^d
	Hwanggeumchal	63	108	138.0 ^b	26.4 ^b	21.8 ^{cd}	11.2 ^c	27.8 ^{ab}	1,311.3 ^c	259.4 ^c
	Aneunbangi	68	118	154.8 ^a	26.8 ^{ab}	23.8 ^{ab}	12.3 ^{ab}	22.0 ^c	1,546.7 ^b	241.1 ^d
	Moktak	65	112	157.3 ^a	27.7 ^{ab}	22.8 ^{bc}	12.5 ^a	22.1 ^c	1,709.3 ^{ab}	268.8 ^{bc}
	Donganmae	73	116	143.0 ^b	26.4 ^b	18.2 ^e	11.1 ^c	29.3 ^a	1,347.2 ^c	280.9 ^a
	Sodamchal	70	121	70.3 ^c	27.3 ^{ab}	25.2 ^a	11.5 ^{bc}	25.2 ^b	736.6 ^d	131.7 ^e
	DS202	64	110	140.3 ^b	28.1 ^a	20.7 ^d	10.9 ^c	21.5 ^c	1,796.1 ^a	275.6 ^{ab}
Continuing upland field	Nampungchal	68	112	130.8 ^{bc}	26.1 ^{ab}	22.4 ^{ab}	12.7 ^a	17.2 ^c	1,171.8 ^a	143.5 ^f
	Hwanggeumchal	63	99	134.0 ^{abc}	25.6 ^{ab}	21.6 ^b	10.5 ^{cd}	14.2 ^d	1,197.6 ^a	122.0 ^h
	Aneunbangi	67	110	144.0 ^a	26.8 ^{ab}	22.9 ^{ab}	12.3 ^{ab}	15.3 ^{cd}	1,017.5 ^b	110.5 ⁱ
	Moktak	65	104	138.2 ^{ab}	27.2 ^a	24.2 ^a	12.4 ^{ab}	11.7 ^e	1,304.0 ^a	108.2 ⁱ
	Donganmae	73	108	140.7 ^{ab}	25.1 ^b	18.7 ^c	10.6 ^c	26.6 ^a	906.5 ^{bc}	171.8 ^e
	Sodamchal	70	112	74.8 ^d	25.1 ^b	24.2 ^a	11.6 ^b	21.3 ^b	578.3 ^d	87.9 ^j
	DS202	64	101	124.2 ^c	26.5 ^{ab}	24.4 ^a	9.8 ^d	24.4 ^a	808.5 ^c	141.4 ^f
Field (A)	-	-	*** ^y	**	NS ^x	NS	***	***	***	
Variety (B)	-	-	***	*	***	***	***	***	***	
A × B	-	-	*	NS	**	NS	***	***	***	

[†]D.T.H. : Day To Heading ; D.T.R. : Days To Ripening ; C.L. : Culm Length ; E.L. : Ear Length ; C.D. : Culm Diameter ; N.L. : Number of Leaf, 1,000 G.W. : 1,000 Grain Weight ; G.E. : Grains per Ear

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

^y*, **, *** : Significant at P = 0.05, 0.01, or 0.001 respectively

^xNS : Non-significant at 0.05 probability level

kg/10a 대비 윤환밭에서 평균 243.2 kg/10a로 116.7 kg/10a로 연속밭에 비하여 90% 증가하였다. 또한 수수는 옥수수 와 조에 비하여 습해에 강한 작물로 알려져 있다(Jung *et al.*, 2013; Kono *et al.*, 1987; Yoon *et al.*, 2012). 본 시험에서도 수수는 병해와 충해의 피해가 윤환밭보다 연속밭에서 피해가 커 연속밭 재배 대비 수량이 증가한 것으로 판단된다. 품종간에는 윤환밭의 경우 동안메가 280.9 kg/10a로 가장 많았으며, 다음은 DS202 (275.6 kg/10a)이며, 소담찰(131.7 kg/10a)이 가장 적게 나타났다. 품종간에는 동안메가 윤환 밭 및 연속밭 두 포장 평균 226.4 kg/10a으로 가장 많았으며, 윤환밭에서도 280.9 kg/10a으로 가장 많았다(Table 5).

조

생육특성 중 출수소요일은 모든 품종이 윤환밭과 연속밭에서 평균 72.9일로 차이를 보이지 않았다. 품종간에는 황금조가 윤환밭과 연속밭의 경우 58일로 가장 빨랐다. 등숙소요일 또한 황금조가 윤환밭 113일, 연속밭 117일로 가장

빨랐으며, 연속밭 7품종 평균 130일 대비 윤환밭에서 평균 127일로 3일정도 더 빨랐다(Table 6).

간장의 경우 연속밭 7품종 평균 134.4 cm 대비 윤환밭에서 평균 131.0 cm로 3.4 cm 더 작게 나타났다. 발작물은 습해에 의한 생장억제로 줄기신장이 억제되어(Wample and Reid, 1975) 차이를 보인 것으로 판단된다. 7품종 중 청장미차조가 연속밭 134.4 cm 보다 윤환밭 131.0 cm로 더 작게 나타났다. 윤환밭의 경우 청장미차조가 148.3 cm로 가장 컸으며, 다음은 조황메(144.1 cm)이며, 황금조(113.4 cm)가 가장 작게 나타났다. 연속밭의 경우 조황메가 145.2 cm로 가장 컸으며, 윤환밭과 마찬가지로 황금조가 113.5 cm로 가장 작게 나타났다. 수장은 연속밭 7품종 평균 23.2 cm 대비 윤환밭에서 평균 21.4 cm로 1.8 cm 작은 경향을 나타냈으며, 조황메가 윤환밭의 경우 24.4 cm, 연속밭의 경우 26.3 cm로 가장 크게 나타났다(Table 6).

경직경은 연속밭 7품종 평균 7.5 mm 대비 윤환밭에서 평균 6.6 mm로 0.9 mm 작은 경향을 나타냈으며, 다황메는

Table 6. Growth and yield characteristics of foxtail millet in rotational upland field and continuing upland field cultivation.

Field	Variety	D.T.H. [†]	D.T.R.	C.L. (cm)	E.L. (cm)	C.D. (mm)	N.L.	E.H. (No.)	1,000.G.W. (g)	G.E. (No.)	Yield (kg/10a)
Rotational upland field	Samdachal	79	147	125.2 ^{b1)}	23.9 ^a	7.1 ^{ab}	12.3 ^{ab}	2.2 ^a	2.5 ^c	2,937.4 ^a	225.4 ^{bc}
	Samdamae	78	122	125.0 ^b	19.7 ^{bc}	6.6 ^b	13.0 ^a	2.6 ^a	2.9 ^a	2,420.8 ^{ab}	249.1 ^{ab}
	Hwanggeum	58	113	113.4 ^c	21.1 ^b	5.8 ^c	9.9 ^c	2.3 ^a	2.9 ^a	2,268.7 ^b	214.1 ^c
	Kyeongkwon 1	75	131	128.4 ^b	19.0 ^{bc}	6.6 ^b	12.6 ^a	2.3 ^a	2.5 ^c	2,773.6 ^{ab}	227.3 ^{bc}
	Dahwangmae	70	133	132.4 ^b	23.6 ^a	6.7 ^{ab}	13.2 ^a	2.3 ^a	2.9 ^a	2,831.7 ^{ab}	263.5 ^{ab}
	Johwangmae	69	120	144.1 ^a	24.4 ^a	7.5 ^a	11.4 ^b	2.3 ^a	2.7 ^b	2,897.0 ^a	257.9 ^{ab}
Cheongjangmicha		81	124	148.3 ^a	17.8 ^c	5.7 ^c	13.1 ^a	2.4 ^a	1.9 ^d	2,540.8 ^{ab}	164.4 ^d
Continuing upland field	Samdachal	79	152	133.8 ^b	25.9 ^{ab}	9.3 ^a	14.1 ^a	2.0 ^c	2.4 ^d	3,720.8 ^a	259.9 ^b
	Samdamae	78	125	137.2 ^{ab}	23.3 ^{bc}	8.0 ^b	13.6 ^{ab}	3.0 ^a	2.9 ^b	2,299.7 ^{cd}	276.5 ^{ab}
	Hwanggeum	58	117	113.5 ^c	21.7 ^{cd}	6.9 ^d	9.7 ^c	2.2 ^c	3.1 ^a	2,131.5 ^d	203.7 ^c
	Kyeongkwon 1	75	133	132.5 ^b	19.9 ^d	6.8 ^d	12.9 ^{bc}	2.0 ^c	2.6 ^c	3,002.0 ^b	212.5 ^c
	Dahwangmae	70	136	139.0 ^{ab}	23.8 ^{abc}	6.7 ^d	12.3 ^c	2.4 ^{bc}	3.0 ^{ab}	2,783.1 ^{bc}	284.0 ^a
	Johwangmae	69	122	145.2 ^a	26.3 ^a	7.8 ^{bc}	10.7 ^d	2.3 ^c	2.6 ^c	3,233.6 ^{ab}	276.9 ^{ab}
Cheongjangmicha		81	126	139.5 ^{ab}	21.3 ^{cd}	7.1 ^{cd}	14.1 ^a	2.9 ^{ab}	1.9 ^c	2,698.7 ^{bcd}	203.5 ^c
Field (A)		-	-	*** ²⁾	NS ³⁾	*	*	NS	***	*	NS
Variety (B)		-	-	*	***	***	***	*	***	***	***
A × B		-	-	***	***	***	***	NS	***	***	***

[†]D.T.H. : Day To Heading ; D.T.R. : Days To Ripening ; C.L. : Culm Length ; E.L. : Ear Length ; C.D. : Culm Diameter ; N.L. : Number of Leaf ; E.H. : Ears per Hill ; 1,000 G.W. : 1,000 Grain Weight ; G.E. : Grains per Ear

²Means with the same letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

³*, **, *** : Significant at P = 0.05, 0.01, or 0.001 respectively

⁴NS : Non-significant at 0.05 probability level

윤환밭과 연속밭 모두 6.7 mm로 같았다. 조황메가 윤환밭의 경우 7.5 mm로 가장 컸으나, 연속밭의 경우 삼다찰이 9.3 mm로 가장 크게 나타났다. 엽수의 경우 연속밭 7품종 평균 12.5개 대비 윤환밭에서 평균 12.2개로 0.3개 적었으나, 큰 차이를 보이지 않았다. 황금조, 다황메, 조황메는 윤환밭의 경우 각각 9.9개, 13.2개, 11.4개로 연속밭보다 더 많은 경향을 나타냈다. 황금조가 윤환밭 9.9개, 연속밭 9.7개로 가장 적게 나타났다(Table 6).

수량특성 중 포기당 이삭수는 7품종 평균 윤환밭과 연속밭에서 통계적 차이는 없었다. 품종간에는 삼다메가 2.8개로 가장 많았다(Table 6).

천립중은 삼다찰, 조황메는 윤환밭 각각 2.5 g, 2.7 g로 연속밭(2.4 g, 2.6 g)보다 무거웠으며, 삼다메, 청장미차조는 윤환밭과 연속밭에서 차이를 보이지 않았다. 윤환밭의 경우 삼다메, 황금조, 다황메가 2.9g으로 가장 무거웠으며, 다음은 조황메(2.7 g)이며, 청장미차조(1.9 g)가 가장 가벼웠다. 연속밭의 경우 황금조가 3.1 g으로 가장 무거웠으며,

다음은 다황메(3.0 g)이며, 청장미차조(1.9 g)가 가장 가벼웠다. 수당립수의 경우 7품종 평균 연속밭 2,838.5개 대비 윤환밭에서 2,667.2개로 171.3개 더 적게 나타났으나, 삼다메, 황금조, 다황메 3품종은 윤환밭에서 각각 2,420.8개, 2,268.7개, 2,831.7개로 연속밭보다 많았다. 삼다찰이 윤환밭 2,937.4개, 연속밭 3,720.8개로 가장 많이 나타났으며, 황금조가 윤환밭 2,268.7개, 연속밭 2,131.5개로 가장 적었다. 수량은 연속밭 7품종 평균 245.3 kg/10a 대비 윤환밭에서 228.8 kg/10a로 16.5 kg/10a 수량이 적은 경향을 보였으나, 통계적 차이는 없었다. 품종별로는 윤환밭의 경우 다황메가 263.5 kg/10a로 가장 많았으며, 다음은 조황메(257.9 kg/10a)이었으나, 윤환밭과 연속밭 간에 유의성은 인정되지 않았다(Table 6).

그러나 Yoon *et al.* (2015)은 답전윤환 윤환밭 1년차 시험에서 삼다찰이 192.1 kg으로 가장 높았으며, 다음은 삼다메가 188.6 kg을 나타냈으며, 경관1호가 152.5 kg으로 가장 수량이 낮았다고 하여 본 시험결과와 차이를 보였다. 이

는 기상 및 토양환경 등 재배환경 차이에 의한 것으로 생각된다.

결론적으로 답전윤환에 있어 수수는 연속밭에 비해 윤환밭이 92% (243.2 kg/10a 대비 126.5 kg/10a) 증수하였고, 조는 윤환밭이 연속밭간에 차이가 없었다. 따라서 수수는 조에 비해 답전윤환에 적합한 작물로 판단된다. 또한 답전윤환에 적합한 수수 품종은 수량이 높고, 병충해 피해가 적은 동안메로 판단되며, 조는 다황메, 조황메로 판단된다.

적 요

본 시험은 논으로부터 밭으로 윤환한 2년차인 윤환밭과 연속밭에 수수 남풍찰 등 7품종, 조 삼다찰 등 7품종을 공시하여 윤환밭과 연속밭의 병충해 및 잡초발생 양상, 생육 및 수량특성 차이 구명은 물론 답전윤환에 적합한 품종 선발 및 수수, 조의 체계적인 답전윤환 재배기술을 위한 기초 자료를 확립하고자 수행한 결과는 다음과 같다.

1. 답전윤환 시 주요 병해는 2작물 중 조의 경우 전반적으로 연속밭에 비해 윤환밭에서 발병율이 높았으며, 수수는 연속밭에 비해 윤환밭에서 발병율이 낮았다. 시험품종 중 저항성 품종으로는 수수는 발병율이 20% 미만인 소담찰, 조는 발병율 10% 미만인 삼다찰과 삼다메로 판단된다.
2. 답전윤환 시 주요 충해인 조명나방 유충에 대하여 수수와 조는 연속밭에 비해 윤환밭에서 피해주율이 낮았다. 시험품종 중 저항성 품종으로 수수는 60% 미만인 동안메로 판단된다. 조는 모든 품종에서 입은 피해가 전체 잎 대비 피해율 2% 미만으로 생육 및 수량에 영향을 미치지 않을 것으로 판단된다.
3. 답전윤환 시 잡초 발생 양상은 전반적으로 초중수의 차이는 없으나, 잡초의 개체수는 42% 감소하였고, 총 건물중 또한 40% 감소하였다. 건생잡초의 개체수는 연속밭 대비 윤환밭에서 65% 감소하였고, 습생잡초는 연속밭 대비 윤환밭에서 35% 감소하여 습생잡초보다 건생잡초의 감소폭이 컸다. 건생잡초의 건물중은 연속밭 대비 윤환밭에서 53% 감소하였고, 습생잡초는 연속밭 대비 윤환밭에서 35% 감소하여 습생잡초보다 건생잡초의 감소폭이 컸다. 윤환밭과 연속밭에서 모두 건생잡초인 바랭이가 우점하였다.
4. 답전윤환 시 각 작물별 수량은 수수는 연속밭에 비해 윤환밭에서 90% 증가하였다. 조는 연속밭에 비해 윤환밭에서 감소하였으나, 통계적 차이는 없었다. 윤환

밭에서 풋옥수수의 경우 찰옥4호가 789.0 kg/10a, 수수의 경우 동안메가 280.9 kg/10a, 조의 경우 다황메가 263.5 kg/10a로 가장 많았다.

5. 답전윤환에 적합한 품종은 병충해 피해 및 생육수량을 기준으로 하면 수수에서는 병충해 피해가 비교적 적고, 수량이 많은 황금찰, 동안메, DS202가, 조에서는 삼다찰, 삼다메, 다황메가 적합품종으로 판단된다.

사 사

본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ0108442017)의 지원에 의해 수행되었다.

인용문헌(REFERENCES)

Ahn, S. B., T. Motomatsu, B. Y. Yeon, and C. S. Yuk. 1992. Mineralization of nitrogen in soils under paddy-upland switching cultivation systems. *Journal of Korean Society of Soil Science and Fertilizer* 25(2) : 133-137.

Bunzel, M., J. Ralph, J. M. Marita, R. D. Hatfield, and H. Steinhart. 2001. Differences as structural components in soluble and insoluble cereal dietary fiber. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 81(7) : 653-660.

Huang, C. P. and D. L. Ding. 1995. The effects of paddy upland rotation on crop yield and soil physical and chemical characteristics. *Acta Agriculturae Zhejiangensis* 7(6) : 448-450.

Jang, H. L., K. W. Kim, Y. J. Jeong, K. S. Youn, S. C. Woo, and K. Y. Yoon. 2013. Establishment of mixing ratio of multigrain rice for adolescent and aged people and its nutritional and functional estimation. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition* 42(1) : 53-61.

Jung, K. Y., E. S. Yun, C. Y. Park, J. B. Hwang, Y. D. Choi, and I. S. Oh. 2013. Response of millet and sorghum to water stress in converted poorly drained paddy soil. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer* 46(6) : 409-416.

Kim, C. H., H. S. Lee, and S. B. Ahn. 1993a. Disease incidence pattern on rice and upland crops in paddy-upland rotation system. *Korean Journal of Plant Pathology* 9(4) : 280-285.

Kim, J. I., K. H. Rhee, Y. B. Oh, and J. K. Lee. 1993b. Crop combinations and rotation years for paddy-upland cropping system in middle part of Korea. *Korean Journal of Crop Science* 38(4) : 304-311.

Kim, S. H. and H. J. Lee. 1994. Growth and yield forage crops affected by soil texture in upland diverted from paddy field. *Korean Journal of Crop Science* 39(6) : 577-584.

Kim, K. U., D. H. Shin, S. J. Park, J. J. Jeong, and M. H. Yeo. 1995a. Weed occurrence in paddy-upland rotation field. *Korean Journal of Weed Science* 15(4) : 305-312.

Kim, K. U., D. H. Shin, S. J. Park, J. J. Jeong, and S. S.

- Hwang. 1995b. Weed occurrence and control at soybean culture in rice-soybean rotated paddy field. *Korean Journal of Weed Science* 15(4) : 313-320.
- Kim, Y. W. and J. H. Cho. 2004. Study on growth responses of soybean in paddy field establishing environment-friendly cropping system. *Korean Journal of Organic Agriculture* 12(4) : 437-450.
- Kim, J. S., H. C. Ko, S. T. Yoon, Y. H. Cho, J. G. Kim, and C. K. Shim. 2010b. Occurrence of insect pest from organic seed producing field of minor grain germplasm. *Korean Journal of Crop Science* 55(1) : 58-64.
- Kim, S. K., G. H. Jung, J. H. Park, C. G. Kim, and S. G. Heu. 2015. Optimum planting date and density on short-stem type 'sodamchal' sorghum variety in paddy field cultivation. *Journal of the Korean Society of International Agriculture* 27(4) : 511-515.
- Kim, Y. J. 2015. Growth and yield characteristics of foxtail millet, proso millet and sorghum affected by paddy-upland rotation systems. Masters thesis, Dankook Univ, Cheonan, Korea.
- Kim, S. I., M. J. Kim, S. T. Yoon, H. K. Lee, and H. C. Jo. 2016. Characterization of *ostrinia furnacalis* (Lepidoptera: Pyralidae) occurrence against maize and sorghum varieties in a paddy-upland rotation field. *Korean Journal of Applied Entomology* 55(4) : 329-336.
- Kono, Y., A. Yamauchi, N. Kawamura, J. Tatsumi, T. Nonotama, and N. Inagaki. 1987. Interspecific differences of the capacities of waterlogging and drought tolerances among summer cereals. *Japan Journal of Crop Science* 56(1) : 115-129.
- Lim, S. B., M. S. Kang, M. K. Jwa, D. J. Song, and Y. J. Oh. 2003. Characteristics of cooked rice by adding grains and legumes. *Journal of the Korean Society Food Science and Nutrition* 32(1) : 52-57.
- Lloyd, B. J., T. J. Siebenmorgen, and K. W. Beers. 2000. Effect of commercial processing on antioxidants in rice bran. *Cereal Chemistry* 77(5) : 551-555.
- MAFRA 2015. MAFRA Homepage.
- Maillard, M. N. and C. Berset. 1995. Evolution of antioxidant activity during kilning: Role of insoluble bound phenolic acids of barley and malt. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 43(7) : 1789-1793.
- Seo, J. H., S. B. Baek, Y. U. Kwon, C. G. Kim, K. H. Jung, G. H. Jung, J. E. Lee, B. Y. Son, and S. J. Kim. 2012. Effect of subsoiling on silage maize yield in paddy field converted to upland condition. *Korean Journal of Crop Science* 57(4) : 430-435.
- Song, S. B., J. B. Hwang, Y. K. Hong, S. T. Park, and H. Y. Kim. 2005. Weed control and occurrence on soybean cultivation in paddy field. *Korean Journal of Weed Science* 25(4) : 317-324.
- Wample, R. I. and D. M. Reid. 1975. Effect of aeration on the flood-induced formation of adventitious root and other changes in sunflower. *Planta* 127(3) : 263-270.
- Yoon, S. T., Y. J. Kim, I. H. Jeong, T. K. Han, J. B. Yu, M. H. Ye, Y. S. Cho, and H. W. Kang. 2015. Growth and Yield Characteristics of Foxtail Millet, Proso Millet, Sorghum and Rice in Paddy-Upland Rotation. *Journal of the Korean Society of International Agriculture* 60(3) : 300-307.