

## 답전윤환 적합품종 선발을 위한 유기농 풋옥수수의 윤환밭과 연속밭의 병충해, 생육 및 수량 특성\*

유제빈\*\*\* · 윤성탁\*\* · 楊景\*\*\* · 예민희\*\*\* · 이길준\*\*\* · 조수빈\*\*\* · 이영경\*\*\* ·  
한광섭\*\*\*\* · 백승우\*\*\*\* · 김병련\*\*\*\* · 김순일\*\*\*\*\* · 김건우\*\*\*\*\*

### Disease, Insect Damage and Growth Characteristics of Green Maize between Rotational Upland Field and Continuing Upland Field in order to Select Optimum Varieties for Paddy-Upland Rotation System

Yu, Je-Bin · Yoon, Seong-Tak · Yang, jing · Ye, Min-Hee · Lee, Gil-Jun ·  
Cho, Soo-Been · Lee, Young-Kyung · Han, Kwang-Seop · Baek, Seung-Woo ·  
Kim, Byung-Ryun · Kim, Soon-Il · Kim, Kun-Woo

This study was performed in order to investigate disease, insect damage, growth and yield characteristics of green maize by organic paddy-upland rotation system. This experiment also was to select optimum variety for organic paddy-upland rotation cultivation. This experiment was conducted at Anseong-si Gyeonggi province of Korea in 2016. The varieties used in this study are green maize of total 8 varieties. Green maize was planted at rotational upland field and continuing upland field and tested for comparison. In case of average occurrence of 4 major disease for green maize, rotational upland field was higher than that of continuing upland field. Heukjinjuchal and Daehakchal were the lowest occurrence by less than 2% among 8 varieties. Average damage of 8 varieties by *Ostrinia furnacalis* larva, which is the main pest in green maize was higher in rotational upland field than that of continuing upland field. Chalok 4 and Heugjeom 2 were judged to be

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

\*\* Corresponding author, 단국대학교 생명자원과학대학(styoon@dankook.ac.kr)

\*\*\* 단국대학교 생명자원과학대학

\*\*\*\* 충남농업기술원 농업환경과

\*\*\*\*\* (주)나리소

\*\*\*\*\* 국립안동대학교 생약자원학과

resistant varieties to 4 major disease among 8 varieties. The average yield of green maize per 10a in rotational upland field decreased to 85% level of continuing upland field and Chalok 4 showed the highest yield by 789.0 kg/10a among 8 varieties. The most suitable varieties in organic paddy-upland rotation system were judged to be Chalok 4, Heukjinjuchal and Heukjeom 2.

Key words : *disease and insect damage, green maize, organic agriculture, paddy-upland rotation system*

## I. 서 론

팥옥수수는 최근 노화와 관련된 질병의 예방 및 치료에 우수한 작물로서 관심이 증가하고 있다. 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).

최근 국민의 식생활 패턴 변화로 1인당 연간 쌀 소비량은 136.4 kg (1970년대 기준)에서 65.1 kg (2014년 기준)으로 감소하고 있다(MAFRA, 2015; Kim and Cho, 2004). 또한 WTO 회원국으로부터 의무수입 쌀 물량(MMA)은 2014년 현재 40만 8천톤(MAFRA, 2015)에 달해 쌀 재고량이 50만톤(2013) 이상되었다. 국내 쌀은 현재 구조적 과잉상태에 있다. 과거 우리나라는 식량자급자족을 위한 쌀 생산량 증가에 더욱 중점을 두어 현재 쌀 자급률은 95.7%까지 성장하였으나, 해에 따라 다르지만 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 논을 용도를 다각화하여 밭작물의 재배 확대를 통한 밭작물의 자급률을 제고해야 한다(Kim and Lee, 1994; Song *et al.*, 2005). 논에서의 밭작물 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 밭작물을 윤환하여 재배하는 농경지 이용 기술형태이다. 답전윤환 시 병해충방제, 잡초방제, 양분이용률 증가 이외에도 토양의 통기성 증가, 입단형성, 유기물 분해 증가 등의 많은 장점을 가지고 있어(Ahn *et al.*, 1992; Huang and Ding, 1995; Kim *et al.*, 1993b; Kim *et al.*, 1995a; Kim *et al.*, 1995b) 유기농의 어려움을 보완할 수 있을 것이다. 밭작물의 답전윤환 재배가 성공하기 위해서는 답전윤환 시 윤환밭 상태에서의 밭작물의 생육 및 수량, 토양특성의 변화 그리고 병해충 발생양상 등의 구멍이 필요하다.

따라서 본 시험은 논으로부터 윤환한 윤환밭과 연속밭에서의 팥옥수수를 재배하여 연속밭과의 병충해 발생률, 생육 및 수량차이 구멍 및 답전윤환에 적합한 품종 선발은 물론 팥옥수수의 유기농 답전윤환 재배기술을 위한 기초자료를 확립하고자 수행하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 시험품종 및 재배방법

본 시험은 2016년도 경기도 안성시 공도읍에 위치한 시험포장에서 수행하였다. 시험품종은 농촌진흥청 국립식량과학원 남부작물부(경상남도 밀양시), 강원도농업기술원 옥수수시험장(강원도 홍천군)에서 분양받은 풋옥수수(찰옥4호, 미백2호, 미흑찰, 얼룩찰1호, 일미찰, 흑진주찰, 흑점2호, 대학찰) 8품종을 사용하였다.

파종은 72구 B형포트(다인케미칼)에 4월 29일 파종한 후 5월 13일에 포장에 정식하였다. 고풍 1열 재배를 하였고, 두둑은 흑색비닐멀칭을 하였으며, 이랑은 흑색부직포(하니본)를 고정편(5 cm × 15 cm)으로 설치하여 이랑에 잡초가 발생하는 것을 방지하였다. 시험구 배치는 난괴법 3반복으로 하였다. 재식거리는 휴폭 70 cm × 주간 30 cm로 하였으며, 조수해 방지를 위하여 방조망(0.8 cm × 0.8 cm)을 설치하였다.

각 품종별 출용기, 출사기, 출수기 및 성숙기는 파종 후 50% 이상이 출용, 출사, 출수, 성숙한 시기로 하였다. 생육특성은 수확기에 포장에서 각 품종들을 수확하여 초장, 착수고, 엽수, 경직경 등을 조사하였고, 수량특성으로는 이삭길이, 이삭중, 이삭직경, 착립장률, 10a 당 수량을 조사하였다. 기타 재배관리 및 조사는 농촌진흥청의 기준과 조사방법에 준하여 실시하였다. 파종, 이식 후 작물의 뿌리활착과 원활한 토양적응을 위해 스프링클러를 설치하여 토양에 관수하였다. 수집된 자료의 통계분석은 SAS 9.2를 이용하여 분석하였다.

### 2. 병충해 발생 양상

각 작물의 주요 병충해 발생정도를 조사하기 위하여 병해는 정식기 5월 9일부터 작물 수확기까지 작물의 생육기간 동안 2주 간격으로 병반을 육안으로 조사하였으며, 주요 병해로 감부기병, 잎마름병, 잎집무늬마름병, 점무늬병을 조사하였다.

충해는 풋옥수수의 주요 해충인 조명나방 유충에 의한 피해주를 조사하였다. 작물의 생육기간 동안 1주 간격으로 잎의 식흔, 배설물, 침입공 등의 흔적을 중심으로 피해주율과 침입공수를 육안 조사하였다.

### 3. 시험포장의 토양 특성

#### 1) 토양 물리적 특성

본 시험포장의 토양의 3상 중 고상은 표토에서 답전윤환발 43.2%, 연속발 43.4%로 유의한 차이는 없었다. 심토에서도 윤환발의 경우 55.5%, 연속발의 경우 56.6%로 같은 경향을

보였다. 액상은 표토에서 윤환밭의 경우 19.7%, 연속밭의 경우 14.3%로 윤환밭에서 더 많은 비중을 차지하였다. 심토에서도 윤환밭의 경우 31.1%, 연속밭의 경우 20.5%로 차이를 보였다. 따라서 기상 또한 표토에서 윤환밭의 경우 37.0%, 연속밭의 경우 42.4%, 심토에서 윤환밭의 경우 13.4%, 연속밭의 경우 22.9%로 윤환밭에서 적은 비중을 차지하였다. 심토에서는 통계적 유의성을 나타냈지만, 표토에서는 통계적 차이는 없었다(Table 1).

공극률은 표토에서 윤환밭의 경우 56.8%, 연속밭의 경우 56.6%로 차이를 보이지 않았으며, 심토에서도 윤환밭의 경우 44.5%, 연속밭의 경우 43.4%로 같은 경향을 보였다. 용적밀도 또한 표토에서는 윤환밭과 연속밭에서 1.1 g/cm<sup>3</sup>, 심토에서 윤환밭과 연속밭 1.5 g/cm<sup>3</sup>으로 같았다. 토양경도는 표토에서 윤환밭의 경우 12.0 MPa, 연속밭의 경우 9.5 MPa로 윤환밭에서 더 높고 심토에서도 윤환밭의 경우 16.7 MPa, 연속밭의 경우 14.7 MPa로 같은 경향을 보였다(Table 1).

Table 1. Soil physical properties of organic rotational upland field and continuing upland field before the experiment

Layer	Field	Soils phase	Liquids phase	Gases phase	Porosity (%)	Bulk density (g/cm <sup>3</sup> )	Soil hardness (MPa)
		(%)					
Topsoil (0~20 cm)	Rotational upland field	43.2 <sup>ns</sup>	19.7 <sup>*1)</sup>	37.0 <sup>ns</sup>	56.8 <sup>ns</sup>	1.1 <sup>ns</sup>	12.0 <sup>*</sup>
	Continuing upland field	43.4	14.3	42.4	56.6	1.1	9.5
Subsoil (21~40 cm)	Rotational upland field	55.5 <sup>ns</sup>	31.1 <sup>**</sup>	13.4 <sup>*</sup>	44.5 <sup>ns</sup>	1.5 <sup>ns</sup>	16.7 <sup>*</sup>
	Continuing upland field	56.6	20.5	22.9	43.4	1.5	14.7

<sup>1)</sup> \*,\*\* : Significant at p=0.05, 0.01 respectively, ns : not significant

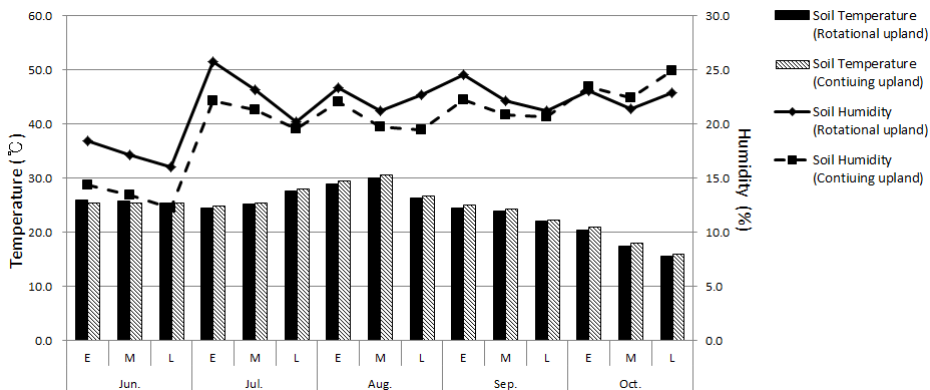


Fig. 1. Soil temperature and humidity properties of organic rotational upland field and continuing upland field during the experiment period.

재배기간(2016.6.4.~2016.10.31) 내의 평균 토양온도는 윤환밭의 경우 24.15°C, 연속밭의 경우 24.52°C로 연속밭보다 0.37°C 낮았다. 평균 토양습도는 온도와는 반대의 경향을 보여 윤환밭의 경우 21.52%, 연속밭의 경우 19.88%로 윤환밭에서 1.64% 높았다(Fig. 1).

## 2) 토양 화학적 특성

답전윤환밭의 pH는 6.5이었으며, 전기전도도는 0.6 dS/m이었다. 유기물 함량은 15.2 g/kg, 유효인산은 46.0 mg/kg으로 각각 적정범위보다 낮았다. 윤환밭의 K, Ca, Mg 함량은 각각 0.1 cmol/kg, 9.2 cmol/kg, 2.4 cmol/kg이었다(Table 2).

대조구인 연속밭 토양의 pH는 6.6으로 적정범위보다 미세하게 높았으며 전기전도도는 0.9 dS/m이었다. 유기물함량은 18.7 g/kg으로 적정범위보다 낮았으나 유효인산은 344.0 mg/kg으로 적정범위에 속하였다. 연속밭 토양의 K, Ca, Mg 함량은 각각 0.5 cmol/kg, 5.1 cmol/kg, 1.0 cmol/kg이었다(Table 2).

Table 2. Soil chemical properties of organic rotational upland field and continuing upland field before the experiment

Field	pH (1:5)	O.M. (g/kg)	Av.P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	E.C. (dS/m)	Ex. Cation (cmol/kg)		
					K	Ca	Mg
Rotational upland field	6.5 <sup>ns</sup>	15.17 <sup>ns</sup>	46.0*	0.58*	0.09**	9.18**	2.42**
Continuing upland field	6.6	18.67	344.0	0.85	0.48	5.08	1.00
Optimum range	6.0-6.5	20-30	300-500	-	0.5-0.6	5.0-6.0	1.5-2.0

<sup>1)</sup> \*,\*\* : Significant at p=0.05, 0.01 respectively, ns : not significant

## 4. 시험기간 중의 기상현황

파종기부터 성숙기까지 생육기간(4~10월) 동안의 평균기온은 평년(2006~2015)에 비하여 1.1°C 정도 높은 경향을 보였다. 시험기간 중 강수량은 4~5월에는 평년 강수량보다 많았으나 6~10월에는 평년 강수량에 비하여 현저히 적었다(Fig. 2).

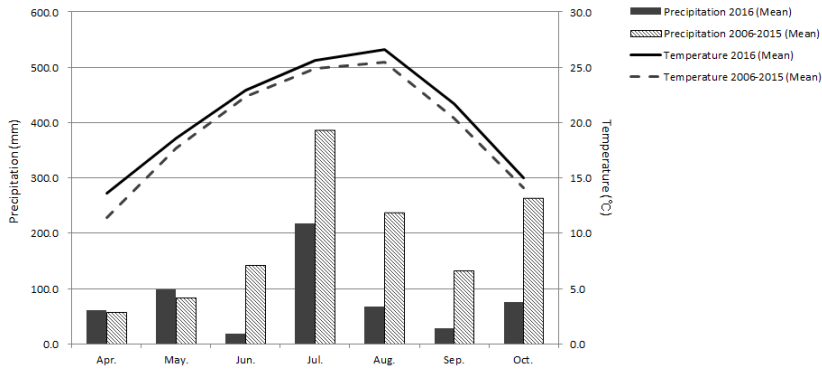


Fig. 2. Temperature and precipitation of experimental location during the experiment period.

### 5. 적합품종 선발 기준

답전윤환에 적합 품종을 선발하기 위하여 작물수량 45%, 내충성 30%, 내병성 25%로 기준의 지표를 두어 Table 3과 같이 반영하여 상위 3품종을 선발하였다.

Table 3. Criteria selecting for suitable varieties

Yield		Damaged plant by larvae		Disease incidence	
kg/10a	Point	%	Point	%	Point
750-800	45	0-0.5	30	60-70	25
700-750	40	0.5-1.0	25		
650-700	35	1.0-1.5	20	70-80	20
600-650	30	1.5-2.0	15	80-90	15
550-600	25	2.0-2.5	10		

## Ⅲ. 결과 및 고찰

### 1. 답전윤환밭과 연속밭의 병해 발생

팥옥수수 주요 병해로 감부기병, 잎마름병, 잎집무늬마름병, 점무늬병을 조사하였으며, 4 가지 주요 병해 중 감부기병은 발병률 0%로 윤환밭과 연속밭 모두 발생하지 않았다. 잎마름병의 경우 윤환밭은 평균 3.39%, 연속밭의 경우 평균 2.80%로 가장 발병률이 높았으며,

윤환밭이 연속밭에 비해 발병률이 높았다. 잎집무늬마름병의 발병률은 윤환밭 1.43%, 연속밭 1.18%로 윤환밭에서 약 0.25% 높았으며, 점무늬병의 발병률은 윤환밭 0.21%, 연속밭 0.10%로 약 0.11% 높았다. Kim *et al.* (1993a)은 콩의 세균성잎마름병의 경우 윤환구보다 연작구에서 2배 이상 발생이 많았다고 보고하였으나, 본 시험에서는 발병하지 않은 감부기병을 제외한 3가지 주요 병해는 평균적으로 연속밭보다 윤환밭에서 발병률이 더 높았다. 이는 작물의 재배기간 동안 평년보다 기온이 높아 고온 및 토양수분의 과다로 인하여 병의 발생이 증가한 것으로 판단된다(Table 4).

Table 4. Disease incidence on green maize in organic rotational upland field and continuing upland field

Field	Variety	Leaf blight	Leaf spot	Sheath blight	Smut
		(%)			
Rotational upland field	Chalok 4	2.2 <sup>cd1)</sup>	0 <sup>b</sup>	1.2 <sup>c</sup>	0
	Mibaek 2	5.6 <sup>ab</sup>	0 <sup>b</sup>	2.3 <sup>b</sup>	0
	Miheukchal	6.8 <sup>a</sup>	0.5 <sup>a</sup>	2.7 <sup>b</sup>	0
	Eolrukchal 1	3.5 <sup>bc</sup>	0.5 <sup>a</sup>	1.0 <sup>c</sup>	0
	Ilmichal	4.5 <sup>b</sup>	0.1 <sup>b</sup>	3.8 <sup>a</sup>	0
	Heukjinjuchal	1.2 <sup>d</sup>	0 <sup>b</sup>	0 <sup>d</sup>	0
	Heugjeom 2	2.3 <sup>cd</sup>	0.1 <sup>b</sup>	0 <sup>d</sup>	0
	Daehakchal	1.0 <sup>d</sup>	0.5 <sup>a</sup>	0.4 <sup>cd</sup>	0
Continuing upland field	Chalok 4	2.4 <sup>cde</sup>	0 <sup>b</sup>	0.9 <sup>d</sup>	0
	Mibaek 2	4.4 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	1.8 <sup>c</sup>	0
	Miheukchal	5.6 <sup>a</sup>	0.5 <sup>a</sup>	3.1 <sup>a</sup>	0
	Eolrukchal 1	2.8 <sup>cd</sup>	0.1 <sup>b</sup>	0.5 <sup>de</sup>	0
	Ilmichal	3.0 <sup>c</sup>	0 <sup>b</sup>	2.4 <sup>b</sup>	0
	Heukjinjuchal	1.8 <sup>def</sup>	0 <sup>b</sup>	0.2 <sup>e</sup>	0
	Heugjeom 2	1.0 <sup>f</sup>	0 <sup>b</sup>	0 <sup>e</sup>	0
	Daehakchal	1.4 <sup>ef</sup>	0.2 <sup>b</sup>	0.5 <sup>de</sup>	0
Field (A)		*2)	*	NS	-
Variety (B)		***	***	***	-
A × B		NS <sup>3)</sup>	NS	*	-

<sup>1)</sup> Means with the same letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

<sup>2)</sup> \*, \*\*, \*\*\* : Significant at P=0.05, 0.01, or 0.001 respectively

<sup>3)</sup> NS : Non-significant at 0.05 probability level

꽃옥수수에서 가장 피해가 큰 잎마름병의 경우 찰옥4호, 흑진주찰, 대학찰 3품종은 윤환밭에서 각각 2.2%, 1.2%, 1.0%로 연속밭의 경우(2.4%, 1.8%, 1.4%) 보다 피해가 적었고, 나머지 미백2호, 미흑찰, 얼룩찰1호, 일미찰, 흑점2호 5품종은 윤환밭에서 각각 5.6%, 6.8%, 3.5%, 4.5%, 2.3%로 연속밭의 발병률(4.4%, 5.6%, 2.8%, 3.0%, 1.0%)보다 높았다(Table 4).

잎집무늬마름병의 경우 흑점2호는 윤환밭과 연속밭에서 모두 발병하지 않았다. 찰옥4호, 미백2호, 얼룩찰1호, 일미찰 4품종은 윤환밭에서 각각 1.2%, 2.3%, 1.0%, 3.8%로 연속밭의 발병률(0.9%, 1.8%, 0.5%, 2.4%)보다 윤환밭에서 피해가 큰 것으로 나타났으며, 미흑찰, 흑진주찰, 대학찰 3품종은 윤환밭에서 각각 2.7%, 0%, 0.4%로 발병률이 낮았다(Table 4).

점무늬병의 경우 잎마름병, 잎집무늬마름병에 비해 비교적 낮은 수준의 발병률을 보였으며, 찰옥4호, 미백2호, 흑진주찰 3품종에서는 윤환밭과 연속밭에서 모두 발병하지 않았다. 미흑찰의 경우 윤환밭과 연속밭에서 발병률 0.5%로 같은 경향을 보였으며, 얼룩찰1호, 일미찰, 흑점2호, 대학찰 4품종의 경우 각각 윤환밭에서의 발병률이 0.5%, 0.1%, 0.1%, 0.5%로 연속밭의 발병률 각각 0.1%, 0%, 0%, 0.2%보다 높았다(Table 4).

윤환밭에서 총 8품종 중 미흑찰이 모든 병해에서 종합적으로 발병률이 2.50%로 가장 높았으며, 다음은 일미찰(2.10%)이었으며, 흑진주찰(0.30%)이 가장 발병률이 낮았다. 미흑찰과 미백2호의 도복과 병충해 피해 평가 시 미흑찰보다 미백2호가 저항성이 강하다고 알려져 있으며(Kim *et al.*, 2010a; Kim, 2012), 이는 본 연구의 결과와 같은 경향을 나타내었다(Table 4).

## 2. 답전윤환밭과 연속밭의 총해 발생

꽃옥수수 주요 해충인 조명나방 유충에 의한 피해주를 정식 후 식혼과 침입공을 중심으로 조사한 결과 8품종 평균 윤환밭 72.8%, 연속밭 62.8%로 윤환밭에서 10% 더 많은 피해를 입었으며, 침입공수 또한 윤환밭의 경우 0.67개, 연속밭의 경우 0.5개로 윤환밭에서 더 많은 경향을 나타내었다(Table 5).

품종별로 보면 8품종 중 찰옥4호의 피해주율이 윤환밭에서 60.0%로 연속밭(62.7%)보다 피해가 적게 나타났으며, 찰옥4호를 제외한 7품종은 윤환밭에서 피해가 더 크게 나타났다. 침입공수는 찰옥4호, 흑진주찰이 각각 윤환밭 0.4개, 0.52개로 연속밭 0.51개, 0.59개보다 적게 나타났다. 피해율과 침입공수의 차이는 품종별 차이는 있지만 흑진주찰을 제외하고 비슷한 경향을 나타내었다. 이는 Kim *et al.* (2016)의 연구에서 답전윤환 포장에서 화곡류 재배 시 조명나방 유충의 침입공수가 많이 발견된 품종에서 피해주율 역시 증가하였는데, 본 연구와 유사한 양상을 나타내었다(Table 5).

유충에 의한 품종 간 피해주율은 윤환밭의 경우 미흑찰이 82.7%로 가장 높았으며, 미백2호(77.3%), 대학찰(76.0%), 일미찰(74.7%), 흑진주찰(72.0%), 얼룩찰1호(70.7%), 흑점2호(69.3



%), 찰옥4호(60.0%) 순으로 나타났다. 연속밭의 경우 얼룩찰1호, 일미찰이 68.0%로 가장 높게 나타났으며, 미백2호가 58.7%로 가장 낮았다. 침입공수가 가장 많은 품종은 대학찰이었으며, 윤환밭 1.15개, 연속밭 0.63개로 가장 많았다. 윤환밭에서 미흑찰(0.85개), 미백2호(0.76개), 얼룩찰1호(0.59개), 일미찰(0.57개), 흑점2호(0.55개), 흑진주찰(0.52개), 찰옥4호(0.40개) 순으로 나타났다. Kim *et al.* (2010a)과 Kim (2012)은 미흑찰과 미백2호의 조명나방 등 충해 피해 평가 시 미흑찰보다 미백2호가 저항성이 강하다고 보고하였으며, 이는 본 연구의 결과와 같은 경향을 나타내었다(Table 5).

Table 5. Invasive pore on the stem of green maize plant by larvae of *Ostrinia furnacalis* in organic rotational upland field and continuing upland field

Field	Variety	Damaged plant (%)	No. of invasive pore
Rotational upland field	Chalok 4	60.0 <sup>b1)</sup>	0.40 <sup>c</sup>
	Mibaek 2	77.3 <sup>ab</sup>	0.76 <sup>bc</sup>
	Miheukchal	82.7 <sup>a</sup>	0.85 <sup>ab</sup>
	Eolrukchal 1	70.7 <sup>ab</sup>	0.59 <sup>bc</sup>
	Ilmichal	74.7 <sup>ab</sup>	0.57 <sup>bc</sup>
	Heukjinjuchal	72.0 <sup>ab</sup>	0.52 <sup>bc</sup>
	Heugjeom 2	69.3 <sup>ab</sup>	0.55 <sup>bc</sup>
	Daehakchal	76.0 <sup>ab</sup>	1.15 <sup>a</sup>
Continuing upland field	Chalok 4	62.7 <sup>a</sup>	0.51 <sup>ab</sup>
	Mibaek 2	58.7 <sup>a</sup>	0.53 <sup>ab</sup>
	Miheukchal	60.0 <sup>a</sup>	0.40 <sup>b</sup>
	Eolrukchal 1	68.0 <sup>a</sup>	0.48 <sup>ab</sup>
	Ilmichal	68.0 <sup>a</sup>	0.39 <sup>b</sup>
	Heukjinjuchal	61.3 <sup>a</sup>	0.59 <sup>ab</sup>
	Heugjeom 2	64.0 <sup>a</sup>	0.45 <sup>ab</sup>
	Daehakchal	60.0 <sup>a</sup>	0.63 <sup>a</sup>
Field (A)		** <sup>2)</sup>	***
Variety (B)		NS <sup>3)</sup>	***
A × B		NS	*

<sup>1)</sup> Means with the same letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

<sup>2)</sup> \*, \*\*, \*\*\* : Significant at P=0.05, 0.01, or 0.001 respectively

<sup>3)</sup> NS : Non-significant at 0.05 probability level

### 3. 답전윤환밭과 연속밭의 생육 및 수량 특성

생육특성 중 출용소요일과 출사소요일은 8품종 평균 연속밭 65.4일, 68.8일 대비 윤환밭에서 각각 67.1일, 71.1일로 답전윤환 밭이 2일 정도 더 소요되었다. 품종별 출용소요일은 미백2호가 윤환밭의 경우 63일, 연속밭의 경우 62일로 가장 빨랐으며, 출사소요일 또한 출용소요일이 빨랐던 미백2호가 윤환밭 65일, 연속밭 67일로 가장 빨랐다. 출용기부터 출사기까지 품종별 2~7일까지 다양하게 분포하였다. Kim (2012)은 유기재배 연구에서 아리찰 등 11개 품종의 찰옥수수 출용일수가 평균 67일 소요되었으며, 본 연구의 윤환밭의 평균 출용일수와 비슷한 경향을 보였고, 출용 후 3일에서 4일 후 출사가 진행된다고 보고하였으나, 본 연구는 2일에서 7일까지 변이가 큰 경향으로 차이를 나타내었다. 이는 각각 답전윤환이란 다른 환경조건 하에서 시험하여 차이를 나타낸 것으로 생각된다(Table 6).

초장과 착수고는 8품종 평균 연속밭 228.1 cm, 106.6 cm 대비 윤환밭에서 각각 234.2 cm, 112.5 cm로 답전윤환밭이 6 cm 더 큰 경향을 나타내었다. Ji *et al.* (2006)의 연구에서는 대학찰의 간장은 밭 토양에 재배했을 경우 220 cm로 나타났으며, 배수가 불량한 논토양에서는 평균 184 cm로 밭 토양보다 작은 경향을 나타내었고, 착수고의 경우 밭 토양의 경우 92.8 cm, 배수불량인 논토양의 경우 67.3 cm로 작아지는 경향이였으며, Wapple and Reid (1975)은 밭작물의 대부분은 습해에 의하여 세포 성장과 광합성 작용의 저하로 줄기신장이 억제된다고 보고하였으나, 본 연구에서는 연속밭보다 윤환밭에서 더 큰 경향을 보여 차이를 나타내었다. 품종별 초장의 경우 윤환밭에서 미흑찰이 256.1 cm로 가장 컸으며, 다음은 찰옥4호(251.8 cm)이며, 흑진주찰(195.9 cm)이 가장 작았다. 연속밭에서는 찰옥4호가 244.3 cm로 가장 컸으며, 흑진주찰이 윤환밭과 연속밭에서 모두 가장 작았다. 착수고는 윤환밭에서 미흑찰 135.2 cm, 연속밭의 경우 얼룩찰1호가 125.3 cm로 가장 컸으며, 미백2호가 윤환밭 97.9 cm, 연속밭 85.7 cm로 작았다(Table 6).

경직경의 경우 모든 품종이 연속밭 평균 23.4 mm 대비 윤환밭에서 22.3 mm로 1.1 mm 작은 경향을 나타내었다. 8품종 중 대학찰이 윤환밭 20.0 mm, 연속밭 20.3 mm로 가장 작았으며, 나머지 품종들은 통계적 차이를 보이지 않았다. 엽수는 미백2호를 제외한 나머지 7품종은 평균 연속밭 재배 12.6개 대비 윤환밭에서 13.0개로 더 많았으며, 평균 0.4개 많은 경향을 나타내었다. 얼룩찰1호가 윤환밭과 연속밭에서 각각 14.6개, 14.2개로 가장 많았으며, 대학찰이 각각 11.3개, 10.8개로 가장 적은 경향을 나타내었다(Table 6).

수량특성 중 이삭길이의 경우 모든 품종은 연속밭 19.4 cm 대비 윤환밭에서 17.9 cm로 1.5 cm 짧은 경향을 나타내었다. Kim (2012)은 유기재배 한 찰옥4호의 이삭길이는 17.7 cm로 본 연구의 경우 찰옥4호의 이삭길이 17.8 cm와 큰 차이를 보이지 않았다. 미백2호가 윤환밭의 경우 20.6 cm, 연속밭의 경우 22.5 cm로 가장 길었으며, 흑진주찰과 흑점2호가 각각 윤환밭 16.4 cm, 15.4 cm, 연속밭 17.1 cm, 16.8 cm로 짧았다. 이삭중은 모든 품종이 연속밭

164.6 g 대비 윤환밭에서 139.4 g으로 25.2 g 가벼운 경향을 나타내었다. চাল옥4호가 윤환밭 165.7 g, 연속밭 196.3 g으로 가장 무거웠고, 대학찰이 윤환밭 122.1 g, 연속밭 139.2 g으로 가장 가벼웠다.

Table 6. Growth and yield characteristics of green maize in organic rotational upland field and continuing upland field cultivation

Field	Variety	D.T.T.	D.T.S.	P.H. (cm)	E.H. (cm)	C.D. (mm)	N.L.	E.L. (cm)	E.W. (g)	E.D. (mm)	F.E.L.R. (%)	Yield (kg/10a)
Rotational upland field	Chalok 4	71	73	251.8 <sup>a1)</sup>	123.3 <sup>ab</sup>	23.0 <sup>a</sup>	13.3 <sup>b</sup>	17.8 <sup>c</sup>	165.7 <sup>a</sup>	43.5 <sup>a</sup>	87.3 <sup>ab</sup>	789.0 <sup>a</sup>
	Mibaek 2	63	67	242.7 <sup>ab</sup>	97.9 <sup>d</sup>	22.9 <sup>a</sup>	12.0 <sup>d</sup>	20.6 <sup>a</sup>	152.6 <sup>ab</sup>	40.4 <sup>b</sup>	78.2 <sup>d</sup>	726.4 <sup>ab</sup>
	Miheukchal	67	73	256.1 <sup>a</sup>	135.2 <sup>a</sup>	22.7 <sup>a</sup>	12.7 <sup>c</sup>	16.5 <sup>d</sup>	143.3 <sup>bc</sup>	40.8 <sup>b</sup>	85.7 <sup>bc</sup>	682.3 <sup>bc</sup>
	Eolrukchal 1	70	72	228.8 <sup>b</sup>	123.8 <sup>ab</sup>	22.9 <sup>a</sup>	14.6 <sup>a</sup>	18.4 <sup>bc</sup>	136.1 <sup>cd</sup>	40.1 <sup>b</sup>	85.7 <sup>bc</sup>	647.9 <sup>cd</sup>
	Ilmichal	67	70	241.3 <sup>ab</sup>	103.3 <sup>d</sup>	21.6 <sup>a</sup>	12.2 <sup>cd</sup>	18.9 <sup>bc</sup>	135.2 <sup>cde</sup>	40.4 <sup>b</sup>	71.5 <sup>e</sup>	643.9 <sup>cde</sup>
	Heukjinjuchal	69	72	195.9 <sup>c</sup>	103.8 <sup>cd</sup>	22.5 <sup>a</sup>	13.4 <sup>b</sup>	16.4 <sup>d</sup>	132.1 <sup>cde</sup>	40.2 <sup>b</sup>	82.9 <sup>c</sup>	629.3 <sup>cde</sup>
	Heugjeom 2	65	72	229.7 <sup>b</sup>	116.4 <sup>bc</sup>	22.3 <sup>a</sup>	13.5 <sup>b</sup>	15.4 <sup>d</sup>	128.3 <sup>de</sup>	40.4 <sup>b</sup>	90.9 <sup>a</sup>	610.6 <sup>de</sup>
	Daehakchal	65	70	227.2 <sup>b</sup>	96.5 <sup>d</sup>	20.0 <sup>b</sup>	11.3 <sup>c</sup>	19.2 <sup>b</sup>	122.1 <sup>e</sup>	35.8 <sup>c</sup>	88.2 <sup>ab</sup>	581.2 <sup>e</sup>
Continuing upland field	Chalok 4	67	70	244.3 <sup>a</sup>	116.1 <sup>abc</sup>	23.6 <sup>a</sup>	12.6 <sup>bc</sup>	19.2 <sup>d</sup>	196.3 <sup>a</sup>	45.5 <sup>a</sup>	91.6 <sup>a</sup>	934.8 <sup>a</sup>
	Mibaek 2	62	65	227.0 <sup>ab</sup>	85.7 <sup>e</sup>	24.0 <sup>a</sup>	12.2 <sup>cd</sup>	22.5 <sup>a</sup>	174.4 <sup>ab</sup>	41.5 <sup>bc</sup>	80.2 <sup>d</sup>	830.2 <sup>ab</sup>
	Miheukchal	65	70	239.8 <sup>ab</sup>	120.5 <sup>ab</sup>	24.0 <sup>a</sup>	12.3 <sup>cd</sup>	19.3 <sup>cd</sup>	189.2 <sup>ab</sup>	44.8 <sup>a</sup>	85.4 <sup>bcd</sup>	900.7 <sup>ab</sup>
	Eolrukchal 1	69	71	226.1 <sup>ab</sup>	125.3 <sup>a</sup>	24.6 <sup>a</sup>	14.2 <sup>a</sup>	19.3 <sup>cd</sup>	164.2 <sup>bcd</sup>	42.5 <sup>bc</sup>	90.1 <sup>ab</sup>	781.5 <sup>bcd</sup>
	Ilmichal	65	67	239.1 <sup>ab</sup>	104.3 <sup>bcd</sup>	23.8 <sup>a</sup>	11.9 <sup>d</sup>	20.1 <sup>bc</sup>	166.6 <sup>bc</sup>	42.9 <sup>b</sup>	93.0 <sup>cd</sup>	793.1 <sup>bc</sup>
	Heukjinjuchal	67	70	202.3 <sup>c</sup>	110.7 <sup>abc</sup>	23.2 <sup>a</sup>	13.1 <sup>b</sup>	17.1 <sup>e</sup>	143.7 <sup>cd</sup>	41.1 <sup>c</sup>	85.9 <sup>abc</sup>	684.2 <sup>cd</sup>
	Heugjeom 2	65	70	224.2 <sup>abc</sup>	102.2 <sup>cde</sup>	23.4 <sup>a</sup>	13.1 <sup>b</sup>	16.8 <sup>e</sup>	142.9 <sup>cd</sup>	41.0 <sup>c</sup>	91.5 <sup>a</sup>	680.5 <sup>cd</sup>
	Daehakchal	63	67	222.0 <sup>bc</sup>	88.3 <sup>de</sup>	20.3 <sup>b</sup>	10.8 <sup>c</sup>	20.9 <sup>b</sup>	139.2 <sup>d</sup>	37.5 <sup>d</sup>	89.9 <sup>ab</sup>	662.9 <sup>d</sup>
Field (A)	-	-	NS <sup>3)</sup>	* <sup>2)</sup>	***	***	***	***	***	***	***	***
Variety (B)	-	-	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
A × B	-	-	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS

D.T.T. : Days To Tasseling ; D.T.S. : Days To Silking ; P.H. : Plant Height ; E.H. : Ear Height ; C.D. : Culm Diameter

N.L. : Number of Leaf ; E.L. : Ear Length ; E.W. : Ear Weight ; E.D. : Ear Diameter ; F.E.L.R. : Filled Ear Length Ratio

<sup>1)</sup> Means with the same letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

<sup>2)</sup> \*, \*\*, \*\*\* : Significant at P=0.05, 0.01, or 0.001 respectively

<sup>3)</sup> NS : Non-significant at 0.05 probability level

이삭직경의 경우 연속발 42.1 mm 대비 윤환발에서 40.2 mm로 1.9 mm 작은 경향을 나타내었다. 찰옥4호가 윤환발 43.5 mm, 연속발 45.5 mm로 가장 큰 경향을 보였으며, 대학찰이 윤환발 35.8 mm, 연속발 37.5 mm로 가장 작았다. Kim (2012)의 연구에서 이삭직경이 가장 작은 품종으로 대학찰(38.7 mm)로 보고되었는데, 이는 본 연구의 결과(대학찰, 35.8 mm)와 같은 경향을 보였다. 착립장률의 경우 모든 품종은 연속발 87.2% 대비 윤환발에서 83.8%로 3.4% 낮게 나타났다. 미흑찰은 윤환발 85.7%, 연속발 85.4%로 큰 차이를 보이지 않았으나, 나머지 7품종은 연속발에서 더 높은 경향을 나타내었다(Table 6).

수량의 경우 연속발 8품종 평균 783.5 kg/10a 대비 윤환발에서 평균 663.8 kg/10a로 119.7 kg/10a 적었으며, 연속발의 85% 수준이었다. Kim *et al.* (1991)은 연속발 재배 대비 답전윤환발에서 옥수수의 수량은 평균 68% 수준으로 수확량이 낮다고 보고하였고, Ji *et al.* (2006)의 연구에서는 배수가 잘되는 논토양에서는 발 토양의 경우보다 수량이 증가하고, 배수가 불량한 논토양에서는 연속발보다 수량이 감소하였다. 본 연구에서는 윤환발의 경우 연속발 재배 대비 85% 수준으로 감소하여 과습에 의한 생육이 불량했던 것으로 판단되며, Kono *et al.* (1987)도 옥수수를 습해에 약한 작물로 분류하였다. 품종별 수량은 찰옥4호가 789.0 kg/10a로 가장 많았으며, 다음은 미백2호(726.4 kg/10a)이며, 대학찰(581.2 kg/10a)이 가장 적었다. 연속발에서도 찰옥4호가 934.8 kg/10a로 가장 많았으며, 대학찰이 662.9 kg/10a로 가장 적게 나타났다. Kim (2012)도 녹비작물을 이용하여 풋찰옥수수를 유기재배한 결과 수량은 품종 중 찰옥4호가 1,224.0 kg/10a로 가장 많았으며, 대학찰이 1,056.3 kg/10a로 가장 적었다고 하였다(Table 6).

#### 4. 답전윤환 시 적합 품종

유기농 답전윤환에 적합한 품종은 4가지 주요 병해 발생양상 결과 모든 병해의 발병률을 종합적으로 보면 윤환발에서 미흑찰(2.50%), 일미찰(2.10%), 미백2호(1.98%), 얼룩찰1호(1.25%), 찰옥4호(0.85%), 흑점2호(0.60%), 대학찰(0.48%), 흑진주찰(0.30%) 순으로 나타났다. 흑진주찰과 대학찰이 모든 병 발병률이 2% 미만으로 저항성 품종으로 판단된다. 조명나방 유충에 의한 피해주율은 윤환발에서 미흑찰(82.7%), 미백2호(77.3%), 대학찰(76.0%), 일미찰(74.7%), 흑진주찰(72.0%), 얼룩찰1호(70.7%), 흑점2호(69.3%), 찰옥4호(60.0%) 순으로 나타났다. 찰옥4호와 흑점2호가 피해주율이 70% 미만으로 총해 저항성 품종으로 판단된다. 수량은 윤환발에서 찰옥4호가 789.0 kg/10a로 가장 많았으며, 미백2호(726.4 kg/10a), 미흑찰(682.3 kg/10a), 얼룩찰1호(647.9 kg/10a), 일미찰(643.9 kg/10a), 흑진주찰(629.3 kg/10a), 흑점2호(610.6 kg/10a), 대학찰(581.2 kg/10a) 순으로 나타났다.

본 시험에 사용한 찰옥4호, 미백2호, 미흑찰, 얼룩찰1호, 일미찰, 흑진주찰, 흑점2호, 대학찰중에서 내병성, 내충성 및 작물수량을 종합적으로 평가하여 유기농 답전윤환에는 찰옥4

호, 흑진주찰, 흑점2호가 적합한 품종으로 판단되었다.

#### IV. 적 요

본 시험은 논으로부터 밭으로 윤환한 2년차인 답전윤환밭과 연속밭에 풋옥수수 찰옥4호 등 8품종을 사용하여 윤환밭과 연속밭의 병충해 발생, 생육 및 수량특성 차이 구명은 물론 풋옥수수의 체계적인 유기농 답전윤환 재배기술을 위한 기초자료를 확립하고자 수행한 결과는 다음과 같다. 유기농 답전윤환 시 주요 병해는 전반적으로 연속밭에 비해 윤환밭에서 발병률이 높았으며, 시험품종 중 저항성 품종으로 발병률이 2% 미만인 흑진주찰과 대학찰로 판단되었다. 유기농 답전윤환 시 주요 충해인 조명나방 유충 피해는 전반적으로 연속밭에 비해 윤환밭에서 피해주율이 높았으며, 시험품종 중 저항성 품종으로는 피해주율이 낮은 찰옥4호와 흑점2호로 판단되었다. 유기농 답전윤환 시 수량은 윤환밭에서 연속밭의 85% 수준으로 감소하였으며, 답전윤환밭에서는 찰옥4호가 789.0 kg/10a로 가장 수량이 많았다. 내병성, 내충성, 수량을 종합 평가하면 유기농 답전윤환 시 적합 품종으로는 찰옥4호, 흑진주찰, 흑점2호로 판단된다.

[Submitted, February. 20, 2017 ; Revised, April. 17, 2017 ; Accepted, April. 17, 2017]

#### References

1. 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.
2. 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.
3. 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.
4. Ji, H. C., C. S. Kiln, B. Y. Hong, and H. B. Lee. 2006. Agronomic characteristics of waxy hybrid corn on the paddy soil conditions. *Journal of Korean Agriculture Science*. Chungnam

- National Univ. Korea. 33(2): 123-127.
5. 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.
  6. 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.
  7. Kim, J. S., B. D. Goh, J. G. Gwag, M. C. Lee, C. Y. Kim, C. K. Kim, and C. K. Shim. 2010a. Occurrence of diseases and insects in organic sweet corn seed production area. *Korean Journal of Organic Agriculture*. 18(1): 93-104.
  8. 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.
  9. 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.
  10. Kim, L. Y., I. S. Jo, K. T. Um, and H. S. Min. 1991. Changes of soil characteristics and crop productivity by the paddy-upland rotation system. 1. Changes of soil physical properties. *Research Reports of the Rural Development Administration (S&F)*. 32(2): 1-7.
  11. 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.
  12. 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.
  13. Kim, T. H. 2012. Study on organic agriculture of fresh waxy maize by use of green manure crop. Masters thesis, Dankook Univ, Cheonan, Korea.
  14. 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.
  15. 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.
  16. 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.
  17. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA), Homepage. 2015.

18. 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.
19. 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.
20. 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.