

# 논에서 배수조건에 따른 사일리지용 옥수수 품종의 생육특성, 생산성 및 품질 비교

지희정 · 김원호 · 김기용 · 이상훈 · 윤세형 · 임영철

## Effect of Different Drained Conditions on Growth, Forage Production and Quality of Silage Corn at Paddy Field

Hee Chung Ji, Won Ho Kim, Ki Yong Kim, Sang-Hoon Lee, Sei Hyung Yoon  
and Young Chul Lim

### ABSTRACT

This experiment was carried out to know adaptability and forage production and quality of corn hybrid for silage at paddy field from 2007 to 2008 at Chungnam province. Growth, forage production and quality of silage corn showed more well drained condition than poorly drained condition at paddy field. Among growth characteristics, 'Kwangpyongok' and 'DK697' hybrids were somewhat strong for waterlogging, then and good at stay green, lodging, disease and insect resistance. Fresh yield of 'DK697' hybrid at poorly drained paddy field was the highest as 32,610 kg per ha among corn hybrids. The dry yield of 'P32P75' hybrid at poorly drained paddy field was the highest as 14,910 kg per ha. The result of this study showed that 'P32P75', 'DK697', 'Kangdaok' and 'Kwangpyongok' hybrids had good growth characters and forage productivity at poorly drained paddy field and dry matter yield at poorly drained paddy field was 65.6% level compared with well drained paddy field.

(**Key words** : Silage corn, Yield, Dry matter, TDN, Forage)

### I. 서 론

최근 유가 상승으로 인한 해상운임과 조사료 수입 가격은 매년 상승하고 있으며 국내 조사료 시장 중에서 양질 조사료가 차지하는 비중은 32%에 불과하여 축산농가의 대부분은 볏짚을 이용하여 가축을 사양하고 있는 실정이다. 따라서 안정적인 양질 조사료 생산 기반 시설을 확충하기 위해서는 겨울철에는 답리작으로 이탈리아 라이그라스, 청보리 등을 재배하고

여름철에는 옥수수, 수수×수단그라스 교잡종의 재배면적 확대가 절실히 필요하다. 그러나 밭은 대부분 고소득 작물의 재배로 여름철 사료작물을 재배할 밭의 면적은 제한적이기 때문에 앞으로는 밭보다 논이나 간척지 및 휴경지 등에서 조사료를 생산할 수 있는 연구가 필요하다. 또한 국내 식품 소비패턴이 과거와는 상당히 변화하여 쌀의 국내 소비가 연간 1인당 1998년 99.2 kg에서 2008년에 75.8 kg로 74.4%로 감소된 반면 육류식품의 소

국립축산과학원 (National Institute of Animal Science, RDA, Cheonan, 330-801, Korea)

Corresponding author : Ph. D. Hee Chung Ji, National Institute of Animal Science, Cheonan 330-801, Korea.

Tel: +82-41-580-6749, Fax: +82-41-580-6779, E-mail: cornhc@korea.kr

비가 증가되고 있다(통계청, 2009). 이는 벼 재배 면적의 감소로 이어져 많은 유희지가 발생될 가능성이 높다고 할 수 있다.

여름철 대표적인 사료작물인 옥수수를 논에 재배할 경우 단위면적당 조사료 생산성이 높아 양질의 조사료 확보에 유리하고, 농후사료의 원료인 종실 생산도 가능하기 때문에 국내 사료 자급률 향상과 외화절약을 꾀할 수 있는 일석이조의 효과를 거둘 수 있다.

옥수수를 논에 재배할 때에 가장 큰 문제점은 옥수수가 다른 작물에 비해 습해에 약하고 논 특성상 장마철에 배수가 잘 안되기 때문에 논에 물이 오랫동안 고여서 습해가 발생할 우려가 있다. 하지만 옥수수는 전 생육기간에 많은 수분을 필요로 하기 때문에 밭 보다는 논에서 어느 정도의 배수만 이루어진다면 재배가 가능하다고 할 수 있다. 또한 지속적인 수분 보유로 옥수수 생육에 유리하고 다른 한편으로는 밭보다는 잡초의 발생이 적어 사일리지의 품질이 좋고 관리가 용이하다고 할 수 있는데, 일반적으로 옥수수를 재배할 논토양의 경우 수직배수가 잘되는 사질 점질토가 가장 유리하고 수직배수가 안되는 토양은 수평배수가 잘되는 토양조건 즉 물이 잘 흘러내리는 논토양에서 옥수수 재배가 가능하다고 할 수 있다.

일반적으로 밭토양에서 사일리지용 옥수수에 대한 연구는 많으나(김 등 1992; 김 등 1998; 김 등 1999; 최 등 2008), 논에서 재배하는 사일리지용 옥수수에 대한 연구는 많지 않다(이 등, 1986; 이 등, 1994; 박 및 김, 2002; 지 등, 2006). 그러나 최근에 논 재배 사료용 옥수수에 대한 생육특성 및 생산성 연구는 지 등(2009)에 의해 보고된 바 있다. 그러나 배수조건에 따른 논 재배 사일리지용 옥수수에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구는 논에 여름철 사료작물인 옥수수를 재배하는데 있어서 배수가 양호한 논과 불량한 논 등 배수조건

에 따른 옥수수의 생육특성과 수량성을 비교하여 논 재배 사일리지용 옥수수의 기초자료로 활용코자 실시하였다.

## II. 재료 및 방법

공시재료는 국내 육성 보급종인 광평옥과 강다옥 등 2품종과 도입품종인 P3394, P3156, P32P75, DK697 등 4품종 총 6품종이었다. 파종은 1년차에 충청남도 아산과 천안 농가포장에 2007년 5월 1일, 2년차에는 2008년 4월 21일에 실시하였다. 시험구 배치는 난괴법 3반복으로 하였고 재식거리는 70×15 cm로 시험구당 12 m<sup>2</sup>로 하여 주당 2립 파종후에 4~5엽기에 1주만 남겨두고 솟아주었다. 시비량은 ha당 질소(N) 200 kg, 인산(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 150 kg, 그리고 칼리(K<sub>2</sub>O) 150 kg로 하였으며, 그 중에서 질소비료는 절반을 기비로 사용하였고 7~8 엽기에 나머지 절반을 주었다. 또한 인산이나 칼리비료는 기비로 전량 시비하였다. 기타 비배관리는 농촌진흥청 옥수수 표준재배법에 따랐다. 생육조사는 간장, 착수고, 경직경, 출사기, 당도, 내습성, 병해, 충해 등을 조사하였다. 당도는 휴대용 굴절당도계(일본)로 측정하였고 내습성 정도는 9등급 [1(강)~9(약)]으로 나누어 달관조사하였다. 수량은 구당 4열 가운데 중앙에 2열을 예취하여 측정하였고 건물중은 이들 중의 일부 샘플을 취하여 건조기에 65℃에서 7일간 건조한 후 건물중을 측정하여 계산하였다. 그리고 건물수량은 생초수량에 건물률을 곱하여 환산하였고, TDN 수량은 Pioneer Hi-Bred사가 제시한 공식  $TDN \text{ 건물수량} = (\text{경엽 건물수량} \times 0.582) + (\text{암이삭 건물수량} \times 0.85)$ 에 의하여 계산하였다(Holland 등, 1990). 그 중 일부를 취하여 20 mesh screen의 Wiley mill로 분쇄하여 플라스틱 용기에 이중마개로 막아 분석시까지 보관하였으며 시료의 일반성분은 AOAC법

Table 1. Chemical properties of paddy field in this experiment

Paddy field	pH	T-N (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	OM (g/kg)	CEC (cmol/kg)	Ex. Cat. (cmol/kg)			
						K	Na	Ca	Mg
PDPF*	5.78	0.17	104.52	10.42	13.31	1.69	0.71	3.90	14.56
WDPF*	6.10	0.22	102.42	14.96	14.46	1.33	0.68	6.14	2.11

WDPF : well drained paddy field, PDPF : poorly drained paddy field.

(1990)으로 분석하였으며, ADF (acid detergent fiber)와 NDF (neutral detergent fiber)는 Goering과 Van Soest (1970)의 방법으로 분석하였다. 논 시험 포장의 토양조건을 조사한 결과는 Table 1과 같다.

배수가 불량한 논토양의 산도 (pH)는 5.78로 옥수수 재배의 적정범위인 6.0~6.5 보다 약간 낮았으며 배수가 양호한 논은 6.1로 적정범위였고, 유기물 함량은 적정범위인 20~30 g/kg 보다는 배수가 불량 논에서 10.42 g/kg로, 배수가 양호한 논에서는 14.96 g/kg으로 대체로 낮았다. 인산 함량은 적정범위인 150~250 mg/kg에 비해 배수가 불량한 논과 양호한 논에서 부족하였다. 치환성 양이온에서는 마그네슘 함량의 적정범위 (1.5~2.5)에 비해 배수가 불량 논에서 14.56 cmol/kg로 상당히 높았고 배수가 양호한 논에서는 2.11 cmol/kg으로 적정범위이었다 (농진청, 2006).

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 사일리지용 옥수수의 생육특성

배수조건이 다른 논에서 사일리지용 옥수수를 재배한 결과 그들 품종들의 생육특성에 대한 결과는 Table 2와 Table 3과 같다. 국내육성 품종인 광평옥은 Table 2에서와 같이 출사일수는 배수가 양호한 논토양에서는 85일, 불량토양에서는 83일로 배수가 불량토양에서 2일 빨

랐으나 강다옥은 배수가 불량한 논에서 오히려 1일 더 걸렸고 P3156은 2일, DK697은 4일간 차이가 발생하였다. 그러나 통계적인 유의성은 인정되지 않았다.

간장은 배수가 불량한 논이 배수 양호한 논에 비해 평균 83 cm가 작아져 31.4%가 감소하였는데, 배수가 양호한 논에서는 P32P75가 278 cm로, 배수가 불량한 논에서는 광평옥이 200 cm로 가장 길었고 간장의 감소폭이 가장 큰 품종은 P32P75로 98 cm가 작아졌고 가장 영향을 덜 받은 품종은 국내품종 중에서는 광평옥, 도입품종 중에서는 P3394로 75 cm가 작아졌는데 그 범위는 75~98 cm였다. 이와 같은 이유로 논에 옥수수를 재배 할때는 배수가 양호한 입지조건을 선정하여 재배하여야 바람직할 것으로 판단된다.

Aldrich 등 (1986)과 김 등 (1997)은 간장이 길고 착수고가 높은 품종이 도복이 증가하고 이는 수량감소를 유발한다고 보고하였는데, 도복에 영향을 주는 착수고는 배수가 불량한 논토양이 배수 양호한 논토양에 비해 평균 56 cm 가량 낮아 감소율은 58.5%로 컸는데, 감소 이유는 간장이 작아졌기 때문이라 사료된다. 시험품종 중에서 배수 양호한 논재배와 비교하여 배수가 불량한 논에서 착수고 감소가 가장 작은 품종은 DK697과 P3394로 각각 47 cm, 51 cm 등이었고 착수고 감소가 가장 큰 품종은 강다옥, P32P75 등 이었다. 이상과 같은 결과로 살펴보면 간장이나 착수고는 수량 구성요소

Table 2. Agronomic characters of corn hybrids for silage at paddy field on different drained conditions

Hybrids	Days to silking		Stem height (cm)		Ear height (cm)	
	WDPF (A)	PDPF (B)	WDPF (A)	PDPF (B)	WDPF (A)	PDPF (B)
Kwangpyongok	85a	83a	275ab	200a	137a	82a
Kangdaok	88a	89a	270ab	178b	144a	79a
P3394	84a	83a	247b	172b	121a	70a
P3156	88a	91a	266ab	180b	133a	80a
P32P75	84a	84a	278a	180b	140a	75a
DK697	87a	91a	258ab	190ab	133a	86a
Mean	86	87	266	183	135	79
B/A(%)	101		68.6		58.5	

WDPF(A): well drained paddy field, PDPF(B): poorly drained paddy field.

\* Means within a column followed by the same letter are not significantly different at the 5% level by Duncan's multiple range test.

Table 3. Continued

Hybrids	Stem diameter (mm)		Waterlogging (1~9)*		Brix (B°, %)	
	WDPF (A)	PDPF (B)	WDPF (A)	PDPF (B)	WDPF (A)	PDPF (B)
Kwangpyongok	20.4b	14.1a	2a	2a	9.4a	11.0ab
Kangdaok	24.3a	14.2a	2a	3a	8.8ab	13.5a
P3394	19.9b	13.7a	3a	3a	8.0ab	9.2b
P3156	21.1b	14.3a	3a	2a	8.1ab	8.0b
P32P75	21.5ab	14.6a	3a	3a	8.0ab	9.3b
DK697	20.1b	15.9a	2a	2a	7.0b	9.2b
Mean	21.2	14.5	2.5	2.5	8.2	10.0
B/A(%)	68.4		100		125	

WDPF(A) : well drained paddy field, PDPF(B) : poorly drained paddy field.

\* Rating : 1= strong(outstanding), 9 = weak(poor).

\* Means within a column followed by the same letter are not significantly different at the 5% level by Duncan's multiple range test.

로써 이들의 감소는 수량에 직접적인 영향을 주기 때문에 감소폭이 적은 품종을 선택하는 것이 유리하며 수량을 극대화하는 가장 이상적인 방법은 배수가 잘되는 토양에서 사일리지용 옥수수를 재배하는 것이 안정적인 조사료를 생산할 수 있고 최대 수량을 올릴 수 있다고 생각된다.

옥수수의 수량증대에 기여도가 큰 형질인 경직경은 배수가 불량한 논이 배수가 양호한 논 의 68.4%에 불과하여 수량감소에 많은 영향을 미쳤는데, 배수불량 논에서의 옥수수 경직경은 평균 6.7 cm의 감소를 보였다. 배수 양호한 논에서 경직경이 가장 굵은 품종은 강다옥으로 24.3 cm였고 배수가 불량한 논에서는 품종간 차이가 없었다.

내습성 정도는 품종간 차이를 보이지 않았으나 국내품종 중에서는 광평옥이, 도입품종 중

에서는 DK697, P3156 등이 약간 강했다. 또한 사일리지의 품질에 영향을 주는 당도는 배수가 불량한 논에서 강다옥 13.5B°와 배수가 양호한 논에서는 광평옥이 11.0B°로 가장 높았는데 평균값인 10.0B°(배수불량논), 8.2B°(배수양호논) 보다는 다소 높았다.

2. 사일리지용 옥수수의 생산성

논 재배 사일리지용 옥수수의 품종별 생초수량 및 건물수량은 Table 4와 같다. 생초수량은 시험에 공시된 6품종 중에서 배수가 양호한 포장에서는 강다옥이 72.3톤, 도입품종 중에서는 P3156이 68.5톤으로 최고수량을 보였다.

논 조건에 따른 수량변화는 배수가 불량한 논에서는 DK697 품종이 32.6톤으로 다른 품종에 비해 다소 수량감소가 적었으며, 강다옥으

Table 4. Fresh, dry matter (DM) and total digestible nutrients (TDN) yield of corn hybrids for silage on different drained paddy field conditions

Hybrids	Yield (kg/ha)					
	Fresh		Dry		TDN	
	WDPF (A)	PDPF (B)	WDPF (A)	PDPF (B)	WDPF (A)	PDPF (B)
Kwangpyongok	64,389bc	27,670ab	19,090ab	12,450ab	13,200ab	8,930ab
Kangdaok	72,278a	21,610ab	18,780ab	12,690ab	12,840ab	9,140ab
P3394	55,444d	18,720b	17,420b	9,580b	12,390b	6,810b
P3156	68,500ab	23,670ab	18,120ab	9,830b	12,650ab	6,860b
P32P75	68,111ab	27,120ab	20,400a	14,910a	14,420a	10,950a
DK697	61,167cd	32,610a	18,790ab	14,320a	13,050ab	10,310a
Mean	64,982	25,233	18,767	12,296	13,092	8,833
B/A(%)	38.8		65.5		67.5	

WDPF(A) : well drained paddy field, PDPF (B) : poorly drained paddy field.

\* Means within a column followed by the same letter are not significantly different at the 5% level by Duncan's multiple range test.

로 무려 51톤의 감소를 보여 배수조건에 따라 수량의 감소가 가장 큰 품종이었다. 건물수량을 살펴보면 P32P75가 배수가 양호한 조건보다 배수가 불량한 논에서 73.1% 감소하였고, DK697은 76.2% 감소율을 보여 P32P75의 건물수량 감소율이 적었으며, 건물수량도 14,910 kg/ha로 이 시험에 공시된 6품종 중에서 최고의 수량을 보였는데 이와같은 결과는 김 등 (2005)과 지 등 (2009)이 논 재배 사일리지용 옥수수의 건물수량 수준과 비슷하였다.

한편 배수조건에 따른 건물수량 감소가 가장 큰 품종은 P3156으로 약 9톤의 수량 차이를 보였다. TDN 수량에서도 역시 P32P75 품종이 각각의 배수조건에서 최고의 수량을 보였다. 이상과 같은 결과를 요약하면 배수가 불량한 논에 사일리지용 옥수수를 재배 하였을 경우에 배수가 양호한 논에서 재배한 경우에 비하여

건물수량이 65.6%에 불과하다는 사실을 알 수 있었다. 특히 생초수량에서는 배수가 불량한 논에 수량감소가 커서 배수가 양호한 논재배의 38.8% 수준이었다.

### 3. 사일리지용 옥수수의 품질

조사료의 품질 특성을 나타내는 조단백질, ADF 및 NDF는 Table 5와 같다. 배수조건에 따른 ADF 함량은 배수가 불량한 논에서 평균 6.2%의 감소를 보인 반면 NDF 함량은 오히려 7% 증가하였으나 조단백질에서는 배수조건에 따른 차이는 보이지 않았다. 배수가 양호한 논 토양에서 ADF 함량은 광평옥이 24.5%로 가장 높았고 P3394와 P3156은 각각 19.6%, 19.7%로 다소 적었고 배수가 불량한 논에서는 강다옥이 22.9%로 공시품종 중에서 가장 많았다. NDF

Table 5. Acid detergent fiber (ADF), neutral detergent fiber (NDF) and crude protein (CP), of corn hybrids for silage on different drained paddy field conditions

Hybrids	ADF (%)		NDF (%)		CP (%)	
	WDPF (A)*	PDPF (B)	WDPF (A)	PDPF (B)	WDPF (A)	PDPF (B)
Kwangpyongok	24.5a	21.0ab	45.8a	40.3b	4.4b	5.1a
Kangdaok	22.5ab	22.9a	43.2ab	43.6a	5.3a	5.1a
P3394	19.6c	17.8b	42.1b	36.6c	5.6a	5.0a
P3156	19.7c	18.1b	42.6ab	36.4c	5.4a	5.8a
P32P75	20.4bc	18.8b	42.6ab	37.0c	5.4a	5.6a
DK697	20.2bc	21.0ab	43.8ab	40.0b	5.4a	4.9a
Mean	21.2	19.9	36.3	39.0	5.3	5.3a
B/A(%)	93.8		107		100	

\* WDPF (A) : well drained paddy field, PDPF (B): poorly drained paddy field.

\* Means within a column followed by the same letter are not significantly different at the 5% level by Duncan's multiple range test.

함량은 배수가 양호한 논토양에서 광평옥이 45.8%로 가장 높았고 배수가 불량한 논에서는 강다옥이 43.6%로 높은 함량을 보였다. 한편 조단백질 함량은 배수조건에 따라 품종간 차이는 보이지 않았다.

#### IV. 요약

본 시험은 논에서 배수조건에 따라 벼 대체 여름 사료작물인 옥수수를 논 재배하여 생육특성과 수량에서 우수한 품종을 선발할 목적으로 2007년부터 2008년까지 2년간에 걸쳐 충남 아산과 천안 농가 포장에서 수행하였다. 국내육성 2품종과 도입품종 4품종 등 6품종을 시험한 결과 P32P75, DK697, 광평옥, 강다옥 등이 생육특성과 수량성에서 우수한 결과를 보였고 배수조건에 따라 수량은 차이가 큰 것으로 나타났다. 배수가 불량한 논에서는 옥수수를 재배 할때에는 국산품종으로 강다옥과 광평옥 품종의 건물수량이 각각 12.7톤, 12.5톤/ha 높았고 도입품종으로는 P32P75와 DK697이 14.9톤, 14.3톤/ha 등으로 다소 유리한 것으로 나타났다. 또한 사료가치는 ADF, NDF, CP 등에서 약간의 차이를 보였는데 ADF는 배수가 불량 논에서 다소 감소하였으나 강다옥이 약간 높은 것으로 나타났다. 조단백질은 배수조건에 따라 공시 품종간에 차이를 보이지 않았다. 따라서 본 연구결과를 토대로 볼 때 사일리지용 옥수수를 논에 재배하기 위해서는 배수가 양호한 논 포장을 선정하는 것이 최우선 조건임을 보여주고 있다.

#### V. 인용 문헌

1. 김동암, 조무환, 권찬호, 한건준, 김종관. 1992. 도입 사일리지용 옥수수의 생육특성 및 생산성 비교. I. 지역별 생육특성 및 생산성. 한초지. 12(3):161-172.
2. 김동암, 고서봉, 권찬호, 김문철, 한건준, 김종덕, 이광녕, 신동은, 김종근. 1997. 중북부 및 제주지역에 적합한 사일리지용 옥수수의 우량품종 평가. 한초지. 17(4): 323-328.
3. 김종근, 정의수, 서성, 강우성, 양종성, 조영무. 1998. 재식밀도가 사일리지용 옥수수의 수량 및 사료가치에 미치는 영향. 한초지. 18(1):49-54.
4. 김종덕, 김동암, 박형수, 김수곤. 1999. 파종시기 및 품종이 사일리지용 옥수수의 수량과 사료가치에 미치는 영향. I. 옥수수의 생육특성 및 사초수량. 한초지. 19(3):211-220.
5. 농촌진흥청. 2006. 작물별 시비처방기준(개정판)
6. 박근제, 김원호. 2002. 벼 대체 논 사료작물 재배 및 이용기술. 농촌진흥청 축산연구소. pp. 39-91.
7. 이호진, 김수형, 이홍석. 1994. 토성 및 지하수위에 따른 사료용 옥수수와 수수-수단그라스 잡종의 생육. 한작지. 39(6):585-593.
8. 이석순, 김태주, 배동호, 함태수. 1986. 남부지방에서 국내육성 및 도입옥수수 품종의 사일리지 생산성. 한작지. 31(2):156-161.
9. 지희정, 김충수, 홍범용, 이희봉. 2006. 논 토양조건에 따른 찰옥수수 교잡종의 작물학적 특성. 충남대 농업과학연구. 33(2):123-127.
10. 지희정, 이종경, 김기용, 윤세형, 임영철, 권오도, 이희봉. 2009. 남부지방 논에서 사일리지용 옥수수 품종의 생육특성, 생산성 및 품질비교. 초지조사료지. 29(1):13-18.
11. 최기준, 임영철, 김기용, 성병렬, 김맹중, 김원호, 지희정, 이종경, 전병수, 정민웅, 이상훈, 서 성. 2008. 사료용 옥수수의 검은줄오갈병 전국 발생 실태. 초지조사료지. 28(3):221-228.
12. Aldrich, S. R., W. O. Scott and R. G. Hoeft. 1986. Modern corn production A&L. Publications Inc. Station. Illinois.
13. AOAC. 1990. Official methods of analysis(15th ed.). Association & Official Analytical Chemists, Washington DC.
14. Goring, H.K. and P.J. Van Soest. 1970. Forage fiber analysis. Ag. Handbook. No. 379. ARS.

- USDA. Washington DC. Pioneer Hi-Bred., Des Moines, IA.
15. Holland, C., W. Kezar, W.P. Kautz, E.J. (접수일: 2009년 10월 13일, 수정일 1차: 2009년 10  
Lazowski, W.C. Mahanna and R. Reinhart. 1990. 월 23일, 수정일 2차: 2009년 11월 5일, 게재확정일:  
The Pioneer forage manual; A nutritional guide. 2009년 11월 13일)