

조생종 사료용 옥수수 품종의 2기작 재배 시 생산성

손범영^{1,†} · 배환희¹ · 고영삼^{1,†} · 김선림² · 신성휴²

Productivity of Early Maturity Silage Corns during Continuous Monocropping

Beom-Young Son^{1,†}, Hwan Hee Bae¹, Young Sam Go^{1,†}, Sun-Lim Kim², and Seong Hyu Shin²

ABSTRACT This study evaluated the productivity of early maturity silage corns during continuous monocropping and the possibility of expanding forage production. Continuous monocropping of three silage corns, such as Kwangpyeongok (medium maturity), Sinhwangok (early maturity), and Sinhwangok2 (early maturity) was planted twice, in April and July from 2018 to 2019 at Suwon. The number of days from the sowing date to the silking date was 78 for the preceding crop and 52 for the succeeding crop. The number of days from the silking date to the harvesting date was 26 for the preceding crop and 46 for the succeeding crop. The sums of the temperature from the sowing date to the silking date were 1,512°C for the preceding crop, 1,246°C for the succeeding crop. The sums of the temperature from the sowing date to the harvesting date were 2,198°C for the preceding crop and 1,951°C for the succeeding crop. The dry matter yield of the preceding crop (1,637 kg/10a) was similar to that of the succeeding crop (1,565 kg/10a). The dry matter yields of Sinhwangok2 (1,673 kg/10a), Sinhwangok (1,660 kg/10a) and Kwangpyeongok (1,579 kg/10a) were similar to those of the preceding crop. The dry matter yields of Sinhwangok (1,669 kg/10a) and Kwangpyeongok (1,651 kg/10a) were similar to those of the succeeding crop and Sinhwangok2 (1,374 kg/10a) was the lowest among the three corn varieties. The total digestible nutrients (TDN) yield of the preceding crop (1,135 kg/10a) was similar to that of the succeeding crop (1,037 kg/10a). The TDN yields of Sinhwangok2 (1,183 kg/10a), Sinhwangok (1,158 kg/10a), and Kwangpyeongok (1,063 kg/10a) were similar to those of the preceding crop. The TDN yields of Sinhwangok (1,150 kg/10a) and Kwangpyeongok (1,100 kg/10a) were similar for the succeeding crop and Sinhwangok2 (970 kg/10a) was the lowest among the three corn varieties. The total dry matter yields of Sinhwangok (3,329 kg/10a) and Kwangpyeongok (3,230 kg/10a) were similar, but Sinhwangok2 (3,047 kg/10a) was the lowest among the three corn varieties. The total TDN yields of Sinhwangok (2,307 kg/10a), Kwangpyeongok (2,162 kg/10a), and Sinhwangok2 (2,152 kg/10a) were similar. It was concluded that Sinhwangok and Sinhwangok2 have high TDN yields as well as early maturity, and therefore are advantageous for direct continuous monocropping.

Keywords : corn, dry matter, silage, TDN, yield

국내 조사료 생산은 2000년 3,392천톤에서 2019년 6,050천톤으로 증가하였으나, 아직도 국내 축산농가의 조사료 자급률은 80.5% ('19)에 그쳐 자급률 향상이 필요하다. 정부는 조사료 자급률을 2025년에 85%, 2030년에 95% 이상 향상에 정책목표를 설정해 두고 추진 중이다. 사료작물 중 옥수수는 단위 면적당 건물생산성이 높을 뿐 아니라 영양가가

가장 높고 기호성이 좋아 우리나라와 같은 좁은 면적에 어느 작물보다 수량과 품질이 우수한 옥수수를 재배하는 것이 적합하다고 하였다(Kim *et al.*, 1996). 우리나라 조사료 자급률을 제고하기 위해서는 정부의 적극적인 정책수단과 노력이 요구되며 이중 하나의 해결방안으로서 중만생종인 광평옥(Moon *et al.*, 2001) 및 다청옥(Son *et al.*, 2018) 등

¹농촌진흥청 국립식량과학원 중부작물부 농업연구사 (Agriculture Researcher, Department of Central Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Suwon 16429, Korea)

²농촌진흥청 국립식량과학원 중부작물부 농업연구관 (Agriculture Senior Researcher, Department of Central Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Suwon 16429, Korea)

[†]Corresponding author: ; Beom-Young Son; (Phone) +82-31-695-4039; (E-mail) sonby@korea.kr
Young Sam Go; (Phone) +82-31-695-4044; (E-mail) yso@korea.kr

<Received 31 August, 2020; Revised 16 October, 2020; Accepted 22 October, 2020>

같은 다수성 사료용 옥수수 재배 확대와 더불어 조생종 사료용 옥수수 품종을 활용한 2기작(1년에 2번 수확) 재배기술로 조사료 생산량을 늘리는 것이 대안이 될 수 있는 것으로 생각한다. 최근 지구온난화로 평균기온이 상승하고 무상기간이 길어져 이상기상으로 재해가 심화되는 위기요인이 있으나 작물 재배기간이 연장되어 기회요인으로 식용찰옥수수를 파종시기, 수확적기, 적산온도와와의 관계 등에 관한 2기작 연구가 수행된 바 있다(Jung *et al.*, 2012). 사료용 옥수수 2기작 연구(2011년)는 옥묘이식으로 남부지역에서 3월 하순에 육묘해 4월 중순에 이식하고 8월 상순에 전기작으로 1차 수확하고 다시 7월 중·하순에 육묘해 8월 상순에 전기작의 수확 후 곧바로 이식해 11월 상순에 후기작으로 2차 수확하는 것이다. 사료용 옥수수 2기작의 수량을 보면 전기작의 생체수량(광평옥, Moon *et al.*, 2001)은 5,428 kg/10a, 후기작(청다옥, Son *et al.*, 2014)의 생체수량은 2,573 kg/10a이었는데 후기작의 생체수량이 전기작보다 크게 떨어진 것은 그해 8~9월의 잦은 강우로 인한 일조부족, 습해 등이 주요인이라고 보고하였다. 최근까지 2기작 재배에 국내 조생종 사료용 옥수수 개발 미흡으로 중만생종인 광평옥을 이용하였으며, 2기작의 전기작 및 후기작 이식시기를 맞추기 위해 옥수수를 육묘해 이식하는 방식으로 많은 시간과 노동력이 투입될 뿐 아니라 대단위 재배에 어려움을 겪어 왔다. 그래서 축산농가에서는 2기작 재배에 적합한 조생종 사료용 옥수수 품종 개발을 요구해 왔다. 따라서 본 연구는 최근 개발된 조생종 사료용 옥수수 품종에 대한 2기작(전기작 및 후기작)의 생육특성 및 생산성을 구명하고 조사료 생산 확대의 가능성을 검토하고자 수행하였다.

재료 및 방법

본 시험은 국립식량과학원 발작물시험연구포장(수원)에서 2년간(2018~2019년) 수행하였다. 시험재료는 중만생종 광평옥, 조생종 신허옥(Son *et al.*, 2017), 조생종 신허옥2호 3품종이 사용되었다. 시비량은 N-P₂O₅-K₂O=20-15-15 kg/10a로, 질소비료의 절반은 파종 전에 처리하였고 나머지는 파종 후 7~8엽기에 추비로 주었다. 퇴비는 10a당 1,500 kg을 시용하였고, 재식밀도는 60×25 cm (6,600본/10a)로 하였다. 2018년, 2019년 모두 전기작 재배는 4월 17일, 후기작 재배는 7월 30일에 하였으며 2립씩 심어 3~4엽기에 1주에 1개체만 남기고 솎아 주었다. 시험구배치는 난괴법으로 하였다. 깨씨무늬병(*Bipolaris maydis*)은 자연발생조건에서 조사하였다. 수확은 2018년, 2019년 모두 전기작 재배의 경우 7월 30일(광평옥은 호숙중기, 신허옥 및 신허옥2호는 황숙

초기), 후기작 재배의 경우 11월 2일(광평옥은 호숙중기, 신허옥 및 신허옥2호는 황숙초기)에 하였다. 파종기부터 수확기까지 적산온도(Cumulative daily mean air temperature) (CT)는 0°C 이상의 일평균기온을 합산하였다. 옥수수의 생육특성 및 수량성 조사는 농촌진흥청 농사시험연구조사기준에 따라 실시하였다. 출사일수는 파종기부터 출사기까지의 소요된 생육일수로 하였다. 간장은 지면에서 옥수목까지의 길이를 측정하였고 착수고는 지면으로부터 최상단 이삭이 달린 마디까지의 높이를 측정하였다. 도복과 후기녹체성의 조사범위는 1~9로 우수한 것을 1, 불량한 것을 9로 표시하였다. 깨씨무늬병(Southern leaf blight: *Bipolaris maydis*)의 조사범위는 0~9로 저항성은 0, 불량한 것을 9로 표시하였다. 깨씨무늬병은 자연발생조건에서 조사하였다. 수량조사는 구당 4열 가운데 2줄을 수확하여 암이삭과 경엽으로 분리하여 생초수량을 조사하였으며 구당 2주를 취하여 경엽과 암이삭을 분리하여 60°C의 열풍건조기에서 72시간 건조 후 칭량하여 건물률을 산출하고 생초수량에 건물률을 곱하여 건물수량을 계산하였다. 건물률은 생초수량에 대한 건물수량 비율로 계산하였다. TDN (Total Digestible Nutrients, 가소화양분총량)수량은 Pioneer Hi-bred사가 제시한 TDN = (경엽 건물수량×0.582)+(암이삭 건물수량×0.85)에 의하여 계산하였다(Holland *et al.*, 1990). 통계분석은 SAS 9.4의 분산분석(ANOVA)을 이용하여 최소유의차검정(least significant difference test ; LSD test)으로 5% 유의수준에서 검정하였다.

결과 및 고찰

2기작 사료용 옥수수의 출사일수 및 적산온도

2기작 사료용 옥수수의 전기작과 후기작의 출사일수와 적산온도는 Table 1에서 보는 바와 같다. 파종기에서 출사기(수염이 나오는 시기)까지의 전기작 출사일수는 78일이 소요되었고 후기작은 52일이 소요되었다. 전기작과 후기작 간의 출사일수는 26일간 차이가 있었으며 후기작 출사일수가 전기작보다 짧았다. 전기작의 품종 간 출사일수는 신허옥2호가 75일로 가장 짧았으며, 신허옥이 77일, 광평옥이 83일로 가장 길었다. 후기작의 품종 간 출사일수는 신허옥2호가 48일로 가장 짧았으며, 신허옥이 50일, 광평옥이 57일로 가장 길었다. 출사기에서 수확기까지의 전기작 소요일수는 26일이 소요되었고 후기작은 46일이 소요되었다. 전기작과 후기작 간의 출사일수는 20일간 차이가 있었으며 후기작 소요일수가 전기작보다 길었다. 전기작의 품종 간 소요일수는 신허옥2호가 29일로 가장 길었으며, 신허옥이 27일, 광평옥이 21일로 가장 짧았다. 후기작의 품종 간 소

Table 1. Comparison of days from the planting date to the silking date, days from the silking date to the harvesting date and cumulative daily mean temperature (CT) of silage corns during continuous monocropping.

CM [↓]	Hybrid	Year	Growing period (days)			CT ^{&} (°C)		
			DPS [↓]	DSH [↗]	DPH [↓]	DPS [↓]	DSH [↗]	DPH [↓]
P	Kwangpyeongok	2018	84	20	104	1,647	572	2,219
		2019	82	22	104	1,609	568	2,177
		mean	83a	21b	104a	1,628a	570c	2,198a
	Sinhwangok	2018	76	28	104	1,453	766	2,219
		2019	78	26	104	1,503	674	2,177
		mean	77b	27a	104a	1,478b	720b	2,198a
	Sinhwangok2	2018	74	30	104	1,406	813	2,219
		2019	76	28	104	1,455	722	2,177
		mean	75c	29a	104a	1,431c	768a	2,198a
Mean			78A	26B	104A	1,512A	686B	2,198A
S	Kwangpyeongok	2018	57	39	96	1,390	517	1,907
		2019	56	43	99	1,352	643	1,995
		mean	57a	41b	98a	1,371a	580c	1,951a
	Sinhwangok	2018	49	47	96	1,155	752	1,907
		2019	51	48	99	1,257	738	1,995
		mean	50b	48a	98a	1,206b	745b	1,951a
	Sinhwangok2	2018	47	49	96	1,110	797	1,907
		2019	49	50	99	1,214	781	1,995
		mean	48c	50a	98a	1,162c	789a	1,951a
Mean			52B	46A	98B	1,246B	705A	1,951B

[↓]CM : Continuous monocropping, P : Preceding crop, S : Succeeding crop

[↓]DPS : Days from planting date to silking date

[↗]DSH : Days from silking date to harvesting date

[↓]DPH : Days from planting date to harvesting date

[&]CT : Cumulative daily mean temperature

Values within a column followed by the same letter are not significantly different at the 0.05% level by the least significant difference test.

요일수는 신허옥2호가 50일로 가장 길었으며, 신허옥이 48일, 광평옥이 41일로 가장 짧았다. 단작의 경우 사일리지 옥수수 수확에 알맞은 시기는 출사후 35일(조생)~42일(중만생) 정도 되는 시기이다. 2기작 전기작의 경우 조생종인 신허옥2호(소요일수 29일)와 신허옥(소요일수 27일)은 출사후 수확시기 35일(조생) 기준 각각 6일, 8일 소요일수가 부족하였으며, 중만생종인 광평옥(소요일수 21일)은 출사후 수확시기 42일(중만생) 기준 21일 소요일수가 부족한 상태로 황숙기 이전에 수확이 되었다. 2기작 후기작의 경우 신허옥2호가 소요일수 50일, 신허옥이 소요일수 48일, 광평옥이 소요일수 41일로 전기작보다 소요일수가 긴 원인은 출사후 수확기까지 전기작보다 적산온도의 확보에 기간이

많이 소요되었기 때문이다.

파종기에서 출사기까지의 전기작 적산온도는 1,512°C이었고 후기작은 1,246°C이었다. 전기작과 후기작 간의 적산온도는 266°C 차이가 있었으며 후기작 적산온도가 전기작보다 적었다. 전기작의 품종 간 적산온도는 신허옥2호가 1,431°C로 가장 적었으며, 신허옥이 1,478°C, 광평옥이 1,628°C로 가장 많았다. 후기작의 품종 간 적산온도는 신허옥2호가 1,162°C로 가장 적었으며, 신허옥이 1,206°C, 광평옥이 1,371°C로 가장 많았다. 출사기에서 수확기까지의 전기작 적산온도는 686°C이었고 후기작은 705°C이었다. 전기작과 후기작 간의 적산온도는 19°C 차이가 있었는데 후기작 적산온도가 오히려 전기작보다 많았다. 전기작의 품종 간 적산온도

는 신허옥2호가 768°C로 가장 많았으며, 신허옥이 720°C, 광평옥이 570°C로 가장 적었다. 후기작의 품종 간 적산온도는 신허옥2호가 789°C로 가장 많았으며, 신허옥이 745°C, 광평옥이 580°C로 가장 적었다. 파종기에서 수확기까지의 전기작 적산온도는 2,198°C이었고 후기작은 1,951°C이었다. 전기작과 후기작 간의 적산온도는 247°C 차이가 있었으며 후기작 적산온도가 전기작보다 적었다. 전기작 및 후기작의 품종들이 모두 적산온도가 같은데 동일한 시기에 수확을 하였기 때문이다.

2기작 사료용 옥수수의 생육특성

2기작 사료용 옥수수의 전기작과 후기작의 생육특성은 Table 2와 Table 3에서 보는 바와 같다. 전기작 간장은 216 cm, 후기작은 184 cm이었으며 전기작과 후기작 간의 간장

은 32 cm 차이로 후기작 간장이 전기작보다 짧았다. 전기작의 품종 간 간장은 신허옥2호(201 cm)와 신허옥(208 cm)이 비슷하였으며 광평옥이 238 cm로 가장 길었다. 후기작의 품종 간 간장은 신허옥2호(169 cm)와 신허옥(179 cm)이 비슷하였으며 광평옥이 204 cm로 가장 길었다. 전기작 착수고율은 50%, 후기작은 45%이었으며 전기작과 후기작 간의 착수고율은 5% 차이로 후기작 착수고율이 전기작보다 낮았다. 전기작의 품종 간 착수고율은 신허옥2호(47%)가 가장 낮았으며 신허옥(51%)과 광평옥(52%)이 비슷하였다. 후기작의 품종 간 착수고율은 신허옥2호(41%), 신허옥(46%), 광평옥(46%)로 비슷하였다. 전기작 경직경은 24.6 mm, 후기작은 20.1 mm이었으며 전기작과 후기작 간의 경직경은 4.5 mm 차이로 후기작 경직경이 전기작보다 가늘었다. 전기작의 품종 간 경직경은 신허옥2호(23.9 mm), 신허

Table 2. Growth characteristics of silage corns during continuous monocropping.

CM ¹	Hybrid	Year	Plant height (cm)	Ear height ratio (%)	Stem diameter (mm)	Leaves No.	Lodging (1~9)	Stay green (1~9)	<i>B. maydis</i> (1~9)	
P	Kwangpyeongok	2018	237	51	24.0	14	1	3	1	
		2019	240	54	27.1	16	1	3	1	
		mean	238a	52a	25.5a	15a	1a	3a	1a	
	Sinhwangok	2018	199	50	23.8	12	1	3	1	
		2019	217	52	24.8	14	1	3	1	
		mean	208b	51a	24.3a	13b	1a	3a	1a	
	Sinhwangok2	2018	199	49	22.6	11	1	3	1	
		2019	202	45	25.3	12	1	3	1	
		mean	201b	47b	23.9a	12b	1a	3a	1a	
	Mean			216A	50A	24.6A	13A	1A	3A	1A
	S	Kwangpyeongok	2018	215	40	21.8	14	1	3	1
			2019	193	52	21.6	13	1	3	1
mean			204a	46a	21.7a	14a	1a	3a	1a	
Sinhwangok		2018	187	41	19.6	11	1	3	1	
		2019	172	51	20.2	11	1	3	1	
		mean	179b	46a	19.9ab	11b	1a	3a	1a	
Sinhwangok2		2018	170	37	20.1	10	1	3	1	
		2019	167	46	17.0	10	1	3	1	
		mean	169b	41a	18.6b	10c	1a	3a	1a	
Mean			184B	45B	20.1B	12B	1A	3A	1A	

¹CM : Continuous monocropping, P : Preceding crop, S : Succeeding crop

Ear height ratio (%) = ear height / plant height × 100

Lodging and stay green : 1 = excellent (strong), 9 = poor

Values within a column followed by the same letter are not significantly different at the 0.05% level by the least significant difference test

Table 3. Ear and 100 seed weight characteristics of silage corns during continuous monocropping.

CM [↓]	Hybrid	Year	Ear		100 seeds weight (g)	
			Length (cm)	Diameter (cm)		
P	Kwangpyeongok	2018	17.0	4.4	12.1	
		2019	16.5	4.3	9.8	
		mean	16.7b	4.4b	10.9b	
	Sinhwangok	2018	15.9	4.7	19.1	
		2019	15.8	4.7	16.6	
		mean	15.8b	4.7a	17.8a	
	Sinhwangok2	2018	18.9	4.5	18.0	
		2019	17.5	4.4	16.7	
		mean	18.2a	4.5b	17.4a	
	Mean			16.9A	4.5A	16.4A
	S	Kwangpyeongok	2018	14.5	4.1	5.8
			2019	15.3	4.7	18.5
mean			14.9ab	4.4b	12.1b	
Sinhwangok		2018	14.3	4.7	13.6	
		2019	13.7	4.7	22.2	
		mean	14.0b	4.7a	17.9a	
Sinhwangok2		2018	14.6	4.3	14.6	
		2019	15.5	4.5	23.7	
		mean	15.0a	4.4b	19.2a	
Mean			14.6B	4.5A	15.4A	

[↓]CM : Continuous monocropping, P : Preceding crop, S : Succeeding crop

Values within a column followed by the same letter are not significantly different at the 0.05% level by the least significant difference test

황옥(24.3 mm), 광평옥(25.5 mm)로 비슷하였다. 후기작의 품종 간 경직경은 신허옥2호(18.6 mm)와 신허옥(19.9 mm)가 비슷하였으며 광평옥(21.7 mm)이 가장 길었다. 전기작엽수는 13매, 후기작은 12매이었으며 전기작과 후기작 간의 엽수는 1매 차이로 후기작 엽수가 전기작보다 적었다. 전기작의 품종 간 엽수는 신허옥2호(12매)와 신허옥(13매)이 비슷하였으며, 광평옥(15매)이 가장 많았다. 후기작의 품종 간 엽수는 신허옥2호(10매)와 신허옥(11매)이 비슷하였으며 광평옥(14매)이 가장 많았다. 도복(1), 후기녹체성(3), 깨씨무늬병(1)은 전기작과 후기작 간의 차이가 없었다. 사료용 옥수수(사일리지용)는 수확기까지 녹체성을 유지해야 사일리지 저장시 영양분의 손실이 적고 푸른 잎의 호흡에 의한 혐기성 상태에 빠지 도달할 수 있다. 그러므로 후기녹체성(stay green)은 사일리지 제조에 있어 중요한 요인 중의 하나이다. 3품종 모두 전기작 및 후기작에서 황숙기 이전에 수확이 되어 대체적으로 후기녹체성이 높았다. 전

기작 이삭길이는 16.9 cm, 후기작은 14.6 cm이었으며 전기작과 후기작 간의 이삭길이는 2.3cm 차이로 후기작 이삭길이 전기작보다 짧았다. 전기작의 품종 간 이삭길이는 신허옥(15.8 cm)과 광평옥(16.8 cm)이 비슷하였으며 신허옥2호(18.2 cm)가 가장 길었다. 후기작의 품종 간 이삭길이는 신허옥2호(15.0 cm)와 광평옥(14.9 cm)이 비슷하였으며 신허옥(14.0 cm)이 가장 짧았다. 이삭직경(4.5 cm)은 전기작과 후기작 간의 차이가 없었다. 전기작의 품종 간 이삭직경은 신허옥2호(4.5 cm)와 광평옥(4.4 cm)이 비슷하였으며 신허옥(4.7 cm)이 가장 굵었다. 후기작의 품종 간 이삭직경은 신허옥2호(4.4 cm)와 광평옥(4.4 cm)이 같았으며 신허옥(4.7 cm)이 가장 굵었다. 100립중은 전기작(16.4 g)과 후기작(15.4 g)이 비슷하였다. 전기작의 품종 간 100립중은 신허옥2호(17.4 g)와 신허옥(17.8 g)이 비슷하였으며 광평옥(10.9 g)이 가장 가벼웠다. 후기작의 품종 간 100립중은 신허옥2호(19.2 g)와 신허옥(17.9 g)이 비슷하였으며 광평

옥(12.1 g)이 가장 가벼웠다. 단작(4월, 1회 파종)의 경우 100립중은 광평옥(Moon *et al.*, 2001)이 30.8 g, 신황옥(Son *et al.*, 2017)이 34.1 g, 신황옥2호가 30.8 g인 반면에 2기작의 전기작이 16.4 g, 후기작이 15.4 g로 단작의 품중(30.8~34.1 g)의 절반정도를 나타내었다. 전기작의 품중 간 출사기에서 수확기(7월 30일)까지 소요일수와 100립중과 비교해 보면 전기작의 신황옥2호(소요일수 29일, 100립중 17.4 g)와 신황옥(소요일수 27일, 100립중 17.8 g)이 광평옥(소요일수 21일, 100립중 10.9 g)보다 상대적으로 소요일수가 길어 100립중이 무거워지는데 유리하게 작용한 것으로 판단된다. 후기작의 경우도 마찬가지로 출사기에서 수확기(11월 2일)까지 소요일수와 100립중과 비교해 보면 신황옥2호(소요일수 50일, 100립중 19.2 g)와 신황옥(소요일수 48일, 100립중 17.9 g)이 광평옥(소요일수 41일, 100립중 12.1 g)

보다 상대적으로 유리하게 작용한 것으로 판단된다.

2기작 사료용 옥수수의 생산성

2기작 사료용 옥수수의 전기작과 후기작의 수량(생체, 건물, TDN, 종실)은 Table 4와 Table 5에서 보는 바와 같다. 전기작 생체수량은 7,167 kg/10a, 후기작은 5,611 kg/10a이었으며 전기작과 후기작 간의 생체수량은 1,556 kg/10a 차이로 후기작 생체수량이 전기작보다 적었다. 전기작의 품중 간 생체수량은 광평옥(7,778 kg/10a)과 신황옥(7,213 kg/10a)이 비슷하였으며 신황옥2호(6,509 kg/10a)가 가장 적었다. 후기작의 품중 간 생체수량은 광평옥(6,546kg/10a)과 신황옥(5,667 kg/10a)이 비슷하였으며 신황옥2호(4,620 kg/10a)가 가장 적었다. 건물수량은 전기작(1,637 kg/10a)과 후기작(1,565 kg/10a)이 비슷하였다. 전기작의 품중 간 건물수량

Table 4. Fresh matter and dry matter yield of silage corns during continuous monocropping.

CM ¹	Hybrid	Year	Fresh matter yield (kg/10a)			Dry matter yield (kg/10a)			Ear ratio (%)
			Stalk	Ear	Stalk+Ear	Stalk	Ear	Stalk+Ear	
P	Kwangpyeongok	2018	5,307	2,470	7,778	979	591	1,570	38
		2019	5,539	2,239	7,778	1,108	481	1,588	30
		mean	5,423	2,355	7,778a	1,044	536	1,579a	34a
	Sinhwangok	2018	4,652	2,367	7,019	911	720	1,631	44
		2019	4,774	2,633	7,407	977	711	1,689	42
		mean	4,713	2,500	7,213ab	944	716	1,660a	43a
Sinhwangok2	2018	4,469	2,439	6,907	980	841	1,821	46	
	2019	3,846	2,265	6,111	803	721	1,525	47	
	mean	4,157	2,352	6,509b	892	781	1,673a	47a	
Mean				7,167A			1,637A	41A	
S	Kwangpyeongok	2018	5,150	2,443	7,593	1,258	370	1,629	23
		2019	3,448	2,052	5,500	1,003	669	1,673	40
		mean	4,299	2,247	6,546a	1,131	520	1,651a	32b
	Sinhwangok	2018	3,969	2,587	6,556	1,151	637	1,788	36
		2019	2,882	1,895	4,778	859	692	1,551	45
		mean	3,425	2,241	5,667ab	1,005	665	1,669a	41ab
Sinhwangok2	2018	3,169	2,091	5,259	769	570	1,339	43	
	2019	2,365	1,617	3,982	710	698	1,408	50	
	mean	2,767	1,854	4,620b	740	634	1,374b	47a	
Mean				5,611B			1,565A	40A	

¹CM : Continuous monocropping, P : Preceding crop, S : Succeeding crop

Dry matter yield : Stalk dry matter yield + Ear dry matter yield

Ear ratio (%) = ear dry matter yield / (stalk dry matter yield + ear dry matter yield) × 100

Values within a column followed by the same letter are not significantly different at the 0.05% level by the least significant difference test

은 신허옥2호(1,673 kg/10a), 신허옥(1,660 kg/10a), 광평옥(1,579 kg/10a)이 모두 비슷하였다. 후기작의 품종 간 건물수량은 신허옥(1,669 kg/10a)과 광평옥(1,651 kg/10a)이 비슷하였으며 신허옥2호(1,374 kg/10a)가 가장 적었다. 건물수량의 이삭비율은 전기작(41%)과 후기작(40%)이 비슷하였다. 전기작의 품종 간 건물수량의 이삭비율은 신허옥2호(47%)와 신허옥(43%)이 광평옥(34%)보다 높았는데 통계적 유의성은 없었다. 후기작의 품종 간 건물수량의 이삭비율은 신허옥(41%)과 신허옥2호(47%)가 비슷하였으며 광평옥(32%)이 가장 낮았다. 사일리지 옥수수는 암이삭이 차지하는 비율이 높으면 영양수량이 증가하여 사일리지의 품질이 높아져 사료가치 증진에 유리하기 때문에 이삭비율이 강조되고 있다(Phipps & Wilkinson 1985; Kim *et al.*, 1996). 이삭비율에서 전기작 및 후기작 모두 신허옥2호와 신허옥

이 높고 광평옥이 낮았다. 출사기에서 수확기(7월30일)까지 소요일수와 적산온도를 이삭비율과 비교해 보면 전기작의 신허옥2호(소요일수 29일, 적산온도 768°C, 이삭비율 47%)와 신허옥(소요일수 27일, 적산온도 720°C, 이삭비율 43%)이 광평옥(소요일수 21일, 적산온도 570°C, 이삭비율 34%)보다 상대적으로 소요일수가 길고 적산온도가 높아 이삭 낱알의 전분축적에 유리하게 작용한 것으로 판단된다. 후기작의 경우도 마찬가지로 출사기에서 수확기(11월2일)까지 소요일수와 적산온도를 이삭비율과 비교해 보면 신허옥2호(소요일수 50일, 적산온도 789°C, 47%)와 신허옥(소요일수 48일, 적산온도 745°C, 41%)이 광평옥(소요일수 41일, 적산온도 580°C, 32%)보다 상대적으로 유리하게 작용한 것으로 판단된다. TDN수량은 전기작(1,135 kg/10a)과 후기작(1,037 kg/10a)이 비슷하였다. 전기작의 품종 간 TDN

Table 5. Total digestible nutrients (TDN) and grain yield of silage corns during continuous monocropping.

CM [↓]	Hybrid	Year	TDN [†] yield (kg/10a)			Ear ratio [‡] (%)	Grain yield (kg/10a)	
			Stalk	Ear	Stalk + Ear			
P	Kwangpyeongok	2018	570	502	1,072	47	443	
		2019	645	408	1,053	39	310	
		mean	608	455	1,063a	43b	376b	
	Sinhwangok	2018	530	612	1,142	54	612	
		2019	569	604	1,173	51	556	
		mean	550	608	1,158a	53a	584a	
	Sinhwangok2	2018	571	715	1,285	56	716	
		2019	468	613	1,081	57	582	
		mean	520	664	1,183a	56a	649a	
	Mean				1,135A	51A	536A	
	S	Kwangpyeongok	2018	732	315	1,047	30	161
			2019	584	569	1,153	49	519
mean			658	442	1,100a	40b	340b	
Sinhwangok		2018	670	541	1,211	45	453	
		2019	500	588	1,088	54	584	
		mean	585	565	1,150a	49ab	519a	
Sinhwangok2		2018	448	485	932	52	453	
		2019	413	593	1,007	59	585	
		mean	431	539	970b	55a	519a	
Mean				1,073A	48A	459A		

[↓]CM : Continuous monocropping, P : Preceding crop, S : Succeeding crop

[†]TDN : total digestible nutrients

[‡]Ear ratio (%) = (ear TDN / total TDN) × 100

Values within a column followed by the same letter are not significantly different at the 0.05% level by the least significant difference test

수량은 신허옥2호(1,183 kg/10a), 신허옥(1,158 kg/10a), 광평옥(1,063 kg/10a)이 모두 비슷하였다. 후기작의 품종 간 TDN수량은 신허옥(1,150 kg/10a)과 광평옥(1,100 kg/10a)이 비슷하였으며 신허옥2호(970 kg/10a)가 가장 적었다. TDN수량의 이삭비율은 전기작(51%)과 후기작(48%)이 비슷하였다. 전기작의 품종 간 TDN수량의 이삭비율은 신허옥2호(56%)와 신허옥(53%)이 비슷하였으며, 광평옥(43%)이 가장 낮았다. 후기작의 품종 간 TDN수량의 이삭비율은 신허옥2호(55%)와 신허옥(49%)이 비슷하였으며 광평옥(40%)이 가장 낮았다. 종실수량은 전기작(536 kg/10a)이 후기작(459 kg/10a)보다 많았으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 전기작의 품종 간 종실수량은 신허옥2호(649 kg/10a)와 신허옥(584 kg/10a)이 비슷하였으며 광평옥(376 kg/10a)이 가장 적었는데 성숙되기 전 호숙기에 수확했기 때문이다. 후기작의 품종 간 종실수량은 신허옥2호(519 kg/10a)와 신허옥(519 kg/10a)이 같았고 광평옥(340 kg/10a)이 가장 적었다.

2기작(전기작 + 후기작) 사료용 옥수수의 총 생산성

2기작(전기작 + 후기작) 사료용 옥수수 품종의 총 수량(생체, 건물, TDN, 종실)은 Table 6에서 보는 바와 같다. 2기작(전기작 + 후기작) 총 생체수량은 광평옥이 14,324 kg/10a로 가장 많았으나 신허옥(12,880 kg/10a)과 통계적으로 유의한 차이는 없었고, 3품종 중에 신허옥2호(11,130 kg/10a)가 가장 적었다. 총 건물수량은 신허옥(3,329 kg/10a)과 광평옥(3,230 kg/10a)이 비슷하였으며 3품종 중에 신허옥2호

(3,047 kg/10a)가 가장 적었다. 총 TDN수량은 신허옥(2,307 kg/10a), 광평옥(2,162 kg/10a), 신허옥2호(2,152 kg/10a) 모두 비슷하였다. 총 종실수량은 신허옥2호(1,168 kg/10a)와 신허옥(1,102 kg/10a)이 비슷하였으며 3품종 중에 광평옥(714 kg/10a)이 가장 적었다. 2기작 광평옥의 총 건물수량은 3,230 kg/10a로 단작 광평옥(Moon *et al.*, 2001)의 건물수량(1,948 kg/10a)보다 66% 더 많았고, 광평옥의 총 TDN수량은 2,162 kg/10a로 단작 광평옥(Moon *et al.*, 2001)의 TDN수량(1,381 kg/10a)보다 57% 더 많음을 볼 때 우리나라와 같은 좁은 재배면적에 사료용 옥수수 2기작 재배가 조사료 생산량을 늘리는 대안이 될 수 있는 것으로 사료된다. 적산온도, 생육 및 수량 특성 등을 검토해 볼 때 2기작 재배는 재배기간이 긴 중만생종 광평옥보다 짧은 조생종 신허옥 및 신허옥2호가 유리할 것으로 판단된다. 사료가치를 측면에서 볼 때 2기작의 전기작 및 후기작 모두 광평옥은 호숙중기에, 신허옥 및 신허옥2호는 황숙초기에 수확되어 조생종인 신허옥 및 신허옥2호가 2기작 재배에 더 유리할 것으로 생각된다. 본 연구는 중부지역인 수원에서 수행한 결과를 볼 때 중부지역을 포함한 남부지역에서도 신허옥과 신허옥2호는 직파 2기작 재배가 가능할 것으로 사료된다.

적산온도와 생육특성 및 수량과의 상관

Table 7은 2기작 사료용 옥수수의 적산온도(파종기에서 출사기, 출사기에서 수확기, 파종기에서 수확기)와 생육특성 및 수량과의 상관관계를 나타낸 것이다. 파종기에서 출사기까지의 적산온도는 출사일수, 간장, 착수고, 엽수, 경직

Table 6. Total yield of fresh matter, dry matter, total digestible nutrients (TDN) and grain of silage corns during continuous monocropping.

Hybrid	CM ¹	Yield (kg/10a)			
		Fresh matter	Dry matter	TDN	Grain
Kwangpyeongok	P	7,778	1,579	1,063	376
	S	6,546	1,651	1,100	340
	sum	14,324a	3,230a	2,162a	717b
Sinhwangok	P	7,213	1,660	1,158	584
	S	5,667	1,669	1,150	519
	sum	12,880ab	3,329a	2,307a	1,102a
Sinhwangok2	P	6,509	1,673	1,183	649
	S	4,620	1,374	970	519
	sum	11,130b	3,047b	2,152a	1,168a

¹CM : Continuous monocropping, P : Preceding crop, S : Succeeding crop
 Values within a column followed by the same letter are not significantly different at the 0.05% level by the least significant difference test

Table 7. Correlation among growth characteristics, yields and cumulative daily mean temperature (CT) of silage corns during continuous monocropping.

	M	N	O
A	0.94***	-0.34	0.93***
B	0.91***	-0.76**	0.59*
C	0.93***	-0.58*	0.75**
D	0.82***	-0.88***	0.39
E	0.85***	-0.47	0.74**
F	-0.26	0.81***	0.27
G	0.74**	-0.59*	0.50
H	-0.13	0.79**	0.42
I	0.60*	0.07	0.81**
J	0.59*	0.12	0.84***
K	-0.17	0.47	0.13
L	-0.35	0.73**	0.10

*, **, *** Significant at the 0.05, 0.01, and 0.001 probability levels, respectively.

A : Days from planting date to silking date, B : Plant height, C : Ear height, D : Leaf No., E : Stem diameter, F : Ear ratio (ear TDN/total TDN × 100), G : Fresh matter yield, H : Grain yield, I : Ear length, J : Seed setting length, K : Ear diameter, L : 100 seed weight, M : CT from planting date to silking date, N : CT from silking date to harvesting date, O : CT from planting date to harvesting date

경, 생체수량과는 유의한 정의 상관을 나타내었다. 출사기에서 수확기까지의 적산온도는 이삭비율, 종실수량, 100립중과는 유의한 정의 상관을 나타내었는데 출사기에서 수확기까지 적산온도가 많아질수록 이삭비율이 높아지고, 종실수량이 늘어나고 100립중이 무거워짐을 추정할 수 있었다. 파종기에서 수확기까지의 적산온도는 출사일수, 착수고, 경직경, 이삭길이, 착립장과는 유의한 정의 상관관계를 나타내었다.

적 요

본 연구는 최근 개발된 조생종 사료용 옥수수 품종에 대한 2기작(전기작 및 후기작)의 생육특성 및 생산성을 구명하고 조사료 생산 확대의 가능성을 검토하고자 수행하였다.

1. 파종기에서 출사기까지의 전기작 출사일수는 78일이 소요되었고 후기작은 52일이 소요되었다. 출사기에서 수확기까지의 전기작 소요일수는 26일이 소요되었고 후기작은 46일이 소요되었다.

2. 파종기에서 출사기까지의 전기작 적산온도는 1,512°C이었고 후기작은 1,246°C이었다. 전기작과 후기작 간의 적산온도는 266°C 차이가 있었으며 후기작 적산온도가 전기작보다 적었다. 파종기에서 수확기까지의 전기작 적산온도는 2,198°C이었고 후기작은 1,951°C이었다. 전기작과 후기작 간의 적산온도는 247°C 차이가 있었으며 후기작 적산온도가 전기작보다 적었다.
3. 건물수량은 전기작(1,637 kg/10a)과 후기작(1,565 kg/10a)이 비슷하였다. 전기작의 품종 간 건물수량은 신허옥2호(1,673 kg/10a), 신허옥(1,660 kg/10a), 광평옥(1,579 kg/10a)이 모두 비슷하였다. 후기작의 품종 간 건물수량은 신허옥(1,669 kg/10a)과 광평옥(1,651 kg/10a)이 비슷하였으며 신허옥2호(1,374 kg/10a)가 가장 적었다. TDN수량은 전기작(1,135 kg/10a)과 후기작(1,037 kg/10a)이 비슷하였다. 전기작의 품종 간 TDN수량은 신허옥2호(1,183 kg/10a), 신허옥(1,158 kg/10a), 광평옥(1,063 kg/10a)이 모두 비슷하였다. 후기작의 품종 간 TDN수량은 신허옥(1,150 kg/10a)과 광평옥(1,100 kg/10a)이 비슷하였으며 신허옥2호(970 kg/10a)가 가장 적었다.
4. 총 건물수량은 신허옥(3,329 kg/10a)과 광평옥(3,230 kg/10a)이 비슷하였으며 3품종 중에 신허옥2호(3,047 kg/10a)가 가장 적었다. 총 TDN수량은 신허옥(2,307 kg/10a), 광평옥(2,162 kg/10a), 신허옥2호(2,152 kg/10a) 모두 비슷하였다.

사 사

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(과제번호: PJ014292022020)의 지원에 의해 이루어진 것임.

인용문헌(REFERENCES)

Jung, G. H., J. E. Lee, J. H. Seo, S. L. Kim, D. H. Kim, J. T. Kim, T. Y. Hwang, and Y. U. Kwon. 2012. Effect of seeding dates on harvesting time of double cropped waxy corn. Korean Journal of Crop Science 57(2) : 195-201.

Kim, D. A., K. N. Lee, D. U. Sin, J. D. Kim, and K. J. Han. 1996. Effect of planting date on forage yield and quality of corn four maturity groups. J. Kor. Grassl. Forage Sci. 16(4) : 327-337.

Lee, S. S. and J. M. Lee. 1987. Productivity of silage corn hybrids in rice black-streaked dwarf virus prevalent region. Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science 7(3) : 140-145.

Lee, S. S., K. Y. Park, S. U. Park, and S. S. Lee. 1988. Population of Laodelphax striatellus, percentage of rice black-streaked dwarf virus (RBSDV) viruliferous vector and RBSDV infection

- of maize in different locations. *Korean Journal of Crop Science* 33(1) : 74-80.
- Moon, H. G., B. Y. Son, S. W. Cha, T. W. Jung, Y. H. Lee, J. H. Seo, H. K. Min, K. J. Choi, C. S. Huh, and S. D. Kim. 2001. A new single cross hybrid for silage "Kwangpyeongok". *Korean Journal of Breeding Science* 33(4) : 350-351.
- Phipps, R. and Wilkinson, M. 1985. *Maize silage*. Chalcombe Publications, Bucks SL7 3PU.
- Son, B. Y., S. B. Baek, J. T. Kim, J. S. Lee, S. L. Kim, G. H. Jung, W. H. Kim, J. H. Roh, Y. U. Kwon, H. J. Ji, C. S. Huh, and J. Y. Park. 2014. A new single cross maize hybrid for silage and grain, 'Cheongdaok' with lodging tolerance. *Korean Journal of Breeding Science* 46(2) : 172-177.
- Son, B. Y., S. B. Baek, J. T. Kim, J. S. Lee, H. H. Bae, C. H. Park, M. J. Seo, and J. H. Lee. 2017. Single cross maize hybrid for grain, 'Sinhwangok'. *Korean Journal of Breeding Science* 49(2) : 109-112.
- Son, B. Y., S. B. Baek, J. T. Kim, J. S. Lee, and H. H. Bae. 2018. Single cross maize hybrid for silage with lodging tolerance and high yield, 'Dacheongok'. *Korean Journal of Breeding Science* 50(2) : 145-149.