

Research Article

파종시기 및 품종이 사일리지용 옥수수의 생육특성, 사초생산성 및 사료가치에 미치는 영향

배명진¹, 정승현², 김종덕^{3,*}

¹경상국립대학교, ²건국대학교, ³연암대학교

Effect of Planting Date and Hybrid on the Agronomic Characteristics, Forage Production and Feed Value of Corn for Silage

Myeong Jin Bae¹, Sung Heon Chung² and Jong Duk Kim^{3,*}

¹Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

²Konkuk University, Seoul 05029, Korea

³Yonam College, Cheonan 31005, Korea

ABSTRACT

The planting date of corn for silage has been delayed because of spring drought and double cropping system in Korea. This experiment was conducted to evaluate agronomic characteristics, forage production and feed value of corn at April and May in 2019. Experimental design was a split-plot with three replications. Planting dates (12 April and 10 May) were designated to the main plot, and corn hybrids ('P0928', 'P1543' and 'P2088') to the subplot. The silking days of the early planting date (12 April) was 79 days and that of the late planting date (10 May) was 66 days ($p < 0.0001$), however, there were no significant differences among the corn hybrids. Ear height of the late planting date was higher than that of the early planting ($p < 0.05$), while there were no significant differences in plant height of corn. Insect resistance at the early planting was lower than that of late planting ($p < 0.05$), however, lodging resistance was no significant difference at planting date. The rice black streaked virus (RBSDV) infection of early planting was 3.7% and that of late planting was 0.3% ($p < 0.001$). Dry matter (DM) contents of stover, ear and whole plant had significant difference at planting date ($p < 0.05$). And differences in ear percentages were observed among the corn hybrids ($p < 0.01$). And ear percentages of early maturing corn ('P0928') was higher than for other hybrids. Ear percentage at the early planting date was higher than that at the late planting date ($p < 0.01$). DM and total digestible nutrients (TDN) yields had significant difference at planting date, however, there were no significant differences among the corn hybrids. DM and TDN yields at the late planting (21,678 kg/ha and 14,878 kg/ha) were higher than those of the early planting (13,732 kg/ha and 9,830 kg/ha). Crude protein content at the early planting date was higher than that of the late planting. Acid detergent fiber content of the late planting was lower than that of the early planting date ($p < 0.01$), while there were no significant neutral detergent fiber content difference among the corn tested. Calculated net energy for lactation (NE_L) and TDN at the early planting were higher than those of at the late planting ($p < 0.01$). Results of this our study indicate that the late planting date (May) is better than early planting date (April) in forage yield and feed value of corn. Therefore, the delay of planting date by May was more suitable for use in cropping system.

(Key words): Early planting, Feed value, Forage yield, Late planting, Silking days

I. 서론

옥수수(*Zea mays* L.)는 고능력우 젖소와 한우를 사육하는 우리나라에 적합한 사료작물이며(Kim, 1999), 수확 시 수분함량이 적합하여 바로 사일리지 제조가 가능하고 당 함량이 높아 첨가제 없이 사일리지를 제조하기도 가장 쉽다(Crowley et al., 1979;

Kim, 1999). 최근 기후변화가 심하여 고온, 가뭄, 집중호우 등 이상기후로 작물의 생산량이 감소뿐만 아니라 품질과 생산량이 불안정하다(Peng et al., 2015). 날씨, 기후 및 계절별 평균 기온도 예년과 다르게 조금씩 변하고, 날씨 및 기후도 예년과는 차이가 있다(Kim, 1999; Kim et al, 2020). 국내 사료용 옥수수의 파종 시기는 단작 재배 시 4월 초·중순, 이모작 작부체계의 경우는 5월

*Corresponding author: Jong Duk Kim, Yonam College, Cheonan 31005, Korea, Tel: +82-41-580-5505, Fax: +82-41-580-1241, E-mail: yasc@yonam.ac.kr

초·중순에 대부분 파종하고 있으며, 수확시기는 8월경이다(Lee, 1988; Kim et al., 1996; Kim et al., 1997; Kim, 1999). 그리고 우리나라는 경지 면적이 적기 때문에 단위면적당 조사료 생산을 최대화하기 위해 이모작 작부체계를 이용하는 것이 이상적이다. 그러나 우리나라에서 가장 많이 이용하는 이탈리아 라이그라스의 수확시기와 옥수수의 파종시기가 겹치기 때문에 옥수수를 단작으로 이용하거나 옥수수의 파종시기가 늦어지고 있다. 또한 전작물인 이탈리아 라이그라스, 호밀, 보리 등 겨울사료작물이 후작물인 옥수수, 수수 및 수단그라스 교잡종과 같은 여름사료작물의 사초 생산성과 품질에 영향을 미친다(Kim, 1999; Kim et al., 2014; Chung et al., 2010).

따라서 본 시험은 파종시기를 달리 하였을 때 옥수수 품종의 생육특성, 사초생산성 및 사료가치를 비교하기 위하여 수행하였다.

II. 재료 및 방법

포장시험은 연암대학교 실습농장에서 2019년 4월 12일부터 8월 20일까지 실시하였다. 시험설계는 6처리 3반복 분할구배치법으로 주구는 파종시기로 조기파종(4월 12일)과 만기파종(5월 10일)으로 파종하였으며, 세구는 품종으로 ‘P0928’, ‘P1543’ 및 ‘P2088’ 품종을 배치하였다. 공시한 품종의 상대숙기(relative maturity, RM)는 ‘P0928’은 108일, ‘P1543’은 115일, ‘P2088’은 120일 품종이었다. 시험구의 크기는 6 m² (1.5 m × 4 m)로 옥수수의 재식밀도는 후폭(너비) 75 cm와 주간간격 19 cm로 ha 당 70,000주를 파종하였다. 파종시 옥수수는 재식밀도에 준하여 2점씩 점파로 하고, 옥수수가 무릎 정도 자랐을 때 1점씩 제거하였다. 시비량은 질소 100 kg/ha, 인산 150 kg/ha, 칼리 150 kg/ha, 구비 10,000 kg/ha를 기비로 주고, 추비는 질소 100 kg/ha를 주었다. 그리고 잡초를 예방하기 위해 제초제 라쏘+시마진을 혼합하여 파종 후 토양 전면에 살포하였다.

시험지역의 기후는 Table 1에서 보는 바와 같다. 시험기간 동

안 시험지역의 평균 온도는 2019년과 예년이 각각 20.1℃와 20.4℃로 큰 차이가 없었고, 반면 강수량은 2019년과 예년이 각각 429.2 mm와 708.8 mm로 예년에 비하여 279.6 mm가 적었다. 특히 2019년 4월과 5월은 거의 비가 오지 않았다. 2019년의 생육 초기 낮은 강수량은 본 시험의 시험성적에도 영향을 미쳤다.

옥수수의 수확시기는 유선(milkline)이 2/3인 황숙후기, 즉, 조기파종(4월 12일)은 8월 5일, 만기파종(5월 10일)은 8월 21일에 수확하였다. 옥수수의 출사소요일수(silking days)는 파종에서 출사기까지의 일수로 하였다. 파종에서 출사기까지의 유효적산온도(growing degree days, GDD)의 계산은 최저기준온도와 최고기준온도를 병용하는 것이 유효적산온도의 정확도를 높였다는 보고에 따라(Gilmore and Rogers, 1958) 최저기준온도를 10℃, 최고기준온도를 30℃로 하여 1일 GDD (GDD = 최고온도 + 최저온도) / 2로 계산을 하였다. 단 10℃이하의 최저온도는 10℃으로 하고, 30℃ 이상의 최고온도는 30℃으로 계산하였다. 고온에 의한 온도장해를 보완하기 위해 Cross and Zuber (1972)의 방법에 따라 30℃보다 높은 경우 30-(최고온도-30℃)로 계산하였다.

옥수수의 착수고(ear height)는 수확 시 지면으로부터 첫 번째 암이삭이 달린 마디까지의 높이를 측정하였으며, 초장(plant height)은 지면에서 웅수 끝까지의 높이를 측정하였다. 내도복성, 내충성 각각의 특성을 평점 1에서 9까지의 점수로 아주 좋은 경우는 1점, 아주 나쁜 경우에는 9점을 부여하였다. 흑조위축병(rice black-streaked dwarf virus; RBSDV)의 이병률은 시험구의 전체 주수에 대한 이병주수의 비율로 계산하여 %로 하였다. 경엽(stover)과 암이삭(ear) 건물물을 구하기 위하여 시험구당 2주의 옥수수를 경엽과 암이삭을 분리하여 65℃의 열풍건조기에서 1주일 건조하여 건조전후 무게로 건물물을 계산하였다. 암이삭 비율(ear percentage)은 전식물체 중에 암이삭이 차지하는 비율로 계산하였다. 옥수수의 건물수량 계산공식은 건물수량에 건물물을 곱하였으며, TDN (total digestible nutrients, 가소화영양소총량) 건물수량은 Pioneer Hi-bred사가 제시한 공식 TDN 건물수량=

Table 1. Temperature and precipitation of sunshine at Cheonan in 2019

Month	Temperature		Precipitation	
	2019	Avg.	2019	Avg.
	℃		mm	
April	12.4	12.6	20.1	40.1
May	17.2	17.2	15.1	88.0
June	20.4	21.5	84.9	134.1
July	24.3	24.7	234.7	267.7
August	26.4	25.7	74.4	178.9
Mean and Sum	20.1	20.4	429.2	708.8

Avg = 30 year average.

(경엽의 건물수량 × 0.582) + (암이삭의 건물수량 × 0.85)에 의하여 계산하였다 (Holland et al., 1990).

CP (crude protein) 함량은 AOAC법 (1995)으로 분석하였으며, NDF (neutral detergent fiber)와 ADF (acid detergent fiber)는 Goering and Van Soest (1970)의 방법으로 분석하였다. NE_L (net energy for lactation, 비유정미에너지) 및 TDN 값은 옥수수의 경우 Jurgens(1988) 방법을 수정한 계산식으로 계산하였다.

$$NE_L = 2.3924 - (0.033 \times ADF), TDN = (NE_L \times 40.862) + 2.898$$

통계처리는 SAS Program을 이용하여 분할구배치법(split plot design)으로 하였으며, 처리 간 비교는 최소유의차(LSD = least significant difference) 검정을 통하여 수행 하였다. 통계적 유의성은 *p*-value가 0.05 이하일 때 유의성이 있다고 판단하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 옥수수의 생육특성

옥수수의 생육특성은 Table 2에서 보는 바와 같다. 출사소요일수는 조기파종보다 만기파종이 13일 빨랐고(*p*<0.001), 품종의 출사소요일수는 ‘P0928’이 다른 품종에 비하여 조금 빨랐으며, ‘P2088’은 다른 품종에 비해 다소 늦었으나 유의적인 차이는 없었다. Kim et al. (1996)에 의하면 조기파종에서 파종시기가 1일 늦어질 때마다 출사소요일수가 1일 단축되며, 만기파종에서는 파종시기가 1일 지연되면 0.8일 단축된다고 하였는데, 본 시험은 선

행연구(Kim et al., 1996; 1997; Lee et al., 2014)보다 많이 단축되었다. 즉, 파종일이 1일 늦어짐에 따라 2.1일 단축되었다. 이는 지구온난화로 과거보다 온도가 많이 상승하여 더 많이 단축된 것으로 여겨진다.

옥수수의 출사유효적산온도(silk GDD)는 조기파종에 비하여 만기파종이 44℃ 높았으며(*p*<0.0001), 공시품종간에 출사유효적산온도는 조기 및 만기 파종 모두 ‘P2088’ 품종이 높았으며, 낮은 품종은 ‘P0928’ 이었다(*p*<0.001). 옥수수 품종의 상대숙기는 출사유효적산온도가 상이하며, 상대숙기가 약 120일 내외의 옥수수는 수확까지 약 1,415~1444℃의 유효적산온도가 필요하다고 하였다(Paul, 2017). 또한 옥수수 품종의 상대숙기 판정은 출사소요일수보다 파종에서 출사기까지 출사유효적산온도에 의한 것이 더 정확하다고 하였다(Seo and Lee, 1996). 또한 Kim (1999)은 파종시기간 출사유효적산온도의 비교에서 파종이 32일 늦어짐에 따라 출사유효적산온도는 38℃ 높았으며, 공시품종간 유효적산온도의 변이도 조기파종에서 품종간의 차이가 만기파종에서 품종간 차이보다 뚜렷한 차이가 있다고 하여 본 시험과 같은 경향을 보였다. 따라서 옥수수 품종의 상대숙기 판정은 적기에 파종(조기파종)하여 규명하는 것이 좋을 것으로 판단되었다. 그리고 만기파종이 조기파종보다 출사소요일수가 짧은 이유는 출사유효적산온도가 조기파종에 비해 만기파종이 44℃ 높은 것이 원인으로 여겨진다.

옥수수의 착수고(ear height)는 만기파종이 조기파종보다 10 cm 높았다(*p*<0.05). George (1981)는 파종시기가 지연됨에 따라 착수고가 높아진다는 경우가 있다고 보고하였는데, 본 시험에서

Table 2. Effect of planting date and hybrid on the agronomic characteristics of corn

Planting date	Hybrid	Silking days	Silk GDD	Height		Lodging resistance	Insect resistance	RBSDV
				Ear	Plant			
				cm		(1-9)		%
12 April	P0928	78	637	94	276	1.0	1.7	2.7
	P1543	79	649	107	286	1.0	2.0	4.7
	P2088	79	649	98	286	1.3	1.7	3.7
	Mean	79	645	100	283	1.1	1.8	3.7
10 May	P0928	65	675	109	293	2.0	2.7	1.0
	P1543	65	675	107	291	1.0	3.0	0.0
	P2088	68	717	114	301	1.0	2.7	0.0
	Mean	66	689	110	295	1.3	2.8	0.3
P-value								
Planting date (P)		0.0001	0.0001	0.0257	0.1656	0.0687	0.0147	0.0004
Hybrid (H)		0.1074	0.0006	0.4884	0.6869	0.0097	0.6789	0.7974
P × H		0.3090	0.3573	0.2356	0.8689	0.0010	1.0000	0.2392

Rating; 1 = strong (good), 9 = weak (poor).

Silking days=planting to silking days, silk GDD = planting to silking GDD. RBSDV = rice black-streaked dwarf virus.

도 유사한 결과가 나타났다. 이는 파종시기가 옥수수의 착수고에 영향을 미치는 것을 확인할 수 있었다. 초장(plant height)은 만기파종이 조기파종보다 12 cm 높았으나 유의적 차이는 없었다. Lee et al. (2014)은 옥수수 파종시기가 빠를수록 초장이 높아진다는 경향이 있다고 보고하였으나, Kim (1999)은 파종시기가 늦어짐에 따라 초장은 증가하나 착수고는 낮았다고 하였다. 본 시험과 다른 연구를 종합해 볼 때 기후에 따라 달라질 수 있지만 일반적으로 파종시기가 늦어짐에 따라 초장은 증가하며 그 원인은 기온과 강수량이 원인인 것으로 판단된다(Kim, 1999; Kim et al., 2020).

옥수수의 내도복성(Lodging resistance)은 파종시기 간에 유의적 차이는 없었으나, 내도복성은 ‘P1543’이 조기파종 및 만기파종 시 다른 품종에 비해 강했다($p<0.01$). 내충성(Insect resistance)은 조기파종이 만기파종보다 강했다($p<0.05$). 미국에서는 조명나방에 의한 피해가 가장 많았으며, 피해가 적게는 3~6%이며(Rice and Ostle, 1997), 수량 손실이 심했던 해에는 35%까지 감소되었다(Guthrie et al., 1975; Bundy, 1987). Kim (1999)은 조명나방 애벌레의 피해는 옥수수의 생육후기에 급증하며 잦은 비와 바람에 옥수수가 쉽게 부러지며 수량 손실이 많을 뿐만 아니라 품질이 감소하는 원인이 된다고 하였다. 그리고 조기파종과 만기파종의 비교에서 만기파종에서 조명나방에 의한 피해가 크다고 하여 본 시험과 같은 경향을 보였다. 옥수수의 총해 피해의 대부분은 조명나방이며 조명나방의 피해가 많은 지역에서는 조기에 파종하는 것을 좋을 것으로 판단된다.

중부지역에서 흑조위축병(rice black-streaked dwarf virus; RBSDV) 발생이 다소 심한 곳은 천안지역이다(Choi et al.,

2008). 흑조위축병 이병률은 조기파종이 만기파종보다 3.4%로 강하였다($p<0.001$). 내충성과 흑조위축병에서는 품종간에 유의적 차이가 없었다. Choi et al. (2017)의 보고에 의하면 옥수수를 동일한 시기에 파종하여도 품종간에 유의적 차이가 있다고 하였는데 본 시험은 다른 결과가 나타났다. 이는 선행 연구에 선발된 옥수수 품종이 흑조위축병에 약했던 것으로 생각되고, 본 시험에 선발된 옥수수 품종은 흑조위축병에 강한 품종이었기에 품종 간에 유의적 차이가 나타나지 않은 것으로 사료된다.

2. 옥수수의 사초생산성

옥수수의 사초생산성은 Table 3에서 보는 바와 같다. 옥수수 경엽(stover)의 건물률은 만기파종이 21.2%로 높았다($p<0.01$). 암이삭(ear)의 건물률은 만기파종이 50.6%로 높았다($p<0.05$). 전 식물체(whole plant)의 건물률은 만기파종이 38.0%로 높았으나($p<0.05$), 옥수수 품종간에 유의적 차이는 없었다. 옥수수의 건물수량이 가장 높은 시기는 경엽의 건물률이 10~20%, 암이삭 50% 내외, 전 식물체는 38~42%라고 하였다(Giardini et al., 1976). 암이삭 비율(ear percentage)은 조기파종이 50.0%로 높았으며($p<0.001$), 옥수수 품종간 비교에서 조기파종은 ‘P0928’ 품종이 58.0%, 만기파종은 ‘P1543’ 품종이 43.0%로 가장 높게 나타났다($p<0.01$). 그리고 Son et al. (2009)도 파종시기가 늦어질수록 암이삭 비율이 감소한다고 보고하였는데, 본 시험에서도 유사한 결과가 나타났다($p<0.01$). 따라서 파종시기가 늦어질수록 암이삭 비율이 감소하는 것을 확인할 수 있었다.

Table 3. Effect of planting date and hybrid on the forage production of corn

Planting date	Hybrid	Dry Matter			Ear	DM yield	TDN yield
		Stover	Ear	Whole plant			
		%			kg/ha		
12 April	P0928	16.2	49.2	35.0	58.0	12,485	9,215
	P1543	19.6	46.9	35.1	49.3	14,769	10,560
	P2088	20.0	46.9	35.3	42.7	13,941	9,715
	Mean	18.6	47.7	35.1	50.0	13,732	9,830
10 May	P0928	22.0	51.0	38.6	42.5	17,934	12,419
	P1543	20.1	53.0	38.9	43.0	22,632	15,735
	P2088	21.6	47.8	36.5	35.0	24,468	16,480
	Mean	21.2	50.6	38.0	40.2	21,678	14,878
P-value							
Planting date (P)		0.0075	0.0397	0.0082	0.0005	0.0034	0.0042
Hybrid (H)		0.2670	0.1945	0.6284	0.0026	0.3028	0.3497
P × H		0.0500	0.2562	0.4579	0.1901	0.6477	0.6100

DM = dry matter, TDN = total digestible nutrients.

옥수수의 건물수량(DM yield)은 만기파종이 7,946 kg/ha 높았다($p < 0.01$). Jung et al. (2014)은 수확시기가 늦어질수록 유효적산온도가 증가하여 건물수량이 증가한다고 보고하였으며, Kim (1999)은 파종시기가 늦어짐에 따라 고온에 의하여 출사유효적산온도(Silk GDD)가 높아진다고 하여 본 시험에서도 같은 경향을 확인할 수 있었다. 이는 선행 연구 및 본 시험이 수행된 연도별 기후 차이에 따른 것으로 사료된다. 옥수수의 TDN 수량은 만기파종이 조기파종보다 5,048 kg/ha 높았다($p < 0.01$). 건물 및 TDN 수량에서는 품종간에 유의적 차이는 없었다. 한편 Hunt et al. (1992)은 옥수수 품종의 비교에서 건물수량은 품종 간에 차이가 크지 않았으나 TDN 수량은 옥수수 품종간에 차이가 있었으며, 사일리지용 옥수수의 품종간 비교에서 건물수량보다 TDN 수량이 더 중요하다고 보고하였는데 본 시험에서는 공시한 품종간에는 차이가 나타나지 않았다. 반면 파종시기에서는 만기파종의 옥수수 수량이 조기파종에 비해 모두 높게 나타났다($p < 0.01$). 이는 지구 온난화로 예년에 비해 가뭄이 심해지고 기후가 조금씩 변하고 있기 때문에 만기파종의 옥수수 수량이 조기파종보다 높게 나온 것으로 사료된다.

3. 옥수수의 사료가치

옥수수의 사료가치는 Table 4에서 보는 바와 같다. 조단백질(crude protein) 함량은 조기파종이 만기파종보다 0.9% 높았다($p < 0.01$). Lee et al. (2019)은 파종시기가 늦을수록 조단백질 함량이 낮아진다는 보고와 비슷한 경향을 보였으며($p < 0.01$), 옥수수의 품종 비교에서 조단백질함량은 유의적 차이는 없었다. 반면

Lee et al. (2014)의 선행 연구에서는 파종시기에 따른 옥수수의 조단백질 함량은 파종시기가 늦은 5월 20일에 높았다고 보고 하였는데 이는 공시한 품종의 차이가 원인인 것으로 여겨진다.

NDF (neutral detergent fiber) 함량은 만기파종이 조기파종보다 0.9% 낮았으나 파종시기와 품종 간에 유의적 차이는 없었다. ADF (acid detergent fiber) 함량은 만기파종이 조기파종보다 1.4% 낮았으며($p < 0.01$), 품종 간에 ADF 함량은 조기 및 만기파종시 ‘P2088’이 다른 품종에 비해 낮았다($p < 0.05$). 그리고 Johnson et al. (2002)은 옥수수의 수확시기가 빠를수록 NDF 및 ADF 함량이 증가한다고 보고하였는데, 본 시험에는 수확시기가 빠른 조기파종의 NDF 함량이 높았으나, 파종시기에 따른 유의적 차이는 없었다.

TDN 함량은 만기파종이 1.7% 높았다($p < 0.01$). 품종 간에 유의적 차이는 없었다. 비유정미에너지(net energy for lactation; NE_L)는 만기파종이 0.04 (Mcal/kg) 높았다($p < 0.01$). 한편 Hunt et al. (1992)의 선행 연구에 의하면 옥수수 NE_L 을 비교하였을 때 품종간에 유의적 차이가 있었다고 보고 하였는데, 본 시험에서는 품종간에 유의적 차이가 나타나지 않았다. 단, 파종시기에 따른 유의적 차이만 나타났다($p < 0.01$).

이상 결과를 종합해 보면 품종간에 큰 차이는 볼 수 없었으나, 파종시기에 따른 유의적 차이를 보였다. 만기파종(5월)의 옥수수가 조기파종(4월)보다 사초생산성 많고 사료가치가 높았다. 따라서 기후와 품종에 따라서 차이는 있을 수 있지만 파종시기를 한 달 늦추어도 옥수수의 수량과 사료가치는 문제가 없을 것으로 판단된다.

Table 4. Effect of planting date and hybrid on the chemical composition of corn

Planting date	Hybrid	%					NEL Mcal/kg
		CP	NDF	ADF	TDN		
12 April	P0928	9.2	42.5	19.4	69.3	1.63	
	P1543	8.5	44.3	20.4	68.2	1.60	
	P2088	8.5	41.7	18.9	69.7	1.63	
	Mean	8.7	42.8	19.6	69.1	1.62	
10 May	P0928	7.7	39.6	17.9	70.9	1.67	
	P1543	8.0	43.2	19.1	69.8	1.64	
	P2088	7.6	40.6	17.7	71.6	1.68	
	Mean	7.8	41.9	18.2	70.8	1.66	
P-value							
Planting date (P)		0.0043	0.0877	0.0089	0.0093	0.0055	
Hybrid (H)		0.4921	0.0509	0.0452	0.0956	0.0795	
P × H		0.3884	0.6595	0.9757	0.9644	0.9514	

CP = crude protein, ADF = acid detergent fiber, NDF = neutral detergent fiber, TDN = total digestible nutrients, NE_L = net energy for lactation.

IV. 요약

최근 봄 가뭄과 이모작 작부체제로 인하여 옥수수의 파종시기가 지연되고 있다. 따라서 본 시험은 옥수수 품종을 한 달 간격으로 조기파종(4월 12일), 만기파종(5월 10일)으로 파종하였을 때 사일리지용 옥수수 품종의 생육특성, 사초 생산성 및 사료가치를 비교하기 위하여 중부지방(충남 천안)에서 4월 12일부터 8월 20일까지 수행하였다. 옥수수의 착수고는 만기파종이 조기파종보다 높았으나($p<0.05$), 초장은 품종간에 유의적 차이가 없었다. 내도 복성은 품종간에 차이가 있었으나($p<0.01$) 파종시기간에 차이가 없었다. 반면 내충성은 품종간에 차이가 없었으나 파종시기간에는 차이가 있었다($p<0.05$). 흑조위축병(RBSDV) 이병률은 만기 파종이 조기파종보다 낮았다($p<0.001$). 암이삭 비율은 품종 간에 유의적 차이가 보였다($p<0.01$). 건물 및 TDN 수량도 조기파종에 비해 만기파종이 유의적인 차이를 보였다($p<0.01$). 조단백질은 파종시기간에 유의적 차이는 보였지만, 품종간에 유의적 차이는 나타나지 않았다. 만기파종의 ADF 함량은 조기파종보다 낮았으나($p<0.01$), NDF 함량은 품종 간에 유의적 차이가 없었다. 조기 파종보다 만기파종의 TDN 및 비유정미에너지(NE_L)가 높았다. 따라서 우리나라 각 지역별 기후와 강수량을 고려하여 이모작 작부체제에 적합한 동계사료작물을 재배 후 여름사료작물인 사일리지용 옥수수의 파종시기를 5월 중순까지 늦추어도 생산성 및 사료가치가 높을 것으로 사료된다.

V. REFERENCES

- AOAC. 1995. Official methods of analysis (14th ed.). Association of Official Analytical Chemists. Arlington. VA. Washington D.C.
- Bundy, L., Carter, P., Doersch, R., Cray, C. and Wedberg, J. 1987. Corn management; Diagnostic guide. Pioneer Hi-bred International. Inc. Des Moines, IA.
- Choi, G.J., Lim, Y.C., Kim, K.Y., Seong, B.R., Kim, M.J., Kim, W.H., Ji, H.C., Lee, J.K., Jeon, B.S., Jung, M.W., Lee, S.H. and Seo, S. 2008. Actual outbreak status of rice black-streaked dwarf virus disease in forage corn of Korea. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 28:221-228.
- Choi, G.J., Lim, Y.C., Yoon, S.H., Ji, H.C., Lee, S.H., Jung, M.W., Kim W., Park, H.S. and Kim, K.Y. 2017. Effect of rice black-streaked dwarf virus (RBSDV) infection rate on forage productivity of corn variety in Middle District of Korea. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 37:44-49.
- Chung, E.S., Jo, M.H., Kim, J.K., Nam, D.W., Jin, S.J., Jang, S.Y. and Kang, H.S. 2010. Agronomic and silage traits of corn over time. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 30:325-332.
- Cross, H.Z. and Zuber, M.S. 1972. Prediction of flowering dates in maize based on different methods of estimating thermal units. *Crop Science* 12:351-355.
- Crowley, J.W., Jorgensen, N.A. and Barrington, G.P. 1979. Corn silage for the dairy ration. Wisconsin University Extension. Wisconsin.
- George, J.R. 1981. Grain crop production in the North Central United States (3rd ed.). Iowa State University. Print.
- Giardini, A., Gaspari, F., Vecchiellini, M. and Schenoni, P. 1976. Effect of maize silage harvest stage on yield, plant composition and fermentation losses. *Animal Feed Science and Technology*. 1:313-326.
- Gilmore, E.C. and Rogers, J.S. 1958. Heat units as a method of measuring maturity in corn. *Agronomy Journal*. 50:611-615.
- Goering, H.K. and Van Soest, P.J. 1970. Forage fiber analysis. *Agri. Handbook* 379. U.S. Gov. Print. Office. Washington. DC.
- Guthrie, W.O., Russell, W.A., Neumann, F.L., Reed, G.L. and Grindeland, R.L. 1975. Yield loss in maize caused by different levels of infestation of second-brood European corn borer. *Iowa State Journal of Research*. 50:239-253.
- Holland, C., Kezar, W., Kautz, W.P., Lazowski, E.J., Mahanna, W.C. and Reinhart, R. 1990. The Pioneer forage manual; A nutritional guide. Pioneer Hi-Bred Int. Des Moines IA.
- Hunt, C.W., Kezar, W. and Vinande, R. 1992. Yield, chemical composition and ruminal fermentability of corn whole plant, ear and stover as affected by hybrid. *Journal of Production Agriculture*. 5:286-290.
- Johnson, L.M., Harrison, J.H., Davidson, D., Mahanna, W.C., Shinnors, K. and Linder, D. 2002. Corn silage management; Effects of maturity, inoculation, and mechanical processing on pack density and aerobic stability. *Journal of Dairy Science*. 85:434-444.
- Jung, G.H., Kim, S.L. and Kwon, Y.U. 2014. Effect of sowing time on growth and yield of sweet corns. *Journal of the Korean Society of International Agriculture*. 26:496-504.
- Jurgens, M.H. 1988. Evaluating feedstuffs of farm livestock. In: *Animal feeding and nutrition* (6th ed.). Kemdall-Hunt Publishing. Dubuque. IA. pp. 53.
- Kim, D.A., Koh, S.B., Kwon, C.H., Kim, M.C., Han, K.J., Kim, J.D., Lee, K.N., Shin, D.U. and Kim, J.K. 1997. Evaluation of early maturing and superior performance corn hybrids for silage in the Central North and Cheju regions. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 17:323-328.
- Kim, D.A., Lee, K.N., Shin, D.E., Kim, J.D. and Han, K.J. 1996.

Effect of Planting Date and Hybrid on Corn Production

- Effect of planting date on forage yield and quality of corn hybrids of four maturity groups. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 14:327-337.
- Kim, J.D. 1999. Studies on forage performance and quality of the government recommended corn hybrids for silage. Ph.D. Thesis. Seoul National University Korea.
- Kim, J.D., Kim, J.K. and Kwon, C.H. 2014. Studies of organic forage production system for animal production in Korea. *Korea Journal of Organic Agriculture*. 22:155-166.
- Kim, J.G., Li, Y.W., Wei, S.N., Jeong, E.C. and Kim, H.J. 2020. Comparison of the forage quality and productivity according to varieties and plant parts of imported silage corn (*Zea mays*, L). *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 40:98-105.
- Lee, H.J., Joo, Y.H., Lee, S.S., Paradipta, D.H.V., Han, O.K., Ku, J.H., Min, H.G., Oh, J.S. and Kim, S.C. 2019. Effect of the sowing and harvesting dates on the agronomic characteristics and feed value of corn and sorghum× sorghum hybrid in Youngnam Mountain Area. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 39:53-60.
- Lee, M.Y. 1988. Effect of cropping system on the production and feed value of forage in Central Northern Area. Ph.D. Thesis. Seoul National University. Korea.
- Lee, S.H., Choi, G.J., Kim, W.H., Kim, Y.J. and Jeong, J.S. 2014. Suitable sowing period of corn in Central Korea by climate warming. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 19:150-151.
- Paul, R.C. 2017. Selecting corn hybrids. University of Wisconsin-Extension A3265. University of Wisconsin.
- Peng, J.L., Kim, M.J., Kim, Y.J., Jo, M.H., Nejad, J.G., Lee, B.H., Ji, D.H., Kim, J.Y., Oh, S.M., Kim, B.W., Kim, K.D., So, M.J., Park, H.S. and Sung, K.I. 2015. Detecting the climate factors related to dry matter yield of whole crop maize. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology*. 17:261-269.
- Rice, M.E. and Ostlie, K. 1997. European corn borer management in field corn; A survey of perceptions and practices in Iowa and Minnesota. *Journal of Production Agriculture*. 10:628-634.
- Seo, J.H. and Lee, H.J. 1996. Variation of growth and yield of silage corns according to maturity. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 17:323-328.
- Son, B.Y., Kim, J.T., Song, S.Y., Baek, S.B., Kim, C.K. and Kim, J.D. 2009. Comparison of yield and forage quality of silage corns at different planting dates. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 29:179-186.

(Received : March 14, 2022 | Revised : March 23, 2022 | Accepted : March 23, 2022)