

Research Article

영남산간지역에서 옥수수과 수수×수수 교잡종의 파종시기와 수확시기가 조사료 생육 특성과 사료가치에 미치는 영향

이혁준¹, 주영호¹, 이성신¹, Dimas H. V. Paradipta¹, 한옥규^{2,3}, 구자환³, 민형규⁴, 오정식⁴, 김삼철^{1,*}

¹경상대학교 응용생명과학부(BK21Plus, 농업생명과학연구원), ²국립한국농수산대학 식량작물학과,

³국립식량과학원 중부작물부, ⁴산청군 농업기술센터

Effect of the Sowing and Harvesting Dates on the Agronomic Characteristics and Feed Value of Corn and Sorghum × Sorghum Hybrid in Youngnam Mountain Area

Hyuk-Jun Lee¹, Young-Ho Joo¹, Seong-Shin Lee¹, Dimas Hand Vidya Paradipta¹, Ouk-Kyu Han^{2,3},
Ja-Hwan Ku³, Hyeong-Gyu Min⁴, Jung-Sik Oh⁴ and Sam-Churl Kim^{1,*}

¹Division of Applied Life Science (BK21Plus, Institute of Agricultural and Life Science), Gyeongsang National University, Jinju, 52828, Korea

²Department of Crop Science, Korea National College of Agriculture and Fisheries, Jeonju, 54874, Korea

³Central Area Crop Breeding Division, NICS, RDA, Suwon, 16429, Korea

⁴Sancheong Agricultural Technology center, Sancheong, 52221, Korea

ABSTRACT

This study was carried out from 2015 to 2016 to identify the suitable sowing and harvesting dates of summer crops in the mountain of Yeongnam, South Korea. The experimental design consisted of the different sowing and harvesting dates as follows: corn hybrid (*Z. mays*, Kwangpyeongok) of sowing (May 8, 19, and 27) and harvesting (August 10, 20, and 30); sorghum×sorghum hybrid (*Sorghum bicolor* × *Sorghum bicolor*, SS405) of sowing (May 27, June 19 and June 27) and harvesting (August 10, 20, and 30). In corn hybrid, ear rate and dry matter (DM) yield decreased ($p<0.05$) with the postponement of sowing date. Otherwise, ear rate and DM yield increased ($p<0.05$) with the postponement of harvesting date. Crude protein content decreased ($p<0.05$) with the postponement of sowing date, but neutral detergent fiber content increased ($p<0.05$). In sorghum×sorghum hybrid, plant length and DM yield with the postponement of harvesting date increased ($p<0.05$), while crude protein content with the postponement of harvesting date decreased ($p<0.05$). This study concluded that sowing corn hybrid in early May and sorghum×sorghum hybrid in early June then harvest in the middle of August was recommend to increase dry matter yield and feed value.

(Key words: Corn, Dry matter yield, Harvesting date, Sowing date, Sorghum×sorghum hybrid)

I. 서론

최근 국내산 쌀 소비량 감소로 인한 수급 불균형으로 쌀 재고량이 크게 증가하면서 이를 해결하기 위한 방안 모색이 절실히 요구되고 있다. 특히 사료용 곡류와 조사료 가격이 상승하고 있는 점을 고려했을 때 벼 재배용 논에서 양질의 여름사료작물을 대체 생산하는 방안이 제시되고 있다(Choi and Song, 2011; Ji et al., 2010).

우리나라 논에서 재배가 가능한 대표적인 여름사료작물로는 옥수수, 수단그라스, 수수류 등이 있다. 옥수수는 C4식물로서 고온에서도 광합성 효율이 높아서 생산성이 우수하며, 가소화영양소총량(TDN)과 기호성이 좋다(Son et al., 2009). 또한 파종에서 수확 시까지 기계화가 용이하여 노동력 절감에 유리하고 사일리지 제조 시 품질이 우수하다(Cardwell, 1982). 하지만 습해에 약해 옥수수를 논에서 재배하기 위해서는 수직 배수가 잘 되는 사양토 또는 계단식의 산지 논을 이용하는 것이 습해를 감소시키는데 유

*Corresponding author: Sam Churl Kim, Division of Applied Life Science (BK21Plus, Insti. of Agri. & Life Sci.), Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea. Tel: +82-55-772-1947, Fax: +82-55-772-1949, E-mail: kimsc@gnu.ac.kr

리한 것으로 보고되었다(Ji et al., 2010). 국내에서 육성된 옥수수 품종으로는 광평옥, 강다옥 등이 있으며, 광평옥은 수량이 많고 재해에 강하며, 검은줄오갈병(black-streaked dwarf virus)에 대한 내성이 높고 저항성이 우수하다고 알려져 있다(Moon et al., 2001). 수수류는 옥수수와 비교했을 때 내병성, 내충성, 내습성 등이 강하고 잡초와의 경합력이 강한 특성을 지니고 있어서, 옥수수 재배가 어렵거나 병충해가 심한 지역에서 많이 이용되고 있다(Choi et al., 2010; Ji et al., 2010). 수수×수수 교잡종은 단위면적당 수량이 많으며, 줄기와 잎에 당도가 높고 리그닌 함량이 낮아서 사일리지 제조에 적합하다고 보고되었다(Li et al., 2013).

일반적으로 옥수수는 4월 말에서 5월 초까지 파종하여 8월경에 수확한다(Kim et al., 1996). 그러나 옥수수의 파종시기가 늦어질 경우 단위면적당 수량이 떨어지고 병충해에 의한 피해가 높아지며, 적정 시기에 수확할 경우에는 건물수분과 2차 발효에 의한 부패를 억제할 수 있지만, 조기 수확 시에는 건물물이 낮고 이상 발효로 인한 부패가 일어날 가능성이 높다(Center and Jones, 1971). 또한 여름사료작물의 파종과 수확시기는 겨울사료작물의 생산성과 품질에도 크게 영향을 미친다(Chung et al., 2010). 이와 같이, 여름사료작물의 작부체계 수립은 조사료 생산성과 품질에 매우 중요한 요인으로 작용하지만, 옥수수와 수수×수수 교잡종의 작부체계에 관한 연구는 주로 충북부지방에서 수행되었고, 남부지방 산지 논에서의 연구는 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구는 영남 산간지역인 산청의 계단식 벼 재배용 논에서 옥수수와 수수×수수 교잡종의 파종시기와 수확시기에 따른 조사료 생산성과 사료적 가치를 조사하기 위해 수행하였다.

II. 재료 및 방법

1. 재배방법

옥수수와 수수×수수 교잡종의 재배시험은 경남 산청군 오부면 소재(35°29'53.5"N, 127°53'21.9"E)에서 2015년 5월에서 8월까지(1차), 2016년 5월에서 8월까지(2차) 2회 실시하였다. 옥수수와 수수×수수 교잡종의 품종은 국내산 광평옥과 수입종인 SS405를 각각 사용하였다. 옥수수는 5월 8일, 19일 및 27일에 2립씩 점파하였으며 4-5 엽기에 1주만 남겨두고 수확하였다. 시비량은 ha

당 질소, 인산 및 칼리를 100, 150 및 100 kg를 기비로 파종 전에 사용하였고, 본엽이 6-8매일 때 ha 당 질소 100 kg와 칼리 100 kg를 추비로 주었다. 재식거리는 70 cm x 15 cm 이었다. 수수×수수 교잡종은 5월 27일, 6월 6일과 16일에 세조파로 하였으며, 파종량은 40 kg/ha 이었다. 시비는 ha 당 질소, 인산 및 칼리를 각각 250, 150 및 150 kg를 전량 기비로 주었는데, 그중 질소는 50%를 기비로 주었고, 초장이 30 cm 정도 자란 후 나머지를 추비로 주었으며, 인산은 전량 기비로 주었다. 수확은 두 작물 모두 각각 8월 10일, 20일 및 30일에 수확하였다. 기타 재배방법은 농촌진흥청 표준재배법에 따라 수행하였다(RDA, 2003). 시험구 당 면적은 6 m x 2 m = 12 m² 이었으며, 시험구 배치는 파종시기와 수확시기를 2요인 난괴법 3반복으로 배치하였다.

시험포장 토양의 이화학적 특성은 Table 1과 같다. 토양비옥도는 pH 5.7, 유기물 31.8 g/kg, 유효인산 166.7 mg/kg, 유효규산 185.7 mg/kg, 칼륨 0.3 cmol⁺/kg, 칼슘 5.3 cmol⁺/kg 및 마그네슘 1.2 cmol⁺/kg으로 나타났다. 재배시험기간인 2015년과 2016년 산청지역의 기온과 강수량은 Table 2와 같다. 파종기간인 5월 평균기온과 강수량은 18.9℃와 128.7 mm로 최근 5년간 평균기온인 17.6℃ 비해 높았다. 수확기간인 8월의 평균기온은 25.4℃로 최근 5년간 평균기온과 큰 차이가 없었으나, 강수량은 151.9 mm로 적었다.

2. 조사방법

옥수수의 초장(plant length), 간장(stem height), 엽수(leaf number) 및 이삭비율(ear rate)과 수수×수수 교잡종의 초장은 농촌진흥청 농사시험연구조사기준(RDA, 2003)에 준하여 측정하였다. 생초수량은 각 시험구 12 m²에서 가운데 6 m²을 예취하여 ha 당 수량으로 환산하였다. 한편, 생초 1 kg을 채취하여 65℃ 순환식 열풍건조기에 72시간 이상에 걸쳐 건조를 시킨 후 무게를 측정하여 건물(dry matter, DM) 함량과 건물 수량을 계산하였다. 건조된 시료는 cutting mill(Shinmyung Electric, Daegu, Korea)로 분쇄하여 1 mm screen을 통과한 것을 분석용 시료로 이용하였다. 조단백질(crude protein, CP) 함량은 AOAC(1990) 분석법에 준하여 Kjeldahl(B-324, 412, 435 and 719Titrino, BUCHI, Essen, Germany) 장치를 이용하였고, neutral detergent fiber(NDF)와 acid detergent fiber(ADF) 함량은 Van Soest et al.(1991)법에 준하여 Ankom²⁰⁰ fiber analyzer(Ankom Technology, Macedon, NY, USA)를 이용하여 분석하였다.

Table 1. Chemical properties of the soil before experiment

| pH (1:5H ₂ O) | OM* (g/kg) | Av. P ₂ O ₅ (mg/kg) | Av. SiO ₂ (mg/kg) | Ex. cat. (cmol/kg) | | |
|--------------------------|------------|---|------------------------------|--------------------|-----|-----|
| | | | | K | Ca | Mg |
| 5.7 | 31.8 | 166.7 | 185.7 | 0.3 | 5.3 | 1.2 |

*OM = organic matter; Ex. cat. = expressing cation.

Table 2. Means of temperature and precipitation during the experimental period in Sancheong, South Korea

| Year | Month | Mean temp. (°C) | Precipitation (mm) |
|-----------|--------|-----------------|--------------------|
| 2015 | May | 18.7 | 96.1 |
| 2016 | | 19.1 | 161.2 |
| 2015~2016 | | 18.9 | 128.7 |
| 2012~2016 | | 17.6 | 107.8 |
| 2015 | June | 21.1 | 95.7 |
| 2016 | | 22.0 | 73.1 |
| 2015~2016 | | 21.6 | 84.4 |
| 2012~2016 | | 21.3 | 71.0 |
| 2015 | August | 24.3 | 191.5 |
| 2016 | | 26.4 | 112.3 |
| 2015~2016 | | 25.4 | 151.9 |
| 2012~2016 | | 25.0 | 235.9 |

3. 통계처리

시험에서 얻어진 결과값은 GLM SAS program (Ver. 9.1 program; SAS, 2002)을 이용하여 통계분석을 실시하였다. 분석모델에는 파종시기(sowing date effect), 수확시기(harvesting date effect) 및 각 요인의 상호효과(interaction effect)를 포함하여 분석하였다. 또한 Tukey test를 이용하여 시험구 간 유의성 검정을 실시하였다($p<0.05$).

III. 결과 및 고찰

1. 옥수수의 생육 특성

파종시기와 수확시기에 옥수수의 생육 특성에 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 3과 같다. 초장은 파종시기와 수확시기에 영향을 받지 않았으나($p>0.05$), 간장($p=0.009$; 252.7 vs. 240.0 vs. 236.2 cm), 엽수($p=0.003$; 13.6 vs. 12.5 vs. 12.0) 및 이삭비율($p<0.001$; 44.2 vs. 32.9 vs. 31.8%)은 파종시기에 따라 증가하였다. 또한, 엽수($p=0.005$; 14.0 vs. 12.7 vs. 11.8)는 수확시기에 따라 증가한 반면, 이삭비율($p<0.001$; 26.8 vs. 36.3 vs. 45.7%)은 감소하였다. 한편, 엽수는 5월 8일에 파종하여 8월 10일에 수확하였을 때 가장 많았고($p<0.05$), 5월 8일 파종-8월 30일 수확, 5월 19일 파종-8월 30일 수확 및 5월 27일 파종-8월 20일과 30일 수확 시 가장 적었다($p<0.05$). 이삭비율은 5월 8일 파종-8월 30일 수확 시 가장 높았고($p<0.05$), 5월 19일에 파종-8월 10일 수확 시 가장 낮았다($p<0.05$). 조사료 생산성에서는 파종시기에 따라 생초수량($p<0.001$; 7170.0 vs. 7706.7 vs. 5680.0 kg/ha)과 건물수량($p<0.001$; 2210.1 vs. 1726.1 vs. 1075.1 kg/ha)이 증가

하였고, 수확시기에 따라 건물수량($p=0.019$; 1571.1 vs. 1726.7 vs. 2104.6 kg/ha)이 증가하였다. 특히 건물수량은 5월 8일 파종-8월 30일 수확 시 가장 높았으며($p<0.05$), 5월 19일 파종-8월 10일과 20일 수확, 5월 27일 파종-8월 10일과 20일 수확 시 가장 적었다($p<0.05$).

Lee and Lee(2010)에 의하면 옥수수는 호숙기인 8월 18일부터 성장을 하지 않고 늦은 황숙기인 9월 1일까지 성장이 일정하게 유지한다고 보고하였으며, Jung et al.(2014)은 파종시기에 따라 옥수수의 간장이 감소한다고 보고하였는데, 이는 본 시험에서의 결과와 유사하였다. 그러나 Lee and Lee(2010)는 파종시기에 따라 옥수수의 엽수는 차이가 없었다고 보고하였지만, 본 시험에서는 파종시기와 수확시기에 따라 엽수가 많은 결과를 보였다. 이것은 파종시기와 수확시기에 따라 고사엽이 많이 발생하였기 때문인 것으로 사료되었다. 한편 사일리지용 옥수수는 암이삭 비율이 높을수록 사일리지 제조 시 품질이 개선된다고 알려져 있다(Kim et al., 1996). 선행연구들에서 Hunt et al.(1992)은 파종시기에 따라 알곡 충실도가 높아져 이삭비율이 증가한다고 하였으며, Son et al.(2009)은 파종시기에 따라 이삭비율이 감소한다고 하였는데, 본 시험에서도 유사한 경향의 결과를 보였다. 따라서 파종시기에 따라 옥수수의 이삭비율이 증가하여 양질의 사일리지 제조에 유리할 것으로 사료되었다. 또한 조사료의 생산성은 파종시기에 따라 건물수량이 감소한다고 알려져 있다(Kim et al., 1996; Son et al., 2009). Kim et al.(2010)도 파종시기에 따라 고온에서 생장 호흡에 의한 에너지 소모가 증가하여 유기물 생성이 저하된다고 하였으며, Chung et al.(2010)은 수확시기에 따라 유효적산온도가 증가하여 건물수량이 증가한다고 하였는데, 본 시험에서도 유사한 결과를 나타내었다.

Table 3. Effects of sowing and harvesting date on agronomic characteristics and yield of corn hybrid

| Sowing date | Harvesting date | Plant length (cm) | Stem height (cm) | Leaf number | Ear rate (%) | Yield (kg/ha) | |
|-------------|-----------------|-------------------|------------------|--------------------|---------------------|----------------------|----------------------|
| | | | | | | Fresh | Dry matter |
| May 8 | Aug. 10 | 289.0 | 250.0 | 15.2 ^a | 36.1 ^{bcd} | 7470.0 ^a | 1965.7 ^{bc} |
| | Aug. 20 | 286.0 | 259.7 | 14.0 ^{ab} | 46.8 ^{ab} | 6970.0 ^{ab} | 2199 ^{ab} |
| | Aug. 30 | 285.8 | 248.3 | 11.7 ^b | 49.6 ^a | 7070.0 ^a | 2465.5 ^a |
| | Mean | 286.9 | 252.7 | 13.6 | 44.2 | 7170.0 | 2210.1 |
| May 19 | Aug. 10 | 289.5 | 246.7 | 13.7 ^{ab} | 17.5 ^c | 6490.0 ^{ab} | 1382.0 ^d |
| | Aug. 20 | 285.5 | 238.0 | 12.5 ^{ab} | 34.4 ^{cd} | 6340.0 ^{ab} | 1587.5 ^d |
| | Aug. 30 | 285.7 | 235.3 | 11.3 ^b | 46.7 ^{ab} | 7290.0 ^a | 2208.2 ^{ab} |
| | Mean | 286.9 | 240.0 | 12.5 | 32.9 | 6706.7 | 1725.9 |
| May 27 | Aug. 10 | 285.5 | 233.7 | 13.0 ^{ab} | 26.9 ^{de} | 5330.0 ^b | 1365.7 ^d |
| | Aug. 20 | 285.5 | 244.7 | 11.8 ^b | 27.8 ^{de} | 5890.0 ^{ab} | 1393.5 ^d |
| | Aug. 30 | 284.8 | 230.3 | 11.2 ^b | 40.8 ^{abc} | 5820.0 ^{ab} | 1639.7 ^{cd} |
| | Mean | 286.8 | 236.2 | 12.0 | 31.8 | 5680.0 | 1466.3 |
| SEM | | 12.52 | 11.94 | 1.563 | 6.106 | 879.11 | 192.15 |
| Contrast* | SOW | 0.692 | 0.009 | 0.003 | <0.001 | <0.001 | <0.001 |
| | HARVEST | 0.579 | 0.486 | 0.005 | <0.001 | 0.919 | 0.019 |
| | SOW*HARVEST | 0.996 | 0.637 | 0.106 | 0.003 | 0.297 | 0.012 |

^{a-e}Means in the same row with different superscripts differ significantly ($p < 0.05$).

*SOW = sowing date; HARVEST = harvesting date; SOW*HARVEST = sowing date*harvesting date.

2. 옥수수의 사료가치

파종시기와 수확시기가 옥수수의 사료가치에 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 4와 같다. 건물($p=0.001$; 30.9 vs. 26.5 vs. 26.2%)과 조단백질($p=0.027$; 9.48 vs. 8.53 vs. 7.81%) 함량은 파종시기가 늦어질수록 감소하였으나, NDF($p<0.001$, 45.6 vs. 50.6 vs. 52.8%)와 ADF($p<0.001$; 23.1 vs. 26.6 vs. 27.6%) 함량은 증가하였다. 특히 5월 8일 파종-8월 30일 수확 시 건물 함량이 가장 높았($p<0.05$) 반면, 5월 19일 파종-8월 10일 수확 시에는 가장 낮았다($p<0.05$). NDF와 ADF함량은 수확시기에 따라 차이가 없었으나, 건물($p=0.035$; 24.3 vs. 28.1 vs. 31.3%) 함량은 수확시기가 늦어질수록 증가하였고, 조단백질($p=0.035$; 10.5 vs. 8.24 vs. 7.04%) 함량은 감소하였다. 특히 5월 27일 파종-8월 10일 수확 시 NDF와 ADF 함량이 가장 높은($p<0.05$) 반면, 5월 8일 파종-8월 20일 수확 시에는 가장 낮았다($p<0.05$).

Chung et al.(2010)은 파종시기가 늦어질수록 옥수수의 건물 함량이 감소한다고 보고 하였는데, 본 시험에서도 유사한 결과를 나타내었다. 양질의 옥수수 사일리지 제조를 위한 적정 건물 함량은 약 30% 정도이며, 건물 함량이 낮을 경우 과도한 수분 함량으로 인해 사일리지 발효 시 침출수 발생, 부패균에 의한 2차 발효 등으로 사일리지 품질이 저하될 수 있다(Gordon et al.,

1968). 반대로 건물 함량이 높으면 저장 중에 곰팡이가 발생하고 긴 발효기간으로 양분 손실이 많아지는 경향을 보이므로(Lauer, 1994), 옥수수 수확 시 건물 함량을 30~38%로 유지하는 것이 사일리지 품질 개선에 유리하다. 선행연구들에서 조사료의 조단백질 함량은 수확시기가 늦어질수록 감소한다고 보고하였는데 (Brundage and Klebesadel, 1970; Giardini et al., 1976; Gupta and Pradhan, 1974), 본 시험에서도 유사한 결과를 나타내었다. 옥수수의 경우 수확시기가 늦어질수록 전분이 많이 함유된 옥수수 종실(corn ear) 비율이 증가하기 때문인 것으로 사료되었다. 한편 Johnson et al.(2002)은 옥수수의 수확시기가 빠를수록 NDF와 ADF 함량이 증가한다고 보고하였는데, 이는 본 시험에서 생육기간이 짧은 시험구(5월 27일 파종-8월 10일 수확)의 NDF와 ADF 함량이 높은 결과와 동일하였다. 또한 Kim et al.(1999)은 적기파종이 만기파종보다 섬유소 함량이 낮다고 보고하였고, 이는 옥수수 파종시기가 지연될수록 기온과 빛이 강한 환경에서 생육하기 때문에 건물수량이 감소하고 NDF, ADF 및 ADL 함량이 증가한다고 하였다(Kim et al., 1996; Lee et al., 2004; Vough and Marten, 1971).

Table 4. Effects of sowing and harvesting date on agronomic characteristics and yield of corn hybrid

| Sowing date | Harvesting date | DM (%) | CP (%) | NDF (%) | ADF (%) |
|-------------|-----------------|---------------------|--------|---------------------|----------------------|
| May 8 | Aug. 10 | 26.3 ^{bcd} | 10.0 | 45.0 ^{bc} | 23.0 ^{cd} |
| | Aug. 20 | 31.6 ^{ab} | 10.3 | 43.7 ^c | 22.1 ^d |
| | Aug. 30 | 34.9 ^a | 8.13 | 48.1 ^{abc} | 24.3 ^{bcd} |
| | Mean | 30.9 | 9.48 | 45.6 | 23.1 |
| May 19 | Aug. 10 | 22.5 ^e | 11.0 | 52.5 ^{ab} | 28.5 ^{ab} |
| | Aug. 20 | 26.3 ^{cde} | 7.85 | 50.2 ^{abc} | 26.6 ^{abcd} |
| | Aug. 30 | 30.7 ^{abc} | 6.73 | 49.2 ^{abc} | 24.7 ^{abcd} |
| | Mean | 26.5 | 8.53 | 50.6 | 26.6 |
| May 27 | Aug. 10 | 24.0 ^{de} | 10.6 | 55.4 ^a | 29.2 ^a |
| | Aug. 20 | 26.3 ^{bcd} | 6.58 | 51.9 ^{ab} | 27.3 ^{abc} |
| | Aug. 30 | 28.4 ^{abc} | 6.25 | 51.1 ^{abc} | 26.2 ^{abcd} |
| | Mean | 26.2 | 7.81 | 52.8 | 27.6 |
| Contrast* | SEM | 3.093 | 4.135 | 4.012 | 2.552 |
| | SOW | <0.001 | 0.027 | <0.001 | <0.001 |
| | HARVEST | 0.035 | 0.035 | 0.068 | 0.078 |
| | SOW*HARVEST | 0.015 | 0.767 | 0.205 | 0.127 |

^{a-c}Means in the same row with different superscripts differ significantly ($p < 0.05$).

*SOW = sowing date; HARVEST = harvesting date; SOW*HARVEST = sowing date*harvesting date.

3. 수수×수수 교잡종의 생육 특성

파종시기와 수확시기가 수수×수수 교잡종의 생육 특성에 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 5와 같다. 초장은 파종시기가 빠를수록 크게 나타난 반면($p < 0.001$, 330.2 vs. 322.1 vs. 259.0 cm), 수확시기는 늦을수록 크게 나타났다($p < 0.001$, 265.3 vs. 319.9 vs. 326.0 cm). 특히 5월 27일 파종-8월 20일 수확 시 초장이 가장 큰 ($p < 0.05$) 반면, 6월 16일 파종-8월 10일 수확 시 가장 낮았다($p < 0.05$). 생초수량은 5월 27일과 6월 6일 파종이 6월 16일 파종에 비해 많았으며($p = 0.002$, 9185.6과 9207.2 vs. 7491.3 kg/ha), 수확시기($p = 0.003$, 7332.8 vs. 8937.9 vs. 9613.5 kg/ha)가 늦어질수록 많았다. 건물수량은 파종시기($p < 0.001$, 2210.1 vs. 1726.1 vs. 1075.1 kg/ha)가 빠를수록 많은 반면, 수확시기($p = 0.001$, 1338.6 vs. 1685.0 vs. 2169.1 kg/ha)는 늦을수록 많았다. 특히 6월 6일 파종-8월 30일 수확 시 생초수량과 건물수량이 가장 많은($p < 0.05$) 반면, 6월 16일 파종-8월 10일 수확 시 가장 적었다($p < 0.05$).

Han and Ahn(1985)은 파종시기가 빠를수록 초장이 길었다고 하였으며, Shin et al.(2014)은 파종시기가 지연됨에 따라 초장이 감소한다고 보고하였다. 또한 Jeon and Lee(2005)은 숙기가 진행될수록 초장이 증가한다고 보고하였으며, Lee et al.(1991)은 수단그라스 생육단계는 “Sigmoid”형의 성장을 이루어 생육이 진행될수록 수량이 증가한다고 보고하였다. 이러한 선

행연구들의 결과는 본 시험에서도 유사하게 나타났다. 따라서 본 시험에서는 수수×수수 교잡종을 6월 초에 파종하여 8월 중순 이후에 수확하는 것이 생산성 증대에 유리할 것으로 사료되었다.

4. 수수×수수 교잡종의 사료가치

파종시기와 수확시기가 수수×수수 교잡종의 사료가치에 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 6과 같다. 파종시기는 조단백질과 ADF 함량에는 영향을 미치지 않았으나, 건물($p < 0.001$, 23.3 vs. 19.9 vs. 16.2%) 함량은 파종시기가 빠를수록 높았고, NDF($p = 0.015$, 62.3 vs. 63.8 vs. 65.5%) 함량은 낮았다. 특히 5월 27일 파종-8월 30일 수확 시 건물 함량이 가장 높은($p < 0.05$) 반면, 6월 16일 파종-8월 10일과 20일 수확 시에는 가장 낮았다($p < 0.05$). 수확시기는 건물, NDF 및 ADF 함량에는 영향을 미치지 않았으나, 조단백질($p = 0.017$, 12.0 vs. 10.0 vs. 5.11%) 함량은 수확시기가 빠를수록 높았다. 특히 조단백질 함량은 6월 16일 파종-8월 10일 수확한 것이 6월 6일 파종-8월 30일 수확한 것에 비해 높았다($p < 0.05$).

Shin et al.(2014)은 파종시기가 늦어질수록 건물 함량이 감소한다고 하였으며, Choi and Song(2011)은 숙기가 진행됨에 따라 조사료의 수분함량이 2~8% 감소했다고 보고하였다. 이것은 출수기에 줄기와 잎에 탄수화물이 축적되고 출수기 이후 건물 함량이 증가하기 때문인 것으로 사료되며(Han and Ahn, 1985; Lee

Table 5. Effects of sowing and harvesting date on plant length and yield of sorghum×sorghum hybrid

| Sowing date | Harvesting date | Plant length (cm) | Yield (kg/ha) | |
|-------------|-----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | | Fresh | Dry matter |
| May 27 | Aug. 10 | 295.7 ^{abc} | 8411.6 ^{abc} | 1777.5 ^{bc} |
| | Aug. 20 | 350.3 ^a | 9445.7 ^{ab} | 2096.4 ^{ab} |
| | Aug. 30 | 344.5 ^{ab} | 9699.6 ^{ab} | 2467.8 ^a |
| | Mean | 330.2 | 9185.6 | 2113.9 |
| June 6 | Aug. 10 | 281.5 ^{bcd} | 7668.3 ^{bc} | 1335.9 ^{cde} |
| | Aug. 20 | 337.7 ^{abc} | 9385.7 ^{ab} | 1791.8 ^{bc} |
| | Aug. 30 | 347.0 ^{ab} | 10567.6 ^a | 2469.4 ^a |
| | Mean | 322.1 | 9207.2 | 1865.7 |
| June 16 | Aug. 10 | 218.8 ^d | 5918.6 ^c | 902.4 ^e |
| | Aug. 20 | 271.7 ^{cd} | 7982.2 ^{abc} | 1166.7 ^{de} |
| | Aug. 30 | 286.5 ^{abcd} | 8573.2 ^{abc} | 1570.0 ^{bcd} |
| | Mean | 259.0 | 7491.3 | 1213.0 |
| | SEM | 36.49 | 1503.27 | 297.68 |
| Contrast* | SOW | <0.001 | 0.002 | <0.001 |
| | HARVEST | <0.001 | 0.003 | 0.001 |
| | SOW*HARVEST | 0.954 | 0.698 | 0.321 |

^{a-e}Means in the same row with different superscripts differ significantly ($p < 0.05$).

*SOW = sowing date; HARVEST = harvesting date; SOW*HARVEST = sowing date*harvesting date.

Table 6. Effects of sowing and harvesting date on chemical compositions of sorghum×sorghum hybrid (DM basis)

| Sowing date | Harvesting date | DM (%) | CP (%) | NDF (%) | ADF (%) |
|-------------|-----------------|----------------------|--------------------|---------|---------|
| May 27 | Aug. 10 | 21.6 ^{abcd} | 12.2 ^{ab} | 68.9 | 36.6 |
| | Aug. 20 | 22.6 ^{abc} | 9.88 ^{ab} | 56.9 | 33.3 |
| | Aug. 30 | 25.8 ^a | 4.77 ^{ab} | 61.1 | 38.1 |
| | Mean | 23.3 | 8.95 | 62.3 | 36.0 |
| June 6 | Aug. 10 | 17.3 ^{de} | 11.3 ^{ab} | 65.5 | 39.3 |
| | Aug. 20 | 19.0 ^{bcd} | 11.0 ^{ab} | 64.6 | 38.6 |
| | Aug. 30 | 23.4 ^{ab} | 4.22 ^b | 61.4 | 39.8 |
| | Mean | 19.9 | 8.84 | 63.8 | 39.2 |
| June 16 | Aug. 10 | 15.3 ^e | 12.5 ^a | 63.3 | 35.9 |
| | Aug. 20 | 15.0 ^e | 9.16 ^{ab} | 68.5 | 41.7 |
| | Aug. 30 | 18.2 ^{cde} | 6.33 ^{ab} | 64.7 | 38.6 |
| | Mean | 16.2 | 9.33 | 65.5 | 38.7 |
| | SEM | 2.666 | 4.331 | 6.159 | 4.854 |
| Contrast* | SOW | <0.001 | 0.789 | 0.015 | 0.098 |
| | HARVEST | 0.058 | 0.017 | 0.776 | 0.723 |
| | SOW*HARVEST | 0.695 | 0.841 | 0.209 | 0.176 |

^{a-e}Means in the same row with different superscripts differ significantly ($p < 0.05$).

DM = dry matter; CP = crude protein; NDF = neutral detergent fiber; ADF = acid detergent fiber.

*SOW = sowing date; HARVEST = harvesting date; SOW*HARVEST = sowing date*harvesting date.

et al., 1991), 본 시험에서도 건물 함량은 유사한 경향을 나타내었다. Kim and Kim(1993)은 파종시기가 빠를수록 NDF와 ADF 함량이 감소한다고 보고하였는데, 이것은 생육이 진행됨에 따라 종실 비율의 증가로 인해 식물의 세포내구성물질인 전분과 당 함량이 증가로 인해 세포벽구조성 물질인 NDF와 ADF 함량은 상대적으로 감소하기 때문이었으며, 이러한 경향은 본 시험에서도 확인되었다. 또한 선행연구들에서 조사료의 숙기가 진행됨에 따라 조단백질 함량이 감소한다고 보고되었는데(Kim et al., 2010; Song et al., 2010), 본 시험에서도 유사한 결과를 나타내었다.

IV. 요약

본 연구는 영남산간지역에서 옥수수와 수수×수수 교잡종의 파종시기와 수확시기를 구명하고자 2015년부터 2016년까지 수행하였다. 옥수수는 국내 육성품종인 광평옥을 5월 8일, 19일 및 27일에 파종하였고 8월 10일, 20일 및 30일에 수확하였다. 수수×수수 교잡종은 수입품종인 SS405를 5월 27일, 6월 6일과 16일에 파종하였고 8월 10일, 20일 및 30일에 수확하였다.

옥수수의 생산성 측면에서는 파종시기가 빠를수록 간장, 생엽수, 이삭비율, 생초수량 및 건물수량이 증가하였으며, 수확시기가 빠를수록 건물수량은 감소하였다. 사료가치 측면에서는 파종시기가 빠를수록 건물과 조단백질 함량은 증가하였고, 수확시기가 빠를수록 NDF와 ADF 함량은 감소하였다.

수수×수수 교잡종의 생산성 측면에서는 파종시기가 빠를수록 초장, 생초수량 및 건물수량은 증가한 반면, 수확시기가 빠를수록 초장, 생초수량 및 건물수량은 감소하였다. 사료가치 측면에서는 파종시기가 빠를수록 건물 함량은 증가하였으나, NDF 함량은 감소하였다. 조단백질 함량은 수확시기가 빠를수록 증가하였다.

이상의 결과에서 영남산간지역에서 여름사료작물로 옥수수와 수수×수수 교잡종을 생산할 경우 6월 초순 이전까지는 파종하여 8월 중순 이후에 수확하는 것이 조사료 생산성과 사료가치의 향상에 유리할 것으로 판단되었다.

V. 사 사

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(과제번호: PJ01131405)의 지원에 의해 이루어진 것이며, 이의 지원에 감사드립니다.

VI. REFERENCES

- AOAC. 1990. Official methods of analysis(15th ed). Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC.
- Brundage, A.L. and Klebesadel, L.J. 1970. Nutritive value of oat and pea components of a forage mixture harvested sequentially. *Journal of Dairy Science*. 53:793-796.
- Cardwell, V.B. 1982. Fifty years of Minnesota corn production: Sources of yield increase. *Agronomy Journal*. 74:984-990.
- Center, C.F. and Jones, G.D. 1971. Planting date and growing season effects and interactions on growth and yield of maize. *Agronomy Journal*. 63:760-761.
- Choi, K.C. and Song, C.E. 2011. Effects of harvest stages and ensiling method on nutritive values and quality of sorghum x sorghum hybrid silage. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 31:295-304.
- Choi, K.C., Jung, M.W., Kim, W.H., Kim, C.M., Yoon, S.Y., Choi, E.M., Kim, J.G., Lee, S.M., Choi, J.M., Kim, H.G. and Lim, Y.C. 2010. Effect of harvest stage of sorghum×sorghum hybrid (SSH) on the quality of round baled SSH silage. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 31:143-150.
- 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.
- Giardini, A., Gaspari, F., Vecchiattini, 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.
- Gordon, C.H., Derbyshire, J.C. and Van Soest, P.J. 1968. Normal and late harvesting of corn for silage. *Journal of Dairy Science*. 51:1258-1263.
- Gupta, P.J. and Pradhan, K. 1974. Studies on the nutritive values of forages oat (*Avena sativa*). *Journal of Haryana Agricultural University, Hissar*. 4:242-246.
- Han, H.J. and Ahn, S.B. 1985. Effect of seeding date on growth, dry matter accumulation and chemical composition of sorghum, sudangrass and sorghum-sudangrass hybrid. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 5:62-72.
- Hunt, C.W., Kezar, W. and Vinande, R. 1992. Yield, chemical composition, and ruminal ferment ability of corn whole plant, ear and stover as affected by hybrid. *Journal of Production Agriculture*. 5:286-290.
- Jeon, B.T. and Lee, S.M. 2005. Effect of cutting times according to growth stage in sorghum x sudangrass hybrid on frequency of use, growth characteristics, forage production and crude protein yield. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 25:33-42.
- Ji, H.C., Lee, S.H., Yoon, S.H., Kim, W.H. and Lim, Y.C. 2010. Growth, forage production and quality of sorghum, sorghum x sudangrass and sudangrass hybrids at paddy field in middle region of Korea. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 30:9-14.

- 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. *The Korean Society of International Agriculture*. 26:496-504.
- Kim, D.A., Lee, G.N., Shin, D.E., Kim, J.D. and Han, K.J. 1996. Effect of planting date on forage yield and quality of corn hybrid of four maturity groups. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 16:327-337.
- Kim, J.D., Kim, D.A., Lee, J.K., Kim, J.G. and Kang, W.S. 1999. Effect of planting date and hybrid on forage yield and quality of corn for silage. II. Fiber component and digestibility of ear, stover and whole plant. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 19:221-232.
- Kim, J.D., Lee, H.J., Jeon, K.H., Yang, G.Y., Kwon, C.H., Sung, H.G., Hwangbo, S. and Jo, I.K. 2010. Effect of harvest stage, wilting and crushed rice on the forage production and silage quality of organic whole crop barley. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 30:25-34.
- Kim, J.K. and Kim, D.A. 1993. Effects of different seeding dates on the agronomic characteristics, forage yield and quality of fall sown oats. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 13:195-202.
- Lauer, J. 1994. Plant indicators for determining corn harvest date. *Wisconsin Crop Manager*. 1:161-162.
- Lee, J.K., Park, H.S., Kim, Y.G., Chung, J.W., Na, K.J., Kim, M.C., Lee, S.C. and Yook, W.B. 2004. Effect the seeding and harvesting dates on the growth characteristics, dry matter yield and quality of corn for silage in Alpine areas. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 24:115-122.
- Lee, S.M. and Lee, J.H. 2010. Effects of seeding dates and growth periods on the growth characteristics, dry matter yield and feed value of corn for silage in paddy field. *Korean Journal of Animal Science and Technology*. 52:441-448.
- Lee, S.S., Choi, S.J. and Kim, T.J. 1991. Forage productivity of two sorghum and soghum-sudangrass hybrids harvested at different growth stages. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 11:121-128.
- Li, J., Wang, L., Zhan, Q., Liu Y., Fu, B. and Wang, C. 2013. Sorghum bmr6 mutant analysis demonstrates that a shared MYB1 transcription factor binding site in the promoter links the expression of genes in related pathways. *Functional and Integrative Genomics*. 13:445-453.
- Moon, H.G., Son, B.Y., Cha, S.W., Jung, T.W., Lee, Y.H., Seo, J.H., Min, H.K., Choi, K.J., Huh, C.S. and Kim, S.D. 2001. A new single cross hybrid for silage "Kwangpyeongok". *Korean Journal of Breeding Science*. 33:350-351.
- RDA. 2003. Agricultural research based on the test. Korea Rural development administration.
- SAS. 2002. User's Guide: Statistics. SAS Instute Inc., Cary, NC.
- Shin, C.N., Ko, K.H. and Kim, J.D. 2014. Effect of different seeding dates on agronomic characteristics and productivity of sudangrass hybrid and oat in cropping after corn for silage in Kyeongbuk. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 34:81-86.
- 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.
- Song, T.H., Han, O.K., Yun, S.K., Park, T.I., Kim, K.H. and Kim, K.J. 2010. Effect of pre-wilting time on the change of moisture content and its silage quality at different harvest stages of whole crop oat. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 30:135-142.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B. and Lewis, B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*. 74:3583-3597.
- Vough, L.R. and Marten, G.C. 1971. Influence of soil moisture and ambient temperature on yield and quality of alfalfa forage. *Agronomy Journal*. 63:40-42.

(Received : January 31, 2019 | Revised : May 7, 2019 | Accepted : May 7, 2019)