

Research Article

## 논과 밭에서 재배한 사일리지용 옥수수의 생육특성 및 영양가치 비교

고영삼<sup>1\*</sup>, 하준영<sup>2</sup>, 배환희<sup>1</sup>, 손재한<sup>1</sup>, 강경민<sup>1</sup>, 손범영<sup>3</sup>, 정태욱<sup>3</sup>

<sup>1</sup>농촌진흥청 국립식량과학원 증부작물부 농업연구사

<sup>2</sup>농촌진흥청 국립식량과학원 증부작물부 농업연구원

<sup>3</sup>농촌진흥청 국립식량과학원 증부작물부 농업연구관

## Comparison of Growth Characteristics and Nutritive Value of Silage Corn Hybrids Grown at Paddy and Upland Field

Young Sam Go<sup>1\*</sup>, Jun Young Ha<sup>2</sup>, Hwan Hee Bae<sup>1</sup>, Jae Han Son<sup>1</sup>, Kyeong Min Kang<sup>1</sup>,  
BeomYoung Son<sup>3</sup> and Tae Wook Jung<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Agriculture researcher, Department of Central Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Suwon 16429, Korea

<sup>2</sup>Researcher, Department of Central Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Suwon 16429, Korea

<sup>3</sup>Agriculture Senior researcher, Department of Central Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Suwon 16429, Korea

### ABSTRACT

This study was conducted to comparison analysis growth characteristics, yield and forage quality of 18silage corn varieties grown in paddy and upland fields. In this condition, days to silking of Sinhwangok was the shortest with 78 days and Kangdaok the longest with 92 days. Moreover it was confirmed that the difference of days to silking at this condition greatly occurred in the late species than in the precocious species. The height and ear height ratio of corn grown in paddy decreased by 5~10% and increase by 10~15% compared to upland, respectively. It was confirmed that the ear ratio of corn which enhances the forage quality was highest in Sinhwangok at paddy and upland and most of the varieties decreased by 10~30% at paddy rather than upland. The length of ear was also reduced by 10~25%. In fresh yield, Dacheongok showed the highest yield at 65,750 kg/ha in upland and 38,830 kg/ha in paddy. Similar to the fresh yield, Dacheongok also showed the highest yield at 36,910 kg/ha, 18,040 kg/ha in upland and 21,670 kg/ha, 14,390 kg/ha in paddy, respectively. As a result of analyzing crude protein and starch from seeds to evaluate the feed value of corn for silage, there was no difference between cultivars grown in this condition. In addition, as a result of analyzing the contents of ADF and NDF using leaves, stems and seeds, the contents of leaves and stems were lower in P3394 and P1543 at the upland and lower in Singwangok and Daanok when cultivated at paddy. Moreover ADF and NDF contents were decreased in some varieties in paddy rather than upland. Therefore, there is no significant difference in the feed value of corn varieties grown in this condition, it is possible to cultivate corn in paddy if normal growth is achieved through drainage management.

(Key words: Growth characteristics, Paddy and upland field, Quality, Silage corn)

### I. 서론

최근 코로나19에 따른 물류 대란으로 국제곡물가격이 상승하여 배합사료 및 조사료 수입가격이 급등해 축산농가의 어려움이 가중되고 있다. 따라서 축산농가는 조사료 비용을 줄이기 위해,

단위면적당 건물수량 및 TDN 함량이 높고 당 함량이 높은 사일리지용 옥수수를 많이 재배하고 있다(Kim et al., 2020). 또한 조사료의 연중 생산을 위하여 동계 사료작물인 청보리 및 이탈리아 라이그라스(IRG) 등을 재배한 후 하계에 옥수수를 생산하는 축산농가도 증가하고 있다. 그러나 적합한 옥수수 품종 부족으로 논

\*Corresponding author: Young Sam Go, Agriculture researcher, Department of Central Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Suwon 16429, Korea  
Tel: +82-31-695-4044, Fax: +82-31-695-4029, E-mail: ysgo@korea.kr

에서 재배가 어려운 사일리지용 옥수수의 재배면적은 증가하고 있지 않다(Kim et al., 2017).

사일리지용 옥수수는 밭에서 배수가 잘되어 재배가 쉽지만, 다른 소득 작물에 비해 소득이 적어 재배면적이 줄어들고 있다. 그러나 현재 쌀 수요 감소로 논에 벼 대신 재배할 수 있는 작물에 대한 수요가 증가하고 있으며, 하나의 방법으로 사일리지용 옥수수가 대안으로 떠오르고 있다. 사일리지용 옥수수를 논에 재배할 경우 배수가 양호한 미사질양토의 논을 선정하거나 파종부터 수확까지 기계화 작업이 가능한 곳이어야 한다. 또한 장마 기간에 물 빠짐이 좋은 수평 및 수직 배수가 가능한 논을 선정해야 한다(Son et al., 2010). 하지만 이러한 논을 선정하는 것은 제한되어 있기 때문에, 일반적인 논에서 사일리지용 옥수수의 생육특성 및 영양가치를 조사하는 연구가 절실히 요구되고 있다.

우리나라에서 재배되는 사일리지용 옥수수는 대부분 해외에서 종자를 수입하여 이용하지만, 최근 국립식량과학원에서 육성한 광평옥, 다청옥 등 우수 품종들의 재배가 점차 늘어나고 있는 추세이다. 광평옥은 2000년에 출원된 품종으로 도복 등 내재해성이 강하고, 다청옥은 2017년에 출원된 품종으로 건물 및 TDN 수량이 높은 특징이 있다(Moon et al., 2001; Son et al., 2018). 또한 2002년부터 2019년까지 청안옥(2002), 장다옥(2003), 강다옥(2005), 평안옥(2008), 다평옥, 청다옥(2010), 평강옥, 안다옥(2011), 양안옥 및 신평옥(2012), 다안옥(2013), 신평옥(2015), 황다옥(2016), 신평옥2(2019) 등 10 품종 이상이 조숙, 내재해성(도복 등), 내병충성(흑조위축병 등) 및 수량성(건물 및 종실) 증대를 위해 개발되었고, 품종 출원이 이루어졌다(Son et al., 2012; Son et al., 2013; Son et al., 2014).

논을 활용한 사일리지용 옥수수 연구는 수입 품종과 일부 국내 품종에 대한 파종기, 생육특성, 사료가치, 수확시기 등 다양한 연구가 진행되었다(Ji et al., 2009; Son et al., 2010; Choi et al., 2011). 배수 조건에 따라 생육특성과 수량을 조사한 결과, 수입 품종과 국내 품종 모두 불량한 배수 조건에서 수량 및 사료 가치가 감소하는 것을 일부 품종에서만 확인하였다(Ji et al., 2009). 그리고 논에서 생산된 옥수수 사일리지의 품질은 밭과 비슷하게 황숙기에 수확하여 만드는 것이 양질의 사일리지를 제조할 수 있다고 보고되었다(Choi et al., 2011). 그러나 지금까지 출원된 다양한 국내 품종들이 토양조건(논과 밭)에 따른 생육특성과 영양가치에 대한 평가 연구를 수행되지 않았다.

따라서 본 시험은 현재까지 출원된 10개 이상의 국내 품종을 활용하여 중부지역 논과 밭에서 생육특성 및 생산성을 평가하였으며, 조단백(crude protein), 중성세제불용성섬유(NDF), 산성세제불용성섬유(ADF), 전분 등 사료 가치 분석을 수행하여 옥수수 품종에 대한 더 많은 정보를 축산농가에게 제공하고자 실시하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 시험장소 및 품종

본 시험은 2021년 농촌진흥청 국립식량과학원 중부작물부 작물연구동 답작포장과 밭작물시험연구포장(수원, 37°27'N, 126°99'E, 해발34m)를 사용하여 수행하였다. 시험 품종은 국내 사일리지용 옥수수 품종으로 개발된 조숙종인 신평옥, 신평옥2호, 중생종인 광평옥, 청안옥, 장다옥, 다평옥, 청다옥, 안다옥, 양안옥, 신평옥, 다안옥, 황다옥과 수입품종인 P3394, P1543, 만생종인 강다옥, 평안옥, 평강옥, 다청옥 18품종을 사용하였다.

### 2. 재배방법, 생육특성 및 건물수량 조사

시험구 배치는 난괴법 3반복으로 하였고(재배면적 3.6m<sup>2</sup>), 재식거리는 60 × 25cm로 주당 2립 파종 후에 4~5엽기에 1주만 남겨두고 솎아주었다. 시비량은 N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O = 20-15-15 kg/10a로 전량 시비하였다. 이 중에서 질소비료는 절반은 기비로, 나머지 절반은 7~8엽기에 추비로 주었으며 P와 K는 전량 기비로 하였다. 논은 배수가 잘 되도록 넓이 30 cm, 깊이 20 cm 정도 덩어배수를 하였다. 논과 밭에 4월 28일 파종하여 수확은 사일리지용 옥수수 중 만생종인 다청옥을 기준으로 황숙기인 8월 25일에 실시하였다. 그리고 간장, 착수고, 출사일수, 이삭길이, 이삭무게 등 생육 및 수량성 조사는 농촌진흥청 농사시험연구조사기준에 따라 실시하였다(RDA, 2012).

### 3. 사료가치 분석

TDN 건물수량은 Pioneer Hi-Bred사가 제시한 공식 TDN (Total Digestible Nutrients) 수량 = (경엽 건물수량 × 0.582) + (암이삭 건물수량 × 0.85)에 의하여 계산하였다(Holland et al., 1990). 그 중 일부를 취하여 믹서기로 분쇄한 후 사료가치 분석을 수행하였다. 시료의 Crude protein(CP)은 A.O.A.C법(1995)에 의해 분석하였고 Neutral detergent fiber (NDF) 및 Acid detergent fiber (ADF) 함량은 Van Soest 세제법으로 분석하였다(Van Soest et al., 1991). 전분 함량은 Megazyme사에서 개발한 Total Starch Assay Kit를 사용하여 측정하였다.

### 4. 통계 분석

모든 데이터는 평균과 표준편차로 나타내었고, 통계 분석은 SPSS 통계 패키지 (SPSS Institute, USA) 프로그램을 사용하였다. 조사 항목 간 통계적 검증은 paired two tailed Student's *t*-test를 수행하여 *p*값이 0.05미만인 경우를 유의한 차이가 있는 것으로 판단하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 사일리지용 옥수수의 일반 생육특성

논과 밭에서 재배한 옥수수 생육특성은 Table 1에서 보는 바와 같다. 사일리지용 옥수수의 일반생육특성 중 출사 일수는 논에서 신흥옥과 신흥옥2호가 84일로 가장 짧았으며, 평안옥이 99일로 가장 길었다. 밭에서는 신흥옥과 신흥옥2호가 78, 79일로 가장 짧았으며, 강다옥과 평강옥이 92일로 가장 길었다. 조숙종인 신흥옥과 신흥옥2호는 논과 밭의 출사 일수 차이가 5~6일 발생했지만, 중생종 품종들에서는 3~12일, 만생종 품종들에서는 3~10일 차이가 발생하는 것을 관찰하였다. 간장은 P3394, 황다옥, 신흥옥2호 품종들만 논과 밭에서 차이를 보이지 않았고, 다른 품종들은 밭에 비해서 논에서 재배한 옥수수 품종들이 약 5~10% 감소하는 것을 확인하였다. 이러한 결과는 기온, 습해 등과 같은 환경 스트레스를 받으면 옥수수 생육이 감소한다는 기존

결과와 유사하게 논에서 습해 피해를 받은 옥수수 품종들의 생육이 저해되는 것을 관찰하였다. (Ji et al., 2011). 착수고율은 논에서 평강옥과 다안옥이 43%로 가장 낮았고, 강다옥이 63%로 가장 높았다. 반면에 밭에서는 신흥옥이 39%로 가장 낮았고, 양안옥이 65%로 가장 높았다. P1543, 청안옥, 평안옥, 다평옥, 안다옥, 신흥옥, 다안옥, 다청옥의 착수고율은 논과 밭에서 차이를 보이지 않았다. 그러나 일부 품종을 제외하고 대체적으로 착수고율이 밭보다 논에서 약 10%~15% 증가하는 경향을 보여주었다. 이러한 결과는 밭보다 논에서 간장이 작아졌기 때문에 상대적으로 착수고율이 증가된 것처럼 보인 것으로 사료되며 논에서 재배했을 때 도복에 약할 것이라고 생각된다. 그러나 논과 밭에서의 도복은 모든 품종에서 발생하지 않아 큰 차이를 보이지 않았다.

일반적으로 사일리지용 옥수수는 수확기 동안 이삭 아래 잎들의 녹색체가 오랫동안 유지되어야 수확시기를 조절할 수 있으며 영양분의 손실이 적고, 사일리지를 제조하였을 때 호흡으로 인한 혐기성 상태가 빨리 도달할 수 있다(Son et al., 2010). 논과 밭에서

Table 1. The agronomic characteristics of corn hybrids for silage by paddy and upland field

| Hybrid             | Days to silking (days) |                 | Plant height (cm) |                  | Ratio <sup>1)</sup> (%) |                 | Lodging <sup>2)</sup> (1-9) |                |
|--------------------|------------------------|-----------------|-------------------|------------------|-------------------------|-----------------|-----------------------------|----------------|
|                    | Paddy                  | Upland          | Paddy             | Upland           | Paddy                   | Upland          | Paddy                       | Upland         |
| Precocious species |                        |                 |                   |                  |                         |                 |                             |                |
| Sinhwangok         | 84 <sup>a</sup>        | 78 <sup>b</sup> | 199 <sup>a</sup>  | 222 <sup>b</sup> | 46 <sup>a</sup>         | 51 <sup>b</sup> | 1 <sup>a</sup>              | 1 <sup>a</sup> |
| Sinhwangok2ho      | 84 <sup>a</sup>        | 79 <sup>b</sup> | 210 <sup>a</sup>  | 220 <sup>a</sup> | 54 <sup>a</sup>         | 42 <sup>b</sup> | 1 <sup>a</sup>              | 1 <sup>a</sup> |
| Middle species     |                        |                 |                   |                  |                         |                 |                             |                |
| P3394              | 90 <sup>a</sup>        | 84 <sup>b</sup> | 224 <sup>a</sup>  | 229 <sup>a</sup> | 54 <sup>a</sup>         | 50 <sup>b</sup> | 1 <sup>a</sup>              | 1 <sup>a</sup> |
| P1543              | 90 <sup>a</sup>        | 83 <sup>b</sup> | 223 <sup>a</sup>  | 248 <sup>b</sup> | 46 <sup>a</sup>         | 43 <sup>a</sup> | 1 <sup>a</sup>              | 1 <sup>a</sup> |
| Gwangpyeongok      | 94 <sup>a</sup>        | 82 <sup>b</sup> | 226 <sup>a</sup>  | 264 <sup>b</sup> | 48 <sup>a</sup>         | 53 <sup>b</sup> | 1 <sup>a</sup>              | 1 <sup>a</sup> |
| Cheonganok         | 90 <sup>a</sup>        | 83 <sup>b</sup> | 213 <sup>a</sup>  | 249 <sup>b</sup> | 54 <sup>a</sup>         | 57 <sup>a</sup> | 1 <sup>a</sup>              | 1 <sup>a</sup> |
| Jangdaok           | 95 <sup>a</sup>        | 82 <sup>b</sup> | 221 <sup>a</sup>  | 257 <sup>b</sup> | 56 <sup>a</sup>         | 47 <sup>b</sup> | 1 <sup>a</sup>              | 1 <sup>a</sup> |
| Dapyeongok         | 98 <sup>a</sup>        | 84 <sup>b</sup> | 185 <sup>a</sup>  | 236 <sup>b</sup> | 50 <sup>a</sup>         | 50 <sup>a</sup> | 1 <sup>a</sup>              | 1 <sup>a</sup> |
| Cheongdaok         | 98 <sup>a</sup>        | 86 <sup>b</sup> | 173 <sup>a</sup>  | 253 <sup>b</sup> | 51 <sup>a</sup>         | 46 <sup>b</sup> | 1 <sup>a</sup>              | 1 <sup>a</sup> |
| Andaok             | 93 <sup>a</sup>        | 84 <sup>b</sup> | 201 <sup>a</sup>  | 259 <sup>b</sup> | 46 <sup>a</sup>         | 46 <sup>a</sup> | 1 <sup>a</sup>              | 1 <sup>a</sup> |
| Yanganok           | 94 <sup>a</sup>        | 86 <sup>b</sup> | 207 <sup>a</sup>  | 256 <sup>b</sup> | 57 <sup>a</sup>         | 65 <sup>b</sup> | 1 <sup>a</sup>              | 1 <sup>a</sup> |
| Singwangok         | 88 <sup>a</sup>        | 84 <sup>b</sup> | 191 <sup>a</sup>  | 232 <sup>b</sup> | 38 <sup>a</sup>         | 39 <sup>a</sup> | 1 <sup>a</sup>              | 1 <sup>a</sup> |
| Daanok             | 93 <sup>a</sup>        | 82 <sup>b</sup> | 194 <sup>a</sup>  | 227 <sup>b</sup> | 43 <sup>a</sup>         | 45 <sup>a</sup> | 1 <sup>a</sup>              | 1 <sup>a</sup> |
| Hwangdaok          | 88 <sup>a</sup>        | 86 <sup>a</sup> | 241 <sup>a</sup>  | 247 <sup>a</sup> | 53 <sup>a</sup>         | 52 <sup>a</sup> | 1 <sup>a</sup>              | 1 <sup>a</sup> |
| Late species       |                        |                 |                   |                  |                         |                 |                             |                |
| Gangdaok           | 95 <sup>a</sup>        | 92 <sup>a</sup> | 213 <sup>a</sup>  | 280 <sup>b</sup> | 63 <sup>a</sup>         | 57 <sup>b</sup> | 1 <sup>a</sup>              | 1 <sup>a</sup> |
| Pyeonganok         | 99 <sup>a</sup>        | 89 <sup>b</sup> | 193 <sup>a</sup>  | 253 <sup>b</sup> | 53 <sup>a</sup>         | 54 <sup>a</sup> | 1 <sup>a</sup>              | 1 <sup>a</sup> |
| Pyeonggangok       | 96 <sup>a</sup>        | 92 <sup>b</sup> | 203 <sup>a</sup>  | 260 <sup>b</sup> | 43 <sup>a</sup>         | 48 <sup>b</sup> | 1 <sup>a</sup>              | 1 <sup>a</sup> |
| Dacheongok         | 95 <sup>a</sup>        | 91 <sup>b</sup> | 227 <sup>a</sup>  | 253 <sup>b</sup> | 49 <sup>a</sup>         | 52 <sup>a</sup> | 1 <sup>a</sup>              | 1 <sup>a</sup> |

Ratio<sup>1)</sup> : Ear height ratio = ear height/plant height×100; Lodging<sup>2)</sup> : 1 = excellent (strong), 9=poor.

Values within a column followed by the same letter are not significantly different in paddy and upland at the 0.05% level by LSD test.

의 후기녹체성은 대부분 품종에서 비슷한 경향을 보여주었고, 조숙종, 중생종과 만생종 품종 간의 후기녹체성의 차이도 크지 않았다(Table 2.). 사일리지용 옥수수의 암이삭의 비율은 사일리지의 사료가치 증진에 중요한 역할을 하기 때문에 암이삭의 비율이 강조되고 있다(Kim et al., 1996). 옥수수에서 암이삭의 비율은 평균 50%정도를 차지한다고 알려져 있지만, 가뭄, 습해 등과 같은 환경 스트레스에 의해서 감소된다고 보고되었다(Ji et al., 2011). 암이삭 비율을 보면 평안옥과 다청옥은 논과 밭에서 큰 차이를 보이지 않았고, 논과 밭에서 신허옥이 55.5%, 47.8%로 가장 높은 암이삭 비율을 가지는 것으로 나타났다(Table 2). 그리고 대부분의 품종들이 밭보다 논에서 암이삭 비율이 약 10~30%정도 감소되는 것을 관찰하였다. 이삭 길이 또한 P3394와 장다옥을 제외한 대부분 품종들에서 밭보다 논에서 약 10~25%정도 감소하는 것을 확인하였다(Table 2). 이러한 결과는 논 포장에서 발생하는 습해 피해가 정상적으로 암이삭이 발달하는데 직접적인 영향을 주기 때문에 논 포장의 사일리지용 옥수수 재배에서 배수 관리가 가장 중요한 역할을 한다는 사실을 뒷받침해주고 있다(Ji et al., 2011).

## 2. 사일리지용 옥수수의 생산량

논과 밭 재배 사일리지용 옥수수의 품종별 생초수량, 건물수량 및 TDN 수량은 Table 3과 같다. 생초수량은 만생종인 다청옥이 황숙기일 때 수확을 하여 조생종과 중생종 품종들은 수분 함량이 낮게 나왔다. 18개 품종 중 다청옥이 밭에서 65,750 kg/ha, 논에서 38,830 kg/ha로 최고 수량을 보였다. 반대로 신허옥2호는 20,630 kg/ha, 논에서 10,440 kg/ha로 최저 수량을 보였다. 대부분의 품종들은 밭보다 논에서 약 20~70% 감소하였지만, 18개 품종들 중에서 신허옥이 가장 감소폭이 낮았다. 건물수량은 밭에 비해 논에서 모든 품종들이 약 10~50% 감소하였다. 생초수량과 유사하게 건물수량도 다청옥이 밭에서 26,910 kg/ha, 논에서 21,670 kg/ha로 최고 수량을 보인 반면, 다평옥은 밭에서 12,950 kg/ha, 논에서 9,970 kg/ha로 최저 수량을 보였다. 또한 밭에서 건물수량이 25,000 kg/ha이상인 강다옥과 다청옥이 논에서 재배했을 때 18,000 kg/ha 이상으로 높은 수량의 품종으로 확인되었다. 마지막으로 TDN 수량은 건물수량과 유사하게 밭에 비해 논에서 모든 품종들이 약 10~60% 감소하였다. 다른 수량과 비슷하

Table 2. The agronomic characteristics of corn hybrids for silage by paddy and upland field (Continued)

| Hybrid             | Stay green (1-9) <sup>3)</sup> |                | Ear ratio (%) <sup>4)</sup> |                   | Ear length (cm)   |                   |
|--------------------|--------------------------------|----------------|-----------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|                    | Paddy                          | Upland         | Paddy                       | Upland            | Paddy             | Upland            |
| Precocious species |                                |                |                             |                   |                   |                   |
| Sinhwangok         | 3 <sup>a</sup>                 | 3 <sup>a</sup> | 47.8 <sup>a</sup>           | 55.5 <sup>b</sup> | 14.9 <sup>a</sup> | 15.9 <sup>b</sup> |
| Sinhwangok2ho      | 3 <sup>a</sup>                 | 3 <sup>a</sup> | 37.1 <sup>a</sup>           | 53.6 <sup>b</sup> | 14.2 <sup>a</sup> | 16.9 <sup>b</sup> |
| Middle species     |                                |                |                             |                   |                   |                   |
| P3394              | 3 <sup>a</sup>                 | 5 <sup>a</sup> | 46.7 <sup>a</sup>           | 49.1 <sup>b</sup> | 15.8 <sup>a</sup> | 16.1 <sup>a</sup> |
| P1543              | 3 <sup>a</sup>                 | 5 <sup>a</sup> | 46.6 <sup>a</sup>           | 53.4 <sup>b</sup> | 15.7 <sup>a</sup> | 18.4 <sup>b</sup> |
| Gwangpyeongok      | 3 <sup>a</sup>                 | 5 <sup>a</sup> | 41.4 <sup>a</sup>           | 46.5 <sup>b</sup> | 13.6 <sup>a</sup> | 16.6 <sup>b</sup> |
| Cheonganok         | 3 <sup>a</sup>                 | 3 <sup>a</sup> | 46.8 <sup>a</sup>           | 49.0 <sup>b</sup> | 15.8 <sup>a</sup> | 17.8 <sup>b</sup> |
| Jangdaok           | 5 <sup>a</sup>                 | 5 <sup>a</sup> | 43.8 <sup>a</sup>           | 50.1 <sup>b</sup> | 18.8 <sup>a</sup> | 19.0 <sup>a</sup> |
| Dapyeongok         | 3 <sup>a</sup>                 | 3 <sup>a</sup> | 37.2 <sup>a</sup>           | 48.0 <sup>b</sup> | 13.0 <sup>a</sup> | 17.4 <sup>b</sup> |
| Cheongdaok         | 3 <sup>a</sup>                 | 3 <sup>a</sup> | 36.3 <sup>a</sup>           | 50.8 <sup>b</sup> | 13.6 <sup>a</sup> | 18.9 <sup>b</sup> |
| Andaok             | 3 <sup>a</sup>                 | 3 <sup>a</sup> | 39.0 <sup>a</sup>           | 46.5 <sup>b</sup> | 12.7 <sup>a</sup> | 16.9 <sup>b</sup> |
| Yanganok           | 3 <sup>a</sup>                 | 5 <sup>a</sup> | 35.3 <sup>a</sup>           | 39.4 <sup>b</sup> | 11.9 <sup>a</sup> | 17.8 <sup>b</sup> |
| Singwangok         | 3 <sup>a</sup>                 | 5 <sup>a</sup> | 40.7 <sup>a</sup>           | 46.2 <sup>b</sup> | 13.1 <sup>a</sup> | 17.2 <sup>b</sup> |
| Daanok             | 3 <sup>a</sup>                 | 3 <sup>a</sup> | 38.1 <sup>a</sup>           | 46.0 <sup>b</sup> | 13.7 <sup>a</sup> | 16.3 <sup>b</sup> |
| Hwangdaok          | 5 <sup>a</sup>                 | 3 <sup>a</sup> | 41.3 <sup>a</sup>           | 44.1 <sup>b</sup> | 15.8 <sup>a</sup> | 18.3 <sup>b</sup> |
| Late species       |                                |                |                             |                   |                   |                   |
| Gangdaok           | 5 <sup>a</sup>                 | 5 <sup>a</sup> | 32.9 <sup>a</sup>           | 38.0 <sup>b</sup> | 15.2 <sup>a</sup> | 17.3 <sup>b</sup> |
| Pyeonganok         | 3 <sup>a</sup>                 | 3 <sup>a</sup> | 35.6 <sup>a</sup>           | 36.8 <sup>a</sup> | 14.0 <sup>a</sup> | 15.7 <sup>b</sup> |
| Dacheongok         | 5 <sup>a</sup>                 | 5 <sup>a</sup> | 43.9 <sup>a</sup>           | 44.0 <sup>a</sup> | 17.8 <sup>a</sup> | 18.8 <sup>b</sup> |
| Pyeonggangok       | 3 <sup>a</sup>                 | 5 <sup>a</sup> | 31.6 <sup>a</sup>           | 38.9 <sup>b</sup> | 16.7 <sup>a</sup> | 17.8 <sup>b</sup> |

Stay green<sup>3)</sup> : 1 = excellent (strong), 9=poor; Ear ratio(%<sup>4)</sup>) = Ear DM/total DM×100.

Values within a column followed by the same letter are not significantly different in paddy and upland at the 0.05% level by LSD test.

계 TDN 수량도 다청옥이 밭에서 18,040 kg/ha, 논에서 14,390 kg/ha로 최고 수량을 보였고 다평옥은 밭에서 8,860 kg/ha, 논에서 6,260 kg/ha로 최저 수량을 보였다. 그리고 밭에서 TDN 수량이 16,900 kg/ha 이상인 강다옥과 다청옥이 논에서 재배했을 때 12,000 kg/10a 이상으로 높은 수량의 품종으로 확인되었다. 이와 같은 결과를 종합해보면 생초수량, 건물수량, TDN 수량 모두 강다옥과 다청옥은 논과 밭 포장에서 최고의 수량을 보여주었고, 생초수량은 신흥옥2호, 건물수량과 TDN 수량은 다평옥이 논과 밭 포장에서 최저 수량을 나타내었다. 따라서 논과 밭에서 사일리지용 옥수수의 생산성을 향상하기 위하여 수량과 내재해성이 높은 중·만생종 품종들을 개발하고 시비량, 재식거리 및 배수관리 등 다양한 재배법 연구가 수행되어야 할 것으로 생각된다.

### 3. 사일리지용 옥수수의 품질 분석

국내 옥수수 품종들의 사료 가치를 평가하기 위하여 조단백질, ADF, NDF 및 전분 함량을 분석하였다. 논과 밭에서 재배한 품종들의 조단백질 함량은 밭과 논에서 모두 차이가 없었지만, 종실에서는 P3394가 밭보다 논에서 0.7% 조단백질 함량이 증가하

는 것을 확인하였다(Table 4). 논과 밭에서 모두 P1543이 조단백질 함량이 평균 6.1%, 6.2%로 가장 낮았고, 강다옥이 평균 8.0%, 8.6%로 가장 높았으며, 나머지 품종들은 평균 6.5~8.0%, 6.5%~8.2%의 조단백질을 함유하고 있었다(Table 4). 이러한 결과는 품종 별로 조단백질의 함량의 차이가 발생할 수는 있지만, 재배 조건에 따라 함량의 차이는 발생하지 않는 것으로 나타났다. (Kim et al., 2020).

본 시험에서는 논과 밭에서 재배한 품종들의 사료 가치를 알아보기 위하여 잎과 줄기, 종실을 사용해서 ADF와 NDF 함량을 분석하였다(Choi et al., 2011). 잎과 줄기에서 ADF 함량은 밭보다 논에서 P1543, 강다옥, 평안옥, 다평옥이 증가하였고, 안다옥, 신흥옥, 다안옥이 감소하였다(Fig. 1). NDF 함량 또한 밭보다 논에서 P3394, P1543, 광평옥, 강다옥, 평안옥, 다평옥이 약 15~25% 증가하였고, 신흥옥, 다안옥이 약 15~20% 감소하였다(Fig. 1). 그러나 나머지 품종들은 ADF와 NDF 함량이 논과 밭에서 재배했을 때 차이를 보이지 않았다.

종실에서 ADF 함량은 밭보다 논에서 청안옥, 다평옥, 청다옥, 신흥옥 4품종이 함량이 10~15% 감소하였지만, 다른 품종들은 논과

Table 3. Fresh matter, dry matter and TDN(total digestible nutrients) yield of corn hybrids for silage by paddy and upland field

| Hybrid             | Yield (kg/ha) |        |        |        |        |        |
|--------------------|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                    | Fresh         |        | Dry    |        | TDN    |        |
|                    | Paddy         | Upland | Paddy  | Upland | Paddy  | Upland |
| Precocious species |               |        |        |        |        |        |
| Sinhwangok         | 21,140        | 27,780 | 16,130 | 17,580 | 10,460 | 12,170 |
| Sinhwangok2ho      | 10,440        | 20,630 | 9,610  | 14,190 | 6,550  | 9,920  |
| Middle species     |               |        |        |        |        |        |
| P3394              | 18,330        | 38,290 | 13,620 | 21,950 | 9,630  | 15,070 |
| P1543              | 19,200        | 29,950 | 16,360 | 20,730 | 11,560 | 14,470 |
| Gwangpyeongok      | 21,730        | 35,710 | 16,050 | 20,550 | 11,120 | 14,140 |
| Cheonganok         | 19,270        | 29,190 | 14,680 | 18,750 | 10,390 | 12,870 |
| Jangdaok           | 21,390        | 32,830 | 12,920 | 18,890 | 9,030  | 13,020 |
| Dapyeongok         | 11,670        | 26,580 | 9,970  | 12,950 | 6,260  | 8,860  |
| Cheongdaok         | 14,560        | 30,920 | 11,400 | 18,870 | 7,750  | 13,050 |
| Andaok             | 16,160        | 45,380 | 11,640 | 22,900 | 8,300  | 15,990 |
| Yanganok           | 15,070        | 53,980 | 10,860 | 23,980 | 7,650  | 16,680 |
| Singwangok         | 15,100        | 37,190 | 9,700  | 21,840 | 6,960  | 14,830 |
| Daanok             | 15,720        | 37,060 | 12,790 | 21,210 | 8,750  | 14,390 |
| Hwangdaok          | 21,090        | 29,040 | 13,860 | 17,090 | 9,600  | 11,510 |
| Late species       |               |        |        |        |        |        |
| Gangdaok           | 26,900        | 54,150 | 18,480 | 25,590 | 12,880 | 16,960 |
| Pyeongangok        | 21,930        | 50,090 | 12,810 | 19,670 | 8,680  | 13,100 |
| Pyeonggangok       | 15,900        | 41,940 | 9,650  | 21,450 | 6,430  | 14,400 |
| Dacheongok         | 38,830        | 65,750 | 21,670 | 26,910 | 14,390 | 18,040 |

Yield and Nutritive Value of Silage Corn

Table 4. Crude protein content of corn hybrids for silage by paddy and upland field

| Hybrid             | Crude protein content (%) |                  |                  |                   |                  |                  |
|--------------------|---------------------------|------------------|------------------|-------------------|------------------|------------------|
|                    | Shoot                     |                  | Grain            |                   | Average          |                  |
|                    | Paddy                     | Upland           | Paddy            | Upland            | Paddy            | Upland           |
| Precocious species |                           |                  |                  |                   |                  |                  |
| Sinhwangok         | 5.0 <sup>a</sup>          | 4.7 <sup>a</sup> | 8.9 <sup>a</sup> | 8.4 <sup>a</sup>  | 7.0 <sup>a</sup> | 6.6 <sup>a</sup> |
| Sinhwangok2ho      | 7.0 <sup>a</sup>          | 6.8 <sup>a</sup> | 7.5 <sup>a</sup> | 7.5 <sup>a</sup>  | 7.3 <sup>a</sup> | 7.2 <sup>a</sup> |
| Middle species     |                           |                  |                  |                   |                  |                  |
| P3394              | 6.2 <sup>a</sup>          | 5.8 <sup>a</sup> | 8.3 <sup>a</sup> | 7.6 <sup>b</sup>  | 7.3 <sup>a</sup> | 6.7 <sup>b</sup> |
| P1543              | 4.3 <sup>a</sup>          | 4.1 <sup>a</sup> | 7.9 <sup>a</sup> | 8.2 <sup>a</sup>  | 6.1 <sup>a</sup> | 6.2 <sup>a</sup> |
| Gwangpyeongok      | 6.5 <sup>a</sup>          | 6.4 <sup>a</sup> | 8.8 <sup>a</sup> | 8.5 <sup>a</sup>  | 7.7 <sup>a</sup> | 7.5 <sup>a</sup> |
| Cheonganok         | 6.8 <sup>a</sup>          | 6.9 <sup>a</sup> | 8.8 <sup>a</sup> | 8.8 <sup>a</sup>  | 7.8 <sup>a</sup> | 7.9 <sup>a</sup> |
| Jangdaok           | 7.9 <sup>a</sup>          | 8.2 <sup>a</sup> | 8.1 <sup>a</sup> | 8.9 <sup>a</sup>  | 8.0 <sup>a</sup> | 8.6 <sup>a</sup> |
| Dapyeongok         | 5.4 <sup>a</sup>          | 5.2 <sup>a</sup> | 8.7 <sup>a</sup> | 8.6 <sup>a</sup>  | 7.1 <sup>a</sup> | 6.9 <sup>a</sup> |
| Cheongdaok         | 5.4 <sup>a</sup>          | 5.6 <sup>a</sup> | 7.8 <sup>a</sup> | 7.8 <sup>a</sup>  | 6.6 <sup>a</sup> | 6.7 <sup>a</sup> |
| Andaok             | 5.9 <sup>a</sup>          | 6.1 <sup>a</sup> | 7.7 <sup>a</sup> | 7.5 <sup>a</sup>  | 6.8 <sup>a</sup> | 6.8 <sup>a</sup> |
| Yanganok           | 5.0 <sup>a</sup>          | 4.8 <sup>a</sup> | 9.0 <sup>a</sup> | 8.8 <sup>a</sup>  | 7.0 <sup>a</sup> | 6.8 <sup>a</sup> |
| Singwangok         | 6.3 <sup>a</sup>          | 6.4 <sup>a</sup> | 8.7 <sup>a</sup> | 8.4 <sup>a</sup>  | 7.5 <sup>a</sup> | 7.4 <sup>a</sup> |
| Daanok             | 6.5 <sup>a</sup>          | 6.4 <sup>a</sup> | 9.4 <sup>a</sup> | 8.4 <sup>a</sup>  | 8.0 <sup>a</sup> | 7.4 <sup>a</sup> |
| Hwangdaok          | 7.4 <sup>a</sup>          | 7.6 <sup>a</sup> | 8.6 <sup>a</sup> | 8.8 <sup>a</sup>  | 8.0 <sup>a</sup> | 8.2 <sup>a</sup> |
| Late species       |                           |                  |                  |                   |                  |                  |
| Gangdaok           | 5.5 <sup>a</sup>          | 5.4 <sup>a</sup> | 8.3 <sup>a</sup> | 8.4 <sup>a</sup>  | 6.9 <sup>a</sup> | 6.9 <sup>a</sup> |
| Pyeonganok         | 5.0 <sup>a</sup>          | 4.8 <sup>a</sup> | 9.8 <sup>a</sup> | 10.1 <sup>a</sup> | 7.4 <sup>a</sup> | 7.5 <sup>a</sup> |
| Pyeonggangok       | 5.3 <sup>a</sup>          | 5.5 <sup>a</sup> | 8.8 <sup>a</sup> | 8.5 <sup>a</sup>  | 7.1 <sup>a</sup> | 7.0 <sup>a</sup> |
| Dacheongok         | 4.7 <sup>a</sup>          | 4.5 <sup>a</sup> | 8.3 <sup>a</sup> | 8.4 <sup>a</sup>  | 6.5 <sup>a</sup> | 6.5 <sup>a</sup> |

Values within a column followed by the same letter are not significantly different in paddy and upland at the 0.05% level by LSD test.

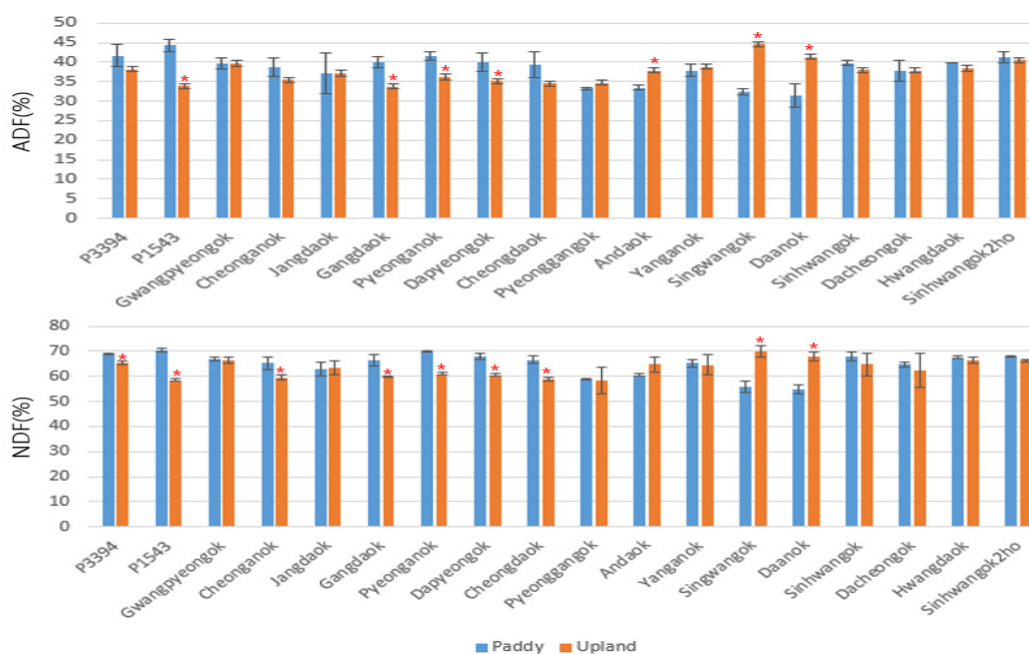


Fig. 1. ADF and NDF content analysis in shoot of corn hybrids for silage by paddy and upland field. Error bar is standard deviation(n=3, \*;  $p < 0.05$ ). ADF : acid detergent fiber, NDF : neutral detergent fiber.

## Yield and Nutritive Value of Silage Corn

밭에서는 큰 차이를 보이지 않았다(Fig. 2). NDF 함량은 양안옥, 신흥옥 2품종이 밭보다 논에서 15~20% 감소하였지만, 다른 품종들은 ADF 함량과 유사하게 큰 차이를 보이지 않았다(Fig. 2). 이러한 결과는 일부 품종들의 종실에서 밭보다 논에서 ADF와 NDF 함량이 낮지만 잎과 줄기에 들어있는 조섬유에 비해 상대적으로 전체 함량이 낮기 때문에 옥수수의 소화율과 기호도를 높이기 위해서는 줄기와 잎의 조섬유 함량을 낮추는 방향으로 육종이

진행되는 것이 바람직하다고 사료된다.

옥수수는 70%이상 전분으로 구성된 종실을 가지고 있기 때문에 생산성과 에너지가가 높은 사료작물로 알려져 있다. 그래서 본 시험에서 논과 밭에서 재배한 품종들의 종실을 사용하여 전분 함량을 분석하였고, 논과 밭에서 재배한 품종들의 종실에서 유의적인 차이가 없는 것을 확인하였다(Fig. 3). 이러한 결과는 종실에 있는 전분 함량의 재배 조건에 의해 차이가 발생하지 않기 때문

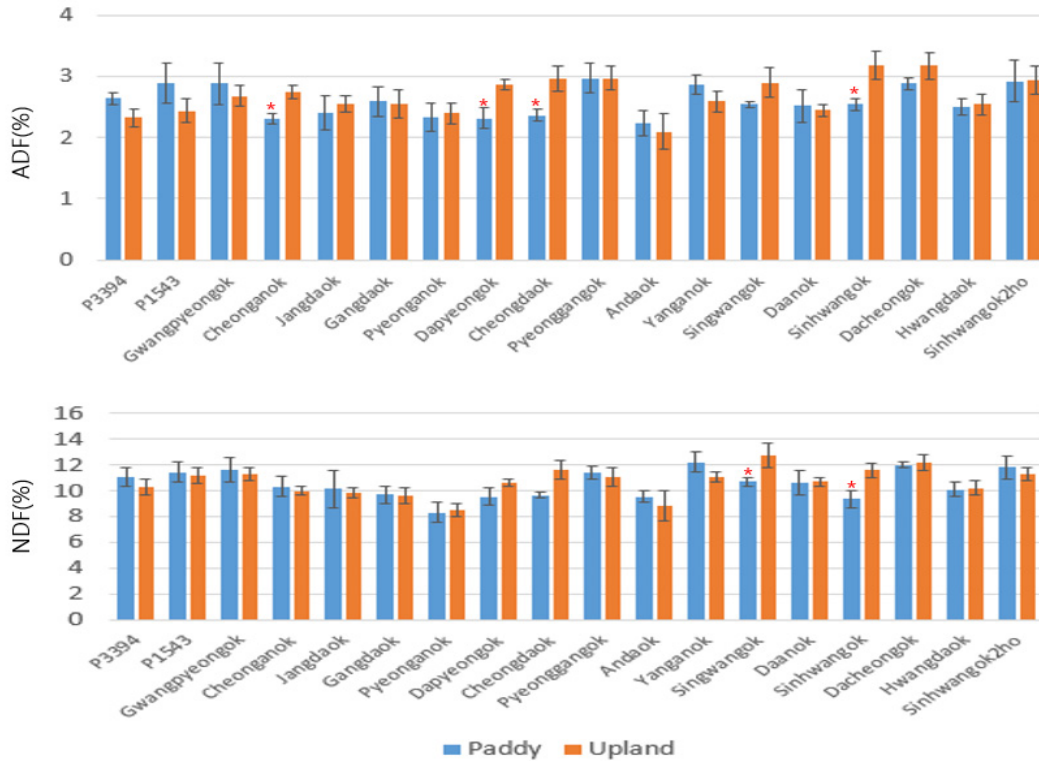


Fig. 2. ADF and NDF content analysis in grain of corn hybrids for silage by paddy and upland field. Error bar is standard deviation(n=3, \*;  $p < 0.05$ ). ADF : acid detergent fiber, NDF : neutral detergent fiber.

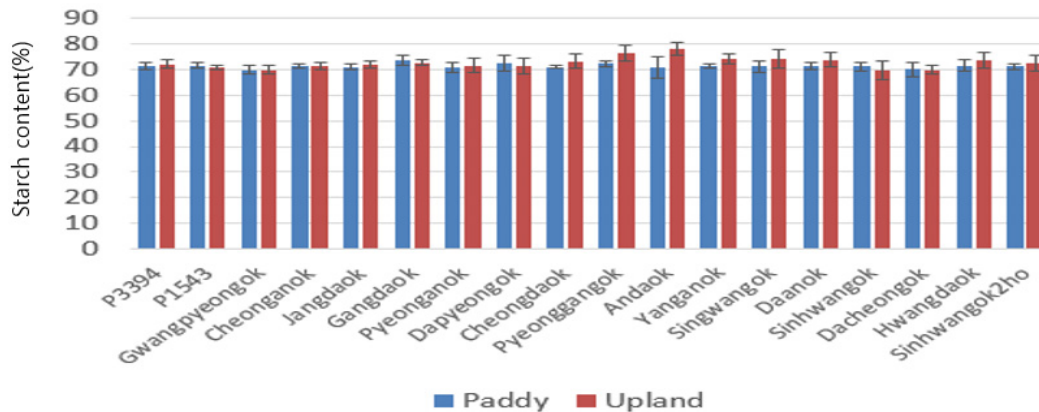


Fig. 3. Starch content analysis in grain of corn hybrids for silage by paddy and upland field. Error bar is standard deviation(n=3, \*;  $p < 0.05$ ).

에 정상적인 암이삭이 형성되도록 관리만 잘 해준다면 논에서 사일리지용 옥수수 재배가 가능할 것으로 사료된다.

#### IV. 요약

본 연구는 논과 밭에서 재배한 18개 사일리지용 옥수수 품종들의 생육특성, 수량성 및 사료 가치를 비교 분석하기 위하여 수행하였다. 논과 밭에서 출사일수는 조숙종인 신허옥이 78일로 가장 짧았고, 강다옥이 92일로 가장 길었다. 그리고 논과 밭의 출사일수 차이는 조숙종(6일)보다 중·만생종(10일)에서 더 크게 차이가 발생하는 것을 확인하였다. 간장은 논에서 재배한 옥수수가 밭보다 5~10% 감소하였지만, 착수고율은 10~15% 증가되는 경향을 보여 주었다. 그러나 도복과 후기녹체성은 논과 밭에서의 큰 차이를 보이지 않았다. 사일리지 사료가치를 증진시키는 옥수수의 암이삭 비율은 신허옥이 논과 밭에서 55.5%, 47.8%로 가장 높았고, 대부분 품종들은 밭보다 논에서 10~30% 감소하는 것을 확인하였다. 또한 이삭길어도 10~25% 감소하였다. 생초수량은 다청옥이 밭에서 65,750 kg/ha, 논에서 33,880 kg/ha로 최고 수량을 보였다. 생초수량과 유사하게 건물수량도 다청옥이 밭에서 26,910 kg/ha, 논에서 21,670 kg/ha로, TDN수량은 밭에서 18,040 kg/ha, 논에서 14,390 kg/ha로 최고 수량을 보여주었다. 사일리지용 옥수수의 사료 가치를 평가하기 위하여 조단백질, 전분을 종실에서 분석한 결과 논과 밭에서 재배한 품종간의 차이는 보이지 않았다. 그리고 잎과 줄기, 종실을 이용하여 ADF와 NDF 함량을 분석한 결과 잎과 줄기는 밭에서는 P3394, P1543 같은 수입종이, 논에서 재배할 때는 신허옥, 다안옥 같은 국산품종이 낮은 함량을 가지고 있었다. 또한 종실에서는 밭보다 논에서 ADF와 NDF 함량이 일부 품종에서 감소하였지만, 대부분 품종에서는 큰 차이를 보이지 않았다. 따라서 논과 밭에서 재배한 옥수수 품종들의 사료 가치는 큰 차이를 보이지 않으므로, 배수 관리 등을 통해 생육을 정상적으로 재배한다면 논에서의 옥수수 수량성을 확보 할 수 있다고 판단된다.

#### V. 사사

본 논문은 농촌진흥청 작물시험연구사업(세부과제번호: PJ014 27301)의 지원에 의해 이루어진 결과로 이에 감사드립니다.

#### VI. REFERENCES

AOAC. 1995. Official method of analysis (15th ed.). Association &

Official Analytical Chemists, Washington DC.

- Choi, K.C., Jo, N.C., Jung, M.W., Lee, K.D., Kim, J.G., Lim, Y.C., Kim, W.H., Oh, Y.K. and Choi, J.H. 2011. Effect of harvest stage of corn on nutritive values and quality of roll baled corn silage manufactured with corn grown in paddy land. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 31(1):65-74. doi:10.5333/KGFS.2011.31.1.65
- 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., Des Moines. IA.
- Ji, H.C., Lee, J.K., Kim, K.Y., Yoon, S.H., Lim, Y.C., Kwon, O.D. and Lee, H.B. 2009. Evaluation of agronomic characteristics, forage production and quality of corn hybrids for silage at paddy field in southern region of Korea. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 29(1):13-18. doi:10.5333/KGFS.2009.29.1.013
- Ji, H.J., Kim, W.H., Lee, S.H., Cho, J.H. and Kwon, O.D. 2011. Evaluation of agronomic characteristics, forage production and quality of corn hybrids for silage at paddy field in the middle region of Korea. *Journal of Korean Society of Grassland Science*. 31(2):127-134. doi:10.5333/KGFS.2011.31.2.127
- Kim, D.A., Lee, K.N., Shin, D.E., Kim, J.D. and Han, K.J. 1996. Effect of planting date on forage yield and quality of corn flour maturity groups. *Journal of Korean Society of Grassland Science*. 16(4):327-337.
- Kim, J.G., Li, Y.F., 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(2):98-105. doi:10.5333/KGFS.2020.40.2.98
- Kim, J.G., Li, Y.W., Park, H.S. and Kim, J.D. 2017. Comparative study on the productivity for silage corn (*Zea mays* L.) variety certified import adaptability in Pyeongchang area. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 37(2):161-167. doi:10.5333/KGFS.2017.37.2.161
- 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.
- Rural Development Administration(RDA). 2012. *Agricultural science and technology of analysis based on research*. National Institute of Crop Science, Korea. pp. 315-374.
- Son, B.Y., Baek, S.B., Kim, J.T., Lee, J.S. and Bae, H.W. 2018. Single cross maize hybrid for silage with lodging tolerance and high yield, 'Dacheongok'. *Korean Journal of Breeding Science*. 50(2): 145-149. doi:10.9787/KJBS.2018.50.2.145



## Yield and Nutritive Value of Silage Corn

- Son, B.Y., Baek, S.B., Kim, J.T., Lee, J.S., Hwang, J.J., Kim, S.L., Jung, G.H., Kwon, Y.U., Huh, C.S. and Park, J.Y. 2014. Growth characteristics and productivity of new single cross maize hybrid for grain, 'Singwangok'. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 34(1):21-25. doi:10.5333/KGFS.2014.34.1.21
- Son, B.Y., Baek, S.B., Kim, J.T., Lee, J.S., Hwang, J.J., Kwon, Y.U., Ji, H.J., Huh, C.S. and Park, J.Y. 2012. A new single cross maize hybrid for grain and silage, 'Pyeongangok'. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 32(3):203-208. doi:10.5333/KGFS.2012.32.3.203
- Son, B.Y., Baek, S.B., Kim, J.T., Lee, J.S., Ku, J.H., Kwon, Y.U., Huh, C.S. and Park, J.Y. 2013. Growth characteristics and productivity of single cross maize hybrid for grain, 'Andaok'. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 33(1):1-5. doi:10.5333/KGFS.2013.33.1.1
- Son, B.Y., Kim, J.T., Lee, J.S., Baek, S.B., Kim, W.H. and Kim, H.D. 2010. Comparison of growth characteristics and yield of silage corn hybrids by different planting dates at paddy and upland field. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 30(3):237-246. doi:10.5333/KGFS.2010.30.3.237
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B. and Lewis, B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*. 74(10): 3583-3597. doi:10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2

(Received : November 30, 2022 | Revised : December 23, 2022 | Accepted : December 27, 2022)