

## 종실옥수수 자식계통들에 대한 형태적 특성 연구

박종열\*\*\* · 사규진\* · 박기진\*\* · 이주경\*†

\*강원대학교 농업생명과학대학 식물자원응용공학과, \*\*강원도 농업기술원 옥수수연구소

### Analysis of Morphological Characteristics for Normal Maize Inbred Lines

Jong Yeol Park\*\*\*, Kyu Jin Sa\*, Ki Jin Park\*\*, and Ju Kyong Lee\*†

\*Department of Applied Plant Sciences, College of Agriculture and Life Science, Kangwon National University, Chuncheon, 200-701, Korea

\*\*Maize Experiment Station, Kangwon Agricultural Research and Extension Services, Hongcheon, 250-823, Korea

**ABSTRACT** We evaluated the morphological characteristics of 156 maize inbred lines, which were developed to breeding normal maize variety at Maize Experiment Station, Gangwon Agricultural Research and Extension Services, by examining 11 quantitative and three qualitative characteristics. On the evaluation of three qualitative traits for 156 maize inbred lines, most inbred lines showed yellow (85 and 84 inbred lines) at tassel color (QL1) and silk color (QL2), and showed semi erect (105 inbred lines) at plant type (QL3). While, the evaluation of 11 quantitative traits for 156 maize inbred lines, they showed the morphological variation in days of tasseling (QN1, 56.5 to 76.0 days), days of silking (QN2, 59.0 to 85.5 days), stem thickness (QN3, 12.7 to 42.9 mm), plant height (QN4, 111.8 to 239.8 cm), ear height (QN5, 48.2 to 126.5 cm), 100 kernel weight (QN6, 14.9 to 36.4 g), ear length (QN7, 10.0 to 79.0 cm), setted kernel length (QN8, 8.0 to 70.5 cm), ear thickness (QN9, 4.0 to 22.0 cm), total kernel weight (QN10, 22.0 to 490.0 kg) and water content (QN11, 9.3 to 11.9%), respectively. As a result, 11 inbred lines (00hf3, 00hf19, 00hf30, 00hf36, 02S8069, 02S8072, 02S8090, 02S8099, 05S10011, 06S8085-6, 07S8011) in the 156 normal maize inbred lines have showed comparatively high values. While, the results of PCA (principal component analysis) indicated that the ear length (QN7), setted kernel length (QN8), ear thickness (QN9) and total kernel weight (QN10) greatly contributed in positive direction on the first principal components. And also, days of tasseling (QN1), days of silking (QN2), plant height (QN4) and ear height (QN5) contributed in negative direction on the second principal component. Thus these morphological characters, which were greatly contributed in the first and second principal components,

might be considered to be useful for discrimination among 156 normal inbred lines. Specifically, this study's assessment of morphological characteristics of 156 normal inbred lines will be helpful useful for normal maize breeding programs such activities as planning crosses for hybrid and line development at Maize Experiment Station, Gangwon Agricultural Research and Extension Services.

*Keywords* : maize, inbred line, morphological variation, principal component analysis, maize breeding programs

**옥수수**(*Zea mays* L.)는 세계 주요작물 중 하나로 우리나라를 포함한 전세계 모든 나라들에서 식용, 간식용, 사료용, 공업용 등 다양한 용도로 이용되고 있다. 우리나라에서 옥수수 수급 동향을 살펴보면 2012년의 경우 옥수수 수입량은 약 820만 톤이었으며, 이 중에서 사료용 옥수수 수입량이 약 600만 톤으로 대부분 사료용 옥수수는 수입에 의존하고 있는 실정이다(농림축산식품부, 2013). 옥수수 종자의 바이오에너지 이용 개발과 더불어 사료용 옥수수 수입가격은 매년 증가하고 있으며 현재도 매우 높은 가격에 거래되고 있다(농수산식품수출지원정보, <http://www.kati.net>). 최근 우리나라 국민의 생활수준의 향상과 식생활의 서구화로 인하여 육류 소비가 점차 증가하고 있으며, 이에 따라 사료용 옥수수의 중요성 또한 증가하고 있다. 현재 우리나라의 주요 사료용 옥수수 품종은 수원19호, 광평옥, 청안옥, 장다옥, 강다옥 등이 개발 되어 이용되고 있고, 재배면적은 점차 증가하고는 있지만 여전히 매우 부족하다. 따라서 새로운 양질의 다수확 사료용 옥수수 품종개발이 절실히 요구되는 실정이다.

†Corresponding author: (Phone) +82-33-250-6415 (E-mail) [jukyonglee@kangwon.ac.kr](mailto:jukyonglee@kangwon.ac.kr)

<Received 18 June, 2014; Revised 4 July, 2014; Accepted 11 July, 2014>

작물 육종연구에서는 육종재료로 이용될 유전자원을 수집 확보하는 것이 매우 중요하다. 특히 타식성 작물인 옥수수 육종 연구에서 수집 및 고정된 육종재료들에 대한 유전적 다양성과 계통유연관계 등 수집 집단의 특성을 명확히 평가하는 것은 이들 이형집단으로부터 새로운 자식계통의 선발과 육성 그리고 교배조합 예측 및 구성 등에 유용 정보를 제공할 수 있다(Hallauer *et al.*, 1988; Pejic *et al.*, 1998; Manjarrez-Sandoval *et al.*, 1997). 수집된 유전자원들에 대한 유전적 변이 및 다양성을 평가하는 방법들 중에서 다변량 분석법(multivariate analysis)은 형태적 특성에 기초하여 수집된 집단 및 계통들 내에서 유전변이를 분석하는데 유용한 방법 중 하나이다(Nielsen & Munck, 2003). 그 중에서 주성분 분석법(Principal component analysis, PCA)은 형태학적 특성을 이용하여 수집된 식물 집단의 유전자원 분류에 많이 이용되고 있는 분석법 중 하나로 알려져 있다(Khorasani *et al.*, 2011). 이전의 연구에서 주성분 분석을 이용하여 여러 옥수수 계통들의 분류에 이용되었다. 예를 들면 Chang *et al.* (2013)은 79개 튀김옥수수 자식계통들을 대상으로 웅수색, 간장, 착립장, 발아율 등 13개의 농업형질을 이용하여 주성분 분석을 실시하였으며, Jung *et al.* (2005)은 64개 찰옥수수 자식계통들을 대상으로 백립중, 과피두께 등 14개의 농업형질을 이용하여 주성분 분석을 실시하였다. 더욱이 Lee & Park (2003)은 49개의 재래종 옥수수에서 이삭길이, 간장, 출용일수 등의 7개 형질을 이용하여 주성분 분석을 실시하였다.

현재 강원도 농업기술원 옥수수연구소에서는 다양한 지역에서 수집한 다수의 종실옥수수 자식계통들을 고정 및 보존하고 있다. 하지만 이들 계통들의 형태적 변이 특성에 대한 연구가 매우 부족하기 때문에 이들 계통들에 대한 형태적 특성을 명확히 밝히는 것은 앞으로 국내에서 종실옥수수의 품종개발을 위한 육종 연구에 매우 유용한 정보가 될 것으로 기대한다. 따라서 본 연구에서는 강원도 농업기술원 옥수수연구소에서 종실옥수수 신품종 육성을 위해서 고정시킨 156개 종실옥수수 자식계통들에 대하여 형태적 특성 변이를 조사하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 공시재료

본 연구에서 분석에 이용한 종실옥수수 자식계통들의 육성내력에 대한 기본 정보는 Table 1에 나타내었다. 본 연구에서 분석에 이용한 종실옥수수 자식계통들은 국내 및 국외에서 수집한 계통들로 강원도농업기술원 옥수수연구소에서

신품종 개발을 위하여 육성한 자식계통들로, 육성기간에 따라 2002년부터 2009년까지 8~9세대까지 육성되었다(Table 1).

### 형태적 변이 조사

종실옥수수 자식계통들에 대한 형태적 변이를 측정하기 위해서 강원도농업기술원 옥수수연구소의 시험포장에서 2013년에 각 계통 별로 20립씩 종자를 파종하여 20개체를 심었으며, 개체 간 거리는 30 cm, 계통 간 거리는 60 cm로 하여 일반 관행 재배법으로 재배하였다. 형태적 특성 조사는 각 계통 별로 10개체씩 생육시기별로 형태조사를 실시하였으며, 조사한 형질들은 웅수색(QL1) 등 3개의 질적 형질과 간장(QN4) 등 11개의 양적 형질 등 총 14개의 질적 및 양적 형질에 대하여 각 계통들의 생육시기별로 조사하였다(Table 2).

### 통계 분석

종실옥수수 156개 자식계통들로부터 측정된 14개의 질적 및 양적 형질들에 대한 통계분석은 Microsoft Excel 통계 프로그램 및 NTSYS 2.1 프로그램을 이용하여 수행하였다. 통계분석은 156개의 자식계통들에서 조사한 형질들에 대하여 평균 및 편차 등 각 계통들에 대한 형질 별 변이 분포를 조사하였고, 또한 156개의 자식계통들에서 총 11개의 양적 형질들 간 연관성을 알아보기 위해 상관분석을 실시하였다. 그리고 156개의 자식계통들에 대한 집단 및 계통들 사이에서 형태적 변이 수준을 이해하기 위해 총 14개의 질적 및 양적 형질을 이용하여 주성분 분석을 실시하였다.

## 결과 및 고찰

### 종실옥수수 자식계통들의 형태적 변이

종실옥수수 156개의 자식계통들에 대하여 14개의 질적 및 양적 형질을 조사한 결과는 Table 3에 나타내었다. 먼저 156개의 자식계통들에 대하여 3개의 질적 형질인 웅수색(QL1), 자수색(QL2) 그리고 초형(QL3)을 조사한 결과에 의하면, 웅수색(QL1)의 경우 156계통들 중에서 황색을 나타내는 것이 85계통, 연한 자주색을 나타내는 것이 57계통 그리고 자주색을 나타내는 것이 14계통이었다. 자수색(QL2)의 경우 84계통들은 황색을, 52계통들은 연한 자주색을, 그리고 20계통들은 자주색을 나타내었다. 초형(QL3)의 경우는 대부분의 계통들(105계통)은 반직립형을, 27계통들은 직립형을, 나머지 24계통은 개산형을 나타내었다(Table 3).

156개의 자식계통들에 대하여 11개의 양적 형질을 조사한 결과에 의하면, 출용일수(QN1)의 경우는 56.5~76.0일의 범위로, 평균 66.7±4.2일을 나타내었으며, 출사일수(QN2)는

**Table 1.** Derivation of 156 normal maize used in this study.

| Code No. | Pedigree Na. | Source            | Code No. | Pedigree Na. | Source               | Code No. | Pedigree Na. | Source                          | Code No. | Pedigree Na.   | Source               |
|----------|--------------|-------------------|----------|--------------|----------------------|----------|--------------|---------------------------------|----------|----------------|----------------------|
| 1        | 00hf1        | Eongdan14         | 41       | 02S8133      | P3282                | 81       | 05S9024      | Unknown                         | 121      | 06S8135-6      | Unknown              |
| 2        | 00hf3        | Unknown           | 42       | 02S8145      | Unknown              | 82       | 05S10008     | 659                             | 122      | 06S8140-1      | choon3               |
| 3        | 00hf4        | Unknown           | 43       | 03S8062      | choon1               | 83       | 05S10011     | Unknown                         | 123      | 06S8146-7      | Unknown              |
| 4        | 00hf5        | Unknown           | 44       | 03S8095      | Jangdan668           | 84       | 05S10020     | Unknown                         | 124      | 07S8001        | IP57                 |
| 5        | 00hf9        | Unknown           | 45       | 03S8101      | Unknown              | 85       | 05S10024     | 698                             | 125      | 07S8009        | IP152                |
| 6        | 00hf11       | Unknown           | 46       | 03S8125      | choon1               | 86       | 05S10027     | choon2                          | 126      | 07S8011        | IP161                |
| 7        | 00hf17       | N2BE/B73          | 47       | 03S8129      | Jangdan653           | 87       | 05S10032     | choon3                          | 127      | 07S8024        | Unknown              |
| 8        | 00hf19       | Unknown           | 48       | 03S8132      | Jangdan668           | 88       | 05S10036     | Unknown                         | 128      | 07S8031        | Unknown              |
| 9        | 00hf21       | Unknown           | 49       | 03S8145      | Unknown              | 89       | 06S8001      | ISU pop T-C 8644-27 / ISU Pop 5 | 129      | 07S8038        | Unknown              |
| 10       | 00hf22       | Unknown           | 50       | 03S8147      | Unknown              | 90       | 06S8008      | 9071/6B-6                       | 130      | 07S8045        | Unknown              |
| 11       | 00hf23       | Unknown           | 51       | 03S8170      | Hwaseong1            | 91       | 06S8012      | 9071/9B-1                       | 131      | 07S8056        | Unknown              |
| 12       | 00hf24       | Unknown           | 52       | 03S8172      | Unknown              | 92       | 06S8013      | ISU Inb.1368 / (B87/B73-12) B#  | 132      | 07S8062        | Unknown              |
| 13       | 00hf25       | Hwaseong1         | 53       | 03S8196      | DK713                | 93       | 06S8019      | 8321-18/12B-2                   | 133      | 08S8001-3      | NC3                  |
| 14       | 00hf26       | Unknown           | 54       | 03S8203      | P3394/oh43           | 94       | 06S8025      | EV43-SR/4B-2                    | 134      | 09S8003        | 00parent populationB |
| 15       | 00hf27       | P3790             | 55       | 03S8210      | P3382                | 95       | 06S8030      | EV43-SR/9B-5                    | 135      | 09S8005        | Unknown              |
| 16       | 00hf28       | Pioneer synthetic | 56       | 04S8029      | Unknown              | 96       | 06S8035      | New Int ISU Pop BS8             | 136      | 09S8010        | 00parent populationC |
| 17       | 00hf29       | P3352             | 57       | 04S8045      | Unknown              | 97       | 06S8038      | B68 / (A239/A634-32)            | 137      | 09S8014        | Unknown              |
| 18       | 00hf30       | Unknown           | 58       | 04S8047      | P3394/Oh43           | 98       | 06S8039      | Unknown                         | 138      | 09S8017        | P3223                |
| 19       | 00hf31       | Unknown           | 59       | 04S8056      | P3394/KS6            | 99       | 06S8042      | IB89A-D14 1368/ISUINB 7B-1      | 139      | 09S8020        | NC5514               |
| 20       | 00hf36       | Eongdan14         | 60       | 04S8064      | P3282                | 100      | 06S8048-9    | Unknown                         | 140      | B84            | B84                  |
| 21       | 00hf37       | Unknown           | 61       | 04S8071      | Unknown              | 101      | 06S8052      | Unknown                         | 141      | Oh43           | Oh43                 |
| 22       | 00hf38       | Unknown           | 62       | 04S8077      | Unknown              | 102      | 06S8056      | Unknown                         | 142      | Va85           | Va85                 |
| 23       | 00hf39       | Unknown           | 63       | 04S8080      | choon3               | 103      | 06S8058      | Unknown                         | 143      | B73            | B73                  |
| 24       | 00hf40       | Unknown           | 64       | 04S8083      | choon4               | 104      | 06S8061-62   | Unknown                         | 144      | FR35           | FR35                 |
| 25       | 00hf41       | P3352             | 65       | 04S8089      | Unknown              | 105      | 06S8065-6    | Unknown                         | 145      | CML177         | CML177               |
| 26       | 00hf42       | Unknown           | 66       | 04S8093      | P3282/KS15A          | 106      | 06S8070      | Unknown                         | 146      | 8112           | 8112                 |
| 27       | 00hf43       | Unknown           | 67       | 04S8098      | Unknown              | 107      | 06S8072      | Unknown                         | 147      | Ho-5           | Ho-5                 |
| 28       | 00hf44       | Unknown           | 68       | 04S8131      | 96KPC flint / green1 | 108      | 06S8079      | Unknown                         | 148      | SIM6           | SIM6                 |
| 29       | 02S8012      | P3525             | 69       | 04S8140      | Unknown              | 109      | 06S8085-6    | Unknown                         | 149      | NK487          | NK487                |
| 30       | 02S8019      | Unknown           | 70       | 04S8147      | Unknown              | 110      | 06S8088-9    | Unknown                         | 150      | NK692          | NK692                |
| 31       | 02S8021      | Unknown           | 71       | 04S8151      | Unknown              | 111      | 06S8094      | Unknown                         | 151      | NK698          | NK698                |
| 32       | 02S8069      | N2BE/B73          | 72       | 04S8165      | Unknown              | 112      | 06S8097      | Unknown                         | 152      | Oh 599         | Oh 599               |
| 33       | 02S8072      | Unknown           | 73       | 04S8171      | Unknown              | 113      | 06S8101-2    | Unknown                         | 153      | Gem 002        | Gem 002              |
| 34       | 02S8086      | P3790             | 74       | 04S8179      | Uniseed              | 114      | 06S8104      | Unknown                         | 154      | Eongdan13 male | Eongdan13 male       |
| 35       | 02S8088      | Unknown           | 75       | 04S8187      | Unknown              | 115      | 06S8107      | Unknown                         | 155      | HF1            | P3358                |
| 36       | 02S8090      | Hwaseong1         | 76       | 05S8020      | Unknown              | 116      | 06S8110-3    | Unknown                         | 156      | HF2            | N2BE/B73             |
| 37       | 02S8099      | Unknown           | 77       | 05S8027      | S133                 | 117      | 06S8116-9    | Unknown                         |          |                |                      |
| 38       | 02S8114      | Unknown           | 78       | 05S8039      | Unknown              | 118      | 06S8127      | Unknown                         |          |                |                      |
| 39       | 02S8120      | P3358             | 79       | 05S9008      | Unknown              | 119      | 06S8130-1    | Unknown                         |          |                |                      |
| 40       | 02S8128      | Unknown           | 80       | 05S9019      | 698                  | 120      | 06S8133      | choon2                          |          |                |                      |

59.0~85.5일의 범위로, 평균 72.8±5.8일의 값을 보였다. 본 연구에서 분석된 156개의 자식계통들의 출용일수와 출사일수의 평균을 비교한 결과, 출사일수가 약 6.1일 늦은 것으로 확인되었다. 일반적으로 출사일수는 옥수수 수량에 간접적인 영향을 주는 것으로 알려져 있다(Zheng *et al.*, 2012). 따라서 출용일수와 출사일수는 옥수수 육종에서 매우 중요한 형질이다. 간경(QN3)은 12.7~42.9 mm의 범위로, 평균 16.2±2.6 mm의 값을 나타내었다. 간장(QN4)은 111.8~239.8 cm의 범위로, 평균 166.0±21.9 cm의 값을 나타내었다. 착수고(QN5)의 경우는 평균 84.3±17.3 cm로 최소 48.2에서 최대 126.5 cm의 범위를 나타내었다. 작물의 형질 중에서 간경은 도복

을 결정하는 중요 형질 중 하나이다(Kashiwagi *et al.*, 2008). 더욱이 내도복성을 나타내는 계통들의 경우 착수고율이 50% 내외로 알려져 있으며(Ryu *et al.*, 2001), 본 연구에서 조사된 156개의 종실용 옥수수 자식계통들 중에서 74계통들은 50%미만의 착수고율을 나타내는 것으로 확인되었다. 따라서 이들 계통들은 앞으로 종실옥수수 육종연구에서 내도복성이 강한 품종을 육성하는데 있어 유용한 재료인 것으로 생각되었다. 수량성과 관련 있는 형질들 중에서 백립중(QN6)은 14.9~36.4 g의 범위로, 24.4±4.4 g의 평균값을 나타내었다. 이삭장(QN7)의 경우는 평균 47.0±17.9 cm로, 최소 10.0 cm에서 최대

**Table 2.** Characters used in the morphological analysis among 156 normal maize accessions.

| Abbreviation | Character            | When/how measured  | Category                            |
|--------------|----------------------|--------------------|-------------------------------------|
| QL1          | Tassel color         | at flowering stage | yellow-1, bright purple-2, purple-3 |
| QL2          | Silk color           | at flowering stage | yellow-1, bright purple-2, purple-3 |
| QL3          | Plant type           | at maturing stage  | erect-1, semi erect-2, prostrate-3  |
| QN1          | Days of tasseling    | at maturing stage  | days                                |
| QN2          | Days of silking      | at maturing stage  | days                                |
| QN3          | Stem diameter        | at maturing stage  | mm                                  |
| QN4          | Plant height         | at maturing stage  | cm                                  |
| QN5          | Ear height           | at maturing stage  | cm                                  |
| QN6          | 100 kernel weight    | after harvest      | g                                   |
| QN7          | Ear length           | after harvest      | cm                                  |
| QN8          | Setted kernel length | after harvest      | cm                                  |
| QN9          | Ear thickness        | after harvest      | cm                                  |
| QN10         | Total kernel weight  | after harvest      | kg                                  |
| QN11         | Water content        | after harvest      | %                                   |

**Table 3.** Mean, standard deviation, range and accession number for 14 quantitative and qualitative characters among 156 normal maize accessions.

| Morphological character    | Mean ± SD or Accession number                 | Maximum | Minimum |
|----------------------------|-----------------------------------------------|---------|---------|
| QL1 (Tassel color)         | yellow (85*), bright purple (57), purple (14) | -       | -       |
| QL2 (Silk color)           | yellow (84), bright purple (52), purple (20)  | -       | -       |
| QL3 (Plant type)           | erect (27), semi erect (105), prostrate (24)  | -       | -       |
| QN1 (Days of tasseling)    | 66.7±4.2                                      | 56.5    | 76.0    |
| QN2 (Days of silking)      | 72.8±5.8                                      | 59.0    | 85.5    |
| QN3 (Stem diameter)        | 16.2±2.6                                      | 12.7    | 42.9    |
| QN4 (Plant height)         | 166.0±21.9                                    | 111.8   | 239.8   |
| QN5 (Ear height)           | 84.3±17.3                                     | 48.2    | 126.5   |
| QN6 (100 kernel weight)    | 24.4±4.4                                      | 14.9    | 36.4    |
| QN7 (Ear length)           | 47.0±17.9                                     | 10.0    | 79.0    |
| QN8 (Setted kernel length) | 40.7±15.7                                     | 8.0     | 70.5    |
| QN9 (Ear thickness)        | 14.2±4.7                                      | 4.0     | 22.0    |
| QN10 (Total kernel weight) | 175.6±97.6                                    | 22.0    | 490.0   |
| QN11 (Water content)       | 10.0±0.3                                      | 9.3     | 11.9    |

\* Inbred line number of 156 normal maize inbred lines for each character.

79.0 cm의 범위를 나타내었다. 착립장(QN8)은 최소 8.0 cm에서 최대 70.5 cm의 범위로, 평균 40.7±15.7 cm의 값을 나타내었다. 이삭경(QN9)은 4.0~22.0 cm의 범위를 보였으며, 평균 14.2±4.7 cm을 나타내었다. 종실중(QN10)은 최소 22.0 kg에서 최대 490.0 kg의 범위로, 평균 175.6±97.6 kg을 나타내었다. 일반적으로 이삭과 종실에 관여하는 형질들은 수

량성과 매우 밀접한 관련이 있으며, 본 연구에서는 분석에 이용된 156개의 자식계통들에 대하여 이삭과 종실에 관련된 5개의 형질들에 대하여 비교적 높은 수치를 나타내는 계통들을 확인하였다. 그 결과, 156개의 자식계통들 중에서 11개의 자식계통(00hf3, 00hf19, 00hf30, 00hf36, 02S8069, 02S8072, 02S8090, 02S8099, 05S10011, 06S8085-6, 07S8011)

**Table 4.** Pearson correlation coefficient among 11 quantitative traits in 156 normal maize accessions.

|      | QN2     | QN3    | QN4     | QN5     | QN6    | QN7      | QN8      | QN9      | QN10     | QN11     |
|------|---------|--------|---------|---------|--------|----------|----------|----------|----------|----------|
| QN1  | 0.837** | -0.063 | 0.263** | 0.544** | -0.009 | -0.073   | -0.131   | -0.073   | -0.093   | -0.185*  |
| QN2  |         | -0.055 | 0.206** | 0.410** | 0.036  | -0.277** | -0.334** | -0.275** | -0.311** | -0.260** |
| QN3  |         |        | -0.156  | -0.188* | 0.112  | 0.071    | 0.092    | 0.042    | -0.019   | -0.151   |
| QN4  |         |        |         | 0.736** | -0.061 | 0.192*   | 0.167*   | 0.174*   | 0.180*   | -0.062   |
| QN5  |         |        |         |         | -0.04  | 0.091    | 0.08     | 0.165*   | 0.207**  | -0.09    |
| QN6  |         |        |         |         |        | -0.028   | -0.021   | 0.05     | 0.184*   | 0.008    |
| QN7  |         |        |         |         |        |          | 0.975**  | 0.878**  | 0.663**  | 0.141    |
| QN8  |         |        |         |         |        |          |          | 0.881**  | 0.722**  | 0.152    |
| QN9  |         |        |         |         |        |          |          |          | 0.767**  | 0.194*   |
| QN10 |         |        |         |         |        |          |          |          |          | 0.266**  |

\*, \*\* : Significant at 5% and 1% levels, respectively

**Table 5.** Eigen vector and cumulative variance of the first and second principal components.

| Traits                     | Eigen vector |        |
|----------------------------|--------------|--------|
|                            | PC1          | PC2    |
| QN8 (Setted kernel length) | 0.946        | 0.040  |
| QN9 (Ear thickness)        | 0.934        | -0.027 |
| QN7 (Ear length)           | 0.926        | -0.008 |
| QN10 (Total kernel weight) | 0.841        | -0.014 |
| QL2 (Silk color)           | 0.377        | -0.283 |
| QN11 (Water content)       | 0.268        | 0.254  |
| QN4 (Plant height)         | 0.251        | -0.659 |
| QL1 (Tassel color)         | 0.190        | 0.039  |
| QN5 (Ear height)           | 0.171        | -0.826 |
| QN3 (Stem diameter)        | 0.034        | 0.189  |
| QN6 (100 kernel weight)    | 0.025        | 0.055  |
| QN1 (Days of tasseling)    | -0.157       | -0.839 |
| QL3 (Plant type)           | -0.261       | 0.348  |
| QN2 (Days of silking)      | -0.384       | -0.770 |
| Cumulative variance(%)     | 27.963       | 19.445 |

들은 조사된 5개의 형질들 중에서 3~4개 이상의 형질들에서 비교적 높은 특성을 나타내었다. 따라서 이러한 계통들은 앞으로 종실옥수수 육종연구에서 수량성이 높은 품종개발에 유용한 육종소재로 생각되었다. 더욱이 종자의 수분함량은 최소 9.3%에서 최대 11.9%로 평균 10.0±0.3%를 나타내었다(Table 3). 종자의 수분함량은 식미뿐만 아니라 옥수수 종실의 최종 수량에도 영향을 주기 때문에 옥수수 육종에서 중요하게 고려해야 할 형질 중 하나로 생각된다(Zhang

*et al.*, 2013).

한편 본 연구에서는 156개의 자식계통들에서 조사된 11개의 양적 형질들에 대하여 95%와 99%의 유의수준에서 상관관계 분석을 수행하였다(Table 4). 그 결과 조사된 11개의 양적 형질들 중에서 특히 출용일수와 출사일수(0.837\*\*), 간장과 착수고(0.736\*\*), 이삭장과 착립장(0.975\*\*), 이삭장과 이삭경(0.878\*\*), 착립장과 이삭경(0.881\*\*), 착립장과 종실중(0.722\*\*), 이삭경과 종실중(0.767\*\*) 사이에서의 상관계수는 다른 형질들에 비하여 매우 높은 것으로 나타났으며, 또한 출용일수와 착수고(0.544\*\*), 이삭장과 종실중(0.663\*\*) 형질도 비교적 높은 상관계수를 나타내었다(Table 4). 일반적으로 간장, 착수고, 이삭 및 종실 관련 형질들은 높은 정의 상관관계를 나타내는 것으로 알려져 있으며, 또한 이러한 이삭 및 종실 관련 형질들은 수량과도 높은 정의 상관관계를 나타내는 것으로 확인되었다(Alvi *et al.*, 2003; Bočanski *et al.*, 2009). 따라서 본 연구에서 조사한 형질들 중에서 이삭 및 종실 등의 형질들은 앞으로 옥수수 육종연구에서 수량성 증가를 위해서 중요한 형질들인 것으로 생각되었다.

#### 종실옥수수 자식계통들의 주성분분석

본 연구에서는 156개의 종실옥수수 자식계통들 사이에서 각 계통들의 형태적 변이와 다양성을 식별하기 위하여 3개의 질적 형질과 11개의 양적 형질을 이용하여 주성분 분석을 수행하였다. 그 결과, 제 1차 및 제 2차 주성분들은 각각 28.0%와 19.4%의 변이를 나타내어 전체 47.4%의 변이를 나타내었다(Table 5). 분석에 이용된 14개의 질적 및 양적 형질들 중에서 이삭장(QN7), 착립장(QN8), 이삭경(QN9), 종실중(QN10)은 제 1주성분에서 양의 방향에 크게 기여하

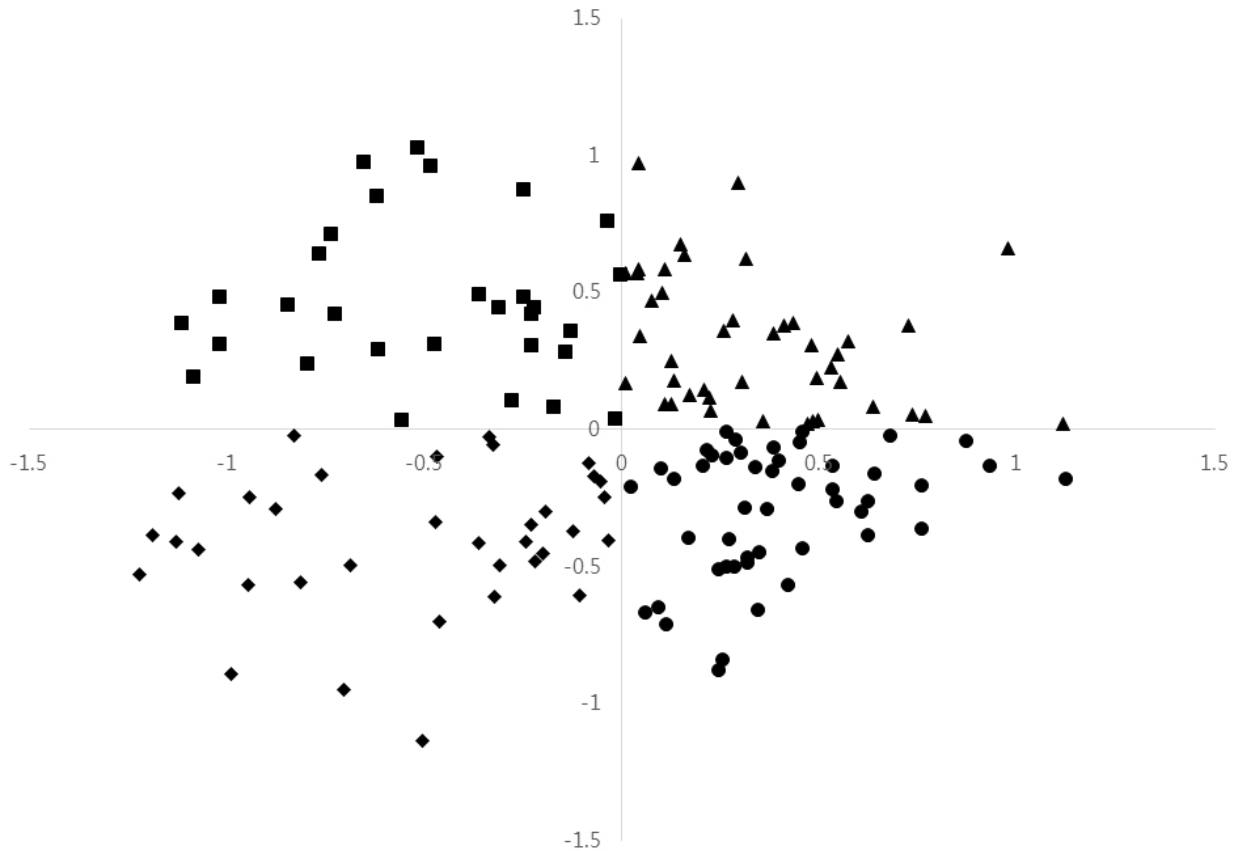


Fig. 1. Scatter diagram of 156 normal maize inbred lines based on principal components I (PC1) and II (PC2).

였고, 반면에 제 2주성분에서는 출용일수(QN1), 출사일수(QN2), 간장(QN4), 착수고(QN5)은 음의 방향에 크게 기여하였다. 따라서 본 연구에서 제 1축 및 제 2축의 주성분에서 양의 방향과 음의 방향에 크게 기여한 형질들은 본 연구에서 분석에 이용한 156개의 종실옥수수 자식계통들을 식별하는데 유용한 형질들이므로 생각되었다.

본 연구에서는 주성분 분석 결과를 바탕으로 156개의 종실옥수수 자식계통들에 대하여 scatter diagram을 나타내었다(Fig. 1). 그 결과, 제 1축과 제 2축을 기준으로 4개의 사분면으로 나누어졌으며, 제 1사분면에는 03S8203를 비롯하여 총 43개의 계통들이 위치하였다. 그리고 제 2사분면에는 06S8056을 포함하여 총 30개의 계통들이 포함되었고, 제 3사분면에는 SIM6를 포함한 총 35개의 계통들이 포함되었다. 마지막으로 제4사분면에는 8112를 비롯한 총 48개의 계통들이 포함되었다. 이러한 결과에 의하면, 형태적 특성 조사에서 간장(QN4)이 비교적 높은 계통들은 대부분 제 3사분면과 제 4사분면에 위치하고 있었으며, 이삭장(QN7), 착립장(QN8), 이삭경(QN9), 종실중(QN10)과 같은 이삭과 종실의 수량성이 비교적 높은 계통들은 대부분 제 1사분면

과 제 4사분면에 위치하고 있었다. 따라서 분석에 이용된 156개의 계통들 중에서 제 4사분면에 위치하고 있는 계통들은 비교적 높은 수량성과 관련된 형질을 보유한 것으로 확인되었으며, 이러한 계통들은 앞으로 수량성이 높은 종실용 옥수수 품종개발에 유용한 육종소재인 것으로 생각되었다.

이상으로 본 연구에서 분석에 이용한 156개 종실옥수수 자식계통들에 대한 형태적 변이 및 주성분 분석의 결과는 앞으로 강원도농업기술원 옥수수연구소에서 종실 및 사료용 옥수수 품종개발을 위한 계통 육성 및 교배조합 구성 등에 유용한 정보를 제공할 것으로 기대한다.

### 적 요

본 연구는 강원도농업기술원 옥수수연구소에서 종실옥수수 품종개발을 위하여 육성한 156개의 자식계통들에 대하여 총 14개의 질적 및 양적 형질들을 이용하여 형태적 변이 연구를 수행하였다. 3개의 질적 형질들의 조사 결과에서 웅수색(QL1)과 자수색(QL2)은 황색을 나타내는 계통(85계통, 84계통)들이 가장 많았고, 초형(QL3)은 대부분의 계통(105

계통)이 반직립형을 나타내었다. 반면에 11개의 양적 형질들에 대한 조사 결과에서 출용일수(QN1)는 평균 66.7±4.2일을, 출사일수(QN2)는 평균 72.8±5.8일을, 간경(QN3)은 16.2±2.6 mm를, 간장(QN4)은 평균 16.2±2.6 mm를, 착수고(QN5)는 평균 84.3±17.3 cm를, 백립중(QN6)은 평균 24.4±4.4 g을, 이삭장(QN7)은 평균 47.0±17.9 cm를, 착립장(QN8)은 평균 40.7±15.7 cm를, 이삭경(QN9)은 평균 14.2±4.7 cm를, 종실중(QN10)은 평균 175.6±97.6 kg을, 종자의 수분함량은 평균 10.0±0.3 %를 각각 나타내었다. 이상의 결과에 의하면 분석에 이용된 자식계통들 중에서 11개의 자식계통(00hf3, 00hf19, 00hf30, 00hf36, 02S8069, 02S8072, 02S8090, 02S8099, 05S10011, 06S8085-6, 07S8011)들은 조사된 5개의 수량 관련 형질들 중에서 3~4개 이상의 형질들에서 비교적 높은 특성을 나타내었다. 한편 주성분 분석결과에서는 분석에 이용된 14개의 질적 및 양적 형질들 중에서 이삭장(QN7), 착립장(QN8), 이삭경(QN9), 종실중(QN10)은 제 1 주성분에서 양의 방향에 크게 기여하였고, 반면에 제 2 주성분에서는 출용일수(QN1), 출사일수(QN2), 간장(QN4), 착수고(QN5)은 음의 방향에 크게 기여하였다. 따라서 본 연구에서 제 1 축 및 제 2축의 주성분에서 양의 방향과 음의 방향에 크게 기여한 형질들은 본 연구에서 분석에 이용한 156개의 종실옥수수 자식계통들을 식별하는데 유용한 형질들인 것으로 생각되었다. 본 연구에서 156개의 종실옥수수 자식계통들에 대한 형태적 변이 및 주성분 분석의 결과는 앞으로 강원도농업기술원 옥수수연구소에서 종실옥수수 품종개발을 위한 계통 육성 및 교배조합 구성 등에 유용한 정보를 제공할 것으로 기대한다.

## 사 사

본 논문은 농촌진흥청 차세대바이오그린 21사업(식물분자유종사업단, PJ0080182013) 지원과 2013년도 강원대학교 학술연구조성비로 연구하였음(과제번호-120131409).

## 인용문헌(REFERENCES)

Alvi, M. B., M. Rafique, M. S. Tariq, A. Hussain, T. Mahmood, and M. Sarwar. 2003. Character association and path coefficients analysis of grain yield and yield components maize (*Zea mays* L.). Pakistan Journal of Biological Science. 6 : 136-138.

Bočanski, J., Z. Srečkov, and A. Nastič. 2009. Genetic and phenotypic relationship between grain yield and components

of grain yield of maize (*Zea mays* L.). Genetika 41(2) : 145-154.

Chang, E-H., K. J. Sa, J-H. Kim, and J. K. Lee. 2013. Analysis of Morphological Characteristics Among Popcorn Inbred Lines. Korean J. Crop Sci. 58(3) : 267-273.

Hallauer, A. R., W. A. Russell, and K. R. Lamkey. 1988. Corn breeding. pp 463-564. In G.F. Sprague and JW Dudley (ed). Corn and Corn Improvement. 3rd ed. Agron. Monogr. 18. Madison, WI, USA.

Jung, T. W., S. L. Kim, H. G. Moon, B. Y. Son, S. J. Kim, and S. K. Kim. 2005. Major characteristics related on eating quality and classification of inbred lines of waxy corn. Korean J. Crop Sci. 50(S) : 161-166.

Kashiwagi, T., E. Togawa, N. Hirotsu, and K. Ishimaru. 2008. Improvement of lodging resistance with QTLs for stem diameter in rice (*Oryza sativa* L.). Theor. Appl. Genet. 117 : 749-757.

Khorasani, S. K., K. Mostafavi, E. Zandipour, and A. Heidarian. 2011. Multivariate analysis of agronomic traits of new corn hybrids (*Zea mays* L.). International Journal of AgriScience. 1(6) : 314-322.

Lee, I. S. and J. O. Park. 2003. Assessment and classification of Korean indigenous corn lines by application of principal component analysis. Korean Journal of Life Science. 13(3) : 343-348.

Manjarrez-Sandoval, P., T. E. Carter Jr., D. M. Webb, and J. V. Burton. 1997. RFLP genetic similarity estimates and coefficient of parentage as genetic variance predictors for soybean yield. Crop Sci. 37 : 698-703.

Nielsen, J. P. and L. Munck. 2003. Evaluation of malting barley quality using exploratory data analysis. I. Extraction of information from micromalting data of spring and winter barley. J. Cereal Sci. 38 : 173-180.

Pejic, I., P. Ajmone-Marsan, M. Morgante, V. Kozumplick, P. Castiglioni, G. Taramino, and M. Motto. 1998. Comparative analysis of genetic similarity among maize inbred lines detected by RFLPs, RAPDs, SSRs, and AFLPs. Theor. Appl. Genet. 97 : 1248-1255.

Ryu, S. H., J. Y. Park, N. K. Huh, and H. K. Min. 2001. Relationship between genetic distance and hybrid performance of black waxy corn (*Zea mays* L.). Korea J. Breed. Sci. 33(2) : 95-103.

Zhang, Z., Z. Liu, Z. Cui, Y. Hu, B. Wang, and J. Tang. 2013. Genetic analysis of grain filling rate using conditional QTL mapping in maize. PLoS One. 8(2) : e56344.

Zheng, Z. P., X. H. Liu, Y. B. Huang, X. Wu, C. He, and Z. Li. 2012. QTLs for days to silking in a recombinant inbred line maize population subjected to high and low nitrogen regimes. Genet. Mol. Res. 11(2) : 790-798.