

## Variation of Characteristics and Photosynthetic Rates among the Species of Leaf Mustard (*Brassica juncea*)

In-Ho Lee, Jong-In Park, Gun-Ho Jung<sup>1</sup> and Ill-Sup Nou\*

Department of Horticulture, Suncheon National Univ., Suncheon 540-742, Korea

<sup>1</sup>National Institute of Crop Science, RDA, Suwon 441-857, Korea

Received May 8, 2010 / Accepted June 11, 2010

The total photosynthetic rate in leaf mustard lines, which was calculated as the sum of the photosynthetic rate and the respiration rate, was not significantly different from their photosynthetic rate. Plant height, standing of rosetteness, showed a similar change to its specific leaf area (SLA). With increasing the plant height, leaf density increased and leaf color was lighter. It was found that shoot dry weight of leaf mustard was more affected by respiration. Also, it was hypothesized that respiration occurred not only in the leaf but also the stem. It was found that mustard lines whose leaf density was low showed a higher shoot growth. From this result, it was concluded that selection of a leaf mustard line with a larger SLA and lower leaf thickness could be effective in increasing photosynthetic rate.

**Key words** : Mustard, photosynthesis, breath, specific leaf area, leaf weight ratio

### 서 론

갯(leaf mustard, *Brassica juncea*, 2n=36, AABB)은 배추과 작물이며, *Brassica campestris* (2n=20, AA)와 *Brassica nigra* (2n=16, BB)의 자연교잡 및 염색체배가로 생성된 복이배체종이다. 특히 다른 채소작물에 비해 특유의 맛과 향 그리고 색채를 가지고 있으며, 계통 또는 품종에 따라 내서성, 내습성 및 내한성이 강한 것으로 알려져 있다[2,8,11]. 또한 갯은 김치의 주재료 또는 부재료로서 사용되고 있으며, 종자는 향신료로서 사용되고 있다. 원산지는 중국이며, 현재는 한국과 일본에서 널리 재배되고 있다[3,10]. 특히 우리나라에서는 전라남도 여수시 돌산지역에서 매운맛이 적으며 특유한 향 등이 우수한 돌산갯을 김치 제조용으로 재배하고 있다[9].

식물의 생장은 광합성량과 호흡량의 차이에 의해서 이루어진다[4,5]. 물질보존의 법칙에 의하면 광합성작용을 통해서 대기의 CO<sub>2</sub>를 동화하여 (CH<sub>2</sub>O)<sub>n</sub>를 생산하고 동화 된 (CH<sub>2</sub>O)<sub>n</sub> 중 일부는 호흡과정을 통해 식물의 생명을 유지하는 에너지로 이용하고 여분의 (CH<sub>2</sub>O)<sub>n</sub>는 식물의 성장량으로 식물체에 축적된다. 따라서 특정작물의 수량성이 높은 품종의 육성을 위해서는 그 작물의 여러 품종이나 계통들의 단위 엽면적당 광합성율과 호흡율을 조사하여 광합성율이 높은 개체와 호흡율이 낮은 개체의 선발근거를 마련하는 것은 매우 중요한 일이다.

식물의 광합성량은 단위엽면적당 광합성율과 엽면적의 곱으로 계산되는 만큼 엽면적의 대소에 따른 광합성율의 변이를

밝히는 것도 중요하다. 또한 단위엽면적당 광합성율은 엽의 형태적 특성(상대 엽면적)에 따라 달라지고 총 광합성량은 엽의 배치각도나 수광자세에 따라 달라진다. 식물지상부의 호흡율은 유지호흡율과 성장호흡율로 나눌 수 있다[9,12]. 유지호흡율은 식물체내에 이온의 이동이나 기본생활을 유지하는데 필요한 물질대사에 소모되는 에너지량이고 성장 호흡율은 세포분열을 통한 식물의 성장에 소모되는 에너지량이다[1,6,13,14]. 성장 호흡율은 광합성율과 밀접한 관계가 있으며 유지 호흡율은 식물체의 건물중에 의해 결정된다.

본 연구는 77계통의 갯을 수집하여 이들의 광합성율과 호흡율을 측정하여 그 변이를 밝히고 또한 여러 형태적 특성을 조사하여 이들 간의 상호관계를 알아보고자 수행하였다.

### 재료 및 방법

본 실험에 이용된 갯 품종 및 계통은 국내 종묘회사에서 판매하는 6개 품종, 여천과 장흥에서 수집한 16개 계통, 일본 종묘회사에서 판매하는 21개 품종, 그리고 농촌진흥청 종자은행에서 분양받은 34개 계통으로 총 77개 계통이다(Table 1). 2002년 7월 23일에 직경 14 cm, 높이 14 cm의 원형 포트에 상토를 채운 후(홍농종묘, 바이오상토 1호) 각 계통 당 5개의 포트에 5립씩 파종하여 순천대학교 유리온실에서 생장시켰고, 발아 10일 후에 건전한 하나의 개체만 남기고 모두 솎아내었다. 발아 후 25일경에 초장과 초고를 조사하였으며 8월 25일부터 9월 16일까지 각 계통당 세 개체를 선택하여 광합성율 및 호흡율을 측정하였다. 광합성율의 측정에 이용된 개체는 잎과 줄기로 분리한 다음 엽수와 엽면적을 측정하였고 70°C 건조기에서 5일간 건조한 후 잎과 줄기의 건물중을 측정하였

#### \*Corresponding author

Tel : +82-61-750-3249, Fax : +82-61-750-3208

E-mail : nis@sunchon.ac.kr

Table 1. Seventy seven lines of leaf mustard varieties

| Acc. no | Name of variety                | Acc. no | Name of variety               |
|---------|--------------------------------|---------|-------------------------------|
| 1       | Hirokukitaniku no oisii takana | 40      | Yanagawa oochirimen takana    |
| 2       | Nichinou ooba takana           | 41      | Nagasaki takana               |
| 3       | Yamagata seisai                | 42      | Unzen kekkyu takana           |
| 4       | Shinkoku seisai                | 43      | Unzen kobu takana             |
| 5       | Makitoki karasina              | 44      | Yangpyeong Yongmun collection |
| 6       | Tsukuriyasui kidane no takana  | 45      | Pyeongchang Jinbu collection  |
| 7       | Bashouna 05437                 | 46      | 84-39-10 (Jeju leaf mustard)  |
| 8       | Bashouna 2050                  | 47      | 85-39-7 (Jeju leaf mustard)   |
| 9       | Miike takana                   | 48      | 85-39-9 (Jeju leaf mustard)   |
| 10      | Shinkoku hirokuki seisai       | 49      | 85-39-17 (Jeju leaf mustard)  |
| 11      | Kairyo hirokuki seisai A       | 50      | 85-39-18 (Jeju leaf mustard)  |
| 12      | Chirimen hakarashina           | 51      | 85-39-19 (Jeju leaf mustard)  |
| 13      | Nohoa leaf mustard             | 52      | 85-39-20 (Jeju leaf mustard)  |
| 14      | An leaf mustard                | 53      | 85-39-21 (Jeju leaf mustard)  |
| 15      | Red mustard                    | 54      | Red leaf mustard              |
| 16      | Kairyo hirokuki seisai B       | 55      | Jeju iho collection           |
| 17      | Hakarashina                    | 56      | 2465                          |
| 18      | Akaooba takana                 | 57      | Fall leaf mustard             |
| 19      | Miike ooba keitou takana       | 58      | PI 173857                     |
| 20      | Dolsan (A)                     | 59      | PI 180417                     |
| 21      | Dolsan (B)                     | 60      | PI 208734                     |
| 22      | Dolsan (C)                     | 61      | Stalingrad                    |
| 23      | Dolsan (Dosil A)               | 62      | S-300                         |
| 24      | Dolsan (Dosil B)               | 63      | Keotalla Local                |
| 25      | Dolsan (Mojang)                | 64      | Birgunj Local                 |
| 26      | Dolsan (Hoayang)               | 65      | Yuanchia                      |
| 27      | Jangheung-eup (A)              | 66      | Raya prakash                  |
| 28      | Jangheung-eup (B)              | 67      | Mustard Karanti               |
| 29      | Yuchi                          | 68      | Mustard Varuva                |
| 30      | Anyang                         | 69      | Nisito takana                 |
| 31      | Byeongyeong                    | 70      | Leth 22A                      |
| 32      | Red leaf mustard               | 71      | Domo                          |
| 33      | Tamjin-river side              | 72      | Rayo                          |
| 34      | Red leaf mustard               | 73      | Sancheong leaf mustard        |
| 35      | Dolsan leaf mustard            | 74      | Gochang Asan collection       |
| 36      | Cham leaf mustard              | 75      | Dol leaf mustard              |
| 37      | Dolsan leaf mustard A          | 76      | Thanh Mai                     |
| 38      | Dolsan leaf mustard B          | 77      | Chinese cabbage leaf mustard  |
| 39      | Improve purple leaf mustard    |         |                               |

다. 순 광합성의 측정에 사용한 기기는 독일 Walz사에서 제작한 Gas Exchange measuring station이었으며 측정시 환경조건으로는 광량은 400~500  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 이었고 기온은 25°C였다. 또한 상대습도는 80%였고 대기중 CO<sub>2</sub> 농도는 400 ppm 정도였다. 호흡율의 측정도 광합성 측정기를 이용하였는데 암막을 이용하여 광을 차단한 후 동일 환경조건에서 측정하였다. 총 광합성율(gross photosynthetic rate)은 순 광합성율에 호흡율을 더해서 계산하였으며 잎의 부착 밀도를 측정하는 rosetteness는 초고(standing height)를 엽수로 나누어서 계산하였다. 생장해석으로는 specific leaf area (SLA, 상대엽면적)

과 leaf weight ratio (LWR, 엽중비율)를 계산하였다. 그 계산식은  $SLA=LA/LW$ ,  $LWR=LW/W$ 이며, 이 때 LA는 엽면적이고 LW는 엽 건물중이며 W는 지상부 건물중이다.

### 결과 및 고찰

#### 생육형질들의 변이

조사한 생육형질들의 평균표준편차, 최대값 그리고 최소값은 Table 2에 나타내었으며, 각 계통들의 평균은 Table 3에 나타내었다. 초장은 최소값이 12.5 cm이고 최대값이 37 cm로

Table 2. Distribution characteristics of leaf mustard

| Variable  | Mean  | Std.  | Min.  | Max.   |
|---|-------|-------|-------|--------|
| Plant height (cm)   | 23.5  | 4.9   | 12.5  | 37.0   |
| Standing height (cm)  | 16.7  | 4.7   | 6.3   | 33.5   |
| Number of leave   | 8.8   | 2.0   | 4.0   | 13.0   |
| Rosetteness (cm)  | 2.0   | 0.7   | 0.6   | 5.2    |
| Dry weight of leave (g)   | 2.0   | 1.0   | 0.4   | 5.3    |
| Leaf area (cm <sup>2</sup> )  | 573.3 | 161.6 | 214.0 | 1060.0 |
| Dry weight of shoot (g)   | 2.1   | 1.1   | 0.6   | 5.7    |
| Average area of individual leaf (cm <sup>2</sup> )                    | 66.5  | 16.7  | 32.5  | 112.7  |
| Specific leaf area (cm <sup>2</sup> · g <sup>-1</sup> )               | 342.2 | 133.3 | 156.6 | 793.0  |
| Leaf weight ratio (%)   | 0.9   | 0.1   | 0.6   | 1.0    |
| Net photosynthetic rate (μmol · m <sup>-2</sup> · s <sup>-1</sup> )   | 10.5  | 2.7   | 3.1   | 19.5   |
| Respiration rate (μmol · m <sup>-2</sup> · s <sup>-1</sup> )          | 0.03  | 0.01  | 0.01  | 0.10   |
| Gross photosynthetic rate (μmol · m <sup>-2</sup> · s <sup>-1</sup> ) | 11.7  | 2.9   | 3.9   | 20.6   |
| Respiration rate / Photosynthetic rate (%)                            | 10.1  | 3.1   | 3.2   | 22.7   |

Std.: standard deviation, Min.: minimum value, Max.: maximum value.

Table 3. Means of the 14 characters in 77 lines of leaf mustard

| No | X1   | X2   | X3   | X4  | X5   | X6    | X7  | X8    | X9    | X10 | X11  | X12  | X13  | X14  |
|----|------|------|------|-----|------|-------|-----|-------|-------|-----|------|------|------|------|
| 1  | 21.1 | 14.1 | 6.0  | 2.3 | 1.05 | 512.6 | 1.1 | 84.1  | 490.1 | 96  | 9.6  | .048 | 10.7 | 10.3 |
| 2  | 19.6 | 14.4 | 7.0  | 2.1 | 2.16 | 648.6 | 2.3 | 92.4  | 309.0 | 95  | 8.1  | .037 | 9.4  | 13.7 |
| 3  | 22.5 | 14.5 | 6.7  | 2.2 | 1.25 | 613.5 | 1.3 | 91.5  | 487.4 | 98  | 8.8  | .042 | 9.7  | 9.6  |
| 4  | 25.2 | 16.3 | 7.7  | 2.1 | 1.26 | 581.8 | 1.3 | 75.6  | 462.1 | 97  | 11.1 | .050 | 12.3 | 9.6  |
| 5  | 25.1 | 21.1 | 11.0 | 1.9 | 3.34 | 745.6 | 3.7 | 68.3  | 224.2 | 91  | 9.1  | .015 | 9.9  | 8.1  |
| 6  | 22.4 | 15.6 | 11.3 | 1.4 | 2.97 | 675.8 | 3.2 | 59.5  | 227.5 | 92  | 6.8  | .026 | 8.1  | 16.3 |
| 7  | 22.6 | 15.6 | 8.0  | 2.0 | 1.92 | 689.3 | 2.0 | 86.6  | 359.4 | 96  | 9.0  | .032 | 10.0 | 9.7  |
| 8  | 25.1 | 17.8 | 9.3  | 1.9 | 1.29 | 643.9 | 1.3 | 68.9  | 502.2 | 97  | 10.5 | .046 | 11.5 | 8.6  |
| 9  | 21.7 | 14.4 | 8.7  | 1.7 | 2.28 | 610.4 | 2.4 | 70.3  | 272.0 | 95  | 12.0 | .029 | 13.2 | 9.6  |
| 10 | 25.7 | 17.7 | 8.0  | 2.2 | 0.90 | 495.3 | 0.9 | 61.5  | 548.3 | 96  | 10.1 | .052 | 11.1 | 9.3  |
| 11 | 25.1 | 18.6 | 7.0  | 2.7 | 0.81 | 507.3 | 0.8 | 72.3  | 628.5 | 96  | 12.2 | .058 | 13.2 | 7.5  |
| 12 | 22.0 | 17.6 | 6.7  | 2.7 | 2.56 | 683.6 | 2.7 | 102.1 | 276.5 | 93  | 7.7  | .026 | 9.1  | 15.9 |
| 13 | 24.3 | 16.7 | 8.0  | 2.1 | 1.88 | 648.1 | 1.9 | 81.5  | 359.2 | 97  | 9.3  | .034 | 10.4 | 10.1 |
| 14 | 26.2 | 17.6 | 8.3  | 2.1 | 0.96 | 607.1 | 1.0 | 72.8  | 634.8 | 97  | 11.1 | .048 | 11.9 | 6.6  |
| 15 | 21.9 | 16.4 | 10.3 | 1.6 | 2.85 | 580.6 | 3.0 | 56.2  | 206.0 | 95  | 7.7  | .006 | 8.0  | 4.5  |
| 16 | 22.4 | 16.3 | 8.7  | 1.9 | 2.90 | 772.9 | 3.0 | 89.5  | 269.5 | 96  | 6.7  | .019 | 7.5  | 10.0 |
| 17 | 23.1 | 17.3 | 9.0  | 1.9 | 2.82 | 605.3 | 3.1 | 67.3  | 215.1 | 93  | 8.0  | .019 | 9.1  | 11.7 |
| 18 | 23.1 | 17.0 | 7.5  | 2.3 | 2.66 | 664.6 | 2.8 | 88.6  | 249.6 | 94  | 11.9 | .031 | 13.5 | 11.7 |
| 19 | 20.5 | 15.1 | 7.7  | 2.0 | 2.08 | 474.8 | 2.5 | 61.8  | 228.0 | 86  | 10.2 | .017 | 11.2 | 9.0  |
| 20 | 23.4 | 17.6 | 8.0  | 2.2 | 1.61 | 644.2 | 1.7 | 80.7  | 405.4 | 97  | 9.4  | .033 | 10.3 | 9.1  |
| 21 | 26.5 | 19.7 | 9.0  | 2.2 | 1.32 | 586.7 | 1.4 | 65.0  | 442.4 | 96  | 12.2 | .048 | 13.4 | 9.0  |
| 22 | 24.7 | 17.7 | 7.3  | 2.4 | 1.36 | 603.9 | 1.4 | 82.5  | 445.4 | 97  | 14.5 | .040 | 15.4 | 6.3  |
| 23 | 24.4 | 16.4 | 9.0  | 1.8 | 2.25 | 784.6 | 2.4 | 87.3  | 350.8 | 96  | 9.5  | .030 | 10.5 | 9.2  |
| 24 | 21.5 | 15.3 | 9.3  | 1.7 | 2.61 | 510.8 | 2.7 | 53.2  | 199.2 | 96  | 4.8  | .015 | 5.7  | 15.6 |
| 25 | 24.4 | 17.3 | 7.3  | 2.4 | 2.59 | 448.9 | 2.8 | 60.5  | 174.3 | 92  | 7.2  | .019 | 8.3  | 14.4 |
| 26 | 16.8 | 11.8 | 10.3 | 1.1 | 2.20 | 471.9 | 2.3 | 45.1  | 224.1 | 95  | 12.7 | .034 | 14.3 | 11.6 |
| 27 | 17.5 | 10.7 | 10.3 | 1.0 | 2.60 | 542.5 | 2.7 | 50.5  | 221.1 | 95  | 11.2 | .029 | 12.6 | 11.7 |
| 28 | 16.1 | 8.6  | 11.3 | 0.8 | 2.28 | 551.0 | 2.4 | 48.4  | 242.1 | 94  | 10.2 | .033 | 11.7 | 13.4 |
| 29 | 20.3 | 12.8 | 10.3 | 1.3 | 3.40 | 616.7 | 3.7 | 59.9  | 183.1 | 93  | 13.5 | .029 | 15.3 | 12.2 |
| 30 | 20.8 | 13.4 | 9.0  | 1.5 | 2.41 | 660.0 | 2.5 | 72.4  | 281.5 | 98  | 7.5  | .021 | 8.2  | 9.6  |
| 31 | 17.2 | 9.8  | 11.3 | 0.9 | 2.29 | 588.7 | 2.4 | 51.9  | 257.0 | 96  | 13.5 | .033 | 14.9 | 9.9  |
| 32 | 23.5 | 16.0 | 7.0  | 2.3 | 1.24 | 495.0 | 1.3 | 69.2  | 397.9 | 96  | 9.5  | .033 | 10.4 | 8.6  |
| 33 | 17.8 | 12.2 | 10.0 | 1.2 | 2.51 | 586.8 | 2.6 | 58.7  | 253.4 | 95  | 11.9 | .035 | 13.4 | 11.0 |

Table 3. Continued.

| No | X1   | X2   | X3   | X4  | X5   | X6    | X7  | X8   | X9    | X10 | X11  | X12  | X13  | X14  |
|----|------|------|------|-----|------|-------|-----|------|-------|-----|------|------|------|------|
| 34 | 14.9 | 9.6  | 8.3  | 1.2 | 1.42 | 388.7 | 1.5 | 46.7 | 275.9 | 95  | 13.8 | .032 | 15.0 | 8.2  |
| 35 | 20.4 | 14.1 | 5.3  | 2.7 | 1.88 | 377.6 | 2.0 | 71.6 | 202.2 | 95  | 6.4  | .019 | 7.5  | 14.2 |
| 36 | 19.1 | 14.5 | 5.0  | 3.0 | 1.98 | 480.8 | 2.2 | 95.4 | 284.4 | 87  | 10.0 | .023 | 10.9 | 8.4  |
| 37 | 16.7 | 11.9 | 6.3  | 1.9 | 1.50 | 480.0 | 1.6 | 75.9 | 321.9 | 95  | 12.6 | .038 | 13.8 | 9.3  |
| 38 | 18.5 | 13.6 | 6.3  | 2.1 | 2.32 | 519.1 | 2.4 | 83.3 | 227.7 | 96  | 12.3 | .027 | 13.6 | 9.6  |
| 39 | 14.9 | 9.8  | 8.7  | 1.1 | 1.99 | 499.0 | 2.1 | 57.8 | 252.0 | 96  | 14.5 | .037 | 16.2 | 10.7 |
| 40 | 19.9 | 15.7 | 6.7  | 2.3 | 1.53 | 531.9 | 1.6 | 78.4 | 348.5 | 96  | 8.5  | .027 | 9.3  | 8.9  |
| 41 | 24.8 | 19.1 | 5.7  | 3.4 | 1.99 | 502.6 | 2.5 | 88.6 | 252.3 | 83  | 12.8 | .031 | 14.4 | 11.4 |
| 42 | 18.5 | 14.7 | 7.7  | 1.9 | 1.81 | 605.0 | 2.0 | 48.8 | 336.0 | 90  | 7.7  | .035 | 8.9  | 13.6 |
| 43 | 18.0 | 14.3 | 8.7  | 1.7 | 1.38 | 539.7 | 1.4 | 60.8 | 383.7 | 97  | 6.2  | .040 | 7.3  | 15.3 |
| 44 | 23.1 | 17.2 | 8.7  | 2.0 | 0.73 | 376.2 | 0.8 | 43.3 | 515.9 | 88  | 9.7  | .038 | 10.7 | 8.7  |
| 45 | 24.3 | 19.9 | 9.0  | 2.2 | 1.39 | 497.2 | 1.8 | 55.0 | 355.3 | 78  | 8.9  | .034 | 10.3 | 13.5 |
| 46 | 19.4 | 13.2 | 11.7 | 1.1 | 3.32 | 787.0 | 3.5 | 67.0 | 239.3 | 95  | 11.7 | .031 | 13.2 | 11.6 |
| 47 | 20.5 | 14.9 | 9.0  | 1.6 | 1.13 | 521.9 | 1.3 | 58.0 | 462.5 | 91  | 8.8  | .030 | 9.6  | 8.2  |
| 48 | 18.6 | 10.6 | 10.3 | 1.0 | 3.22 | 662.7 | 3.5 | 64.1 | 205.9 | 91  | 12.3 | .024 | 13.8 | 10.8 |
| 49 | 18.4 | 9.2  | 10.0 | 0.9 | 3.25 | 852.6 | 3.4 | 84.7 | 262.7 | 94  | 10.2 | .036 | 11.8 | 13.6 |
| 50 | 21.2 | 14.2 | 11.0 | 1.3 | 3.42 | 746.5 | 3.7 | 67.9 | 219.6 | 92  | 13.4 | .031 | 15.2 | 11.6 |
| 51 | 24.8 | 17.2 | 8.3  | 2.1 | 1.80 | 682.7 | 1.9 | 79.7 | 369.0 | 94  | 10.3 | .031 | 11.2 | 8.4  |
| 52 | 26.3 | 18.7 | 8.3  | 2.3 | 1.06 | 508.6 | 1.2 | 61.0 | 479.5 | 88  | 9.7  | .046 | 10.9 | 10.9 |
| 53 | 22.5 | 15.3 | 11.0 | 1.4 | 4.19 | 876.2 | 4.5 | 79.3 | 209.5 | 94  | 10.8 | .022 | 12.1 | 10.3 |
| 54 | 22.4 | 14.4 | 8.5  | 1.7 | 1.53 | 546.7 | 1.6 | 64.3 | 357.0 | 98  | 12.6 | .030 | 13.5 | 6.7  |
| 55 | 23.8 | 18.0 | 11.5 | 1.6 | 3.57 | 761.9 | 3.8 | 66.7 | 213.4 | 95  | 7.7  | .015 | 8.6  | 9.7  |
| 56 | 24.7 | 21.0 | 10.7 | 2.0 | 3.59 | 765.6 | 3.8 | 71.5 | 213.4 | 95  | 12.3 | .026 | 13.8 | 10.8 |
| 57 | 24.1 | 18.7 | 10.7 | 1.8 | 3.74 | 860.1 | 4.0 | 80.3 | 239.6 | 94  | 10.9 | .037 | 12.7 | 14.4 |
| 58 | 29.9 | 20.7 | 10.7 | 2.0 | 1.38 | 476.3 | 1.7 | 44.1 | 341.7 | 79  | 11.8 | .031 | 13.2 | 10.4 |
| 59 | 27.3 | 20.7 | 12.7 | 1.6 | 1.45 | 618.4 | 1.6 | 48.8 | 429.9 | 92  | 10.3 | .018 | 10.8 | 4.5  |
| 60 | 28.8 | 21.4 | 11.0 | 1.9 | 3.31 | 627.5 | 3.5 | 56.3 | 194.7 | 95  | 7.7  | .014 | 8.5  | 9.7  |
| 61 | 30.3 | 22.0 | 9.3  | 2.4 | 1.28 | 514.1 | 1.4 | 55.1 | 404.0 | 95  | 12.2 | .030 | 13.1 | 6.8  |
| 62 | 32.4 | 25.4 | 9.3  | 2.8 | 1.18 | 505.5 | 1.4 | 54.1 | 428.8 | 85  | 13.5 | .044 | 14.9 | 9.6  |
| 63 | 25.6 | 15.8 | 10.0 | 1.6 | 0.84 | 357.7 | 1.1 | 35.8 | 435.0 | 78  | 14.8 | .048 | 16.5 | 9.9  |
| 64 | 21.7 | 15.5 | 6.0  | 2.6 | 0.56 | 269.8 | 0.9 | 45.0 | 480.2 | 63  | 10.9 | .024 | 11.8 | 7.5  |
| 65 | 29.1 | 13.4 | 5.7  | 2.4 | 1.35 | 444.2 | 1.4 | 77.9 | 327.8 | 94  | 11.4 | .033 | 12.6 | 9.7  |
| 66 | 29.9 | 23.5 | 9.3  | 2.5 | 1.27 | 436.1 | 1.6 | 46.1 | 340.9 | 81  | 9.8  | .021 | 10.6 | 7.7  |
| 67 | 28.8 | 20.6 | 6.3  | 3.3 | 0.90 | 347.5 | 1.1 | 54.7 | 390.6 | 80  | 10.3 | .018 | 11.0 | 5.9  |
| 68 | 33.6 | 25.4 | 11.0 | 2.3 | 0.92 | 454.8 | 1.1 | 41.6 | 498.4 | 83  | 14.2 | .038 | 15.2 | 6.8  |
| 69 | 28.1 | 20.8 | 10.0 | 2.1 | 1.69 | 364.0 | 2.1 | 36.2 | 219.5 | 80  | 6.8  | .016 | 7.8  | 12.6 |
| 70 | 32.8 | 25.2 | 8.7  | 3.1 | 1.61 | 512.1 | 1.9 | 58.3 | 318.7 | 86  | 12.1 | .027 | 13.2 | 7.7  |
| 71 | 29.5 | 23.2 | 10.3 | 2.2 | 0.87 | 429.6 | 1.0 | 41.4 | 509.3 | 88  | 14.0 | .057 | 15.5 | 9.3  |
| 72 | 32.0 | 31.3 | 6.3  | 4.9 | 0.64 | 356.1 | 0.9 | 56.3 | 552.8 | 69  | 16.8 | .045 | 18.2 | 7.9  |
| 73 | 24.9 | 18.7 | 11.3 | 1.6 | 4.06 | 688.4 | 4.2 | 60.8 | 170.3 | 96  | 8.0  | .013 | 8.8  | 9.2  |
| 74 | 30.1 | 18.3 | 9.0  | 2.0 | 0.98 | 627.9 | 1.0 | 69.8 | 678.2 | 98  | 11.5 | .084 | 12.9 | 10.4 |
| 75 | 30.5 | 18.4 | 9.0  | 2.0 | 1.01 | 608.7 | 1.1 | 67.6 | 644.8 | 95  | 11.9 | .065 | 13.0 | 8.3  |
| 76 | 29.5 | 18.5 | 8.5  | 2.2 | 1.11 | 623.6 | 1.2 | 70.7 | 571.2 | 93  | 13.8 | .042 | 14.6 | 5.5  |
| 77 | 26.1 | 17.7 | 9.0  | 2.0 | 2.49 | 742.5 | 2.6 | 82.1 | 295.9 | 96  | 9.8  | .036 | 11.3 | 13.2 |

X1: plant height (cm), X2: standing height (cm), X3: number of leave, X4: rosetteness (cm), X5: dry weight (g), X6: leaf area (cm<sup>2</sup>), X7: dry weight of shoot, X8: average area of individual leaf, X9: specific leaf area (cm<sup>2</sup> · g<sup>-1</sup>), X10: leaf weight ratio (%), X11: net photosynthetic rate (μmol · m<sup>-2</sup> · s<sup>-1</sup>), X12: respiration rate (μmol · m<sup>-2</sup> · s<sup>-1</sup>), X13: gross photosynthetic rate (μmol · m<sup>-2</sup> · s<sup>-1</sup>), X14: respiration rate/photosynthetic rate (%).

큰 변이를 보였으며 초고도 최소값이 6.3 cm이고 최대값이 33.5 cm로 계통 간 많은 차이를 보였다. 초장이 가장 큰 계통은 61번 계통(Stalingrad)이었고 가장 작은 계통은 적갓(Red leaf

mustard)이었다. 초고가 가장 큰 계통은 72번(Rayo)이었고 가장 작은 계통은 28번(Jangheung-eup (B))으로 장흥에서 수집한 계통이었는데 초고가 높은 품종은 직립형이고 낮은 계통은

포복형을 나타내었다. 엽수에서도 4개에서 13개의 많은 변이를 보였는데 59번 계통(PI180417)이 평균 12.7개의 가장 많은 엽수를 보였고 36번 계통(Cham leaf mustard)은 평균 5개로 가장 적은 엽수를 보였다. 엽의 부착밀도를 나타내는 rosetteness는 초고를 엽수로 나누어 계산하였는데 최소 0.57에서 최대 5.17 cm의 변이를 보여 줄기의 신장성이 좋은 것과 잎들이 조밀하게 붙어 있는 것 등의 다양한 형태를 보였는데 초고가 큰 품종일수록 이 값이 높았다. 엽 건물중에서도 0.42 g에서 5.28 g 사이의 변이를 보여 계통간 성장량에서도 큰 차이를 보였다. 엽 건물중이 가장 큰 계통은 53번(85-39-21)으로 평균 4.2 g을 보인 반면 가장 적은 계통은 64번(Birgunj Local)으로 평균 0.56 g이었다. 갖의 경 건물중은 아주 적어서 지상부 건물중의 변이는 엽 건물중의 변이와 큰 차이를 보이지 않았지만 지상부 건물중에서 최소값을 보인 계통은 양평 용문에서 수집한 44번 계통(Yangpyeong Yongmun collection) 이었다. 또한 엽건물중과 엽면적은 고도로 유의한 정의 상관관계가 있는 만큼( $r=0.721$ , Table 4) 계통별 엽면적의 변이도 엽건물중과 같은 경향을 나타내었는데 53번 계통(85-39-21)에서 평균 876 cm<sup>2</sup>의 가장 큰 엽면적을 보였고 64번 계통(Birgunj Local)은 평균 270 cm<sup>2</sup>로 가장 적은 엽면적을 나타내었다. 잎의 크기를 나타내는 1엽 평균면적은 32.54~112.74 cm<sup>2</sup>에 분포하여 계통간 많은 차이를 보였는데 12번 계통(Chirimen hakarashina)은 1엽 평균 102.14 cm<sup>2</sup>로 가장 넓은 잎을 가졌고 63번 계통(Keotalia Local)은 35.8 cm<sup>2</sup>로 가장 작은 잎을 가진 것으로 나타났다. 상대엽면적은 156.6~793.0 cm<sup>2</sup> · g<sup>-1</sup>의 변이를 보여 두꺼운 잎에서 얇은 잎을 보이는 계통간에 많은 차이를 보였다. 상대엽면적이 가장 큰 계통은 74번으로 고창 아산에서 수집한 계통인데 평균 678.2 cm<sup>2</sup> · g<sup>-1</sup>으로 가장 넓은 잎을 가진 반면 73번 계통(Sancheong leaf mustard)은 평균 170.3 cm<sup>2</sup> ·

g<sup>-1</sup>으로 가장 두꺼운 잎을 가진 것으로 나타났다. 엽중비율은 0.598~0.986 사이의 분포를 보여 지상부 중 잎이 차지하는 비율에서도 계통간 큰 차이를 보였다. 엽중비율이 가장 큰 계통은 54번(Red leaf mustard)으로 평균 0.98을 보인 반면 64번 계통은 평균 0.63으로 가장 낮은 엽중비율을 나타내었다.

순광합성율은 3.085~19.469 μmol · m<sup>-2</sup> · s<sup>-1</sup> 사이에 분포하여 계통 간 큰 차이를 나타내었다. 순광합성율이 가장 높은 계통은 72번(Rayo)으로 평균 16.76 μmol · m<sup>-2</sup> · s<sup>-1</sup>을 보인 반면 여천군 돌산면에서 수집한 24번 계통(Dolsan(Dosil B))은 4.8 μmol · m<sup>-2</sup> · s<sup>-1</sup>으로 가장 낮은 값을 나타내었다.

호흡율은 0.005~0.102 μmol · m<sup>-2</sup> · s<sup>-1</sup> 사이에 분포하였는데 고창 아산에서 수집한 74번 계통(Gochang Asan collection)은 평균 0.0842 μmol · m<sup>-2</sup> · s<sup>-1</sup>로 가장 높은 호흡율을 보인 반면 15번 계통(Red mustard)은 0.00643 μmol · m<sup>-2</sup> · s<sup>-1</sup>으로 가장 낮은 호흡율을 보였다. 총광합성율의 변이는 순광합성율에 호흡율을 더해서 구한 만큼 계통간 변이는 순광합성율과 대동소이하였다.

총광합성율에 대한 호흡율의 비율은 3.21~22.71% 사이에 분포하였는데 6번 계통(Tsukuriyasui kidaneno takana)에서 평균 16.26%로 가장 높은 비율을 나타낸 반면 59번 계통(PI 180417)에서는 평균 4.48%로 가장 낮은 비율을 나타내었다.

갖의 성장량, 군락 광합성율 그리고 호흡율과의 관계

한 개체의 지상부 건물중, 군락 순광합성율, 군락 호흡율, 군락 총광합성율, 총광합성율에 대한 호흡율을 제시되어 있다. 군락 순광합성율은 43.08~370.18 사이의 분포를 나타내었고 평균 160.57의 값을 나타내어 계통간 많은 차이가 있었다. 군락 호흡율에서도 2.63~46.24의 분포를 나타내었으며 평균 17.88을 나타내었다. 군락 총광합성율은 순광합성율과 호흡율

Table 4. Investigate the correlation between traits

|     | X2   | X3   | X4    | X5    | X6    | X7    | X8    | X9    | X10   | X11   | X12   | X13   | X14   |
|-----|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| X1  | .819 | .116 | .529  | -.237 | .012  | -.208 | -.090 | .440  | -.301 | .107  | .167  | .069  | -.284 |
| X2  |      | .083 | .709  | -.172 | -.028 | -.134 | -.103 | .311  | -.391 | .076  | .027  | .040  | -.251 |
| X3  |      |      | -.603 | .518  | .534  | .520  | -.319 | -.226 | .101  | .001  | -.125 | .015  | .068  |
| X4  |      |      |       | -.434 | -.374 | -.400 | .143  | .349  | -.416 | .085  | .066  | .050  | -.229 |
| X5  |      |      |       |       | .721  | .991  | .320  | -.748 | .294  | -.243 | -.507 | -.206 | .307  |
| X6  |      |      |       |       |       | .690  | .609  | -.202 | .423  | -.181 | -.060 | -.160 | .167  |
| X7  |      |      |       |       |       |       | .285  | -.757 | .178  | -.232 | -.533 | -.194 | .309  |
| X8  |      |      |       |       |       |       |       | -.036 | .398  | -.208 | .040  | -.196 | .126  |
| X9  |      |      |       |       |       |       |       |       | -.130 | .260  | .742  | .219  | -.358 |
| X10 |      |      |       |       |       |       |       |       |       | -.176 | .110  | -.168 | .099  |
| X11 |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       | .404  | .993  | -.391 |
| X12 |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       | .431  | .068  |
| X13 |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | -.288 |

significant at the significant level of 0.05 if  $r>0.225$  and highly significant at the of 0.01 if  $r>0.293$ . X1: plant height (cm), X2: standing height (cm), X3: number of leave, X4: rosetteness (cm), X5: dry weight (g), X6: leaf area (cm<sup>2</sup>), X7: dry weight of shoot, X8: average area of individual leaf, X9: specific leaf area (cm<sup>2</sup> · g<sup>-1</sup>), X10: leaf weight ratio(%), X11: net photosynthetic rate (μmol · m<sup>-2</sup> · s<sup>-1</sup>), X12: respiration rate (μmol · m<sup>-2</sup> · s<sup>-1</sup>), X13: gross photosynthetic rate (μmol · m<sup>-2</sup> · s<sup>-1</sup>), X14: respiration rate/photosynthetic rate (%).

Table 5. leaf mustard on the rate of photosynthesis rare and respiration rate of the 77 lines of the minimum, maximum, average and standard deviation

| Variable   | Mean  | Std. | Min. | Max.  |
|--|-------|------|------|-------|
| Dry weight of shoot (g)  | 2.1   | 1.1  | 0.6  | 5.7   |
| Canopy net photosynthetic rate ( $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )       | 160.6 | 53.5 | 43.1 | 370.2 |
| Canopy respiration rate (A) ( $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )          | 17.9  | 7.7  | 2.6  | 46.2  |
| Canopy gross photosynthetic rate (B) ( $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ) | 178.5 | 59.0 | 50.9 | 395.5 |
| A/B rate (%)   | 10    | 3    | 3    | 23    |

Std.: standard deviation, Min.: minimum value, Max.: maximum value.

의 함으로 계산된 만큼 계통간 많은 차이를 나타낸 것은 당연하였다. 총광합성율에 대한 호흡율의 비율은 3~23%사이에서 분포하였으며 총광합성량의 약 10%가 호흡으로 소모됨을 알 수 있었다. 지상부 건물중의 생장은 광합성율과 호흡의 함으로 계산되는 만큼 이들 간의 관계는  $W=0.00278 \times Cgps+0.08498 \times Cresp$  ( $R^2=0.8403$ )의 고도로 유의한 직선관계가 있었다. 이 식에 의하면 식물의 지상부 성장량은 호흡율에 의해 보다 크게 영향을 받는 것으로 나타났는데 이는 호흡이 잎뿐 아니라 줄기에서도 일어나는 데 기인한 것으로 사료된다. 호흡과 식물체 건물중과의 밀접한 관계는 McCree와 Loomis (1969)에 의해 보고되었는데 이에 의하면  $Cresp=a \times Cgps+b \times W$ 로 호흡은 건물중과 직선관계가 있음을 보고하였다. 본 연구에 의하면  $Cresp=0.07702 \times Cgps+2.04027 \times W$  ( $R^2=0.9436$ )의 고도로 유의한 직선관계가 있었다. Thornley (1970)에 의하면  $Cresp=Gr \times dw/dt+m \times W$ 의 관계가 있으며 McCree의 모형과 비교해 볼 때  $Gr=a/(1-a)$ 의 관계가 있음을 밝히고 Gr을 성장호흡율 그리고 m을 유지 호흡율이라 정의하였다. 본 연구의 결과  $Gr=0.07702/(1-0.07702)=0.08345 \text{ mol} \cdot \text{CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 의 값을 얻었다.

조사형질들 간의 상관관계

조사형질들 간의 상관관계는 Table 4에 제시하였다. Rosetteness (X4)는 초장(X1), 초고(X2) 그리고 상대엽면적(SLA, X9)과는 고도로 유의한 정의 상관을 나타내어 초장 및 초고가 클수록 잎의 부착밀도가 낮고 잎이 얇은 것으로 나타났다.

또한 rosetteness는 엽수(X3), 엽중(X5), 엽면적(X6), 지상부중(X7) 그리고 leaf weight ratio (LWR, X10)과 고도로 유의한 부의 상관을 보여 잎의 부착밀도가 클수록 지상부 생육에 관한 형질들이 낮아지는 것으로 나타났다. SLA는 엽중이나 지상부중과는 고도로 유의한 부의 상관을 보여 엽중 또는 지상부중이 높을수록 엽은 두꺼운 것으로 나타났다. 한편 단위엽면적당 광합성율(X11)은 엽중, 엽면적, 지상부중 그리고 1엽 엽면적(X8)과 고도로 유의한 부의 상관을 보인 반면 SLA와는 고도로 유의한 정의 상관을 보였다. 이는 광합성율이 엽이 클수록 낮아지는 관계를 말하며 엽이 넓을수록 광합성율은 높아지는 것을 의미한다. 단위건물중당 호흡율(X12)은 SLA와 단위엽면적당 광합성율과는 고도로 유의한 정의 상관을 보여

이들이 높을수록 호흡율은 증가하는 것으로 나타났으며 엽중과 지상부중과는 고도로 유의한 부의 상관을 보여 이들이 낮을수록 증가하는 것으로 나타났다. 광합성율에 대한 호흡율의 비율(X14)은 엽중과 지상부중과는 고도로 유의한 정의 상관관계를, SLA와 단위엽면적당 광합성율과는 부의 상관을 보여 광합성율이 높을수록 호흡에의 소모비율은 낮은 것으로 나타났다. 따라서 이들 관계를 요약해 보면 엽의 부착밀도가 낮은 계통들이 지상부 생육이 좋았으며 광합성율을 높이기 위해서는 SLA가 큰 즉, 잎이 얇은 계통을 선발해야 된다는 것을 시사하였다.

감사의 글

이 논문은 2009년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단[NRF-2009-351-F00010] 및 순천대학교 학술연구비 공모과제의 지원으로 수행된 연구임.

References

- Chiariello, N. R., H. A. Mooney, and K. Williams. 1991. Growth, carbon allocation and cost of plant tissues. pp. 327-365, In Pearcy, R. W., J. Ehrlinger, H. A. Mooney, P. W. Rundel (eds.), Plant physiological ecology. Chapman and Hall, NY.
- Labana, K. S. and S. K. Banga. 1989. Transfer of *Ogura* cytoplasmic male sterility of *Brassica napus* into genetic background of *Brassica juncea*. *Crop Improv.* **16**, 82-83.
- Lee, I. H., J. I. Park, O. S. Jeong, H. J. Jung, G. H. Jung, and I. S. Nou. 2010. Genetic relationship based on RAPD analysis of Yeosu Dolsan leaf mustard (*Brassica juncea*). *J. Life Sci.* **20**, 66-70.
- Lim, J. T., S. Y. Baek, H. H. Jeong, K. H. Hyun, B. S. Kwon, H. J. Kim, S. J. Chung, and B. S. Lee. 2000. Mathematical models of photosynthetic rate of hydroponically grown cucumber plants as affected by light intensity, air temperature, carbon dioxide and leaf nitrogen content. *Journal of Bio-Environment Control* **9**, 171-178.
- Lim, J. T., H. H. Jeong, S. Y. Baek, K. H. Hyun, B. S. Kwon, H. J. Kim, S. J. Chung, and B. S. Lee. 2000. Mathematical models of respiration rate of cucumber plants under varying

- environmental conditions. *Journal of Bio-Environment Control* **9**, 185-192.
6. McCree, K. J. 1982. Maintenance requirements of white clover at high and low growth rates. *Crop Sci.* **22**, 345-351.
7. McCree, K. J. and R. S. Loomis. 1969. Photosynthesis in fluctuating light. *Ecology* **50**, 422-428.
8. Nishi, S. 1980. Differentiation of Brassica crops in Asia and the breeding of 'Hakuran': a newly synthesized leafy vegetable. pp. 133-150, In Tsunoda, S. et al. (eds.), Brassica crops and wild allies: biology and breeding. Tokyo, *Japanese Science Society Press*.
9. Park, H. J., I. H. Lee, J. I. Park, S. Y. Yang, and I. S. Nou. 2007. Analysis of characteristics and test of combining ability in leaf mustard allies. *Kor. J. Plant Res.* **20**, 298-303.
10. Park, H. J., I. H. Lee, H. T. Kim, S. Y. Yang, and I. S. Nou. 2007. Analysis of genetic similarity of Dolsan leaf mustard based on several horticultural traits and RAPD. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* **25**, 305-310.
11. Rao, G. U., V. B. Sarup, S. Prakash, and K. R. Shivanna. 1994. Development of a new cytoplasmic male sterility system in *Brassica juncea* through wide hybridization. *Plant Breed* **112**, 171-174.
12. Szaniawski, R. K. and M. Kielkiewicz. 1982. Maintenance and growth respiration in shoots and roots of sunflower plants grown at different temperatures. *Physiol. Plant* **54**, 500-504.
13. Thornley, J. H. M. 1970. Respiration, growth and maintenance in plants. *Nature* **277**, 304-305.
14. Thornley, J. H. M. and I. R. Johnson. 1990. Plant and crop modelling: A mathematical approach to plant and crop physiology. Clarendon Press, Oxford, U.K.

#### 초록 : 갯 품종간의 형질 및 광합성 변이

이인호 · 박종인 · 정건호<sup>1</sup> · 노일섭\*

(순천대학교 원예학과, <sup>1</sup>농촌진흥청 국립식량과학원)

총광합성율의 변이는 순광합성율에 호흡율을 더해서 구한 것으로 계통간의 변이는 순광합성율과 대동소이하였으며 rosetteness는 초장, 초고 그리고 상대엽면적(SLA)과는 고도로 유의한 정의 상관을 보여 초장 및 초고가 클수록 잎의 부착밀도가 낮고 잎이 얇은 것으로 나타났다. 식물의 지상부 성장량은 호흡율에 의해 보다 크게 영향을 받는 것으로 나타났는데 이는 호흡이 잎 뿐 아니라 줄기에서도 일어나는데 기인한 것으로 사료된다. 그리고 엽의 부착밀도가 낮은 계통들이 지상부 생육이 좋았는데, 이것은 광합성율을 높이기 위해서는 상대엽면적(SLA)이 큰 즉, 엽의 두께가 얇은 계통을 선발하는 것이 유리함을 말해 준다.