

재배적 안정성이 높은 참깨 계통 선발

심강보*† · 강철환* · 이성우* · 김동희* · 채영암**

*작물시험장, **서울대학교 농업생명과학대학

Selection of Varieties with Higher Cultural Stability in *Sesamum indicum*

Kang-Bo Shim*, Chul-Whan Kang*, Sung-Woo Lee* and Dong-Hee Kim*

*National Crop Experiment Station, R.D.A., Suwon 441-857, Korea

**Coll. of Agric. and Life Sci., Seoul Nat'l Univ. Suwon 441-744, Korea

ABSTRACT: This study was conducted to select sesame varieties with high cultural stabilities by comparing several parameters of agronomic traits under the different cultural environments. Of the six areas, Iksan and Jinju areas which showed positively larger environment index values were relatively adequate cultural conditions for sesame. At the comparison of cultural stability of agronomic traits by Eberhart and Russell regression model among sesame breeding lines, Suwon 169 showed more stable regression coefficient values to the number of capsules per plant, number of seeds per capsule and seed weight per plant, and Iksan 12 showed more stable regression coefficient values to culm length and weight per plant. At the comparison of cultural stability of yield per 10a, Suwon 169 and Iksan 12 among sesame breeding lines showed more stable regression deviation values of 0.99, 0.98 respectively, and more less regression deviation values of 0.074, 0.167 respectively. Therefore those breeding lines are comparatively higher stabilities to yield determining agronomic traits under the different cultural environments, and it was concluded that those two breeding lines had the possibility to recommend promising breeding lines in the future.

Keywords : sesame, stability parameter, capsule.

참깨(*Sesamum indicum* L.)는 아프리카, 인도지역 등 열대지역이 원산지로서 고온성 작물로 알려져 있으며 특히 수분, 온도, 일장 등 외부환경에 따라 생육 및 수량성에 큰 변이를 보이는데 참깨의 화아 분화는 24~27°C 정도의 온도가 필요하며 개화기의 저온은 화분불임을 초래하여 미 개화된 꽃이 낙화되는 원인이 되기도 한다. 우리나라에서 참깨는 대부분 5월~9월경에 재배되는데 파종기인 5월 하순~6월 상순경에는 봄 한발로 인해 적정 입모율 확보 및 초기생육에 지장을 초래하며 생식생장기

인 7월~8월경에는 장마기 및 고온 다습조건으로 복합적인 병해의 발생이 심하고 개화 및 착색이 불량하여 타 작물에 비해 참깨는 연차간 또는 지역간 변이가 큰 작물로 알려져 있다. 통계 유전학적인 연구의 일환으로 참깨 품종들의 주요 형질별 유전 통계량의 지리적 변동을 조사한 바에 의하면(Lee et al., 1983) 경장과 주당 삭수, 삭당 립수의 유전력은 높고 천립중과 수량의 유전력은 낮다. 또한 경로계수 분석결과 수량에 미치는 직접효과가 큰 형질은 주당 삭수, 천립중, 삭당 립수 등이며 이러한 결과는 국내의 참깨 수집종을 공시하여 유전력, 표현형상관, 유전상관, 환경상관을 추정하여 비슷한 결과를 얻었다(Lee, 1959; Lee et al., 1986). 일반적으로 여러 재배지역에서의 품종의 평균 수량성이 높게 나타나면 그 품종은 안정성이 높다고 한다(Allard et al., 1993). 이것을 통계학적 관점에서 보면 품종의 수량구성 요소와 환경의 교호작용이 적었음을 의미하며, 이러한 유전자형과 환경의 교호작용에 대한 대표적인 분석방법으로는 형질 평균에 대한 회귀분석법(Regression model), 주성분분석법(PCA) 그리고 상가적(Additive) 및 상승적(Multiplicative) 교호작용 동시 분석법(AMMI) 등이 있다. 국내에서 참깨의 양적 형질과 재배적 환경과의 상호작용 분석에 의한 품종육성 관련 보고는 없으며, 본 시험의 연구목적은 회귀분석법을 이용하여 환경변화에 따른 형질발현 양상을 비교하여 재배적 안정성이 높은 참깨 품종을 육성하는 하나의 방법을 제시하고자 하였다.

재료 및 방법

공시재료

본 시험은 1998~1999년에 걸쳐 참깨 지역적응시험의 일환으로 수원, 청원, 익산, 대구, 진주, 나주 등 6개 지역에서 실시하였으며, 공시지역에 대한 기상적 특성을 보면 생육초기인 6월의 평균기온은 21.0°C~23.5°C, 개화기인 7월의 평균기온은 24.0°C~26.0°C 였고 8월의 평균기온은 24.2°C~27.0°C 였으며, 동숙기인 9월의 평균기온은 22.0°C~23.7°C 였으며, 특히 생육

†Corresponding author: (Phone) +82-31-290-6729 (E-mail) shimkb@rda.go.kr

<Received August 28, 2000>

후기인 8월과 9월의 평균기온은 잦은 장마 등에 의해 지역간 차이가 심하였으며 1999년의 경우 대구, 진주지역을 제외하고는 평균기온이 전년도에 비해 높은 편이었다. 강우량과 일조시수는 지역간 편차가 심하였는데 1998년에는 집중호우 및 잦은 장마 등에 의해 전체 강우량은 많은 반면 일조시수는 부족하였다(Fig. 1, 2, 3).

재배지역에 대한 토양의 이화학적 특성은 대구지역을 제외한 공시지역의 토양이 산성이었고 유기물 함량은 비슷하였으며 인산함량은 대구지역이 다른 지역에 비해 많았으며 양이온의 경우 익산지역에서 K⁺이온 함량이 다른 지역에 비해 2~6배 정도 높았고 다른 양이온 및 양이온 치환용량은 비슷한 경향을 보였다

공시재료는 장려품종인 안산개와 양백개를 표준 및 대비품종으로 하고 수원 158호 등 7품종을 공시하였으며 구당 면적은 16 m² 이상으로 하였으며 재식거리 50×10 cm로 하여 흑색 유공비닐을 피복한 후 파종하였으며 본엽이 2~3매 정도 나왔을 때 혈당 1주만 남기고 수확하였다. 시비량(kg/10a)은 참깨 전

용복비(N-P₂O₅-K₂O=8-4-9)를 기비로 사용 하여 난괴법 3반복으로 수행하였다. 개화기는 공시개체의 50%가 개화 되었을 경

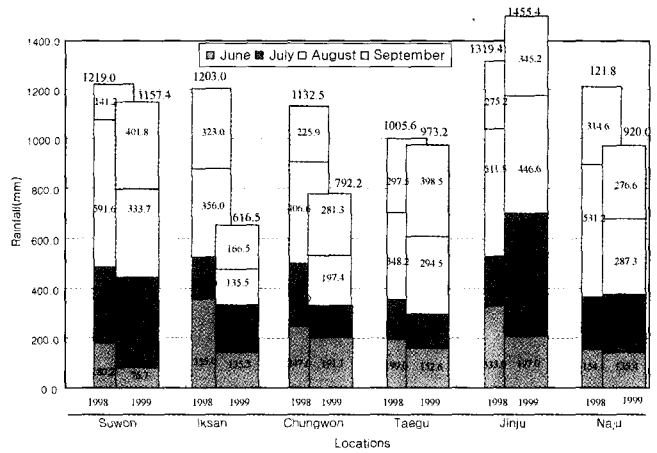


Fig. 2. Changes of total precipitation of six locations and two years of 1998-1999.

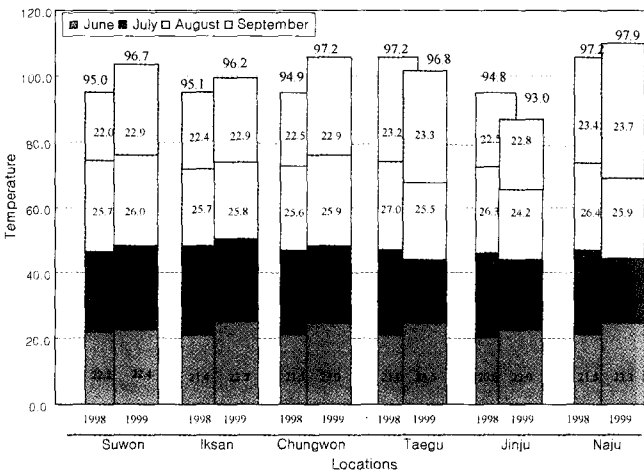


Fig. 1. Changes of average temperature of six locations and two years of 1998-1999.

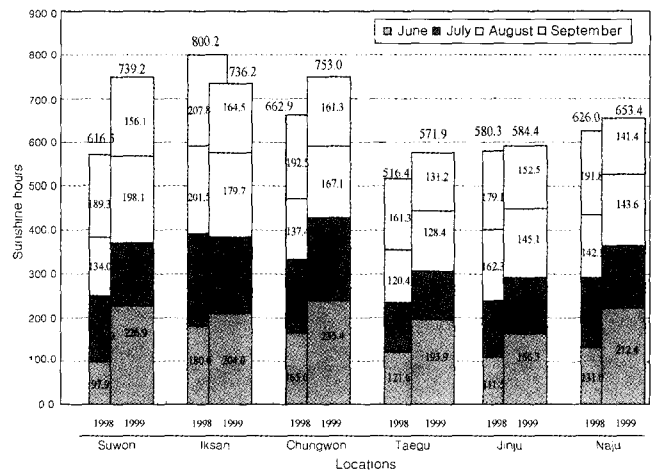


Fig. 3. Changes of total sunshine of six locations and two years of 1998-1999.

Table 1. Chemical properties of experimental soil at six locations and two years of 1998-1999.

| Year | Locations | PH (1:5) | O.M (%) | Av. P ₂ O ₅ | Ex. cation (me/100 g) | | | C.E.C (me/100 g) |
|------|-----------|----------|---------|-----------------------------------|-----------------------|------|------|------------------|
| | | | | | K | Ca | Mg | |
| 1998 | Suwon | 6.0 | 0.67 | 63.6 | 0.32 | 5.00 | 1.20 | 9.60 |
| | Iksan | 5.5 | 0.60 | 48.4 | 1.86 | 2.70 | 1.70 | 8.80 |
| | Chungwon | 6.1 | 0.30 | 44.0 | 0.39 | 5.90 | 1.00 | 4.73 |
| | Taegu | 7.1 | 0.63 | 130.0 | 0.14 | 4.03 | 0.96 | 6.80 |
| | Jinju | 6.1 | 0.63 | 71.6 | 0.86 | 3.02 | 3.23 | 7.80 |
| | Naju | 6.1 | 0.64 | 15.2 | 0.58 | 5.94 | 1.96 | 10.90 |
| 1999 | Suwon | 5.9 | 0.78 | 70.7 | 0.34 | 4.35 | 1.12 | 8.90 |
| | Iksan | 5.6 | 0.62 | 54.1 | 0.98 | 3.02 | 1.23 | 9.22 |
| | Chungwon | 5.5 | 0.38 | 50.6 | 0.50 | 4.19 | 1.19 | 6.96 |
| | Taegu | 6.9 | 0.76 | 119.8 | 0.21 | 3.89 | 0.87 | 6.39 |
| | Jinju | 6.2 | 0.87 | 70.7 | 0.75 | 3.45 | 3.03 | 8.11 |
| | Naju | 6.0 | 0.76 | 20.3 | 0.54 | 4.97 | 1.88 | 9.48 |

Table 2. Culm length of sesame varieties and breeding lines at six locations and two years of 1998-1999.

| Varieties and breeding lines | 1998 | | | | | | | 1999 | | | | | | | | |
|------------------------------|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|---------|--------|-------|-----------|-------|-------|-------|---------|--|--------|
| | Suwon | Iksan | Chung-won | Taegu | Jinju | Naju | Average | Suwon | Iksan | Chung-won | Taegu | Jinju | Naju | Average | | |
| Yangbaekkae | 82.6 | 98.9 | 124.0 | 95.2 | 130.0 | 103.0 | 105.6 | 92.4 | 131.0 | 110.0 | 80.5 | 118.0 | 98.0 | 104.9 | | |
| Ansankkae | 85.3 | 94.5 | 113.0 | 96.7 | 136.0 | 97.0 | 103.8 | 94.8 | 144.0 | 108.0 | 77.5 | 118.0 | 96.0 | 106.4 | | |
| Suwon158 | 91.1 | 84.5 | 115.0 | 95.1 | 155.0 | 110.0 | 108.5 | 99.5 | 137.0 | 121.0 | 86.6 | 124.0 | 111.0 | 113.2 | | |
| Suwon162 | 83.4 | 104.5 | 107.0 | 95.1 | 139.0 | 95.0 | 104.0 | 93.9 | 126.0 | 111.0 | 85.0 | 116.0 | 105.0 | 106.2 | | |
| Suwon168 | 82.9 | 94.5 | 118.0 | 99.5 | 144.0 | 104.0 | 107.2 | 98.9 | 138.0 | 118.0 | 80.6 | 127.0 | 106.0 | 111.4 | | |
| Suwon169 | 95.2 | 106.3 | 124.0 | 94.3 | 142.0 | 98.0 | 110.0 | 98.0 | 138.0 | 102.0 | 81.0 | 126.0 | 107.0 | 108.7 | | |
| Iksan12 | 95.3 | 112.5 | 115.0 | 102 | 154.0 | 109.0 | 114.6 | 98.8 | 142.0 | 113.0 | 87.8 | 127.0 | 114.0 | 113.8 | | |
| Iksan14 | 87.3 | 110.2 | 112.0 | 91.3 | 135.0 | 96.0 | 105.5 | 92.2 | 152.0 | 101.0 | 85.7 | 127.0 | 106.0 | 110.7 | | |
| Iksan15 | 88.6 | 117.9 | 122.0 | 96.3 | 150.0 | 119.0 | 115.5 | 95.6 | 149.0 | 122.0 | 89.8 | 137.0 | 111.0 | 117.4 | | |
| Average | 88.0 | 102.6 | 116.7 | 96.2 | 142.8 | 103.4 | 108.3 | 96.0 | 139.7 | 110.7 | 83.8 | 124.4 | 106.0 | 110.3 | | |
| C. V.(%) | | | | | | | | 17.374 | | | | | | | | 18.582 |
| L.S.D.(5%) | | | | | | | | 20.031 | | | | | | | | 23.830 |

Table 3. Number of capsules per plant of sesame varieties and breeding lines at six locations and two years of 1998-1999.

| Varieties and breeding lines | 1998 | | | | | | | 1999 | | | | | | | | |
|------------------------------|-------|-------|-----------|-------|-------|------|---------|--------|-------|-----------|-------|-------|------|---------|--|--------|
| | Suwon | Iksan | Chung-won | Taegu | Jinju | Naju | Average | Suwon | Iksan | Chung-won | Taegu | Jinju | Naju | Average | | |
| Yangbaekkae | 37.4 | 55.4 | 72.0 | 45.5 | 91.0 | 64.0 | 60.9 | 54.0 | 63.0 | 57.0 | 48.6 | 76.0 | 64.0 | 60.4 | | |
| Ansankkae | 35.9 | 45.9 | 68.0 | 44.7 | 69.0 | 52.0 | 52.6 | 48.7 | 58.0 | 52.0 | 37.3 | 58.0 | 59.0 | 52.2 | | |
| Suwon158 | 47.6 | 58.1 | 68.0 | 44.9 | 101.0 | 67.0 | 64.4 | 57.9 | 57.0 | 70.0 | 50.3 | 79.0 | 71.0 | 64.2 | | |
| Suwon162 | 35.4 | 60.2 | 73.0 | 43.5 | 97.0 | 64.0 | 62.2 | 57.3 | 63.0 | 77.0 | 45.3 | 66.0 | 69.0 | 62.9 | | |
| Suwon168 | 39.3 | 47.5 | 70.0 | 45.4 | 90.0 | 60.0 | 58.7 | 52.2 | 63.0 | 56.0 | 43.9 | 68.0 | 66.0 | 58.2 | | |
| Suwon169 | 48.3 | 65.5 | 87.0 | 49.4 | 101.0 | 63.0 | 69.0 | 61.2 | 69.0 | 58.0 | 43.6 | 78.0 | 71.0 | 63.5 | | |
| Iksan12 | 41.0 | 63.9 | 68.0 | 56.0 | 104.0 | 67.0 | 66.7 | 56.5 | 71.0 | 58.0 | 54.2 | 83.0 | 70.0 | 65.5 | | |
| Iksan14 | 39.9 | 72.2 | 62.0 | 39.7 | 77.0 | 65.0 | 59.3 | 54.9 | 67.0 | 55.0 | 49.8 | 72.0 | 67.0 | 61.0 | | |
| Iksan15 | 44.7 | 71.1 | 62.0 | 40.1 | 77.0 | 76.0 | 61.8 | 57.5 | 72.0 | 61.0 | 51.8 | 71.0 | 75.0 | 64.7 | | |
| Average | 41.1 | 60.0 | 70.0 | 45.5 | 89.7 | 64.2 | 61.7 | 55.58 | 64.8 | 60.4 | 47.2 | 72.3 | 68.0 | 61.4 | | |
| C. V.(%) | | | | | | | | 30.375 | | | | | | | | 16.417 |
| L.S.D.(5%) | | | | | | | | 21.658 | | | | | | | | 11.720 |

Table 4. Number of seeds per capsule of sesame varieties and breeding lines at six locations and two years of 1998-1999.

| Varieties and breeding lines | 1998 | | | | | | | 1999 | | | | | | | | |
|------------------------------|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|---------|--|-------|
| | Suwon | Iksan | Chung-won | Taegu | Jinju | Naju | Average | Suwon | Iksan | Chung-won | Taegu | Jinju | Naju | Average | | |
| Yangbaekkae | 49.83 | 51.73 | 51.83 | 51.43 | 50.90 | 50.90 | 51.10 | 47.67 | 45.47 | 46.00 | 48.17 | 48.43 | 47.80 | 47.26 | | |
| Ansankkae | 51.30 | 54.63 | 53.27 | 54.23 | 53.47 | 52.77 | 53.28 | 52.50 | 42.93 | 54.67 | 47.53 | 47.40 | 47.17 | 48.70 | | |
| Suwon158 | 48.37 | 47.00 | 46.23 | 46.87 | 48.33 | 47.33 | 47.35 | 50.43 | 47.57 | 52.67 | 50.27 | 49.83 | 49.23 | 50.00 | | |
| Suwon162 | 37.67 | 41.07 | 48.77 | 40.80 | 41.27 | 42.27 | 41.98 | 44.13 | 42.63 | 45.33 | 44.37 | 43.60 | 45.10 | 44.19 | | |
| Suwon168 | 50.23 | 52.77 | 51.30 | 52.00 | 51.50 | 51.13 | 51.49 | 48.87 | 49.00 | 53.67 | 53.40 | 50.53 | 49.83 | 50.88 | | |
| Suwon169 | 51.00 | 52.70 | 50.83 | 52.43 | 51.60 | 51.97 | 51.76 | 49.67 | 45.60 | 48.00 | 48.43 | 47.13 | 50.00 | 48.14 | | |
| Iksan12 | 47.13 | 50.93 | 51.73 | 50.20 | 50.07 | 50.10 | 50.03 | 47.97 | 42.90 | 49.33 | 47.73 | 48.50 | 47.57 | 47.33 | | |
| Iksan14 | 50.63 | 51.40 | 51.80 | 51.47 | 52.37 | 52.53 | 51.70 | 47.27 | 44.23 | 46.00 | 48.10 | 48.73 | 48.23 | 47.09 | | |
| Iksan15 | 52.17 | 51.70 | 51.77 | 53.30 | 52.80 | 51.40 | 52.19 | 52.73 | 49.20 | 51.00 | 50.73 | 52.57 | 52.77 | 51.50 | | |
| Average | 48.70 | 50.27 | 50.84 | 50.30 | 50.26 | 50.04 | 45.43 | 48.46 | 45.50 | 49.63 | 48.75 | 48.53 | 48.63 | 48.34 | | |
| C. V.(%) | | | | | | | | 7.536 | | | | | | | | 7.862 |
| L.S.D.(5%) | | | | | | | | 4.508 | | | | | | | | 4.519 |

Table 5. 1000 seeds weight of sesame varieties and breeding lines at six locations and two years of 1998-1999.

| Varieties and breeding lines | 1998 | | | | | | | 1999 | | | | | | |
|------------------------------|-------|-------|-----------|-------|-------|------|---------|-------|-------|-----------|-------|-------|------|---------|
| | Suwon | Iksan | Chung-won | Taegu | Jinju | Naju | Average | Suwon | Iksan | Chung-won | Taegu | Jinju | Naju | Average |
| Yangbaekkae | 2.50 | 2.62 | 2.70 | 2.53 | 2.42 | 2.87 | 2.61 | 2.62 | 2.56 | 2.90 | 2.52 | 2.25 | 2.58 | 2.57 |
| Ansankkae | 2.69 | 2.79 | 2.60 | 2.74 | 2.91 | 2.97 | 2.78 | 2.79 | 2.93 | 2.80 | 2.93 | 2.60 | 2.67 | 2.79 |
| Suwon158 | 2.59 | 2.71 | 2.70 | 2.46 | 2.54 | 3.00 | 2.67 | 2.80 | 2.67 | 2.90 | 2.79 | 2.45 | 2.68 | 2.72 |
| Suwon162 | 2.60 | 2.62 | 2.70 | 2.52 | 2.63 | 2.87 | 2.66 | 2.78 | 2.78 | 3.00 | 2.74 | 2.28 | 2.65 | 2.71 |
| Suwon168 | 2.52 | 2.56 | 2.80 | 2.39 | 2.78 | 2.98 | 2.67 | 2.72 | 2.84 | 3.00 | 2.71 | 2.20 | 2.61 | 2.70 |
| Suwon169 | 2.52 | 2.87 | 2.80 | 2.47 | 2.52 | 2.79 | 2.66 | 2.76 | 2.66 | 3.00 | 2.76 | 2.30 | 2.69 | 2.70 |
| Iksan12 | 2.74 | 2.94 | 2.70 | 2.74 | 2.83 | 2.92 | 2.81 | 2.71 | 2.72 | 3.00 | 2.70 | 2.22 | 2.71 | 2.68 |
| Iksan14 | 2.36 | 2.82 | 2.60 | 2.41 | 2.45 | 2.89 | 2.59 | 2.78 | 2.63 | 2.80 | 2.84 | 2.40 | 2.62 | 2.68 |
| Iksan15 | 2.98 | 2.90 | 3.10 | 2.54 | 2.43 | 2.97 | 2.82 | 2.88 | 2.95 | 3.10 | 2.99 | 2.47 | 2.75 | 2.86 |
| Average | 2.61 | 2.76 | 2.74 | 2.53 | 2.62 | 2.92 | 2.70 | 2.76 | 2.75 | 2.94 | 2.78 | 2.35 | 2.66 | 2.72 |
| C. V.(%) | | | | | | | | 6.843 | | | | | | |
| L.S.D.(5%) | | | | | | | | 0.215 | | | | | | |

Table 6. Weight of seed per plant of sesame varieties and breeding lines at six locations and two years of 1998-1999.

| Varieties and breeding lines | 1998 | | | | | | | 1999 | | | | | | |
|------------------------------|-------|-------|-----------|-------|-------|------|---------|--------|-------|-----------|-------|-------|------|---------|
| | Suwon | Iksan | Chung-won | Taegu | Jinju | Naju | Average | Suwon | Iksan | Chung-won | Taegu | Jinju | Naju | Average |
| Yangbaekkae | 2.04 | 2.70 | 3.88 | 3.00 | 4.60 | 4.79 | 3.54 | 3.50 | 3.27 | 4.85 | 3.92 | 2.80 | 3.58 | 3.65 |
| Ansankkae | 2.39 | 2.68 | 3.94 | 2.85 | 5.50 | 4.39 | 3.63 | 3.05 | 3.40 | 4.89 | 3.49 | 2.85 | 3.82 | 3.58 |
| Suwon158 | 2.39 | 3.06 | 3.66 | 2.25 | 5.65 | 5.20 | 3.70 | 4.41 | 3.15 | 5.65 | 4.16 | 2.95 | 3.67 | 4.00 |
| Suwon162 | 2.50 | 3.14 | 3.58 | 2.40 | 5.02 | 4.84 | 3.61 | 3.47 | 3.66 | 4.57 | 3.68 | 2.40 | 3.79 | 3.60 |
| Suwon168 | 2.48 | 2.06 | 3.96 | 2.70 | 5.95 | 4.63 | 3.63 | 2.83 | 3.81 | 4.98 | 3.86 | 2.80 | 3.70 | 3.67 |
| Suwon169 | 2.48 | 3.79 | 4.45 | 2.50 | 2.18 | 4.71 | 3.90 | 3.80 | 3.65 | 5.10 | 3.98 | 3.15 | 3.95 | 3.94 |
| Iksan12 | 1.84 | 4.05 | 3.53 | 3.50 | 6.15 | 5.15 | 4.03 | 3.54 | 3.87 | 4.37 | 4.28 | 2.85 | 4.04 | 3.83 |
| Iksan14 | 1.76 | 4.22 | 3.77 | 2.55 | 4.30 | 4.53 | 3.52 | 3.38 | 3.54 | 4.01 | 3.86 | 3.35 | 3.71 | 3.64 |
| Iksan15 | 1.39 | 4.75 | 4.00 | 2.60 | 4.30 | 5.67 | 3.79 | 3.08 | 4.40 | 3.92 | 3.92 | 2.90 | 4.28 | 3.75 |
| Average | 2.15 | 3.37 | 3.86 | 2.71 | 5.24 | 4.88 | 3.70 | 3.45 | 3.64 | 4.70 | 3.90 | 2.89 | 3.84 | 3.74 |
| C. V.(%) | | | | | | | | 35.833 | | | | | | |
| L.S.D.(5%) | | | | | | | | 1.516 | | | | | | |

우를, 성숙기는 하위엽이 황변하는 시기 또는 수확기 5~10일 전으로 하였으며, 9월 하순에 하위부의 삭이 2개정도 벌어질 경우를 수확기로 하였고 시험구 반복당 20개체를 표본 추출하여 수량성을 조사하였다. 참깨 수량구성요소인 경장, 주당 삭수 및 천립중을 조사 하였는데, 경장은 참깨 지상부의 지체부에서 주경의 정단부 까지를, 주당 삭수는 1주에 정상적인 종실이 들어있는 꼬투리수를, 삭당 립수는 1개의 삭에 들어있는 정상적으로 등숙된 립수를, 천립중은 등숙종실 1,000립의 무게를, 그리고 주당 종실중은 주당 등숙종실 무게로 하였다. 공시 품종 및 계통의 경장, 주당 삭수, 삭당 립수, 천립중 및 주당 종실중에 대한 지역간, 연차간 특성은 Table 2-6에 나타내었다.

유전자형과 환경과의 교호작용

재배지역이나 기상환경 등에 따라 작물의 생육 특성은 다르게 나타나는데 이를 통계학적 분석방법의 일환으로 요인실험

에서 유전자형과 환경의 교호작용 관점에서 요인을 찾아볼 수가 있는데, 두 개의 인자 A, B가 있고 각 인자의 처리수준을 각각 a, b라 하면 t=ab개의 처리조합이 생기고 각 처리조합을 r회 반복실험 하였다면 전부 abr개의 실험단위가 있게 된다. 이때 유전자형과 환경과의 교호작용이 있을 경우 통계적 모형은 $y_{ijk} = \mu + g_i + p_j + (gp)_{ij} + \epsilon_{ijk}$ (i = 1, 2, ..., a; j = 1, 2, ..., b; k = 1, 2, ..., r)로 쓸 수 있는데 여기에서 g_i 는 i번째 유전자형의 효과이고 p_j 는 j번째 환경의 효과이고 $(gp)_{ij}$ 는 상호작용의 효과이며 ϵ_{ijk} 는 오차항이 된다. 일반적으로 유전자형과 환경의 교호작용은 몇 개의 유전자형을 상이한 지역에서 재배하여 얻은 결과를 분산분석하여 알아낼 수 있는데, 본 시험을 수행한 6개 지역에 대한 분산분석은 Table 7에 나타내었다. 분석결과 1998년에는 재배지역간의 F값이 255.96으로 고도의 유의성을 보여 지역간 차이가 인정되었고 공시계통간에도 유의성이 인정되었다. 재배환경과 공시계통의 주요형질간의 상호작용에 대한 분

Table 7. Analysis of variance for yield as affected by cultural locations and two years of 1998-1999.

| Sources | 1998 | | | 1999 | | |
|-------------------------|------|--------|----------|------|-------|---------|
| | D.F. | S.S. | F value | D.F. | S.S. | F value |
| Total | 161 | 261.41 | | 161 | 82.83 | |
| Environment (location) | 5 | 198.71 | 255.96** | 5 | 46.68 | 70.09** |
| Replications | 12 | 3.17 | 1.75 | 12 | 2.45 | 1.53** |
| Varieties | 8 | 4.54 | 3.65** | 8 | 3.18 | 2.99* |
| Environment x Varieties | 40 | 39.99 | 6.44** | 40 | 17.74 | 3.33** |
| Error | 96 | 14.91 | | 96 | 12.79 | |

석결과 F값이 6.44로 고도의 유의성을 보여 유전자형과 환경과의 교호작용이 있음을 알 수가 있으며 1999년에도 전년도와 비슷한 결과를 얻었다.

형질발현의 안정성 평가

재배적 환경의 차이에 따른 참깨 형질발현의 안정성 (Stability) 평가방법에는 여러 가지 모형이 있으나 그 중에서 많이 이용되는 Eberhart & Russell의 모형을 이용하였다 (Eberhart *et al.*, 1966). 이 모형은 $Y_{ij} = \mu_i + \beta_i I_j + \delta_{ij}$ ($i=1, 2, \dots, v; j=1, 2, \dots, p$)로 정의되는데 여기에서 Y_{ij} 는 품종 i 의 지역 j 에서의 평균이며 β_i 는 품종 i 의 여러 환경에 대한 회귀계수이다. 또 δ_{ij} 는 품종 i 의 환경 j 에서의 회귀로부터의 편차이고 I_j 는 환경 j 의 한 품종 평균에서 전체 평균을 뺀 값으로

$$I_j = \frac{\sum_{i=1}^v Y_{ij} / v - \sum_{i=1}^v \sum_{j=1}^p Y_{ij} / vp}{\sum_{j=1}^p I_j = 0}$$

로서 I_j 가 큰 양의 값을 가질수록 관련 형질의 발현에 적합한 환경이라고 판단 할 수가 있으며 이 값은 실험과 무관하게 기상, 토양 등의 데이터로부터 독립적으로 얻을 수가 있으며 이를 환경지수(Environment index)라고 부른다. 안정성 검정을 위한 모수로는

$$\hat{\beta}_i = \frac{\sum_{j=1}^p Y_{ij} I_j / \sum I_j^2}$$

을 사용할 수가 있는데 이 값이 1에 가까울수록 안정성이 높은 품종이라 할 수 있다. 각 품종들의 수량성은 $\hat{Y}_{ij} = \hat{\mu}_i + \beta_i I_j$ ($\hat{\mu}_i$ 는 μ_i 의 추정치)을 사용하여 추정할 수 있는데 이 때 $\delta_{ij} = (Y_{ij} - \hat{Y}_{ij})$ 를 제공하여 자유도 $n-2$ 로 나눈 값

$$S_i^2 = \left[\frac{\sum_{j=1}^p \delta_{ij}^2}{(n-2)} \right]$$

가 또 다른 안정성 검정을 위한 모수가 될 수 있다. 이 모형에서 유전자형과 환경간의 교호작용은 변화하는 환경지수에 대한 품종의 반응부분(회귀제곱합)과 환경지수에 대한 회귀로부터의 설명할 수 없는 편차로 나뉘어지게 되며 재배적 안정성이 높은 품종일수록 평균수량 μ 가 높고 회귀계수 β 가 1에 가까우면서 편차분산 S_i^2 가 작은 품종이다.

결과 및 고찰

재배지역에 따른 참깨 형질간의 환경지수

본 시험이 수행된 6개 지역에서의 참깨 주요형질에 대한 환경지수를 살펴보면 1998년의 경우 경장은 익산, 진주, 청원지역에서 높게 나타났으며 주당 삭수는 나주, 익산지역이, 삭당

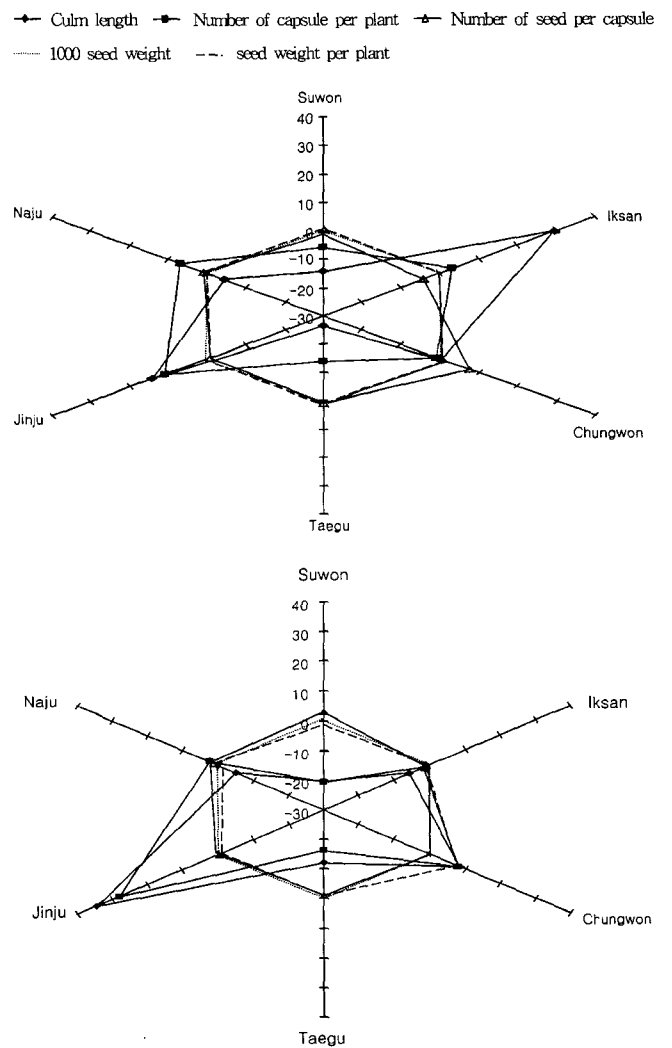


Fig. 4. Comparison of environment index of agronomic traits at six locations (Above : 1998, Below : 1999).

립수는 청원지역이, 천립중은 나주지역에서, 주당 종실중은 진주, 나주지역이 높게 나타났다. 1999년의 경우 경장은 익산, 진주지역이 높았고 주당 삭수는 진주, 나주지역이 높았으며 삭당 립수는 청원지역이, 천립중은 진주, 청원지역이, 주당 종실중은 청원지역에서 높게 나타났다(Fig. 4).

Fig. 4의 참깨 주요 형질의 환경지수를 살펴 보면 경장과 주당 삭수의 환경지수가 지역간 또는 연차간에 큰 변이를 보였는데, 이를 본 시험에서 분석한 참깨 주요 형질에 대한 평균 유전력이 천립중(0.7342) > 삭당 립수(0.6416) > 주당 종실중(0.36280) > 주당 삭수(0.3315) > 경장(0.2489) 순으로 나타난 결과와 관련지어 볼 때 경장과 주당 삭수가 다른 형질에 비해 유전력이 낮아 재배적 환경요인에 의해 큰 변이를 보이는 것으로 나타났으며, 이러한 환경의 차이에 따른 형질의 반응성을 단지 두 해의 기상조건으로 결정하는 것은 다소 무리가 있을 것으로 사료되며 앞으로 보다 다양한 재배환경에서 장기적이고 체계적인 분석이 필요하다고 본다.

참깨 주요형질의 환경에 대한 안정성 검정

참깨 공시계통의 경장, 주당 삭수, 삭당 립수, 천립중, 주당 종실중에 대한 1998~1999년 두 해의 평균 성적을 Eberhart

& Russell의 회귀모형(Regression model)에 적용하여 재배지역에 따른 안정성(Stability)을 분석해 본 결과 공시계통또는 형질간에 상당한 차이를 보였는데 Table 8은 경장에 대한 공시계통의 안정성을 평가한 것이다. 표에서 보면 대비품종인 안산개는 경장이 짧고 회귀계수(Ri)가 0.99로 1에 가까우면서 회귀편차(S_i²)가 작아 안정성이 높게 나타났다. 수원 162호는 단간이면서 회귀편차가 적었으나 회귀계수가 0.82였고, 익산 12호는 경장이 길고 회귀계수는 0.96이고 회귀편차가 16.63이었다.

Table 9는 주당 삭수의 안정성을 평가한 결과인데 표준품종인 양백개는 평균 삭수가 많으면서 회귀편차가 8.49로 가장 낮았으나 회귀계수가 1.10으로 높게 나타났으며 수원 168호는 평균 삭수가 58.45개이고 회귀계수가 1.02, 회귀편차가 16.13으로 재배환경에 따른 형질발현의 안정성이 상대적으로 높게 나타났다.

Table 10은 삭당 립수에 대한 안정성을 비교한 결과로서 수원 169호는 삭당 립수가 51.61개이고 회귀계수는 1.01, 회귀편차가 0.85로 안정성이 상대적으로 높게 나타났다.

Table 11은 천립중에 대한 안정성 비교결과로서 수원 158호와 수원 168호가 상대적으로 안정성이 높았다.

Table 8. Stability parameter of culm length among varieties and breeding lines in two years of 1998-1999.

| Varieties and breeding lines | 1998 | | | 1999 | | | Average | | |
|------------------------------|-------------|---------------|-----------------|-------------|---------------|-----------------|-------------|---------------|-----------------|
| | $\hat{\mu}$ | $\hat{\beta}$ | Si ² | $\hat{\mu}$ | $\hat{\beta}$ | Si ² | $\hat{\mu}$ | $\hat{\beta}$ | Si ² |
| Yangbaekkae | 105.62 | 0.87 | 47.20 | 104.90 | 0.84 | 10.50 | 105.26 | 0.86 | 28.85 |
| Ansankkae | 103.75 | 0.92 | 10.30 | 106.40 | 1.07 | 24.90 | 105.08 | 0.99 | 17.60 |
| Suwon158 | 108.45 | 1.22 | 109.41 | 113.20 | 0.82 | 21.62 | 110.83 | 1.02 | 65.52 |
| Suwon162 | 104.00 | 0.96 | 22.85 | 106.20 | 0.67 | 10.76 | 105.10 | 0.82 | 16.81 |
| Suwon168 | 107.15 | 1.08 | 21.25 | 111.40 | 0.95 | 20.34 | 109.28 | 1.02 | 20.80 |
| Suwon169 | 109.97 | 0.95 | 33.06 | 108.70 | 0.94 | 22.37 | 109.34 | 0.95 | 27.72 |
| Iksan12 | 114.62 | 1.03 | 24.90 | 113.80 | 0.89 | 8.35 | 114.21 | 0.96 | 16.63 |
| Iksan14 | 105.52 | 0.87 | 33.76 | 110.70 | 1.14 | 48.86 | 108.11 | 1.01 | 41.31 |
| Iksan15 | 115.52 | 1.06 | 55.95 | 117.40 | 1.08 | 20.25 | 116.46 | 1.07 | 38.10 |
| Average | 108.29 | 1.10 | 39.85 | 110.30 | 0.93 | 20.88 | 109.30 | 0.97 | 30.37 |

Table 9. Stability parameter of the number of capsules per plant among varieties and breeding lines in two years of 1998-1999.

| Varieties and breeding lines | 1998 | | | 1999 | | | Average | | |
|------------------------------|-------------|---------------|-----------------|-------------|---------------|-----------------|-------------|---------------|-----------------|
| | $\hat{\mu}$ | $\hat{\beta}$ | Si ² | $\hat{\mu}$ | $\hat{\beta}$ | Si ² | $\hat{\mu}$ | $\hat{\beta}$ | Si ² |
| Yangbaekkae | 60.90 | 1.11 | 6.15 | 60.40 | 0.99 | 10.82 | 60.65 | 1.10 | 8.49 |
| Ansankkae | 52.60 | 0.69 | 38.69 | 52.20 | 0.87 | 8.12 | 52.40 | 0.78 | 23.41 |
| Suwon158 | 64.40 | 1.11 | 30.69 | 64.20 | 0.99 | 43.03 | 64.30 | 1.10 | 36.86 |
| Suwon162 | 62.20 | 1.24 | 1.37 | 62.90 | 0.83 | 74.99 | 62.55 | 1.04 | 38.18 |
| Suwon168 | 58.70 | 1.04 | 30.03 | 58.20 | 1.00 | 2.22 | 58.45 | 1.02 | 16.13 |
| Suwon169 | 69.00 | 1.05 | 41.09 | 63.50 | 1.07 | 14.36 | 66.25 | 1.06 | 27.73 |
| Iksan12 | 66.70 | 1.13 | 41.99 | 65.50 | 1.11 | 26.94 | 66.10 | 1.12 | 34.47 |
| Iksan14 | 59.30 | 0.79 | 76.74 | 61.00 | 0.92 | 9.86 | 60.15 | 0.86 | 43.30 |
| Iksan15 | 61.80 | 0.74 | 107.12 | 64.70 | 0.94 | 15.13 | 63.25 | 0.84 | 61.13 |
| Average | 61.73 | 1.00 | 41.54 | 61.4 | 0.99 | 22.83 | 61.57 | 1.01 | 32.19 |

Table 10. Stability parameter of the number of seed per capsule among varieties and breeding lines in two years of 1998-1999.

| Varieties and breeding lines | 1998 | | | 1999 | | | Average | | |
|------------------------------|-------------|---------------|--------|-------------|---------------|--------|-------------|---------------|--------|
| | $\hat{\mu}$ | $\hat{\beta}$ | Si^2 | $\hat{\mu}$ | $\hat{\beta}$ | Si^2 | $\hat{\mu}$ | $\hat{\beta}$ | Si^2 |
| Yangbaekkae | 52.44 | 0.96 | 0.43 | 48.92 | 0.97 | 0.13 | 50.68 | 0.97 | 0.28 |
| Ansankkae | 54.95 | 1.10 | 0.50 | 48.01 | 1.10 | 0.29 | 51.48 | 1.10 | 0.40 |
| Suwon158 | 49.02 | 0.86 | 1.50 | 49.83 | 0.93 | 1.79 | 49.43 | 0.90 | 1.65 |
| Suwon162 | 41.98 | 0.35 | 7.44 | 45.36 | 0.92 | 0.55 | 43.67 | 0.64 | 4.00 |
| Suwon168 | 53.16 | 0.92 | 0.69 | 51.71 | 0.93 | 2.88 | 52.44 | 0.93 | 1.79 |
| Suwon169 | 53.42 | 0.88 | 0.37 | 49.80 | 1.13 | 1.32 | 51.61 | 1.01 | 0.85 |
| Iksan12 | 51.03 | 0.89 | 0.80 | 48.33 | 1.04 | 0.96 | 49.68 | 0.97 | 0.88 |
| Iksan14 | 53.37 | 1.09 | 0.40 | 48.76 | 1.03 | 0.36 | 51.07 | 1.06 | 0.38 |
| Iksan15 | 53.61 | 1.03 | 2.04 | 53.17 | 1.07 | 0.91 | 53.39 | 1.05 | 1.47 |
| Average | 51.44 | 0.89 | 1.57 | 49.43 | 1.01 | 1.02 | 50.38 | 0.96 | 1.30 |

Table 11. Stability parameter of 1000 seed weight among varieties and breeding lines in two years of 1998-1999.

| Varieties and breeding lines | 1998 | | | 1999 | | | Average | | |
|------------------------------|-------------|---------------|--------|-------------|---------------|--------|-------------|---------------|--------|
| | $\hat{\mu}$ | $\hat{\beta}$ | Si^2 | $\hat{\mu}$ | $\hat{\beta}$ | Si^2 | $\hat{\mu}$ | $\hat{\beta}$ | Si^2 |
| Yangbaekkae | 2.61 | 0.49 | 0.014 | 2.57 | 0.48 | 0.014 | 2.59 | 0.49 | 0.014 |
| Ansankkae | 2.78 | -0.16 | 0.029 | 2.79 | -0.07 | 0.026 | 2.79 | -0.12 | 0.028 |
| Suwon158 | 2.67 | 0.78 | 0.008 | 2.77 | 0.60 | 0.020 | 2.72 | 0.69 | 0.014 |
| Suwon162 | 2.66 | 0.25 | 0.010 | 2.71 | 0.62 | 0.014 | 2.69 | 0.44 | 0.012 |
| Suwon168 | 2.67 | 0.68 | 0.029 | 2.70 | 0.87 | 0.017 | 2.69 | 0.78 | 0.023 |
| Suwon169 | 2.66 | 0.51 | 0.020 | 2.70 | 0.57 | 0.014 | 2.68 | 0.54 | 0.017 |
| Iksan12 | 2.81 | -0.13 | 0.017 | 2.68 | 0.67 | 0.014 | 2.75 | 0.27 | 0.016 |
| Iksan14 | 2.59 | 0.94 | 0.017 | 2.73 | 0.58 | 0.020 | 2.66 | 0.76 | 0.019 |
| Iksan15 | 2.82 | 0.59 | 0.068 | 2.89 | 0.75 | 0.017 | 2.86 | 0.67 | 0.043 |
| Average | 2.70 | 0.44 | 0.024 | 2.73 | 0.57 | 0.017 | 2.71 | 0.50 | 0.021 |

Table 12. Stability parameter of seed weight per plant among varieties and breeding lines in two years of 1998-1999.

| Varieties and breeding lines | 1998 | | | 1999 | | | Average | | |
|------------------------------|-------------|---------------|--------|-------------|---------------|--------|-------------|---------------|--------|
| | $\hat{\mu}$ | $\hat{\beta}$ | Si^2 | $\hat{\mu}$ | $\hat{\beta}$ | Si^2 | $\hat{\mu}$ | $\hat{\beta}$ | Si^2 |
| Yangbaekkae | 3.54 | 0.85 | 0.102 | 3.65 | 1.07 | 0.044 | 3.60 | 0.96 | 0.073 |
| Ansankkae | 3.63 | 0.93 | 0.194 | 3.58 | 1.11 | 0.063 | 3.61 | 1.02 | 0.129 |
| Suwon158 | 3.70 | 1.16 | 0.137 | 4.00 | 1.32 | 0.384 | 3.85 | 1.24 | 0.261 |
| Suwon162 | 3.61 | 0.95 | 0.073 | 3.60 | 1.29 | 0.140 | 3.61 | 1.12 | 0.107 |
| Suwon168 | 3.63 | 1.09 | 0.348 | 3.67 | 1.13 | 0.090 | 3.65 | 1.11 | 0.219 |
| Suwon169 | 3.90 | 0.97 | 0.116 | 3.94 | 1.00 | 0.032 | 3.92 | 0.98 | 0.074 |
| Iksan12 | 4.03 | 1.16 | 0.360 | 3.83 | 0.81 | 0.073 | 3.93 | 0.99 | 0.217 |
| Iksan14 | 3.52 | 0.81 | 0.325 | 3.64 | 0.36 | 0.012 | 3.58 | 0.59 | 0.169 |
| Iksan15 | 3.79 | 1.05 | 0.903 | 3.75 | 0.56 | 0.336 | 3.77 | 0.81 | 0.620 |
| Average | 3.70 | 0.99 | 0.284 | 3.74 | 0.95 | 0.130 | 3.72 | 0.98 | 0.317 |

주당 종실수량에 대한 안정성 비교 결과 수원169호는 평균수량이 3.92 g으로 높으면서 회귀계수가 0.98이고 회귀편차가 0.074로 안정성이 상대적으로 높아 지역적응성이 높은 품종으로 사료되며 수원 162호는 평균수량이 3.61 g으로 상대적으로 적지만 회귀계수가 1.02, 회귀편차가 0.057로 안정성이 상대적으로 높았으며 익산 12호도 평균수량이 3.93 g으로 높고 회귀계수가 0.99이고 회귀편차도 비교적 적어 지역적응성이 상대적으로 높은 품종으로 판단된다

(Table 12).

Fig. 5는 단위 면적당 평균 수량성에 대한 공식 계통간의 안정성을 비교해 본 결과인데 수원 169호 및 익산 12호가 단위 면적당 수량이 높으면서 회귀계수가 각각 0.99, 0.98로서 1에 가까운 기울기를 나타내었고 회귀편차도 다른 공식계통에 비해 상대적으로 낮아 재배적 환경 변화에 따른 안정성이 높은 유망한 계통으로 사료된다.

아울러 본 시험은 1998~1999년에 걸쳐서 우리나라에서 대

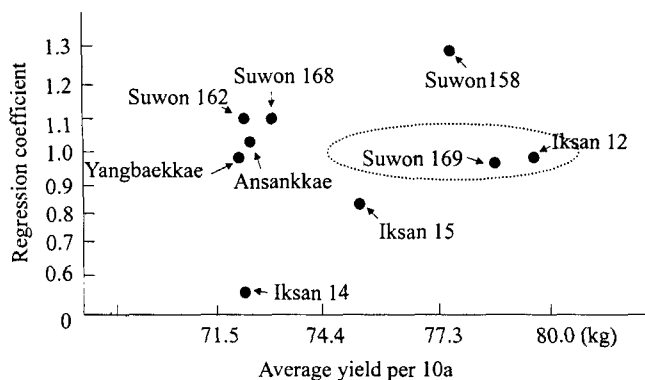


Fig. 5. Stability parameter of yield of sesame varieties and breeding lines in two years of 1998-1999.
 *Dotted circle means standard deviation of regression coefficient and average yield per 10a of sesame varieties and breeding lines.

배적 안정성에 대한 보다 더 객관적이고 정확한 연구결과를 도출하기 위해서는 재배분석 지역의 다양화 및 신뢰성이 향상된 안정성 평가기준의 설정 등 체계적인 분석방법이 필요하다.

인용문헌

Allard, R. W., and Bradshaw, A. D. 1964. Implications of genotype-environment interactions in applied plant breeding. *Crop Sci.* 4 : 503-507.

Eberhart S. A., and Russell W. A. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 6 : 40-46.

이정행, 이승택. 1983. 참깨 품종의 주요형질에 대한 유전통계량의 지역간 변이. *한국육종학회지*. 15(1) : 39-45.

이정행. 1959. 참깨에 있어서 몇가지 유용형질의 유전적 고찰. *한국농학회지* 5 : 12-20.

이철호, 장권열. 1986. 참깨 육종을 위한 양적 형질에 대한 통계유전학적 연구. *한국육종학회지*. 18(3) : 242-248.

표적인 참깨 재배지역에서 수행, 분석한 결과로서 참깨의 재