

サイレージ用トウモロコシの自殖系統と単交雑における初期生育の播種日による変動

三浦 秀穂・源馬 琢磨 (帯広畜産大学)

Seedling vigor in inbred lines and single crosses of silage corn as affected by seeding date

Hideho MIURA and Takuma GEMMA

(Obihiro Univ. of Agric. & Vet. Med., Obihiro, 080 Japan)

緒 言

北海道におけるサイレージ用トウモロコシの栽培面積は、ここ10年ほど5万haのレベルを維持している。その要因の一つとして、気象条件が不安定でこれまで栽培が不適とされた道東、道北の草地酪農地帯での面積拡大があげられる。トウモロコシはヘテロシスを利用する代表的作物であることから、寒冷地に適応した品種の育成、導入に際しては、温度環境とヘテロシスの関連についての基礎資料が重要であると考えられる。著者らは、春先の圃場条件下で播種日を変えたとき、自殖系統と単交雑の出芽能力と初期生育がどう変動するかを明らかにする目的で試験を行った³⁾。本試験では特に初期生育に着目し、次の2点を検討した。1) ヘテロシスの発現が播種日によってどのように変動するか。2) 播種日に対する反応が自殖系統と単交雑でどう異なるか。

材料と方法

試験は、1986年と1987年に帯広畜産大学作物試験圃場(褐色乾性火山灰土)で行った。両年ともTable 1に示す単交雑7系統とそれらの親の11自殖系統を用いた。播種日として5月9日、19日、29日の3回を設け、それぞれ播種日I, II, III, とした。供試系統の多くは、北海道立十勝農業試験場で育成された複交雑品種、ハイゲンワセ、ワセホマレおよびダイハイゲンの構成系統である。3反復で実験を行い、チウラム剤処理した種子を反復当たり50粒播種した。覆土はカップを用いて3~4cmにした。圃場の温度環境を知る目的で、フィールドメモリ(早坂理工製)によって1時間ごとの地表面の気温を測定した。

それぞれの播種日から30日目に試験区当たり5個体をサンプリングした。初期生育の形質として地上部乾物重(以下、単に乾物重とよぶ)と葉数を調査した。乾物重は、大型乾燥機によって75°Cで48時間通風乾燥して求めた。

結 果

1) 播種日によるヘテロシスの変動

試験期間中の日平均気温と降水量の推移をFig. 1に示した。3回の播種日いずれとも1986年が低温で推移し、特に播種日IとIIでは連続した10°C以下の低温と降雨によって出芽が大きく遅延した。一方、

1987年は気温の日変化が大きくまた寡雨で推移した。

分散分析の結果、乾物重の系統間差異はどの播種目でも有意であった。系統差異の大部分は自殖系統と単交雑の平均的差異によっていて、正方向すなわち乾物重が大きい方向および葉数の多い方向への超優性が認められた。そのため、それぞれの単交雑のヘテロシスを、中間親でなく優性親（表現型の大きい親）に対する偏差百分率で評価した。

Table 1に示した乾物重のヘテロシスは、播種日と単交雑を平均し85.3%と高かった。交雑組合せでみると、CM7×N19の141.2%からCM37×CMV3の58.2%まで変異があった。播種日間では、圃場環境が低温湿潤で推移した1986年播種日Iが140.6%と最大であった。他の播種日は、反復と系統の相互作用の大きかった1987年播種日Iを除くと、70%~90%であり、環境条件が劣悪なほどヘテロシスの程度は増加した。一方、葉数の系統間差異は、多くの播種日で小さかった。ヘテロシスについても、Table 2に示すように全体で7.7%と低く、また年次による変異が大きかった。そのため葉数については以降の解析から除いた。

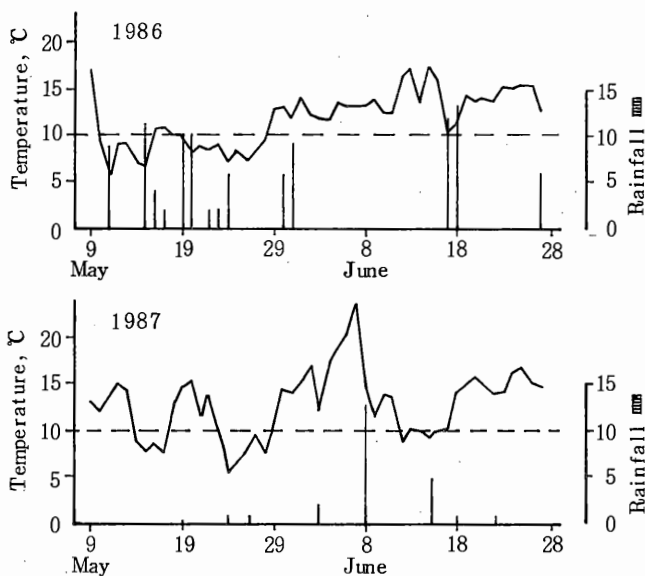


Fig. 1. Daily mean temperature and daily rainfall experimental periods of 1986 and 1987.

Table 1. Percentage of heterosis for the greater parent in dry weight at the juvenile stage (JDW)

| Single crosses | Seeding dates | | Seeding dates | | | | Mean |
|------------------------------------|---------------|-------|---------------|---------|---------|---------|-------|
| | '86I | '87I | '86 II | '87 II | '86 III | '87 III | |
| CM7×N19 | 306.4** | 44.9 | 131.3* | 146.3** | 67.0* | 151.2* | 141.2 |
| CM37×CMV3 | 63.3 | 35.8 | 56.7** | 17.4 | 127.1* | 48.7 | 58.2 |
| N19×T ₀ 15 | 109.1* | 50.2* | 117.1** | 57.8* | 71.2** | 88.4* | 82.3 |
| N21×N85 | 68.9** | 87.8* | 51.4* | 86.0 | 21.7* | 79.6** | 65.9 |
| T ₀ 9×T ₀ 15 | 110.4** | 10.3 | 80.3** | 52.7* | 79.8** | 98.9** | 72.1 |
| W41A×W79A | 126.4* | 24.2 | 96.9** | 45.9* | 79.0* | 58.6* | 71.8 |
| W79A×RB262 | 199.6** | 41.2 | 90.8* | 75.6** | 120.3** | 105.1 | 105.4 |
| Mean | 140.6 | 42.1 | 89.2 | 68.8 | 80.9 | 90.1 | 85.3 |
| Mean JDW, g | 0.076 | 0.264 | 0.253 | 0.310 | 0.522 | 0.456 | |

*, **: Significant at the 5% and 1% levels, respectively.

Table 2. Percentage of heterosis for the greater parent in the number of leaves (LN)

| Single crosses | Seeding dates | | | | | | Mean |
|----------------|---------------|-------|--------|--------|---------|---------|-------|
| | '86 I | '87 I | '86 II | '87 II | '86 III | '87 III | |
| CM7 × N19 | 122 | 59 | 70 | 120 | 82* | 0.1 | 76 |
| CM37 × CMV3 | 250* | 284 | 149* | 92* | 263** | 143* | 154 |
| N19 × To15 | 3.1 | - 2.2 | 198** | 2.7 | 118* | 32 * | 64 |
| N21 × N85 | 161* | 225** | 145* | 11.3 | 10.9* | 13.1 | 14.7 |
| To9 × To15 | 9.3 | - 6.4 | 10.3* | 4.7 | 12.4* | 8.0 | 6.4 |
| W41A × W79A | 1.0 | - 5.2 | 0.8 | - 11.0 | - 0.6 | - 3.3 | - 2.6 |
| W79A × RB262 | 4.1 | 2.8 | 10.5 | 1.9 | 1.7 | 10.9 | 5.3 |
| Mean | 10.1 | 2.9 | 11.1 | 4.4 | 10.9 | 6.6 | 7.7 |
| Mean LN | 3.1 | 4.6 | 4.3 | 4.8 | 5.4 | 5.0 | |

*, **: Significant at the 5% and 1% levels, respectively.

2) 播種日に対する反応性

Table 3に、乾物重についての年次と播種日を込みにした分散分析の結果を示した。系統×環境の相互作用が認められ、年次と播種日を組み合わせ合わせた環境条件に対する反応性が系統間で異なっていた。これら系統×環境の相互作用をFinlay and Wilkinson¹⁾の方法で回帰間の分散とその残差分散に分割した結果、回帰間の分散が大きな説明量をもつことがわかった。

Fig 2は、横軸に環境指標として各播種目の全系統の平均値をとり、単交雑と自殖系統の反応性の違いをみたものである。単交雑と自殖系統の平均回帰の間には有意差があり、単交雑の方が高い反応性をもっていた。このことは、播種後の環境条件（主として温度条件）が良好なほど、単交雑が親の自殖系統より平均的に生育が旺盛だったことを示す。

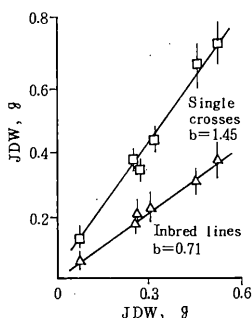


Fig 2. Mean response of dry weight at the juvenile stage (JDW) in single crosses and inbred lines to the changes in seeding dates over two years.

Table 3. Analysis of variance for dry weight at the juvenile stage of 11 inbred lines and 7 single crosses grown under different seeding dates over two years.

| Items | df | Mean squares |
|------------------------------|-----|--------------|
| Seeding dates, S. | 5 | 1.3634** |
| Genotypes, G. | 17 | 0.2705** |
| G x S Interaction | 85 | 0.0193** |
| Heterogeneity of regressions | 17 | 0.0634** |
| Deviations | 68 | 0.0083** |
| Errors | 216 | 0.0039 |

** : Significant at the 1% level.

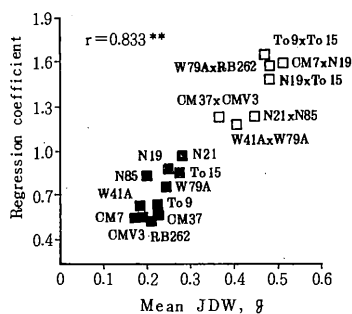


Fig 3. Relationship between mean dry weight at the juvenile stage (JDW) and the response to the changes in seeding dates.

次に、各系統の反応性のパラメータとして回帰係数を用いて、形質の大きさと播種日に対する反応性の相互関係を調べた。Fig.3から明らかのように、乾物重では $r = 0.833$ ($P < 0.01$) の高い正の相関関係があり、自殖系統内および単交雑内でもそれぞれ高い相関関係があった。したがって、乾物重が大きい系統ほど播種日の変化に対する反応性も高いことがわかった。

考 察

Sribastava⁵⁾は、環境ストレスとヘテロシスの関連について、分子遺伝学の見地から論議し、異型接合体では酵素やオルガネラの多型性および遺伝的相補性が増すことによって代謝活性が多様となり、親の同型接合体に比べ環境ストレスに対する緩衝能力が高まるとした。この仮説によれば、ストレスのより高い環境ほどヘテロシスが大きく表れることが期待される。圃場条件下で実施された本試験では、葉数のヘテロシスに関して系統間および播種日間で変異が小さく、詳細に検討できなかったが、乾物重のヘテロシスは、系統を平均すると低温ストレスの高いとみられる播種日ほど大きく表れることが示された。同様の結果は、McWilliam and Griffing²⁾による制御された温度環境下での実験でも報告され、上述の仮説が支持されよう。

しかし、本試験で個々の単交雑についてみると、播種日によるヘテロシスの変動に違いが認められ、温度変化に対する反応性でも遺伝変異の存在が明らかであった。Roodら⁴⁾は3水準の温度環境下で二面交雑による12の単交雑の初期生育を調査し、ヘテロシスの程度が低温ストレスと関連のないことを示した。その原因として、彼らはヘテロシスが低温ストレスに対する耐性能力として単純に発現するのではなく、むしろ親に用いた自殖系統の温度変化に対する反応能力が遺伝的に優れていて、その能力が単交雑で保持されたためであろうとした。

以上から、初期生育に限って言えば、一般に低温ストレスが高いほどヘテロシスの程度は増大するが、個々の交雑組み合わせでは、両親の低温に対する耐性と遺伝的な多様性が強く影響すると推察される。寒冷地に適応した品種育成に際しては、温度ストレスに対する耐性について、親の自殖系統のもつ相加的効果に加え、交雑したときに最大のヘテロシスを発現させるために優性効果に関しての遺伝、育種学的情報の蓄積が重要と考えられる。

摘 要

サイレージ用トウモロコシの単交雑と親の自殖系統を用いて、圃場条件下で播種日を変えたときの初期生育におけるヘテロシスの変動および環境反応性を検討した。乾物重のヘテロシスは、全体の平均が85.3%と高く、単交雑間および播種日間で変異があった。温度条件が劣悪なほどヘテロシスは大きく表れた。乾物重の大きい系統ほど播種日の違いに対する反応性が高かった。葉数の系統間差異およびヘテロシスとも小さかった。

引用文献

- 1) Finlay, K.W and G.N. Wilkinson (1963) The analysis of adaptation in a plant breeding programme. *Aust. J. Agric. Res.* 14, 742-754.

- 2) McWilliam, J. R. and B. Griffing (1965) Temperature-dependent heterosis in maize. *Aust. J. Biol. Sci.* **18**, 569-583.
- 3) 三浦秀穂・源馬琢磨 1988. サイレージ用トウモロコシの交雑系統と親の自殖系統における圃場出芽と初期生育. 北草研報 **22**, 177-181.
- 4) Rood, S., R. I. Buzzell and M. D. MacDonald (1988) Influence of temperature on heterosis for maize seedling growth. *Crop Sci.* **28**, 283-286.
- 5) Srivastava, K.H. (1983) Heterosis and intergenomic complementation: Mitochondria, chloroplast, and nucleus. P.260-286. In R. Frankel (ed.) *Heterosis: reappraisal of theory and practice*. Springer-Verlag, Berlin.

Summary

The present study was conducted to investigate the relationship between environmental stress, especially cold temperature, and heterosis for seedling vigor in maize (*Zea mays* L.) Seven single crosses and their parental inbred lines were grown under different seeding dates over two years. Dry weight at the juvenile stage was measured as a seedling vigor character. At all seeding dates, all single crosses had heavier dry weight than the greater parents. But degree of heterosis considerably varied between seeding dates. On an average, heterosis increased at early seeding dates which suffered lower temperature. While this result suggested that single crosses perform particularly well under unfavorable conditions, the variation in single crosses for heterosis further indicated the importance of genetic ability of parental inbred lines to tolerate the stress.