

大豆成熟期基因作用的遗传分析*

常汝镇

(中国农业科学院作物品种资源研究所)

提 要

本文利用 Clark 和 Harosoy 成熟期等位基因系,研究了成熟期基因 E_1e_1 、 E_2e_2 、 E_3e_3 对出苗—开花、开花—成熟阶段以及全生育期的作用。 E_1 基因使出苗—开花延迟,但使开花—成熟阶段缩短, E_2 和 E_3 使两个生育阶段都延长,以 E_3 的作用最小。成熟期基因具累加效应。延长生育期的显性基因使株高、主茎节数和分枝数增加,倒伏加重。但对每株荚数、单株粒重没有显著作用,对蛋白质和脂肪含量的影响也较小。

关键词 大豆;成熟期;等位基因系

研究表明,大豆成熟期的早晚是由多基因控制的数量性状(Weber, 1950; 王金陵等, 1963; 周丰锁, 1979)。Bernard(1971)和 Buzzel(1971)分别发现了决定大豆开花和成熟期的基因 E_1e_1 、 E_2e_2 和 E_3e_3 。80 年代以来,又发现了 E_4e_4 (buzzel 等, 1980)和 E_5e_5 (McBlain, 1987)。显性基因为延迟成熟期,隐性为提早成熟期,通过回交, E_1 、 e_2 和 e_3 基因已导入著名品种 Clark 和 Harosoy,形成具不同成熟期基因的等位基因系(Bernard, 1975)。

本研究利用 Clark 和 Harosoy 成熟期等位基因系研究不同成熟期基因对大豆开花和成熟的作用以及对其它性状的影响。

材料和方法

供试材料为 Clark 和 Harosoy 不同成熟期等位基因系,各品系的基因型及系谱如表 1 所示。

试验采用随机区组设计,小区行长 6m,行距 60cm,4 行区,3 次重复。4 月 25 日播种,

* 本文于 1991 年 10 月 17 日收到。

This paper was received on Oct. 17, 1991.

生育期间记载出苗期、开花期和成熟期。收获小区中间两行测产,每小区随机取 10 株进行

表 1 Clark 和 Harosoy 成熟期等位基因系的系谱

Table 1 Pedigree of maturity isolines in Clark and Harosoy

| 品 系 Lines | 基 因 型 Genotype | 系 谱 Pedigree |
|--------------|-------------------|--|
| Clark | $e_1E_2E_3$ | |
| L62-1932 | $e_1e_2E_3$ | $Clark^6 \times T245(e_2)$ |
| L63-2404 | $e_1E_2e_3$ | $Clark^6 \times T141(e_3)$ |
| L71-920 | $e_1e_2e_3$ | $(Clark^6 \times T245)(Clark^6 \times T141)$ |
| L67-1474 | $E_1E_2E_3$ | $Clark^6 \times T175(E_1)$ |
| Harosoy | $e_1e_2E_3$ | |
| L68-694 | $E_1e_2E_3$ | $Harosoy^6 \times T217(E_1)$ |
| L73-1543 | $e_1e_2e_3$ | $Harosoy^6 \times T204(e_3)$ |
| L71-802 | $E_1e_2e_3$ | $(Harosoy^6 \times T204)(Harosoy^6 \times T217)$ |

考种。调查性状有倒伏等级、株高、主茎节数、分枝数、每株荚数、百粒重、单株粒重、小区产量。

试验于 1986 年在北京中国农科院品种资源研究所农场进行,1987 年重复进行。试验所得数据进行方差分析,用邓肯式新复极差法测定平均数的差异显著性, $P=0.01$ 时用大写英文字母表示; $P=0.05$ 时用小写字母表示,字母相同者为差异不显著。如果平均数间均达 1% 显著水平,仅用大写字母表示其差异;如果有的达 1% 显著水平,有的仅为 5% 显著水平,则分别以大写和小写字母表示。如表 2 所示。1986 年 Clark 等位基因系出苗到开花日数,基因型间均达 5% 显著水平,分别以 a、b、c、d、e 表示其差异,但 L62-1932 和 L71-920 两基因型间未达 1% 显著水平均写成 D。

结果与讨论

一、成熟期基因对开花和成熟期的作用

两年试验结果,1986 年气候条件较正常,1987 年生育期延迟约一周左右,但从各成熟期基因的作用看完全一致,为叙述方便,以 1986 年资料为主进行分析。

为分析各成熟期基因对出苗—开花、开花—成熟和全生育期的作用,以及各基因的综合作用,将表 2 中 1986 年各成熟期基因间的差异演化如下:

从 Clark 等位基因系的比较看出, E_1 的作用主要是延迟开花,在 3 个成熟期基因中, E_1 对出苗到开花阶段的延长作用最大,延迟时间长达 31 天。但 E_1 对开花到成熟阶段非但没有延迟作用,反到促进提早成熟,使开花到成熟阶段缩短 9 天。综合对两个阶段的作用, E_1 基因使大豆成熟延迟 22 天。 E_2 对出苗到开花和开花到成熟都有延迟作用,分别延迟 9 天和 8 天,全生育期延迟 17 天。 E_3 对开花和成熟期的延迟作用最弱,使两个生育阶段分别延迟 2 天和 6 天,全生育期延迟 8 天。

| Clark | 出苗~开花 | 开花~成熟 | 出苗~成熟 |
|----------------------------------|-------------------|------------------|--------------------|
| $E_1 = E_1E_2E_3 - e_1E_2E_3$ | $70 - 39 = 31$ | $92 - 101 = -9$ | $162 - 140 = 22$ |
| $E_2 = e_1E_2E_3 - e_1e_2E_3$ | $39 - 30 = 9$ | $101 - 93 = 8$ | $140 - 123 = 17$ |
| $E_2 = e_1E_2e_3 - e_1e_2e_3$ | $35 - 28 = 7$ | $97 - 87 = 10$ | $132 - 115 = 17$ |
| $E_3 = e_1e_2E_3 - e_1e_2e_3$ | $30 - 28 = 2$ | $93 - 87 = 6$ | $123 - 115 = 8$ |
| $E_1E_2E_3 - e_1e_2e_3$ | $70 - 28 = 42$ | $92 - 87 = 5$ | $162 - 115 = 47$ |
| $E_1 + E_2 + E_3 =$ | $31 + 9 + 2 = 42$ | $-9 + 8 + 6 = 5$ | $22 + 17 + 8 = 47$ |
| Harosoy | | | |
| $E_1 = E_1E_2E_3 - e_1e_2E_3$ | $53 - 30 = 23$ | $91 - 93 = -2$ | $144 - 123 = 21$ |
| $E_1 = E_1e_2e_3 - e_1e_2e_3$ | $44 - 26 = 18$ | $88 - 91 = -3$ | $132 - 117 = 15$ |
| $E_3 = e_1e_2E_3 - e_1e_2e_3$ | $30 - 26 = 4$ | $93 - 91 = 2$ | $123 - 117 = 6$ |
| $E_1E_3 = E_1e_2E_3 - e_1e_2e_3$ | $53 - 26 = 27$ | $91 - 91 = 0$ | $144 - 117 = 27$ |
| $E_1 + E_3 =$ | $23 + 4 = 27$ | $-2 + 2 = 0$ | $21 + 6 = 27$ |

表 2 Clark 和 Harosoy 等位基因系成熟期基因对开花和成熟的作用

Table 2 Effect of maturity gene in Clark and Harosoy isolines to flowering and maturity

| 品 系 Lines | | 基 因 型 Maturity genes | 出苗—开花天数 Days from emergence to flowering | 开花—成熟天数 Days from flowering to maturity | 出苗—成熟天数 Days from emergence to maturity |
|--------------|----------|-------------------------|--|---|---|
| 1986 | Clark | $e_1E_2E_3$ | 39 b B | 101 A | 140 B |
| | L62—1932 | $e_1e_2E_3$ | 30 d D | 93 C | 123 D |
| | L63—2404 | $e_1E_2e_3$ | 35 c C | 97 B | 132 C |
| | L71—920 | $e_1e_2e_2$ | 28 e D | 87 D | 115 E |
| | L67—1474 | $E_1E_2E_3$ | 70 a A | 92 C | 162 A |
| 1987 | Clark | $e_1E_2E_3$ | 44 b B | 104 A | 148 B |
| | L62—1932 | $e_1e_2E_3$ | 36 c CD | 92 C | 128 D |
| | L63—2404 | $e_1E_2e_3$ | 37 c C | 102 B | 139 C |
| | L71—920 | $e_1e_2e_2$ | 33 d D | 91 C | 124 E |
| | L67—1474 | $E_1E_2E_3$ | 77 a A | 91 C | 168 A |
| 1986 | Harosoy | $e_1e_2E_3$ | 30 C | 93 a A | 123 C |
| | L68—694 | $E_1e_2E_3$ | 53 A | 91 b A | 144 A |
| | L73—1543 | $e_1e_2e_3$ | 26 D | 91 b A | 117 D |
| | L71—802 | $E_1e_2e_3$ | 44 B | 88 c B | 132 B |
| 1987 | Harosoy | $e_1e_2E_3$ | 37 C | 93 | 130 C |
| | L68—694 | $E_1e_2E_3$ | 63 A | 92 | 155 A |
| | L73—1543 | $e_1e_2e_3$ | 33 D | 92 | 125 D |
| | L71—802 | $E_1e_2e_3$ | 51 B | 92 | 143 B |

从 Harosoy 等位基因系来看, E_1 使出苗到开花延迟 23 天, 对开花到成熟阶段略有促进, 提早了 2 天, 全生育期延迟 21 天。 E_3 使两个阶段分别延迟 4 天和 2 天, 总计延迟生育期 6 天。

关于成熟期基因作用的方式, 从不同基因型的生育期长短分析中看出, Clark 等位基因系中, L67—1474 和 L71—920 有全部三个基因的差异, 两品系开花期相差 42 天, 全生育期相差 47 天。而各个基因分别起作用的结果相累加, 所起的作用即延迟的时间是相同的。说明基因作用纯系累加方式。 Harosoy 等位基因中 L68—694 和 L73—1543 具有 E_1E_3/e_1e_3 差异, 两基因综合作用的结果, 使开花延迟 27 天, 全生育期延迟也是 27 天, E_1 和 E_3 分别起作用相累加, 结果也是一致的, 也证明基因作用为累加方式。

Clark 和 Harosoy 等位基因系中具有相同成熟期基因的品系, 其基因作用也相同。 Clark 等位基因系中 L71—920 和 Harosoy 等位基因系 L73—1543 均为 $e_1e_2e_3$ 基因型, Clark 等位基因系 L62—1932 和 Harosoy 也具有相同的成熟期基因型 ($e_1e_2E_3$), 它们的开花期和成熟期基本相同。

在 Clark 和 Harosoy 等位基因系中, E_1 对全生育期的作用基本相同, 分别延迟 22 天和 21 天。但在两个发育阶段作用时间的长短方面有所不同, 在 Clark 中, E_1 使开花延迟 31 天, 成熟提早 9 天, 在 Harosoy 中, E_1 使开花延迟 23 天, 成熟提早 2 天。在 Clark 等位基因系中, E_1 基因的作用是从 $E_1E_2E_3$ 与 $e_1E_2E_3$ 相比较的, 在 Harosoy 等位基因系中, E_1 是用 $E_1E_2E_3$ 与 $e_1E_2E_3$ 相比较的, 其差别在于 E_2 和 e_2 。看来显性基因有加强基因作用的效应。如果以 Harosoy 等位基因系的 $E_1e_2e_3$ 与 $e_1e_2e_3$ 两基因型相比, E_1 使开花延迟 18 天, 对全生育期的作用只有 15 天, 两阶段的时间又有减少, 这是因为两基因型均有 e_2e_3 基因, 也证明了上述的结论。同样, 在 Clark 等位基因系中 E_2 的作用也有类似结果, 似有显性基因累加多时, 对生育期的延迟作用有加大的趋势。关于这一点, 还应搜集更多的成熟期等位基因系, 进行更多试验加以验证。

从两年试验结果看, 1987 年生育期普遍延长, Clark 各等位基因系平均延长 7 天, Harosoy 各等位基因系平均延长 9 天。但分析各基因的作用, 1986 年 Clark 等位基因系中, E_1 延迟开花 31 天, 延迟成熟 22 天, 1987 年分别为 33 天和 20 天; 1986 年 E_2 的作用分别为 9 天和 17 天, 1987 年为 8 天和 20 天; 1986 年 E_3 延迟开花 2 天, 延迟成熟 8 天, 1987 年分别为 3 天和 4 天。 Harosoy 等位基因系中, 1986 年 E_1 延迟开花 18 天, 延迟成熟 16 天, 1987 年相应为 18 天和 18 天。两年结果, E_3 均使开花延迟 4 天, 成熟延迟 5 天。尽管 1987 年生育期延迟, 但基因作用基本没有变化, 表明基因作用具有相对稳定性。

二、成熟期基因对农艺性状的影响

显性基因除延长生育期外, 还使株高、分枝数、主茎节数增加, 相应的倒伏加重。同时, 也有随显性基因的积累, 作用更加明显的趋势。 E_1 和 E_2 使株高的增加是高度显著的, E_3 的作用要小得多, 高度的增加不显著。如在 Clark 等位基因系中, E_1 使株高增加 26cm, E_2 增加 30cm, 而 E_3 仅增加 5cm。 E_1 基因使主茎节数增加 3.5 个节。 E_2 增加 6.3 个节, 节数的增加是显著的。 E_3 仅使主茎节数增加 0.8 节, 差异不显著。 E_1 使分枝增加明显, E_2 和 E_3 则不明显。 E_1 使倒伏增加 1 级或更多, 差异显著, E_2 造成的倒伏也是显著的, E_3 对倒伏的影

响不大,差异不显著。这些结果和基因对生育期作用的强弱是一致的。基因的作用也是累加方式,如 Clark 等位基因系 1987 年结果, E_1 使主茎节数增加 3.56 节, E_2 增加 6.30 节, E_3 增加 0.84 节,合计 10.7 节。 $E_1E_2E_3$ 对主茎节数的作用 ($E_1E_2E_3 - e_1e_2e_3$) 也是 10.7 节。再如株高, E_1 使株高增加 26cm, E_2 为 30.3cm, E_3 为 5.3cm,合计 61.6cm。 $E_1E_2E_3$ 对株高的综合作用也是 61.6cm,结果是一致的。

表 3 Clark 和 Harosoy 等位基因系成熟期基因对农艺性状的作用

Table 3 Effect of maturity genes in Clark and Harosoy isolines to agronomic characters

| 品 系 Lines | 基 因 型 Maturity genes | 株高(cm) Plant height | 主茎节数 No. of node on main stem | 分 枝 数 Number of branches | 倒 伏 Lodging | 每株荚数 No. of pods per plant | 单株粒重 (g) Weight of seed per plant | 百 粒 重 (g) 100 seed weight | 产 量 (kg/h) Yield |
|--------------|----------------------------|---------------------------|--|--------------------------------|----------------|----------------------------------|---|------------------------------------|------------------------|
| 1986 | | | | | | | | | |
| Clark | $e_1E_2E_3$ | | 26.1 b B | 2.37 B | 2.33 B | 79.6 | 26.0 | 17.5 | 2552.7 A |
| L62-1932 | $e_1e_2E_3$ | | 20.0 d C | 2.53 B | 1.67 C | 79.3 | 35.2 | 19.4 | 3013.8 A |
| L63-2404 | $e_1E_2e_3$ | | 22.9 c BC | 2.87 B | 3.33 A | 68.5 | 18.7 | 17.9 | 2450.0 A |
| L71-920 | $e_1e_2e_3$ | | | | | | | | |
| L67-1474 | $E_1E_2E_3$ | | 30.9 a A | 5.87 A | 3.33 A | 77.8 | 19.3 | 14.8 | 1497.2 B |
| 1987 | | | | | | | | | |
| Clark | $e_1E_2E_3$ | 134.3 B | 27.9 b B | 3.77 B | 3.33 a A | 102.9 | 36.7 | 17.2 B | 3606.1 A |
| L62-1932 | $e_1e_2E_3$ | 104.0 C | 21.6 cd C | 2.77 B | 2.33 b B | 78.6 | 33.4 | 19.4 A | 3323.2 A |
| L63-2404 | $e_1E_2e_3$ | 131.0 B | 23.7 c C | 2.97 B | 3.17 a AB | 93.8 | 37.8 | 17.6 B | 3378.6 A |
| L71-920 | $e_1e_2e_3$ | 98.7 C | 20.7 d C | 2.87 B | 2.17 b B | 73.8 | 27.7 | 18.8 A | 3348.5 A |
| L67-1474 | $E_1E_2E_3$ | 160.3 A | 31.4 a A | 6.03 A | 3.67 a A | 102.4 | 18.7 | 15.1 C | 2161.6 B |
| 1986 | | | | | | | | | |
| Harosoy | $e_1e_2E_3$ | | 24.2 B | 3.67 c B | 2.83 B | 85.2 b | 28.5 | 17.3 | 3036.1 |
| L68-694 | $E_1e_2E_3$ | | 30.5 A | 10.30 a A | 2.83 B | 134.7 a | 37.0 | 16.3 | 2227.7 |
| L73-1543 | $e_1e_2e_3$ | | 22.5 B | 5.57 bc A | 2.67 B | 105.0 ab | 39.3 | 18.9 | 2905.5 |
| L71-802 | $E_1e_2e_3$ | | 28.6 A | 7.37 ab A | 4.00 A | 94.9 b | 22.0 | 16.9 | 2255.5 |
| 1987 | | | | | | | | | |
| Harosoy | $e_1e_2E_3$ | 124.0 BC | 24.3 b B | 3.70 | 3.00 BC | 72.8 | 21.5 | 16.9 | 2822.2 |
| L68-694 | $E_1e_2E_3$ | 177.6 A | 30.2 a A | 4.40 | 3.50 AB | 74.4 | 19.0 | 17.8 | 2226.2 |
| L73-1543 | $e_1e_2e_3$ | 114.3 C | 20.4 c B | 3.57 | 2.33 C | 57.2 | 22.0 | 19.5 | 3052.5 |
| L71-802 | $E_1e_2e_3$ | 155.3 AB | 25.4 b B | 4.83 | 4.00 A | 77.8 | 25.1 | 18.9 | 2540.4 |

成熟期基因对每株荚数、单株粒重和产量的作用显然小于对株高、主茎节数和分枝数的作用,不同成熟期基因型间每株荚数、单株粒重虽有差异,但统计结果差异不显著。对产量的作用,除三个显性基因综合作用使 $E_1E_2E_3$ 基因型明显减产外,其它基因型间差异不

显著。 $E_1E_2E_3$ 基因型也造成百粒重的降低,这主要是由于显性基因使生育期延长,成熟偏晚的结果。

三、成熟期基因对蛋白质和脂肪含量的影响

测定了 Clark 成熟期等位基因系种子蛋白质和脂肪含量,结果表明,成熟期基因对种子蛋白质和脂肪含量的影响较小,年份间略有差异,1986 年 E_2 和 E_3 基因使蛋白质含量降

表 4 Clark 等位基因系成熟期基因对蛋白质和脂肪含量的作用

Table 4 Effect of maturity genes in Clark isolines to protein content and oil content

| 品 系 Lines | 基 因 型 Maturity genes | 1986 | | 1987 | |
|--------------|----------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------|------------------------|
| | | 蛋白质含量 Protein content | 脂 肪 含 量 Oil content | 蛋白质含量 Protein content | 脂 肪 含 量 Oil content |
| Clark | $e_1E_2E_3$ | 37.33 c C | 21.89 | 38.92 | 21.86 A |
| L62-1932 | $e_1e_2E_3$ | 38.80 b B | 21.52 | 41.36 | 21.58 A |
| L63-2404 | $e_1E_2e_3$ | 37.97 c BC | 21.51 | 39.26 | 21.64 A |
| L71-920 | $e_1e_2e_3$ | 40.15 a A | 21.32 | 39.89 | 22.30 A |
| L67-1474 | $E_1E_2E_3$ | 37.60 c BC | 21.39 | 39.86 | 20.91 B |

低,差异是高度显著的, E_1 使蛋白质含量略微增加,但差异不显著。1987 年基因型间虽也有相同趋势,但差异均未达显著程度。除 1987 年 $E_1E_2E_3$ 基因型脂肪含量显著低于其它基因型外,两年结果均表现为基因型间脂肪含量没有显著差异。

参 考 文 献

- [1] 王金陵等,1963,作物学报,2:333~336
- [2] 周丰锁,1979,遗传
- [3] Bernard, R. L., 1971, Crop Sci. 11: 242~244
- [4] Bernard, R. L., 1975, Univ. Illinois Agr. Exp. Sta. and ARS USDA World Soybean Collection Mineo 9pp
- [5] Buzzell, R. L., 1971, Can. J. Genet. Cytol. 13:703~707
- [6] Buzzell, R. L., et al., 1980, Soybean Gnet. Newsl. 7:26~29
- [7] McBlain, B. A., et al., 1987, Crop Sci. 27:1127~1132
- [8] Weber, C. R., 1950, Iowa Agr. Exp. Sta. Res. Bull. 374:767~816

A GENETIC ANALYSIS ON EFFECT OF MATURITY GENES IN SOYBEANS

Chang Ruzhen

(*Institute of Crop Germplasm Resources, CAAS*)

Clark and Harosoy maturity isolines were used to study effect of maturity genes, E_1e_1 , E_2e_2 and E_3e_3 on stages of emerging to flowering, flowering to maturity and emerging to maturity. Dominant gene E_1 delayed stage of emerging to flowering, but shortened stage of flowering to maturity. E_2 and E_3 delayed both stages. Effect of gene E_3 was weaker than others. Maturity gene effects were mainly additive. Dominant maturity genes also increased plant height, number of nodes on main stem, number of branches and lodging. The effects of the genes on pod number per plant, seed weight per plant and 100—seed weight were not significant. The effects of the genes on protein content and oil content were slight.

Key words Soybean (*Glycine max* (L.) Merr); Maturity; Isoline