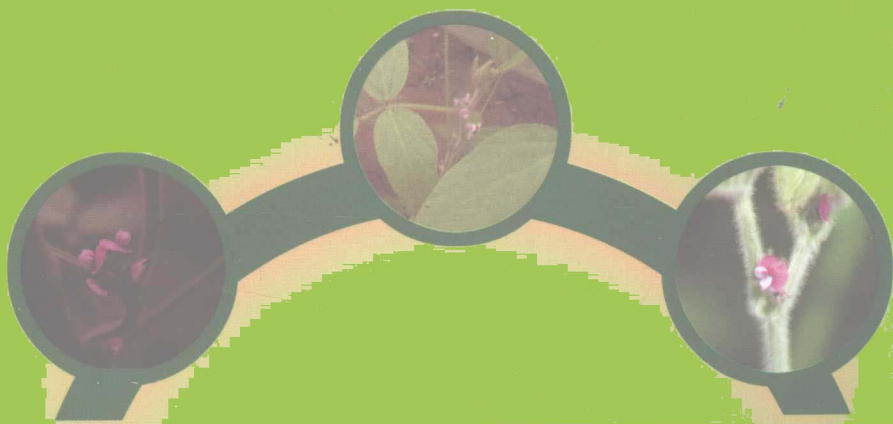
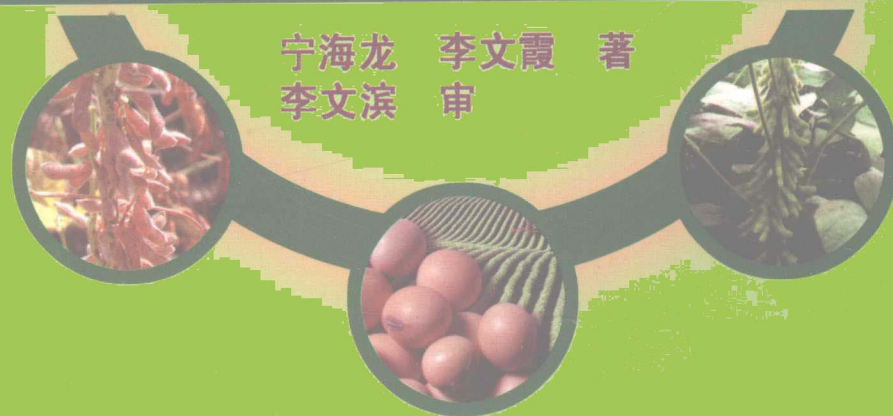


DADOU PINZHI SHENGTAI CHAYI JI YICHUAN XIAOYING



# 大豆品质生态差异 及遗传效应

宁海龙 李文霞 著  
李文滨 审



黑龙江科学技术出版社

# 大豆品质生态差异及遗传效应

DADOU PINZHI SHENGTAI CHAYI

JI YICHUAN XIAOYING

宁海龙 李文霞 著  
李文滨 审

黑龙江科学技术出版社

中国·哈尔滨

---

## 图书在版编目 (CIP) 数据

大豆品质生态差异及遗传效应/宁海龙, 李文霞著.  
哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 2008.12  
ISBN 978-7-5388-5949-2

I. 大... II. ①宁... ②李... III. ①大豆 - 粮食品质 - 植物生态学 - 研究 ②大豆 - 粮食品质 - 生态遗传学 - 研究 IV. S565.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 167826 号

---

责任编辑 闫海波 常瀛莲  
封面设计 刘 洋

## 大豆品质生态差异及遗传效应

DADOU PINZHI SHENGTAI CHAYI JI YICHUAN XIAOYING

宁海龙 李文霞 著

---

出 版 黑龙江科学技术出版社

(150090 哈尔滨市南岗区湘江路 77 号)

电话 (0451) 53642106 电传 53642143 (发行部)

印 刷 黑龙江龙新印刷有限公司

发 行 黑龙江科学技术出版社

开 本 850×1168 1/32

印 张 6.375

字 数 180 000

版 次 2009 年 2 月第 1 版·2009 年 2 月第 1 次印刷

印 数 1-1 000

书 号 ISBN 978-7-5388-5949-2/S·717

定 价 25.00 元

## 前 言

栽培大豆 (*Glycine max* (L.) Merrill) 是双子叶植物, 属豆科、蝶形花亚科、菜豆族、大豆亚族、大豆属、黄豆亚属。大豆因种子中富含蛋白质和脂肪, 而成为人类和动物食用蛋白的重要来源, 同时也是重要的油料作物, 大豆品质一直受到关注。大豆品质性状主要包括脂肪含量、脂肪酸组成、蛋白质含量、氨基酸组成等。近年来, 大豆中的生物活性物质和其他一些成分, 如皂甙、异黄酮、磷脂、膳食纤维、低聚糖、维生素 E 等也得到重视。

如同产量性状一样, 大豆籽粒品质受到遗传控制, 同时也受到环境条件的影响。欲获得优质的大豆原料, 一方面要选育优质的大豆品种, 同时通过改进各项栽培技术, 提高品质性状。

在优质大豆生产中, 品质区划是优化大豆种植环境和优质品种布局的重要依据, 对于大豆优质生产具有重要指导意义。黑龙江省、吉林省和辽宁省是中国的商品大豆主产区, 种植面积和总产量占全国的 1/3~1/2。这 3 个省份生态环境复杂, 品种类型丰富, 进行品质区划是极其必要的。我们根据 5 个大豆品种在东北三省 11 个地点种植的蛋白质与脂肪含量和生产上主栽的大豆品种的品质指标, 依据大豆品质的地点效应和品种效应的加权平均数, 对东北三省进行了品质区划。

植物种子的形成和发育都是在母体植株上形成, 因此, 种子品质的形成必将同时受到种子本身胚遗传效应、细胞质遗传效应和母体遗传效应的控制。以往有关大豆种子品质性状的研究多是不区分胚遗传效应和母体遗传效应, 对于细胞质遗传效应未给予重视。基于此问题, 我们采用广义种子遗传模型, 分析了大豆籽粒品质性状包括胚、细胞质和母体植株等三套遗传体系的基因主

效应和基因型×环境互作效应。

以上研究不但为大豆的优质生产提供技术指导,也为优质大豆品种选育提供理论依据。

本书主要从生态和遗传 2 个方面总结了大豆品质形成的生态机制和遗传基础,重点介绍了东北三省大豆主产区大豆品质形成的生态差异与区划,大豆品质性状包括胚、细胞质和母体植株等三套遗传体系的方差分量与遗传率、遗传相关和杂种优势剖析等方面的研究成果。

本书共分八章,第一章、第二章、第三章、第五章、第六章、第七章由宁海龙编写,第四章和第八章由李文霞编写,由李文滨审稿。

本书介绍的大部分内容都是新近提出的理论,有待进一步发展和在实践中验证。如有解释不妥和不尽之处,恳请读者批评指正,以便今后不断完善和再版时修订。

宁海龙 李文霞

2008 年 10 月

## 目 录

## 第一章 绪论

- 一、国内外大豆生产与贸易现状····· (1)
- 二、大豆品质及其意义····· (5)

## 第二章 大豆品质的生态差异研究现状

- 一、大豆品质的基因型与环境效应····· (7)
- 二、大豆品质的生态地理分布与品质区划····· (9)

## 第三章 东北三省大豆品质生态差异与区划

- 一、材料与方法 ····· (16)
- 二、结果与分析 ····· (18)
- 三、讨论 ····· (27)
- 四、结论 ····· (30)

## 第四章 大豆品质的遗传育种研究现状

- 一、大豆品质的遗传 ····· (31)
- 二、大豆品质育种 ····· (41)

## 第五章 大豆品质的遗传效应

- 一、材料与方法 ····· (46)
- 二、结果与分析 ····· (50)
- 三、讨论 ····· (60)
- 四、结论 ····· (63)

## 第六章 大豆品质的遗传率与选择响应

- 一、材料与方法 ····· (66)
- 二、结果与分析 ····· (71)
- 三、讨论 ····· (81)
- 四、结论 ····· (82)

## 第七章 大豆化学品质的遗传相关

|               |       |
|---------------|-------|
| 一、材料与方法 ..... | (86)  |
| 二、结果与分析 ..... | (91)  |
| 三、讨论 .....    | (103) |
| 四、结论 .....    | (106) |

## 第八章 大豆品质性状的杂种优势

|               |       |
|---------------|-------|
| 一、材料与方法 ..... | (108) |
| 二、结果与分析 ..... | (112) |
| 三、讨论 .....    | (166) |
| 四、结论 .....    | (168) |

|            |       |
|------------|-------|
| 参考文献 ..... | (169) |
|------------|-------|

# 第一章 绪 论

栽培大豆 (*Glycine max* (L.) Merrill) 是双子叶植物, 属豆科、蝶形花亚科、菜豆族、大豆亚族、大豆属、黄豆亚属。大豆既是粮食作物, 也是重要的油料作物。

## 一、国内外大豆生产与贸易现状

近年来, 世界大豆生产与贸易特点是: 面积稳步增加, 单产趋于平稳, 总产显著提高, 贸易日趋活跃。

### 1. 面积稳步增加

第二次世界大战后, 世界大豆面积不断扩大。20 世纪 70 年代以来, 大豆生产迅速发展。1961 年世界大豆收获面积为 2 381.7 万  $\text{hm}^2$ , 2003 年达到 8 361.4 万  $\text{hm}^2$ , 43 年间共增加 5 979.7 万  $\text{hm}^2$ 。从地区分布看, 南美洲的大豆种植面积发展最为迅猛。1961 年南美大豆种植面积仅为 26.0 万  $\text{hm}^2$ , 到 2003 年已扩大到 3 311.4 万  $\text{hm}^2$ , 并首次超过北美地区的大豆种植面积。亚洲是大豆的传统生产地区。由于人口众多, 水稻、玉米、小麦等高产作物比大豆更受重视, 大豆生产发展较为缓慢。1995 年亚洲地区大豆收获面积为 1 574.4 万  $\text{hm}^2$ , 2001 年增加到 1 755.3 万  $\text{hm}^2$ , 2002 年短暂回落, 2003 年上升到 1 803.1 万  $\text{hm}^2$ 。近几年, 北美和中美洲地区的大豆种植面积基本保持稳定。2001 年该地区大豆收获面积为 3 069.1 万  $\text{hm}^2$ , 2002 与 2003 年分别为 3 040.0 万  $\text{hm}^2$  和 3 041.1 万  $\text{hm}^2$ 。自 1999 年以来, 欧洲地区的大豆种植面积一直呈下降趋势。1999 年欧洲大豆收获面积为 113.5 万  $\text{hm}^2$ , 2003 年下降到 97.6 万  $\text{hm}^2$ 。

世界大豆生产主要集中于美国、巴西、阿根廷、中国和印度, 2003 年 5 大主产国大豆收获面积达到 7 605.4 万  $\text{hm}^2$ , 占世界大豆种植面积的 91.0%。5 国中, 美国、中国和印度的种植面积在过去几年中变化不大, 而巴西、阿根廷的发展势头强劲。目前, 美国的大豆种植面积仍然保持世界第一的地位。2001 年美国大豆收获面积为 2 953.2 万  $\text{hm}^2$ , 达到历史最高水平, 2002 年下降到 2 931.5 万  $\text{hm}^2$ , 2003 年的收获面积继续下降, 为 2 927 万  $\text{hm}^2$ , 2004 年有所回升, 达 2 981 万  $\text{hm}^2$ 。巴西是过去 30 年中大豆发展最为迅速的国家。1961 年巴西大豆收获面积仅为 24.1 万  $\text{hm}^2$ , 1970 年超过 131.9 万  $\text{hm}^2$ , 1985 年超过了 1 000 万  $\text{hm}^2$ , 达到 1 015.3 万  $\text{hm}^2$ 。目前, 巴西大豆种植面积位于世界第二位, 2003 年的大豆收获面积为 1 843.7 万  $\text{hm}^2$ , 而且发展势头十分强劲。2002 ~ 2003 年度阿根廷大豆种植面积为 1 240.0 万  $\text{hm}^2$ , 比 1995 ~ 1996 年度增加了 1 倍还多, 居世界第三位。中国大豆种植面积目前位于世界第四位。近几年, 中国大豆种植面积有小幅波动, 2000 年中国大豆收获面积为 930.7 万  $\text{hm}^2$ , 2001 年达到 948.2 万  $\text{hm}^2$ , 2002 年有小幅回落, 到 2003 年大豆收获面积恢复发展到 950.0 万  $\text{hm}^2$ 。印度大豆种植面积位于世界第五位, 2003 年大豆收获面积为 645.0 万  $\text{hm}^2$ 。

## 2. 单产趋于平稳

世界大豆平均单产一直呈波浪式发展趋势。1961 年世界大豆平均单产只有 1 128.7  $\text{kg}/\text{hm}^2$ , 到 2001 年增加到 2 302.9  $\text{kg}/\text{hm}^2$ , 达到历史最高纪录, 2002 年有所下降, 为 2 297.3  $\text{kg}/\text{hm}^2$ , 2003 年为 2 266.7  $\text{kg}/\text{hm}^2$ 。从各地区的情况看, 2003 年, 南美地区的大豆平均单产最高 (2 801.0  $\text{kg}/\text{hm}^2$ ), 其次是北美和中美洲地区 (2 243.2  $\text{kg}/\text{hm}^2$ ), 欧洲地区的大豆平均单产位列第三 (2 019.6  $\text{kg}/\text{hm}^2$ ), 亚洲地区大豆单产较低。2003 年亚洲地区的大豆平均单产为 1 421.8  $\text{kg}/\text{hm}^2$ 。在 5 个主产国中, 巴西大豆平均单产最高 (2003 年为 2 795.9  $\text{kg}/\text{hm}^2$ ), 其次

是阿根廷 ( $2\,745.0\text{ kg/hm}^2$ )，处于第三位的是美国 ( $2\,248.1\text{ kg/hm}^2$ )，中国和印度 2003 年的大豆平均单产分别为  $1\,736.8\text{ kg/hm}^2$  和  $1\,054.3\text{ kg/hm}^2$ 。值得一提的是，近几年，美国大豆单产下降明显。2001 年美国大豆单产达到  $2\,663.9\text{ kg/hm}^2$ ，为该国大豆单产历史最高水平，2002 年下降到  $2\,552.5\text{ kg/hm}^2$ ，2003 年更下降到  $2\,248.1\text{ kg/hm}^2$ ；而巴西、阿根廷等国的大豆单产水平在不断上升。

### 3. 总产显著提高

世界大豆总产量一直呈上升态势。1961 年世界大豆总产量为  $2\,688.2\text{ 万 t}$ ，到 2003 年达到  $18\,952.4\text{ 万 t}$ ，翻了近三番。20 世纪 50 年代以前，亚洲（主要是原产国中国）一直是大豆主要生产地区，面积、产量等各项指标均长期位居世界第一。20 世纪的 50 年代，北美地区大豆生产首次超过亚洲，并将这一领先地位一直保持到 2002 年。2003 年，南美地区的大豆总产量首次超过北美，达到  $9\,275.3\text{ 万 t}$ ，比 2002 年的  $7\,673.1\text{ 万 t}$  增长了 20.9%，位居世界第一位。2003 年北美和中美地区大豆生产量  $6\,818.3\text{ 万 t}$ ，比 2002 年的  $7\,728.7\text{ 万 t}$  减少了 11.8%，退居世界第二位。2003 年亚洲地区的大豆总产量  $2\,563.8\text{ 万 t}$ ，比 2002 年的  $2\,346.8\text{ 万 t}$  增长了 9.2%，位居世界第三位。

20 世纪 50 年代，美国大豆总产超过中国，居世界第一，并将这一领先地位一直保持至今。2003 年美国大豆总产量为  $6\,579.5\text{ 万 t}$ ，比 2002 年的  $7\,482.4\text{ 万 t}$  减少了 12.1%，总产量仍居世界第一；巴西大豆总产量  $5\,154.7\text{ 万 t}$ ，比 2002 年的  $4\,202.7\text{ 万 t}$  增长了 22.7%，位居世界第二，且其增长势头十分强劲；阿根廷大豆总产量达到  $3\,550\text{ 万 t}$ ，位居世界第三；中国大豆总产量  $1\,650\text{ 万 t}$ ，比 2002 年的  $1\,690\text{ 万 t}$  减少了 2.4%，位居世界第四；印度大豆总产量  $680\text{ 万 t}$ ，比 2002 年的  $427\text{ 万 t}$  增长了 59.3%，位居世界第五位。2003 年，美国、巴西、阿根廷、中国和印度的大豆总产量为  $17\,614.2\text{ 万 t}$ ，占世界大豆总产量的

92.9%。2004~2005 收获年度,世界大豆生产形势明显好于 2003 年。

#### 4. 贸易日趋活跃

世界上大豆生产比较集中,美国、巴西、阿根廷、中国、印度 5 国的生产总量占世界大豆生产量的 90% 以上,而大豆消费是全球性的,促使大豆成为世界上贸易额最大的农产品。2002 年,世界大豆贸易量(进口)为 5 664.7 万 t,金额 123 亿美元。近年来,中国大豆消费需求迅速增长,国产大豆远远不能满足国内消费需求,使中国成为世界上最大的大豆进口国,使大豆贸易出现了新的局面。大豆国际贸易日趋活跃。

(1) 大豆进口贸易 亚洲是世界上进口大豆最多的地区,2002 年亚洲大豆进口量 2 661.0 万 t;欧洲进口量为 2 115.4 万 t;北美和中美洲地区进口量 568.2 万 t;南美地区进口大豆 2 477 万 t。从单一国家的情况来看,中国已经成为世界上大豆第一进口大国,2001 年中国大豆进口量达到 1 394 万 t,2002 年进口大豆 1 000 万 t 左右,2003 年进口量达到创纪录的 2 071 万 t;荷兰 2002 年大豆进口量为 560.1 万 t;处于第三位的日本,2002 年大豆进口量为 503.9 万 t。2002 年德国和西班牙的大豆进口量分别为 434.6 万 t 和 335.2 万 t,分别占世界大豆进口量的第 4 位和第 5 位。世界上大豆进口量超过百万吨的国家和地区,还有比利时、法国、葡萄牙、意大利、韩国、台湾、印度尼西亚。

(2) 大豆出口贸易 2002 年,北美和中美地区的大豆出口量为 2 798.3 万 t,出口金额 57.6 亿美元。南美地区,2002 年的大豆出口量为 2 270.3 万 t,出口金额 42.5 亿美元,两个地区的大豆出口量占世界大豆出口总量的 95.6%。若以收获年度(头年 9 月到来年 8 月)统计,2002 与 2003 年度,巴西和阿根廷大豆出口量已超过美国。从单一国家的情况来看,2002 年美国大豆出口量为 2 743.3 万 t,占世界出口总量的 51.7%,居第一位;

处于世界大豆出口量第二位的巴西，2002 年出口量为 1 597 万 t，出口金额 30.3 亿美元，占世界大豆出口总量的 30.1%。2002 年阿根廷大豆出口量约 900 万 t 左右，出口金额 18 亿美元。美国、巴西、阿根廷三国的大豆出口量占世界大豆出口总量的 97% 以上。巴西、阿根廷等国土地资源十分丰富，生产潜力巨大。今后，巴西、阿根廷的大豆出口将持续保持强劲势头；而美国的大豆出口将保持平稳，其发展势头将不如巴西和阿根廷。

## 二、大豆品质及其意义

大豆品质性状主要包括脂肪含量、脂肪酸组成、蛋白质含量、氨基酸组成等。近年来，大豆中的生物活性物质和其他一些成分，如皂甙、异黄酮、磷脂、膳食纤维、低聚糖、维生素 E 等也得到重视。作为主要蛋白质和油料作物，其品质主要是指蛋白质及其氨基酸组分和脂肪含量及其脂肪酸组分。

### 1. 大豆脂肪及脂肪酸组分

大豆籽粒一般含有 20% 左右的脂肪。大豆脂肪的品质主要决定于脂肪酸的组成及其配比。大豆脂肪中脂肪酸主要有 5 种，可分为饱和脂肪酸及不饱和脂肪酸两类。饱和脂肪酸包括硬脂酸（18:0，占 2%~3%）和棕榈酸（16:0，占 10%~14%）；不饱和脂肪酸有油酸（18:1，占 20% 左右）、亚油酸（18:2，占 50%~55%）和亚麻酸（18:3，占 7%~18%）。除了上述 5 种脂肪酸外，还有少量的花生酸（20:0，占 0.2%~0.5%）、豆蔻酸（14:0，占 0.2%~0.5%），以及微量的棕榈油酸（18:1）、月桂酸（12:0）、二十二烷酸（22:0）等。

大豆脂肪中所含的亚油酸和亚麻酸，是哺乳动物不能合成的必需脂肪酸。亚油酸参与人体代谢，对于合成磷脂和生物膜具有重要作用，而且可以防止胆固醇的沉积，软化血管，预防高血压和心血管疾病。亚麻酸虽是人体所必需的脂肪酸，但亚麻酸带有 3 个不饱和双键，极易发生氧化而使脂肪和其加工产品产生不良

的气味，营养价值降低。因此，大豆油脂中不希望有过多的亚麻酸。

## 2. 大豆蛋白质及氨基酸组分

大豆籽粒的蛋白质含量因品种、产地、栽培条件的不同而不同，一般在 40% 左右，变异幅度为 29.3% ~ 52.9%。大豆中主要含有 18 种氨基酸：天冬氨酸、苏氨酸、丝氨酸、谷氨酸、脯氨酸、甘氨酸、丙氨酸、胱氨酸、缬氨酸、蛋氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、酪氨酸、苯丙氨酸、赖氨酸、组氨酸、精氨酸和色氨酸。在大豆种子蛋白质的氨基酸组分中，谷氨酸含量最高，占 17% ~ 20%；其次为天冬氨酸，占 11% ~ 14%；再次为精氨酸、亮氨酸，含量在 8% 左右；赖氨酸的含量在 5% ~ 7%，也是较高的；其他各种氨基酸的含量多在 5% 以下。大豆蛋白质的品质，主要是看必需氨基酸，特别是蛋氨酸、色氨酸与胱氨酸的含量。由于大豆蛋白质的赖氨酸含量已比较高，因此在提高大豆蛋白质的品质时，常常不大考虑赖氨酸含量的提高，而特别重视蛋氨酸、胱氨酸和色氨酸的含量。

## 第二章 大豆品质的生态差异研究现状

### 一、大豆品质的基因型与环境效应

#### 1. 大豆蛋白质和脂肪含量的基因型与环境效应

通过在不同地点和不同年份种植大豆品种,检测到大豆蛋白质含量存在基因型 $\times$ 年份、基因型 $\times$ 地点、基因型 $\times$ 年份 $\times$ 地点等互作效应(Kwon 和 Torrie, 1964; Schutz 和 Bernard, 1967; Erickson 等, 1982)。Hanson (1964) 认为,随机的年份、地点和基因型抽样,能够获得无偏的基因型 $\times$ 环境互作效应估计值。Schutz 和 Bernard (1967) 选择在不同年份和地点表现稳定的蛋白质含量差异较小的品种,结果基因型 $\times$ 年份、基因型 $\times$ 地点、基因型 $\times$ 年份 $\times$ 地点等互作效应未达到显著水平。他们认为,不随机的抽样导致了不显著的基因型 $\times$ 年份、基因型 $\times$ 地点、基因型 $\times$ 年份 $\times$ 地点等互作效应。

傅艳华等(1995)自1986~1993年在吉林种植14个大豆品种,结果表明,环境效应和基因型 $\times$ 环境互作效应达到显著水平;宁海龙(2002, 2003)和张大勇等(2003, 2004)的东北三省的品质生态试验表明,蛋白质和脂肪含量的基因型、年份、地点、基因型 $\times$ 年份、基因型 $\times$ 地点、基因型 $\times$ 年份 $\times$ 地点等互作效应都达到显著水平。表明大豆籽粒蛋白质和脂肪含量受年份及地点的影响显著。年份与地点综合效应导致大豆蛋白质、脂肪和蛋白质脂肪总含量的变化幅度,分别为 $\pm 1.586\%$ 、 $\pm 0.706\%$ 和 $\pm 1.156\%$ ,其中地点效应大于年份效应(孟祥勋等, 1990)。

Breene 等(1988)发现美国用于加工大豆的蛋白质含量有北方要比南方低的趋势,他们也对美国全国联合区域试验和北方区

区域试验的品质数据进行分析,发现年份对大豆的脂肪产生显著影响,而对蛋白质含量影响不大。Hurburgh 等(1987)从爱荷华州、伊利诺宜斯州、明尼苏达州和俄亥俄州取样分析蛋白质和脂肪含量,发现在高温、干旱年份脂肪含量较高,在极端干旱的年份脂肪含量最高。在另一个研究中,Hurburgh 等(1990a)发现在一些地点不同年份间蛋白质和脂肪含量的差异是一致的。在3年的研究中,有约15%的样品蛋白质和脂肪含量比平均值高,有约15%的样品蛋白质和脂肪含量比平均值低,其余的70%的样品蛋白质或脂肪含量均比平均数高,而其他性状比平均数低。从地理位置上看,3年较大范围试验表明,在玉米带种植的大豆的蛋白质含量比东海岸和南部产区要低,而脂肪含量高。另外,在西部玉米带,蛋白质和脂肪含量在年份间变化很大,研究者认为是由于这些地方气候较大的变化造成的(Hurburgh 等,1990b)。Green 等(1988)利用美国1957~1986年的全国区域试验的数据,分析了全国各地的蛋白质和脂肪含量的差异。结果表明,在这一段时期内,美国的蛋白质含量几乎没变化,但是南方生产区的蛋白质含量有所提高,而玉米带的蛋白质含量相对全国平均数下降了1%。Yaklich 等(2002)利用美国和加拿大自1949~1998年共计51年的北方和南方的联合区域试验,分析了美国和加拿大大豆蛋白质和脂肪含量的变化趋势,结果表明,北方区的脂肪含量(20.9%)要高于南方区(20.6%),蛋白质含量也表现为北方区(41.1%)高于南方区(40.7%)。从年份间的变化来看,在1973年以前,脂肪含量逐渐增加,1974~1982年突然下降,1983年脂肪含量高于平均值,随后开始下降。总的趋势看,自1974年以后,脂肪含量逐渐下降;蛋白质含量在年份间也发生变化,但不像脂肪含量有规律。

## 2. 大豆储藏蛋白的基因型与环境效应

大豆球蛋白(G)和 $\beta$ -蛋白( $\beta_c$ )是大豆储藏蛋白的2个主要成分(Wilson, 1987)。 $\beta_c$ 的成分包括 $\alpha$ 缩氨酸、 $\alpha'$ 缩氨酸和

$\beta$  缩氨酸, 这些成分可以通过电泳分开。G 的组分包括  $A_3$ ,  $A_{1a}$ ,  $A_{1b}$ ,  $A_2$ ,  $A_4$  的聚合体和总缩氨酸。关于 G,  $\beta_c$  和  $G/\beta_c$  的基因型和环境的影响有些报道。Murphy 等 (1984) 在 2 年将 10 个大豆品种种植在 2 个地点, 发现 G,  $\beta_c$  和  $G/\beta_c$  在品种间存在显著差异, G 在年份间存在显著差异, 而  $\beta_c$  在年份间没差异。Helms 等 (1998) 将 2 个大豆品种分别于 1993 年和 1994 年种植在 4 个和 5 个地点, 发现  $G/\beta_c$  比值在不同地点间存在差异。Fehr 等 (2003) 在 1998~2000 年中将 14 个品种种在爱荷华州的 8 个地点。G,  $\beta_c$  和  $G/\beta_c$  的地点  $\times$  年份互作效应不显著, 但是在地点间差异显著。G 和  $\beta_c$  呈显著负相关。

### 3. 大豆脂肪酸含量的基因型与环境效应

一些研究表明, 年份和地点对不同脂肪酸组成大豆的脂肪酸含量产生显著差异 (Cherry 等, 1985; Schnebly 和 Fehr, 1993)。Primomo 等 (2002) 在加拿大的南安大略湖的 4 个地点采用 3 个品种和 14 个脂肪酸突变体品系, 研究了年份、地点对脂肪酸组分的影响。结果表明, 年份对各种脂肪酸影响最大, 地点只对油酸和亚麻酸产生显著影响, 基因型  $\times$  年份互作效应对各种脂肪酸的影响都达到显著水平; 但是基因型  $\times$  地点互作效应和基因型  $\times$  年份  $\times$  地点互作效应, 只对油酸、亚油酸和亚麻酸产生显著影响。

## 二、大豆品质的生态地理分布与品质区划

大豆在结荚与鼓粒期间, 如果平均温度低于  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 便不利于糖分的形成与转化, 因而含油量低。但如果温度高于  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 尤其是昼夜温差小的情况下, 则又不利于糖分的积累, 因而不利于脂肪的提高; 但是干旱也不利于光合作用的进行。所以低温地区的高温年份, 阴雨地区的多日照的年份, 干旱地区的灌溉措施或多雨年份, 大豆脂肪含量表现增高。大豆在生育期间光照时数

较长的较高纬度地区，脂肪含量又要比光照时数短的低纬度地区高。凡是脂肪较低的地区的大豆，大豆蛋白质含量便较高，而脂肪较高的地区的大豆，蛋白质含量又表现平平。总的说来，理想的高脂肪大豆产区的环境条件是：纬度在  $40^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 。土壤的土层深厚，有机质  $5\% \sim 6\%$ ，呈中性至弱酸性反应。开花结荚鼓粒期间，白天气温  $30 \sim 32^{\circ}\text{C}$ ，夜间  $19 \sim 22^{\circ}\text{C}$ ，每  $4 \sim 5$  天一场夜间雷雨，白天放晴。鼓粒后期天气放晴，气温下降至白天  $25^{\circ}\text{C}$  左右，夜间  $15 \sim 16^{\circ}\text{C}$ 。这种情况，主要是我国东北长春平原地区及美国 Illinois 与 Iowa 州地区的情况。

#### 1. 全国范围内大豆脂肪与蛋白质含量的生态地理分布

从我国来看，大豆脂肪与蛋白质含量的地理分布情况也是符合上述脂肪与蛋白质形成的生态环境条件的。如我国吉林地区大豆的含油量最高，杭州及安徽亳县最低。这种高低的差别与  $7 \sim 9$  月的温度呈明显相关性。1962 年山西农学院曾就全国大豆含油量的情况进行了初步分析，结果是春大豆的含油量高过夏大豆，而夏大豆的含油量又高过秋大豆。春大豆中，北方春大豆的含油量高过南方春大豆，黄淮地区夏大豆含油量也稍高于南方夏大豆。宋启建等（1990）选来自全国各地不同生态区具有代表性的 42 个大豆品种，分春、夏、秋 3 种播季类型，分析结果表明，秋大豆蛋白质含量显著地高于春大豆和夏大豆，春大豆和夏大豆的脂肪含量显著地高于秋大豆。考虑到前面提到的脂肪形成的生态环境因素，这种地区上及类型上的脂肪含量差别是可理解的。王国勋在武汉进行的播期与 22 个大豆品种脂肪含量关系的结果，更可以验证春播大豆比夏播大豆含脂肪高。而 6 月初夏播的大豆，含油量又比 7 月底秋播的大豆含油量高。春大豆 4 月 4 日播种后所逢的环境条件是：7 月上旬成熟（6 月中旬鼓粒），因而结荚鼓粒阶段气温较高，昼夜温差较显明，降雨适中，日照充足，因而有利脂肪的形成。夏大豆 6 月 6 日播种后的条件是：结荚鼓粒期间，正逢 8 月中下旬高温，昼夜温差小，因而大豆脂肪平均