

高产稳产

优质广适应性

小麦育种基础

陈集贤 赵绪兰 著



科学出版社

内 容 简 介

本书论述了小麦高产稳产优质广适应性的性状表现、相互关系和遗传变异,阐明了育成具备四大性能品种的种质资源,创造育种变异的主要措施和育种环境,提出了四大性能可以结合和利用青海高原有利于小麦等作物高产的生态条件,进行异地轮换选育等观点、方法和措施。

本书可供作物遗传育种、作物栽培、种子公司、农业生态等部门的科技人员及大专院校有关专业师生参考阅读。

图书在版编目 (CIP) 数据

高产稳产优质广适应性小麦育种基础/陈集贤,赵绪兰著.
-北京:科学出版社,2000
ISBN 7-03-008214-1

I. 高… II. ①陈… ②赵… III. 小麦-品种,优良-作物
育种-研究 IV. S512.103

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 75530 号

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

科 地 亚 印 刷 厂 印 刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

2000 年 5 月 第 一 版 开本: 850×1168 1/32

2000 年 5 月 第一次印刷 印张: 8 1/4

印数: 1-1500 字数: 213 000

定价: 20.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换(新欣))

前 言

我国地少人多，耕地后备资源不足，决定了农业的可持续发展必须走提高农作物单产的道路，而培育良种又是提高单产的重要措施。近 50 年来，我国的小麦育种工作，成果斐然，效益巨大。然而对高产、稳产、优质、广适应性育种作系统研究和总结提高却不足。这就促使作者准备撰写一本关于小麦“高稳优广”方面的专著，研究积累，广集资料。80 年代中期拟定提纲，与夫人赵绪兰分工撰写。但因忙于国家、青海省和中国科学院“七五”、“八五”攻关任务，停停写写，一直未能脱稿。1995 年因夫人逝世和本人病魔缠身，拖到 1997 年，才提笔补充、修改和续写新章节，1998 年底完稿。

全书共 12 章。第一章介绍了高产、稳产、优质、广适应性的概念和相互关系，着重阐明了四大性能可以结合的观点。第二章至第四章，从光合性能，株型及产量构成因素三个方面，论述了小麦的高产性及其组成性状的遗传特点。第五章至第八章，论述了小麦对光温、生物与非生物胁迫和缺乏营养元素的适应性反应。第九章论述了与优质小麦的营养和加工制作品质有关的性状及其遗传变异。第十章至第十二章论述了小麦育种的种质资源，创造育种变异的主要手段和优良的育种环境。本书的基本观点是通过科学的方法完全能够育成高产、稳产、优质、广适应性四大性能结合得很好的品种。高产是四大性能之首，在认识、掌握性状的基础上，通过遗传操作，创造具有遗传多样性的育种群体，提供选择；将遗传基础丰富的群体，在有利高产性状表达的青海高原生态条件下选育；在与青海高原的海拔、温度、日照、降水量、土壤、病虫害以及种植季节差异大的异地轮换选育，选择那些对光温反应不敏感、对不同生态条件下生物与非生物胁迫具有

抗性、不同环境中能表现高产并对不同环境有调节能力的重组体，最后置于多点考查。在育种中选择的是符合育种目标的优良性状，但以各性状综合表现优良的个体为选择对象，最终以光合产物的源、流、库协调发展的高产群体为目标，育成具有高产潜力与四大性能结合的良好种。到成书时，我们对其中的很多问题认识不深或者还不认识，有待继续研究。但是，作者相信随着科学技术的发展，人类改造生物能力的不断提高，高产潜力与四大性能的结合将会向更高水平发展。

初稿的一些章节分送有关专家审阅，依其卓见修改。在此向陈维翰（作物栽培）、强中发（植物病理）、蔡联炳（植物分类）、冯海生（植物细胞）、张怀刚（遗传育种）、李毅（细胞与组织培养）、陈志国（育种）等先生致谢。

作者患脑梗塞之后，相当一段时间手脚不太灵便，书稿的抄写、电脑打印和繁杂事务全靠亲友苗万清、冯兴华、刘建君、徐琨和子女陈哲、李汉萍、陈力等完成。

由于作者水平所限，拙著错误难免，但毕竟是首次论述此问题，愿它会有抛砖引玉之效。

陈集贤

1998年12月

目 录

第一章 总论	(1)
1.1 高产性	(1)
1.1.1 高产潜力	(1)
1.1.2 高产性的解析	(2)
1.2 稳产性和适应性	(3)
1.2.1 稳产性	(3)
1.2.2 适应性	(4)
1.2.3 稳产性与适应性的异同	(4)
1.2.4 适应性和稳产性测定	(5)
1.3 优质	(9)
1.4 四个特性的结合	(10)
1.4.1 高产与稳产、广适应性结合	(10)
1.4.2 高产与优质的结合	(11)
第二章 光合性能	(18)
2.1 生物学产量	(18)
2.1.1 光合面积	(19)
2.1.2 净光合速率	(25)
2.1.3 光合时间	(36)
2.1.4 呼吸作用	(37)
2.2 收获指数	(40)
第三章 株型	(44)
3.1 株型	(44)
3.2 株型的内涵	(45)
3.2.1 矮秆	(45)
3.2.2 倾直叶型	(51)
3.2.3 适度分蘖	(54)
3.2.4 直立大穗	(56)

第四章 产量构成因子	(57)
4.1 小麦产量构成因素的組合	(57)
4.2 小麦产量的构成因素	(66)
4.2.1 穗数	(66)
4.2.2 穗粒数	(67)
4.2.3 粒重	(72)
4.3 高产小麦的冠层结构	(75)
第五章 小麦对光温的反应	(79)
5.1 春化阶段	(79)
5.2 光照阶段	(80)
5.3 小麦阶段发育与抗寒性	(82)
5.4 春化与光照阶段的遗传控制	(83)
5.5 创造光温不敏感品种的育种策略	(85)
5.5.1 亲本选择	(85)
5.5.2 杂种材料异地选育	(87)
第六章 小麦抗旱性	(88)
6.1 水与小麦	(88)
6.1.1 缺水受旱	(88)
6.1.2 水过多受湿涝	(89)
6.2 小麦根系对水分的吸收	(90)
6.2.1 小麦的吸水	(90)
6.2.2 水分的运输	(92)
6.3 抗旱小麦品种的形态学性状	(93)
6.3.1 熟性与抗旱性	(94)
6.3.2 株高与抗旱性	(96)
6.3.3 分蘖与抗旱性	(97)
6.3.4 叶片与抗旱性	(98)
6.3.5 芽鞘与抗旱性	(99)
6.3.6 芒与抗旱性	(100)
6.3.7 根系与抗旱性	(100)
6.3.8 产量构成与抗旱性	(101)
6.4 小麦抗旱品种的重要生理性能	(103)
6.4.1 渗透调节能力	(104)

6.4.2 保护酶活性	(105)
6.4.3 脯氨酸	(107)
6.4.4 脱落酸	(107)
6.5 小麦抗旱性的产量鉴定	(108)
第七章 抗病性	(109)
7.1 锈病	(109)
7.1.1 锈病的流行特点	(109)
7.1.2 锈病的变异	(110)
7.1.3 锈病的遗传控制	(110)
7.1.4 抗锈病育种的基本途径	(114)
7.2 赤霉病	(120)
7.2.1 赤霉病抗性的遗传与抗性类型	(120)
7.2.2 抗赤霉病品种选育	(121)
7.3 白粉病	(124)
7.3.1 白粉病的传播及抗白粉病的遗传	(124)
7.3.2 抗白粉病育种	(126)
7.4 其他主要病害	(130)
第八章 小麦对矿质营养的利用率	(132)
8.1 小麦的矿质营养	(132)
8.2 小麦对矿质营养元素的吸收	(132)
8.3 小麦对低营养元素胁迫的适应性	(134)
8.3.1 基因型对土壤缺乏营养元素反应的差异	(134)
8.3.2 营养元素胁迫下小麦的生理生化适应	(135)
8.4 小麦对硝态氮的利用效率	(137)
8.5 小麦对磷素的有效利用	(139)
第九章 小麦品质	(141)
9.1 小麦的营养品质	(141)
9.1.1 小麦籽粒构成及其成分	(141)
9.1.2 小麦籽粒的蛋白质	(143)
9.1.3 小麦籽粒中的氨基酸	(143)
9.1.4 小麦籽粒的面筋	(144)
9.2 小麦的加工品质	(145)
9.2.1 磨粉品质	(145)

9.2.2	制作品质	(147)
9.3	小麦品质性状的遗传	(149)
9.3.1	蛋白质含量的遗传	(150)
9.3.2	氨基酸的遗传	(151)
9.3.3	与磨粉品质有关的性状遗传	(152)
9.3.4	与烘烤品质有关的性状遗传	(152)
9.4	小麦高分子量麦谷蛋白亚基	(153)
9.4.1	两类蛋白的亚基	(153)
9.4.2	两类蛋白质的亚基基因定位	(154)
9.4.3	麦谷蛋白与小麦品质的关系	(155)
9.4.4	创造谷蛋白 HMW 优良亚基	(157)
第十章	小麦的种质资源	(158)
10.1	小麦族各属的特点及其在育种上的利用	(158)
10.1.1	山羊草属	(158)
10.1.2	偃麦草属	(161)
10.1.3	黑麦属	(164)
10.1.4	簇毛麦属	(165)
10.1.5	鹅冠草属	(167)
10.1.6	冰草属	(168)
10.1.7	大麦属	(168)
10.1.8	赖草属	(170)
10.1.9	披碱草属	(171)
10.1.10	新麦草属	(172)
10.1.11	生物技术与属间杂交	(173)
10.2	小麦属的物种及利用	(174)
10.2.1	小麦属的分类	(174)
10.2.2	小麦染色体组的起源	(179)
10.2.3	小麦属内种的利用	(182)
10.3	外源基因的检测	(185)
10.3.1	检测外源基因的技术	(185)
10.3.2	原位杂交	(186)
10.3.3	原位杂交的应用	(188)
第十一章	小麦育种变异的创造	(190)

11.1 选配遗传多样性的杂交组合·····	(190)
11.1.1 选用远缘杂交品种或衍生物作杂交亲本·····	(190)
11.1.2 冬春杂交·····	(193)
11.1.3 多亲本复合杂交·····	(194)
11.2 体细胞无性系变异·····	(195)
11.2.1 幼胚培养·····	(196)
11.2.2 幼穗培养·····	(200)
11.2.3 花药培养·····	(203)
11.3 外源基因的导入·····	(209)
11.3.1 染色体操作·····	(209)
11.3.2 转基因·····	(215)
第十二章 育种环境·····	(218)
12.1 青海高原是小麦高孕育种的优良环境·····	(218)
12.1.1 光合性能的表达·····	(219)
12.1.2 产量性状的表达·····	(223)
12.1.3 熟性的表达·····	(226)
12.1.4 高原上流行的主要病害·····	(227)
12.1.5 高原与低海拔地区品种的互相应用·····	(228)
12.2 高原生态环境在小麦育种上的利用·····	(230)
12.2.1 异地轮换选育培育高产稳产优质广适应性品种·····	(230)
12.2.2 利用高原条件异地轮换选育成功的实例·····	(233)
参考文献·····	(240)

第一章 总 论

育种家的目的是使育成的品种，能在适宜的条件下获得比现有品种更高的产量和品质，其产量和品质水平在年际间波动不大，能在较大的地域范围内发挥高产优质潜力，以期受到消费者欢迎，这就涉及到品种的高产潜力、稳产性、适应性和品质特性。我国农业上提倡“高产、稳产、优质、低成本”或“两高（高产、高效）、一优（优质）”，品种在实现这个目标中起着重要作用。一个高产、稳产、优质的广适应性品种，生产成本低，能取得高经济效益，保证农业生产可持续发展。

1.1 高 产 性

1.1.1 高产潜力

一个品种所能达到的最高产量的能力，即一个基因型在适宜的环境条件下，采用合理的栽培措施，有效控制各种环境胁迫，以满足其良好生长发育的要求，所能达到的产量水平。具有高产潜力的品种，能有效地利用有利环境因素（自然生态环境与栽培投入），能克服、避开不利的环境条件（生物的和非生物的胁迫），将其高产潜力发挥出来，对它的投入能获得较高的回报率，这就是生产上的高产品种。

培育具有高产潜力的品种是育种家和农民的愿望。只有育成了具有高产潜力的品种，才有可能获得高的产量水平，但仅有高产潜力的品种，并不一定就能获得高产，产量潜力高的品种与其适宜的环境和栽培措施相配合，才能实现高产。

高产并没有一个绝对的数量界限，同样是青藏高原，灌区小麦亩产量 750 公斤（11 250 公斤/公顷）以上是高产，旱作区亩

产量 400 公斤 (6000 公斤/公顷) 也就成为高产了, 黄淮麦区和长江流域麦区亩产量 500 公斤 (7500 公斤/公顷) 左右即可称为高产。因此, 小麦的高产指标, 因地区的自然条件、耕作制度和栽培水平不同而异, 不可能有一个全球或全国性的数量指标。而且高产水平也不是永恒不变的, 就一个地区讲, 随着生产条件的改善、现代科学技术的应用, 产量水平将会在原有基础上继续提高。据报道山东省烟台市的高产品种 8017-2, 于 1997 年在 2.91 亩 (0.194 公顷) 面积上, 获得了亩产量 732 公斤 (10980 公斤/公顷) 的高产 (李振声 1998)。

1.1.2 高产性的解析

产量潜力是品种的形态结构和生理功能的综合效应, 即控制产量形成的有关形态学与生理学性状的基因共同作用和相互作用的综合效应。因此, 形态结构和生理功能改良相结合, 使根、茎、叶、蘖、穗的形态特性有利于小麦群体在空间结构上提高光能利用, 并能有效吸收和合理利用光、热、水、气和矿质营养, 从生理功能上提高光能利用, 达到培育高产品种的目地。

在条件优越时, 作为光合作用能源的日光能, 就成为生产量的限制因素。但是到目前为止, 农作物的光合效率是很低的, 许多作物的光能利用率低于 1%, 若能提高到 3%~5%, 小麦的产量将会成数倍的提高。因此, 要从育种上提高品种的产量潜力, 就必须从改进光合性能上着手。光合作用是小麦产量的源泉, 涉及到光合产物的制造 (源) 再分配 (流) 和积累储存 (库)。

籽粒产量 (经济产量, Y_E) = 总干物质产量 (生物学产量, Y_B) $\times$ 收获指数 (K_E)

提高 Y_B 与保持高的 K_E 才能获得高的籽粒产量。总干物质产量则是籽粒产量的基础, 它又是田间生长速率 (CGR) 在整个生育期的积分, 田间群体生长速率 (CGR) = 叶面积指数 (LAI) $\times$ 净同化率 (NAP) (Watson 1952)。生育初期 LAI 小, CGR 与 LAI 表现正相关, 随着生育进展, LAI 变大, 到生育后

期则多表现出 CGR 和 NAR 的负相关。如果叶面积指数大到某种程度使群体过于繁茂，会引起净同化率的下降。由于籽粒产量与开花后的干物质生产有显著的正相关，在最适叶面积指数 ($OPTLAI$) 的情况下，要提高后期的干物质生产量，保持高的 NAR 最为重要。高光合效率的品种应该是高的净同化率 (NAR) 和人的最适叶面积指数相一致。为此要进行株型改良，使太阳光在群体中合理分布，从形态结构上提高光能利用；同时还应提高单叶的光合能力（净光合速率， P_0 ）。在扩大 LAI 的同时提高 P_0 ，使光合源得到了进一步改善，光合产物增加了，还要具有相应大的库容量。否则光合产物与结实器官数量和大小间不相适应，潜在源的优势发挥不了，不能期望增产，又由于负反馈效应，库小又抑制了叶片的光合作用，此时库就成了产量的限制因子，需要进行库的改良。小麦的光合产物储存系统，包括株穗数（单位面积穗数），穗子的颖花数，穗粒数和籽粒大小，需要农艺学上的产量构成因素的改良。源高、库大、流畅，使光合产物多向穗部分配，提高收获指数。

源、流、库共同决定着干物质生产速率和籽粒产量的提高，必须反复进行源和库的改良，从低水平到高水平，逐渐向更高的水平进展。

1.2 稳产性和适应性

1.2.1 稳产性

稳产性是指一个品种在同一环境中不同年份都能获得较高产量的能力。在历史长河中的短暂数年甚至数十年内，同一地区的地理环境、气候因素等大的环境因子，很少可能发生重大的变动，但气候因子、生活环境和栽培技术在年际间的差异还是存在的。如果某个品种对于这些差别的反应不甚敏感尤其是能抵抗不同年份的各种灾害，就会使年际间的产量波动较小，即为稳产品种。因此一个基因型长期种植在一个环境中，均能获得相对高

的产量水平，这是在时间上的产量稳定性。

1.2.2 适应性

一种基因型在多种环境中都能获得高产的能力，是地域上的产量稳定性。某些品种在特定的生态条件下表现高产稳产，只有在对它们最适宜的有利条件下，才能表现出高产潜力，这样的品种适应性窄，是一种专化适应性。有些品种在广泛的生态条件下都能表现高产稳产，是广泛适应性，这类品种对环境条件变化的反应有较大的弹性。品种的适应性是相对的，世界上没有一个品种能适应一切地区、一切条件，只能说适应性广些或狭窄些而已。

1.2.3 稳产性与适应性的异同

适应性与稳产性是两个内涵不同、衡量标准不一的性能。前者是指品种在地域间的产量稳定性，即品种能在多个地区获得相对好的收成，即有广的适应性。这种适应性有高产水平上的适应性，也有低产水平上的适应性。后者是指品种在时间上的产量稳定性，即品种在同一地区不同年份都能获得稳定的产量，即好的稳产性，也有高产水平上的稳产性和低产水平上的稳产性。适应性着重强调品种在各个地区都能比对照或当地主要栽培品种增产，当然将能在各地区间获得稳定于某种产量水平的适应性，称之为稳产性也并非不可以。稳产性则着重强调品种在同一地区不同年份的产量能稳定在某个水平上下（特殊适应性的稳定性），当然在各地不同年份均能获得稳定产量的稳产性（广适应性的稳产性），称之为强适应性也并非不可以。两者都要在不同情况下获得相对高的产量，因而它们都对生物胁迫有持久的抗性和对非生物胁迫有强的耐性，即对光温和对限制产量的因素有不敏感性，就是说他们之间也存在共同处，只是在具体要求上可能有所差别。

(1) 对光温反应的敏感性，主要影响小麦的熟性。在时间上

的稳产性，对光温反应敏感与否要求不严，在地域上的稳产性（适应性）则要求对其反应以不敏感为好。

（2）对产量限制因素的敏感性，主要是指小麦抵抗生物和非生物胁迫的能力。生物胁迫主要是指对病、虫和草害的抗性，目前抗虫性研究得较少，育种家的主要精力集中于抗病性的研究上。小麦的病害种类很多，但在全国流行广并能造成重大损失的有锈病（条、叶和秆锈），赤霉病和白粉病等，能抗这类病害，就会使小麦具有广的适应性和高的稳产性。

非生物胁迫，是指不良环境对小麦的危害。不良环境的种类也很多，干旱、干热风、冷冻、湿涝、盐碱和土壤贫瘠等。不可能育成一个抗全部灾害的品种，而且在某一地区或更大范围内各种灾害不可能同时并存，即使某地有几种灾害，也有主次之分。从小麦产区及种植季节看，干旱是北方麦区的主要灾害，即使是灌溉区或降水较多的地区，也常因水资源不足或降水的波动而受旱，因此抗旱性是北方小麦育种的主要目标之一。北方冬麦区寒害，南方的湿涝，山旱区土壤瘠薄等，都是重要灾害，需要因地制宜培育抗性品种，但有一个共同性的也是目前育种家涉足较浅的问题，即对根系的选育，培育根系发达而分布深广、活性强的品种，对抗旱、抗寒、抗湿涝和耐瘠薄都是非常重要的。

1.2.4 适应性和稳产性测定

对于适应性和稳产性的测定，有多种方法和参数，最能说明问题的是用不同品种多点多年试验的单位面积产量为指标，应用有关方法估算参数，进行评价。现介绍几种常用的方法。

（1）回归分析法（Eberhart et al. 1966）

利用多点、多年的品种试验结果，计算每个品种的产量和每个地点（或每一年）所有品种平均产量之间的线性回归系数（第1稳定性参数）和线性回归的离差（第2稳定性参数）。其公式为：

$$b_i = \frac{\sum_j (x_{ij} - \bar{x}_{i.})(\bar{x}_{.j} - \bar{x}_{..})}{\sum_j (\bar{x}_{.j} - \bar{x}_{..})^2}$$

$$S_{di.}^2 = \frac{1}{L-2} \left[\sum_j (x_{ij} - \bar{x}_{i.})^2 - (b_i - 1)^2 \sum_j (\bar{x}_{.j} - \bar{x}_{..})^2 \right]$$

式中： b_i 为第 i 品种在各试点的平均产量对各试点全部供试品种平均产量（环境平均值）的回归系数，表示该品种对不同环境的反应；

$S_{di.}^2$ 为第 i 品种的线性回归离差；

x_{ij} 为第 i 品种在第 j 试点的平均产量；

$\bar{x}_{i.}$ 为第 i 品种的边际平均数；

$\bar{x}_{.j}$ 为第 j 环境的边际平均数；

$\bar{x}_{..}$ 为总平均数；

L 为环境数。

若 b 值接近 1，与 $b=1$ 差异不显著， $S_{di.}^2$ 值也较小，与 o 差异显著，属于稳定品种，对不同环境条件的反应较不敏感，产量比较稳定。

若 $b < 1$ ，与 $b=1$ 差异显著， $S_{di.}^2$ 小，与 o 差异不显著，属超稳定品种，该品种对不同环境条件的反应不敏感，对不良环境具有较好的适应性，在各试点间产量的差异小，产量稳定。若该品种的产量水平高，属于高产稳定性品种，若它的产量水平低，则属于低产稳定性品种。

b 若 > 1 ，与 $b=1$ 差异显著， $S_{di.}^2$ 值较小，与 o 无明显差异，属不稳定性品种，对环境变化的反应非常敏感，在不同环境中产量差异大，不稳定。若该品种产量高，表明在优良环境条件下具有特殊适应性，表现较高的产量水平，但在不同试点间产量变动幅度大。

(2) 方差分析法 (Tai 1971)

① 方差分析：某品种试验，计 m 个品种在 n 个地区试验，每个地区重复 p 次。

将一个品种的基因型与环境的互作效应分为，对环境效应的

直线响应 ($\hat{a}$) 和直线响应的离差 ($\hat{\lambda}$) 两个参数, 来测定品种稳定性。首先进行方差分析 (表 1-1), 然后计算各参数。

表 1-1 方差分析

变 因	自由度	均 方	
环境(地区)	$n-1$	$\sigma_e^2 + m\sigma_b^2 + m\rho\sigma_g^2$	MSL
地区内区组(重复)	$n(p-1)$	$\sigma_e^2 + m\sigma_b^2$	MSB
品种	$m-1$	$\sigma_e^2 + \rho\sigma_g^2 + np \sum_{i=1}^m \frac{g_i}{(m-1)}$	MSV
品种/环境	$(n-1)(m-1)$	$\sigma_e^2 + \rho\sigma_g^2$	MSVL
试验误差	$n(m-1)(p-1)$	σ_e^2	MSE
总计			

注: 品种为固定模式, 环境为随机模式, 互作方差显著, 可以直接估算每一个品种的稳定性参数

MSL 为环境 (年份) 方差; MSB 为区组方差; MSV 为品种方差; MSVL 为互作方差; MSE 为误差方差

②稳定性统计数估算: 计算品种、环境和总平均数 $\bar{x}_i \dots$, $\bar{x}_{.j}$ 和 $\bar{x} \dots$; 估算环境效应值 L_j ($j = 1, 2, 3, \dots, n$) = $(\bar{x}_{.j} - \bar{x} \dots)$; 估算品种与环境互作效应值 $(\hat{g}L)_{ij} = (\bar{x}_{ij} - \bar{x}_{i.} - \bar{x}_{.j} + \bar{x} \dots)$ ($i = 1, 2, 3, \dots, m$ $j = 1, 2, 3, \dots, n$); 估算环境效应与互作效应的样本协方差 $S_i(\hat{g}L)_i = \sum_{j=1}^n [\hat{L}_i - (\hat{g}L)_{ij}] / (n-1)$; 估算各供试品种与环境 (年份) 的互作效应随环境变异的直线响应 $\hat{a}_i = S_i \cdot (\hat{g}L)_i / [MSL - MSB] / mp$; 估算第 i 个品种与环境 (年份) 的互作效应的样本方差 $S_i^2 \cdot (\hat{g}L)_i = \sum_{j=1}^n (\hat{g}L)_{ij}^2 / (n-1)$; 估算环境效应的直线响应 $\hat{a}_i S_i$ $(\hat{g}L)_i$; 估算对直线响应的离差 $\hat{\lambda}_i = [S_i^2 (\hat{g}L)_i - \hat{a}_i S_i \cdot (\hat{g}L)_i] / (m-1) \cdot MSE / mp$.

$\hat{a}$ 具有回归系数的基本性质, 其分布 0-1 (绝对值), 实为

$-1 \sim +1$ 。按 $\hat{a}$ 性质, 一个稳定性最佳的遗传型(品种) $\hat{a} = -1$; $\hat{a} = 0$ 为具有平均稳定性的遗传型。

$\hat{\lambda}$ 具有 F 值的性质, 服从 F 分布 $0 \sim \infty$, 平均值为 1。估计遗传型的稳定性时, 以 $\hat{\lambda} = 1$ 为满足, 如果某品种 $\hat{a}_i = -1_i$, $\hat{\lambda}_i = 1$ 时, 该品种是最理想的完全稳定的品种; 若 $\hat{a}_i = 0$, $\hat{\lambda}_i = 1$ 时, 是具有平均稳定性的品种。

(3) 简便估算法 (王绶 1936)

适应性 = (某品种在某环境之综合产量) - (该品种在其他各环境之平均产量) - (该环境所有品种之平均产量) + (其他各环境所有品种之平均产量)

1978 年作者将此法用于一地多环境的试验, 以 50~70 年代在青海省黄河谷地的代表品种与高产品系 7 个, 种植在模拟各时代和设想的更高一级的 4 种栽培水平上, 重复 3 次, 产量结果进行方差分析, 品种、水平及品种 $\times$ 水平间的差异极显著, 按上式计算各品种对不同水平的适应性 (表 1-2)。

表 1-2 各品种在各级栽培水平上的适应性

栽培 水平	各品种的适应性值						
	一支麦	阿勃	青春 5 号	高原 506	卡捷姆	704	717
一级水平	286.4	129.0	7.7	-63.6	-195.9	27.7	-123
二级水平	148.1	210.8	34.7	-100.8	-21.9	-159.7	-190.4
三级水平	-241.8	59.2	126.7	127.4	3.9	-3.9	-8.6
四级水平	-192.6	-383.3	-191.4	7.5	222.6	210.8	332.7

50 年代的代表性品种一支麦, 具有高秆、细秆、窄长叶、穗型小等特点, 在低的一级水平上适应值最高, 为 286.4。

60 年代的高秆、壮秆、大叶、穗型较大的代表性品种阿勃, 在二级水平上有最高的适应值, 为 210.8。

70 年代末的代表性品种高原 506, 半矮秆, 叶片短宽上举,