

提高粮食作物的营养质量



联合国粮食及农业组织 罗马

1983年8月18日

提高粮食作物的营养质量

作者:

V · 西拉诺,

高等卫生研究院毒性学研究室,

意大利, 罗马

H · C · 班苏尔

印度农业研究所原子能研究室,

印度, 新德里

A · 巴惹尼

粮农组织植物生产及保护处作物及草原生产科

意大利, 罗马

联合国粮食及农业组织 罗马

本书中所用名称及材料的编写方式并不意味着联合国粮农组织对于任何国家、领土、城市或地区或其当局的法律地位或对于其边界的划分表示任何意见。

M - 1 1

ISBN 92-5-901166-4

版权所有。未经版权所有者事前许可，不得以电子、机械、照相复制等任何方法或其它程序全部或部分翻印本书，或将其存入检索体系，或发送他人。申请这种许可应写信给联合国粮农组织出版处长（意大利，罗马 Via delle Terme di Caracalla, 00100），并说明希望翻印的目的和份数。

一九八二年 罗马

目 录

	<u>页 次</u>
第一章 营养问题	1
第二章 蛋白质含量	1 8
2 · 1 谷 物	1 8
2 · 2 含淀粉块根	2 3
2 · 3 豆类和油籽	2 5
第三章 氨基酸的组成	2 7
3 · 1 必需氨基酸的含量	2 7
3 · 2 氨基酸的不平衡和拮抗作用	3 2
3 · 3 有毒氨基酸	3 5
第四章 蛋白质成份	3 8
4 · 1 谷 物	3 8
4 · 2 豆 类	4 6
4 · 3 油籽和含淀粉块根	5 3
4 · 4 结 论	5 6
第五章 蛋白质消化率和蛋白酶的抑制作用	5 8
5 · 1 概 述	5 8
5 · 2 丹 宁	5 8
5 · 3 纤维素支持结构(粗纤维)	6 7
5 · 4 蛋白酶抑制因子	6 9
5 · 5 蛋白质结构	7 5

第六章	糖的消化率和淀粉酶抑制因子	7 9
6 • 1	胃肠气胀因子	7 9
6 • 2	多糖结构	8 2
6 • 3	淀粉酶抑制因子	8 2
第七章	通过育种来提高粮食作物的营养: 需要开展的一些研究	8 8
第八章	参考文献	9 0
	附件: 同义词	1 1 3

表 目

- 表 1 · 1 生产率和质量的选择参数
- 表 1 · 2 植物育种者的营养目标
- 表 1 · 3 各粮食作物类别的相对重要性
- 表 1 · 4 主要粮食作物: 限制性氨基酸, 化学记分和栽培地点
- 表 1 · 5 主要豆类作物: 限制性氨基酸, 化学记分和栽培地点
- 表 1 · 6 主要含淀粉块根作物: 限制性氨基酸, 化学记分和栽培地点
- 表 1 · 7 主要油料作物: 限制性氨基酸, 化学记分和栽培地点
- 表 1 · 8 世界主要油料作物的产量
- 表 1 · 9 营养质量的生物指示物
- 表 1 · 10 谷物的营养质量
- 表 1 · 11 豆类的营养质量
- 表 1 · 12 油籽的营养质量
- 表 2 · 1 粮食的蛋白质含量
- 表 2 · 2 含淀粉块根中的蛋白氮和非蛋白氮
- 表 3 · 1 谷物、豆类、油籽、含淀粉块根的氨基酸含量
- 表 3 · 2 补充赖氨酸(谷物和油籽)或蛋氨酸(豆类)对蛋白质营养质量的影响
- 表 3 · 3 含大豆蛋白质的蛋白质补充物的营养价值
- 表 4 · 1 普通谷物和高赖氨酸谷物的蛋白质成份
- 表 4 · 2 谷物的氨基酸含量
- 表 4 · 3 一些普通谷物和高赖氨酸谷物的营养质量
- 表 4 · 4 普通玉米和高赖氨酸玉米突变体胚乳蛋白质成份中的必需氨基酸组成
- 表 4 · 5 单突变体和双突变体玉米籽粒(自交)中的游离氨基酸总量
- 表 4 · 6 豌豆种子中白朊和球朊成份中的氨基酸含量
- 表 4 · 7 一些豆类 11S 球朊(类似豆球朊)和 7S 球朊(类似豌豆球朊)的氨基

酸含量

表4·8 羽扁豆和木豆 α -球朮, β -球朮和 γ -球朮的氨基酸含量

表4·9 油籽蛋白质成份的组成

表4·10 油籽蛋白质成份的氨基酸组成

表5·1 植物蛋白质的消化率

表5·2 加热对一些豆类营养价值的影响

第一章

营 养 问 题

据报道, 发展中国家中至少有五亿人营养不足, 其学龄前儿童死亡人数的一半以上都是因蛋白质——卡路里营养不良而直接或间接造成的。(Austin, 1978年)。蛋白质——卡路里(热量)营养不足会产生不同的临床症状, 随两种典型的病理性综合症——夸希奥科病(Kwashiorkor)和消瘦病(marasmus)而异。夸希奥科病的特征是水肿, 头发发生变化, 皮肤病, 肝肿大等, 它主要发生在那些依靠含淀粉块根食物生长甚至生存的孩子们身上, 因为这些块根食物虽有足够的卡路里但缺乏蛋白质。如果蛋白质和卡路里都不足, 就会发生消瘦病, 其特征是皮下脂肪减少, 以及生长和发育不良(Gurson, 1972年)。当蛋白质摄取量充足而卡路里摄取量太低时, 一般也观察到蛋白质能量营养不良的情况, 这是因为摄食的食物蛋白质经过代谢产生了热量而不是成为体内的蛋白质。此外, 提高蛋白质的质量也无法扭转由于能量消耗不足而造成的负的氮平衡。

一般来说, 由于现有一些植物食品的营养质量较差, 缺粮的问题就更加剧了。而且, 一些粮食作物不仅缺乏足够数量的营养素, 如必需氨基酸, 矿物质和维生素, 而且也含有抗营养因子(胰脏酶抑制因子, 植物血球凝集素, 生山黧豆中毒, 能产生氰化物的糖苷和丹宁等), 这些因子能进一步减少限制性营养素的生物利用率或者诱发其它毒性效应。这些因子与人类的许多营养性疾病有关, 如神经共济失调, 地方性甲状腺肿, 地方性呆小病。

国际社会面临着营养不良的全球性问题, 要求人类更有效地利用地球上的土地资源。方法之一是提高作物单产, 其次是在不影响作物单产的前提下, 用营养价值更高的品种来代替现有的品种(表1·1)。要求植物育种者采取协调一致的行动, 在培育谷物和食用豆科作物品种时, 不仅要培育高产品种, 而且要大大改善品种的营养质量。已建议将改变化学构成(表1·2)作为育种者的营养目标, 但只

有对那些大受欢迎的高产作物来说才是有价值的。

表 1 · 1 生产率和质量的选择参数

生产率 = 单产 (公斤 / 公顷) × 营养价值 × 工艺价值
营养价值 = 蛋白质 / 卡路里或可利用蛋白质的百分比
工艺价值 = 作为标准品种百分比的所有机能特性

引自 Poey 等 (1979 年)

表 1 · 2 植物育种者的营养目标¹

-
- 1 增加蛋白质含量
 - 2 改进氨基酸型式
 - 3 提高蛋白质的可消化性
 - 4 减少影响食物利用的抗营养因子的含量
-

¹ 条件是贮藏条件下的生产率和抗性没有下降。

由于新石器时代以后的大部分人类，不论是生长在东半球还是西半球的人类都以植物为生，尤其是依靠利用谷物蛋白质来生存，因此，那种植物蛋白质象征着不平衡的食物的说法似乎是矛盾的。然而，众所周知，植物蛋白质成分的缺乏可以通过在基本粮食作物中适当补充动物蛋白质或互补植物蛋白质来加以解决。这样，只有当代表基本膳食的粮食作物无法由其它蛋白质来源进行适当的补充时，才会发生蛋白质营养不良的问题。在任何情况下，都必需强调在个人膳食中进行适当地补充是非常困难的，而且只有当补充的食物是同时被摄食的，或者相差没有几小时，这

种补充才是有效的。毫无疑义，由于蔬菜内部的蛋白质不平衡，所以饮食中的蔬菜蛋白质的绝大部分未被适当地利用。

谷物、豆类作物和块根不仅是碳水化合物的重要来源，而且提供的蛋白质占全世界总量的三分之二。其中，谷物是人类最重要的主食，全球人均摄取的53%的卡路里和47%的蛋白质都是由谷物提供的（表1·3）。小麦、稻谷和玉米占世界谷物总产量的四分之三，其次是大麦、高粱、黑麦、燕麦和小米（粮农组织，1973年；Pomeranz，1975年）。世界食用豆类作物的总产量大约是谷物产量的十分之一（粮农组织，1973年；Burr，1975年），其提供的蛋白质大约占人类获得的蛋白质总量的12%。在植物性食物中，可食的食用豆类作物的营养价值是很高的，这是因为它们蛋白质、必需氨基酸、赖氨酸的含量较高，而谷物却缺乏这些营养素。因此，豆类就成为补充蛋白质的一种有价值的来源；但是它们比谷物昂贵，而且供应不足，所以发展中国家的大多数人没有能力购买足够的豆类，以达到谷物膳食所获得的最佳营养价值。

虽然表1·4和1·5所列的各种谷物和食用豆类，尤其是在作为一种紧急粮食供应方面，具有值得当地重视的独特而有用的适应性和营养价值的特点，但是很明显，仅有少数几种作物才具有为世界膳食作出重大贡献的潜力。联合国蛋白质咨询小组（第22号报告，1975年）强调应进行有关改良8种重要食用豆类（菜豆，木豆，豇豆，鹰嘴豆，蚕豆，豌豆，大豆和花生）的研究，这些豆类约占世界豆类总产量的93%。

含淀粉块根作物的蛋白质含量非常低（一般来讲，鲜块根的蛋白质含量低于2%）（见表1·6），但它们是许多国家大部分人们的主食，而且它们作为充饥作物的价值早已被认识了。由于它们的产量较高，所以它们不仅为能量生产作出具大的贡献（人均卡路里摄取量的7·8%），而且为世界蛋白质生产也作出了具大的贡献（人均蛋白质摄取量的4·3%）。例如，正如Markakis（1975年）所指出的那样，马铃薯每年为全世界提供了600万吨蛋白质，大约相当于小麦蛋白质总产量的七分之一，大米蛋白质总产量的四分之一。

表1.3 各粮食作物类别的相对重要性
(人均日摄取量, 1964-66年¹)

	卡 路 里		蛋 白 质		脂 肪	
	卡	%	克	%	克	%
谷 物	1,245	52.4	31.1	47.4	5.1	9.3
小 麦	441	18.6	13.3	20.3	1.5	2.7
稻 谷	459	19.3	8.5	13.0	1.0	1.8
玉 米	147	6.2	3.6	5.5	1.0	1.8
小米和高粱	119	5.0	3.5	5.3	1.2	2.2
其 它	76	3.2	2.1	3.2	0.4	0.7
块 根	184	7.8	2.8	4.3	0.4	0.7
糖和糖类产品	210	8.8	0.1	0.2	—	—
豆类, 坚果和油子	121	5.1	7.9	12.0	3.6	6.5
蔬 菜	36	1.5	2.2	3.4	0.3	0.5
水 果	47	2.0	0.6	0.9	0.3	0.5
畜产品	322	13.6	20.7	31.5	22.4	40.8
肉	168	7.1	9.1	14.0	14.3	26.0
蛋	18	0.8	1.4	2.1	1.3	2.4
鱼	19	0.8	3.0	4.6	0.6	1.1
奶	117	4.9	7.1	10.8	6.2	11.3
动物油和植物油	119	8.4	0.1	0.2	22.5	40.9
植物油	127	5.3	—	—	14.4	26.2
动物油	72	3.1	0.1	0.2	8.1	14.7
总 计	2,374	100.0	65.6	100.0	55.0	100.0
来自动物	396	16.7	20.8	31.7	30.5	55.5

¹ 粮农组织农产品预测, 1970-1980, 第49页, 引自Austin(1978年)。

表 1·4 主要谷物作物：限制性氨基酸，化学记分和栽培地点

学 名	限 制 性 氨 基 酸		化学 记分 ² (A/T)	栽 培 地 点
	总缺乏	临界缺乏		
1. <u>Avena sativa</u>	赖氨酸, 苏氨酸	色氨酸, 异亮氨酸	57	世界范围
<u>Avena byzantina</u>	-	-	-	-
2. <u>Digitaria exilis</u>	赖氨酸	色氨酸	37	亚 非
<u>Digitaria iburua</u>	"	异亮氨酸, 苏氨酸	30	东 西
3. <u>Echinocloa crus-galli</u>	"	色氨酸	26	印 度
<u>Echinocloa frumentacea</u>	-	-	-	"
4. <u>Eleusine coracana</u>	赖氨酸	异亮氨酸	45	"
5. <u>Eragrostis tenuis</u>	"	"	43	东 非
<u>Eragrostis ciliaris</u>	-	-	-	塞内加尔
6. <u>Fagopyrum sagittatum</u>	异亮氨酸	赖氨酸	51	美国, 苏联, 巴尔干半岛各国
<u>Fagopyrum tataricum</u>	-	-	-	印度, 苏联
7. <u>Hordeum vulgare</u>	赖氨酸, 苏氨酸	异亮氨酸, 亮氨酸	54	世界范围
8. <u>Oryza sativa</u>	赖氨酸	异亮氨酸, 蛋氨酸, 苏氨酸	57	"
<u>Oryza glaberrima</u>	-	-	-	西 非
<u>Zizania aquatica</u>	赖氨酸	苏氨酸	64	美国, 加拿大
9. <u>Pennisetum americanum</u>	"	蛋氨酸	-	印度, 非洲
<u>Pennisetum pentastachyum</u>	-	-	-	西 非
10. <u>Secale cereale</u>	赖氨酸, 苏氨酸	异亮氨酸, 亮氨酸, 缬氨酸	46	世界范围
<u>Secale montanum</u>	-	-	-	南部非洲, 南欧
11. <u>Sorghum bicolor</u>	赖氨酸, 苏氨酸	蛋氨酸, 半胱氨酸	31	世界范围
<u>Sorghum caffrorum</u>	-	-	-	印 度
<u>Sorghum cernuum</u>	-	-	-	"
<u>Sorghum usorum</u>	赖氨酸	蛋氨酸	-	满州里

表 1 · 4 (续)

	蛋氨酸	赖氨酸, 苏氨酸, 异亮氨酸	缬氨酸, 亮氨酸	-	世界范围
12. (X <u>Triticosecale</u>)	赖氨酸	苏氨酸, 异亮氨酸	缬氨酸, 亮氨酸	42	" "
13. <u>Triticum aestivum</u>	"	"	"	-	" "
<u>Triticum durum</u>	"	"	"	-	" "
<u>Triticum dicoccum</u>	"	"	"	44	埃塞俄比亚, 印度
14. <u>Zea mays</u>	"	苏氨酸	苏氨酸, 异亮氨酸, 缬氨酸	41	世界范围
谷物的小栽培种					
<u>Agropyron cristatum</u> ; <u>Cenchrus biflorus</u> (sandbur, cram-cram); <u>Coix lacryma-Jobi</u> (Job's tears);					
<u>Dactyloctenium aegyptiacum</u> (Comb fringe); <u>Guizotia abyssinica</u> (niger); <u>Panicum laetum</u> (haze);					
<u>Panicum miliaceum</u> (proso millet); <u>Paspalum commersonii</u> (Kodo millet); <u>Sataria italica</u> (foxtail millet).					

来源: 粮农组织 (1970 年)

- 1 限制性 (总缺乏: 低于 90%; 临界缺乏 90 - 100 %)
- 2 食物蛋白质 (A_x) 中各必需氨基酸的含量是以同量鸡蛋蛋白质 (A_e) 中相同氨基酸含量的百分比来表示的。化学记分 (A/T) 是最低的百分比 (A_x/A_e)。

表 1·5 主要豆类作物：限制性氨基酸，化学记分和栽培地点

学 名	限 制 性 氨 基 酸		化学 记分' (A/T)	栽 培 地 点
	(对比: 鸡蛋蛋白质)			
	总缺乏			临界缺乏
1. <u>Arachis hypogaea</u>	赖氨酸, 苏氨酸	异亮氨酸, 缬氨酸, 亮氨酸	43	世界范围
2. <u>Cajanus cajan</u>	色氨酸, 半胱氨酸, 蛋氨酸	苏氨酸, 缬氨酸	27	热带地区
3. <u>Canavalia ensiformis</u>	半胱氨酸, 蛋氨酸	异亮氨酸	46	"
<u>Canavalia obtusifolia</u>	-	-	-	"
4. <u>Cassia occidentalis</u>	异亮氨酸	色氨酸	57	"
<u>Cassia laevigata</u>	-	-	-	-
5. <u>Cicer arietinum</u>	半胱氨酸, 蛋氨酸	色氨酸	40	世界范围
6. <u>Clitoria ternata</u>	苏氨酸	缬氨酸	44	澳大利亚
7. <u>Cyamopsis tetragonolobus</u>	半胱氨酸, 蛋氨酸	异亮氨酸	36	世界范围
8. <u>Glycine max</u>	半胱氨酸, 蛋氨酸	苏氨酸, 缬氨酸	47	"
9. <u>Lablab niger</u>	半胱氨酸, 蛋氨酸	色氨酸	27	遍布于热带
10. <u>Lespedeza atriat</u>	半胱氨酸, 蛋氨酸	缬氨酸	45	韩 国
11. <u>Lens culinaris</u>	蛋氨酸, 半胱氨酸	色氨酸	31	世界范围
12. <u>Lupinus albus</u>	-	-	-	欧 洲
<u>Lupinus angustifolius</u>	蛋氨酸, 半胱氨酸	缬氨酸	39	欧 洲
<u>Lupinus luteus</u>	-	-	-	欧 洲
<u>Lupinus mutabilis</u>	-	-	-	安第斯
<u>Lupinus perennis</u>	-	-	-	北 美
<u>Lupinus terminis</u>	-	-	-	北美, 泥罗河三角州
13. <u>Mucuna deeringiana</u>	蛋氨酸, 半胱氨酸	异亮氨酸	38	马来西亚
14. <u>Parkia africana</u>	蛋氨酸, 半胱氨酸	色氨酸	39	非洲热带地区
<u>Parkia filicoidea</u>	-	-	-	"

表 1 · 5 (续)

15. <u>Phaseolus acutifolius</u>	-	-	-	中 美
<u>Phaseolus adenanthus</u>	-	-	-	远 东
<u>Phaseolus caracalla</u>	-	色氨酸, 缬氨酸	34	欧洲, 中美
<u>Phaseolus coccineus</u>	-	色氨酸	-	世界范围
<u>Phaseolus lunatus</u>	-	-	-	北美
<u>Phaseolus polystachyus</u>	-	色氨酸	-	世界范围
<u>Phaseolus vulgaris</u>	-	色氨酸	37	"
16. <u>Pisum arvense</u>	-	色氨酸	-	"
<u>Pisum sativum</u>	-	异亮氨酸	23	亚洲
17. <u>Sesbania aculeata</u>	-	"	67	非洲热带地区
18. <u>Sphenostylis stenocarpa</u>	-	-	-	"
<u>Sphenostylis schweinfurthii</u>	-	苏氨酸, 缬氨酸	38	中 欧
19. <u>Trifolium incarnatum</u>	-	缬氨酸	47	南欧, 北非, 印度
20. <u>Trigonella foenum-graecum</u>	-	苏氨酸, 色氨酸	28	世界范围
21. <u>Vicia faba</u>	-	异亮氨酸, 缬氨酸	38	"
<u>Vicia sativa</u>	-	-	-	印度
22. <u>Vigna aconitifolia</u>	-	-	-	"
<u>Vigna angularis</u>	-	色氨酸	22	日本
<u>Vigna mungo</u>	-	"	-	印度
<u>Vigna radiata</u>	-	异亮氨酸	41	世界范围
<u>Vigna unguiculata</u>	-	蛋氨酸	-	非洲, 亚洲
<u>Vigna vexillata</u>	-	半胱氨酸, 蛋氨酸	51	西 非
23. <u>Voandzeia subterranea</u>	-	-	-	-

豆类的小栽培种

Abrus precatorius (resary pea); Acacia concinna, A. leucophloea, A. aneura, A. cibaria, A. longifolia
 and A. oswaldi; Astragalus edulis (milk vetch); Bauhinia esculenta (gembok bean); Ceratonia siligua
 (locust bean); Detarium senegalense (tallo tree); Dipteryx odorata (tonka bean); Dolichos biflorus
 (horse gram); D. sesquipedalis (yard-long bean) and D. sphaerospermus; Entada scandens (sword bean);
Gnetum gnemon; Inga edulis (food inga); Inocarpus edulis (Thaiti chestnut); Lathyrus cicera, L. ochrus
 (ochrus pea), L. ochroleucus and L. sativus; Leucaena glauca (jumpy bean); Pachyrhizus erosus (mexican yam
 bean) and P. tuberosus; Pueraria thumbergiana (Japanese kudzu); Pithecolobium lobatum (djenkol bean);
Psophocarpus palustris (goa bean), P. tetragonolobus (winged bean); Psoralea argophylla (scurf pea);
Prosopis africana (mesquite), P. cineraria (honey locust) and P. dulcis (cashew); Tamarindus indica
 (tamarind).

来源: 粮农组织 (1970 年)。

食物蛋白质 (A_x) 中各必需氨基酸的含量是以同量标准蛋白质 (A_e) 中相同氨基酸的含量百分比来表示的。化学记分 (A/T) 是最低的百分比 (A_x/A_e)。

表 1.6 主要含淀粉块根作物：限制性氨基酸，化学记分和栽培地点

学 名	限 制 性 氨 基 酸		化学 记分 ¹ (A/T)	栽 培 地 点
	(对比: 鸡蛋蛋白质)			
	总缺乏	临界缺乏		
1. <u>Amorphus campanulatus</u>	异亮氨酸	亮氨酸	53	亚洲热带地区
2. <u>Colocasia esculenta</u>	"	-	53	"
3. <u>Cyperus esculentus</u>	半胱氨酸, 蛋氨酸	异亮氨酸	40	非洲, 印度
4. <u>Dioscorea alata</u>	"	赖氨酸	38	南太平洋
<u>Dioscorea cayenensis</u>	"	"	50	西非, 东南亚
<u>Dioscorea rotundata</u>	"	"	45	美洲热带地区
<u>Dioscorea trifida</u>	色氨酸	半胱氨酸, 蛋氨酸	41	西印度群岛, 圭亚那
5. <u>Ipomoea batatas</u>	赖氨酸, 半胱氨酸等	缬氨酸, 异亮氨酸	51	世界范围
6. <u>Manihot esculenta</u>	苯丙氨酸, 色氨酸等	异亮氨酸	41	美洲热带地区, 非洲, 印度
7. <u>Pachyrhizus erosus</u> ^{2/}	蛋氨酸, 半胱氨酸	-	-	东半球和西半球
8. <u>Psophocarpus</u> ^{2/}	"	-	-	非洲, 亚洲
<u>Tetragonolobus</u> ^{2/}	"	"	"	"
9. <u>Solanum tuberosum</u>	半胱氨酸, 蛋氨酸	亮氨酸	34	世界范围
10. <u>Sphenostylis stenocarpa</u> ^{2/}	-	-	-	非洲热带地区
11. <u>Tacca leontopetaloides</u>	-	-	-	东非, 西非
12. <u>Zanthosoma jaoquinii</u>	异亮氨酸	赖氨酸	41	西印度群岛, 南美

含淀粉块根的小栽培种

Amorphophallus campanulatus (whitespot giant arum); Nymphaea lotus (Egyptian lotus); Solenostemon
ecymoides (hausa potato).

含淀粉块根的小栽培种

Amorphophallus campanulatus (whitespot giant arum); Nymphaea lotus (Egyptian lotus); Solenostemon ocyroides (hausa potato).

来源：粮农组织(1970); Francis等, (1975); Evans等(1977)

¹ 食物蛋白质中各必需氨基酸的含量是以同量标准蛋白质中相同氨基酸含量的百分比来表示的。化学记分是最低的百分比。

² 豆类种的热带块根(也见表1.5)。