

稻的生物化学

克里亚金尼切夫 著



农业出版社

稻 的 生 物 化 学

克尼亚金尼切夫著
郭 公 佑 译
沈剑霞 董延瑜等校

农业出版社

А. И. Ермаков, М. И. Книгиничев, И. К. Мурри

БИОХИМИЯ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ

ТОМ 1

Сельхозгиз

Ленинград 1958

根据苏联国立农业书籍出版社

1958年列宁格勒俄文版本选译

稻的生物化学

[苏]克尼亚金尼切夫著

郭公佑译

沈剑霞 董延瑜等校

农业出版社出版

北京老线局一号

(北京市书刊出版业营业许可證出字第106号)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

农业出版社印刷厂印刷装订

统一书号 13144.144

1963年7月北京制型

开本 787×1092毫米

1963年7月初版

三十二分之一

1963年7月北京第一次印刷

字数 50千字

印数 1—3,100册

印张 二又十六分之五

定价 1.90元二角六分

出版說明

《栽培植物生物化学》是植物生物化学方面较为詳尽的巨著。本书第一卷专门阐述粮食作物,水稻、小麦、玉米、黍、大麦、燕麦、蕎麦和黑麦的生物化学方面的各种特性。第一卷由А. И. Ермаков, М. И. Княгиничев, И. К. Мурри主编。1958年苏联农业出版社出版。为适应需要,现将本书第一卷八种粮食作物的生物化学陆续翻译出版单行本。

1963年6月

目 录

稻的分布、国民經济意义和植物学特性.....	1
籽粒的化学成分.....	3
化学成分对生长地区的依賴关系.....	18
农业技术对于稻的化学成分的影响.....	22
品种在化学成分和生化特性上的差异.....	32
发育、生长和貯藏时期的物质轉化.....	39
稻的利用.....	53
稻在品质方面选育的前景.....	64
参考文献.....	65

稻的分布、国民经济意义和植物学特性

人类从史前时期起便开始种稻。中国文献证明，早在紀元前三千年間大米已經是中国人的主要食品。1952年全世界稻类的播种面积达到9,540万公頃，仅次于小麦和玉米，居第三位。一半以上的播种面积是在中国和印度。当栽培这种作物的时候，90%以上的稻田灌水。陆稻产量較低，因而分布不广。

稻的籽粒产量占世界第一位，約超过全世界小麦产量25—30%。包括中国在内，1940年全世界稻的产量共計13,251万吨，其中（以万吨計）中国有4,671；印度3,378.2；日本1,129.8；緬甸819.8；朝鮮399.5；其余国家約生产2万吨*左右（《国外重要商品生产》，1944）。

在苏联，稻谷大多出产于烏茲別克共和国、阿塞拜疆共和国和远东。目前已在較北的地区，北高加索、烏克蘭共和国的南部和伏尔加河流域开始种稻。

1950年播种面积已增加到23.02万公頃〔斯米尔諾夫（Смирнов），1953〕。

稻有多种多样的类型，因而有可能扩大这一有价值作物的分布。根据B. 利吉捷尔（B. Ридитер，1932）的資料，北海道（Хоккайдо）和佐部（Сабе）品种甚至在莫斯科較北的地区（德米托洛夫市）也能成熟。現在南方各地区有几十种水稻品种

* 原文为“2万吨”，按計算应为2,000万吨——译者注。

已区域化。

根据 П. М. 朱可夫斯基 (П. М. Жуковский, 1950) 的意见, 栽培种稻——*Oryza sativa* 可分为三个亚种: *ssp. indica* (印度型)、*ssp. japonica* (日本型) 和 *ssp. brevis* (短粒型)。这些亚种可分为许多变种, 有几千个品种属于这些变种。这些亚种分两组变种: 糯稻(含谷胶多的), 种子煮熟为粘质; 以及分布最广的非糯稻(含淀粉多)。

稻的 *Sativa* 种, 其分布区域最大, 等于所有 *Oryza* 稻属的分布面积。它不但是栽培种稻的原始种, 而且也是某些野生种稻的原始种始祖。野生种与栽培种的主要区别在于小穗随发育而易折断落掉, 所以栽培种稻的起源是十分复杂而多元的。

亚种按一系列的形态学特征(颜色、籽粒长短和宽度、芒的特性、颖的长度等)分为变种。在列举的亚种中, 有一年生和多年生的类型。生长期也很不同——从两个月到十个月。

在东南亚各国可以看到稻的类型极为繁多。这些亚洲国家是稻类型多样化的中心。

Indica 亚种的特征是颖果瘦而长, 其长度与宽度的比例(长/宽)是 3.0 : 1, 3.5 : 1 乃至更大。这个亚种的各种稻型大多是无芒的, 或者有短而柔嫩的芒, 叶淡绿色, 剑叶叶片和茎秆组成一极小的锐角——有时几乎是直立的, 叶宽而微有毛茸; *japonica* 亚种则有圆而短的颖果, 长/宽为 1.4 : 1, 2.9 : 1。这个亚种的变种是非常繁多的。它们有长芒和无芒的类型。叶片窄, 深绿色, 而剑叶叶片与茎秆几乎成直角垂直于茎轴; *brevis* 亚种的颖果长约 4 毫米。

栽培种稻虽有 150 种以上的变种, 但在培育稻的新品种的选种工作中利用很少。应当指出, 当日本和印度亚种稻进行杂交时, 照例不能得到结实的后代, 虽然稻属的所有代表都具

有同样数目的染色体（双数是24）。所有变种除属于 *Oryza glutinosa*（糯稻）一类的 *v. affinis* Körn 以外，其颖果的胚乳在碘液的作用下都染成蓝色。

籽粒的化学成分

稻的颖果包在内颖与外颖之中，当稻粒加工为米粒时，内外颖即完全剥离。稻的谷壳率因品种和生长地区而异，变动于16%至27%之间，而在苏联则变动于17.9%至21.7%（斯米尔诺夫，1953）之间。稻的颖果的胚乳和小麦的相似，也是由粉质核及糊粉层所组成，糊粉层的表面有三层外壳保护。

稻粒〔斯米尔诺夫（Смирнов），1953；法克特洛维奇（Факторович）和斯法尔茨布尔德（Шварцбург），1937；约钦姆（Jochim），1928及其他〕的化学成分介绍如下（表1）。

表1 籽粒及其各个部分的化学成分（以%计算）

物 质	带 颖 的 籽 粒		白 米		糠	颖
	幅 度	平均	幅 度	平均		
水 分	8.1—19.6	12.0	9.1—13.0	12.2	12.5	11.4
蛋白质 (N×6.25)	5.4—10.4	7.2	7.1—11.7	8.6	13.2	3.9
淀 粉	47.7—68.0	56.2	71.0—86.0	76.1	—	—
糖	0.1—4.5	3.2	2.1—4.8	3.9	38.7	25.8
糊 精	0.8—3.2	1.3	0.9—4.0	1.8	—	—
纤 维 素	7.4—16.5	10.0	0.1—0.4	0.2	14.1	40.2
脂 肪	1.6—2.5	1.9	0.9—1.6	1.0	10.1	1.3
灰 分	3.6—8.1	5.8	1.0—1.8	1.4	11.4	17.4

从表 1 可以看出化学物质在稻粒各部分的分配不同。它的外部——糊粉层、种皮和内外颖——含有較大量的纖維素、灰分、蛋白质和脂肪。稻胚乳的粉质部分主要由淀粉和蛋白质所組成。在稻的籽粒里果胶量为 1.1%，而半纖維素則为 4.8%。

籽粒的化学成分因品种、生长地区和稻粒大小而异。B.C. 斯米尔諾夫(1953)指出，大的稻粒含灰分、纖維素、蛋白质量較少，而含淀粉則較多。

稻胚[梁霞琴(Riang Ha Kimm), 1938; 阿尔馬尔扎(Almarza)和烏路依茲(Ruiz), 1953]含有(以%計算): 水 8.8, 蛋白质 18.1—20.9, 脂肪 17.6—23.8, 灰分 8.9—9.1, 戊聚糖 5.0—6.8, 碳水化合物 21.0—34.1, 后者是由 10.6 的还原糖、8.3 的蔗糖、3.5 的糊精、2.2 的淀粉和 4.5—9.6 的纖維素所組成。显然，糊精和淀粉是在胚从胚乳中分离出来时带进去的。

蛋白质 稻粒的蛋白质是由白蛋白、球蛋白、醇溶谷蛋白和谷蛋白組成的。它的最主要蛋白质是谷蛋白。

球蛋白和谷蛋白的元素成分[伊藤(Ito)、渡边(Watanabe)和北原(Kitahara), 1930] 常有所变动。球蛋白含有(以%計算): 碳 50.8—52.5, 氢 7.0—7.6, 氮 16.5—17.3, 硫 0.44—0.79; 谷蛋白則含有碳 50.6—53.3%, 氢 7.0—7.7%, 氮 16.5—17.3%, 硫 0.53—0.64%。

田所(Тадохоро)、伊藤和渡边(1926)曾經对下列四种稻的蛋白质的化学和物理化学性质进行比较: (1)水溶的(白蛋白); (2)溶于 10% NaCl 溶液的(球蛋白); (3)溶于 70% 酒精的(醇溶谷蛋白)和 (4)溶于 0.2% 苛性鈉溶液的(谷蛋白)(表 2)。

表2 灰分和硫在稻的蛋白质中的含量
(以%计算)

各种可溶性的蛋白质	灰 分	硫
水 溶 的	1.85	0.823
溶于10%氯化钠的	0.82	0.922
溶于70%乙醇的	0.55	0.22
溶于0.2%苛性钠溶液的	0.50	0.553

由表2资料可见,灰分含量最大的是水溶性蛋白质(麦白蛋白),而含量最小的则是溶于酒精(醇溶谷蛋白)和0.2% NaOH(谷蛋白)的蛋白质。蛋白质中硫的含量的变动次序大致如下:最大的是麦白蛋白和球蛋白,而最小的则是醇溶谷蛋白。对7种稻样品的蛋白质中灰分含量的研究大体上都是这样排列次序的。这些资料表明灰分物质有机地参与在稻的蛋白质里,其数量因蛋白质种类而异。这些差异也表现在蛋白质

表3 氮在稻的蛋白质中不同氨基酸的分布
(以%计算)

蛋 白 质	总氮量	氨态氮	黑素氮	单氨基 酸 氮	二氨基 酸 氮	精氨 酸氮	赖氨 酸氮	组氨 酸氮	胱氨 酸氮
球 蛋 白	17.04	1.05	0.31	9.69	5.98	4.00	1.32	0.38	0.28
	100.00	6.19	1.81	56.89	35.11	23.53	7.72	2.24	1.63
谷 蛋 白	17.15	1.18*	0.38	8.93**	6.05	3.25	0.93	1.67	0.21
	100.00	10.49	2.21	52.40	35.27	18.94	5.39	9.72	1.23

* 原文为“1.18”,按计算应为“1.79”——译者注。

** 原文为“8.93”,按计算应为“8.99”——译者注。

的其他組成成分上。表3列举了两个主要蛋白质(谷蛋白和球蛋白)分子的8个重要分解产物方面的分析。

从表3可以看出,在球蛋白的組成里比谷蛋白含有更多的单氨基酸、精氨酸、賴氨酸和胱氨酸。上述作者也曾查明谷蛋白中的氨态氮約为球蛋白中的含量的两倍。他們还发现,用硝酸銀从碱性溶液中沉淀球蛋白和谷蛋白时,球蛋白結合的銀量(15.8%)比谷蛋白所結合的(7.5%)更大。如果把球蛋白所結合的銀当作100,則它在谷蛋白中将只等于47.5%。他們也发现,谷蛋白比球蛋白含有組氨酸約多1倍多*。在沉淀的球蛋白中,銀含量的增高以及单氨基酸、精氨酸、胱氨酸和賴氨酸含量的增高,表明在稻的球蛋白中羧基占多数,而在谷蛋白中占多数的則为碱性氨基酸,这表明谷蛋白有更强的碱性。后一情况再次証实谷蛋白較球蛋白有和盐酸更大的結合能力。

还必须指出,根据在碱性溶液中球蛋白的比旋的变化可估計到它具有較多的自由重排原子,說明球蛋白分子中具有較多的不对称碳原子。例如经过5小时以后,碱性溶液中谷蛋白比旋的变化从62.28到64.88,而球蛋白的变化則从57.09到62.28。

从碱性溶液中用增量盐酸逐漸沉淀的方法取得谷蛋白的蛋白质部分的研究指明,在用較大量盐酸沉淀时所分离得到的谷蛋白含有較大百分率的硫和較小量的氮、磷、碳和氢〔田所、津井(Tsuyi)和渡边,1927〕。

这一点再一次表明稻的蛋白质已有分类法的所有相对性及其分子的复杂性。虽然如此,我們應該确認,所用的按照溶解度分离蛋白质的方法,仍可將稻中存在的这种或那种蛋白

* 原文为“約多1倍多”,按計算应为“約多3倍多”——译者注。

质給以相对的鉴定。

分离出来的谷蛋白的性质在研究其氨基酸成分时表明得十分清楚,正如表 4 所示。

表 4 用盐酸逐渐沉淀方法所得谷蛋白的蛋白质部
分中氮和氨基酸的含量
(以总氮量的%计算)

谷蛋白 的质部	蛋白 质氮	氮态氮	黑素氮	单氨基 酸氮	二氨基 酸氮	精氨 酸氮	赖氨 酸氮	组氨 酸氮	胱氨 酸氮
A ₂	15.79	4.44	2.77	58.35	34.45	11.55	5.62	16.09	1.17
B ₂	15.62	4.26	2.47	59.31	33.93	12.97	10.08	9.44	1.42
C ₂	14.92	2.98	3.52	58.17	35.28	15.96	11.16	6.51	1.60
D ₂	14.21	3.08	3.11	60.48	33.34	15.51	14.13	2.57	1.81

由表 4 可見,对谷蛋白部分加入大量盐酸时,氮的含量降低,精氨酸、賴氨酸和胱氨酸的含量增加,而組氨酸的含量則剧減,由 16.094% 減至 2.571%。这些蛋白质碱性溶液的比旋也是不同的;較大量盐酸沉淀的蛋白质,其比旋較小。例如谷蛋白的 A₂ 的比旋是 2.00,而谷蛋白 C₁ 的比旋則为 1.85。

用不同方法得到醇溶谷蛋白和球蛋白的研究,同样也得到化学和物理化学指数上的差异。

必須指出,引証結果中的某些規律性,这在稻的各种蛋白质的各氨基酸的含量上可以看到。已发现氮和組氨酸在醇溶谷蛋白中的含量比在谷蛋白中为多,而在谷蛋白中又比在球蛋白中为多。精氨酸、賴氨酸和胱氨酸的含量提高則相反,即在球蛋白中比在谷蛋白中多,而在谷蛋白中又比在醇溶谷蛋白中为多。

近藤(Кондо)和伊藤(1930, 1931)曾从脱谷的稻粒中分出非晶形和结晶形的球蛋白。他们在 $\text{pH}=3.98-4.61$ 的条件下, 用 0.5 当量食盐溶液浸泡球蛋白的方法分离出结晶形部分。在分离结晶形球蛋白以后, 加热至 50°C , 冷却后注入 0.1 当量乙酸溶液(最适反应是在 $\text{pH}=3.89$), 便可得到非晶形部分。结晶形球蛋白的含氮量为 16.84%, 而非结晶形的则为 16.96%。必须指出, 刚涅斯(Gones)和格尔斯道夫(Gersdorf, 1927)曾分离了 74°C 和 90°C 时凝结的两部分球蛋白, 在表 5 中我们引入了这两部分中氨基酸的成分。

表 5 稻的不同球蛋白中氨基酸的含量
(以总氮量的%计算)

	球 蛋 白		凝 结 的 球 蛋 白	
	结晶形的	非结晶形的	74°C 时	90°C 时
酰 胺 态 氮	10.15	8.69	6.91	7.79
胺 态 氮	0.98	0.91	1.41	0.78
精 氨 酸 氮	19.64	22.41	15.48	27.23
胱 氨 酸 氮	0.78	1.38	1.61	1.88
组 氨 酸 氮	8.06	17.17	4.01	4.54
赖 氨 酸 氮	2.28	2.87	8.39	3.88
单 氨 基 酸 氮	42.43	37.81	56.67	49.94
二 氨 基 酸 氮	5.83	7.95	5.50	3.81

从引证的数字中, 我们可以看到结晶形球蛋白所含单氨基酸的数量很大, 而组氨酸和胱氨酸则很少。

有趣地指出在不同温度下凝结的球蛋白, 其氨基酸在含量上得到很近似的数字。

用不同方法变性的蛋白质具有各种成分，这由表6可以看出[田所和吉村(Ioshimura), 1928]。

表6 用不同方法变性的谷蛋白中化学成分的变化

谷 蛋 白	灰 分	硫	赖氨酸氮	游离氨基氮	比 旋
	以 % 计 算				
未 经 变 性 的	0.611	0.577	1.26	1.12	-60.55
水 中 煮 开 1 小 时	0.516	0.524	0.69	1.26	-86.55
冻 了 的	0.620	0.771	0.80	1.15	-90.82

由所引的资料可以清楚地看到，由不同的变性方法可使谷蛋白化学成分发生不同的变化。当变性时，谷蛋白中赖氨酸的量大大减少。在结冻的谷蛋白中，灰分、硫和游离氨基的含量都比不变性的大些。变性谷蛋白的比旋显著地有别于未变性的样品。结冻的谷蛋白偏转很大(-90.82对-60.55)。

食盐溶液、酒精和碱液都不能将稻粒蛋白提取完全，而只有采用盐酸才能将蛋白质的提取量提高到90—93%，正如表7所示[基克(Kik), 1941]。

在苏联中亚细亚几个共和国流行种植的稻品种中，当将其蛋白质分为各部分时，也同样表现了它可被提取的量很少。B. O. 斯米尔诺夫(1953)发现水溶性蛋白质的含量(占籽粒蛋白质的总含量)为10.0%，溶于5%硫酸钾溶液中的为22.1%，溶于80%酒精中的为4.3%，而不溶于这些溶剂中的则为63.8%。

稻蛋白质在上述溶剂中的不良膨胀性也许就是它们提取不完全的基本原因。如能发现促进膨胀性并与蛋白质构成络合物的物质，则将大大增加蛋白质的提取率。

表7 稻蛋白质部分的含量

(以总氮量的%计算)

溶 剂	整个稻粒	白 米	稻 小 区	
			施硫肥组	对 照 组
1% 食 盐 溶 液	13.82	11.51	16.20	14.53
60% 乙 醇 溶 液	3.66	5.75	4.00	3.00
0.1% 苛性钠溶液	44.22	40.85	40.00	40.00
盐酸酒精混合液	3.98	5.33	4.70	3.70
室温下20%盐酸水 解残余物	25.90	27.90	28.50	32.0
蛋白质提取总量	91.58	90.50	93.40	93.23

在稻中已发现〔巴拉苏布兰孟尼安 (Balasubramanian) 等人, 1952〕在干的无灰物质 (以%计算) 中: 赖氨酸 0.309—0.436, 蛋氨酸 0.168—0.240, 苯丙氨酸 0.344—0.529, 组氨酸 0.124—0.165, 色氨酸 0.09—0.13, 亮氨酸 0.65—0.89, 异亮氨酸 0.45—0.74, 缬氨酸 0.40—0.70 及蛋氨酸 0.21〔烏魯都拉 (Rudra) 和曹德赫利 (Chowdhury), 1950〕。

用色层分析法查明稻粒中存在有甘氨酸、丙氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、缬氨酸、丝氨酸、酪氨酸、谷氨酸、(天) 門冬氨酸、精氨酸、赖氨酸、(天) 門冬酰胺和谷氨酰胺〔近藤和佐崗 (Sasaoka), 1953〕。自稻胚髓的提取液中已分出腺嘌呤、葫芦巴硷和胆硷 (梁震琴, 1938)。

碳水化合物 淀粉是稻粒碳水化合物的主要部分, 成为小于 7.5μ 的淀粉粒状存在, 它們粘合在一起, 成复杂的淀粉粒。已经确定, 粘质 (糯稻) 品种的稻淀粉遇碘成红褐色, 而经糊化之后即成胶粘体。已经确定〔M. H. 克尼亚金尼切夫

(Княгиничев), 1945], 这种淀粉不含大量的淀粉物质(指能溶于30%的水楊酸鈉的淀粉部分而言)。其他非糯稻类型的品种則有外层(指不溶于30%的水楊酸鈉的淀粉部分), 此外尚含有少量(1—8%)的淀粉物质。外层部分遇碘呈蓝紫色和紫色, 而淀粉物质則为蓝色。

淀粉由两个組成部分(直鏈淀粉和支鏈淀粉)所构成。淀粉粒分解成直鏈淀粉和支鏈淀粉的数量因分离方法而异〔雪友(Yukitomo), 1931〕。稻淀粉当加热到70°C时, 分解为37%的直鏈淀粉和63%的支鏈淀粉, 而当加热到80°C时, 則产生64%的直鏈淀粉和36%的支鏈淀粉。

按我們的观点, 直鏈淀粉和支鏈淀粉并非稳定的有严格特异性的物质。由于分离条件的变化, 淀粉的物理——机械结构发生改变, 因而也就引起这两个組成成分的产生量发生变化。糯稻淀粉不含直鏈淀粉, 但如果使它在水中加热到糊化温度, 則淀粉糊液遇碘, 开始成蓝色〔伊諾恩(Jnone)和安諾德(Onodera), 1951—1952], 这表明有直鏈淀粉。此外, 如我們的試驗証明, 糯稻淀粉糊加热到70—90°C时, 其粘性大大降低。我們認為, 这是由于糯稻淀粉(“膜质”淀粉)受到破坏, 此后, 淀粉失去粘性, 其性质接近淀粉物质。稻淀粉含有磷, 这磷一般推測为以酯鏈和淀粉結合; 其他灰分元素則是混合物。淀粉粒中發現有0.18%的脂肪; 当酸水解时, 則其含量增至0.67%。

稻淀粉的酸水解, 較其他作物的淀粉进行得緩慢〔烏呂格伯(Rüggeberg), 1950〕。

发现稻粒中有葡萄糖、蔗糖、麦芽糖、果糖和棉籽糖。

已經确定〔木原(Kihara)等人, 1948], 从稻糠中分离出来的稻纖維素是由74.44%—75.72%的 α -纖維素, 11.74—

11.90%的 β -纖維素和12.54—13.66%的 γ -纖維素所組成；在 α -纖維素中有20.85—20.99%的灰分。在試驗的样品中并无木素反应。

脂肪 稻粒中的油大部分含于胚和糊粉层里。因脂酶的活性强的緣故，稻的脂肪迅速分解为游离脂肪酸。因此为了从磨碎后的稻粒(或糠)中提取脂肪时，需加溫至90°C，以防止脂肪分解。已經确定[克魯茲(Crutz)、維斯特(West)和阿拉剛(Aragon), 1932]，稻脂肪主要是由油酸、亚麻二烯酸(亚油酸)和軟脂酸所构成(表8)。

表8 稻粒脂肪的化学成分

酸 类	含 量 (以%計算)	
	变 幅	平 均
不 饱 和 的:		
油 酸	41.0—45.6	42.3
亚 麻 二 烯 酸	27.6—36.7	30.6
饱 和 的:		
豆 蔻 酸	0.1—0.3	0.2
软 脂 酸	12.3—17.3	15.5
硬 脂 酸	1.8—2.6	2.1
花 生 酸	0.5—0.7	0.6
糊 酸	0.4—0.9	0.7
不 皂 化 物 质	4.0—4.6	4.2

自稻脂肪中，除分离出脂肪酸外，还可分出溶血卵磷脂和磷[伊法塔(Juata), 1931]。溶血卵磷脂于水解时，分解为軟脂酸、胆硷和磷酸甘油。其元素成分：C—58.08%；H—10.01%；