

黑麦的生物化学

基 明 斯 坦
叶 尔 玛 科 夫 著
克 尼 亚 金 尼 切 夫
刚 恰 连 科



农 业 出 版 社

黑 麦 的 生 物 化 学

基 明 斯 坦
叶 尔 瑪 科 夫
克 尼 亚 金 尼 切 夫
刚 恰 連 科
董 钻 譯

农 业 出 版 社

А. И. Ермаков, М. И. Княгиничев,
И. К. Мурри
БИОХИМИЯ КУЛЬТУРЫ РАСТЕНИЙ
ТОМ I
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

黑麦的生物学

[苏] Ф. И. 基明斯坦
А. И. 叶尔玛科夫
М. И. 克尼亚金尼切夫
Ф. И. 刚恰连科
董 钻 译

农业出版社出版

北京老铎局一号

(北京市书刊出版业营业许可证出字第 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 13144.153

1964 年 4 月北京制型

1964 年 8 月初版

1964 年 8 月北京第一次印刷

印数 1—2,500 册

开本 787×1092 毫米

三十二分之一

字数 61 千字

印张 二又八分之七

定价 (科六 三角六分)

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、荞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年苏联国立农业书籍出版社出版。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

黑麦的分布、简要植物学特征和意义·····	1
黑麦的籽粒和植株其他部分的化学成分·····	4
化学成分与黑麦栽培地区条件的关系·····	24
土壤条件与农业技术对籽粒化学成分的影响·····	28
黑麦品种在化学成分上的区别·····	38
在籽粒萌发、成熟和贮藏时期化学物质的变化·····	47
育种与黑麦的化学成分·····	64
黑麦的利用·····	72
参考文献·····	80

黑麦的分布、簡要植物学特征和意义

冬黑麦的栽培由于其生物学特性，在气候溫暖和寒冷的国家中分布甚广。由古代土堆中*发现的黑麦古代遺跡表明，青銅时代末期欧洲就已知道黑麦。

根据苏联学者的考古資料可以証实，德聶伯河中游沿岸的居民在公元前一两千年就知道了黑麦。在德聶伯河和德聶斯特河流域，东斯拉夫人于公元一千年的前半期就栽培黑麦，奥卡河流域栽培黑麦也是在这段时期。露西的北部在公元六世紀才知道黑麦，这点为古拉多加的发掘工作所証实[安特罗波娃 (B. Ф. Антропова) 和路克斯 (A. Т. Лукс), 1954]。俄罗斯居民在西伯利亚栽培黑麦开始于十七世紀前半叶。苏联的黑麦栽培向北到达北极圈以外(北緯 69°)，在西伯利亚达北緯 64° ，南界为北緯 48° 。最大的播种面积集中在非黑土带(35%)、黑土森林草原带(25%)、頓河流域和伏尔加河沿岸(25%)以及西伯利亚(5%)。

苏联的黑麦播种面积仅次于小麦，占第二位。在世界农业中，以播种面积計，冬黑麦在禾谷类作物中占第五位，次于小麦、玉米、稻和燕麦。1940年苏联黑麦的播种面积超过2,300万公頃，或占世界总面积的56%以上。黑麦在德国、法国、西班牙和奥地利等欧洲国家中占居很大面积(表1)。

* 系指北意大利青銅时代的設防居民点(terramare)——譯者注。

表 1 欧洲各国黑麦播种面积

国 别	播 种 面 积 (千公頃)		
	1939 年	1946—1951 年	1951 年
奥 地 利	366	240	210
比 利 时	154	92	82
德国 (西德)	1535	1395	1290
丹 麦	145*	152	118
西 班 牙	595	623	622
意 大 利	102	99	96
荷 兰	243	189	161
法 国	631	495	261
瑞 典	188	139	98

* 根据 1931—1935 年资料。

欧洲之外的黑麦播种面积占世界总面积的 6% 左右，其中美国占 3%，阿根廷和加拿大约占 2%。到 1955 年欧洲的黑麦播种显著减少。

1939 年世界黑麦籽粒产量达 2,566.5 万吨 (苏联除外)，其中德国占 945.5 万吨，波兰占 563.8 万吨，捷克斯洛伐克占 148.5 万吨 (统计手册，1944)。

苏联以栽培冬黑麦为主，春黑麦分布在东西伯利亚。据统计汇编的资料 (1956)，苏联冬黑麦的播种面积 (单位：百万公頃)：1950 年 23.6，1954 年 20.5，1955 年 19.1，1956 年 18.7。

黑麦属于禾本科大麦族 (*Hordeae* Benth) 黑麦属 (*Secale* L.)。黑麦属包括 12 个种，其中 10 个野生种，1 个脆黑麦 (*S. segetale* Zhuk.)，1 个栽培种 (*S. cereale* L.)。

S. cereale L. 即栽培的黑麦。这个研究得最透彻的种与多形种脆黑麦有许多共同的特征。后者 (杂草黑麦) 生长在阿

富汗、土庫曼斯坦和烏茲別克斯坦、伊朗、小亞細亞和外高加索的小麦与大麦田間。伊朗西北部、土耳其东北部和外高加索南部的脆黑麦的类型最多，然而栽培的黑麦却只有一个变种 *S. cereale* var. *vulgare* Körh.。黑麦的細胞核中有14个染色体(双倍的)，少数有16个[安特罗波娃(В. Ф. Антропова)和茹科夫斯基(П. М. Жуковский)]。

栽培黑麦的很多品种属于 *Var. vulgare* 变种。这些品种生长在苏联南部(黑海沿岸、德聶伯河流域、伏尔加河中下游和北高加索)、西西伯利亚东南部、外高加索、中亚細亞、阿富汗、伊朗以及小亞細亞等地的砂土上。

野生种 (*S. montanum* Guss., *S. anatolicum* Bios., *S. dalmaticum* Vis., *S. Kuprijanovii* Groch., *S. angestræle* Zhuk., *S. Vavilovii* Groch., *S. africanum* Staf. 等) 未被广泛利用。其中只有几个种被用作飼料。

脆黑麦中有着具有宝贵生物学与經濟特征的类型，比如象早熟、抗涝、抗倒伏等等。当小麦和大麦向山区、向北方、向不利于它們生长的地方推移时，脆黑麦便排挤这些作物而成为更能适应恶劣气候条件的一种单一的作物。在2,000米的高地上，决不会見到沒有黑麦的小麦田，而且往往黑麦对小麦占居絕對的优势。根据茹科夫斯基和土曼揚(П. М. Жуковский и М. П. Туманян)的資料，在土耳其的高山地区，黑麦在900—2,000米的高处严重的混杂于小麦內，而在更高的地区則黑麦成为单一的作物。

黑麦可分为六个生态地理型：北俄罗斯型、西欧型、草原型、西西伯利亚森林草原型、东西伯利亚森林草原型和远东海滨型。

黑麦的籽粒和植株其他部分的化学成分

黑麦的籽粒由种皮、胚乳和带子叶的胚組成。根据科查科夫(Е. Д. Козаков, 1947)的資料,籽粒中种皮与麦粉层的平均含量占18.6%,胚和子叶占3.7%,胚乳占77.7%。籽粒中这些部分的化学成分有着根本的区别,同时也反映出各个組成部分在生命活动过程中所起的作用。表2中引証的是不同国家黑麦籽粒商品样本化学成分的平均数据和胚与种皮分析的平均数据。

表 2 籽粒及其各部分的平均化学成分

(占干物质的%,根据不同作者的資料)

植 株 部 分	蛋 白 质 N × 5.7	碳 水 化 合 物	纤 维 素	油 分	灰 分
籽粒: 苏 联*	14.03	65.7**	2.36	1.74	2.04
苏 联	13.15	68.3	1.80	1.72	1.90
美 国	13.16	—	2.01	1.69	2.07
德 国	11.17	69.1	2.62	1.63	2.09
胚	40.70	37.6	4.41	10.70	6.43
	41.0	29.9	3.94	11.95	5.54
种皮及麦粉层 (麸皮)	16.0	48.2	3.7	2.4	10.7
	16.1	55.9	5.8	3.6	4.8

* 表的第一行引証的是根据近三十年来所得到的和发表的資料所归納的平均数据,第二行是革命前发表的数据。黑麦籽粒中蛋白质平均含量的差别在某种程度上反映着农业技术、种植地的分布和品种成分上的差异。

** 淀粉。

根据新旧資料,产于苏联的黑麦籽粒中蛋白质含量的百分比較高。

胚的特征是蛋白质、油分和灰分含量高。种皮中矿物质的浓度最高。各种化学物质占胚干物质的百分含量变动在下列范围内：蛋白质 25.8—46.3，油分 7.3—14.4，粗纤维 1.8—6.7，碳水化合物 27.4—51.4，灰分 4.4—9.6（舒耶特和帕里麦尔，1938）。

籽粒的化学成分尤其是蛋白质含量随着栽培条件（地区、农业技术）和黑麦的品种特性而转移。栽培条件影响籽粒的饱满度。表 3 中列举的资料表明，不饱满籽粒比饱满籽粒的蛋白质、油分和灰分的含量较多，而淀粉较少。

表 3 籽粒饱满度对化学成分的影响

[占含水量 15% 的籽粒的%，根据科兹米娜和克列托维奇（Н. П. Козьмина и В. Л. Крегович）的资料，1950]

籽粒	粗蛋白 (N × 5.7)	碳水化合物	纤维	油分	灰分
饱满的	7.2	73.2	1.6	1.5	1.5
中等的	9.0	70.7	1.9	1.7	1.7
不饱满的	11.5	66.5	2.7	2.3	2.0

在不饱满籽粒中，种皮、麦粉层和胚的百分数较高，而胚乳的百分数较低。这些变化影响到化学成分，最明显地影响蛋白质和碳水化合物的含量。

从表 4 的资料可看出籽粒千粒重与蛋白质百分含量之间的关系。

蛋白质和其他含氮物质 粗蛋白质是指由所得的氮素百分比乘系数 5.7* 而得出的含氮物质的总和。因此，其中除蛋白质之外，还包括非蛋白物质（氨基酸、酰胺和若干其他物

* 文献中引用的许多数据是以氮素乘系数 6.25 得到的。

表 4 黑麦籽粒中蛋白质含量与籽粒绝对重量的关系

[1935、1936 和 1937 年的收成，根据基齐玛

(П. Н. Кизима) 的资料]*

以黑麦绝对重量分组 (克)	测 定 次 数	千粒绝对重(克)	蛋白质%
15.9 以下	22	14.1	16.3
16.0—19.9	47	18.2	15.6
20.0—23.9	73	22.0	13.7
24.0—27.9	67	25.8	13.0
28.0 以上	21	29.3	11.8
平 均	230	22.2	14.0

* 指白蛋白、球蛋白和非蛋白含氮物质的含量。

质)。根据我们的许多实验的资料以及文献的资料，黑麦籽粒中非蛋白氮占 0.39—0.60%。这一部分氮占总氮的百分数为 6.0—12.0%。

籽粒蛋白质是由各类蛋白所组成，而这些蛋白通常又是由具有共同性质的若干蛋白质所组成。每类蛋白有着自己的特性，这就使之有可能将它们加以区别和分离出来。当用同样的方法处理不同的样本时，可以定量测定出各类蛋白的成分。各类蛋白成分的资料可以用于定性鉴定黑麦籽粒中所有蛋白质复合体。籽粒中各种蛋白的含量在很大程度上随着各类蛋白分离和测定的方法而转移。

提取蛋白质通常从用中性盐溶液处理麦粉样本开始（白蛋白、球蛋白和非蛋白含氮物质均转入该溶液），然后，先用 70% 酒精溶液后用弱碱溶液提取之。因为麦胶蛋白在 70% 酒精以及弱碱溶液中是溶解的，所以，叶尔玛科夫 (А. И. Ермаков, 1952) 提出修改提取和测定蛋白质（麦胶蛋白和谷蛋白）的方法，根据这种修改，麦粉样品经过盐溶液处理后，继

續用两种处理提取：一部分样品先用酒精溶液后用碱溶液处理；而另一部分样品先用碱溶液后用酒精溶液处理。这样做可以查明黑麦籽粒中少量不溶于弱碱而溶于酒精的蛋白质。这部分蛋白质的量在4—8%之間(玉米籽粒中这种蛋白质約为全部蛋白质的四分之一，而在黍和高粱籽粒中占一半以上)。

表5列举了全苏作物栽培研究所生物化学实验室資料和不同文献材料中籽粒蛋白质复合体的成分。数据表明，在黑麦蛋白质中大部分是白蛋白。根据許多分析的平均資料，白蛋白占25%，黑麦球蛋白占19.2%。

表 5 黑麦籽粒含氮物质复合体的成分

(被提取的含氮物质氮素总量中氮素的%)

变化幅度	非蛋白 物 质	白蛋白	球蛋白	麦胶蛋白	非麦胶蛋白的醇溶 蛋白*	谷蛋白	籽粒中氮 素的%
最 小	5.0	23	15.0	16.5	4.2	8.0	1.9
最 大	12.0	39	29.3	27.8	8.1	22.0	2.4
平 均	8.0	25.3	19.2	25.4	6.0	16.5	

* 即麦粉样本經弱碱溶液提取后用酒精溶液提取的蛋白质。

仔細磨碎的麦粉中达53%的含氮物质进入盐抽出液，其中有白蛋白、球蛋白和非蛋白物质。

維斯康辛州(美国)黑麦胚的蛋白质复合体主要由白蛋白組成，溶于70%酒精溶液的蛋白(可能是麦胶蛋白)只占蛋白质的7.3%。

黑麦麦胶蛋白含17.7%的氮，其中氮素占4.08%，碱性氨基酸氮(賴氨酸、精氨酸、組氨酸的氮)占0.91%，非碱性氮

占12.56%[奥斯波伦(Т. Б. Осборн), 1935]。麦胶蛋白的特点是溶于70%的酒精溶液和弱碱溶液(0.2%NaOH), 与其他不溶于弱碱的醇溶蛋白不同。这些蛋白在各种禾谷类作物和其他植物的种子中都已找到。在黑麦籽粒中, 它们的氮占籽粒总氮量的5—8%[叶尔玛科夫(А. И. Ермаков), 1952]。

根据克列托维奇(В. Л. Кретович, 1940)的研究, 黑麦麦胶蛋白含17.20%的氮, 在55%的乙醇中的比旋光度为121, 而在酚中为157; 麦胶蛋白另一制剂含16.82%的氮, 在70%的酒精溶液中比旋光度为114 (在同样条件下, 小麦麦胶蛋白的比旋光度为91)。

表6中引証了几种氨基酸在总蛋白质和个别蛋白质——麦胶蛋白和谷蛋白中的含量。

表 6 几种氨基酸在黑麦蛋白质中的含量* (%)

蛋 白 质	精 氨 酸	组 氨 酸	赖 氨 酸	色 氨 酸	胱 氨 酸
籽粒的总蛋白质	8.6	2.4	4.6	1.25	2.0
麦 胶 蛋 白	6.3	7.2	0.4	—	1.4
谷 蛋 白 {	7.1	2.8	5.4	—	2.6
	13.6	4.5	6.2	1.8	1.79

* 根据 А. И. 叶尔玛科夫 (1952) 和 Ф. И. 刚恰连科 (1936) 所引资料编成。

关于各种氨基酸在黑麦籽粒总蛋白质中的含量的资料同时列举在表41和表76中。

对得自匈牙利黑麦不同品种的麦胶蛋白样品氨基酸尾基-N的研究使代丘(Дейчу, 1954)得出结论, 麦胶蛋白分子含有两个苯氨基丙酸尾基和一个谷氨酸尾基。而在小麦麦胶

蛋白中有 0.5—2 克分子的苯氨基丙酸尾基。可見，黑麦与小麦的麦胶蛋白的蛋白质尾基有质的区别。

在得自苏联黑麦样品的麦胶蛋白制剂中，列茲尼欽科等 (М. С. Резниченко 等, 1956) 用双計量分配色层分离法找到了 15 种氨基酸。在黑麦麦胶蛋白中未发现天门冬氨酸，但用弗尤尔特 (Фьюрт) 方法測定証实了存在色氨酸。定量測定了七种氨基酸，它們在麦胶蛋白中占的百分比是：谷氨酸 43.4，脯氨酸 8.0，亮氨酸 6.0，賴氨酸 1.0，纈氨酸 4.5，苯丙氨酸 3.1，酥氨酸 5.3。

从孕穗期刈割的黑麦 (1948—1949 年的收成，品种巴尔鮑) 中所提取的总蛋白质，含有下列氨基酸 (占含 16% 氮素的蛋白质的百分数，四次重复的平均值)：賴氨酸 5.6，亮氨酸 6.7，异亮氨酸 5.8，纈氨酸 5.9，酥氨酸 4.8，蛋氨酸 1.6，苯丙氨酸 4.8，色氨酸 0.84，谷氨酸 11.7。刈割物中蛋白质的平均数量为 23.7% ($N \times 6.25$)。

所有的酶也均属于蛋白质，酶的含量可根据它們的活性来断定。

在黑麦的种子中有許多不同的酶呈游离的和吸附于細胞組成部分的状态存在。某些酶 (过氧化氢酶、淀粉酶等) 的活性反映着品种特性、栽培条件、成熟度以及籽粒貯藏和干燥条件。干旱地区的籽粒和經過人为高溫干燥的籽粒，其过氧化氢酶的活性有所降低。

过氧化物酶和多酚氧化酶在成熟籽粒中活性不高；完熟种子的水浸出物中測定的过氧化氢酶和过氧化物酶的活性比蜡熟种子中的低，后者为前者的 1.5—2.5 倍 [符拉修克和克里莫夫 斯卡婭 (П. А. Власюк и З. М. Климовская), 1948]。

黑麦成熟种子的 β -淀粉酶活性强, α -淀粉酶活性很弱。尚未收获的或尚未成熟的籽粒中 α -淀粉酶含量高。根据普罗宁和达赫(С. И. Пронин и В. М. Дах, 1951)的资料,黑麦 α -淀粉酶反应最适带在 $54-63^{\circ}$ 之间,而 β -淀粉酶在 $48-51^{\circ}$ 之间。成熟的籽粒蛋白分解活性微弱(图1)。

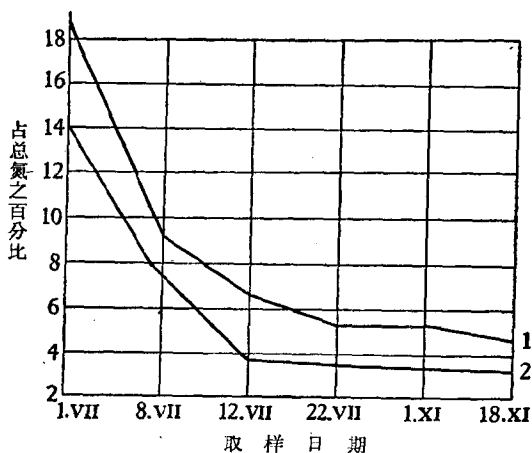


图1 黑麦籽粒成熟过程中蛋白分解酶活性的变化
1. 蛋白质的酶促分解; 2. 蛋白质的酶促可解性。

尤尔根逊(М. П. Юргенсон, 1937)曾研究过黑麦种子蛋白分解酶对同一黑麦种子各种蛋白质的作用。

作者用奥斯波伦(Осборн)的方法得到了麦胶蛋白、谷蛋白和球蛋白,测定了每种蛋白的含氮量,并研究了在不同pH值下这种酶复合体的活性(表7)。

从表7中可以看出,黑麦种子中所含的蛋白分解酶混合物分解谷蛋白的作用较分解麦胶蛋白为弱,而它分解的最适

表 7 黑麦蛋白分解酶对黑麦种子各个蛋白质

作用时氨态氮的增长

(氮的毫克数)

蛋 白 质	試 驗	pH2.0	pH3.7	pH4.9	pH5.6	pH6.9	pH7.6	pH8.5
麦胶蛋白 (16.9%的氮)	始	1.85	2.64	4.15	2.12	1.32	1.01	0.81
	終	2.83	8.14	8.43	5.14	2.17	2.21	0.85
	增长量	0.98	5.50	4.28	3.02	0.85	1.20	0.04
球 蛋 白 (17.2%的氮)	始	1.98	2.93	4.50	2.23	—	1.05	0.76
	終	1.98	8.20	8.85	5.26	—	1.95	0.78
	增长量	0.00	5.27	4.35	3.03	—	0.90	0.02
谷 蛋 白 (15.05%的氮)	始	1.17	1.39	1.41	1.05	—	0.84	0.83
	終	1.19	1.65	1.97	1.57	—	0.92	0.83
	增长量	0.02	0.26	0.56	0.52	—	0.08	0.00

带处于較酸的范围。正如 M. П. 尤尔根逊指出的那样, 当 pH 接近相应蛋白质的等电带, 但又不与之相重合时, 分解作用最大。麦胶蛋白的等电带是 3.36—3.70, 球蛋白是 3.70—4.20, 谷蛋白是 4.41—4.95。蛋白分解酶混合物在麦粉提出物中对麦胶蛋白作用在 pH 3.7 时最适, 对谷蛋白的作用则在 pH 4.9—5.6 时最适。

什巴叶夫(П. Н. Шибаяев, 1948), 尔后有科兹米娜、伊里娜和鲍特曼(Н. П. Козьмина, В. Н. Ильина и Л. А. Баутман, 1956)首先从黑麦粉中分离出了面筋。黑麦粉面筋是一种軟而弹性小的胶冻。在随后仔細冲洗过程中, 輕度拉长的胶冻逐渐变成了类似小麦的真正坚韧的面筋。面筋的出产率約为黑麦粉重量的 3.1%。然而, 黑麦面筋的百分比是否低, 还不能成定論, 因为用更完善的方法(这方法必須研究出来)将能大大地提高黑麦面筋蛋白质的出产率。看来, 形成

面筋主要的障碍是黑麦籽粒中含有大量粘液，它与黑麦籽粒的蛋白质组成水溶性化合物，在冲洗面筋时极易随水流失。

碳水化合物 集中在胚乳中的淀粉是黑麦籽粒最大的部分。籽粒中淀粉和可溶性糖的数量变动在 57—70% 之间。

淀粉重要特性之一是糊化的温度。据文献和我们的资料，洗过的黑麦淀粉的糊化温度在 50—62° 之间。据普罗宁和伊万诺娃(С. П. Пронин и А. Ф. Иванова, 1956)的资料，从两种商品麦粉样本中提取的淀粉的糊化温度是 57—58° (用戈尔巴切夫方法)和 61—62° (用淀粉计)。

涅道库恰耶夫(Н. К. Недокучаев, 1899)以及叶先-干赞(Иесен-Ганзен)仔细研究了黑麦籽粒中碳水化合物的积累和转化。叶先-干赞提取并鉴定了四种醇溶糖：(1)葡萄糖和果糖的混合物；(2)蔗糖；(3)黑麦糖；(4)апепонин。

这些物质在黑麦籽粒发育早期的总量为干物质的 50%。作者所找到的物质—апепонин—的实验式是 $(C_{12}H_{22}O_{11})_n$ 。

现在我们引用叶先-干赞的表格，该表表明成熟后期黑麦籽粒中碳水化合物占干物质的百分含量(表 8)。

表 8 成熟后期(7月22日)黑麦籽粒中碳水化合物的含量

物 质	占干物质的 %
干物质(籽粒中 27.8 %)	—
多缩戊糖	6.4
淀粉	60.6
溶在醇中的还原物质	0.67
可溶性碳水化合物	1.17
溶于 90° 酒精的黑麦糖	0.34
апепонин	1.94
溶在醇中的总碳水化合物量	4.12