

# 土壤肥料与农产品质量

(苏)H·C·阿夫道宁 著

陈琴笙 译

郭大本 校



25

科学技术文献出版社

# 土壤肥料与农产品质量

(苏) H·C·阿夫道宁著

陈琴笙 译

郭大本 校

科学技术文献出版社

(京)新登字130号

### 内 容 简 介

本书通过大量的试验与研究,阐明了土壤肥力水平和施用化肥对粮食、饲料和蔬菜等36种农作物的产品质量的影响。研究了蛋白质及其成分氨基酸、单糖、双糖、淀粉、维生素C、胡萝卜素、维生素B<sub>1</sub>、维生素B<sub>2</sub>、维生素E、灰分的含量作为品质的指标。大量的资料表明,储存时作物品质的变化取决于栽培条件,即土壤肥力水平和施肥。

Н. С. АВДОНИН,  
академик ВАСХНИЛ

## ПОЧВЫ УДОБРЕНИЯ И КАЧЕСТВО РАСТЕНИЕВОДЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ

МОСКВА «КОЛОС» 1979

土壤肥料与农产品质量

(苏) Н. С. 阿夫道宁著

陈琴笙 译

郭大本 校

科学技术文献出版社出版发行

(北京复兴路15号 邮政编码100038)

黑龙江农垦日报社印刷厂印刷

787×1092毫米 16开本 11.5印张 字数: 272千字

1992年6月第1版 1992年6月第1次印刷

印数: 1—2000册

ISBN7-5023-2003-2/S.192

定价12.00元

# 序 言

《土壤、肥料与农产品质量》一书，于1979年在苏联出版，现在这本书已由黑龙江农垦勘测设计院陈琴笙同志译成中文，在付印之前，叫我写一篇序言。首先对陈琴笙同志通过刻苦钻研和辛勤劳动，终于完成这本专著的翻译工作表示祝贺。这本专著的中译本能为俄文还不十分熟悉的农业工作者提供参考。

土壤熟化度及肥力水平和化肥使用是影响作物产量和品质的重要因素，研究它们之间的相互关系是农业生产部门和科研单位共同关心的问题。特别是随着生产的发展和人民生活水平的提高，对农产品品质的要求愈来愈高。这本书通过广泛调查，统计分析和连续5年的田间和盆栽试验，系统地阐述了土壤条件和化肥使用对粮食、饲料和蔬菜等农作物的产品质量所产生的影响。

农产品品质的内容是多方面的，有营养品质，不仅包含有机成分如蛋白质、氨基酸、糖分和维生素等，还包括矿物质成分如磷、钙、镁和各种微量元素，以及卫生品质、贮藏品质、香味、口味、外观等。对这些品质进行综合评价是很不容易的，该书在这方面作出了有益的尝试。

农产品质量与品种特性、气候因素、土壤条件及栽培技术密切相关，特别是氮素化肥的施用，对作物产量和质量的影响最为明显。氮肥施用过多，常常导致农产品质量的下降。该书系统地阐明了当前粮食、蔬菜发生变质与栽培条件的关系，尤其是蔬菜贮藏发生质变与栽培措施的关系。

养分和水分的协调供应，是作物高产优质的重要条件。该书不仅研究了土壤肥力和化肥使用对农产品质量的影响，而且对农产品质量进行了综合评价，所以这本书是农业生产管理，农业科研等的重要参考书，也是当前开发绿色食品及“两高一优”农业必备的工具书。

南京农业大学教授 史瑞和

1991.8.27

# 目 录

## 序 言

|              |       |
|--------------|-------|
| 绪 论 农产品的营养质量 | ( 1 ) |
|--------------|-------|

|                     |       |
|---------------------|-------|
| 第一章 土壤特性对农产品营养质量的影响 | ( 7 ) |
|---------------------|-------|

|                    |       |
|--------------------|-------|
| 第一节 土壤肥力水平对作物品质的影响 | ( 7 ) |
|--------------------|-------|

一、土壤与作物蛋白质的含量

二、作物蛋白质含量与作物产量的高低

三、土壤肥力水平对某些作物的蛋白质及其氨基酸组成的影响

四、土壤肥力水平对作物的碳水化合物含量的影响

五、土壤肥力水平对作物维生素C和胡萝卜素含量的影响

六、土壤肥力水平对作物矿物质含量的影响

|                       |        |
|-----------------------|--------|
| 第二节 生草灰化土的特性对农产品品质的影响 | ( 26 ) |
|-----------------------|--------|

一、土壤环境的酸性反应对作物蛋白质、碳水化合物及其他物质含量的影响

二、活性铝对作物营养质量的影响

三、钼对作物质量的影响

|                        |        |
|------------------------|--------|
| 第三节 酸性土壤施石灰对农产品营养质量的影响 | ( 36 ) |
|------------------------|--------|

|              |        |
|--------------|--------|
| 第二章 化肥与农产品质量 | ( 43 ) |
|--------------|--------|

|                   |        |
|-------------------|--------|
| 第一节 氮肥对作物蛋白质含量的影响 | ( 47 ) |
|-------------------|--------|

|                           |        |
|---------------------------|--------|
| 第二节 在施石灰的基础上化肥对作物蛋白质含量的影响 | ( 52 ) |
|---------------------------|--------|

|                   |        |
|-------------------|--------|
| 第三节 磷肥对作物蛋白质含量的影响 | ( 55 ) |
|-------------------|--------|

|                  |        |
|------------------|--------|
| 第四节 钾肥对谷类作物质量的影响 | ( 59 ) |
|------------------|--------|

|                        |        |
|------------------------|--------|
| 第五节 土壤肥力水平和施肥对马铃薯质量的影响 | ( 59 ) |
|------------------------|--------|

|                                            |        |
|--------------------------------------------|--------|
| 第六节 土壤肥力水平和施肥对“库斯克”冬油菜和<br>“白色球形”饲料芜菁的质量影响 | ( 63 ) |
|--------------------------------------------|--------|

|                     |        |
|---------------------|--------|
| 第七节 化肥比例和剂量对作物质量的影响 | ( 68 ) |
|---------------------|--------|

一、饲料甜菜和马铃薯中碳水化合物、蛋白质和维生素的含量

二、饲料甜菜和马铃薯的锰和磷含量

三、饲料甜菜里的钾含量

|                       |        |
|-----------------------|--------|
| 第八节 长期施化肥和施石灰对作物质量的影响 | ( 78 ) |
|-----------------------|--------|

|               |        |
|---------------|--------|
| 第三章 蔬菜作物的营养质量 | ( 89 ) |
|---------------|--------|

|         |        |
|---------|--------|
| 第一节 西红柿 | ( 91 ) |
|---------|--------|

|              |        |
|--------------|--------|
| 第二节 圆白菜(包心菜) | ( 96 ) |
|--------------|--------|

|            |                                    |                |
|------------|------------------------------------|----------------|
| 第三节        | 胡萝卜.....                           | ( 104 )        |
| 第四节        | 食用甜菜.....                          | ( 110 )        |
| 第五节        | 水萝卜.....                           | ( 117 )        |
| 第六节        | 青萝卜.....                           | ( 120 )        |
| 第七节        | 洋葱.....                            | ( 121 )        |
| 第八节        | 茼蒿.....                            | ( 124 )        |
| 第九节        | 菠菜.....                            | ( 127 )        |
| 第十节        | 小茴香.....                           | ( 132 )        |
| 第十一节       | 芹菜.....                            | ( 139 )        |
| 第十二节       | 菜豆.....                            | ( 142 )        |
| <b>第四章</b> | <b>作物的栽培条件对它在贮藏过程中品质变化的影响.....</b> | <b>( 147 )</b> |
| 第一节        | 食用甜菜.....                          | ( 147 )        |
| 第二节        | 冬油菜和饲料芜菁.....                      | ( 155 )        |
| 第三节        | 马铃薯和饲料甜菜.....                      | ( 158 )        |
| 第四节        | 青萝卜.....                           | ( 165 )        |
| 第五节        | 芹菜.....                            | ( 166 )        |
| 第六节        | 小茴香.....                           | ( 170 )        |
| 第七节        | 菠菜.....                            | ( 172 )        |
| <b>结 语</b> | .....                              | <b>( 176 )</b> |

## 绪论 农产品的营养质量

评估农产品时，应当将加工质量与营养质量相互区分。

有些农产品只能当工业原料，属于这类的有棉花、亚麻纤维和大麻等。其余大部分农产品用作人类的食品和畜牧饲料，属于这类的农作物有蔬菜和饲草等。还有一些农产品，既是工业原料又是人类食品和畜牧的饲料。大麦籽粒不但可直接用作人的食物和畜牧饲料，而且还可作为啤酒生产的原料。植物油既可食用，又可作油漆的原料。

本书不涉及农产品的加工质量，仅仅阐述农产品营养质量方面所获得的资料。

农产品的营养价值，有赖于蛋白质、碳水化合物、脂肪、维生素、微量元素、矿物质和其他物质的含量。作物中这些物质的含量变化是很大的。

众所周知，人的健康、牲畜的健壮和生产率，有赖于食品和饲料的质量，失去正常的营养，势必导致机体虚弱，如果营养再不断地下降，就会导致患病，新陈代谢不正常。伴随而来的是人的工作效率降低以及畜牧生产力降低，这是一种特殊的病灶。

一个人在一昼夜中，需要从食品中得到的营养（总热量为3000千卡）列表1：

表1 一昼夜每人所需营养

| 名 称     | 单 位 | 数 量     |
|---------|-----|---------|
| 蛋 白 质   | 克   | 80~100  |
| 必需氨基酸   |     |         |
| 色 氨 酸   | 克   | 1       |
| 亮 氨 酸   | 克   | 3~4     |
| 异亮氨酸    | 克   | 4       |
| 缬 氨 酸   | 克   | 2~3     |
| 苏 氨 酸   | 克   | 3~5     |
| 赖 氨 酸   | 克   | 2~4     |
| 蛋 氨 酸   | 克   | 2~4     |
| 苯 丙 氨 酸 | 克   | 2~4     |
| 碳水化合物   | 克   | 400~500 |
| 其中：淀粉   | 克   | 350~400 |
| 糖       | 克   | 50~100  |
| 纤维素     | 克   | 25      |

|                       |    |            |
|-----------------------|----|------------|
| 有机酸                   | 克  | 2          |
| 脂 肪                   | 克  | 80~100     |
| 矿物质                   |    |            |
| 钙                     | 毫克 | 800~1000   |
| 磷                     | 毫克 | 1000~1500  |
| 钠                     | 毫克 | 4000~6000  |
| 钾                     | 毫克 | 2500~5000  |
| 氯化物                   | 毫克 | 5000~7000  |
| 镁                     | 毫克 | 300~500    |
| 铁                     | 毫克 | 15         |
| 锌                     | 毫克 | 10~15      |
| 锰                     | 毫克 | 5~10       |
| 铬                     | 毫克 | 2~25       |
| 铜                     | 毫克 | 20         |
| 钴                     | 毫克 | 0.1~0.2    |
| 铝                     | 毫克 | 0.5        |
| 氟化物                   | 毫克 | 0.5~1.0    |
| 碘化物                   | 毫克 | 0.1~0.2    |
| 维生素                   |    |            |
| C (抗坏血酸)              | 毫克 | 70~100     |
| B <sub>1</sub> (硫胺素)  | 毫克 | 1.5~2.0    |
| B <sub>2</sub>        | 毫克 | 1.5~2.0    |
| PP (菸草酸)              | 毫克 | 15~25      |
| B <sub>5</sub> (乳酸)   | 毫克 | 1.5~2.5    |
| B <sub>6</sub> (吡哆醇)  | 毫克 | 2~3        |
| B <sub>12</sub> (谷胺素) | 毫克 | 0.005~0.80 |
| 胆汁素                   | 毫克 | 500~1000   |
| D (多类型抗佝偻病维生素)        | 毫克 | 0.04       |
| P (芸香苷)               | 毫克 | 25.0       |
| B <sub>9</sub> (叶酸)   | 毫克 | 0.1~0.5    |
| E (多类型生育酸)            | 毫克 | 2.0~6.0    |
| K (多类型凝血维生素)          | 毫克 | 2.0        |
| 脂肪酸                   | 毫克 | 0.5        |
| 纤维素糖                  | 克  | 0.5~1.0    |

(摘自苏联医学科学院食品研究所资料)

由表1可见,一个人正常需要的营养物质是大量的、多种多样的。表中引证的资料是对成年的非体力劳动者而言。营养研究所研究制订了不同劳动者的能量消耗标准如下:

从事非体力劳动者, 3000千卡。

从事机械化劳动者, 3500千卡。

从事重体力劳动者, 4000千卡。

从事特殊繁重的体力劳动者, 4500~5000千卡。

人们所要求的这些能源, 来源于碳水化合物、蛋白质和脂肪, 通过这些物质的氧化而提供必要能量予以补偿。

在人和动物的机体里, 在他们的生命活动过程中, 不停顿地进行着新陈代谢, 在物质交换过程中, 不仅需要蛋白质、脂肪和碳水化合物, 而且还需要其他物质, 例如多种维生素、矿物质及微量元素。

在人和动物体中蛋白质具有特别的意义。众所周知, 蛋白质是由各种氨基酸构成的。这些氨基酸称为必需氨基酸, 是人和动物的机体不能合成的。这些氨基酸(见表1), 在人和动物的机体里, 都需要从食品、饲料中得到, 既要有一定的数量, 还要有一定的比例。然而食品中原有的氨基酸含量却是悬殊很大。

在许多食品中, 通常缺乏某些必需氨基酸, 例如一个人在一昼夜需要赖氨酸2~4克, 而100克面包只含有0.12克, 如果一个人一天食用600克面包, 由此只能满足赖氨酸需要总量的20%, 就需从其他含赖氨酸较多的食品中得到补充。所以不同食品的蛋白质价值是不相同的。

为了评估各种食品中蛋白质的营养价值, 要明确蛋白质生物学价值的概念。以鸡蛋和牛奶的蛋白质作为标准, 其生物学价值为100%, 表2列出了与鸡蛋、牛奶蛋白质相比较的各种食品的生物学价值的资料。

表2 各种食品的蛋白质营养价值和指定氨基酸

| 产 品 名 称 | 指定氨基酸 | 蛋白质营养价值(%) |
|---------|-------|------------|
| 鸡 蛋     | —     | 100        |
| 牛 奶     | —     | 100        |
| 鱼       | —     | 94         |
| 大 米     | 赖氨酸   | 65~75      |
| 小麦面     | 赖氨酸   | 52         |
| 黑麦面     | 赖氨酸   | 75         |
| 大 豆     | 蛋氨酸   | 75         |
| 豌 豆     | 蛋氨酸   | 48~55      |
| 扁 豆     | 蛋氨酸   | 60         |

由表2看出, 按营养价值, 各种食品的蛋白质差别极为明显。某些食品蛋白质的营养价值平均是蛋和牛奶的50%~60%。在大米、小麦和黑麦的蛋白质里, 指定氨基酸是赖氨酸, 而在豆科作物(大豆、豌豆、扁豆)是蛋氨酸。蛋白质的营养价值还取决于酶的活性。例如, 白蛋白和球蛋白的酶活性比麦胶蛋白高。

白蛋白、球蛋白、麦胶蛋白和麦蛋白之间比例的变化, 实际上取决于栽培条件及作物的生物学特性。总之, 食品或饲料中的蛋白质总量并不能代表农产品的营养价值。因此必须研究各种蛋白质的营养价值, 考虑到蛋白质的消化率、酶的活性和必需氨基酸的

含量。

在人和动物的生活中，矿物质具有重要的作用，钠、磷、钾、铁、铬和一系列微量元素对于人体和动物是必要的。这些微量元素虽然需要量很低，但对于机体正常工作却是必不可少的。

在灰分元素中还应当提到氯化钠，它对于维持血浆渗透压力具有很大的作用。

磷和钙是骨骼的组成部分，并参与新陈代谢的全过程。磷参与核酸、核蛋白、非丁的组成。在动物机体的每个细胞中没有它们的存在是不可思议的。

三磷酸腺甙（ATP）作为活细胞和整个机体的动力具有重大意义。它释放的能量在生命体的生化反应中被应用。灰分元素影响神经和肌肉的兴奋。钙对血液的凝固有影响。

至于磷在牲畜饲料中的作用，可以看其在畜牧业中的使用而判别。在我国第九个五年计划（1971~1975年）中，畜牧生产利用了300万吨磷酸盐饲料。由于苏联大部分土壤缺乏速效磷，所以饲料中磷含量明显不足。

铁、碘及其他微量元素对人和动物也是必要的元素，铁参与血液的血红蛋白组成。由于土壤缺碘而容易产生甲状腺病，因此在牲畜的饲料中，应当含有必要数量的矿物质。奶牛适宜的营养物质数量见表3。

表3 奶牛饲草中营养物质最优含量（干物质）

| 名 称      | 单 位   | 含 量       |
|----------|-------|-----------|
| 粗 蛋 白    | %     | 13~15     |
| 可溶性碳水化合物 | %     | 13~15     |
| 粗 纤 维 素  | %     | 20~22     |
| 粗 脂 肪    | %     | 4~6       |
| 胡 萝 卜 素  | 毫克/公斤 | 40~50     |
| 钙        | %     | 0.4~0.6   |
| 镁        | 毫克/公斤 | 0.18~0.25 |
| 钠        | %     | 0.15~0.20 |
| 钾        | %     | 1.2~2.5   |
| 磷        | %     | 0.3~0.5   |
| 硝 态 氮    | %     | ≤0.07     |
| 铜        | 毫克/公斤 | 5~10      |

在人的食品和牲畜饲料中，维生素的含量虽然极少，但在人和牲畜的生命中，它们具有极为重要的作用。当完全没有时，生命不能持续，当不足时，新陈代谢受到破坏，因而出现特殊病：维生素缺乏症。农产品的营养质量取决于多种因素，首先是作物种类。众所周知，豆科作物蛋白质丰富，而缺乏碳水化合物；糖用甜菜含有丰富的糖而缺乏蛋白质等。作物品种对营养质量具有重要作用。多年来，我们调查的作物有：冬小麦、春小麦、大麦、燕麦、黍、玉米、荞麦、饲料豆、羽扇豆、菜豆、箭舌豌豆、豇豆、扁豆、紫苜蓿、三叶草、糖用甜菜、马铃薯、胡萝卜、饲料胡萝卜、叶苜蓿、结球

莴苣、小茴香、洋葱、早熟圆白菜、晚熟圆白菜、油菜、西红柿、水萝卜、青萝卜、菜豆等36种。对这些作物都研究了它们的营养质量。

农产品的质量受多种因素的影响（包括生物学质量和加工质量），对作物品质起最主要作用的因素有：气候因素（水、热、光）、土壤类型及肥力、上茬作物。尤其是肥料起极其重要的作用，其中包括肥料种类、形态、施肥和施肥方法、施用量以及N、P、K三者的比例。除了常量元素肥料之外，尚有微量元素肥料，对作物的生物学质量同样有影响。

作物生物学品质的好坏还取决于种子的质量、播期、播种量、灌溉、作物病虫害、作物的成熟期与收获期等等。

我们在研究中，着重研究了土壤特性、肥料、作物的栽培条件和它的收获期对农产品质量所产生的影响以及在贮存条件下生物学质量的变化。



# 第一章 土壤特性对农产品 营养质量的影响

## 第一节 土壤肥力水平对作物品质的影响

过去研究土壤对农产品营养质量影响的专家们仅仅注重土壤类型影响植物蛋白质含量。而土壤熟化度、肥力水平对农产品的蛋白质含量和其他生物学质量指标的影响，几乎没有问津。莫斯科大学农化教研室，通过多种作物的试验材料，首先开始研究这方面的问题。

### 一、土壤与作物蛋白质的含量

蛋白质的问题是普遍性的问题。所有国家的食品和饲料中，普遍存在着蛋白质不足。取消蛋白质的赤字，已引起全世界学者的关注。苏联也存在蛋白质不足的问题。在非黑钙土地带，这个问题尤为突出，因为这里作物的蛋白质含量比其他地区低。

莫斯科大学农化教研室的H·E·里亚斯柯夫斯基教授在1865年首先发现上述问题，他曾阐明了小麦籽粒中的蛋白质含量从北到南，由西向东逐渐增高。这种变化与大陆性气候有关。将南俄罗斯种的小麦移栽到夫亚特史科省，蛋白质含量大幅度降低。H·E·里亚斯柯夫斯基教授，根据大量的资料分析指出了“小麦籽粒成分的变化首先取决于气象因素。”〔1〕同时还认为：“从西欧到东欧，因夏季降雨量少而集中，致使小麦籽粒中氮素含量增加”。〔2〕

伟大的十月革命以后，全苏作物栽培研究院的研究人员H·H·伊凡诺夫（1928年）、K·A·菲里科史别尔格尔（1932年）、M·H·克涅吉尼契夫（1939年）、E·A·道洛戈涅夫斯卡娅（1948—1950年）等，曾研究过这个问题，他们证实了H·E·里亚斯柯夫斯基的资料和K·A·菲里科史别尔格尔编制的小麦蛋白质含量世界图。在这张图中可以看出，在干旱的省份小麦蛋白质含量通常很高。所有这些著作都曾提出小麦蛋白质含量的变化主要取决于气候。

П·E·苏特诺夫（1965年）利用国营粮食检查机关有关全国各地多年的小麦蛋白质含量资料，编制了苏联小麦蛋白质含量区域图。并由此得出结论：典型黑钙土的小麦蛋白质含量最高，栗钙土、棕钙土和灰钙土一个比一个低，淋溶黑钙土在瘠薄土壤中是最低的。但是作者没有阐明上述土壤的特性以及小麦籽粒的蛋白质质量与土壤类型的

### 注 解

〔1〕 H·E·里亚斯柯夫斯基：关于小麦籽粒的化学组成，莫斯科：1835年版，第37页。

〔2〕 同上书，第40~41页

关系；各种土壤不同季节的农化特性也没有论述。

M·M·莎姆索诺夫、Г·H·夏洛夫等在1969年总结了国家农作物试验委员会多年的研究资料，根据国家自然经济区划，得出蛋白质平均含量的分布如下：西北部11.0%，中部地区11.8%，伏尔加河地区14.9%，北高加索15.6%，乌兹别克共和国的低洼地12.0%，森林草原带13%，草原带15%。M·M·莎姆索诺夫等，仅把小麦蛋白质同降雨量相联系，而没有对土壤特性进行研究。他们的资料分析指出：非黑钙土地带的小麦蛋白质含量最低。

A·A·萨西诺夫和B·Г·科兹洛夫于1970年，研究了乌兹别克共和国南部条件下的小麦蛋白质含量，从他们的资料中可以看到，乌兹别克共和国低洼地的小麦蛋白质含量最低。他们写道：“这些差别，取决于不同的土壤和气候条件。”〔1〕“甚至在同样的地理位置上栽种的小麦，天气条件对小麦蛋白质含量也具有显著影响。”〔2〕他们采用土壤渗透计，在乌兹别克不同的土壤—气候区进行小麦栽培试验，小麦品种为：“米洛夫史卡娅808”，试验结果是：在深厚的黑钙土上，小麦蛋白质含量达14.15%。而同样的品种，种在灰化土上，小麦蛋白质含量只有11.78%。〔3〕但这个试验没有说清楚灰化土哪些特性降低了小麦籽粒中蛋白质含量。

И·H·希巴也夫在1958年指出：播种在非黑钙土地带中部地区农科所试验田中的小麦（莫斯科地区），蛋白质含量比周围一些集体农庄种的含量高。分析其原因是科研所试验地土壤肥力水平高于周围集体农庄。但他没有进一步研究土壤。

在最近的文献里发现，当前的焦点是谷物的蛋白质含量可以改变。例如在И·M·柯达尼夫《农业技术与粮食质量》一书（莫斯科“穗”出版社1970年）中阐述了影响粮食质量的一系列问题。与谷物品质相关的因素为：气候条件、土壤肥力、前茬、施肥、灌溉和作物病虫害等，均影响谷物的化学成分以及其他一系列问题。但是土壤肥力对谷物质量的影响还讲得不够深透。因此从文献中可以看出，栽培在非黑钙土上的小麦蛋白质含量要比栽培在黑钙土上的低。

根据米洛夫史卡娅808小麦蛋白质含量变化的试验资料可知，在乌克兰黑钙土上，该品种是适合的。因为它的蛋白质含量一般不低于14%，面筋含量不低于28%（A·A·萨西诺夫，M·M·史托里尼柯娃等）。然而同样是这个品种的小麦，种在生草灰化土上，小麦蛋白质含量却在9%~11%，面筋含量20%~25%，即在生草灰化土上，米洛夫史卡娅808品种优势变成劣势。但在我们的试验里，该小麦品种种在土壤肥力良好，同时追施氮肥的生草灰化土上，小麦的蛋白质含量却达到14.64%，面筋含量30%左右。这表明，在生草灰化土上可使作物获得较高的蛋白质含量。

为了阐明生草灰化土的肥力水平对作物蛋白质含量的影响，莫斯科大学农化教研室用了15年多的时间，在各种肥力水平的土壤上进行了大田作物的盆栽和田间试验。研究了生草灰化土引起作物蛋白质含量降低的不利的土壤特性。正因为提到了这些土壤的障碍

#### 注 解

〔1〕 A·A·萨西诺夫，B·Г·科兹洛夫：提高冬小麦质量，1970年版；

〔2〕 同上书第71页

〔3〕 同上书第78页

因子，而不采取排除措施与采取了排除措施进行比较。

供试的生草灰化土成土过程是相同的，但土壤熟化度即土壤肥力是不同的。试验地块布置在莫斯科大学农业生物试验站（莫斯科地区的索耳涅赤诺果尔斯克的却尼考伏附近）。试验地块之间距离不超过1~2公里。对所有作物来说，虽然试验小区的土壤肥力不同，但气候和天气条件是一样的，特别是大田试验，温度、水和光照条件是一样的。

所有的试验小区土壤速效养分为（N、 $P_2O_5$ 和 $K_2O$ ）0.1克/公斤，追施化肥N、 $P_2O_5$ 、 $K_2O$ 的有效养分量为60公斤/公顷。所以，作物的产量和蛋白质含量的差异，仅仅决定于土壤本身的肥力水平。其土壤的农化特性状况见表4。

表4 试验地土壤农化特性

| 土 壤   | pH<br>(盐浸) | 水 解 酸<br>毫克当量/100克土         | 代换性酸<br>毫克当量/100克土   | 代换盐基总量<br>毫克当量/100克土 | 盐基饱和度<br>(%)      |
|-------|------------|-----------------------------|----------------------|----------------------|-------------------|
| 高 肥 力 | 6.55       | 1.85                        | 0.05                 | 18.0                 | 90.0              |
| 中等肥力  | 5.20       | 3.10                        | 0.08                 | 8.8                  | 74.1              |
| 低 肥 力 | 4.37       | 5.01                        | 0.39                 | 5.6                  | 51.6              |
| 土 壤   | 腐殖质<br>(%) | $P_2O_5$ 毫克/100克土<br>(醋酸浸提) | $K_2O$<br>(毫克/100克土) | Mg<br>(毫克/100克土)     | Al (毫克/<br>100克土) |
| 高 肥 力 | 4.03       | 97.5                        | 16.0                 | —                    | 0.09              |
| 中等肥力  | 2.15       | 11.0                        | 7.5                  | 0.90                 | 0.27              |
| 低 肥 力 | 1.45       | 7.5                         | 4.0                  | 3.26                 | 5.04              |

由表4可见，良好的肥力水平的土壤pH值显中性反应，水解酸、代换性酸都不高，生草灰化土盐基代换量中等，盐基饱和度、腐殖质含量较高，并且有足量的速效磷、钾及少量的活性铝。肥力水平差的土壤具有强酸性反应，水解酸高，盐基饱和度低，腐殖质和速效性养分少。肥力水平好的土壤的硝化作用的能力为22.2毫克 $NO_3$ /100克土，而肥力水平差的土壤为9.3毫克 $NO_3$ /100克土。本试验采用的测试方法是：谷物蛋白质含量——巴尔释介因方法，pH——电位滴定法，水解酸——卡普宾法，交换性酸和铝——索科洛夫法，效速磷——基尔诺夫和契列柯夫法（用0.5%稀醋酸浸提），钾——玛斯罗娃法，锰——列夫法尼吉斯法。

作物维生素含量的测定，采用新鲜的材料，其余成分的分析则采用常规法。维生素C采用姆列法，胡萝卜素采用Д·И·沙波日尼柯夫法，维生素 $B_1$ 、维生素 $B_2$ 采用B·И·波根荧光仪法，维生素E总量——不再用Г·И·柯雪夫史卡娅法（Г·И·柯雪夫史卡娅、B·Г·沙维诺夫，1953年），而采用了A·欧麦里和C·欧琴柳的铁烷分析法。在产品质量分析中，仿照B·Г·沙维诺夫和Г·М·苏舍夫史卡娅方法，用乌里扬诺夫斯克产地的硅藻土作吸附剂。

所有土壤上的试验采用同一个作物品种。试验结果列表5。

表5 土壤特性对作物蛋白质含量的影响(以干物质%表示)

| 作物名称                         | 作物部位 | 高肥力   | 中等肥力 | 低肥力   |
|------------------------------|------|-------|------|-------|
|                              |      | 水平土壤  | 水平土壤 | 水平土壤  |
| 春小麦(红粒型)                     | 籽粒   | 15.52 | —    | 12.25 |
| 春小麦(大麦型5695)                 | 籽粒   | 17.11 | —    | 15.11 |
| 冬小麦(米洛夫史卡娅808)               | 籽粒   | 12.58 | —    | 10.13 |
| 冬小麦(米洛夫史卡娅808, PK肥+<br>尿素追肥) | 籽粒   | 14.64 | —    | —     |
| 冬小麦(П·П·Г186)                | 籽粒   | 13.07 | —    | 10.41 |
| 燕 麦                          | 籽粒   | 9.00  | —    | 7.4   |
|                              | 茎秆   | 0.91  | 0.87 | 0.81  |
| 糖用甜菜                         | 块根   | 2.50  | 1.8  | 死亡    |
|                              | 叶子   | 21.00 | 16.4 | 死亡    |
| 胡 萝 卜                        | 块根   | 5.4   | 5.1  | 5.0   |
|                              | 叶子   | 13.7  | —    | 11.0  |
| 玉 米                          | 叶子   | 10.01 | 8.4  | 6.6   |
|                              | 茎秆   | 7.4   | 4.2  | 3.2   |
| 三 叶 草                        | 叶子   | 21.8  | 20.2 | —     |
| 饲 料 豆                        | 叶子   | 21.9  | —    | 19.9  |
| 羽 扇 豆                        | 叶子   | 18.5  | 15.9 | 20.5  |
|                              | 茎秆   | 5.4   | 5.3  | 6.7   |

由表5可见,土壤肥力水平对作物蛋白质含量影响很大。土壤肥力水平越高,其蛋白质含量也越高。这是在上述作物中,除羽扇豆之外,所有作物及作物的各个部位都可观测到的。同一个小麦品种,栽培在肥力好的土壤上,其籽粒蛋白质含量比栽培在肥力差的土壤上的高约3%,几乎相差三分之一。П·Н·谢巴耶夫认为,小麦品种蛋白质含量的差异范围不超出1%~1.5%之间。栽培在肥力好的土壤上的小麦籽粒,不仅对人类营养和牲畜饲料有价值,而且对面包加工质量也有影响。

但是,有个别作物却例外,例如羽扇豆,土壤肥力的好坏,对它的蛋白质含量的影响不大。因为羽扇豆是嫌钙作物,可以在酸性土壤中栽培,并可获得好的收成,所以蛋白质含量差异甚小。土壤肥力水平、NPK肥料和施用石灰对饲料豆、箭舌豌豆和扁豆的蛋白质含量的影响的两年试验结果列表6和表7。

表6 土壤肥力水平对豆粒蛋白质含量的影响(占干物质%)

| 作物   | 方案    | (1972年)田间试验 |       |       | 盆栽试验  |       |       |
|------|-------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|      |       | 低           | 中等    | 良好    | 低     | 中等    | 良好    |
| 饲料豆  | 无肥    | 28.06       | 29.62 | 31.68 | 25.31 | 29.87 | 30.77 |
|      | N、P、K | 28.44       | 30.89 | 33.00 | 28.68 | 31.14 | 31.12 |
| 箭舌豌豆 | 无肥    | 23.62       | 29.06 | 28.87 | 19.25 | 21.25 | 23.87 |
|      | N、P、K | —           | 30.56 | 30.68 | 20.06 | 23.37 | 25.37 |
| 扁豆   | 无肥    | 26.14       | 27.93 | 31.50 | 25.00 | 27.50 | 28.68 |
|      | N、P、K | 30.69       | 32.50 | 33.37 | 27.31 | 29.00 | 29.75 |

表7 土壤肥力水平对豆粒蛋白质含量的影响(1973年)(占干物质%)

| 作物   | 方案       | 田间试验  |       |       | 盆栽试验  |       |       |
|------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|      |          | 低肥力   | 中等肥力  | 高肥力   | 低肥力   | 中等肥力  | 高肥力   |
| 饲料豆  | 无肥       | 25.00 | 27.87 | 31.31 | 25.12 | 23.12 | 30.87 |
|      | N、P、K    | 26.12 | 28.37 | 32.44 | 25.50 | 29.60 | 32.60 |
|      | N、P、K+石灰 | 28.37 | 30.50 | —     | 25.50 | 31.50 | —     |
| 箭舌豌豆 | 无肥       | 23.31 | 23.18 | 25.06 | 20.12 | 20.94 | 24.43 |
|      | N、P、K    | 22.42 | 24.18 | 26.62 | 20.87 | 23.75 | 25.50 |
|      | N、P、K+石灰 | 23.08 | 25.31 | —     | 22.12 | 25.81 | —     |
| 扁豆   | 无肥       | 25.18 | 30.06 | 32.25 | 18.12 | 24.62 | 27.87 |
|      | N、P、K    | 32.31 | 31.37 | 32.56 | 20.62 | 26.00 | 29.62 |
|      | N、P、K+石灰 | 32.56 | 32.94 | —     | 21.68 | 27.25 | —     |

由表6、表7可见,不仅土壤肥力水平对豆科作物蛋白质含量有作用,而且使用NPK肥料、石灰,对蛋白质含量亦有作用。不同的是土壤肥力水平对豆科作物蛋白质的影响比其他作物更显著。由表5可见,土壤肥力的好坏,对春小麦、冬小麦蛋白质含量产生的变幅只有3%左右,可是饲料豆蛋白质含量变幅却是3.62%~6.31%,羽扇豆是5.25%,扁豆是5.36%~7.38%,豆科作物对土壤肥力反应比其他作物更强烈。这说明,豆科作物(不是所有的)对生草灰化土的不良特性具有强烈敏感性。不仅植株,根瘤菌也对生草灰化土的不良特性敏感,在肥力好的土壤中,根瘤菌迅速繁殖并固定空气氮。

由表7可见,施用NPK化肥可以提高蛋白质含量,其中饲料豆,蛋白质含量提高了0.44%~1.12%,箭舌豌豆1.0%~1.5%,扁豆2.31%~4.55%。与土壤肥力水平相比较,化肥的作用要弱得多。

根据土壤的水解酸度,只有低和中等肥力水平的土壤才适于使用石灰,在良好肥力水平的土壤中不必使用。我们拥有在其他作物上多年使用石灰对蛋白质含量影响的资料。1973年的试验,使用石灰后,饲料豆蛋白质含量提高2.25%,箭舌豌豆提高0.5%,