

# 关于蛋白质在极特殊生物中作为遗传物质的猜想

杨未晞，陈梓睿 \*

(中国人民大学附属中学翠微学校，北京 100038)

**摘要** 中心法则告诉我们 DNA-RNA-蛋白质的转录翻译过程、RNA-DNA 的逆转录过程，以及 DNA-DNA 与 RNA-RNA 的自我复制过程。人类蛋白质工程已经实现蛋白质“逆翻译”为 RNA，朊病毒的发现又证实了蛋白质进行自我复制的过程，那么蛋白质是否能像 DNA 与 RNA 一样作为极特殊生物的遗传物质？本文通过对于蛋白质与病毒溯源探究推广至蛋白质的遗传功能，提出了蛋白质在极特殊生物中做遗传物质的可能性猜想，并通过现有的理论分析其合理性以及仍存在的疑问。

**关键词** 蛋白质；遗传物质；中心法则

**中图分类号** Q75；Q51

## The Hypothesis of Proteins Serving As Genetic Materials

### In Extremely Special Organisms

YANG Wei-Xi, CHEN Zi-Rui \*

*(The CuiWei campus of RDFZ, Beijing 100038, China)*

**Abstract** The central dogma tells us about the processes of transcription and translation from DNA to RNA to protein, the reverse transcription of RNA-DNA, and the self-replication processes of DNA-DNA and RNA-RNA. Human protein engineering has already achieved the "reverse translation" of proteins into RNA. The discovery of prions has further demonstrated the process of protein self-replication. Therefore, can proteins, like DNA and RNA, serve as genetic materials in extremely special organisms? This paper explores the genetic functions of proteins through their origins with viruses, proposing the possibility that proteins could function as genetic materials in extremely special organisms and examines the plausibility of this hypothesis through existing theories while acknowledging remaining questions.

**Key words** protein; genetic material; The central dogma

---

收稿日期:

\* 通讯作者 Tel: +86 15811186280; Email: [171078364@qq.com](mailto:171078364@qq.com)

Received:

\* Corresponding author Tel: +86 15811186280; Email: [171078364@qq.com](mailto:171078364@qq.com)

## 1. 绪论

20 世纪初，随着细胞生物学、分子生物学的发展，人们对于遗传物质的化学本质展开讨论。

1944 年，美国细菌学家艾弗里等人的肺炎双球菌转化实验首次证明 DNA 为遗传物质。而后在 1952 年，赫尔希和蔡斯为排除艾弗里等人实验中或存在微量蛋白质干扰的不确定成分，使用放射性同位素标记法和离心法证实 DNA 为遗传物质。

1956—1957 年，格勒和施拉姆对烟草花叶病毒侵染和重组的实验中证明 RNA 亦可作为遗传物质。此后人们普遍认为生物的遗传物质为 DNA 或 RNA。

然而 1997 年，美国生物学家斯坦利·普鲁辛纳对朊病毒的发现及研究证实了在特殊情况下蛋白质可作为生物体的遗传物质而存在，这一发现无疑是对中心法则的冲击。

在研究蛋白质可否成为遗传物质的过程中，我们发现逆转录酶进入宿主细胞这一事实使使用传统的同位素标记法与离心法证明排除其作为逆转录病毒的遗传物质并不可行。

基于上述猜测，我们对几种主流证明遗传物质的实验思路及对于病毒、蛋白质的起源主流假说的质疑，综合蛋白质符合遗传物质的特点、朊病毒相关研究与有关证明蛋白质作为遗传物质特点成立的最新研究，提出特殊生物中或以蛋白质作为遗传物质的假说，同时对遗传物质的起源问题提出猜想。

## 2. 蛋白质遗传猜想的建立

### 2.1. 溯源探究

2.1.1. 病毒的溯源：既然病毒的增殖依赖宿主细胞，那么病毒最开始是如何诞生的？目前被广泛认同的三种假说均有纰漏，例如第一种假说即病毒是细胞的起源，那么在从病毒到细胞的漫长进化历程中，病毒如何增殖？难道病毒自发过渡成细胞期间所有病毒种类都出于偶然，不存在其自行增殖？

2.1.2. 蛋白质的溯源：同理，蛋白质的结构相对不稳定，任何一个化学键的破坏/构建、任何一位氨基酸的改变都将影响其结构及后续功能。假设最初的蛋白质无法进行自我复制，是否说明所有具有相同结构的蛋白质都在相同条件下偶然产生？

故我们猜想：原始蛋白质具有不依赖于核酸的复制能力，此复制能力具有相对稳定性，但稳定性不及核酸参与的蛋白质表达过程。

### 2.2. 由假说对蛋白质的遗传功能进行推广

若有关于逆转录酶的假说成立，我们可由“逆转录酶可能作为遗传物质”为起点推广至更多蛋白质可能作为遗传物质。虽然病毒的溯源问题与病毒和细胞生物哪者出现更早的问题尚未被明确解决，“病毒在很早以前（生物界初期）就已经出现”这一观点仍不容置疑。逆转录病毒与 DNA 病毒、细胞生物等过渡期间可能存在某些在进化历程中遗失的中间个体，它们的遗传物质极有可能也是蛋白质。

另一方面，即使逆转录酶无法作为遗传物质，不代表猜想不成立。因为以蛋白质为遗传物质的生物不一定被局限在先前假说猜测的逆转录病毒中，而是在某一时期广泛存在，虽然该类生物样本可能在进化中丢失。

### 3. 支持猜想的依据

#### 3.1. 分子结构

蛋白质单体、空间结构种类繁多，若其作为遗传物质，其可蕴含的信息远比核酸更多，符合遗传物质的多样性。

#### 3.2. 朊病毒的存在

朊病毒的遗传物质为蛋白质，且朊病毒可以不依赖核酸进行复制过程，是否证明蛋白质具有复制能力，符合遗传物质基本特征？又是否可以由此猜测朊病毒并非单一特例，可能存在更多遗传物质为蛋白质的生物？

#### 3.3. 遗传物质的特点

(1) 控制性状——蛋白质可以直接或通过酶间接控制生物性状。

(2) 能够复制——蛋白质可以复制，甚至能指导 DNA 合成，还可以代替 DNA 引物链（详见 4）。

(3) 结构稳定——以朊病毒举例，朊病毒抗逆性极强：电镜下观察不到病毒粒子的结构、且不呈现免疫效应、诱发干扰素产生也不受干扰作用、高压蒸气 134~138℃18min 不能使之完全灭活、对紫外线照射的抵抗力比一般病毒高 40~200 倍<sup>[1]</sup>……

(4) 能够变异——蛋白质空间结构可以改变使其变性。

(5) 多样性——21 种氨基酸（多于核酸的 4 种碱基）可排列出更多组合，二级、三级、四级结构复杂多样，远超核酸的结构多样性。这些特点有利于遗传信息的储存。

#### 3.4. 新研究的发现

(1) 蛋白质自我复制：2018 年，苏黎世联邦理工学院的研究人员实验证明，短链淀粉样蛋白结构可以指导氨基酸去构建更多的淀粉样蛋白。该团队设计了一系列肽序列来代替 DNA 引物链，将它们与氨基酸和一些起辅助作用的化学物质混合起来。比较这些混合物与没有此种引物的对照组，可以明确证实短肽作为引物的功能。<sup>[2]</sup>

(2) 蛋白质指导 DNA 合成：Rev1 DNA 聚合酶可以以自身为模板在复制链上加一个胞嘧啶，不管有没有鸟嘌呤。Rev1/Pol $\epsilon$  复合物通过直接参与 DSB 修复和 TLS 通路来保持基因组稳定。这是第一次发现蛋白质可以作为合成 DNA 的模板。<sup>[3]</sup>

### 4. 假说及猜想具体内容

#### 4.1. 可能存在以蛋白质作为遗传物质的特殊生物

综合上述实验易知四种传统证明遗传物质的方法于逆转录病毒中并不适用。同位素标记及离心实验中，逆转录酶与病毒 RNA 一同进入宿主细胞，离心结果显示沉淀物中存在  $^{35}\text{S}$ ，无法排除逆转录酶为遗传物质的可能性；又因蛋白酶作用于肽键，无法水解特定蛋白质，且假说中认为逆转录酶无法脱离 RNA 发挥遗传作用，故减法原理实验亦无法排除这一可能性；逆转录酶移植法则基于猜想“不同病毒或同种病毒不同个体的逆转录酶结构相同”提出，然而研究发现不同逆转录病毒所含逆转录酶结构不相同，该实验无理论支持；序列测定法基于密码子理论和传统的 RNA 为遗传物质学说进行提出，与实验目的相悖。

因此，我们提出的假说如下：逆转录酶作为逆转录病毒的遗传物质，其发挥作用离不开 RNA。  
(携带 RNA 复制酶进入宿主细胞的 RNA 复制病毒同理)

#### **4.2. 遗传物质起源或为蛋白质：**

针对于病毒及蛋白质的溯源，我们认为原始蛋白质具有复制能力，其普遍性和同一性并非完全出于偶然。而后综合朊病毒不依赖核酸进行复制的过程研究，我们认为将其推广至朊病毒外可作为遗传物质的蛋白质具有一定合理性。又因蛋白质结构复杂，但相较于核酸不稳定，所以对于遗传物质的起源问题，我们认为：

蛋白质在非生物与生物过渡期间可能充当类似遗传物质的作用，但因其结构不稳定，从而衍生了 DNA、RNA 合成蛋白质的过程。DNA、RNA 在其中充当信使，保证蛋白质结构稳定性，因而细胞生物的进化相对缓慢且稳定。(相反的，病毒变异迅速是因为其遗传物质蛋白质结构不稳定。)

### **5. 有关猜想的一些纠误**

#### **5.1. 猜想并非认为所有蛋白质均可作为生物体的遗传物质，亦不认为所有生物的遗传物质均可作为蛋白质**

我们认同 T2 噬菌体侵染大肠杆菌等实验的正确性，这是因为 T2 噬菌体侵染大肠杆菌的过程仅将 DNA 注入宿主细胞内(而无其他酶类)，实验结果可证明蛋白质未进入宿主细胞。我们所认为的蛋白质作为遗传物质的除朊病毒外的“特殊生物”，是指以逆转录病毒为代表的侵入宿主细胞过程中携带酶类进入宿主细胞的部分 RNA 病毒。

#### **5.2. 猜想并未否认现基因表达过程中基因对蛋白质的决定作用**

我们只认为蛋白质的存在及其发挥遗传功能早于 DNA、RNA 及中心法则的正向通路，以及对密码子决定蛋白质这一理论在生物界的完全适用性提出质疑。

### **6. 仍存在的疑问**

#### **6.1. 我们对逆转录病毒合成子代 RNA 链的过程缺乏深入研究**

在同位素标记及离心实验中，我们尚未证明子代病毒内是否含  $^{32}\text{P}$ 。我们猜测逆转录合成子代 RNA 的过程中，所需核苷酸来源于宿主细胞内的游离核糖核苷酸，而不需要亲代逆转录病毒 RNA 水解提供原料。(即使存在上述情况，亦不可证明 RNA 为遗传物质。在 DNA 病毒中因 DNA 的半保留复制特性可证明 T2 噬菌体遗传物质为 DNA，而逆转录过程中不存在这一特性，故仍无法完全排除逆转录酶为遗传物质的可能性。)

#### **6.2. 目前尚未证明蛋白质可以作为遗传物质控制其他物质的合成从而影响生物性状**

众所周知，在 mRNA 转录翻译为蛋白质的过程中存在三联密码子即由三个碱基决定一种氨基酸，从而指导蛋白质合成过程中的氨基酸序列。而蛋白质的氨基酸序列和构象，除决定蛋白质本身的功能外，尚无其他证据表明其可以作为遗传密码控制其他物质的合成或对其序列起决定性作用，即使蛋白质可以直接或通过酶间接控制生物性状。

#### **6.3. 尚无证据表明逆转录酶可进行不依赖核酸的复制过程**

公认地，遗传物质的特点之一为能够复制。但在上述提出假说的实验中，尚无实验证据可以表

明逆转录酶可以进行蛋白质的自我复制过程。虽经朊病毒及溯源的推测，我们认为蛋白质可能具有复制功能，但这一复制功能尚未与可能作为遗传物质的逆转录酶进行有机结合。

## 7. 结语

遗传物质的探索是一个艰辛、漫长、不断更新的过程。对于遗传物质化学本质的研究经历了一个世纪的探索历程。从 DNA 的证实，再至 RNA 的发现——蛋白质可否作为遗传物质？这一问题在学术界至今仍有很大争论。对于生命的起源，亦是进化生物学、分子生物学等学科尚未破解的一大难题。

从理论上讲，“中心法则”认为 DNA 的复制是 DNA~DNA 的“自我复制”，而朊病毒蛋白是 PrP→PrP，是“自他复制”。对这一问题的研究会丰富生物学有关领域的内容；它开辟了生物医学研究的一个新领域，要求细胞生物学、分子生物学、分子遗传学、蛋白质化学、分子病毒学、神经病理学等多学科的紧密合作来回答朊病毒所带来的一系列问题，对探索生命起源与生命现象的本质有重要意义。<sup>[4]</sup>

生物学是一门在假说和实验中不断发展的学科，遗传物质的探索和溯源任重而道远。

——2024.6.23

## 参考文献 (References)

- [1] 史怀平, 杨增岐, 刘希成. 朊病毒研究进展[J]. 动物医学进展, 2004, 25(5): 12-14
- [2] Saroj K. Rout, Michael P. Friedmann, etc. A prebiotic template-directed peptide synthesis based on amyloids[J]. Nature Communications volume 9: 234 (2018)
- [3] Tyler M. Weaver, Timothy H. Click, etc. Mechanism of nucleotide discrimination by the translesion synthesis polymerase Rev1[J]. Nature Communications volume 13: 2876 (2022)
- [4] 纪洪芳. 朊病毒正常功能与致病机理的计算化学研究. 山东师范大学硕士学位论文, 10: 1.2.1