049 豆子的“固氮工厂”——根瘤菌的共生奇迹

项目	内容
任务名称	豆子的“固氮工厂”——根瘤菌的共生奇迹
对应分册	《豆子》
核心探究	根瘤菌与豆科植物的共生固氮关系、氮循环在农业生态中的意义
对应主题	生态环境
呼应课标	科学课程“生物与环境的相互关系”——生物之间的共生关系与物质循环；“生命系统的构成层次”——生物与非生物环境的相互作用；小学学段：能通过观察、比较与分析，发现并描述不同种类物体的特征；能运用分析、比较、概括等科学思维方法得出初步结论
关注能力	根瘤观察与对比实验、共生理解与系统思维
价值观引领	传统经验与现代科学在这个领域实现了完美对接——一粒豆子，跨越了时间的长度，把空气变成了收获。
适用年级	4-6 年级
建议课时	4-5 课时

一、探究导入

农民种地有个老规矩：今年种玉米，明年种大豆，后年再种玉米——这叫轮作。为什么要轮作？因为豆科植物有一个特殊能力：它能让土壤变得更肥沃。挖出一株大豆，轻轻抖掉泥土，你会看到根上长着许多圆溜溜的“小疙瘩”——那是根瘤。根瘤里面住着数以亿计的根瘤菌，它们能把空气中的氮气转化为植物可以吸收的含氮化合物，相当于一个微型的“化肥工厂”。豆科植物为根瘤菌提供养分和住所，根瘤菌帮豆科植物“制造”氮肥。

今天我们就从豆子的根出发，一起探究：根上的“小疙瘩”到底是什么？豆科植物为什么不需要施那么多氮肥？

二、探究目标

1. 认识根瘤菌与豆科植物的共生固氮关系，理解氮循环在农业生态中的意义

2. 学习根瘤观察与对比实验的方法，提升共生理解与系统思维的能力

3. 理解传统农业智慧与现代科学在“轮作”中交汇——尊重传统，相信科学，涵养可持续农业意识

三、探究准备

1. **材料用具**：豆科植物（大豆、花生或豌豆）的根（带根瘤的完整植株，从田间挖取）、放大镜、小刀（教师指导下使用）、记录本、绘图工具、显微镜（如有条件）、A3 白纸、彩色标记笔

2. **场地**：教室实验台、校园花园（可现场挖取豆科植物根）

3. **安全提醒**：使用小刀需在教师指导下进行；接触土壤后及时洗手；显微镜操作需规范

四、探究过程

（一）提出问题

豆科植物为什么不需要施那么多氮肥？根上的“小疙瘩”是什么？根瘤菌和豆科植物之间是什么关系？

（二）作出假设

豆科植物的根瘤中含有根瘤菌——根瘤菌能将空气中的氮转化为植物可利用的氨。豆科植物为根瘤菌提供有机物和适宜环境，根瘤菌为豆科植物提供氮素，两者形成互利共生关系。传统农业中的“轮作”正是利用了豆科植物的固氮作用，来恢复土壤肥力。

（三）设计并实施探究方案

活动 1：豆科植物根瘤的形态观察

在校园或农田中挖取一株豆科植物（如大豆、花生），轻轻抖掉根上的泥土，仔细观察根部：

观察项目	记录内容
根瘤的数量	约_____个
根瘤的位置	□主根上 □侧根上 □分布均匀
根瘤的大小	小的约_____mm，大的约_____mm
根瘤的颜色	□淡粉色 □褐色 □暗红色
根瘤的形状	□球形 □椭圆形 □不规则
根瘤的质地（软/硬）	□软 □中等 □硬

我们发现：根瘤多分布在侧根上，大小不一，颜色从淡粉色到暗红色不等。切开一个根瘤，内部呈淡红色——这是根瘤菌与植物共生的标志。

活动 2：根瘤的解剖观察——根瘤菌的“家”

在教师指导下，用刀片将一个较大的根瘤纵切，用放大镜（或显微镜）观察：

观察项目	内容
根瘤的外层	较硬，是植物组织形成的“皮层”
根瘤的内部颜色	淡红色或粉红色（含有“豆血红蛋白”，调节氧气浓度）
是否有可见的微小颗粒	
气味	

我们发现：根瘤内部呈淡红色，切面湿润，有轻微的豆腥味。根瘤是植物组织和细菌共同构成的共生结构——外层是植物皮层，内部充满根瘤菌，植物提供了根瘤的结构，根瘤菌提供了固氮功能。根瘤中的红色来自“豆血红蛋白”，它是一种特殊的蛋白质，调节根瘤内的氧气浓度，使固氮酶能够在低氧环境中高效工作。

活动 3：传统农业中的“轮作”智慧探究

查阅资料，了解农民利用豆科植物养地的传统做法：

项目	内容
轮作的含义	
豆科植物在轮作中的作用	
紫云英作为绿肥的作用	
田埂种大豆的传统	
现代农业中的“绿肥”概念	

我们发现：在中国传统农业中，农民虽然不知道根瘤菌的存在，但通过长期实践，掌握了“豆科植物养地”的规律。稻田间作紫云英、旱地轮作大豆，都是从经验中总结出来的“科学”。今天我们知道，豆科植物的固氮能力来自根瘤菌，但古人早就在实践中利用了这种能力。

（四）搜集证据整理结果

1. 豆科植物的根瘤是植物组织和根瘤菌共同构成的共生器官。根瘤数量与土壤中根瘤菌的密度和植物的营养需求有关，氮肥施用量会抑制根瘤的形成。

2. 根瘤中的红色来自豆血红蛋白，它调节根瘤内的氧气浓度，保护对氧敏感的固氮酶，使固氮反应得以高效进行。

3. 传统农业中的轮作智慧表明：农民长期实践总结出的“豆科植物养地”经验，与现代科学对根瘤菌固氮作用的研究完全一致。传统不是“过时”，而是“经验先于科学”。

（五）得出结论

豆科植物与根瘤菌是“互利共生”——植物提供有机物和适宜环境，根瘤菌将空气中的氮转化为植物可利用的氨。根瘤菌的固氮作用是自然界氮循环的关键环节之一。传统农业中的轮作制度（如“玉米-大豆”轮作）正是基于对这种共生关系的长期观察和利用。传统经验与现代科学在这个领域实现了完美对接。

五、成果制作

制作《豆子的固氮工厂》科普展板：

1. 豆科植物根瘤形态与结构图
2. 豆科植物-根瘤菌共生关系示意图
3. 轮作与土壤氮循环图
4. “传统智慧与现代科学”板块

六、交流反思

1. 传统农民在不知根瘤菌的情况下，通过轮作维持了土壤肥力数千年。在没有显微镜的年代，经验已经足够“好”。我们今天用科学重新解释它，是“把经验变成知识”还是“用知识验证经验”？经验和知识之间应该是什么关系？

2. 豆科植物的根瘤菌固氮效率极高，但现代农业的化学氮肥反而抑制了根瘤的形成。如果我们减少氮肥用量，豆科植物的固氮能力会“恢复”吗？为什么？

3. 如果把豆科植物种植在从未种过豆科植物的土壤中，它的根上为什么不会长出根瘤？缺少的“伙伴”需要从哪里来？

七、科学与文化融合

在中国传统农业中，农民有一个延续了数千年的经验：种过大豆的地，第二年种麦子收成特别好。他们不知道根瘤菌，不知道固氮作用，不知道豆血红蛋白——但他们从实践中总结出了“豆茬地肥”的规律。明代《天工开物》中已明确记载了轮作的方法：“稻田种豆，豆收后种麦，地力不竭。”宋应星没有显微镜，没有见过根瘤菌，但他用经验看见了它的效果——土地种过豆子之后不会变瘦，反而更肥。古人用“养地”描述它，今人用“固氮”解释它。同一块地，同一种豆，被两种认知系统以不同的方式理解，却得出了同一个结论。

八、探究感悟

一颗豆子，不需要吃氮肥，却能制造氮肥。它的根系上长出的那些粉红色“小疙瘩”——根瘤，里面住着根瘤菌。它们把空气中的氮气“固定”成植物能吸收的氨。大豆为根瘤菌提供营养和住所，根瘤菌帮大豆“制造”养分——这不是交易，是共生。数千年农耕史中，中国人用轮作的方式维护着这种关系——今年种豆，明年种麦，给土地“休息”的机会。那时的农民不知道根瘤菌，但他们懂得“种豆养地”的道理。科学与传统的交汇，让一粒豆子跨越了时间的长度，把空气变成了收获。

《真实的大自然·豆子》分册用高清摄影图片完整呈现了豆科植物根瘤的形态、解剖结构以及根瘤菌的固氮过程，展示了豆子从播种到根瘤形成、再到植株生长的完整周期。透过真实的镜头，我们得以看见：看不见的根瘤菌，和看得见的豆子一起，完成了一次对空气的“转化”——把看不见的氮气，变成了看得见的收获。

注：本探究任务对标《义务教育阶段科学教育“做中学”领航行动指南》核心精神。学生可以根据自己的兴趣与身边的资源参考本课题制定个性化的探究课题，用跨学科项目制的学习方式进行整合。