

# CMS-066-V01 现有农田酸性土壤中通过大豆-草的循环种植中

## 通过接种菌的使用减少合成氮肥的使用

(第一版)

### 一、来源

本方法学参考 UNFCCC-EB 的小规模 CDM 项目方法学 AMS-III.A : Offsetting of synthetic nitrogen fertilizers by inoculant application in legumes-grass rotations on acidic soils on existing cropland (第 2.0 版)，可在以下网站查询：

[“http://cdm.unfccc.int/methodologies/DB/4OC3QS857382TW21LYYOJLTX3HHQKK”](http://cdm.unfccc.int/methodologies/DB/4OC3QS857382TW21LYYOJLTX3HHQKK)

### 二、技术方法

1. 本方法学涵盖了在酸性农田土壤豆科-牧草轮作系统上接种根瘤菌的项目活动。如没有项目活动，豆类作物上将施用合成氮肥作为肥料。基线情景中，豆类和牧草都施用合成氮肥。在项目情景下，草地也施用合成氮肥，但其用量较基线情景低。
2. 本方法学适用于以下条件：
  - (a) 参与项目的农户在前 3 个完整的豆科-牧草轮作，没有接种过任何一种根瘤菌作为豆类肥料，但使用化肥。
  - (b) 只有使用附录 3 中指明的豆科根瘤菌的组合作为根瘤菌才是合格的项目。
  - (c) 参与项目活动的农户需要提供可信的和可证实的前 3 个完整轮作季的每种作物的化肥用量。
  - (d) 作物种植方式不发生变化。不论基线还是项目情景，均采用豆科-牧草轮作。除接种根瘤菌外，在计入期内不改变其它影响施肥的耕作方式。
  - (e) 项目活动与培训计划共同执行，该培训旨在使农户明白对豆类添加任意来源的氮素（例如氮肥或有机肥）都降低肥料的利用率，并且会导致施用的根瘤菌无效。
  - (f) 项目情景下，其他肥料的使用量不应超过基线情景下的施用量。

- (g) 农户需要签订一项协议并指明：
  - (i) 在前 3 个完整轮作期内没使用过根瘤菌；
  - (ii) 对以前使用根瘤菌的农田不申请减排量；
  - (iii) 项目参与者拥有项目活动的减排收益权利；
  - (iv) 将在政府或上述农业组织推荐下使用根瘤菌。
- (h) 根瘤菌批发和零售商也要签署一个协议，同样保证减排权归项目参与者所有，并且将根据政府或上述农业组织的推荐指导农户使用。
- (i) 有清晰项目边界 GPS 定位，地理位置的相关信息及其基线排放估算可公开获得。
- (j) 项目参与者能证明在基线情景下氮肥是从国内厂商购买或从非附件 1 国家进口。

3. 项目的年减排总量不大于 60 kt CO<sub>2</sub> 当量。

4. 本方法学给出下列定义：

- 接种：在没有根瘤菌、或者根瘤菌数量不足、或者土壤中的根瘤菌效果差的土壤-植物生态系统中引入根瘤菌菌株的措施。
- 根瘤菌（根瘤菌，短根瘤菌，固氮根瘤菌等）：能与豆科作物共生的一类细菌。共生期间，其固定于豆科作物的根部，通过固氮酶将气态氮转化为氨（生物固氮）。
- 氮肥：任何含有氮素（N）的化肥。包括只含有 N 元素或同时含有氮素和其它元素的肥料（如氮磷钾多营养化肥）。
- 豆科-牧草轮作系统：一种在特定农田连续多年种植豆科作物（豆科作物品种，如黄豆，苜蓿，豌豆等）和牧草的种植系统。绝大多数的豆科-牧草轮作周期持续 2 年，第一年种植豆科作物，第二年种植牧草。世界上某些地区存在一年为周期的豆科-牧草轮作（夏豆-冬草），有些地区采用一季豆科作物加两季牧草的轮作方式。
- 作物：种植用以收获食物、提供饲料或其他经济效益为目的的作物。作物包括豆科作物和牧草作物。
- 现有的农田：种植作物的历史在 10 年以上的土地。
- 酸性土壤：pH 值低于 5.5 的土壤。

5. 土地面积划分要基于表 1 提出的土地分级系统：

表 1：土壤区域分级系统

因子	单位	分级	注释	参考文献
土壤有机碳含量	%	1. <1 2. 1-3 3. >3	1. 低 2. 中 3. 高	参见 Stehfest <sup>1</sup> (2005)
土壤 pH 值	-	1. <5.5 2. 5.5 - 7.3 3. >7.3	1.酸性 2.中性 3.碱性	参见 Stehfest <sup>2</sup> (2005)
土壤质地	类型	1. 粗质 2. 中性 3. 细质	1. 沙土，壤土，砂壤土，粉砂土 2. 砂质粘壤土，粘壤土，粉砂粘壤土 3. 砂土，粉质粘土，粘土	参见 Stehfest <sup>2</sup> (2005)
气候	类型	1. 冻原 2. 干旱寒温带 3. 湿润寒温带 4. 暖温带 5. 湿润带 6. 干旱热带 7. 潮湿热带 8. 湿润热带		参见 IPCC <sup>2</sup> (2006)

1、Stehfest, E. (2005): 全球作物生产及所致 N<sub>2</sub>O 的建模计算. 毕业论文. 卡塞尔大学.

2、IPCC (2006): 2006 年国家温室气体清单优良作法指南和不确定性管理。

因子	单位	分级	注释	参考文献
土壤湿度 (排水性)	-	1. 排水较好 2. 易积水		参见 Stehfest <sup>2</sup> (2005)

### 三、项目边界

6. 项目边界包括每块田的地理位置，这些农田采用豆科-牧草轮作，并且对豆科作物接种根瘤菌，对草类施用氮肥。也包括项目活动指定根瘤菌生产工厂。

### 四、基准线情景

7. 基线排放只考虑氮肥生产过程的二氧化碳排放。基线为农户在基线情景下种植豆科和牧草的氮肥用量。这来源于农户对前3个完整轮作季的记录。
8. 基线氮肥用量不能超过国家机构规定的肥料用量；当难以获得国家数据时，可以选用国际组织（如FAO）对特定国家和土壤类型的推荐值。
9. 基线情景下肥料生产过程CO<sub>2</sub>排放计算
- 1) 某种豆科牧草、单个农户和某类土地施肥造成的基线CO<sub>2</sub>排放，按下列公式计算肥料施用导致的基线二氧化碳：

$$BE_{f,l,i,j} = \sum_f (ha_{l,i,j} * AR_{l,i,j,f}) * EF_{CO_2,f} \quad (1)$$

其中：

$EF_{CO_2,f}$  合成氮肥生产过程的CO<sub>2</sub>排放因子（使用当地值或IPCC默认值或参考科技文献）(tCO<sub>2</sub>/t合成氮肥)

$BE_{f,l,i,j}$  在土地面积j、农户i、豆科作物l施用化肥类型f的二氧化碳基线排放量 (tCO<sub>2</sub>)

$ha_{l,i,j}$  土地面积j、农户i、豆科作物l的接种根瘤菌的面积 (ha)

$AR_{l,i,j,f}$  项目实施前连续3个完整轮作季的土地面积j、农户i、豆科作物l施用的化肥类型f量 (t/ha)

- 2) 某类土地面积  $j$ 、每个农户  $i$  的牧草作物施肥导致的基线二氧化碳量按下列公式计算：

$$BE_{f,g,i,j} = \sum_f (ha_{g,i,j} * AR_{g,i,j,f}) * EF_{CO_2,f} \quad (2)$$

其中：

$BE_{f,g,i,j}$  某类土地面积  $j$ 、每个农户  $i$  的牧草作物施肥导致的基线二氧化碳量 (tCO<sub>2</sub>)

$ha_{g,i,j}$  某类土地面积  $j$ 、农户  $i$  在牧草作物  $g$  上接种根瘤菌的面积 (ha)

$AR_{g,i,j,f}$  某类土地面积  $j$ 、每个农户  $i$  在基线情景下连续3个完整轮作季在牧草作物  $g$  上施用的化肥类型  $f$  的施肥量 (t/ha)

10. 合成氮肥在生产过程中的二氧化碳总排放量按下式计算：

$$BE_y = \sum_{i,f} BE_{f,l,i,j} + \sum_{i,j} BE_{f,g,i,j} \quad (3)$$

其中：

$\sum_i$  参与项目的农户总数

$\sum_j$  项目活动中接种根瘤菌的总面积

$BE_y$  第  $y$  年度基线总排放 (tCO<sub>2e</sub>)

## 五、项目排放

11. 项目活动二氧化碳总排放包括豆科牧草根瘤菌生产过程和化肥生产过程的 CO<sub>2</sub> 排放。由下式计算：

$$PE_y = \sum_i Q_{inoc} * EF_{CO_2,inoc} + \sum_j Q_f * EF_{CO_2,f} \quad (4)$$

其中：

$Q_{inoc}$  农户  $i$  对豆科作物接种根瘤菌量 (根瘤菌的数量)

$EF_{CO_2, inoc}$  根瘤菌生产过程排放因子 (tCO<sub>2</sub>/单位根瘤菌数量)

$Q_f$  农户*i*对草类作物施用的肥料*f*量 (t)

$PE_y$  第*y*年度项目总排放量 (tCO<sub>2</sub>e)

化肥和根瘤菌用量要参考农户记录，并与经销商的销售记录进行核对。

12. 根瘤菌生产过程的排放因子( $EF_{CO_2, inoc}$ )定义如下：

- 项目中施用的根瘤菌，其加工过程化石燃料和电能消耗造成的二氧化碳排放量计算如下：
  - 要考虑其加工过程涉及的每一步的能量消耗，例如豌豆烘干、研磨和包装、发酵、灭菌、收集和加热及冷藏。
  - 需要用化石燃料的排放因子计算化石燃料消耗造成的排放，排放因子可使用当地数值或者 IPCC 默认值。
  - 电能消耗的排放计算请参照 CMS-002-V01 方法学。
- 根瘤菌加工过程的排放因子( $EF_{CO_2, inoc}$ )利用每年累积二氧化碳排放量除以每年生产的根瘤菌总量来计算。

## 六、 泄漏

13. 如果用豌豆作为根瘤菌的载体，必须考虑其在工厂烘干过程的泄漏排放。因此，工厂必须记录这个过程能耗总量。每种能耗类型的排放计算都要乘以其排放系数。对于电能，此排放系数参考 CMS-002-V01 方法学。也可使用当地数值或者 IPCC 默认值。泄漏量应从总减排量中扣除。

## 七、 监测

14. 参与项目的农户 *i* 要分别建立连续 3 个完整轮作季的每种豆科和草类施用的肥料类型 *f* 的历史记录。同时需详细记录作物产量，并且证实在前 3 个完整轮作季没有施用根瘤菌。

15. 参与项目的所有农户都在监测范围内。需要监测下列参数：

- 作物种植面积；
- 参照第 5 段划分的农田面积 *j*；

- 根据项目活动确定的根瘤菌用量（根瘤菌数量）；
- 尿素用量；
- 其它肥料用量（包括化肥和有机肥）；
- 每公顷作物产量。

上述参数的监测要参照农户记录（区分种植面积和作物类型）及其它方式。

16. 要不定时监督农户是否参加了根瘤菌使用培训（参见适用条款 2（d）），确保根瘤菌的使用遵循适用条款 2（e）部分提到的国家或其它农业研究组织的规定。
17. 农户记录与经销商记录交叉核对。如果这两类记录出现差异，则采用最保守的记录。
18. 为确保与项目签约农户，按照项目规定对豆科作物施用化肥或有机肥，需要经过第三方独立机构的监督审查。如果任一农田没有履约，该农户在边界内的所有项目农田都要排除在当年的减排计算之外。每一农户应至少随机抽查一块农田。
19. 若氮肥分多次施用：
  - 田间调查安排如下：
    - 种植后开展第一次调查；
    - 花期前进行第二次调查。
  - 独立第三方机构开展农田调查安排如下：
    - 种植四周后开展第一次调查；
    - 种植八周后开展第二次调查（如果还没有到花期，则在种植后第 12 周甚至 16 周安排田间调查）。
  - 调查过程要遵循附录 1 的监测要求；
  - 独立第三方机构要安排合格的技术员或农艺师执行调查。
20. 调查过程中，独立第三方机构要核实农户关于化肥、根瘤菌和有机肥的使用记录。
21. 为保证第二段（h）条的要求，要核实化肥的来源。
22. 要监测根瘤菌总产量（根瘤菌总量）和化石燃料及电能总消耗。

- 调查过程要遵循附录 1 的监测要求；
- 第三方机构要安排合格的技术员或农艺师开展调查；

23. 通过项目排放量和基线排放的差值计算项目活动减排量。

$$ER_y = BE_y - PE_y - LE_y \quad (5)$$

其中：

$ER_y$             y 年度减排量(tCO<sub>2</sub>e/年)

$LE_y$             y 年度泄漏排放量 (tCO<sub>2</sub>e/年)



## 附录 1、氮肥和根瘤菌施用田间监测要求

1. 下列监测要求应用豆科-牧草轮作的农田系统，应由合格的农艺师或技师专门负责。
2. 播种后必须通知农艺师，四周后，他将随机挑选一块农田进行调查走访，并运用国际通用“土壤取样”<sup>4</sup>步骤取出植株观察每个取样点的根瘤菌节点状况。
3. 专家要将根瘤菌节点尺寸与对照表进行对比。化肥或其它外源肥料生成的根瘤菌节点看上去较小或长势较弱。
4. 农艺师需要划开根瘤菌节点观察里面的颜色，并将其与对照表对比。如果其颜色为粉色到亮红，这个根瘤菌节点为生物固氮。如果没有颜色或呈浅粉色，则其为外源氮素固氮。
5. 小结：生物固氮（BNF）的植株，其根瘤菌节点表现为外形较大，内部呈深粉色到红色。化肥或其它外源氮素固氮的植株长势较弱，根瘤菌节点外形较小，内部无色或呈浅粉色。
6. 所有观测必须由专家在调查走访期间记录。

## 附录 2、非尿素氮肥排放因子保守计算方法指南

只要知道肥料含氮率就可用下式计算其保守排放因子：

$$EF_{CO_2,f} = Ncont_f * 0.82 * 2.014$$

其中：

$EF_{CO_2,f}$  肥料  $f$  生产过程的排放因子(tCO<sub>2</sub>/t 肥料  $f$ )

$Ncont_f$  肥料  $f$  的含氮率

0.82 N/NH<sub>3</sub> 比例

2.014 氨气生产过程的保守排放因子，单位 tCO<sub>2</sub>/t NH<sub>3</sub>

表 2：氮肥种类及其含氮率

氮肥种类	含氮率(%)
<b>单养分氮肥</b>	
无水氨 (NH <sub>3</sub> ) "氨"	82
硫酸铵 [(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ]	21
磷酸二氢铵 (MAP)	11
磷酸氢二铵 (DAP)	18
硝酸铵 (NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> )	33.5
硝酸铵钙 (CAN)	26
其它化肥 (例如复合肥 (N-P-K))	依肥料种类

### 附录 3、合格的豆科-根瘤菌组合

属 (根瘤菌)	种 (根瘤菌)	宿主 (豆科作物)
根瘤菌		
	苜蓿根瘤菌	苜蓿属 (苜蓿)、草木犀属、葫芦巴属
	快生型大豆根瘤菌	甘氨酸 (大豆)、大豆甘氨酸
	豌豆根瘤菌	蚕豆属 (蚕豆)、豌豆属 (豌豆)、山豆属
	豌豆根瘤菌三叶草生物变异型	三叶线属 (三叶草)
	豌豆根瘤菌菜豆生物变异型	菜豆属 (菜豆)
	热带根瘤菌	菜豆属 (菜豆)、银合欢属 (菠萝格木(菲律宾))、大毛梳藓属
	菜豆根瘤菌	菜豆属 (菜豆)
	山羊豆根瘤菌	山羊豆属、东方蜈蚣
	百脉根根瘤菌	荷花属 (三叶草)
	紫云英根瘤菌	紫云英 (中国紫云英或香豌豆)
	鹰嘴豆根瘤菌	鹰嘴豆
	根瘤菌 NGR234	热带豆科作物、豌豆等
慢生大豆根瘤菌		
	日本慢生根瘤菌 (慢生大豆根瘤菌)	甘氨酸、大豆甘氨酸

	埃氏慢生根瘤菌（慢生大豆根瘤菌）	甘氨酸、大豆 甘氨酸、大翼豆属
	慢生花生根瘤菌	豇豆(豇豆)、落花生(花生)、多数热带豆科作物
	非豆科植物慢生根瘤菌	豌豆属
固氮根瘤菌		
	田菁茎瘤固氮根瘤菌	田菁属(茎杆小节)