



农业水土资源优化利用的 最佳管理措施

日期：2021 - 05 - 10

作者：G ó mez, J.A., Krasa, J., Quinton, J.N., Klik, A., Fereres, E.,
Intrigliolo, D., Chen, L., Strauss, P., 谢云, Dostal, T.

目 录

农业水土资源优化利用的最佳管理措施.....	1
1. 目的.....	1
2. 方法与文档结构.....	1
2.1. 方法.....	1
2.2. 文档结构.....	1
3. 农业水土保持最佳管理措施（BMPs）的定义与分类.....	3
3.1. 水土保持最佳管理措施一览表.....	3
3.2. 最佳管理措施（BMPs）的扩展定义.....	4
4. 欧盟共同农业政策中良好农业和环境条件下的最佳管理措施比较.....	86
4.1. 目标和方法.....	86
4.2. 定量分析.....	87
4.3. 小结.....	93
4.4. 参考文献.....	93
5. Shui 项目区域分析中引入最佳管理措施（BMPs）的模型评估.....	96
附件 1：与当前和未来共同农业政策相关的水土资源最佳管理措施.....	100
A.1. 共同农业政策中采用的主要概念.....	100
A.1.1 交叉遵守.....	100
A.1.2 绿化.....	101
A.1.3 良好农业和环境条件是交叉遵守的一部分.....	103
A.1.4 未来共同农业政策（2021-2026）的环境目标.....	105
附件 2：与中国重大政策计划相关的水土资源最佳管理措施.....	108
A.2.1. 《东北黑土地保护性耕作行动计划（2020-2025）》.....	108
A.2.2. 《中国东北黑土地水土流失综合治理试点方案》.....	108
A.2.3 《中国东北黑土地水土流失综合防治项目》.....	108
A.2.4 《中国东北黑土地上耕地沟蚀治理项目》.....	108
A.2.5. 《全国坡耕地水土流失综合治理试点工程》.....	108
A.2.6. 《全国坡耕地水土流失综合治理“十三五”专项计划》.....	109



农业水土资源优化利用的最佳管理措施

1. 目的

在 Shui 项目框架下，综合论述了农业系统水土资源优化利用的最佳管理措施 BMPs (Best Management Practices)。编写本报告的主要原因如下：

(1) 为与该项目有关或无关的任何读者，总结以水土资源优化利用为目标的各类最佳管理措施 (BMPs) 技术。

(2) 确定在相关的政策计划中，尤其是共同农业政策，如何界定最佳管理措施 (BMPs) 及需求，以便指导政策利益相关者进行情景模拟和提出改进建议。

(3) 为项目内部和外部使用者提供最佳管理措施 (BMPs) 的标准化术语定义及通用框架。

(4) 与 Shui 项目课题 1、2、5 合作，确保选用的各类最佳管理措施 (BMPs) 已通过试验、田间尺度模型模拟、以及所在区域利益相关者的反馈 (WP5) 进行了充分的评估与分析。

全文对最佳管理措施的综述均基于 Shui 项目背景，包括了中欧不同的农业气候区和以下农业系统：

- (1) 雨养经果林
- (2) 灌溉经果林
- (3) 雨养谷物轮作
- (4) 灌溉谷物轮作

本报告的灌溉用水涉及到低质水，包括废水利用和灌溉循环水利用。

2. 方法与文档结构

2.1. 方法

本报告依据现有文献综述，分三步进行。

(1) 根据标准化手册和国际参考站点，综述了与最佳管理措施 (BMPs) 有关的现有主要文献，并补充了 Shui 项目不同专题的专家咨询建议。

(2) 综述了与主要政策计划相关的重要文献，包括中欧农业区规定或自愿实施的最佳管理措施 (BMPs)，如欧盟的 (本期与下期) 共同农业政策 (以下简称 CAP)、中国坡耕地水土流失综合治理“十三五”专项。

(3) 关于本文提及的最佳管理措施 (BMPs)，欧盟成员国于 2019 年在国家层面上完成了对优质农业与环境条件 (GAECs) 国家标准的详细补充修订。

2.2. 文档结构

为便于读者独立阅读各技术章节，每章节有各自的参考文献，且经过了严格筛选，以便让读者查阅更多的参考文献，大多数情况下可免费获取。

读者应从章节 [3.1 水土保持最佳管理措施一览表](#) 开始阅读，该章节提供了涵盖所有最佳管理措施的汇

总表，具有超链接功能，可以直接链接到某种最佳管理措施的扩展定义，以及当前与未来共同农业政策（CAP）良好农业与环境条件（GAECs）的相关内容。

[章节 3.2 包括每种最佳管理措施的详细定义](#)，并有具体实例、技术文档与案例研究链接。

[章节 4 提供了欧盟不同国家对最佳管理措施（BMPs）的定义汇总](#)，针对共同农业政策背景下的良好农业与环境条件（GAECs）。

[章节 5 提供了针对特定最佳管理措施（BMPs）进行情景模拟的不同方法汇总](#)，包括 Shui 项目评估的土壤侵蚀与水文模型，其中的许多模型已被频繁使用。这些模型能模拟最佳管理措施的水土保持效益，并指出无法模拟水土保持效益的情况。这可以帮助了解模型的模拟能力和局限性，了解模型评估最佳管理措施（BMPs）在水土保持规划的特定作用。

最后，[附录 A](#) 提供了共同农业政策中与水土资源可持续利用相关的关键要素的术语和定义。[附录 B](#) 简要介绍了中国农业水土资源可持续利用的主要政策计划。



3. 农业水土保持最佳管理措施（BMPs）的定义与分类

3.1. 水土保持最佳管理措施一览表

表 3.1.1. 水土保持最佳管理措施一览表（GAEC，量好农业与环境条件）

#	最佳管理措施 (BMP)	定义, 章节链接	主要目的	其他影响	CAP GAEC 见表 A. 2.
1	梯田	改变地形以降低坡度并方便机耕	防治侵蚀和保水	改善土壤质量和水质	GAEC7, GAEC6
2	乔木与藤果林等高种植	沿坡地等高线种植多年生植物	防治侵蚀	保水	GAEC7, GAEC6
3	景观要素维持	维持非生产性自然或人工景观要素	改善生物多样性	提高景观价值	GAEC9, 部分 GAEC6 与 GAEC4
4	乔木经果林覆盖作物	林间种植植被避免土壤裸露	防治侵蚀	改善土壤质量和生物多样性	GAEC7, GAEC6
5	乔木经果林地表覆盖	用覆盖物覆盖林间土壤	防治侵蚀	改善土壤质量和保水	GAEC7, GAEC6
6	等高耕作	沿地形等高线耕作	防治侵蚀	保水	GAEC7, GAEC6
7	植物带	种植植物成带状拦蓄径流泥沙	控制面源污染	防治侵蚀	GAEC4, GAEC9, 部分 GAEC6 与 GAEC7
8	切沟防治工程	修复农地上的切沟	防治侵蚀	控制面源污染, 改善生物多样性, 提高景观价值	GAEC7, GAEC4, GAEC6
9	保护性农业	通过最小限度的耕作减少土壤扰动	防治侵蚀	控制面源污染, 改善生物多样性	GAEC7, GAEC6
10	一年生作物的覆盖作物	在一年生作物田地进行时间或空间覆盖作物套作或间作	防治侵蚀	改善土壤质量, 减少面源污染	GAEC4, GAEC7, GAEC6
11	农林复合	林产品乔木与农作物种植或牲畜养殖结合	农产品多样性	改善土壤质量和生物多样性, 减少侵蚀和面源污染	GAEC6, GAEC4, GAEC7
12	雨水收集	为作物用水收集和存储地表径流或壤中流	保水	改善水质	无
13	小定额灌溉	在最佳时间利用有限的可用灌溉水以提高产量	保水		无
14	废水利用	前期生产活动用水再利用	保水		无
15	提高土壤持水能力	改善土壤性质以增加入渗, 提高土壤持水能力	保土	保水	GAEC4, GAEC7, GAEC6

3.2. 最佳管理措施（BMPs）的扩展定义

3.2.1. 梯田

3.2.1.1 描述

梯田是横跨主坡面的土堤将坡面分成的多个性质均一彼此平行的田块。合理的梯田设计对水土保持具有重要作用。梯田种类繁多（图 3.2.1.1），其最佳选择与合理布局取决于其特征（表 3.2.11）。

表 3.2.1.1. 影响梯田类型与布局的主要因素

序号	因素
1	农田地形
2	气候（降水和风）
3	土壤类型
4	耕作与作物制度
5	建设成本
6	大型机耕设备可达性
7	种植密度
8	土地所有权

梯田十分重要（表 3.2.1.2.），但其作用的发挥取决于土壤、气候条件、梯田类型，尤其是合理的设计和后期维护。

表 3.2.1.2 梯田的主要作用

序号	作用
1	降低径流速度和洪峰流量
2	通过缩短坡长和减小坡度减少侵蚀
3	通过增加入渗和减少径流提高土壤水分存储
4	通过增加土壤湿度和地表粗糙度减少风蚀
5	容易灌溉增加作物产量
6	减少面源污染改善水质

梯田是最为有效的水土保持措施之一，尤其在陡坡效果明显。但梯田的高建设和维护成本是影响其实施的主要障碍之一，因此实施高成本梯田措施要么取决于乡村经济发展水平（图 3.2.1.6.），要么种植高



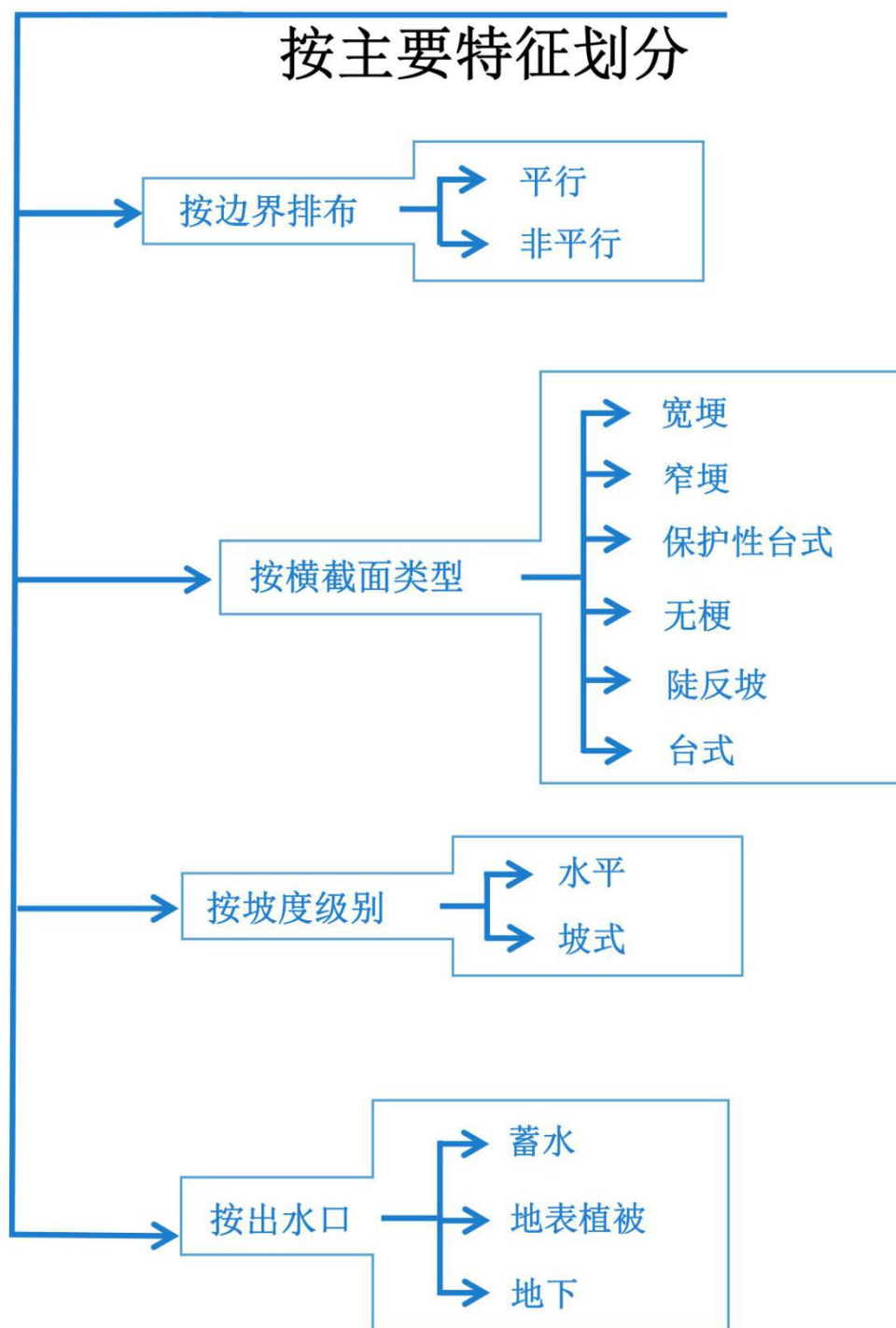
附加值农作物（如图 3.2.1.9.）。目前在欧洲共同农业政策中，主要集中在维护现存梯田，尤其是维护带有石墙的传统梯田（图 3.2.1.7.）。

3.2.1.2. 梯田的类型

图 3.2.1.1. 总结了多种梯田类型结构。根据梯田的排列（图 3.2.1.2.）、断面（图 3.2.1.3a. 与 b.）、坡度（图 3.2.1.4.）和排水（图 3.2.1.5.）等，可将梯田分为多种类型。这些结构常与引导径流至排水口水渠结合，改变径流方向，降低流速，减少侵蚀。排水口水渠的设计一般要确保 10 年一遇降雨事件形成的径流安全通过。



梯田种类



梯田特征分类

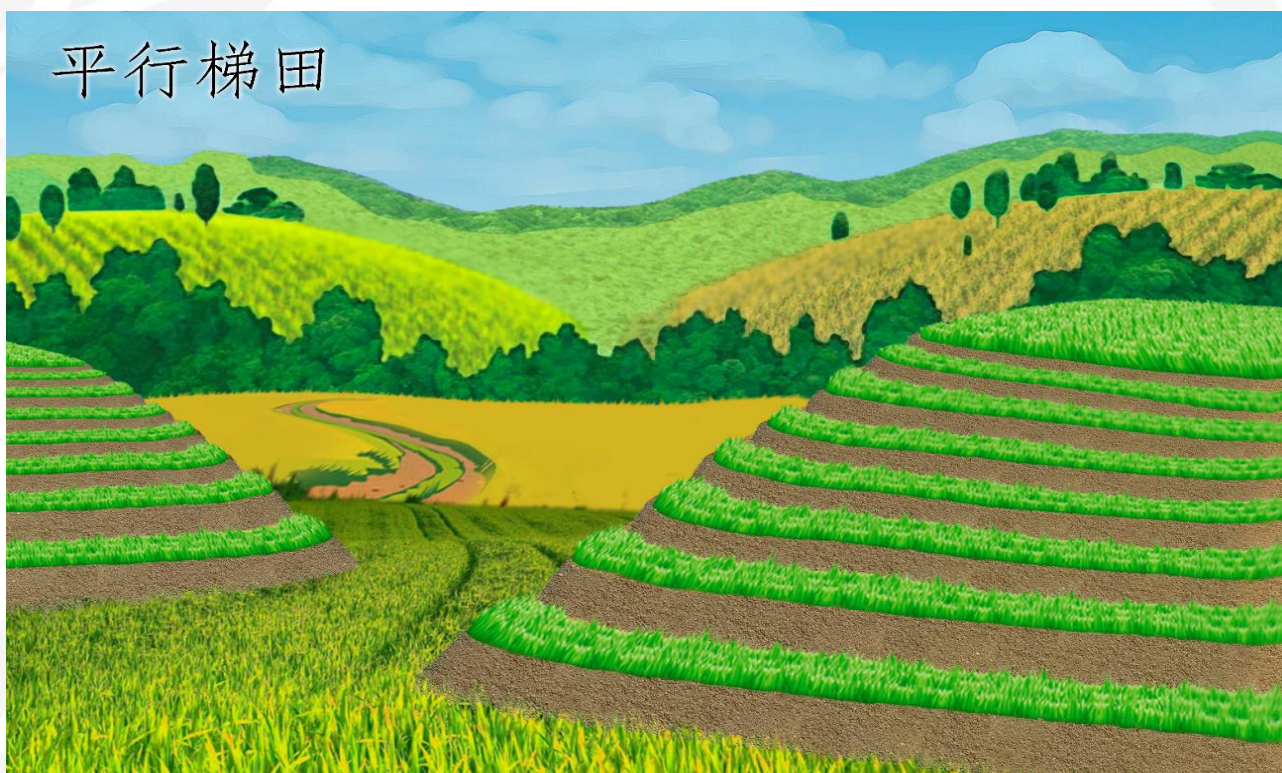
- 根据排列方式分为：平行梯田、非平行梯田
- 根据断面形态分为：宽梯田、窄梯田、保护性台式梯田、无埂梯田、陡反坡梯田、台式梯田。
- 根据坡度分为：水平梯田、坡式梯田。
- 根据出水口分为：蓄水梯田、草水路排水梯田、地下管道排水梯田。



图 3.2.1.1. 根据梯田设计划分梯田类型（改编自 Blanco 等，2008）



非平行梯田

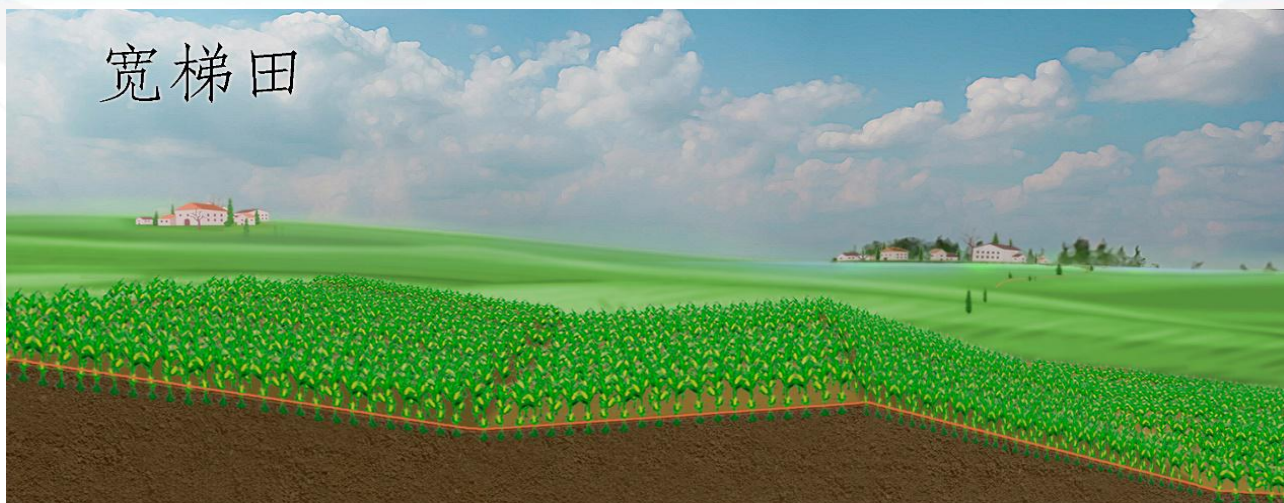


平行梯田

图 3.2.1.2. 比较梯田排列：非平行梯田（沿等高线）与平行梯田（直线）。

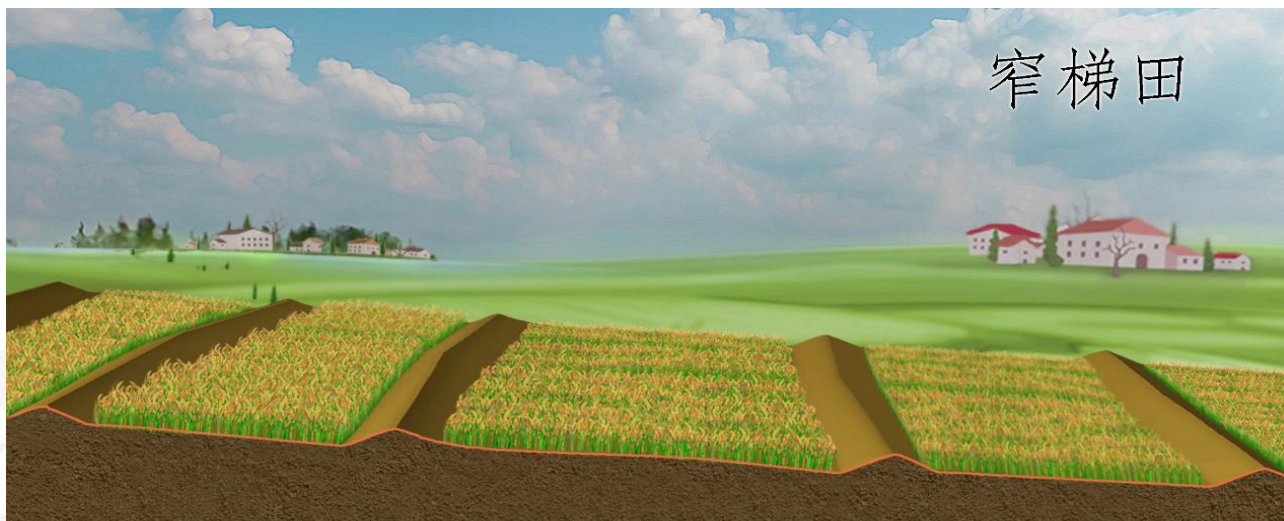


宽梯田



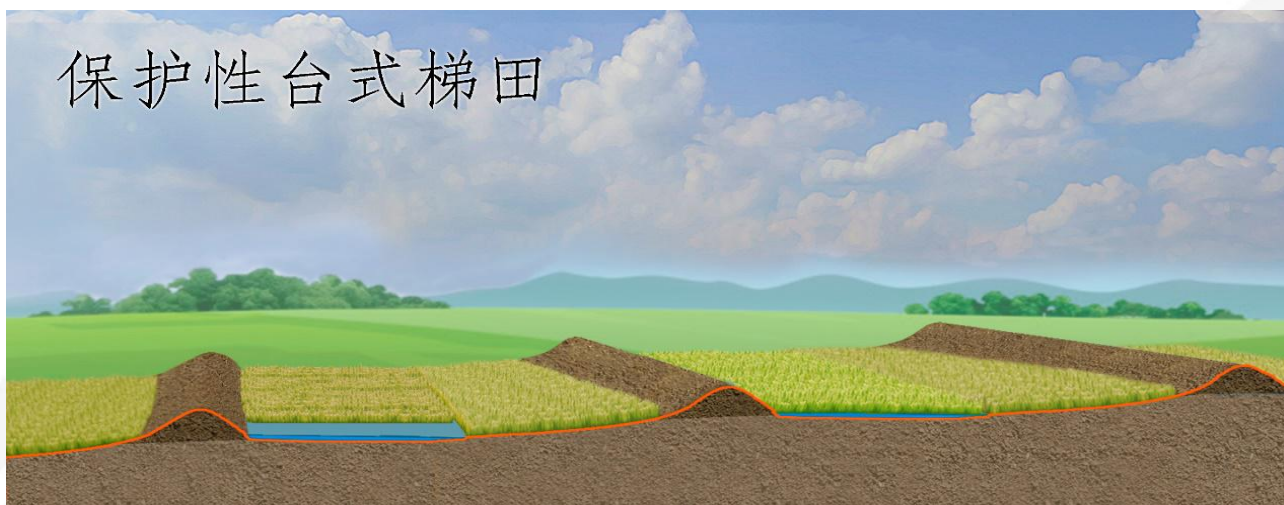
宽梯田

窄梯田



窄梯田

保护性台式梯田



保护性台式梯田

图 3.2.1.3a. 比较梯田断面：宽梯田、窄梯田、保护性台式梯田。

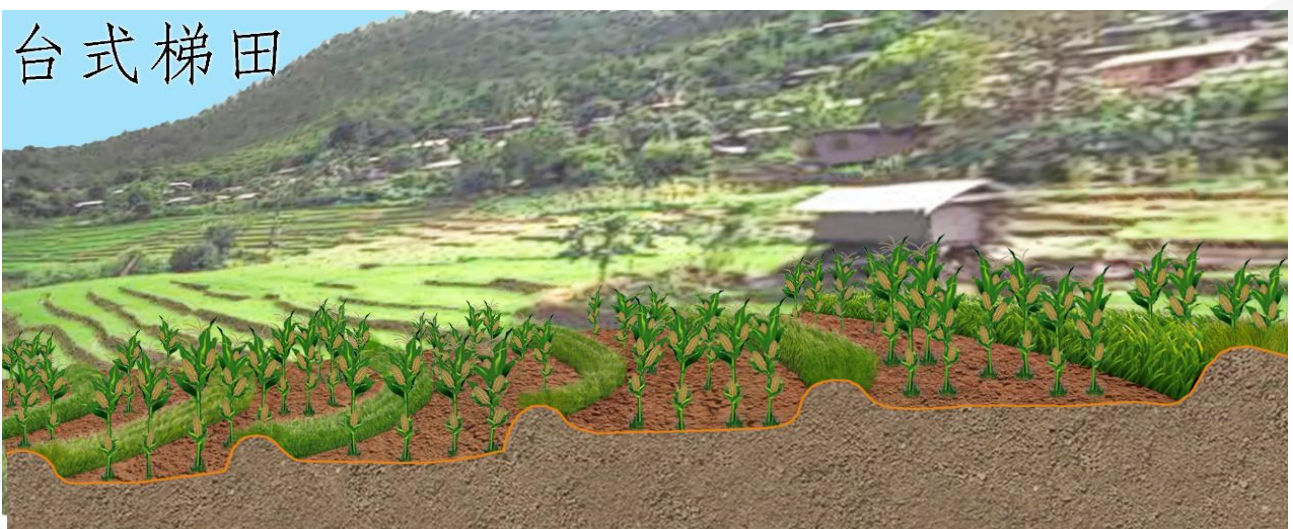




无梗梯田



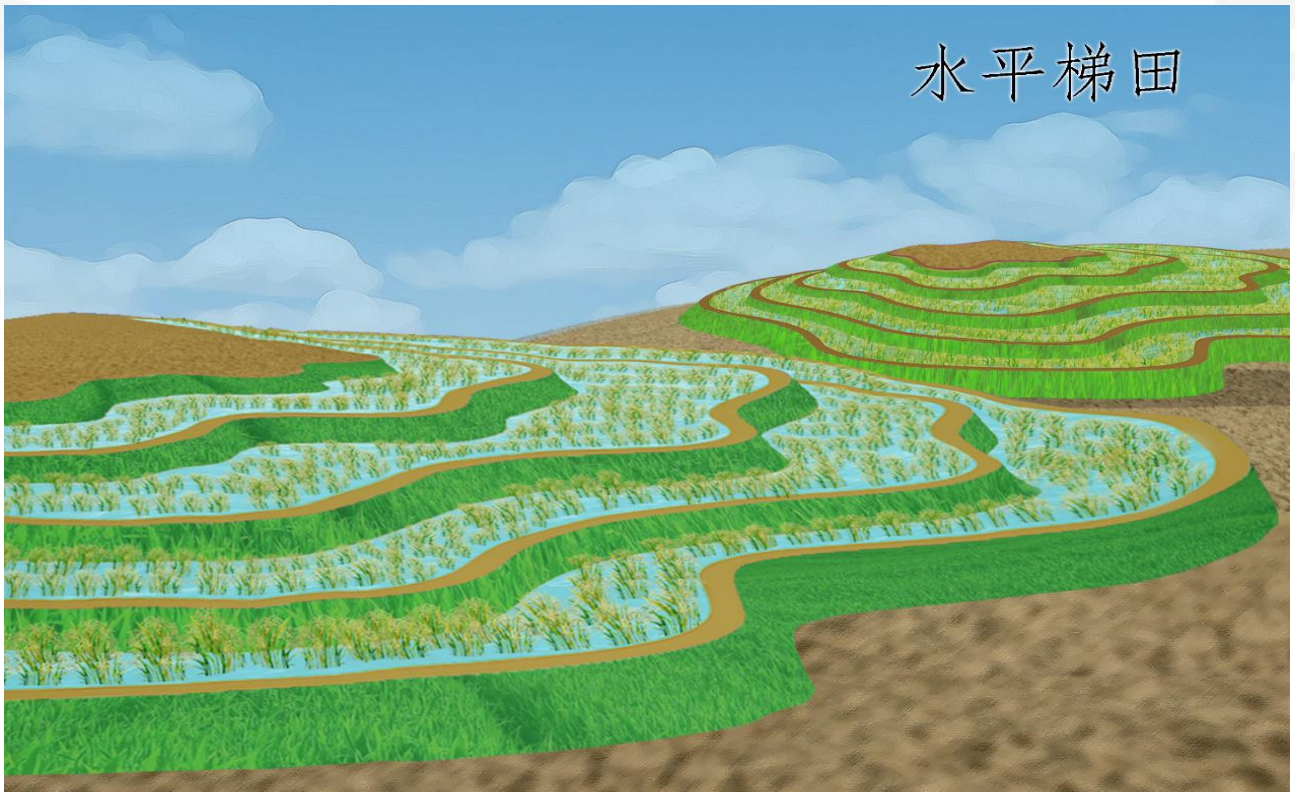
陡反坡梯田



台式梯田

图 3. 2. 1. 3b. 比较梯田断面：无梗梯田、陡反坡梯田、台式梯田。





水平梯田



坡式梯田

图 3.2.1.4. 比较梯田田面坡度：水平梯田、坡式梯田。





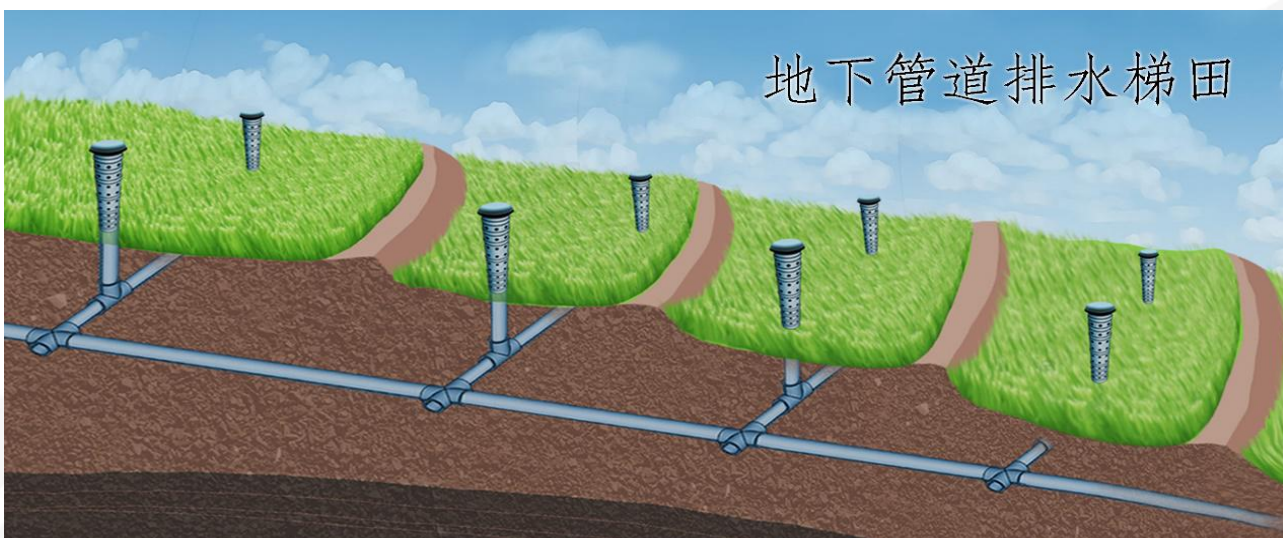
蓄水梯田

蓄水梯田



草水路排水梯田

草水路排水梯田



地下管道排水梯田

地下管道排水梯田

图 3. 2. 1. 5. 比较梯田排水：蓄水梯田、草水路排水梯田、地下管道排水梯田



3.2.1.3. 不同种类梯田示例



图 3.2.1.6. 宽梯田，位于中国东北黑土区（孟令钦供图）



图 3.2.1.7. 带有石墙的传统石坎梯田，位于西班牙东部（J. A. Gómez 供图）





图 3.2.1.8. 石坎水平梯田，位于中国北方山地地区（孟令钦供图）



图 3.2.1.9. 植被覆盖的窄埂梯田，位于奥地利瓦豪谷葡萄园（P. Strauss 供图）





图 3.2.1.10. 种植小麦与马铃薯的梯田，位于波西米亚中部（Grunta）（T. Dostal 供图）



图 3.2.1.11. 种植不同作物的梯田，位于中国南方（T. Dostal 供图）



3.2.1.4. 参考文献

Blanco, J., Lal, R. 2008. Principles of Soil Conservation and Management. Springer.

Gómez et al. 2019. Criterios técnicos para el diseño y evaluación de cárcavas.

NRCS, 2011. National Resource Conservation Services Standards. Terraces Code 600.

WOCAT 2011. Vegetated earth-banked terraces (Spain). Note that in WOCAT database there are several examples of terraces.



3.2.2. 乔木与藤本经果林等高种植

3.2.2.1. 描述

等高种植是沿等高线种植多年生经济植物如葡萄、橄榄树、杏树等，或其它多年生植物。要沿垂直于最大坡度的方向种植，目的是减少径流和水蚀。等高种植有无梯田情况下的效果不同。没有梯田时，难以保证林木完全沿垂直最大坡度的方向排列，容易使径流在等高种植带形成缺口，因此可将无梯田等高种植作为一定条件下的备选项（表 3.2.2.1. ），一般适宜在有梯田的情况下实施等高耕作。

表 3.2.2.1. 等高种植的适宜条件

特征	原因
坡度为 2%~10%时最有效	坡度大于 10%时机械通行很困难，小于 2%时无需实施等高种植。
被切沟分割或地形起伏强烈的田块 不适宜实施等高种植	耕种困难，沟蚀无法控制。

等高种植与地表植被覆盖（覆盖作物）、以及沿等高线布设植物带的措施结合使用时效果最显著。有效实施该措施的关键指标见表 3.2.2.2. 。

表 3.2.2.2. 等高种植的主要适宜条件，修改自美国自然资源保护局（NRCS）2016

序号	条件
1	种植行坡度尽可能接近等高线，如果是乔木坡度不超过 4%，如果是永久性覆盖作物，坡度不超过 10%。
2	对于入渗率低到极低的土壤，应建立坡度大于 0.2%的水路，防止积水。
3	避免水路过长以防止径流汇集，等间隔布设出水口如草水路，以缩短水路长度。
4	在低洼处一定布设出水口，以防止径流汇集，见图 3.2.1.5.

在容易遭受水蚀威胁的地区，开发新果园时，一定要实施该项最佳管理措施。



3. 2. 2. 2. 不同种类等高栽植的示例



图 3. 2. 2. 1. 等高种植的橄榄园，位于西班牙南部（J. A. Gómez 供图）



图 3. 2. 2. 2. 等高种植的葡萄园，位于意大利东北部（J. A. Gómez 供图）





图 3.2.2.3. 有梯田且等高种植的植葡萄园，位于希腊萨摩斯（J. A. Gómez 供图）

3.2.2.3. 参考文献

NRCS, 2016 National Resource Conservation Services Standards. Contour orchard and other fruit areas. Code 330.

WOCAT 2011. Olive tree plantations with intercropping (Morocco). Note that in WOCAT database there are several examples of contouring.



3.2.3. 景观要素

3.2.3.1 描述

景观要素是指农业景观中自然或人工形成的非生产性区域。从与产量无关的生态系统服务供应角度，景观要素具有许多益处。针对目前的共同农业政策 CAP 而言，景观要素通常属于“生态聚焦区（EFA）”范畴，并在改善生物多样性方面发挥重要作用（Biodiversa, 2017）。本章节包括的农业景观要素没有明确其在不同章节的实施目的，如随时间推移植物带变为植物篱。表 3.2.3.1. 汇总了景观要素的主要类型。

表 3.2.3.1. 农业景观中的主要景观要素

要素	原因
岛状林	农业景观中由小片林地构成的乔木与灌木飞地。
灌木篱	不同类型灌木或矮乔木紧密生长在一起组成植物条带，多分布在田块之间或乡村道路两侧。
植物带	乔木或灌木组成的植物带，较灌木篱窄。
独株树	均匀农田内的孤立分布的树。
休耕地	永久休耕地。
石墙	由干燥石头构成、或有美学价值的墙，多为田块边界或挡土墙。
传统设施	其他典型乡村建筑物，如独立住宅、水井、谷仓等。

这些要素的作用的发挥常取决于其植被数量和类型，以及维护与关注程度。如要清除侵略性杂草、定期除草、修剪与清理，并注意因耕作带来的意外损害。如给邻近作物喷洒农药时，要避免农药飞溅造成的影响。表 3.1.3.2. 总结了假定满足这些条件的景观要素的影响。

表 3.2.3.2. 选定的景观要素对几种生态系统服务功能的影响（++表示高影响，+表示中等影响，o 表示可以忽略影响，*表示只针对农业区的径流缓冲带有影响）

要素	生物多样性改善	侵蚀防治	异地污染	景观美学
岛状林	++	++	++/o*	++
灌木篱	++	++	++/o*	++
植物带	+	+	o	++
独株树	+	o	o	++
休耕地	+	++	++/o*	++
石墙	+	++	+	++
传统设施	+	o	o	++



3.2.3.2. 不同种类景观要素示例



图 3.2.3.1. 岛状林，位于意大利东北部（J. A. Gómez 供图）



图 3.2.3.2. 将两个田块分开的灌木篱，位于西班牙南部半干旱环境（J. Mora 供图）





图 3.2.3.3. 公路附近植物带，位于捷克共和国波西米亚南部（T. Dostal 供图）



图 3.2.3.4. 休耕地中的独株树，位于西班牙南部（J. Mora 供图）





图 3.2.3.5. 植被覆盖的休耕地，位于西班牙南部（J. Mora 供图）



图 3.2.3.6. 梯田果园的石墙，位于西班牙东部（J. A. Gómez 供图）





图 3.2.3.7. 景观结构变化与景观要素入侵，位于波西米亚中部（图像拍摄日期为 1953 年与 2015 年）。





图 3.2.3.8. 传统农户住宅附件的小片森林岛，位于西班牙南部（J. Mora 供图）

3.2.3.3. 参考文献

Gómez et al. 2019. Criterios técnicos para el diseño y evaluación de cárcavas, revegetación para diversificación del paisaje, muros de contención, mejora ambiental de fuentes y abrevaderos y construcción de charcas artificiales. In Spanish.

Biodiversa, 2017 Policy brief: The Common Agricultural Policy can strengthen biodiversity and ecosystem services by diversifying agricultural landscapes.

NRCS. 2011. National Resource Conservation Service. Hedgerow Planting.

WOCAT 2020. Pasture shelterbelts in the desert zone (Uzbekistan). Note that in WOCAT database there are several examples of landscape elements.



3.2.4. 经果林下的覆盖作物

3.2.4.1 描述

经果林下种植覆盖作物是一项传统技术 (Worthen, 1948), 其目的包括: 管理养分、改善通行条件和土壤性状、防治侵蚀、增加生物多样性。

目前覆盖作物是坡面尺度水蚀防治的主要技术, 同时具有改善土壤性能、增加生物多样性、提升景观价值的作用。

当经果林采用覆盖作物作为最佳管理措施时, 应了解以下相关内容。

(1) 实施该项技术有不同的策略, 在章节 3.2.4.2. 进行了总结。

(2) 雨季来临前是否有能力形成良好的覆盖作物决定了措施的效果。因此, 为实现保土目标, 选择适应当地土壤、气候、种植条件的覆盖作物优化管理措施十分重要 (表 3.2.4.1.)。

(3) 采用的具体技术及类型应符合土壤管理目标, 包括土壤保持、特定作物选择、符合气候和土壤条件。表 3.2.4.3. 提供了一些通用指南。世界范围内大面积经果林中, 有部分位于水资源有限的气候区, 需要权衡覆盖作物用水与经果林用水, 防止因经果林用水减少而降低产量。

3.2.4.2. 根据时空特征划分覆盖作物类型

覆盖作物主要分为 4 种类型。本节所指覆盖作物是种植在树木之间的条带内, 经果林树冠下方则因机械或化学除草无植被覆盖。虽然有时会在所有种植区内种植覆盖作物, 但前者依然是经果林实施覆盖作物的最常见方法。

a) 永久性覆盖作物。虽然干旱或寒冷会使植被在部分时段处于休眠状态, 但树木之间的条带大多还是全年被作物永久性覆盖, 为此要种植多年生草本植物、或能自我种子传播的一年生草本植物。

b) 临时性覆盖作物。是指控制覆盖作物的持续时间, 在地中海地区很普遍: 从秋季至早春的雨季, 覆盖作物生长; 早春后通过化学或机械除草杀死覆盖作物, 防止其与树木争夺土壤水分。理想情况下, 一旦覆盖作物完成下一年的种子自我传播, 就要将其杀死。但实际并非总是如此, 而是采用保留覆盖作物的方法: 将其留在 0.5~1m 宽的窄条不做处理, 使其完成生育过程, 产生种子。许多情况下, 通过耕种或农具如金属罐、棒或篮子等, 就会将覆盖作物的种子进行传播。

c) 间隔性覆盖作物。是指没间隔一个条带种植覆盖作物, 其余条带采用其他管理方式, 如用机械或化学除草保持裸土状态。覆盖作物每 1、2 或 3 年在不同条带间更替。

d) 用于绿肥或土壤消毒的覆盖作物。是指覆盖作物生物量达到最大, 并将其混入土壤作为肥料。如豆科作物的土壤固氮、作物), 从白芥子中提取硫甙以减少土壤中黄萎病菌的生物消毒等。该方法于前述 a, b, c 方法完全不同, 更强调生物量生产达到最大, 并合适的生长阶段混入土壤, 并非要与保水保土的最佳时间相匹配。



表 3.2.4.1 根据持续时间划分覆盖作物类型。++表示高效，+表示中效，(leg)表示只有种植豆类作物时有效。间隔性覆盖作物效果与覆盖的条带数量成正比，也与该条带采用的覆盖作物技术有关。改编自 Grant 等 (2006)。

潜在效益	永久性覆盖作物 (a)	临时性覆盖作物 (b)	绿肥 (d)
增加土壤有机碳	+	+	++
增加生物活性	+	+	++
土壤固氮	+(leg)	+(leg)	++(leg)
改善入渗	++	+	+
减少径流/侵蚀	+++	++	+
减少沙尘暴	+	+	+
降低土壤紧实度	+	+	+
控制杂草	++	++	++
改善通达性	++	+	+

表 3.2.4.2. 列举了与裸地管理相比采用覆盖作物的风险。

表 3.2.4.2. 不同类型覆盖作物的潜在风险的程度。++表示高风险，+表示中风险，o表示无风险或风险可忽略。间隔性覆盖作物的风险与条带数量成正比，也与该条带采用的覆盖作物技术有关。改编自 Grant 等 (2006)。

潜在风险	永久性覆盖作物 (a)	临时性覆盖作物 (b)	绿肥 (d)
土壤水分竞争	++	+	+
春季冻害增加	+	+	++
妨碍部分传染病的消除	+	+	+
啮齿动物增多	+	+	+
影响残茬的削砍、移除和修剪	o	+	++
线虫增多	++	o	o

如果已经存在

3.2.4.3. 根据不同目标划分植被与管理选项的主要类型

根据覆盖作物的主要目标选择不同的作物种类，目标包括管理选项和决策。表 3.2.4.3. 汇总了相关决策。

表 3.2.4.3. 覆盖作物构成和围绕土壤管理目标的一些关键问题与管理决策

目标	最佳覆盖类型	关键问题?	主要管理决策
改善生物多样性与景观	各类花卉植物混合	种植何种植物以实现开花期交错且维持中等成本?	如何控制覆盖作物构成? 何时以何种方式刈割?
改善土壤肥力	豆类或豆科植物/草	物种组成	何时将覆盖作物混入土壤? 如何整地实现最大生物量?
防治侵蚀	草	适和当地气候且有适宜物候期的草种? 何时再次播种?	如果是临时性覆盖植物, 何时杀死其?
放牧	豆类或豆科植物/草	植物种类如何构成? 何时再次播种?	载畜量多少? 一年内何时允许放牧?
通达性	草	草种如何构成? 与农田管理相关的播种时间?	何时控制覆盖作物? 采用机械(机割)还是化学方除草?

3.2.4.4. 经果林覆盖作物示例图片



图 3.2.4.1. 退化土壤橄榄树果园中的一年生草本植物覆盖 (J. A. Gómez 供图)



图 3.2.4.2. 杏仁种植园中的临时性草本植物覆盖 (J. A. Gómez 供图)



图 3.2.4.3. 有覆盖作物的葡萄园，位于下奥地利州 (T. Dostal 供图)





图 3.2.4.4. 橄榄树果园中的绿肥作物覆盖 (J. A. Gómez 供图)



图 3.2.4.5. 橄榄树果园中的生物多样性混合植物覆盖 (J. A. Gómez 供图)





图 3.2.4.6. 葡萄园中的间隔性覆盖作物，位于捷克共和国南摩拉维亚（T. Dostal 供图）



3.2.4.5. 各国家对经果林覆盖作物的定义

尽管几乎每个国家的农业环境保护计划都涉及覆盖作物，但涉及到补贴费用，对覆盖作物的定义各不相同，由此导致混淆。下表举例说明 Shui 项目各国在获取覆盖作物补贴方面的要求。

国家	定义
葡萄园与果园	<p>1) 覆盖作物是种植或是之前已经存在的植物</p> <p>2) 覆盖作物至少包括一个抗寒品种</p> <p>3) 以下不是覆盖作物：a) 有机覆盖物 b) 完全未播种的覆盖物 c) 谷物、玉米、以及超过 50%谷物或玉米组成的混合作物，用于建立永久覆盖的燕麦或大麦除外强制要求：</p> <p>果园：除树干周围最大到 100cm 范围内，所有条带均要求永久性覆盖 葡萄园：坡度 $\geq 25\%$：除树干周围到最大 80 cm 范围内，所有条带均要求永久性覆盖 坡度 $< 25\%$：每年 11 月 1 日至次年 4 月 30 日所有条带均要覆盖（选项 A），或所有条带均要永久性覆盖（选项 B） 覆盖作物期间，不允许破坏覆盖的田间管理，如深松。奥地利补贴系统——仅有强制性措施</p>
捷克共和国	<p>共同农业政策（CAP）和良好农业与环境条件（GAEC）中，针对葡萄园、果园或啤酒花种植地实施永久性覆盖作物没有强制性规定。</p> <p>在实施新的种植项目时，允许五年内获得额外的补贴，用于在条带上种植覆盖作物。</p>
西班牙 橄榄树果园	<p>强制要求：树间至少 1m 的条带种植覆盖作物，且与最大坡度方向垂直。如果该方向无法种植，可沿树间条带方向种植。</p> <p>建议：秋冬季或高暴雨风险时段要保持作物覆盖。一旦早春出现土壤水分竞争，就要采用用化学或机械方法除草，或控制性牧羊。在下一个秋季到来前，应确保覆盖作物残茬覆盖在土壤表面。如有必要，可播种新的覆盖作物。</p> <p>建议：果园内部分区域，可以种植豆科作物（针对缺氮土壤）、草、草与豆科作物混合、十字花科植物、或能改善土壤条件并为鸟类提供栖息地的植物种类。</p>
西班牙 葡萄	<p>建议：在适宜地区的秋冬季或高暴雨风险时段，要保持作物覆盖或覆盖层。一旦开始出现土壤水分竞争，就要除去覆盖作物。</p> <p>建议：如果没有土壤水分竞争的风险存在，尽可能长期保留覆盖作物，但要通过刈割或放牧限制其生长。如有必要，用额外的覆盖材料补充覆盖作物。用经授权的化学或机械方法，或通过牧羊去除覆盖作物。</p> <p>建议：沿农地边缘种植植物带，其宽度为覆盖作物间隔的一半。可以种植豆科作物、草、草与豆科作物混合、十字花科植物、或能改善土壤条件并为鸟类提供栖息地的植物种类。</p>
西班牙 柑橘	<p>建议：在适宜地区的秋冬季或高暴雨风险时段，要保持作物覆盖。早春一旦开始出现土壤水分竞争，就要用化学或机械方法除草，或采用控制性牧羊。在下一个秋季到来前，应确保覆盖作物残茬覆盖在土壤表面。如有必要，可播种新的覆盖作物。</p>
西班牙 杏仁	<p>建议：在适宜地区的秋冬季或高暴雨风险时段，要保持作物覆盖。早春一旦开始出现土壤水分竞争，就要用化学或机械方法除草，或采用控制性牧羊。在下一个秋季到来前，应确保覆盖作物残茬覆盖在土壤表面。如有必要，可播种新的覆盖作物。</p> <p>建议：果园内部分区域，可以种植豆科作物（针对缺氮土壤）、草、草与豆科作物混合、十字花科植物、或能改善土壤条件并为鸟类提供栖息地的植物种类。</p>

国家	定义
----	----

西班牙
苹果

建议：通过播种或自然植被恢复，维持全年永久性作物覆盖。
 建议：在寒冷地区至少在春季保持土壤裸露，使霜冻风险降至最低。
 建议：种植最适合该地土壤的覆盖作物，如豆科植物、草、草与豆科植物混合、十字花科植物。
 建议：使用经授权的化学或机械方法控制覆盖作物。
 建议：除在条带内种植覆盖作物外，在未种植果树的区域种植覆盖作物，以改善生物多样性。

3.2.4.6. 参考文献

Grant, J. et al. 2006. Cover crops for walnut orchards. University of California. Publication 21627.

Gómez, J. A., et al. 2019. Jornadas sobre uso de cubiertas vegetales y otra vegetación para el control de la erosión y otros servicios ecosistémicos en cultivos leñosos. proyecto INTCOVER In Spanish.

Sbitri, M.O., et al. 2007. Production techniques in olive growing.

Worthen, E.L. 1948. Farm Soils. Wiley & Sons.

Sonderrichtlinie ÖPUL 2015. Sonderrichtlinie des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW) für das Österreichische Programm zur Förderung einer umweltgerechten, und den natürlichen Lebensraum schützenden Landwirtschaft. GZ BMLFUW-LE. 1.1. 8/0089-II/3/2014.



3.2.5. 经果林覆盖物

3.2.5.1. 描述

覆盖物是指用惰性材料覆盖树木行间，以保护土壤免遭侵蚀，改善土壤质量，控制杂草生长。因成本和环境原因，直接用树木剪枝或枯枝落叶作为覆盖物，有时也来源于其它地方。有时在陡坡园地，覆盖物与其他措施如覆盖作物和植物带结合，共同起到保护土壤的效果。干旱和半干旱地区，覆盖物多作为覆盖作物的替代或补充。有许多不同种类的覆盖物，参见 NRCS (2011)，但价格通常限制其在园地中应用。土壤中的砾石含量高时，园地土壤可直接为砾石所覆盖，形成砾石覆盖物。尽管现在因环境原因不再推荐，一些园地如菠萝园仍可发现以往的描述中采用塑料覆盖物。

使用枝条残茬或干草覆盖物的主要优点汇总于表 3.2.5.1。为有效避免片蚀和细沟侵蚀、或抑制杂草生长，需要在雨季有足够多的生物量覆盖大部分地表，从这个角度而言，枝条残茬的分解速率较草本植物残茬的分解速率慢，更能维持长久的覆盖。为形成有效覆盖，要在全年定期铺设覆盖物。达到有效覆盖的干物质量参考施用量为 3.5-6 t ha⁻¹（干草或碎枝残茬）。

表 3.2.5.1. 有机物覆盖效果

序号	效果
1	防治水蚀（片蚀和细沟侵蚀）和风蚀
2	增加表土（约 0-5cm 深度）有机碳和团聚体稳定性
3	控制杂草生长
4	方便通行

覆盖物有时会有不利影响，需小心防止其发生（表 3.2.5.2）。

表 3.2.5.2 经果林采用覆盖物的注意事项

序号	注意事项
1	一定要检查是否有可能传播或促进植物病原体或疾病。
2	将覆盖物切成适宜大小，使其均匀分布，并避免植物病原体和疾病的传播。
3	检查覆盖物的碳氮比，并做到： a) 当碳氮比过高时，临时性封存土壤氮。 b) 避免在与河流相连的地区使用含氮量高的覆盖物。
4	确保对保护性动植物群（如爬行动物等）没有负面影响
5	覆盖物会干扰覆盖作物生长，应采取适当措施避免负面影响，如间隔条带进行覆盖。



3.2.5.2. 不同覆盖物示例图片



图 3.2.5.1. 西班牙橄榄树果园的条带碎枝覆盖 (J. A. Gómez 供图)



图 3.2.5.2. 西班牙橄榄树果园燕麦秸秆覆盖 (J. A. Gómez 供图)





图 3.2.5.3. 在一个长坡面上被细沟径流搬运的覆盖物 (J. A. Gómez 供图)



图 3.2.5.4. 匈牙利葡萄园行间覆盖物 (T. Dostal 供图)





图 3.2.5.4. 意大利南部橄榄树果园剪枝覆盖物 (J. A. Gómez 供图)

3.2.5.3. 参考文献

NRCS, 2011. National Resource Conservation Services. Iowa Conservation Practice 484.

NRCS, 2018. Natural Resources Conservation Service. Conservation Mulching Code 484.

WOCAT 2013 Mulching (Kenya). Note that in WOCAT database there are several examples of mulching



3.2.6. 等高耕作

3.2.6.1. 描述.

沿等高线方向耕作受坡度、地形规律性和作物布局影响。果园中的果树形成树篱，只有当果树沿等高线方向种植时，才能确保等高耕作措施的实施（见 3.2.2 节）。限制等高耕作第二个主要因素是坡度：陡坡情况下机器有倾覆的风险。陡坡上等高耕作防治土壤侵蚀的作用有限。3.2.2 节等高种植的相关准则也适用于等高耕作。等高耕作在中等坡度、均匀地形条件下效果最佳（表 3.2.6.1.）。

表 3.2.6.1. 最适宜布设等高耕作的条件

特征	原因
坡度 2-10%之间最有效。	坡度大于 10%时，通达性比较复杂； 坡度小于 2%时，没有必要采取措施
有切沟或有强烈起伏地形农地不适合该措施。	沿等高线耕作难度大，且无法控制沟蚀

该措施的有效性取决于垄台和垄沟的维护，以确保径流安全输送，不出现漫流或侵蚀。措施有效性由表 3.2.6.2 所列因素决定。

表 3.2.6.2. 影响等高耕作有效性的关键因素

因素	备注
垄高和垄宽	垄沟足够容纳径流。垄高由最小垄宽决定，垄高不小于 5cm 或 2.5cm，垄宽约 25cm。
最小垄向坡度	至少 0.2%，防止积水。
最大垄向坡度	细沟侵蚀临界坡度一半的 2%，如果此值小于 2%。
最大垄长	坡长为 30m 至 120m 之间最有效。更长的坡面容易汇集太多径流无法安全流走。
垄沟出水口	垄沟需将径流引至股流不会造成侵蚀的区域。



3.2.6.2. 等高耕作示例图片



图 3.2.6.1. 西班牙南部等高垄作 (J. A. Gómez 供图)



图 3.2.6.2. 西班牙南部传统橄榄树果园沿等高线的少耕 (J. A. Gómez 供图)





图 3.2.6.3. 中国东北黑土区沿等高线的灌木梗（孟令钦供图）

3.2.6.3. 参考文献

NRCS, 2007. National Resource Conservation Services. Natural Resources Conservation Service. Conservation Practice Standard Contour Farming #330.



3.2.7. 植物带

3.2.7.1. 描述

植物带是指垂直于地表径流方向种植的带状林草植被，用于吸附径流中的泥沙和农用化学物质，减少径流由坡面流入河流系统时携带的泥沙和农用化学物质。受景观位置和不同的设计影响，布设植物带的目的也不同。图 3.2.7.1 推荐了几种植物带的最小宽度和最大宽度。位于水路旁的植物带称为植物缓冲带。耕地上布设的一年生植物带就是覆盖作物，见覆盖作物章节的介绍。

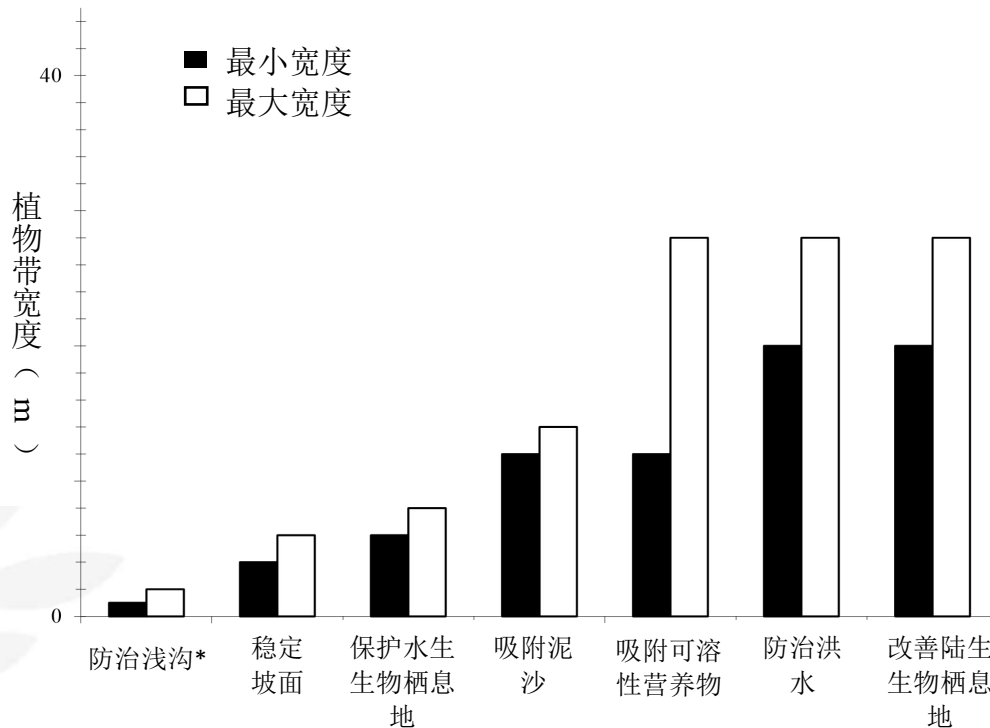


图 3.2.7.1. 推荐不同功能植物带的规格（改编自 Shultz et al. 2009, and NRCS, 2010）* 至少要有两行植物

植物带的有效性很大程度上取决于植被疏密程度和均匀性，因此，推荐的最小种植密度应考虑植物大小、植物带位置、以及汇流情况（表 3.2.7.1）。如果用于防止异地污染的植物带内形成细沟，径流就会穿过植物带，使其效益迅速下降。因此布设植物带之前，必须精细管理和整地。另外，还需注意植物带上游一侧常有泥沙沉积，需要定期清除以维持植物带的有效性。如果有大量泥沙沉积，要种植高植物品种。大多数情况下，植物带用一年生或多年生草本植物，且适应当地条件易于维护。针对物种来说，要确定是否为入侵植物，不会对邻近农地田造成严重杂草侵扰。为了兼顾不同目的，如控制浅沟侵蚀和改善环境，植物带可以是灌木和乔木。

表 3.2.7.1. 推荐的植物带植物茎干密度 (改编自 NRCS, 2010)

茎干直径 (cm)	股流区茎干面积 (m ²)	其他区茎干面积 (m ²)
0.25	11000	5500
0.38	2200	1100
0.51	666	333
0.64	333	166
1.25	44	22
>2.54	11	11



3.2.7.2. 植被带示例图片



图 3.2.7.1. 农地边缘防治侵蚀的植被带 (NRCS 图)



图 3.2.7.2. 中国东北黑土区防治切沟的植物措施 (孟令钦供图)





图 3.2.7.3. 捷克共和国不同功能的植被带 (J. Krasa 供图)

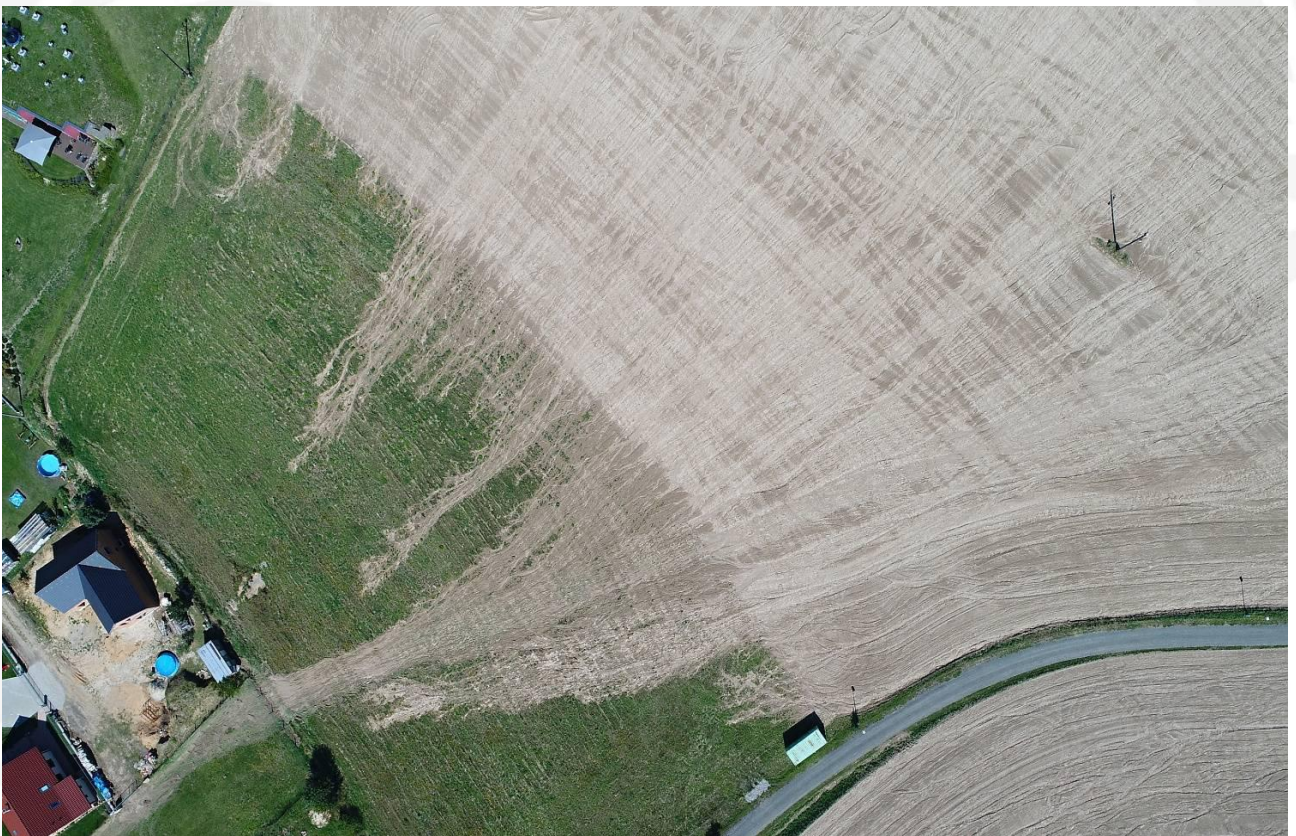


图 3.2.7.4. 大暴雨导致植被带部分损毁，捷克共和国 (J. Krasa 供图)





图 3.2.7.5. 土豆农地种植小麦的植被带部分损毁 (T. Dostal 供图)



3.2.7.3. 参考文献

Shultz, R.C., et al. 2009. Riparian and Upland Buffer Practices. In: H.E. “Gene” Garret (Ed.). North American Agroforestry. An Integrated Science and Practice. 2nd Ed. American Society of Agronomy. Madison. Wisconsin.

NRCS, 2008. National Resource Conservation Services. Natural Resources Conservation Service. Conservation Practice Standard. Filter Strip Code 393.

NRCS, 2010. National Resource Conservation Services. Natural Resources Conservation Service. Conservation Practice Standard. Vegetative Barrier code 601.

WOCAT 2011. Terrace with Tree Barrier (Tayikistán) Note that in WOCAT database there are several examples of barriers and strips.



3.2.8. 切沟侵蚀防治技术

3.2.8.1. 描述.

切沟是股流下切地表形成，除了是泥沙的主要来源外，还使农田分割破碎，提高了作业成本，增加了机械或人员穿越切沟时的风险。切沟大小各不相同（图 3.2.8.1），一般分为浅沟或永久性切沟。浅沟比较小，深度一般小于 0.3 m，农机具如犁可以跨过，永久性切沟体积较大，需要重型机械和特定计算控制其发展。



图 3.2.8.1. 浅沟和永久性切沟的比较（J. A. Gómez 供图）



3.2.8.2. 基本设计原理

对投资能力有限的农业区而言，防治切沟的基本原则是利用现有的人力和设备，实施小型工程（表 3.2.8.1）。表 3.2.8.2 给出了切沟防治技术基本指南，主要包括小型切沟防治的植物带和大型切沟防治的谷坊。这些措施要适合当地的气候、土壤和作物条件（见最后的参考资料）。

表 3.2.8.1. 切沟侵蚀防治的基本原理

编号	原理
1	增加集水区入渗，减少径流。
2	分流，如有必要，在全部或部分在防止产生股流，防止所有或部分径流流向沟头。
3	用工程和植被措施稳定切沟，防止其下切和侧切。

表 3.2.8.2. 切沟防治工程措施基本指南

编号	指南	理由
1	淤地坝不宜太高，一般小于 1.5m	容易修建且更为稳定。即使一个淤地坝损毁，整个系统仍比较稳定。
2	淤地坝之间要有合理的间隔（图 3.3.8.1）	防止相邻谷坊之间的下切，可消耗水流能量。
3	合理的结构设计	除结构稳定外，还包括溢洪道和坝基防护，防止冲刷谷坊坝基。
4	补种和恢复植被	在切沟边缘重新种植灌木和草本植物，防止侵蚀和块体移动。

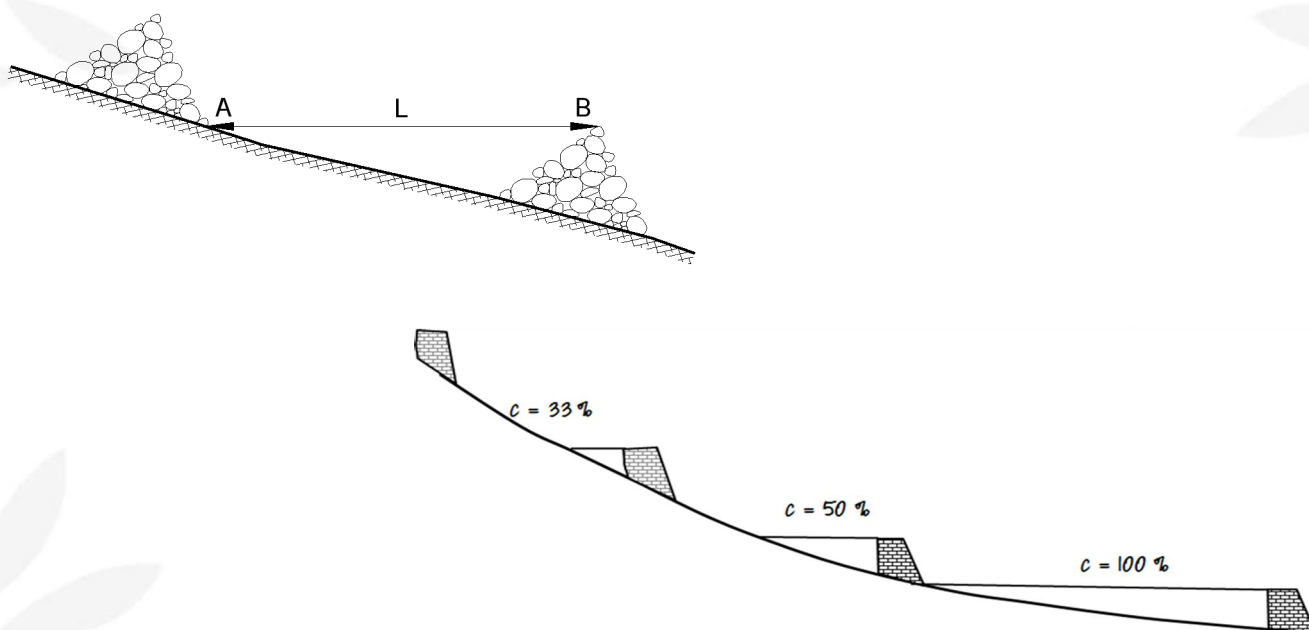


图 3.2.8.1. 谷坊间隔优化策略，当 c=100%时最为安全有效（引自 Gómez et al. 2019）

切沟侵蚀控制措施可根据切沟尺寸调整（表 3.3.8.2）。

表 3.2.8.3. 为实施保护措施的切沟大小分类

小切沟和小集水区	
主要特征	措施建议
集水区面积 < 3ha,	(1) 覆盖和整型, 形成较宽的沟道
深 < 1 m	(2) 种植高密度草 (3.2.7 节)
地表径流流速 < 1.5m sec ⁻¹	(3) 如有必要种植植物带
中等切沟	
主要特征	措施建议
集水区面积 > 3ha,	(1) 谷坊
深 1-2 m	(2) 切沟边缘种植植物带
大型切沟	
主要特征	措施建议
集水区面积 > 3ha,	(1) 谷坊
深 > 2 m	(2a) 如果沟壁通过植被恢复具有稳定性, 在沟的边缘和沟壁种植植物带
	(2b) 如果沟壁太陡或不稳定, 考虑布设梯田增加稳定性



3.2.8.3. 切沟防治措施示例图片



图 3.2.8.1. 位于下奥地利州的草水路 (T. Dostal 供图)



图 3.2.8.2 位于西班牙南部橄榄树果园系列不同设计的谷坊 (J. A. Gómez 供图)





图 3.2.8.3. 位于西班牙南部稳定后的浅沟 (J. A. Gómez 供图)



图 3.2.8.4. 小型谷坊溢洪道和坝基防护 (J. A. Gómez 供图)





图 3.2.8.5. 中国切沟防治的浆砌石谷坊（孟令钦供图）



图 3.2.8.6. 中国东北丘陵区切沟侵蚀综合防治措施（孟令钦供图）





图 3.2.8.7. 中国东北黑土区沟蚀防治的沟底植物带（孟令钦供图）

3.2.8.4. 参考文献

Gómez et al. 2019. Criterios técnicos para el diseño y evaluación de cárcavas.

NRCS, 2010. National Resource Conservation Services. Natural Resources Conservation Service. Technical Gullies and Their Control. Supplement 14P.

WOCAT 2011. Gully rehabilitation (Ethiopia) Note that in WOCAT database there are several examples of gully erosion control and rehabilitation.



3.2.9. 保护性农业

3.2.9.1. 描述

农业管理中减少土壤扰动是保护性农业（CA）的核心，包括三个基本原则（表 3.2.9.1），又称为保护性耕作。它是世界范围几乎所有国家农业环境计划的一部分，如欧盟共同农业政策条例。这是由于其在减少耕地土壤侵蚀及部分径流方面的有效性（Hösl et al., 2016; Strauss et al., 2003）。本节主要论述适用于一年生作物的保护性耕作措施，其他主要措施如经果林的覆盖作物见 3.2.4 节，一年生覆盖作物见 3.2.10 节。

表 3.2.9.1. 保护性农业基本原则

编号	原则
1	针对不同土壤类型，尽量减少对土壤的机械扰动
2	尽量增加土壤的永久性有机覆盖
3	多样化的作物轮作，尽量减少外部投入。

在一年生作物采用保护性耕作作为最优管理措施时，应注意四个方面（表 3.2.9.2）。

表 3.2.9.2. 保护性农业要注意的内容

编号	注意
1	表 3.3.9.3 总结了不同的措施，需要注意的是：相同措施在不同的国家会有不同的名称，由此造成混淆。
2	从保护土壤和减少地表径流角度，各主要措施有不同的效果。
3	措施有效性取决于播种后是否能保持足够的地表覆盖。
4	除少耕措施外，各国针对特定的农业-环境计划有各自独特的措施，对此总结如下。

表 3.2.9.3. 保护性农业的主要措施

编号	措施	定义
1	穴播	在被前期作物残茬完全覆盖、未受扰动的土壤钻种穴直接播种。
2	少耕	尽量减少初次和二次耕作强度，减少耕作深度，集中在部分田地耕作。
3	覆盖播种	尽量减少初次和二次耕作强度，不翻土，只在播种行耕作
4	带状耕作	覆盖播种的变种，在播种行尽可能小的区域内不翻土播种，可视为穴播和覆盖播种之间的方式。
5	垄作	每年起垄，在垄台上播种，垄沟为作物残茬永久覆盖。



3.2.9.2. 保护性耕作类型

穴播

穴播的主要特点是在种植经济作物前建立土壤覆盖层，然后在没有初次或二次土壤管理的情况下直接播种。技术要点包括施用除草剂控制植物覆盖（属于传统农业的常规方法），或用其他方式减少生物量，如用有机农业系统中的卷曲机。下一季节作物播种时，用播种机切断前期作物残茬，直接将种子拨入土种，而无任何土壤扰动。

少耕

包括多种的初次和二次耕作的选择，目的是减少耕作强度。一种典型方法是用凿犁替代铧犁。

覆盖播种

类似于穴播种覆盖，也是在种植经济作物之前建立土壤覆盖层。但在播种前会实施一些土壤耕作准备苗床，但不翻土。整地后，地表至少有 30% 的绿色植被或枯落物覆盖。有各种耕作工具准备播种苗床，如凿犁、旋转锄或旋转盘。覆盖减少土壤侵蚀和地表径流的有效性在很大程度上取决于耕作次数、每次的耕作深度和使用的工具，这些因素影响到作业后的土壤覆盖状况和土壤的扰动程度。

带状耕作

可视为穴播和覆盖播种的结合，播种行尽可能窄的条带上实施非翻耕操作，其他保持免耕状态。

垄作

永久性起垄，每年维护，垄高 15-20cm。在垄台上播种，作物残茬覆盖在垄沟内。垄台维护和收获时，应将作物残茬置于垄台。



3.2.9.3. 不同保护性耕作措施对生态系统服务的影响评价

表 3.2.9.4 和表 3.2.9.5 总结了不同保护性耕作措施与传统耕作相比对生态系统服务的有利和不利影响。

表 3.2.9.4. 不同保护性耕作措施对土壤生态系统服务的影响；++表示强烈，+表示中等，o表示可忽略

潜在效益	穴播	少耕	覆盖播种	带状耕作	垄作
增加土壤有机碳	++	+	++	++	+
减少土壤侵蚀	++	+	++	++	++
减少径流	+	o	+	+	+
改善土壤质量	+	o	+	+	+
增加生物多样性	++	o	+	+	+
减少异地污染	++	+	++	++	++
减少土壤蒸发	++	+	++	++	+

表 3.2.9.5. 保护性耕作措施的可能不利影响：++ 表示大概率，+ 表示中等概率，o 表示可忽略。
说明：是对不利影响出现概率的估计，仅适用于研究所在区的气候、土壤、作物和管理条件。

影响	穴播	少耕	覆盖播种	带状耕作	垄作
土壤压实	++	o	+	++	+
对除草剂产生抗性的杂草	++	+	+	+	+
因土壤升温慢导致出苗率降低	++	o	+	+	+
减产	+	o	+	+	+
化学淋溶增加	+	o	o	+	o



3.2.9.4. 不同国家的保护性农业定义

由于以下原因会造成困惑：虽然保护性农业几乎是每个国家农业-环境措施的一部分，但各国对保护性农业的定义可能有所不同。下面给出 SHui 项目三个国家在获得保护性耕作补贴方面的要求。

国家	定义	补贴水平
奥地利	<ul style="list-style-type: none"> • 穴播、覆盖播种和带状耕作之间无区别 • 上一年 10 月 15 日前建立植被覆盖可获补贴 • 对植被覆盖的土壤进行管理不早于 2 月 15 日 • 最少有两种不同的植物覆盖 • 土壤管理至播种的间隔不少于 4 周 • 不犁耕 	少耕为 60 € /ha 建立植物覆盖为 120 - 170 € /ha

农业补贴中的直接支付份额最大，是根据欧盟共同农业政策（GAEC）规则提供。保护性农业根据 GAEC 多种规则下的复杂系统定义：不同的农田（基于坡度和土壤风险评估确定）和不同的作物种类，推荐采用不同的土壤保护技术。作物种类分为低风险、正常和高风险（考虑了土壤抗蚀性）。单一地区支付计划（SAPS）贡献了主要份额（2020 年为 138 欧元/公顷），许多耕地不采取水土保持措施就能达到 SAPS。

强制：

GAEC 4 - 平均坡度超过 4° 时：残茬保留至春播，或实施带状耕作，或在 9 月 20 日前播种覆盖作物并保留至 10 月 31 日。施肥和耕作除外。

GAEC 5 - 有侵蚀风险的土壤（SEO）面积超过 2 公顷时，必须针对不同作物依据复杂措施清单实施保护性农业。主要技术如下：

- 禁止种植玉米、马铃薯、甜菜、蚕豆、大豆、向日葵和高粱；
- 以下条件允许种植行播作物：穴播、等高播种（最大面积 35 公顷）、带状耕作、种植永久覆盖作物、用冬季谷物作为保护带（6 公顷以上面积）；
- 播种马铃薯时，行间放置砾石，移除播种行砾石；
- 播种甜菜时，翻耕（造成犁盘扰动）；
- 在 30% 覆盖下播种冬季谷物；
- 所有作物管理过程的农田施用固体肥
- 坡长超过 220m，没有附加措施时，冬季谷物要有 22 m 宽的保护带。

上述每项措施都有控制参数描述，如管理日期、措施实施前状况、田块最小和最大面积、周围的作物类型、保护带参数和密度、覆盖作物面积百分比等。补贴提供方据此进行检查，该系统很复杂，而且每年都要重新设计。

西班牙冬季谷物

推荐：在合适的地方，尤其是有侵蚀风险的地区，要实施保护性耕作技术。

推荐：根据土壤质地，通过减少耕作次数和耕作深度，调整耕作方式，维持土壤有机质含量和结构等实施少耕。

强制：如果采用传统耕作

- 不要在积水或雪覆盖耕地首次耕作。
- 在 ZERE（特殊监管区）中遵循行政部门的额外规定。
- 雨养作物在收获期和当地农业部确定的首次耕作日不能耕作，除非种植了第二茬作物，如向日葵。
- 平均坡度大于 10% 时，沿最大坡度方向不能翻耕土壤，除非得到管理部门许可。



3. 2. 9. 5. 保护性耕作示例图片



图 3. 2. 9. 1. 下奥地利谷物轮作农田穴播 (T. Dostal 供图)



图 3. 2. 9. 2. 奥地利玉米地穴播 (Josef Rosner 供图)





图 3.2.9.3. 下奥地利带状耕作 (Josef Wasner 供图)





图 3.2.9.4. 垄作棉花 (J. A. Gómez 供图)

3.2.9.6. 参考文献

Jones, C. et al. 2006. Conservation Agriculture in Europe. An approach to sustainable crop production by protecting soil and water?. SOWAP.

NRCS, 2017. National Resource Conservation Services. Conservation Practice Standard Residue and Tillage Management, No-till. Code 329.

WOCAT 2017. No tillage (Estonia) Note that in WOCAT database there are several examples of no and minimum tillage.

Hösl, R. and Strauss, P. 2016: Conservation tillage practices in the alpine forelands of Austria - Are they effective? Catena 137, 44-51.

Strauss P., D. et al. 2003. How effective is mulching and minimum tillage to control runoff and soil loss. Proceedings of 5 Years of Assessment of Erosion, Ghent, 22-26 September 2003, 545-550.



3.2.10. 一年生农地的覆盖作物

3.2.10.1. 描述

在一年生作物地，覆盖作物在正常作物生产期密植，可提供土壤保护、种子保护、改善土壤质量(Blanco and Lal, 2008)。覆盖种植历史悠久(Worthen, 1948)，其目的随时间而变，从动物饲料、绿肥到目前的用途。目前主要是作为保护性农业和农林复合系统的辅助措施保护土壤不受侵蚀，改善土壤质量和水质。

将覆盖作物用于一年生作物地的最佳管理措施时，需要明确一下内容：

- (1) 该措施有几种不同的方法，汇总在 3.2.10.1 节。
- (2) 措施有效性取决于能否建立良好覆盖及实施该措施的能力(表 3.2.10.1)。
- (3) 采用某具体技术和植物种类时，要适合目标、作物、气候和土壤条件。

3.2.10.2. 根据轮作制划分覆盖作物类型

a) 覆盖作物成为轮作制的一部分。覆盖作物种植于整个农地，成为轮作经济作物的一部分，以改善土壤质量和防治土壤侵蚀。通常是豆科植物、豆科植物与草混合、有深层根系的物种，减缓土壤压实、或有生物消毒特性的物种，如芥子(*Sinapis*)、黑麦、三叶草或野豌豆。

b) 带状种植。与行播作物或饲料/草呈带状交替种植。带状种植通常为轮作，每年的条带上种植不同的作物。如果管理得当，当条带垂直于坡向时，是减少土壤侵蚀非常有效的方法。

还有可供选择的间作，更多是农林系统的多样性作物生产和作物协同，而非水土保持最佳管理措施，如间作或套作，本节不再讨论。

表 3.2.10.1 总结了不同覆盖作物类型对农地的积极作用影响。

表 3.2.10.1. 不同覆盖作物类型的影响评价 ++表示强烈，+表示中等。改编自 Blanco and Lal (2008)

潜在效益	轮作制的覆盖作物	带状耕作
防治侵蚀	+	++
提升土质	++	+
提升土壤肥力	+ (leg)	+(leg)
抑制杂草	++	++
增加土壤有机物含量	++	+
促进营养物循环	++	++
防治营养物流失	++	++
提升水质	+	++

3. 2. 10. 3. 农地覆盖作物示例图片



图 3. 2. 10. 1. 斯洛文尼亚玉米-小麦间作 (T. Dostal 供图)



图 3. 2. 10. 2. 捷克共和国的带状耕作 (J. Krasa 供图)





图 3.2.10.3. 奥地利的带状耕作 (P. Strauss 供图)

3.2.10.4. 参考文献

Blanco, J., Lal, R. 2008. Principles of Soil Conservation and Management. Springer. NRCS, 2014 National Resource Conservation Services Standards Cover Crop. Code 340. WOCAT 2017. Root-oriented cover crops (Italia) Note that in WOCAT database there are several examples of cover crops. Worthen, E.L. 1948. Farm Soils. Wiley & Sons.



3.2.11. 农林复合系统

3.2.11.1. 描述

农林复合系统是在同一块地上，将乔木和/或灌木与农作物和牲畜生产相结合的土地管理系统。广义上说，农林复合系统包括了本书已单独讨论的各种措施，如植物带，其主要目标是在同一块地上的多样化利用和生产多样化产品，发展更具弹性和可持续性的农业系统。本节从农业区优化水土资源利用的最优管理措施角度，综述一些其他章节未涉及的复合农林系统的措施。

表 3.2.11.1 合理农林复合系统的效益，改编自 Blanco and Lal (2008).

编号	效益
1	减少径流和土壤侵蚀
2	提高生物多样性
3	提高土壤质量
4	碳封存
5	加强粮食安全

3.2.11.2. 农林复合系统的措施

农林复合系统的措施可分为五类（表 3.2.11.2）。

表 3.2.11.2 农林复合系统主要类别，改编自 Young (1997).

编号	措施
1	路旁种植
2	林产品生产
3	林牧复合系统
4	河岸林缓冲带
5	防风林带

路旁种植

是指在 10–25m 宽的路边种植 1–5m 宽的农作物或园艺作物，构成树篱和灌木篱。当该措施沿等高线种植时，即为“等高线植物篱”，是热带和亚热带地区农林复合系统最广泛的措施之一。从概念上讲，该措施已包含在本书所介绍的最优管理措施，如植物带（3.3.7 节）或覆盖作物（3.3.4 节），但强调路旁种植的作物和植物篱更侧重于农业生产，有利于农产品多样化。

林产品生产

为不同目的如获得木材、水果、药品等种植林木和其他植物品种，其产品来源于森林的不同层次。如高层为乔木，低层为耐阴作物，如香蕉。

林牧混合系统

将乔木和灌木与饲料（牧草或干草）及畜牧经营相结合的系统。它不同于传统林业，因为整个系统乔木的种类和数量、牧草的播种和管理、放牧密度等是作为整体进行设计和管理。例如在南伊比利亚半岛的



德赫萨，生产软木和橡子的橡树林，同时放牧着绵羊、奶牛和猪，提供荫凉和牧草（图 3.3.11.3）。

河岸林缓冲带

在邻近河流、湖泊或湿地的区域，种植乔木、灌木和/或与周围景观不同的多年生植物，主要是作为植物带提供水土保持效益，这已在 3.2.7 节中讨论。对农林复合系统而言，该措施的目的是将乔木和灌木作为可收获农产品。

防风林带

与河岸林缓冲带类似，防风林带是与木材、纤维或粮食作物种植相结合，用以保护农作物免受大风危害的植物带。



3. 2. 11. 3. 不同农林复合经营实践的示例



图 3. 2. 11. 1. 带状种植例图，包括松树和棉花种植（S. Jose 供图）



图 3. 2. 11. 2. 林场种植例图，树冠下种植北美黄莲（K Trozzo 供图）





图 3. 2. 11. 3. 西班牙南部 Dehesa 林牧复合系统例图 (J. A. Gómez 供图)



图 3. 2. 11. 4. 防风林与红茎山茱萸互为补充，为土地所有者提供额外的收入来源 (USDA 国家农林中心供图)





图 3.2.11.5. 河岸森林缓冲带的概念

3.2.11.4. 部分参考文献

Blanco, J., Lal, R. 2008. Principles of Soil Conservation and Management. Springer.

USDA, 2020. National Agroforestry Center.

WOCAT 2011. Orchard based agroforestry (Tayikistan) Note that in WOCAT database there are several examples of agroforestry.

Young, A. 1997. Agroforestry for Soil Management. 2nd Ed. CAB International. Wallingford UK.

3.2.12. 雨水收集

3.2.12.1 描述

雨水收集的目的是收集水量过剩地区或水量未被利用地区的径流或地下水，贮存这些水量，以供出现水源短缺的时候和地方使用。这种方法提升了水的可获得性，具体方式包括（a）拦截并汇集地面径流，以及（b）使径流贮存最大化，或（c）汇集地下水（Studer 和 Liniger，2013 年）。过去，雨水收集主要应用在干旱和半干旱地区。表 3.2.12.6 对雨水收集系统的主要组成部分进行了划分。

表 3.2.12.1. 雨水收集系统的主要组成部分，改编自 Studer 和 Liniger（2013 年）

要素	定义
集水区	收集地表或地下径流形式的雨水的区域
输水系统	将径流传输至耕地或储存区的区域和/或系统，比如草皮泄水道
储存系统	储存水以供使用的区域，比如澄清池、地下土壤和水池等

根据以下三种基本要素的设计，雨水收集系统可分为四大组类：第一组是田野或河床中的洪水收集，见图 3.2.12.1；第二组是将集水区的径流水储存于土壤或储水设施中，见图 3.2.12.2；第三中策略可在农场中实施，即将径流水收集于地块中的微型集水区，见图 3.2.12.3 和 3.2.12.4。雨水收集策略也可以在家庭中实施，比如屋顶或庭院雨水收集等等，见图 3.2.12.5。

在干燥的半湿润、半干旱和干旱地区，这些措施可以很好地优化水资源的利用，将季节性河流和零星大雨中多余的径流储存起来，并且/或是将野外某些地区的径流汇集起来，从而确保为部分耕地中的作物供给充足的水量。其中的许多措施（尤其是那些在微型集水区实施的措施）可以在减少水土流失和改善水质方面起到积极的作用。

在其它非干旱或半干旱气候条件下，农田中采取的防洪和减少水土流失的技术措施应考虑利用雨水收集技术。目前的情况并非总是如此，许多技术将径流转移并排至永久性溪流中。在气候不断变化的情况下，应基于雨水收集原则，将水沟、沟沉积区和澄清池用作额外的农业水源。



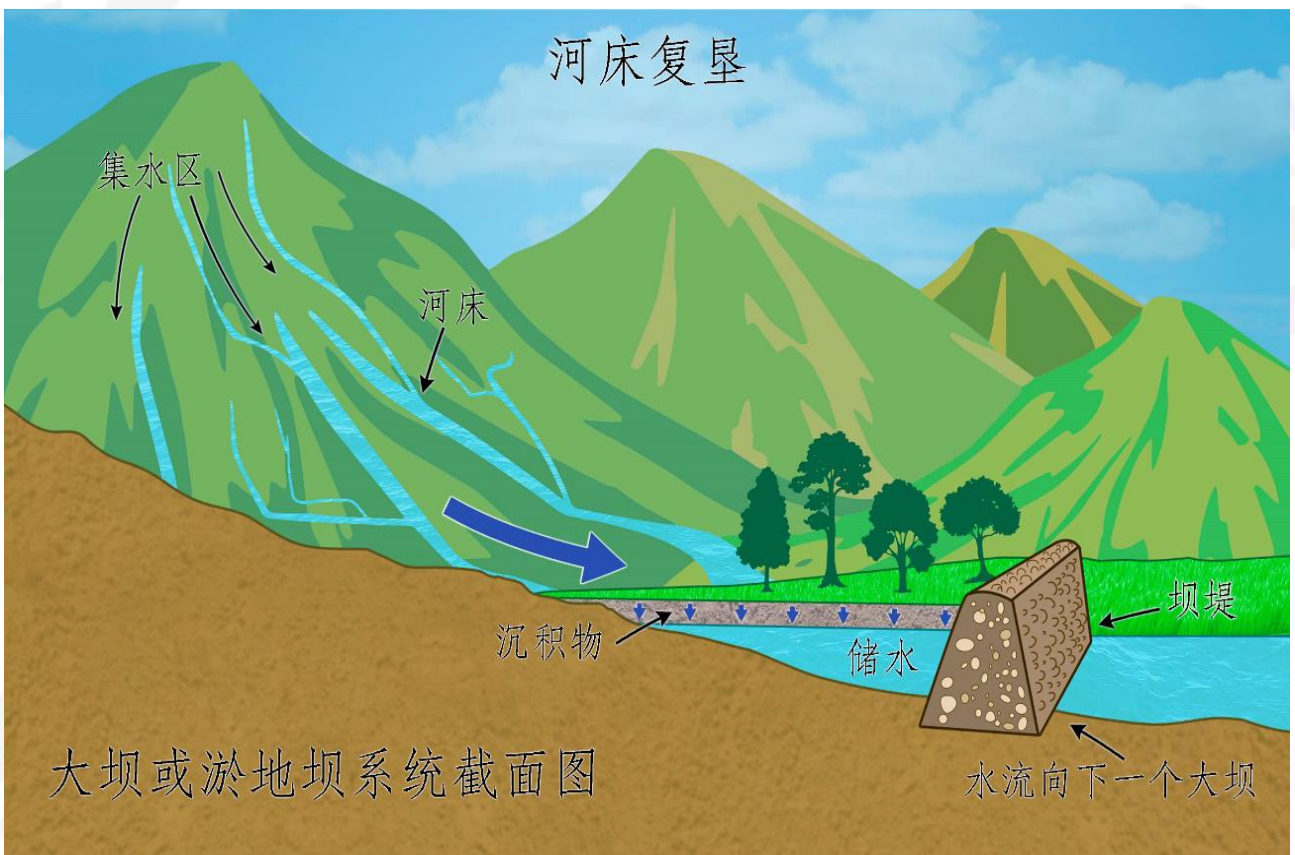
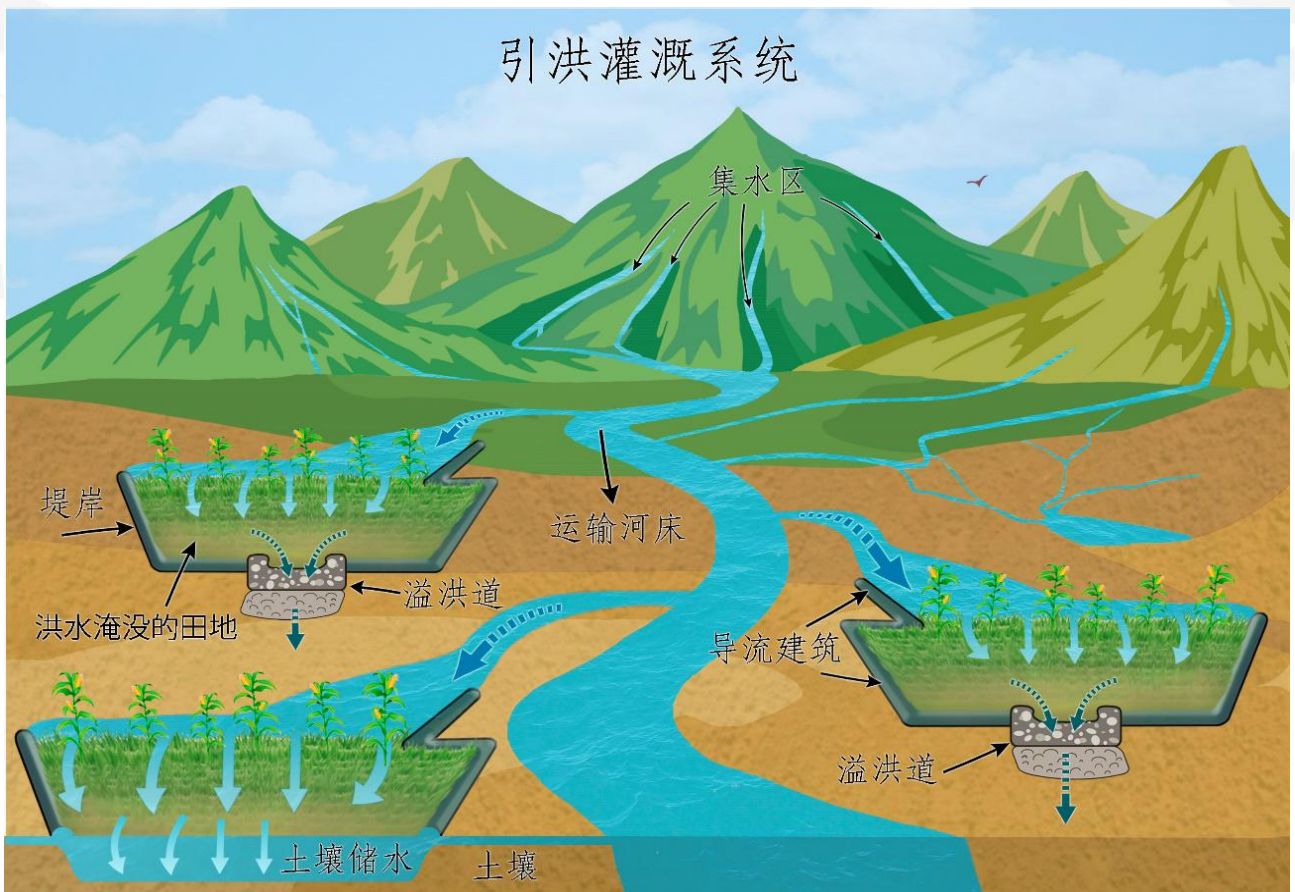


图 3.2.12.1. 洪水收集策略：分流洪水和引洪灌溉（顶部）；河床复垦，将水存储于河床中（底部），改编自 Studer 和 Liniger（2013 年）

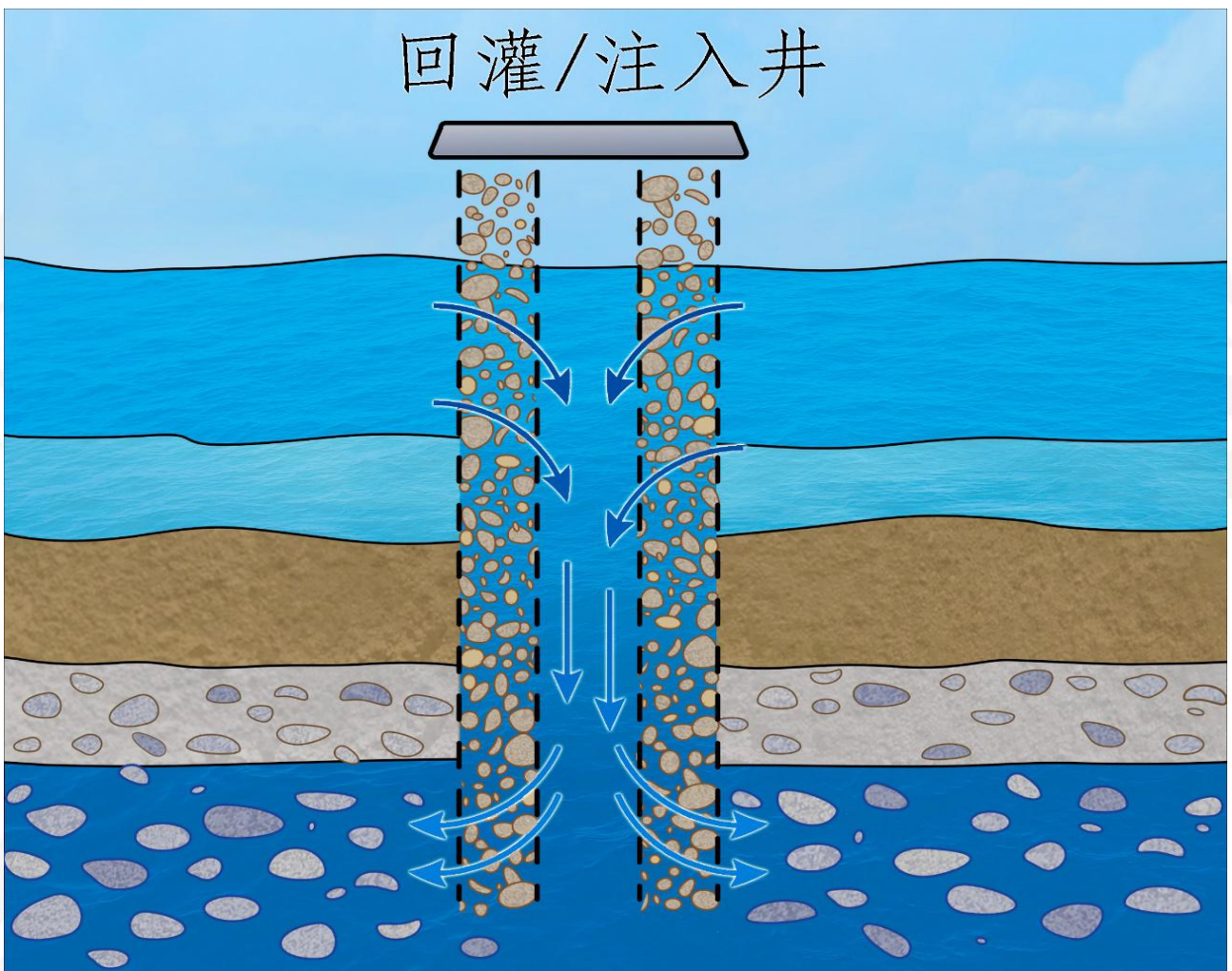
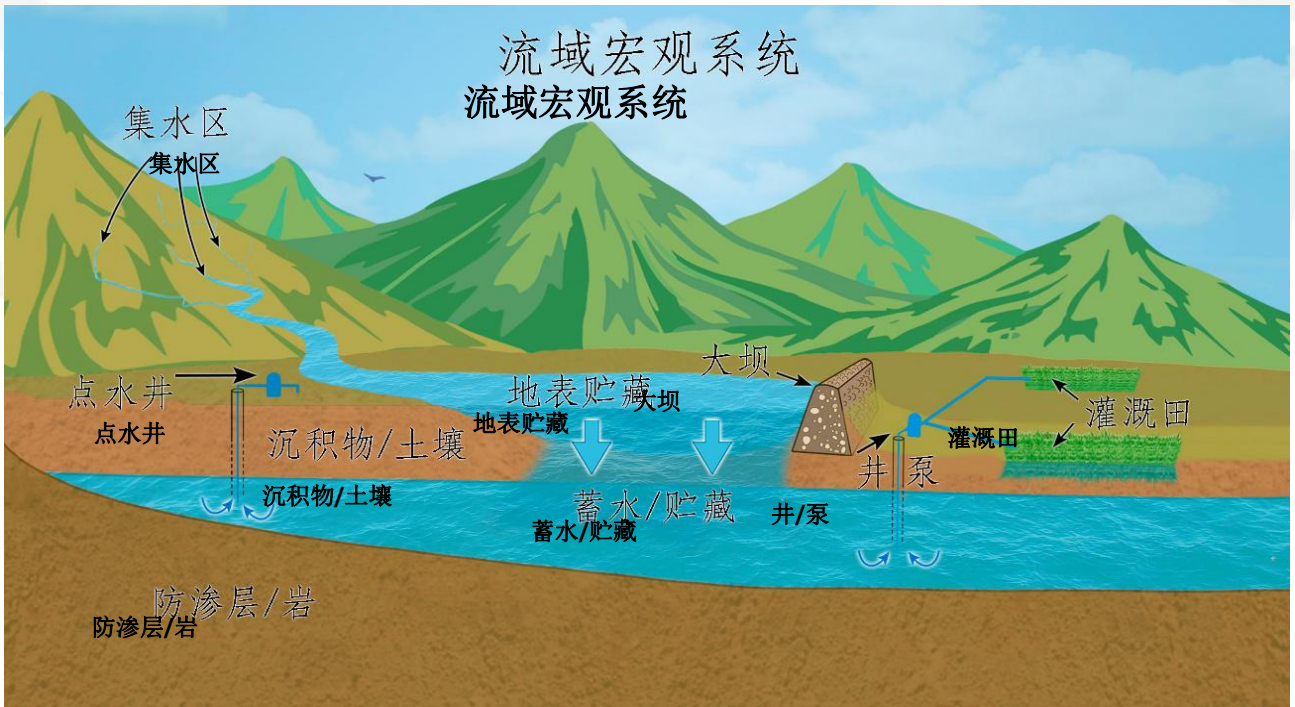
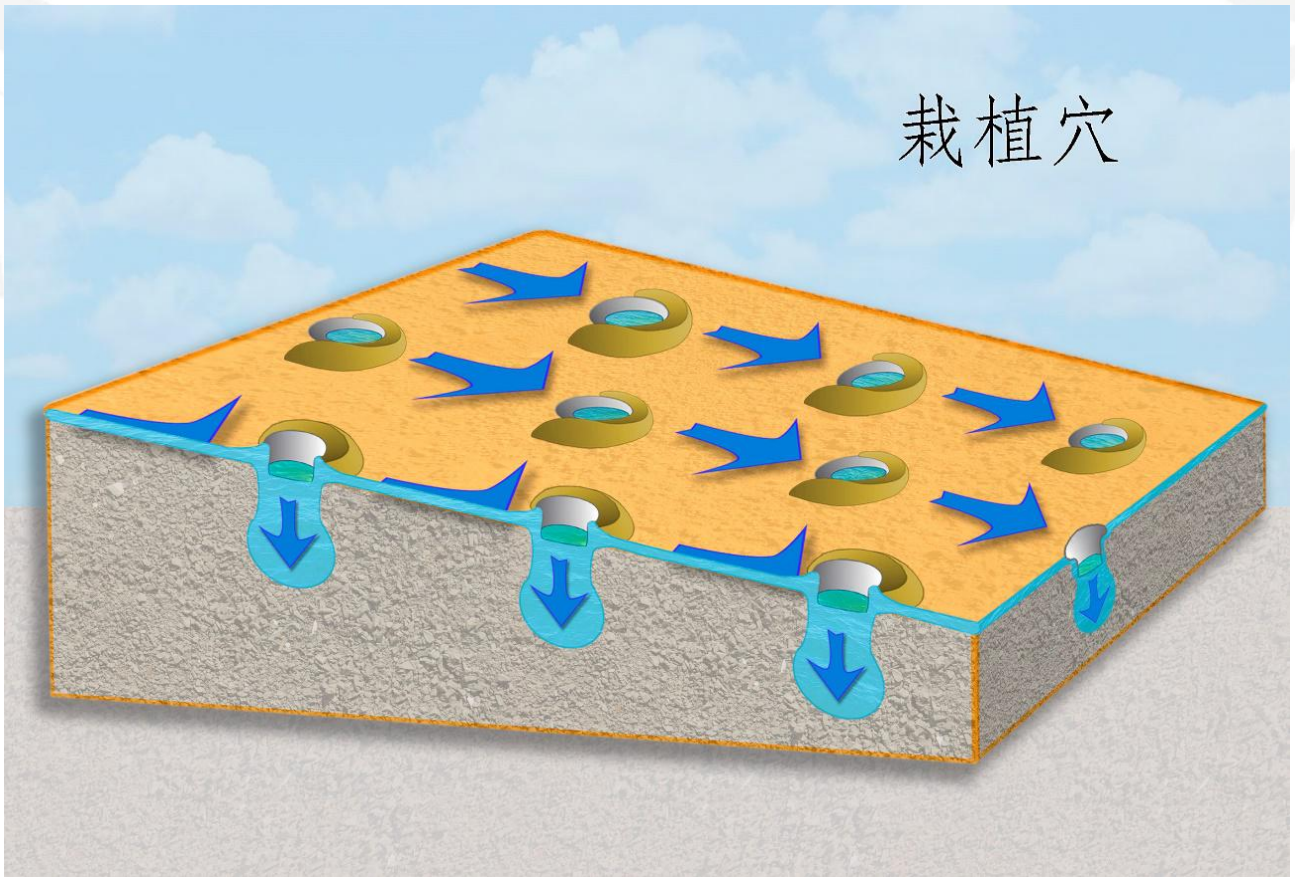


图 3.2.12.2. 从地表（顶部）或地下（底部）结构中的集水区收集径流水的策略，改编自 Studer 和 Liniger (2013 年)



栽植穴

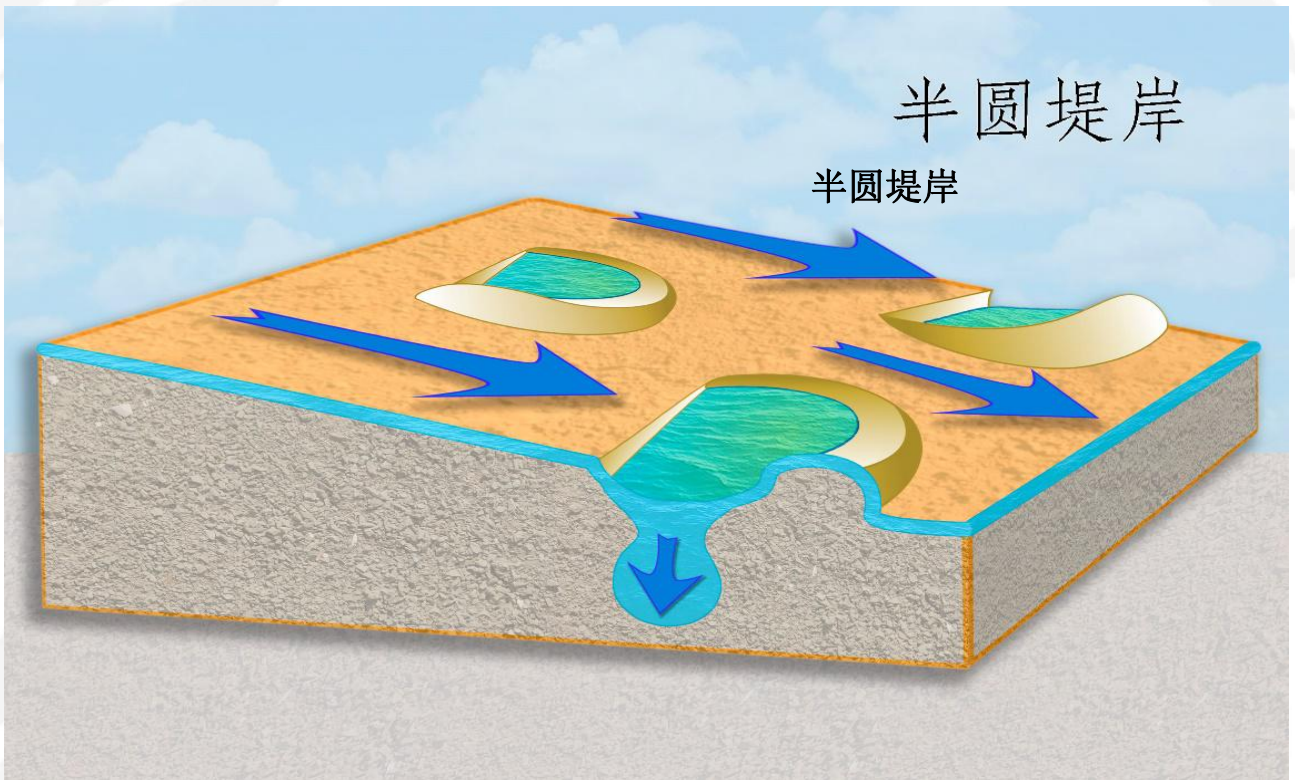


图 3.2.12.3. 微型集水区利用土坑（顶部）或半圆堤岸（底部）收集径流水的策略，改编自 Studer 和 Liniger（2013 年）



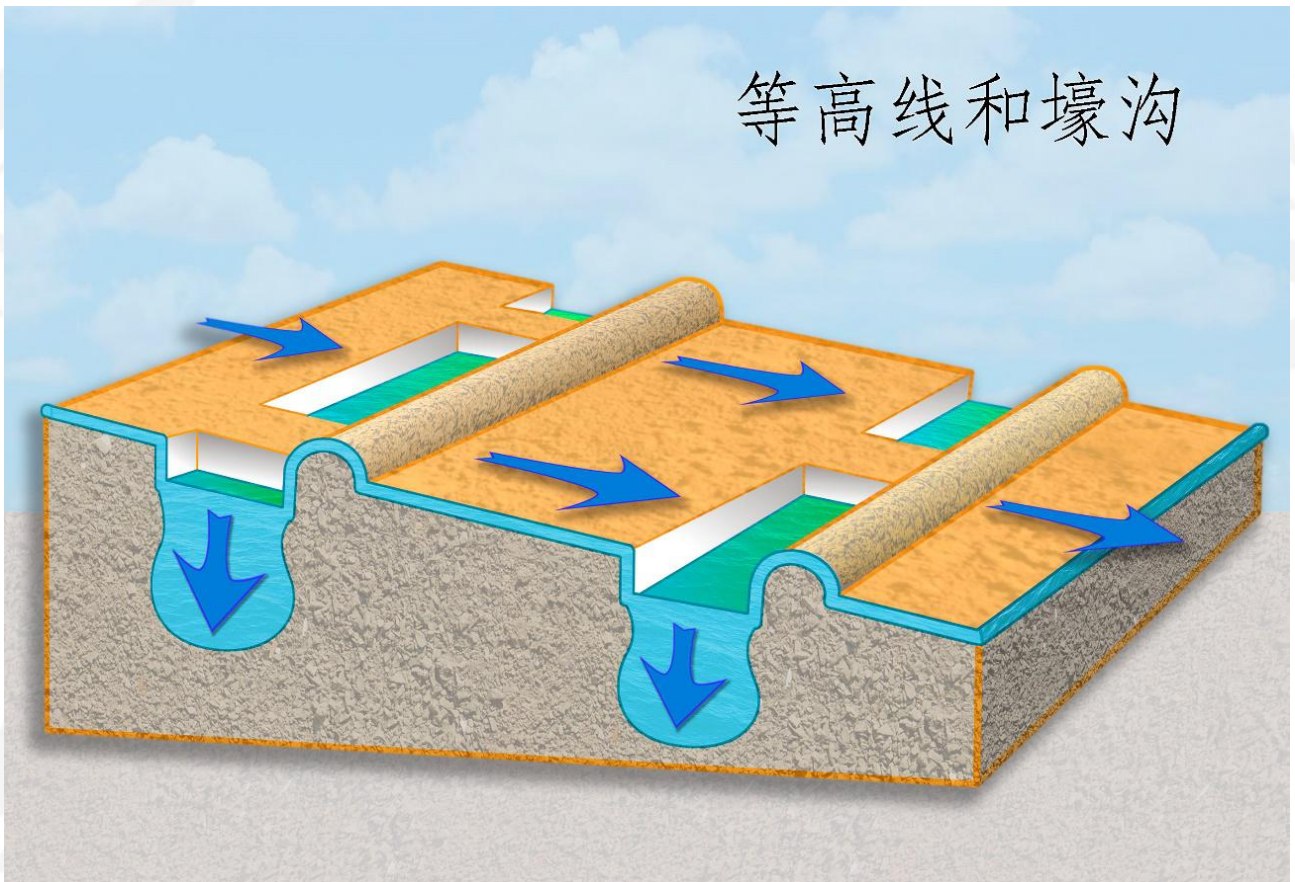
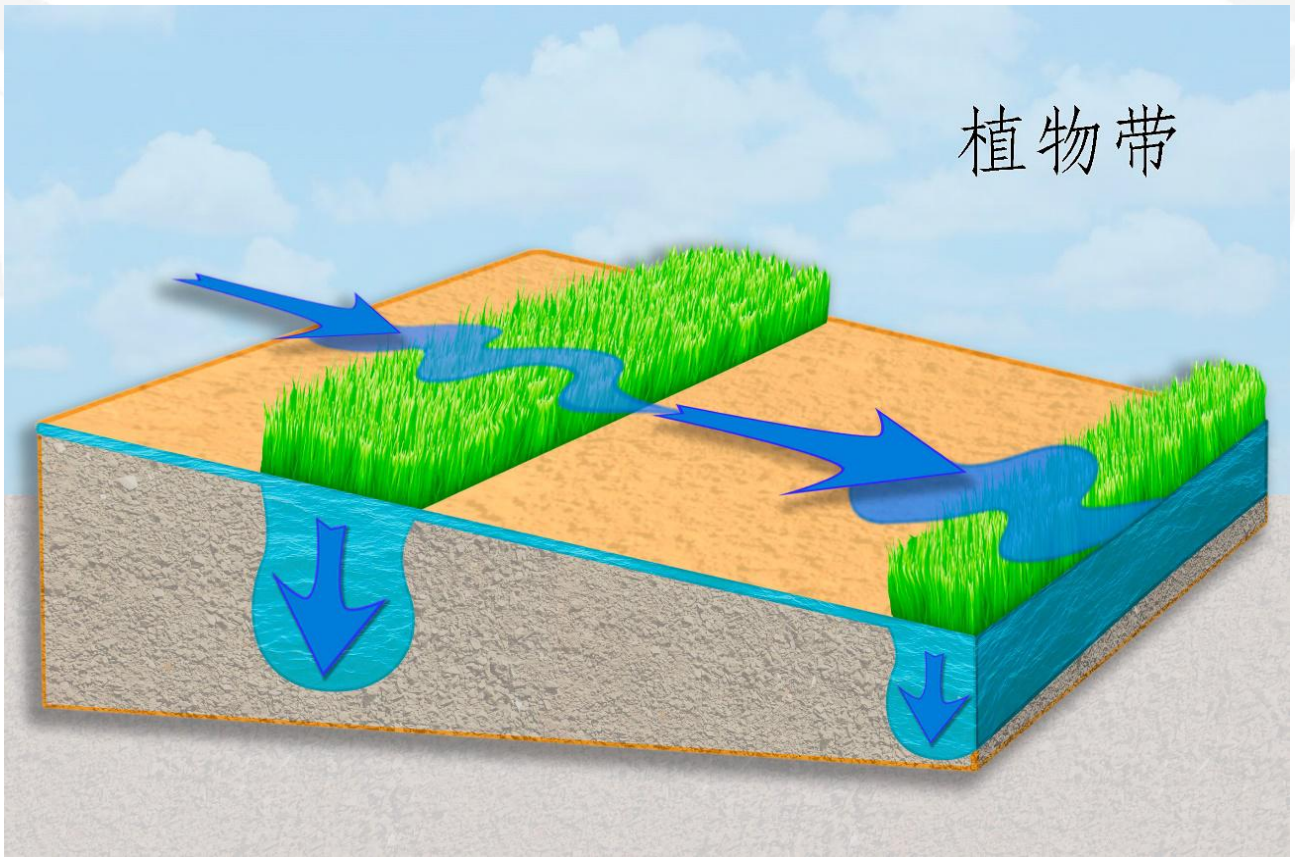


图 3.2.12.4. 微型集水区利用植物带（顶部）或等高山肩和壕沟（底部）收集径流水的策略，改编自 Studer 和 Liniger（2013 年）



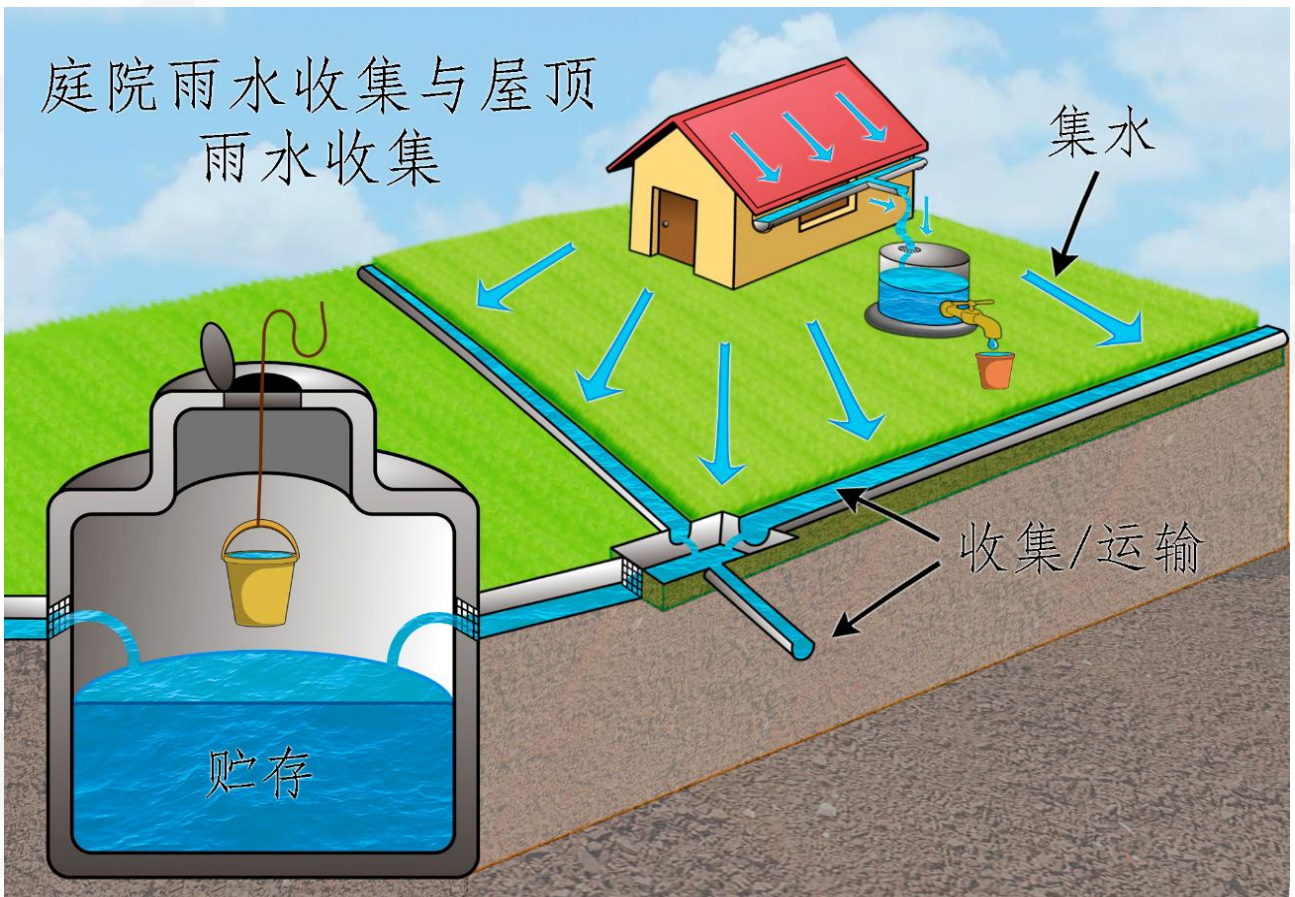
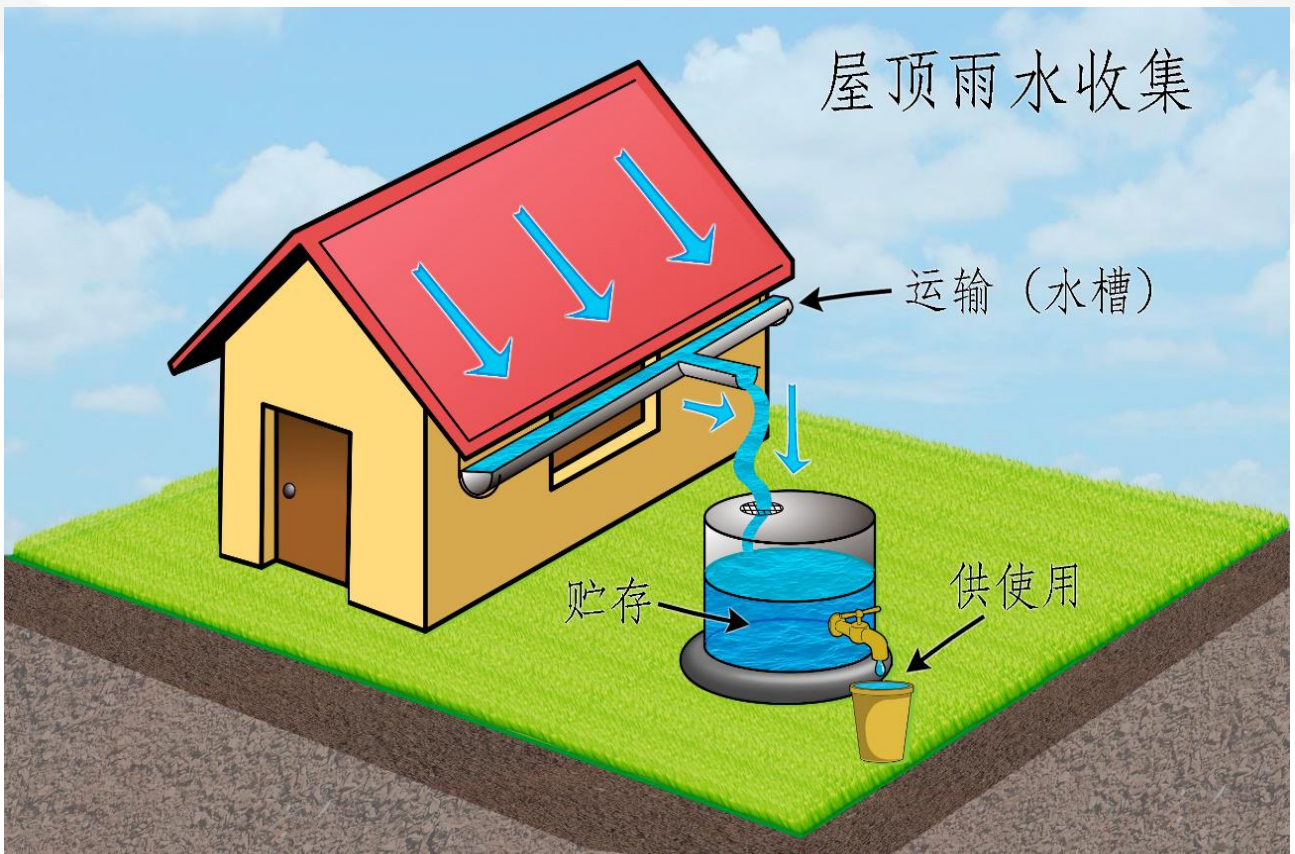


图 3.2.12.5. 屋顶 (顶部) 和庭院 (底部) 收集径流的策略, 改编自 Studer 和 Liniger (2013 年)

3. 2. 12. 2. 不同雨水收集解决方案的示例



图 3. 2. 12. 6. 基于 Avdat 纳巴泰系统的径流收集系统图片 (J. Quinton 供图)



图 3. 2. 12. 7. 突尼斯—橄榄种植区的流域雨水收集 (meskat 系统) 图片; 集水区 (左) 和贮存区 (右) (. Braham 供图)





图 3.2.12.8. 果园中留存雨水的微型集水区示例（Anser 等人供图，2014 年）



图 3.2.12.9. 路边沟雨水收集（T. Dostal 供图）



3.2.12.3. 部分参考文献

Anser, M. et al. 2014. Training manual on soil & water conservation technologies.

Critchley, W., Siegert, K. 1991. Manual for the Design and Construction of Water Harvesting Schemes for Plant Production. FAO.

NRCS, 2010 National Resource Conservation Services Sediment basin. Code 350.

Studer, R.M., Liniger, H. 2013. Water Harvesting. Guidelines to Good Practice. CDE.

WOCAT 2017. Micro-catchments for rainwater harvesting (Kenia). Note that in WOCAT database there are several examples of water harvesting



3.2.13. 亏缺灌溉

3.2.13.1. 描述

基于灌溉开发的成本，大多数灌溉系统在设计上都考虑了充足的水量来满足作物需水量 (ET_c)。不过，在水资源存在结构性匮乏的情况下（比如灌溉面积增加而可获得的水资源没有增加，或是干旱时偶尔出现水资源短缺），亏缺灌溉就成为灌溉的管理方式。在亏缺灌溉中，由于水量不充足，作物蒸腾量低于最高值，但不产生水分胁迫（Fereres 和 Villalobos, 2016 年）。亏缺灌溉是优化有限供水、应对可能是暂时或永久的水资源短缺的一种策略。无论在什么情况下，亏缺灌溉都需要人们对作物需水量的确定、作物生理学以及产量与水量之间的关系有着很好的理解。亏缺灌溉的基本理念是，虽然作物蒸腾量 (ET) 减少引起产量减少，但是作物需水量因作物生理阶段而异（图 3.2.13.1），因此可在作物对缺水的敏感程度最低时，减少灌溉水量。

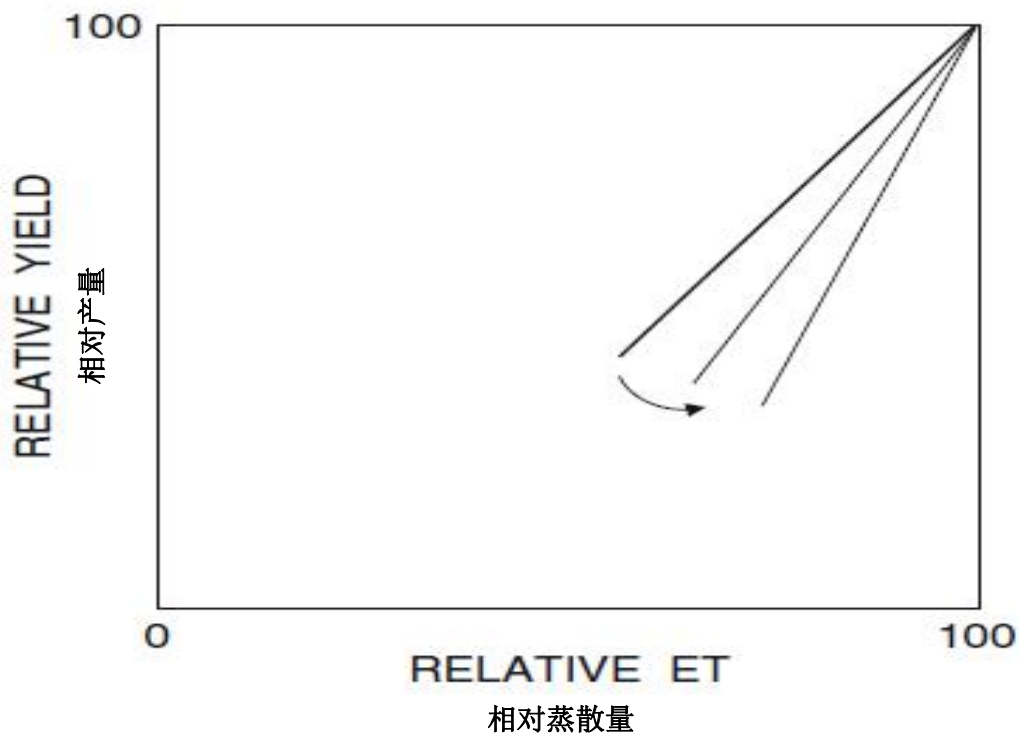


图 3.2.13.1. 作物产量对水分亏缺增加的响应并将其应用于作物对水分胁迫敏感性较高（箭头方向）的生长季，来源：Fereres 和 Villalobos（2016 年）

一年生作物和木本作物之间在亏缺灌溉方面有着明显的区别。在两种类型的作物中，亏缺灌溉的恰当实施有赖于特定作物和条件方面的实验信息。这种信息可由作物模拟建模分析予以补充，前提是均经本地校准。对于多数一年生作物来说，对水稀缺最敏感的阶段也是决定产量的阶段（开花，结果和果实生长）。

与大田作物相比，木本作物应对水资源短缺方面的灵活性要低得多（比如减少种植面积）。此外，在木本作物中，亏缺灌溉在既定年份将影响未来几年的后续产量。木本作物产量对亏缺灌溉的反应比一年生作物的反应要复杂得多，人们对其产量决定过程的了解也要少一些。在木本作物中，亏缺灌溉通常是调亏

灌溉（RDI）的同义词，也就是说，可获得的灌溉水在不同生长期间的分配不同，其目的是将水量亏缺集中在木本作物对其敏感程度较低的期间（图 3.2.13.2）。因此，调亏灌溉与可持续（或连续）亏缺灌溉策略不同，在后面这种策略中，用于灌溉的一部分水量在作物生长季节中均匀分配且与作物需水量相匹配。亏缺灌溉方法均匀地分配可获得的水量，可能会导致（取决于气候和土壤条件）在某些产量敏感期间出现水量紧缺的现象。

为了使亏缺灌溉策略形成为最佳管理措施，需要对作物反应以及预期可获得的水量具有深刻的认知。一条普遍规则是，亏缺灌溉旨在集中水资源，以便能够提供作物 50-70% 的需水量。

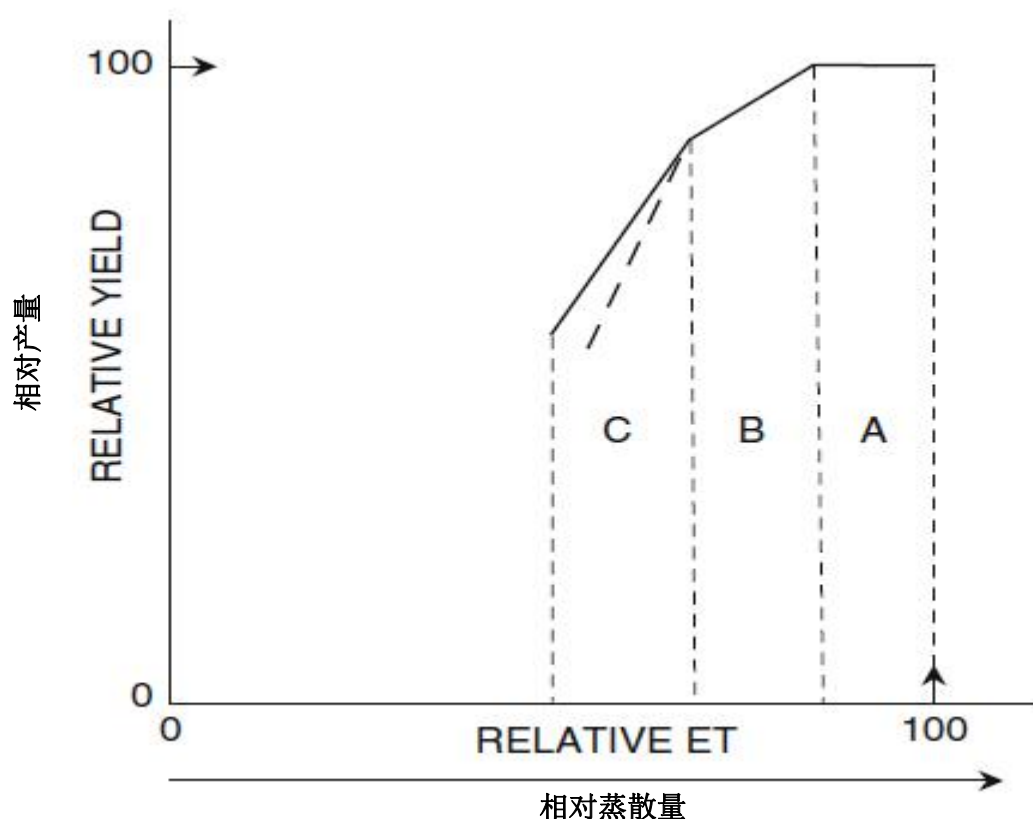


图 3.2.13.1. 木本作物产量在不同物候期对水分胁迫的响应，从无(A)到非常敏感(C)，来源：Ferreles 和 Villalobos (2016 年)

3.2.13.2. 部分参考文献

Ferreles, E., Soriano, M.A. 2007. Deficit irrigation for reducing agricultural water use J. Exp. Bot. 58, 147-158.

Ferreles, E., Villalobos, F.J. 2016. Chapter 21 Deficit Irrigation, . In Principles of Agronomy for Sustainable Agriculture. Springer.

Steduto, P., Hsiao, T.C., Ferreles, E., Raes, D. 2012. Crop yield response to water. Irrigation and Drainage Paper Nr. 66, FAO.

3.2.14. 水分再利用

3.2.14.1. 描述

灌溉水的再利用是全球研究、创新和终端用户应用的一个新兴领域。表 3.2.14.1 总结了大多数欧盟法规所考虑的这类水的主要来源。欧盟对此表现出越来越大的兴趣 (Alcalde-Sanz 和 Gawlik, 2017; BIO, 2015), 并将其作为增加农业等活动中可利用水资源的一种策略。灌溉水的再利用还具有减少废水污染负担以及处理成本的潜力, 这一点也引起了人们的兴趣。在某些情况下, 与调水或海水淡化等其它可替代供水相比, 灌溉水再利用可能对环境产生的影响更小。在许多水资源紧缺的地区, 水的再利用可能是灌溉以及继续推动可持续农业实践的唯一方案。此外, 根据来源的不同, 再利用的水可能成为植物的一种营养源, 这意味着可以减少施肥 (Vivaldi 等人, 2019 年)。

表 3.2.14.1. 再利用水的主要来源, 改编自 Alcalde-Sanz 和 Gawlik (2017 年) 和 BIO (2015 年)

来源	原因
回流	来自灌溉区上游的地表和地下径流
经处理的城市废水	收集后处理的城市废水, 至少经过二次处理
经处理的工业废水	来自食品相关行业的废水
混合来源	生活和/或工业废水与/或雨水径流的混合

有关农业地区灌溉水再利用的主要关切见表 3.2.14.2。

表 3.2.14.2. 有关灌溉中水再利用的主要关切, 改编自 Alcalde-Sanz 和 Gawlik (2017 年) 和 BIO (2015 年)

#	原因
食品安全:	●污染动物或人类使用的作物;
环境:	●使水道中的流量降低至可接受水平以下; ●由于整个流域中的消耗水量增加, 因此减少含水层补给; ●由于土壤中沉积了有毒元素, 因此土质降低; ●由于废水中含盐浓度很高, 因此出现土壤盐渍化; 土壤结构缺失和盐渍化。

为了防止这些风险, 水的再利用将根据其品质划分为不同的用途, 并施以不同的管控方法, 欧盟对此的定义见表 3.2.14.3。



表 3.2.14.3. 再生水水质类别，BOD₅是生化需氧量，TSS 是悬浮固体总量，* 根据《91/271/EEC 指令》，源自 Alcalde-Sanz 和 Gawlik (2017 年)

再生水水质类别	指示性技术目标	<i>E. E. coli</i> (cfu/100ml)	生化需氧量 (mg/l)	悬浮固体总量 (mg/l)	浊度 (NTU)	额外标准
A 类	二次处理、过滤和消毒(高级水处理)	≤ 10 或低于检测限值	≤ 10	≤ 10	≤ 5	
B 类	二次处理和消毒	≤ 100	*	-	-	退伍军人杆菌: ≤1,000 cfu/l, 存在雾化风险时 肠线虫(蠕虫卵): ≤1 卵/l 灌溉牧场或牲畜饲料时
C 类	二次处理和消毒	≤ 1000	-	-	-	
D 类	二次处理和消毒	≤ 10000	-	-	-	



表 3.2.14.4. 基于作物类型的再生水水质和灌溉方式要求，源自 Alcalde-Sanz 和 Gawlik (2017 年)

再生水水质	再生水水质最低要求	灌溉方式*
所有生食食物作物和可食用部分与再生水直接接触的食物作物	A 类	允许使用各种方式
生食食物作物，可食用部分长于地面且不与再生水直接接触	B 类 C 类	允许使用各种方式 仅采用滴灌
加工食品作物	B 类 C 类	允许使用各种方式 仅采用滴灌
非食品作物，包括用于饲养产奶或产肉动物的作物	B 类 C 类	允许使用各种方式 仅采用滴灌
工业，能源和种子作物	D 类	允许使用各种方式

3.2.14.2. 部分参考文献

Alcalde-Sanz, L., Gawlik, B.M. 2017. JRC Science for Policy Report. Minimum quality requirements for water reuse in agricultural irrigation and aquifer recharge.

BIO by Deloitte. 2015. Optimising water reuse in the EU - Final report prepared for the European Commission (DG ENV), Part I. In collaboration with ICF and Cranfield University.

Vivaldi, G.A., Camposeo, S., Lopriore, G., Romero-Trigueros, C., Salcedo, F.P. 2019. Using saline reclaimed water on almond grown in Mediterranean conditions: Deficit irrigation strategies and salinity effects. *Water Science and Technology: Water Supply*, 19 (5), pp. 1413-1421.

WOCAT 2015. Water saving through reuse of return flow in paddy fields (Vietnam). Note that in WOCAT database there are several examples of water reuse



3.2.15. 提高土壤持水量的措施

3.2.15.1. 描述

农业土壤的持水量与土壤结构、土壤孔隙度以及有机碳含量密切相关。目前，具有储水能力的表层土是最大的可利用空间——其数量级高于其它任何技术措施。因此，即使持水量略有增加，也可能显著地改善作物对土壤中水的利用。

有机碳含量高、微生物群和植物群丰富的健康土壤通常具有良好的结构，较高的持水量即是表现之一，在结构良好的土壤中，1米深的土壤中持水量为115-265毫米，在无结构土壤中持水量为92-185毫米（William, 1983年）。此外，健康土壤还具有很好的导水性和稳定的土壤结构。不过，孔隙度过高可能会导致排水过快，从而使持水力降低。孔隙过多的土壤一般养分持有能力也较弱。

改善土壤结构和土壤健康需要持续的能力，基于如下几点：

- 通过机械化最大程度地减少土壤压实；
- 土壤管理以高有机碳含量为导向；
- 为土壤微生物群和植物群提供平衡的养分；
- 改善该区域的植被覆盖。

改善土壤结构的潜在影响十分深刻。例如，0.4米深的土层中，土壤孔隙度增加5%即可使持水容量增加20毫米，相当于每公顷200立方米。

这一措施对于减少地表径流、改善土壤中的水分平衡以及减少水土流失而言十分有效，见表3.2.15.1。

表 3.2.15.1. 土壤结构管理的影响

影响	机制
减少地表径流	得益于更好的土壤结构、更高的孔隙度和更强的导水性，土壤中可以贮存更多的雨水，从而减少地表径流。
改善水分平衡	由于雨水的渗透性增强、土壤贮存能力增强，因此作物可以获得更多的水分。
控制水土流失	稳定的土壤团聚可以抵御雨水影响和地表径流，减少可以移动的土壤颗粒。此外，由于孔隙度更高、导水性更强，因此地表径流显著减少，进而减少了土壤流失的可能性。

3.2.15.2. 增强土壤持水力的措施类型

增加土壤有机质含量

土壤中的有机质对于土壤团聚来说是十分必要的，它是形成良好土壤结构的关键。不过，仅靠有机质是不够的，从根本上说，有机质是将有机物转化为可以导致团聚形成的腐殖质的土壤动物群的集合。为了形成并保持团聚，需要确保有充足数量的有机物（比如作物残茬）能够回到土壤中。此外，土壤中养分的

恰当平衡、健康的土壤动物群以及土壤中合适的空气温度和湿度条件对于保持良好的土壤结构来说也是非常重要的。

堆肥应用

堆肥有利于改善土壤结构，因为它能够引入大量的有机物，从而有助于支持土壤生物。虽然这种措施非常有效，但是研究表明，为了显著提高土壤特性而需在土壤表面堆肥的量特别大（150 吨/公顷¹）。对于许多作物来说，这种高堆肥率可能涉及高昂的成本，肥料在土壤表面的加工和整合也存在技术方面的挑战（Adunga, 2018, Koopmans 和 Bloem, 2018 年）。不过，就改善土壤动物群和土壤条件、以便在退化或退化程度很高的土壤上种植植被而言，低于最优值的堆肥率也可以产生积极作用。鉴于这些原因，实际操作中应考虑堆肥应用，对于土壤自我修复能力可能有限的退化土壤尤其如此。

生物炭应用

生物炭对土壤质量、肥沃性、土壤健康和碳封存等方面能产生积极影响，因此，农业实践中已开发并推荐使用生物炭。虽然积极影响毋庸置疑，但是文献中也记载了生物炭养分淋失、土壤斥水性和其它一些负面影响。生物炭的主要局限在于其需要在无氧环境中通过生物质热解产生。因此，产量不足，难以在农田中大规模应用，进而难以大规模地改变土壤特性（Verheijen 等人，2009 年）。

作物残茬

收割庄稼后留在土壤表面的作物残茬有助于改善土壤结构，保护土壤表面免受雨水影响，因此是保护性农业的支柱之一，参见 3.3.9.1。为了增加腐殖质的含量，作物残茬最好与其它养分以及机械耕作的充分结合并相互支持。由于作物残茬覆盖在土壤表面，可保护土壤免受雨水冲刷和径流侵蚀。目前，人们普遍将作物残茬作为满足旨在控制水土流失的良好农业环境条件的措施之一。



3. 2. 15. 3. 改善土壤持水性的示例



图 3. 2. 15. 1. 下奥地利州结构良好的土壤 (T. Dostal 供图)



图 3. 2. 15. 2. 结构欠缺的严重退化土壤，可看到下面的 C 层土壤 (Gómez 供图)



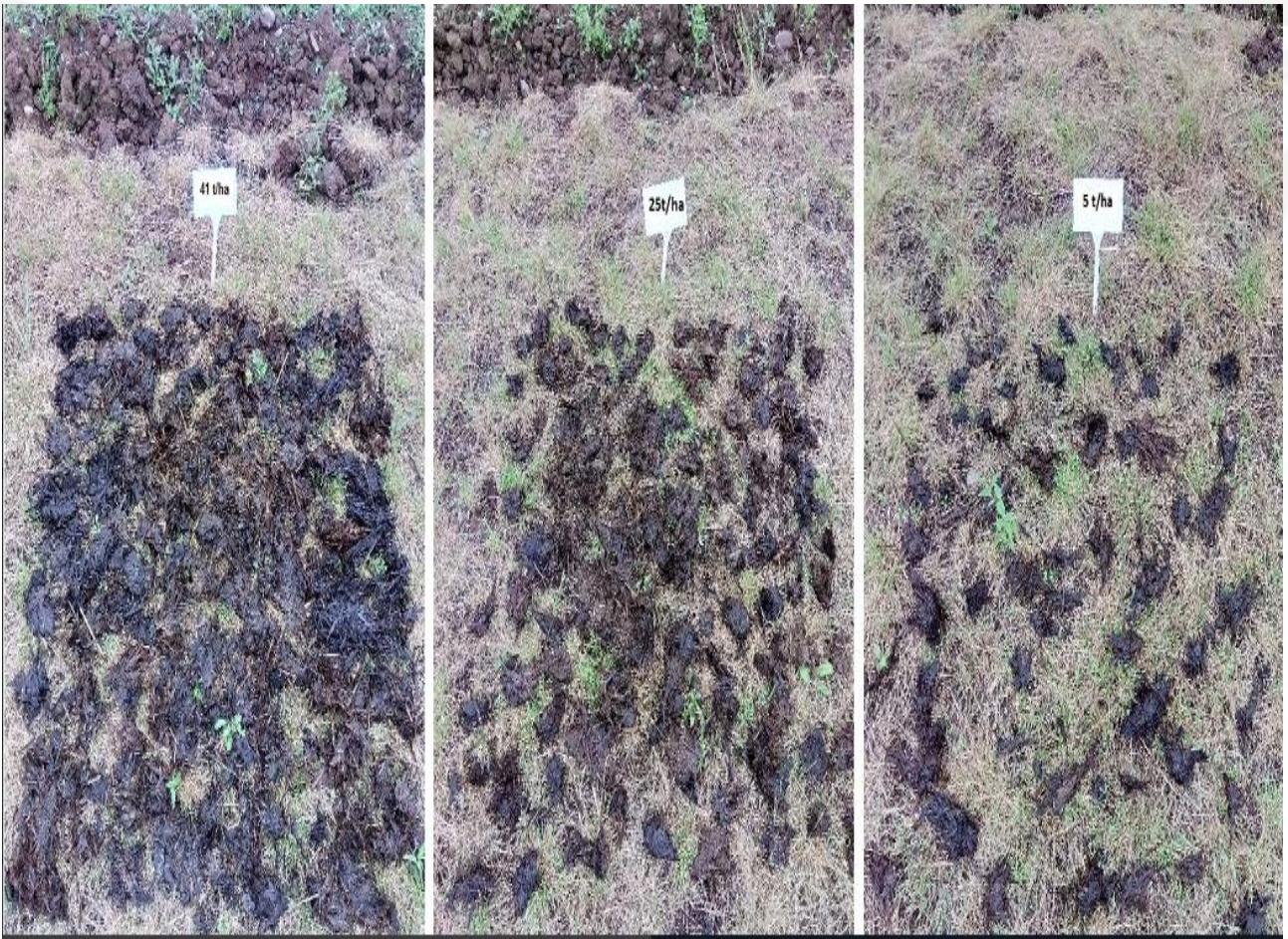


图 3. 2. 15. 2. 不同量成熟肥料的施用：41、25 和 5 吨/公顷⁻¹（照片来自苏格兰农场咨询服务中心）

3. 2. 15. 4. 部分参考文献

Adugna, G. 2018. A review on impact of compost on soil properties, water use and crop productivity. *Agricultural Science Research Journal*. Vol. 4(3). 93-104.

10.14662/ARJASR2016.010.

Bot A., Benites, J. 2005. The importance of soil organic matter. *FAO Soil Bulletin* 80.

Koopmans C. J., Bloem J; Soil quality effects of compost and manure in arable cropping; Louis Bolk Institute, Publication No. 2018-001 LbP; Bunnik, 2018.

Verheijen, F.G.A., Jeffery, S., Bastos, A.C., van der Velde, M., and Diafas, I. 2009. *Biochar Application to Soils – A Critical Scientific Review of Effects on Soil Properties, Processes and Functions*. EUR 24099 EN, Office for the Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 149pp.

Williams, J. 1983. *Soil Hydrology*. In *Soils: An Australian Viewpoint*. Division of Soils CSIRO, Melbourne. Academic Press, London.

4. 欧盟共同农业政策中良好农业和环境条件下的最佳管理措施比较

4.1. 目标和方法

针对土壤和水资源可持续利用方面的共同农业政策框架下各欧盟成员国的最佳管理措施，本研究提供了量化性概述。为此，我们对“良好农业和环境条件”（GAEC）的定义和条件进行了全面的审视。

具体目标为：

- 1- 评估各国在“良好农业环境条件”方面特定管理实践建议的一致性；
- 2- 量化特定最佳管理措施建议的频率；

我们在共同农业政策项目期（2014-2020）结束时进行了这项对比，分析不仅提供了欧盟内不同最佳管理措施方式的最新概览，还识别了可能需要不同利益相关者共同弥补的空缺和解决的问题。

我们利用欧洲委员会联合研究中心编制的数据库对共同农业政策的良好农业和环境条件在国家层面的定义进行了审视。借助英文翻译，我们选择了各国完成最新编制的 2019 年数据进行分析。对于比利时和英国这两个在数据库中纳入不同良好农业环境条件的国家（Flanders 和 Wallonia；英格兰，威尔士和苏格兰），我们对每个地区都进行了单独的定量分析和考虑。借助这个数据库，我们：

- 1- 针对各种良好农业和环境条件和 28 个成员国（包括英国）进行了修改，识别了法规中的最佳管理措施以及可能对监管这些最佳管理措施实施有关的具体特性。
- 2- 对总结图表中的最佳管理措施和具体法规进行了分类，以提供量化分析。

我们仅在提到了相关最佳管理措施的良好农业和环境条件下开展这些分析。由于良好农业和环境条件中的“2 遵循水资源授权程序”、“3 保护地下水免受污染”和“6 维持土壤有机质”并未明显提及最佳管理措施，因此没有出现在我们的分析之中。



4.2. 定量分析

4.2.1. GAEC1: 水道沿岸缓冲带的建立

有关在水道附近建立缓冲带的法规在国家法规各项综述中均已提到，几乎所有国家都对缓冲带的最小宽度做出了规定（图 4.2.1）。缓冲带的定义在各国大相径庭，有些国家仅规定在缓冲带中不得从事农业活动（比如施用农药或耕作），而有些国家则超出了这个范围，就缓冲带中具体覆盖植被的构成和管理进行了国家层面的监管。如图 4.2.1.1，大约仅有 30% 的国家根据不同标准（有时是山坡，在更脆弱地区则是其它地方）规定了可变的最小宽度。此外，还有一种方法将缓冲带视为是生态关注区（EFA），这样的国家占比大约为 60%。良好农业和环境条件 1 表明，缓冲带的最大和最小宽度的范围在不同国家差异很大（表 4.2.1.1），最小宽度中位数的平均值为 5 米，而这个值仅处于为使植被屏障充分发挥作用而推荐的宽度的下限范围，见 3.2.7。

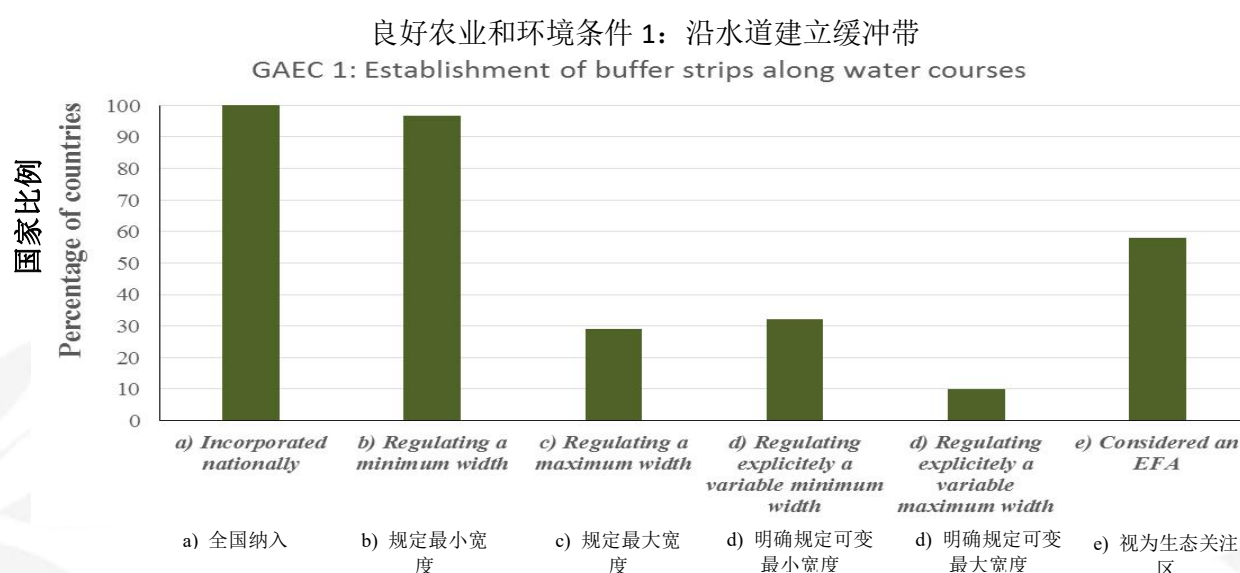


图 4.2.1.1. 良好农业和环境条件对水道边缓冲带的要求总结；EFA 是生态关注区

表 4.2.1.1. 缓冲带最小和最大宽度总结（米）

缓冲带最小宽度（米）		缓冲带最大宽度（米）	
最小宽度	0.3	最小	10.0
最大宽度	25.0	最大	300.0
平均值	5.6	平均值	62.5
中位数	5.0	中位数	35.0
标准差	5.0	标准差	88.0
CV %	89.3	CV %	140.8

4.2.2. GAEC4: 最低地表覆盖

有关需要在农业区提供最小土壤覆盖层的标准在欧盟成员国中有所差异。其中，有 40% 的国家将其作为基本要求，60% 的国家只要求基于某些标准在部分农业区予以实施，见图 4.2.2.1。90% 的国家规定了必须提供最小土壤覆盖层的期间（主要是雨季），同时也需要注意的是，大约有 50% 的国家允许可以存在这种标准的例外情况，而这通常与土壤改良或旱季水紧缺风险减少等农艺原因相关。

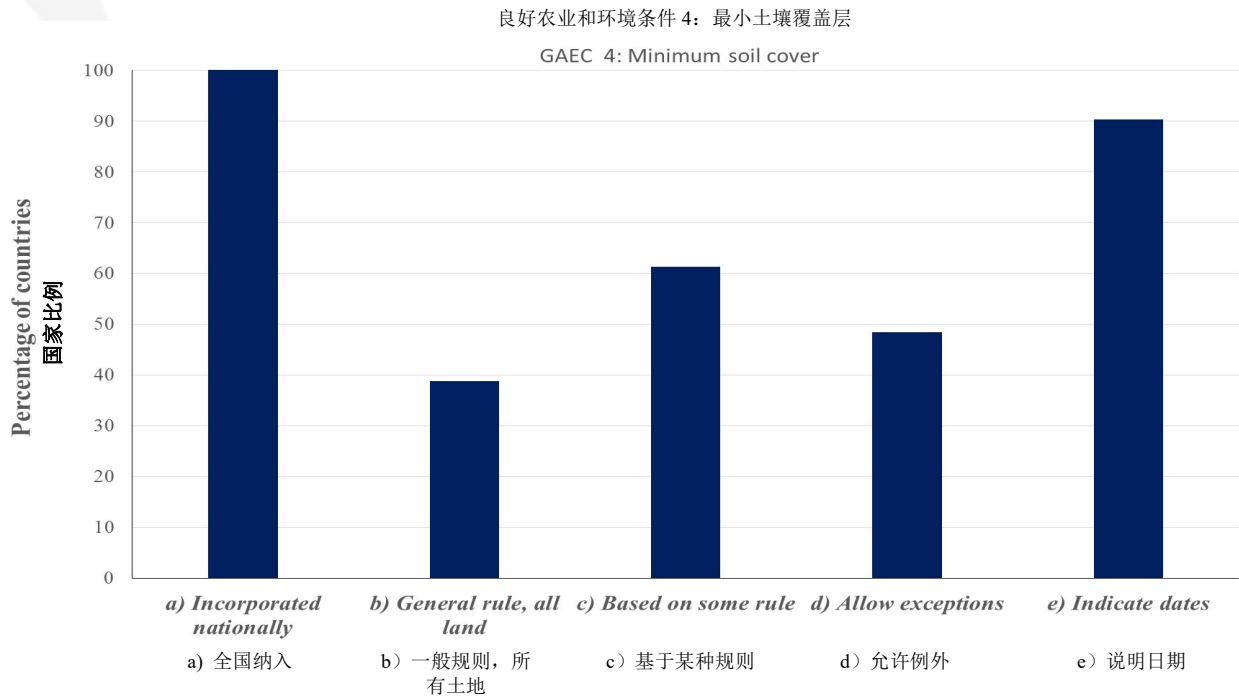


图 4.2.2.1. 良好农业和环境条件 4 实施标准总结

图 4.2.1.2 将 60% 的未在所有农业土地上应用这种良好农业和环境条件的国家所采用的标准进行了分组。大约有 40% 的国家采用了山坡陡度，虽然各国之间差异很大，不过其中 10.5% 为坡度阈值中位数，见表 4.2.2.1。在各国采用的其它标准中，最常用的是基于土地分类的标准，通常将侵蚀风险或是特定作物的采用作为决定因素。另一些仅有一两个国家采用的标准包括田地中是否存在侵蚀特征或是将标准地区化。

图 4.2.2.3 显示了各国良好农业和环境条件 4 法规中提到的最佳管理措施。最常用的是采用覆盖作物，大约有 85% 的国家应用了采用这种实践。另外，大约有 55% 的国家采用前茬作物的护根或是残茬或是特定期间田地中存在的植被覆盖层（作物除外）。分析还提及，大约有 20% 的国家也采用了有时涉及缓冲带或保水措施的保护性耕作（通常是少耕法）技术。

良好农业和环境条件 4：最小土壤覆盖层

GAEC 4: Minimum soil cover

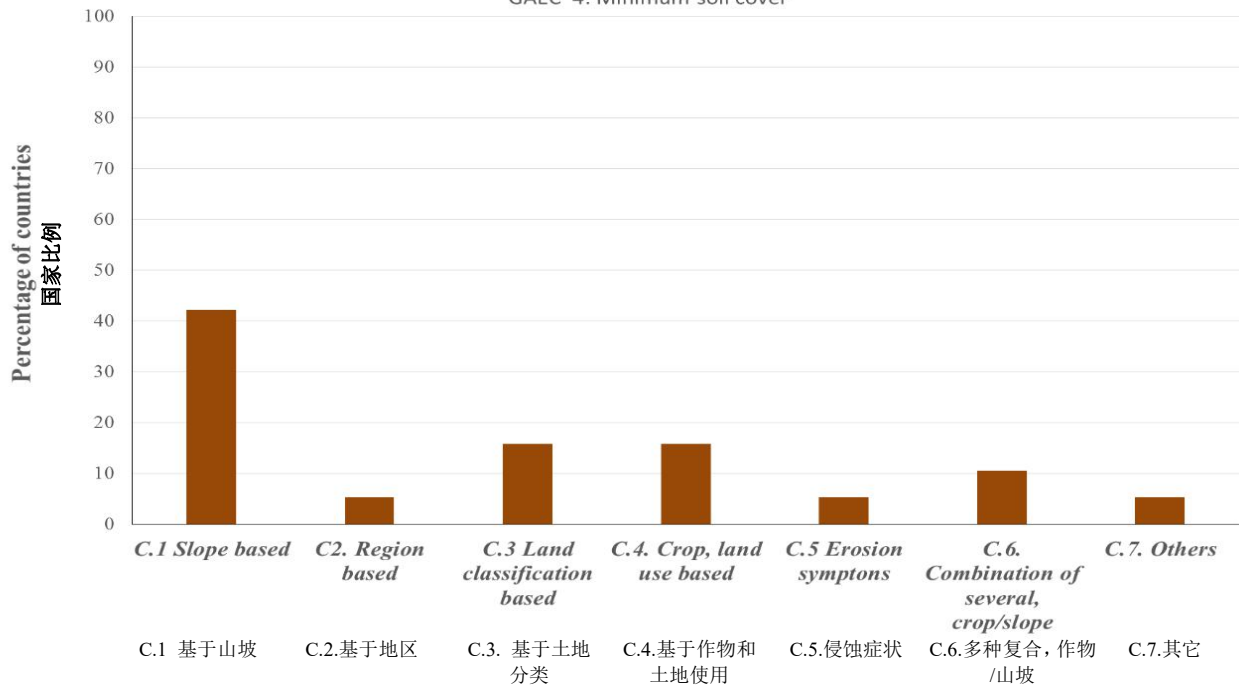


图 4.2.2.2. 未在全国范围采用规定实施良好农业和环境条件 4 的国家在界定实施区域方面的标准

表 4.2.2.1. 作为良好农业和环境条件 4 标准之一的坡度阈值的总结

坡度标准	%
最小	4.0
最大	20.0
平均值	11.4
中位数	10.5
标准差	4.1
CV%	35.9

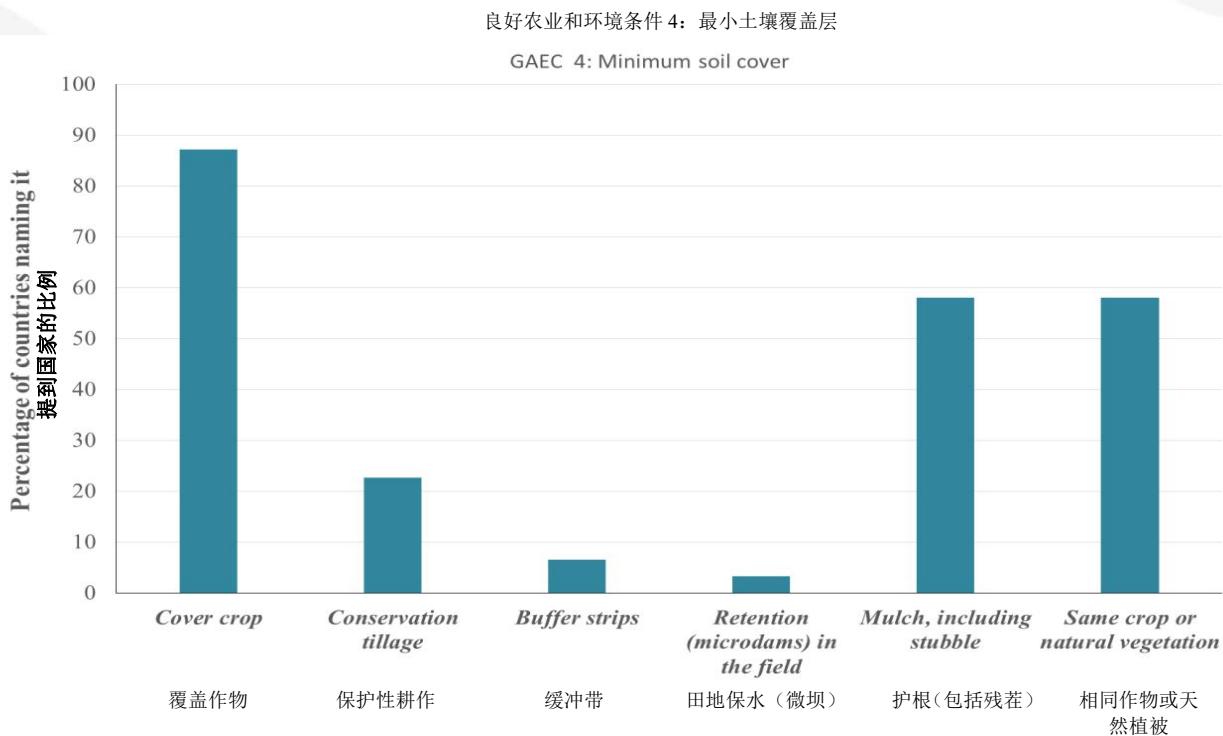


图 4.2.2.3. 有关良好农业和环境条件 4 实施的国家法规提到的最佳管理措施

4. 2. 3. GACE5: 因地制宜减少侵蚀的最少土地管理

图 4. 2. 3. 1 总结了需要基于特定条件采取恰当措施控制水土流失的标准。鉴于良好农业和环境条件要求作为特定条件应对措施这一本质，80%的国家要求基于某种标准予以实施，而 20%的国家将其作为全国性的要求。与良好农业和环境条件 4 相比，允许例外情况的国家要少得多，而这些例外再次与农艺原因相关联。

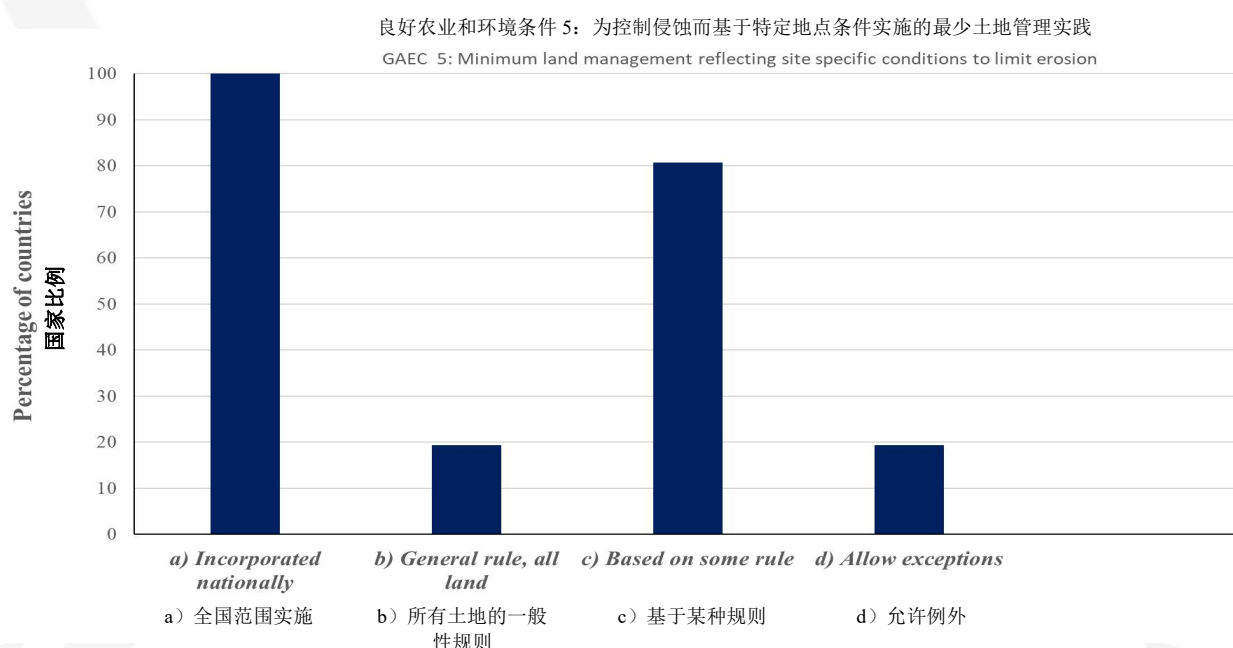


图 4. 2. 3. 1. 良好农业和环境条件 5 实施标准总结

图 4. 3. 1. 2 将 80%的在本地应用良好农业和环境条件 5 的国家所采用的标准进行了分组，反映了上述良好农业和环境条件 4 所遵循的同样规则。大多数国家（60%）仅采用山坡，或是结合了某种作物（5%）。坡度阈值的中位数为 12.0%，不过国家之间的差异显著（2-20%），见表 4. 2. 3. 1。在各国采用的其它标准中，最常用的是基于土地分类的标准，通常将侵蚀风险或是特定作物的采用作为决定因素。另外还有一些标准仅有一两个国家采用，比如田地中是否存在侵蚀特征，据此可以确定良好农业和环境条件必须实施的特定地区。

图 4. 2. 3. 3 显示了在全国性良好农业和环境条件 5 中提到最佳管理措施的国家比例。等高耕作和等高垦殖在 40%-50%的国家法规中提及最多。由于等高耕作有时在其建议的坡度范围内效果有限，因此这些措施有不合常理之处，见表 3. 2. 6. 1。在实施等高耕作后，覆盖作物（一年生或木本作物）和护根物（之前作物的残茬）是最常提及的方式，提及的国家比例分别为 35%和 30%。全国性法规中涉及的其它最佳管理措施包括缓冲带（用作抵御侵蚀的植被屏障）（26%的国家法规涉及）、为抵御侵蚀而进行的梯田和天然要素的维护，以及为减少裸露和未保护地带而实施的恰当轮作（20%的国家法规涉及）。仅有 10%的国家提到了保水措施（微型坝），而有 15%的法规明确规定在冻结或水涝情况下禁止土壤耕作。

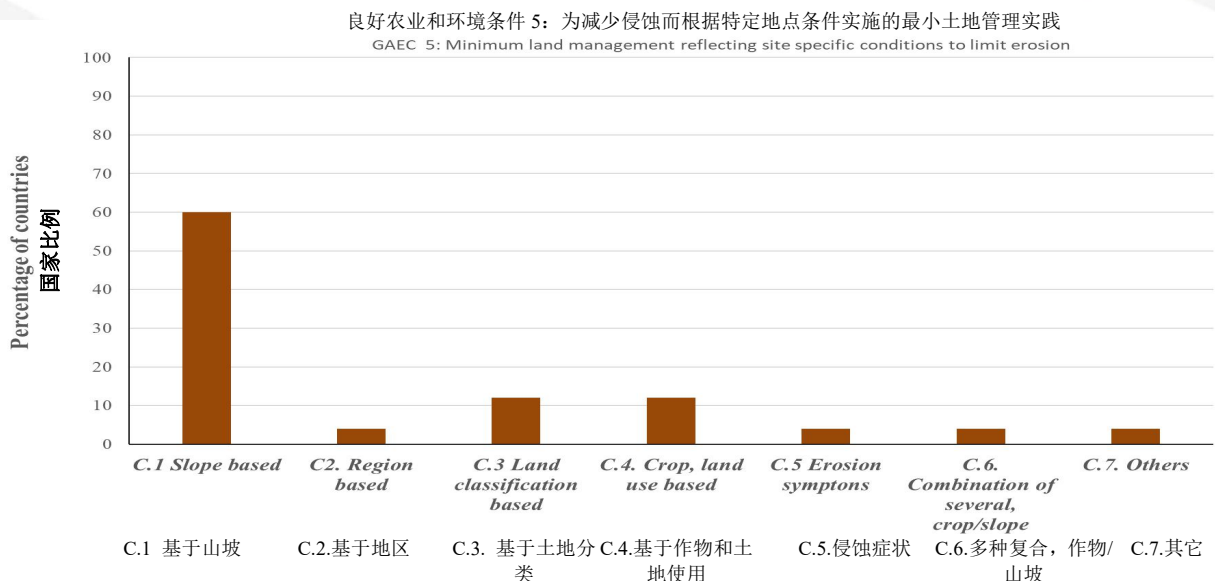


图 4. 2. 3. 2. 在未在全国范围内实施良好农业和环境条件 4 的国家中确定实施区域的标准

表 4. 2. 3. 1. 用作良好农业和环境条件 5 标准的坡度阈值总结

坡度标准	%
最小	2.0
最大	20.0
平均值	13.2
中位数	12.0
标准差	4.6
CV%	35.1

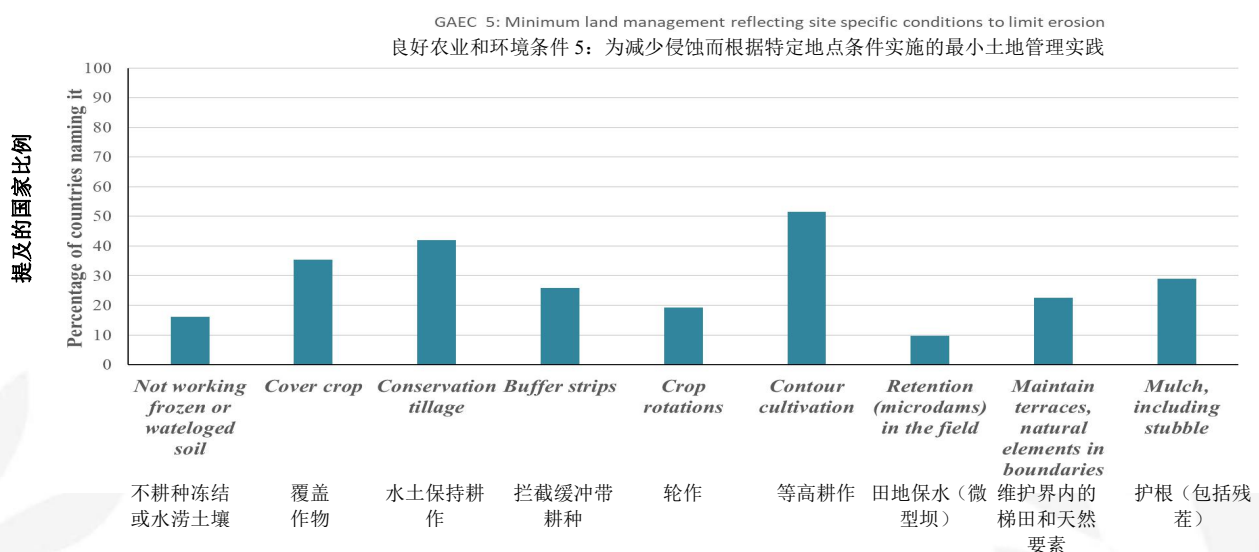


图 4. 2. 3. 3. 国家法规中提及实施良好农业和环境条件 5 的最佳管理措施

4.2.4. GACE7: 景观特征的维持

良好农业和环境条件 7 中列出的受保护特色景观分为 12 大类, 见图 4.2.4.1。与土地管理实践不同, 这种实践差异更大。其中有 50 个国家法规中提到了树篱、池塘和树木(呈条或组状隔离)。在有些国家中, 树木被纳入被视为是具有不同特征的植被中, 因为它们与特定类型的植被条件相关。35-40%的国家将梯田、传统石墙、沟渠以及天然或历史遗迹确定为需保留的要素。少数国家的法规将农田边界和树果园视为是景观要素。其中有些要素可能是水土保持的最佳管理措施, 因此应在评估农田和景观条件时予以考虑。最相关的要素包括可作为抵御侵蚀的植物屏障的树篱、成行和农田边界(如果有植被)(见 3.2.7); 可贮存径流、捕集沉积物的池塘(见 3.2.12); 梯田和传统石墙(见 3.2.1); 以及导流多余径流的沟渠(见 3.2.12)。

图 4.2.4.2 显示了将这些特色景观视为生态重点区的频率。生态重点区指的是这样区域, 即应用和管理以对生态多元性、土壤、水和气候产生积极影响为导向。每个国家都给出了可以实施农业实践的生态重点区的清单。有些生态重点区指专门用于非生产用途(比如植被屏障)的区域, 而有些生态重点区则可在生产区内(比如固氮豆类的种植)。这是具有重大关系的, 因为生态重点区的最小区域与共同农业政策的补贴比例相关, 可能激励农民保护并优化这些特色景观。图 4.2.4.2 明确显示了欧盟境内将这些特色景观用作生态重点区这一方式的差异性。各国尚无可系统地视为生态重点区的单一景观要素。60%的国家认为树篱、梯田和植被岛是最常考虑的要素; 50%的国家认为树木相关特征和传统石墙是另外一些经常考虑的要素。

4.3. 小结

该分析识别了基于良好农业和环境条件在全国实施与土壤和水资源相关的共同农业政策的过程中的最佳管理措施。分析显示了国家之间的异同点, 这些在之前的研究中也有所提及(生态研究所, 2017 年; Paleari, 2017 年; Turpin 等人, 2017 年)。本节中描述的量化分析有助于识别最常提及最佳管理措施的应用和实施标准。这些结果将对开展最佳管理措施有效性的区域模式分析有利, 也将促进有关如何在共同农业政策中纳入土壤和水资源优化利用的技术性措施的关键性讨论。

4.4. 参考文献

Ecologic Institute. 2017. Updated Inventory and Assessment of Soil Protection Policy Instruments in EU Member States. Ecologic Institute. Berlin.

Joint Research Center, (JRC) 2020. Good Agricultural and Environmental Condition.

Paleari, S. 2017. Is the European Union protecting soil? A critical analysis of Community environmental policy and law. Land Use Policy 163: 163-173.

Turpin, N. et al. 2017. An assessment of policies affecting Sustainable Soil management in Europa and selected member states. Land Use Policy 66: 241 - 249.



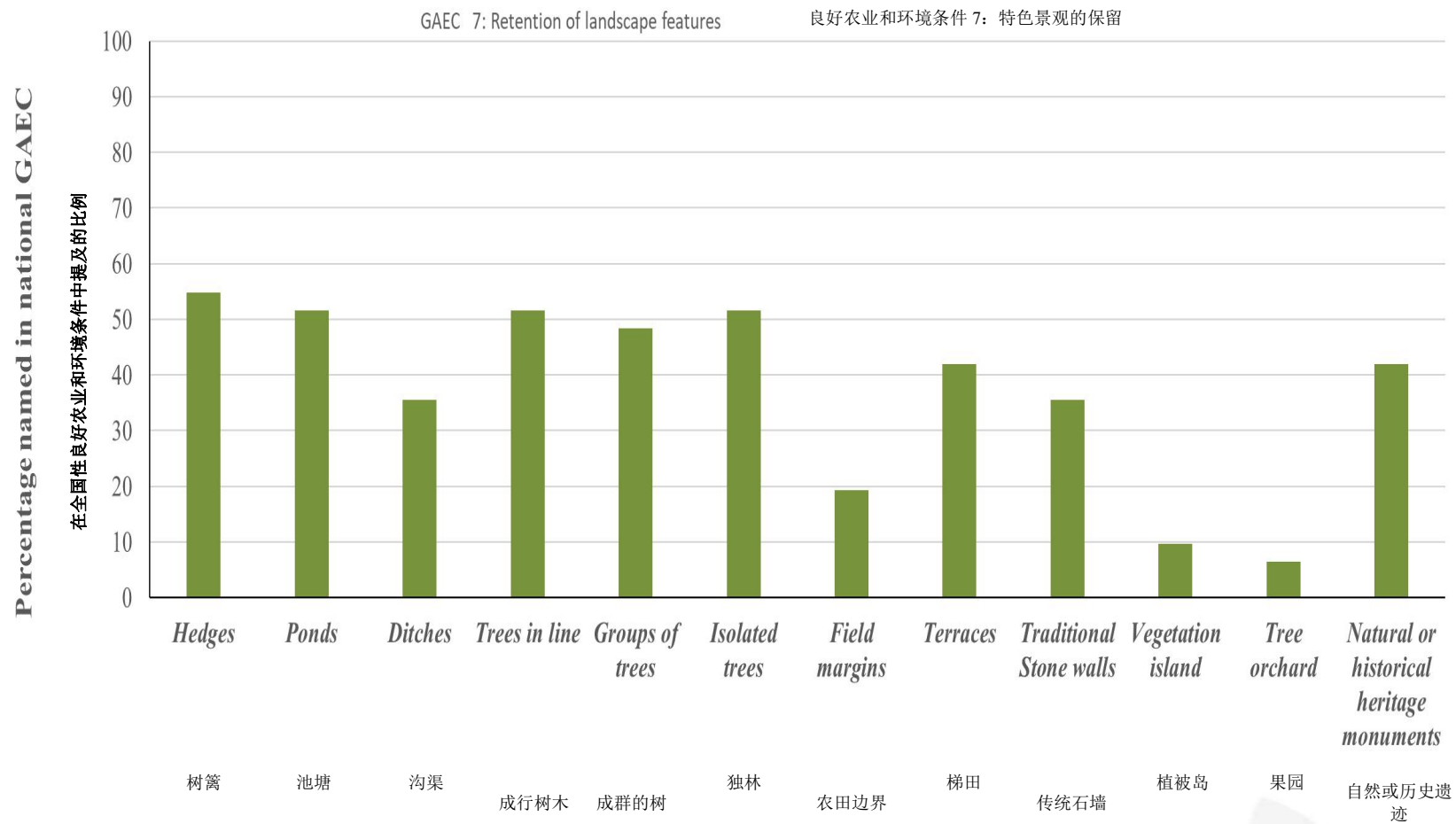


图 4.2.4.1. 良好农业和环境条件 7 中考虑的特色景观比例

GAEC 7: Retention of landscape features

良好农业和环境条件 7：特色景观的保留

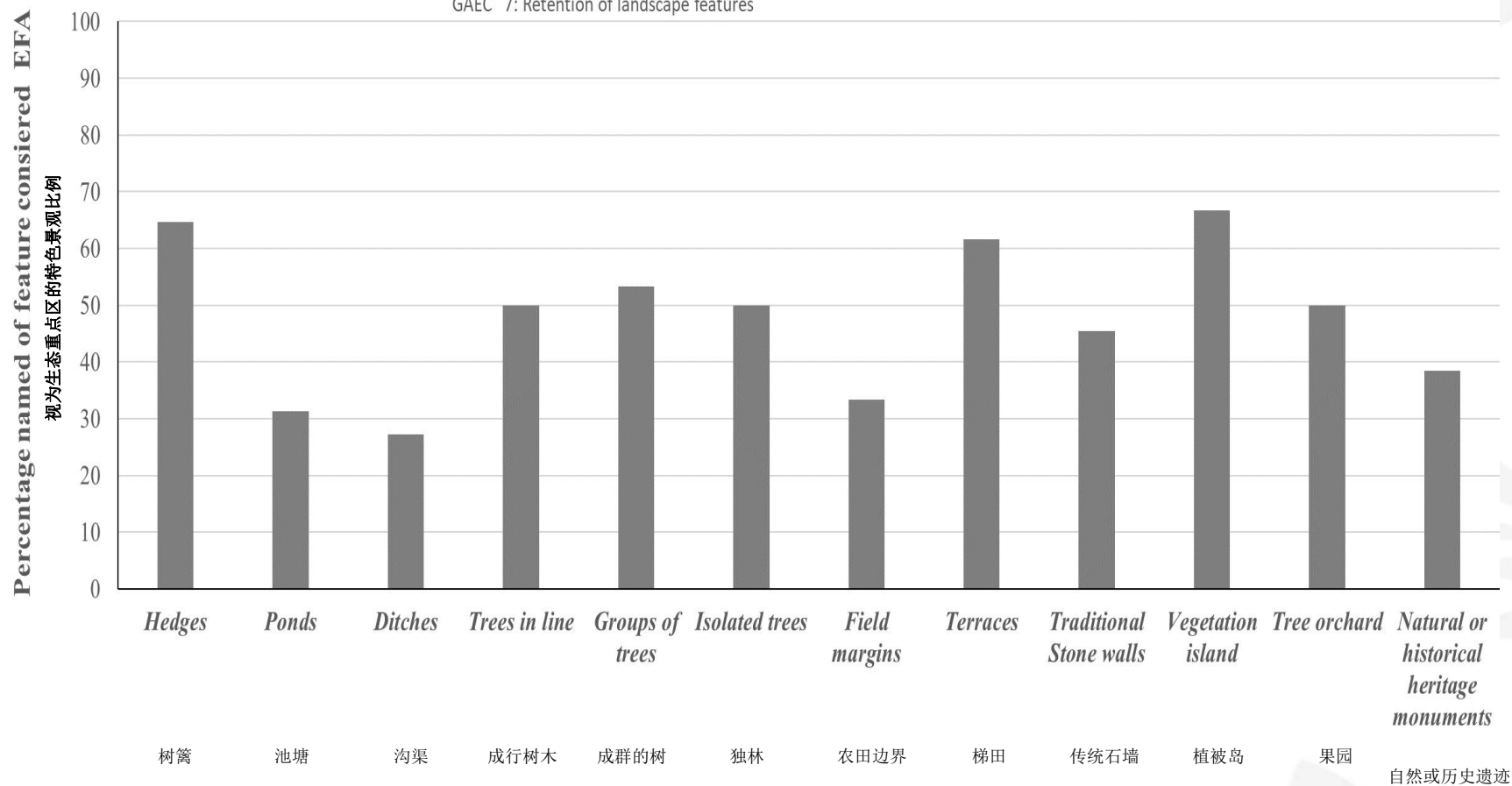


图 4.2.4.2. 良好农业和环境条件 7 中视为生态重点区的特色景观比例

5. Shui 项目区域分析中引入最佳管理措施（BMPs）的模型评估

围绕将最佳管理措施纳入区域分析的可行性，本节通过仿真模型讨论了相关的水文建模组，旨在评估不同策略通过农业实践对优化土壤和水资源利用产生的影响。虽然数据侧重于纳入 Shui 的模型和农业系统，不过将有助于类似的需要将特定最佳管理措施转化为当前模拟情景模型中可用参数和算法的研究。

表 5.1 和 5.2 列出了 Shui 中研究的农业系统以及根据其有效性和是否为共同农业政策要求而确定的最相关管理实践（第 4 节）。表 5.3 显示了对不同最佳管理措施效果进行建模的五种水文/侵蚀模型的适宜性。表 5.4 列出了将不同最佳管理措施的影响纳入这些模型的方式。

第 5 节就确定哪些模型可产生最佳管理措施详细清单的效果以及这样做的方式提供了清晰的指南。第 4 节评估了特定最佳管理措施与共同农业政策法规的相关性，第 3 节介绍了每种最佳管理措施的技术细节，而本节则为特定最佳管理措施对土壤和水资源利用产生的影响的情景模拟提供了一个入口。



表 5.1. 情景模拟中土壤保持最有潜力的最佳管理措施清单，CBR 代表 谷物轮作；TC 代表木本作物；-R 代表 雨水浇灌，I 代表灌溉。* Cons. Till.

农业系统	欧洲		中国		
	作物	湿润气候	半干旱气候	湿润气候	半干旱气候
CBR-R	谷物轮作	保护性耕种*	保护性耕种*	保护性耕种*	保护性耕种*
CBR-R	谷物轮作	覆盖作物	覆盖作物	覆盖作物	覆盖作物
CBR-R	谷物轮作	等高耕作	等高耕作		
CBR-I	谷物轮作	保护性耕种*	保护性耕种*	保护性耕种*	保护性耕种*
CBR-I	谷物轮作	覆盖作物	覆盖作物	覆盖作物	覆盖作物
TC-R	橄榄		覆盖作物		
TC-R	葡萄	覆盖作物	覆盖作物		
TC-I	橄榄		覆盖作物		
TC-R	葡萄	覆盖作物	覆盖作物		

将实施特定的保护性耕种策略

农业系统	欧洲		中国		
	作物	湿润气候	半干旱气候	湿润气候	半干旱气候
CBR-R	谷物轮作	等高耕作	等高耕作	等高耕作	等高耕作
CBR-R	谷物轮作	覆盖作物	覆盖作物	覆盖作物	覆盖作物
CBR-R	谷物轮作	亏缺灌溉	亏缺灌溉	亏缺灌溉	亏缺灌溉
CBR-I	谷物轮作	水的再利用	水的再利用	覆盖作物	覆盖作物
TC-R	橄榄	微集水， 护根覆盖	微集水， 护根覆盖		
TC-R	葡萄	微集水， 护根覆盖	微集水， 护根覆盖		
TC-I	橄榄	亏缺灌溉	亏缺灌溉		
TC-R	葡萄	亏缺灌溉， 水的再利用？	亏缺灌溉， 水的再利用？		

表 5.2. 情景模拟中水源保护最有潜力的最佳管理措施清单，CBR 代表物轮作，TC 代表木本作物，-R 代表 雨水浇灌，I 代表灌溉。

表 5.3. 模拟土壤和水资源保护最佳管理措施的效果的五种水文模型的可行性。D=直接（模型有恰当的参数/变量来模拟效果）；I= 间接（可通过混合相关参数来估计效果）；N = 模型不能用于该最佳管理措施的情景评估；模型 SW = SWAT；MS = MIKE-SHE；WS = WATEM/SEDEM；C2 = CASE 2；CE = CSLE。

编号	最佳管理措施类型	描述	SW	MS	WS	C2	CE
1	梯田	不同宽度，坡度递减，径流中断	D	D	D	D	D
2	等高种植	沿坡度方向崎岖度增加，有助重新导流地表径流	D	D	D	D	D
3	景观要素	引入不同要素，不同功能——不适合建模	N	N	N	N	N
4	农作物中的覆盖作物	减少水土流失，增加地表崎岖度，加强渗透	I	I	D	I	I
5	木本作物中的护根覆盖	用生物质覆盖土壤表面	I	I	D	I	I
6	等高犁耕	加强渗透，增加地表崎岖度，等高种植的初始步骤	I	I	D	I	I
7	植被屏障	草带，减少径流速率，增加表崎岖度	I	I	D	N	D
8	沟渠控制结构	沟渠中阻止沉积物流出、促进淤积和稳固的坝体	N	N	N	N	N
9	保护性农业	最少耕作法 - 最少的土壤干扰，改变土壤管理和轮作方案	I	I	D	D	N
10	一年生作物中的覆盖作物	在丰收和播种期间提供永久性的土壤覆盖物	I	I	D	D	N
11	农林复合	森林树木生产与作物和/或牲畜生产的复合	N	N	N	N	N
12	雨水收集	旨在集中并贮存地表或地下径流以供作物使用的技术	N	N	N	N	N
13	亏缺灌溉	将有限的可利用的水用于最佳产量期的灌溉	D	D	N	N	N
14	水的再利用	从之前的活动中重复利用水资源——多数是处理过的废水	N	N	N	N	N
15	增加持水能力	影响土壤参数和土壤剖面属性，以增加水渗透和贮存能力	I	I	N	N	N
16	轮作	改变轮作，缓解水短缺，因为对水的需求降低或是植物需水的临时分配更加恰当	D	D	D	D	D
17	技术措施 - 引水	通常是在有坡度的农田上拦截片流并将其引向一侧的沟渠或树篱；通常可阻止集中径流和沟渠侵蚀	I	D	I	D	N
18	技术措施 - 保水	线性结构，严格的水平导向，拦截有坡度的农田上的地表径流，阻止集中径流。水渗透意味着集水。	I	D	I	D	N
19	与雨水收集相关的滞洪水库	小型滞洪水库，阻止地表径流流入农田——通常用来防止集中径流对基础设施造成破坏	I	D	I	D	N
20	带状种植，参见一年生作物的覆盖作物	不同作物带等高耕作（比如玉米-小麦-玉米）	D	I	D	D	I
21	节制坝，参见沟渠	拦阻沉积物流向下游的小型坝体，缓解洪峰	I	I	I	N	N
22	鱼鳞坑，参见保水	借助相当大的水池以及山坡改变微地形，拦阻地表径流，增加地表崎岖度，增强雨水收集能力	N	N	N	N	N

表 5.4. 旨在模拟最佳管理措施对土壤和水资源保护指数的影响的水文模型策略。参数估计可行性评价：xxx = 高；xx = 中；x = 低；无

编号	最佳管理措施类型	土壤导水性	坡度修改	有机碳含量	土壤持水能力	集水区的保水能力	土壤结构	用于灌溉的雨水收集	更高拦截率	地表径流流速降低	表面不平整引起的渗透	保护水土流失
1	梯田		xxx			xx						xxx
2	等高种植				x					xx	xx	
3	景观要素											
4	农作物中的覆盖作物	x		xx	xx	xx	xxx		xxx	xxx	xxx	xx
5	木本作物中的护根覆盖				x	x			xx			
6	等高犁耕				x	x				xx	xx	x
7	植被屏障								x	x	x	xx
9	保护性农业	xxx		xxx	xx	xx	xxx		xx	xx	xx	xx
10	一年生作物中的覆盖作物	x		xx	xx	x	x		xx			xxx
11	农林复合											
12	雨水收集					x		xxx				
13	亏缺灌溉				x		x					
14	水的再利用											
15	增加持水能力				xxx	x						
16	轮作	x		x		x	x		xx	xx	xx	xx
17	技术措施 - 引水							x		xx		xxx
18	技术措施 - 保水					xxx		x		xx		xxx
19	与雨水收集相关的滞洪水库				x	xxx		xxx				x
20	带状种植的覆盖作物	x		x	xx	xx	x		x	xx	xx	xxx
21	节制坝					x						xx
22	鱼鳞坑					xx				xx	xxx	x

附件 1：与当前和未来共同农业政策相关的水土资源最佳管理措施

A. 1. 共同农业政策中采用的主要概念

A. 1. 1 交叉遵守

来源：欧盟

交叉遵守鼓励农民遵守欧盟有关公众、植物和动物健康和福利的标准。交叉合规在使欧洲耕作变得更为可持续方面扮演着重要角色。为了获得欧盟的收入支持，农民必须遵守一系列的基本规则。对规则的遵守和为农民提供的支持之间的相互作用称为交叉遵守。

欧盟期望农民遵守的规则包括：

- **法定管理要求**：这些适用于获得或未获得共同农业政策支持的所有农民。
- **良好农业和环境条件**，这些仅适用于获得共同农业政策支持的农民。

违反欧盟有关环境、公众和动物健康、动物福利或土地管理法规的农民将面临着欧盟支持减少或其它形式的惩罚。

法定管理要求 (SMR)

所有农民——无论获得共同农业政策支持与否——都必须遵守法定管理要求。法定管理要求包括欧盟有关公众、动物和植物健康、动物福利和环境的法规。有关耕作的法定管理要求包括：

公众、动物和植物健康

《通用食品法（欧盟法规 178/2002）》

《植物保护产品法规（欧盟法规 1107/2009）》

环境

《硝酸盐指令（理事会指令 91/676/EEC）》

《NATURA 2000 野鸟指令（指令 2009/147/EC）》

《NATURA 2000 自然栖息地指令（理事会指令 92/43/EEC）》

良好农业和环境条件 (GAEC)

除了法定管理要求以外，获得共同农业政策支持的农民还必须遵守有关良好农业和环境条件的欧盟标准。

这些标准旨在：

- 1-通过规定最小土壤覆盖面积和最少土地管理实践来阻止水土流失



2- 保持土壤有机质和土壤结构

3- 维护永久性草地

4- 保护生物多样性，通过禁止在鸟类繁殖和哺育季节砍伐树篱和树木等方式来保持特色景观。

5- 通过沿水道确立缓冲带、授权灌溉水资源以及保护地下水不受污染等方式来保护并管理水资源。

下文中有一节（A.1.3）专门阐述上述良好农业和环境条件。

违规的惩罚

在交叉遵守体系下，未遵守欧盟规则的农民可能面临如下支持减少的情况：直接补贴（不挂钩或挂钩），大部分的农村发展补贴：基于地区的补贴（包括农业环境措施、受到自然约束的地区、NATURA 2000 措施、造林措施、森林环境补贴和农林复合经营），有机种植葡萄业补贴：葡萄园重构改造和绿色采收。

A.1.2. 绿化

来源：欧盟

“绿色直接补贴”（或“绿化”）支持采用或保持有助于实现环境和气候目标的农业实践的农民。正如当前期间（2015-2020 年）共同农业政策所规定的那样，欧盟国家必须将收入支持的 30% 分配给“绿化”。

农民必须采取三项行动是：

作物多样化：更多种类的作物使土壤和生态系统更加具有弹性；

保持永久性草地：草地支持碳封存、有助于保护生物多样性（栖息地）；

将生态重点区中 5% 的耕地划为有益于生物多样性的区域，比如有助于改善生物多样性和栖息地的林地、树篱或休耕的土地。

作物多样化

拥有 10 公顷以上耕地的农民必须种植至少两种作物，拥有 30 公顷以上耕地的农民则必须种植至少三种作物。主要作物覆盖面积不得超过土地面积的 75%。根据个体情况可以存在豁免情景，比如某些农民拥有大量对环境有益的草地可不遵守这些规定。

保持永久性草地

永久性草地占农业土地的比例由欧盟国家在国家或地区层面上加以界定（有 5% 的灵活度）。而且，欧盟国家还制定了环境易受破坏的永久性草地区域。农民不得在这些区域内犁耕或改变永久性草地的用途。

生态重点区

拥有 15 公顷以上耕地的农民必须确保至少有 5% 的土地为生态重点区，以便保护并改善农场上的生物多样性。

出于行政和均衡方面的原因，绿化规定并不适用于选择小农方案的农民。



有机耕作的农民自动获得针对农场的绿化补贴，因为他们的工作有益于环境保护。

根据农民的个体情况，也可以存在其它的豁免情境。

绿化的替代方案

欧盟国家可以允许农民通过同等实践满足一项或多项绿化要求。同等实践必须基于欧盟国家农村发展项目或国家/区域认证方案下的农业环境方案。

每个欧盟国家需确保采用替代性实践的农民不可获得强制性绿化收入支持或农村发展基金的支持。



A. 1. 3. 良好农业和环境条件是交叉遵守的一部分

来源：欧盟

交叉遵守框架对良好农业和环境条件做出了规定。为了保持所有农业土地——尤其是不再用于生产的土地——的良好农业和环境条件，成员国应基于《理事会法规 1306/2013》附件二对最低要求做出规定。在界定良好农业和环境条件最低要求时，应考虑相关区域的具体特征，包括土壤和气候条件、现有的耕作系统、土地使用、轮作、耕作实践以及农场结构等等。

最低要求可在国家或区域层面上做出。成员国不得重新规定附件二中确立的最低要求。在良好农业和环境条件框架下，如果良好农业和环境条件在地区层面做出，欧洲各地的最低要求差别很大，有时甚至在成员国内部也是如此。

表 A1：当前共同农业政策中的良好农业和环境条件，摘录于《理事会法规 1306/2013》附件二

领域	主要问题	当前共同农业政策中规定的要求和标准 (2013–2020)
	水	<p>良好农业和环境条件 1：沿水道确立缓冲带</p> <p>良好农业和环境条件 2：灌溉水的利用需要授权并遵循授权程序</p> <p>良好农业和环境条件 3：在农业活动相关领域保护地下水免遭污染：禁止直接将废水排放至地下水体中，旨在防止通过将废水排放至地表以及危险物质经土壤渗透等方式间接污染地下水的措施，如《指令 80/68/EEC》（生效直至有效期最后一天）附件所列示。</p>
环境、气候变化、土地的良好农业条件	土壤和碳储量	<p>良好农业和环境条件 4：最少土壤覆盖物</p> <p>良好农业和环境条件 5：旨在限制侵蚀、根据具体地点条件而实施的最少土地管理</p> <p>良好农业和环境条件 6：通过恰当实践（包括禁止焚烧耕地残茬，出于植物健康原因除外）保持土壤有机质水平</p> <p>良好农业和环境条件 7：保留特色景观，包括树篱、池塘、沟渠、成行、成组或隔离的树木、农田边界和梯田，也包括禁止在鸟类繁殖和哺育季节砍伐树篱和树木，以及旨在防止入侵植物种类的措施（可供选择）。</p>
	景观，最低保持水平	



表 A2 摘录自欧洲理事会共同农业政策相关网站上的可获得信息
表 A2: 未来共同农业政策中的良好农业和环境条件

领域	主要问题	未来共同农业政策中规定的要求和标准 (2021–2026)
	气候变化	<p>良好农业和环境条件 1: 永久性草场</p> <p>良好农业和环境条件 2: 保护富含碳的土壤（比如泥炭地和湿地）（新）</p> <p>良好农业和环境条件 3: 通过禁止焚烧残茬等方式保持土壤有机质水平</p>
	水	<p>良好农业和环境条件 4: 沿河道确立缓冲带</p> <p>良好农业和环境条件 5: 为获取养分而必须采用的全新的农场可持续性工具（新）</p>
环境、气候变化、土地的良好农业条件	土壤保护和质量	<p>良好农业和环境条件 6: 为减少土壤退化（包括山坡上的土壤退化）而在耕种条件下实施的最少土地管理</p> <p>良好农业和环境条件 7: 在最敏感期间不得有裸露的土壤</p> <p>良好农业和环境条件 8: 轮作(替代作物多样性)</p>
	生物多样性和景观	<p>良好农业和环境条件 9: 保持非生产性特色景观和区域，包括划为非生产性特色景观或区域的少量农业区域，保留特色景观，禁止在鸟类繁殖和哺育季节砍伐树篱和树木，以及旨在防止入侵植物种类的措施（可供选择）。（替代生态重点区）</p> <p>良好农业和环境条件 10: 禁止改变 Natura 2000 地点中的永久性草地的用途或是在上面犁耕（新）。</p>



A.1.4. 未来共同农业政策（2021-2026）的环境目标

来源：欧盟

绿色架构

未来共同农业政策的九大目标中有三项旨在提升和改善我们的环境和气候变化行动和抱负，具体方式如下：

- 1- 为缓解和适应气候变化以及可持续能源的发展做出贡献；
- 2- 促进可持续发展以及水、土壤和空气等自然资源的高效管理；以及
- 3- 为生物多样性的保护、生态系统服务的改善以及栖息地和景观保护做出贡献。

“条件性”增强

条件性是未来共同农业政策框架不可分割的一部分，取代了当前共同农业政策中的“绿化”和交叉遵守等规定。在农民实施良好耕种实践和标准的前提下，条件性是更宏伟、更可持续的农业承诺的基线。条件性将收入支持（和其它基于地区和动物的补贴）与环境和气候友好的耕种实践和标准（即“良好农业和环境条件”和法定管理要求）关联起来。这些实践和标准旨在促成更高水平的环境和气候行动。良好农业和环境条件设定了缓解和适应气候变化、应对水资源挑战、土壤保护和质量、土地管理以及生物多样性保护和质量等方面的标准。未来共同农业政策中共有十项良好农业和环境条件，与当前的共同农业政策相比增加了三项良好农业和环境条件。

气候变化

良好农业和环境条件 1 - 永久性草场

良好农业和环境条件 2 - 保护富含碳的土壤（比如泥炭地和湿地）（新）

良好农业和环境条件 3 - 通过禁止焚烧残茬等方式保持土壤有机质水平

良好农业和环境条件 4 - 沿河道确立缓冲带

良好农业和环境条件 5 - 为获取养分而必须采用的全新的农场可持续性工具（新）

良好农业和环境条件 6 - 为减少土壤退化（包括山坡上的土壤退化）而在耕种条件下实施的最少土地管理

地管理

良好农业和环境条件 7 - 在最敏感期间不得有裸露的土壤

良好农业和环境条件 8 - 轮作（替代作物多样性）

生物多样性和景观

良好农业和环境条件 9 - 保持非生产性特色景观和区域，包括划为非生产性特色景观或区域的少量农业区域，保留特色景观，禁止在鸟类繁殖和哺育季节砍伐树篱和树木，以及旨在防止入侵植物种类的措



施（可供选择）。（替代生态重点区）

良好农业和环境条件 10 - 禁止改变 Natura 2000 地点中的永久性草地的用途或是在上面犁耕（新）

法定管理要求将共同农业政策与有关环境、公共健康，动物健康，植物健康和动物福利的更广泛的欧盟法规关联起来。在未来共同农业政策中，法定管理要求的数量有所增加，并纳入了有关遵守《保护自然栖息地和野生动植物群的指令》、《保护野鸟指令》、《硝酸盐指令》、《水资源框架指令》和《农药可持续使用指令》所规定义务的要求。

成员国和获得直接补贴者必须遵守条件性。成员国将就每项欧盟标准（良好农业和环境条件以及法定管理要求）规定国家标准，细化实施方案并基于本地特定需求和特征（比如土壤、气候和耕种条件、土地利用、轮作、耕种实践和农场结构）进行定制。规定额外的国家标准有助于进一步完善良好农业和环境条件的环境和气候框架。为了鼓励和奖励达成环境和气候目标的成员国，欧盟目前将 2017 年各国分得资金的 5% 作为绩效奖金。

生态方案

未来共同农业政策包括“生态方案”这样一个创新的系统，只在根据地方需求和情况增加全国性的环境和气候关怀行动。成员国必须设计并提供一项或更多生态方案。不过，农民就可以选择自愿参加。生态方案涉及一年期的承诺，这样可以让农民灵活地选择对他们最有利的方案、放弃对他们不利的方案，因此对农民的吸引力也更大。生态方案为成员国提供了独特的机会，让它们可以进行大量投资、激励并奖励那些超越条件性方面强制基线要求的农民，同时也有助于成员国根据本地需求和条件改善环境和气候行动表现。

由于生态方案的资金来自国家直接补贴预算，因此成员国可以确保这些方案能够准确地匹配本地环境和农民的需求。基于每一公顷符合条件的土地给予的年度补贴可视为是对农民直接补贴的“追加补贴”或是针对农民所承受的收入损失或额外成本的独立补贴方案。这些方案也可包括“入门级”方案，可以通过积极的农村发展措施进行拓展和完善。针对优化永久性草场和景观的优化管理、养分管理、针对授粉物种的食物和育种措施、农业生态和有机耕种等农业实践，成员国也可以设计专门的生态方案。

农业环境气候措施（AECMs）

未来共同农业政策中的农业环境气候措施旨在确保农村发展框架下的最佳环境和气候实践，意在修复、保护和改善生态系统，提高资源效率并朝着低碳和气候适应型的经济迈进。确保已实施的各类干预能够支持特定的国家、区域和本地需求并在某些情况下能够利用生态方案中已资助的实践至关重要。农业环境气候干预措施可以包括环境友好的生产系统（比如农业生态和农林复合经营）、森林环境和气候服务、基于本地物种的森林保护和弹性、精准耕种方式、有机耕种、可再生能源和生态经济、动物福利以及遗传资源的可持续利用和开发。



在生态方案下，成员国必须制定并实施农业环境气候措施，不过农民和受益者则可以自愿加入。成员国必须将至少 30% 的农村发展预算用于支持应对环境和气候变化的行动。成员国也可以增加这项支出，将 15% 的收入支持和市场措施资金转移至农村发展资金或是通过国家层面的共同融资来实现。那些自愿超出基本强制性标准、以便采取更多的行动来应对气候变化、保护水资源的质量和可获得性、空气质量、土壤健康程度、生物多样性以及生态系统服务的农民可享受补贴。

新的工作方式

未来共同农业政策的全新交付模型侧重于绩效和结果。成员国将制定共同农业政策战略计划，以实现欧盟环境和气候变化共同目标，设定量化目标并考虑特定的本地需求和条件。共同农业政策战略计划必须与欧盟范围的目标相一致，保持该政策的共性，并且不得扭曲单个市场或是给其带来负担。国家机构、利益相关者、学术界、耕种社区以及公民需协助识别本地环境和气候挑战，并协助制定基于绩效的措施来应对这些挑战。只要该计划符合欧盟目标和条件，欧洲委员会就将予以批准。

全新的年度监控和审查框架要求成员国监控目标实现进度、在必要时调整方案并提交年度绩效报告。欧洲委员会将在必要时进行审查并提出建议。如果绩效明显不佳，欧洲委员会将暂停拨付补贴并帮助成员国达到设定的目标。这种新方式给予了成员国在根据本地条件定制和调整方案方面的自由度、灵活性和责任感，也让成员国在关注环境和气候方面有了更宏伟的志向。



附件 2：与中国重大政策计划相关的水土资源最佳管理措施

A. 2. 1. 《东北黑土地保护性耕作行动计划（2020-2025）》

来源：农业部

2020 年，农业部和财政部共同颁布了《东北黑土地保护性耕作行动计划（2020-2025 年）》。到 2025 年时，保护性耕作实践（包括免耕法和少耕法）将在 900 多万公顷的耕地上实施，旨在控制水土流失并改善土壤质量。

A. 2. 2. 《中国东北黑土地水土流失综合治理试点方案》

来源：Shen, Bo, J. Fan, Q. Pan, L. Hui, 《东北黑土地水土流失综合治理试点方案介绍》，《中国土壤和水资源保护》，2003 年，11: 7-8（中文版）

中国东北黑土地土壤保护始于 2003-2005 年间，当时在总面积达 5583.21 平方公里的 8 处流域开展了水土流失治理综合实践试点方案。总投资为 1.95 亿人民币。在斜坡和耕地上，具体实践包括梯田（5870.16 公顷）、等高垄作（39096.59 公顷）、山垄植被带（23075.72 公顷）、封山育林（907.93 平方公里）以及以沟蚀防治为目的的石头和植被节制坝（13680）。共划分为三个不同地区，即连绵山地、山地和农牧过渡区，各地实践不同。主要的实践包括山垄植被带和等高垄作，分布在坡度为 8-15 度的耕地以及坡度小于 8 度的连绵山地上。坡度在 15-25 度之间的土地上修建了梯田；坡度大于 25 度的山坡则用来植林，而农牧过渡区则用来种植防风林和发展封闭的轮牧草场。

A. 2. 3 《中国东北黑土地水土流失综合防治项目》

来源：农业部

在 2003-2005 年实施了试点方案之后，2008-2015 年，财政部又支持实施了《水土流失治理综合实践方案》。总投资为 1.2 亿人民币，分为三个阶段实施，并从试点项目和在不同地区开展的实践（包括坡耕地保护性耕种和造林）中汲取教训。

A. 2. 4 《中国东北黑土地上耕地沟蚀治理项目》

来源：农业部

2017-2019 年，实践重点是在坡耕地上进行沟蚀防控。投资大约为 2900 万人民币，用于 976 条大沟的侵蚀防控，其中包括节制坝、沟坡和沟头保护，综合了植被种植和工程防控措施。

A. 2. 5. 《全国坡耕地水土流失综合治理试点工程》

来源：国家发改委，水利部

2010 年，《坡耕地水土流失综合防控试点方案》在全国范围内启动，覆盖了 16 个省辖 50 个县的农村



地区，包括梯田、集水池以及灌溉和排水沟。2010-2012年，此项目下的梯田投资共计9800万人民币，覆盖了中国东北黑土地上南部山地的44333公顷坡耕地。

A. 2. 6. 《全国坡耕地水土流失综合治理“十三五”专项计划》

来源：国家发改委，水利部

国家发改委和水利部共同颁布的《全国坡耕地水土流失综合治理“十三五”专项建设方案》，《中国土壤和水资源保护》，2017年，4: 14（中文版）

在2010-2012年实施的全国试点项目之后，国家发改委和水利部共同颁布了《全国坡耕地水土流失综合治理“十三五”专项建设方案》，目标是于2020年底在22个省的263个县（包括中国东北的黑土地）内建造327300公顷梯田耕地。

