

耕作系统

建立一个有效的水土耕作系统的一个重要方面是尽可能有效的安排作物以充份利用阳光，土壤，空气和水份来 \ 促进作物生长，同时使作物可以互相协调。

自然界是如何安排作物的？

在森林中存在有多层植被和物种。多样化以几种形势存在，包括生存时间的多样化（一些树种生存期短，之后被生存期较长的树种代替）
物种的多样化（树林是由多样化的树种构成（比如豆类和非豆类，针叶林和宽叶林）藤类，灌木，本草类，苔藓和地衣）。
层次的多样性（在温带树林中常常可以发现灌木层和覆盖地面的草本植物）。

我们怎样才能模拟自然系统设计作物系统并引入多样性？

作物轮作：在较长一段时间，在不同年月的同一片地里，根据计划的顺序改变作物种植种类而不是种植同一种类。作物轮作可以包括一年生作物和可以多年结子的多年生作物。

作物混植：一些作物在地里混植效果很好，比如燕麦和豌豆或者牧草和豆类作物。

多重作物系统：要更加全面的利用阳光辐射，水和土壤资源，一年生和多年生作物在地里组织起来更好的加以利用。例如在成行的水果数之间种植谷物或蔬菜或者在耕地周围种植防风林。

带状间植：这是指两种或者更多的一年生作物在同一块耕地中的狭长地带种植。这两种作物一般可以因为具有不同的生长时间而实现充分利用资源的目的。比如，小麦或豌豆可以春季播种在一米宽的窄带范围中并靠着一米宽的窄带。接着，这个区域可以播种两行玉米。这样作物常常可以充分利用阳光和水从而实现高产。

作物基因多样化：在同一块地里使用多种具有多元基因的作物种子可以最为一个好的战略来减少作物对病害的弱点。

作物轮作

为什么按照设计好的方式按照顺序在你的农场上种植作物十分重要？

因为这样可以实现土壤肥力的维持：一些作物消耗土壤而另外一些可以恢复土壤肥力。通过仔细的设计作物系统，农民可以种植多样化的作物，不消耗土壤肥力，而且可以保持较高的生产水平。

病害管理：每年在土地里交替种植单叶作物（草类作物）和宽叶作物有助于防治病害。对于一些对病害敏感的作物，最好不要在同一块地里连续 3 年种植同一种作物。这种作物交替减少病原体病害的延续。

杂草管理：一年中种植的不同作物会产生不同相关种类的杂草。作物轮作有助于降低任何一种严重的杂草种类的积累。作物轮作中作物的生长周期越不同，杂草就越少有可能适应土地条件。

害虫管理：每年改变种植不相关的作物可以大大减少害虫的数量。作物轮作常常可以消除害虫的食物来源并改变它们的栖息地。

改善土壤覆盖：种植多样化的作物有助于保持较小的土壤面积，提高土壤覆盖并减少侵蚀。这尤其施用于两种作物在同一年种植在同一块地里。

水的使用：种植对水有不同需求的多样化作物有助于防治地下水的过度使用。

人工和设备的使用：多样化的作物有助于最有效的利用人工，牲畜动力和设备。这样安排使播种和收获的时间安排最合理，因为在一年中的任何时间人工需要都不太密集。

减少风险：多样化的作物有助于防治在异常的季节气候条件下，不会产生所有种植作物的失败，因为作物多样化使不良气候对作物的影响不一致。这也降低了生物供应和借钱投入生产的风险。

你种植上面作物并且在土壤肥力需求方面你是如何将它们归类的？

需求较高的：土地，玉米和小麦

中等需求：荞麦，黍，和向日葵

需求较少的：大豆，豌豆，扁豆，亚麻和苜蓿

好的作物轮作的特点是什么？

保持土壤覆盖：要种植一系列的作物来使土壤侵蚀的风险最小化。比如冬季谷物可以在豌豆种植或苜蓿可以在亚麻地里进行套种。

保持和提高土壤肥力：好的生态作物轮作一般包括大约 30—50% 的固氮作物以保证耕作系统有充足的氮的供应。如果牲畜比率低，就应该种植 50% 的固氮作物。如果加入到地里的牲畜肥料数量大，这个比率要降低。成行作物一般不应该超过 30% 的轮作。不然的话将可能对维持土壤有机质水平造成困难。作物轮作应该包括可以在地表和地下生产大量有机质的作物，比如多年生牧草和黍。

作物要和土壤肥力相一致（匹配）。需要氮的作物应该和固氮豆类作物一起种植。对好的土壤结构有影响的作物要与土壤恢复性作物一起种。当土壤氮的肥力较低作物轮作的末期时，应该种植肥料要求低的作物比如亚麻，豌豆和扁豆。

使作物的生长周期多样化：理想的作物轮作应由早春播种，夏季播种，秋季播种和多年生牧草作物构成。但是，这种安排也许不可能实现，如果气候条件对作物（比如冬小麦）不利或者由于湿度限制种植多年生牧草比较困难。

作物种类多样化：轮作中作物种类越广，土壤重新播种相同作物之前的时间越长，越容易避免病虫害问题。一般将草类和宽叶类作物进行轮作可以防治病害。但是，种植太多的作物可能导致管理问题。大多数农民在没有足够的管理经验的情况下不应该考虑种植 6—7 种一年生作物。

充分使用可能的资源：找出你的地里作物生产率的限制因素并设计作物轮作来突出可以充分使用可能的资源（水，太阳能，种植季节，耕作人工，设备和牲畜）并使生产风险最小化的作物（比如如果夏天热 度成问题的化，要种植耐热作物）。

添加大量的碳：作物轮作应该包括一些深根作物和具有较大根系和大量可以回到土壤的作物残余的作物，包括使用绿肥作物和牲畜肥料将有助于形成通气的结构较好的土壤。

认真计划与调整：你的农场的最优化的作物轮作只有通过有效的计划和多年的实验和观察才能实现。你需要考虑你所有的耕作计划目标，包括家庭食物供应，创造收入，牲畜养殖，饲料要求，人工和管理技术以及牲畜安排和耕作设备。你也需要在耕作时气候和市场条件变化的情况下进行适当的调整。

在你进行作物轮作计划的时候，哪些是你需要考虑的最重要的因素？

多重种植 / 套种

在同一块地里种植两种或更多的作物的好处是什么？

- 在同一块地里种植几种作物有助于提高太阳能获得，如果作物具有间隔的生长周期，或者因为不同的树冠结构。
- 如果作物种植成条状，它们可以更多的从侧面吸收阳光（太阳能），从而与单一种植的地里相比可以提高产量，因为单一种植的作物只能从作物的树冠获得阳光（比如春小麦和玉米的条状种植）。
- 保证全季节水的供应和种植更耐旱的作物将确保在旱季的一定水平的生产率。
- 由于每一种作物的数量减少从而可以减少病虫害的压力。
- 如果作物的根系不同，它们可以更有效的利用土壤和水资源。
- 如果作物具有不同的植物结构从而提高资源的利用率，杂草就不能有效的竞争。
- 在豆类和非豆类作物种植在同一块地里，土壤中氮肥的需求就会降低。
- 种植季节播种不佳，气候条件不良或病虫害发作侵害一种作物的风险减小了。
- 套种的作物之间可以互相帮助，比如减少容纳空间，改善冬季存活或作为防风林来改善生长。
- 在贫瘠的土壤上，具有变化的土壤湿度，土壤肥力条件（比如营养水平，土壤有机质水平和 pH）。没有一种作为可以很好的适应所有的区域，只有一种作为可以在一种环境下适应的更好。

套种系统的主要问题是什么？

- 需要更多的管理并可能需要专门的设备
- 在干燥条件下，第二种作为可能表现较差，如果第一种作物使用了全部的水（比如种植在亚麻下面的苜蓿可能不会生长）
- 收获难度大并且在销售时，提高收获时种子污染的可能性

在你的地里套种或间种系统的例子有哪些？

作物轮作的实例：

没有牲畜的农场的作物轮作
(COG, 有机实地作物手册)

年/土地号 #	作物	
	春季	秋季
1	冬小麦,	油萝卜
2	大麦	下种 红苜蓿
3	大豆,	冬季黑麦
4	黑麦,	荞麦
5	燕麦和豌豆	下种

1. # 6 地具有所有的种植多年生牧草的土壤建设优势，出售农场的干草不会产生大量的碳的损失。
2. 轮作使土地在每年冬季都被覆盖。
3. 没有一年以上没有豆类作物（大豆，红苜蓿，豌豆）从而不需要施肥。
4. 轮作包括 9 种作物种类。亚麻可以代替大麦。

奶牛/肉牛和经济作物农场的作物轮作
(COG, 有机作物手册)

年/土地 #	作物	
1	冬小麦或 Spelt 小麦,	油萝卜
2	燕麦	下种 红苜蓿
3	大麦,	冬黑麦
4	黑麦,	油萝卜
5	蔬菜作物	下种 三重兼植 60-20-20 (红苜蓿-Timothy 牧草-雀麦草 Brome)
6	草料	
7	草料	
8	草料	
9	犁过的草料,	冬小麦

作物轮作的特点：

1. 减少对行作物的使用并增加对高质量牧草和冬季谷物的依赖。
2. 一般牧草种在春燕麦下面并保持 3 或 4 年。
3. 在冬谷物播种之前 4—6 周要进行犁地以确保有机质的充分分解。
4. 冬谷物收获之后要在 8 月中旬种植油萝卜，从而活的物质在冬季开始的时候可以存在于土壤表面以减少土壤侵蚀，减少营养丧失和杂草的繁殖。
5. 轮作作物的 1/4 作物经济作物售出。除了大量的生物能量消耗在作物生长中，土壤肥力水平可以通过保持长期干草和牧草并种植油萝卜将养分从土壤深处带到土壤表面得到保持。
6. 液体肥料或鱼和海藻乳剂要施用在生长的油萝卜地里。
7. 耕作包括在秋季耙掉红苜蓿和模板犁掉干草或牧草。耙地在春季种植油萝卜时使用。

包括草莓的园地作物轮作

(Koepf, Pettersson & Schaumann, 《生物动力学农业》)

年	地块 1	地块 2	地块 3	地块 4	地块 5
1	根	叶	土豆	水果蔬菜.	草莓
2	水果蔬菜.	根	叶	土豆	草莓
3	土豆	水果蔬菜.	根	叶	草莓
4	叶	土豆	水果蔬菜.	根	草莓
5	根	水果蔬菜.	土豆	草莓	叶
6	水果蔬菜.	土豆	叶	草莓	根
7	土豆	叶	根	草莓	水果蔬菜
8	叶	根	水果蔬菜.	草莓	土豆

轮作特点：

1. 每一块地生产作物不同的“器官”并应该按照植物分类进行分组，从而在连续的几年中不种植相同或者相关的作物并且不种植具有类似种植要求的作物。
2. 每一块地作物的多样化可以使之更具有抵抗病虫害的能力。
3. 如果想种植花卉，就种在土豆地里。
4. 草莓在刚刚种植过根茎作物的土地里长的最好。

5. 胡萝卜可以在种植草莓之前种植并收获，或者冬季黑麦—豌豆可以在种植胡萝卜之前的秋季种植。
6. 油菜作物要种在有叶子的地里，因为我们要吃“花”。
7. 将玉米种在水果蔬菜地里。
8. 在秋季收获根茎作物以后或者在种植土壤消耗较大的作物（比如土豆，玉米等）之前，要在地里添加堆肥。
9. 在作物生长 4—6 周以后，要在水果蔬菜地里包括活的护根（比如白苜蓿—一年生黑麦）。
10. 要增加产量，就要将每块地分成 4' 宽的地块（南北方向用于加热。东西方向要在干燥的土壤上。）

豌豆，燕麦和大麦会增加土豆的疤而大豆会减少之。

园地作物轮作

(Eliot Coleman, 《新有机农民》)

年 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
豆子 圈心菜	胡萝卜 甜菜 洋葱	绿色作物	土地和/ 或花卉	玉米	豌豆	花椰菜	南瓜, 黄瓜和 苜蓿	西红柿, 辣椒	玉米

堆肥

堆肥

堆肥

堆肥

这种轮作的特点：

1. 两种消耗土壤的玉米作物种植顺序相差很远。
2. 土豆在玉米以后种植产量最好。
3. 西红柿和辣椒，和土豆统属一类，种植顺序相差很远。
4. 玉米种植在豆类之后（豌豆和豆子）。
5. 圈心菜容易受前面种植的作物的影响，而玉米最不可能受到前面种植的作物的影响而且它可以接受堆肥。
6. 胡萝卜和甜菜常常对在它们之后的作物有副作用，但是豆子却不会太受影响。洋葱能从卷心菜类中收益。
7. 油菜作物种植的顺序应该相差 3 年以上以防治根类疾病（第一年和第七年）。
8. 南瓜对以后种植的作物有益，因此它能够对椰菜和花椰菜的生长有益。
9. 在秋季添加堆肥；每英亩加 8—12 吨。如果缺少堆肥，可以使用活的护根苜蓿。
10. 茄属作物（土豆，西红柿，辣椒）需要进行 5 年的轮作以控制枯萎病。

覆盖作物与绿肥

覆盖作物与绿肥的主要作用是什么？

冬季覆盖作物；夏季绿色肥料；活的护根作物；保持作物；以及饲料作物。

这些措施在有机耕作中的重要性是什么？

有机物质和土壤结构；氮的生产；土壤微生物活动；提高营养水平；固定作用；抑制杂草；以及土壤和水分保持。

绿肥是在轮作时种植的作物，目的是将它的生物能量转入土壤中。绿肥对于重建土壤结构，保存水份，控制侵蚀并减少土壤中的营养流失。

覆盖作物与绿肥的主要作用

冬季覆盖作物

冬季覆盖作物是在夏末或秋季种植，意在冬季提供土壤覆盖的作物。寒季豆类包括苜蓿，野豌豆，medics，以及豌豆。它们有时和冬季谷物作物比如黑麦，或小麦混种。冬季覆盖作物可在秋天通过移植于成熟的经济作物或者在收获之后立即播散建立起来。

夏季绿肥作物

在轮作时种植在适当的位置，以提高贫瘠土壤的条件，或为多年生作物对土地进行整理豆类作物比如牛豆，大豆，一年生甜苜蓿可以作为夏季绿肥作物来增加氮和有机物质。非豆类作物，比如苏丹高粱草，小米或荞麦可以种植以提供生物能量，杀死杂草并改善土壤耕作。

护根作物

护根作物是一种作物，可以和一年生或多年生经济作物混种，可以抑制杂草，减少土壤侵蚀，提供土壤肥力，并改善水的通透性。

保持作物

可以减轻营养从土壤中的渗漏（比如黑麦在玉米之后种植）

饲料作物

短期轮作的饲料作物，当它们占据土地用来种植牧草或干草时起到覆盖作物的作用，当它们最终包括起来时，可以作物绿色肥料。例如豆类的紫花

苜蓿草皮，甜苜蓿，三叶草，红苜蓿，和白苜蓿，以及草豆类草皮，象牛毛草苜蓿。

要使土壤改善的好处最大化，牧草不应在上一个生长阶段进行放牧或以干草形式收割，而是要保持以利于生物能量的积累。

覆盖作物和绿肥的益处

有机物质和土壤结构

在有机物质被微生物分解的过程中，由微生物制造出的 *mycelia*，粘液和粘土有助于将土壤颗粒连接成块或结合体。结合的好的容易耕作，通风较好并具有较好的透水性。在土壤有机质改善之前，需要种几年的草皮。

氮的生产

从豆类来的氮的生产是种植覆盖作物和绿肥的关键好处。豆类覆盖作物进行的氮的积累可以达到 40—200 磅/英亩。

可以为豆类作物之后种植的作物提供的绿肥中氮的比率常常大约为豆类所含总量的 40%到 60%。比如，野刺豌豆在犁掉前可以积累 180 磅氮（每英亩），并可以为接下来种植的谷物和蔬菜作物提供大约 90 磅（每英亩）。

土壤微生物活动

土壤微生物进行繁殖来影响作物刚刚吸收的物质。在微生物分解的过程中，在作物组织成分中的养分释放出来并可能被以后种植的作物所利用。

增加营养成分

营养成分在覆盖作物生长的季节进行积累并慢慢的可以被以后种植的作物所利用。荞麦，*lupine* 和甜苜蓿从土壤里提取 P。紫花苜蓿和其他深根绿肥从深层土壤中吸取营养并传送到表层根茎区域，在那里其他作物可以利用这些养分。

固定行为

一些覆盖作物在疏松土壤方面非常有效。

抑制杂草

覆盖作物占据空间和光线，降低杂草生长的机会。深根绿肥作物的疏松土壤的效果也可以降低适于生长在密结土壤中的杂草数量。

Allelopathic 作物 通过释放自然毒性物质 "allelochemicals." 来抑制和减缓周围作物的生长（黑麦，高粱和苏丹草）。从除去 allelopathic 类的覆盖作物产生的护根可以在没有耕作的作物系统内提供相当的杂草控制。

护根作物

可以通过与杂草在生长期竞争光线，水分和养分来抑制杂草。

土壤和水的保护

在没有耕作的作物系统中，由机械杀除的覆盖作物导致的护根增加水的通透性并降低土壤表面的水分蒸发。土壤覆盖减少土壤打结和雨季的地表水的流失。

轮作中的覆盖作物

春季

小麦

燕麦

黄豆

玉米

秋季

油萝卜

黑麦

甜苜蓿

苜蓿/草

覆盖作物的优势

将养分传到以后种植的作物里，冬季死亡，疏松土壤

冬季覆盖，当开花杀死时黄豆的护根

在豆类作物下面播种

冬季覆盖，2年以上的饲料 / 干草

荞麦可在种植甘蓝的土地里种植，并在秋季种植甘蓝时收割掉。用毛豌豆

作为冬季覆盖作物可以通过打谷收割和在护根上搭起西红柿架子来消除。

秋季黑麦可以散种在土豆地里；这样，冬小麦可以在早期土豆收割以后长出来。

覆盖作物的局限是：

1. 在需要立即播种的季节，种子和播种的成本要和降低氮肥的要求以及对经济作物的影响进行比较。
2. 绿肥作物水的消耗是个问题，特别是在每年有 30 英寸沉淀物的地区比较显著。
3. 当如何一种覆盖作物加入到轮作当中时，总会需要额外的管理。与根本没有覆盖作物相比，翻转，积压覆盖作物需要额外的时间和花费。
4. 与覆盖作物有关的昆虫对农民的一些作物有益但也可能对其他一些有害。比如，一些护根作物增强夏季蔬菜作物的虫害生物控制，通过对益虫有利的栖息地。但在另一方面，冬季豆类为昆虫通过栖息地，比如作物斑虫，臭虫，李树象鼻虫，可能会对果农造成问题。在沙地土壤上的一些豆类滋长的线虫是农民另外一方面问题，就象跟着谷物和作物轮作产生的夜蛾一样。

覆盖作物的害虫管理优势

1. 增加生物多样性并使昆虫和微生物的数量恢复平衡。
2. 向益虫提供花粉，花蜜和栖息地。
3. 土壤表面上的作物残余物可以滋养益虫。

Lupine 向益虫提供栖息地，作为抑制作物，释放更多的豆类氮。

资料来源： Steve Groff 1997 年的<<不用耕作的蔬菜>>

Groff 是 Lancaster 宾西法尼亚州郡的不用耕作的农民。他的机械化覆盖作物杀除发创造了理想的不用耕作，不使用除草剂的护根。蔬菜使用不用耕作的移植器种在此护根上。它们产出了高质量的西红柿，南瓜，花椰菜，爆豆和甜玉米。在几年的无耕作生产后，他的土壤变的非常娴熟并容易种植。可以通过以下方式以美元\$ 21.95+\$3 邮购此录像带，可联系：

Cedar Meadow Farm 679 Hilldale Road Holtwood, PA 17532
717-284-5152; <http://www.cedarmeadowfarm.com>