目录

介绍
基础传粉昆虫生态学 2
其他有益昆虫 3
农场覆盖作物 3
使用覆盖作物的机会 4
覆盖作物的种植和管理 5
植物选择 6
覆盖作物混播 8
常见轮作模式 8
参照美国农业部作物保险条例进行昆虫保护 8
表格：覆盖作物为蜜蜂和其他益虫带来的潜在效益 10
覆盖作物的局限性 14
覆盖作物之外 15
杀虫剂与昆虫保护 15
避免虫害增加 16
参考文献 17
资源 19

原文链接：
http://www.sare.org/ cover-cropping-for-pollinators, or order free hard copies by calling (301) 779-1007.

编译：
杨潇逸、谭金宜、于泽台、马晓钰、杨语涵、李　颖

联系方式：ying.li@tnc.org

The Nature Conservancy
大自然保护协会

SARE
Sustainable Agriculture Research & Education

覆盖作物与传粉昆虫及益虫

道格·克拉布特里（Doug Crabtree）采用许多方法使他的蒙大拿州农场对蜜蜂更生态友好，照片来自Jennifer Hopwood；钟穗花属是一种对传粉媒介有吸引力的覆盖作物，照片来自John Hayden；三叶草固定氮并为蜜蜂提供食物，照片来自Judson Reid。

Doug和Anna的VILICUS 农场位于蒙大拿州北部，占地12000多亩，该农场是覆盖作物如何成为传粉昆虫和益虫管理的一个典范。与许多农民一样，始于对土壤健康的关注，他们开始尝试种植覆盖作物，在认识到覆盖作物可以提供额外益处后，种植覆盖作物的目的迅速变得多元化。

“我们希望在农田上保护传粉昆虫，”Doug说，“任何人都可以建立一个小型的野花带，但随着我们的规模扩大，我们需要在整个农场中设计保护区域。"

Crabtree一家已经在他们的许多田地周围建立了永久性的野花带，来搭建整个农场昆虫栖息地的“骨架”；广泛地轮作覆盖作物以提供“肌肉”，使他们的土地吸引蜜蜂和其他各种益虫。

对覆盖种植的认可正在产生显著的积极影响。亚麻、向日葵和红花是Crabtree农场覆盖作物中的一部分，它们需要昆虫授粉并且从中获益良多。由于他们致力于将野生传粉昆虫的栖息地整合到农场上，Crabtree一家无需将蜜蜂蜂箱带到农场进行授粉。相反，走进他们的田地，很快就能看到大量的野生大黄蜂、长角蜂、汗蜂等——所有这些昆虫都是农场的栖息地吸引来的。农场容纳传粉昆虫的能力为其本身提供了保障，特别是当商业蜂箱变得稀少或昂贵时。

除了容纳授粉群体，覆盖作物在农场上还有更多生态用途，包括防止水土流失、改善土壤健康、管理杂草，以及在两季作物系统中提供额外的收入。随着每年9100多万亩覆盖作物的种植，许多农民已经意识到多样化的农业生态系统在提高利润率方面的作用。根据SARE报告《覆盖作物经济学》（中文版请与

简介

“可持续农业研究和教育计划”
(Sustainable Agriculture Research & Education, SARE)是由美国农业部主管，基于美国公众对生态危机的强烈意 识，于1988年设立的。SARE为研究者、农民、推广机构和农业社区的其他成员之间提供一个研究、交流分享和教育的平台，旨在推动农业创新，提高农民、牧场主及其社区的收益、土地、空气和水的管理，以及农村社区的生活质量。本文是SARE覆盖作物专栏的阅读指南，该专栏主要是SARE覆盖作物在线资源精选集合。有关以下主题的信息，请访问: www.SARE.org/Cover-Crop

大自然保护协会
(The Nature Conservancy, TNC)中国农业项目关注中国农业可持续发展，保护土地和水源的同时满足日益增长的农业需求。通过推动保护性再生农业措施等良好农田管理实践，加强粮食和营养安全、建设应对气候的弹性农业体系和保护水质，为全球 性可持续目标提供解决方案，为农户持续增收和农业生产力可持续发展服务。

TNC农业部门联系索取）统计，覆盖作物通常在投入种植的几年内就能收回成本。该报告基于对农民进行的一项为期五年的调查，由美国中北部地区SARE和保护技术信息中心（CTIC）主持。虽然CTIC-SARE的调查显示，38%的覆盖作物种植者已经选择种植对传粉昆虫有利的植物；除此以外，覆盖作物还能带来许多额外的益处。

开花覆盖作物在实现其作为一种土壤保护措施的最初目的同时，还可以为野生蜜蜂和益虫提供宝贵的食物来源。这种附加价值可以通过一些管理方法的微调和合理的植物选择得到显著提高。

这份报告将帮助您在利用覆盖作物解决其他问题的同时，增加您农场中传粉昆虫和有益昆虫的数量。它首先概述了传粉昆虫和益虫生态学，然后介绍了覆盖作物的选择和管理，如何使覆盖作物在您的农场中发挥作用，以及经过验证并且有用的作物轮作模式。本报告还将涉及到覆盖作物局限性和减少农药危害等主题。

基础传粉昆虫生态学

虽然很多昆虫都是传粉者，但蜜蜂是最重要的，因为它们积极寻找花粉来喂养幼虫。除了驯化的欧洲蜜蜂外，在美国和加拿大还发现了大约3600种野生蜂。其中，蜜蜂和大黄蜂是社会性昆虫，生活在由一个蜂后、大量工蜂和少量雄蜂组成的复杂家庭单位中。相比之下，大多数野生蜂(除大黄蜂外)都是独居动物，每只雌蜂都定居在自己建设的巢穴中。

蜜蜂和野生蜂被认为是重要的农业传粉昆虫，这两类蜜蜂有许多相同的栖息地要求。两者在整个生长季节都需要可靠和丰富的花粉和花蜜资源。就蜜蜂而言，花蜜的需求量很大，需要栖息地有大规模的花来生产盈余的蜂蜜。

除了食物的供应，蜜蜂和野蜂还需远离农药。大剂量的杀虫剂可能直接杀死蜜蜂，而小剂量的杀虫剂则可能导致亚致死，如减少昆虫的繁殖或觅食。有趣的是，研究表明，多样化的花粉和花蜜资源可能有助于改善蜜蜂的整体健康状况，并增加它们抗低剂量农药的能力。

除了粮食供应和农药保护，野生蜜蜂还有第三个栖息地要求：在无干扰地区筑巢。许多野生蜂种喜欢不被干扰的土壤。这些在土壤中筑巢的野蜂在地下挖隧道以存放花粉团，并在上面产卵。其他野生蜂种则在植物茎中筑巢，包括一些树木、灌木、大型草类甚至大型野花的茎。少数种类，包括大黄蜂，通常在小型啮齿动物废弃的地下洞穴或其他类似的洞穴中筑巢。

通过合理的植物选择和管理，开花覆盖作物可以利用花粉和花蜜来满足蜜蜂的栖息地需求，最大限度地改善它们的健康和繁殖潜力，提供丰富的花蜜以生产盈余的蜂蜜，避免杀虫剂的危害，有时还可以增加野生蜜蜂的筑巢机会。

混播地覆盖作物有多种益处。南达科他州的菽麻和萝卜的混播为牲畜采食、昆虫授粉以及雉鸡育雏提供了资源。照片由美国农业部国家资源保护学会（USDA NRCS）的Ben Lardy与Pheasants Forever Inc.合作拍摄。

其他有益昆虫

栖息在农场的作物害虫的天敌，包括各种捕食性甲虫、食蚜花蝇、草蜻蛉、小型独居寄生蜂和许多其他昆虫。除了捕食作物害虫外，这些捕食性和寄生性昆虫大多在其生命的至少一个阶段需要或受益于替代食物资源。在某些情况下，这些替代食物是花蜜或花粉。因此，与传粉昆虫一样，许多天敌也从开花覆盖作物中受益。

由SARE资助的加利福尼亚大学研究小组证明，在葡萄园中混合种植开花的覆盖作物增加了有益昆虫的数量。一年生荞麦、花青草、甘草、鱼腥草和野生胡萝卜混合种植增加了益虫数量，减少了葡萄树粉蚧等害虫数量。

另外，即使在不开花的情况下，覆盖作物也可以支持益虫种群。一些捕食者和寄生虫不以花蜜和花粉为食，而是需要持续的猎物昆虫供应，以维持其乡土种群的有效水平。所以当经济作物缺失时，不开花的覆盖作物在一定程度上可以支撑害虫种群，使其成为益虫的稳定食物来源。例如，地甲虫是蛞蝓、毛虫和蚱蜢卵的捕食者，可以通过区域性免刈或在农田外建立多年生草的“甲虫库”来维持。甲虫可以在这种增强的栖息地中越冬，其猎物也可以在其中繁殖。因此，这些草地可以在非农作物种植期为甲虫提供栖息地和食物来源，使甲虫数量保持在较高水平。

同样，即使在覆盖作物中发现的猎物昆虫不是您经济作物的害虫，它们仍然可以成为捕食者和寄生虫的重要食物资源，一旦经济作物害虫出现，捕食性益虫就会转换它们的猎物偏好。

最后，与传粉昆虫一样，为了产卵或越冬，捕食性益虫也需要保护，以免受到杀虫剂和植被结构的影响。管理良好的覆盖作物系统可以帮助满足这些栖息地要求。

果园和葡萄种植园的多年生覆盖植物

快速生长的一年生作物品种，如黑麦和红花苜蓿是一年生大田作物轮作的最常见选择。然而，在多年生农业系统中，如果园和葡萄园，可能需要长期的地面覆盖作物。在这些环境中，覆盖作物可能有多种要求，包括侵蚀控制、养分管理和病虫害防治。只要这些多年生覆盖作物与适当的农药使用相结合，便可同时达成花粉保护等多个目标。

例如，果园中的多年生草坪草只需耐受紫罗兰或蒲公英等非入侵性杂草，就能巩固传粉昆虫种群。为了更进一步增加花粉和花蜜资源，这种多年生草坪草系统可以广泛地与多种矮生多年生三叶草混播。该系统建立的关键是不要过度喷洒杀虫剂使其沉降到开花植物上。一些种植这类覆盖作物的农民在喷洒杀虫剂前只需修剪植株，去除花朵。虽然修剪过的覆盖作物可能会大大降低被传粉昆虫利用的价值，但蜜蜂会因此转移到没有喷洒杀虫剂的地区以免因农药而致死。

为了传粉昆虫和其他益虫获得最大利益，可将乡土一年生和多年生植物作为林下覆盖作物种植到果园和葡萄园中。这些覆盖作物通常为乡土传粉昆虫和其他益虫提供最大的利益，它们也能很好地适应当地的气候，对当地的病虫害有更强的抵抗力，并且不需要定期修剪或灌溉。

农场覆盖作物

除了巩固蜜蜂和益虫种群数量，覆盖作物还可以减少除草剂、杀虫剂和肥料的开销，并改善整体土壤的健康和盈利能力。许多覆盖作物可被纳入双作系统或用作动物饲料，也可在大多数作物或作物-牲畜系统中种植，包括免耕、常规耕作、轮作免耕和牲畜放牧以及干草系统。在CTIC-SARE的调查中，农民种植覆盖作物有以下五大原因（依次为）：增加土壤有机质、减少土壤侵蚀、减少土壤压实、管理杂草和提供氮源。

覆盖作物在种植的第一年便可带来巨大经济效益，效益的多少取决于如何和为什么种植这些作物。在佐治亚州的一个棉花农场，一位种植者通过实施保护性耕作和种植覆盖作物，将每亩地成本约减少了223元人民币。他的覆盖作物包括绛三叶，一种极好的蜜源和氮源植物；以及黑麦，一种土壤有机质提供者和氮素“清道夫”（快速吸收

开花的覆盖作物条带，例如花边钟穗和香雪球，他们能够可以通过支持有益昆虫来防治葡萄园害虫，例如藤粉虫。照片来自Miguel Altieri

利用覆盖作物和保护性耕作种植棉花。 黑麦草和绛三叶组成的覆盖作物系统可以提高棉花的生产能力，因为三叶草向土壤中输入了氮肥，而黑麦吸引了益虫。 照片来自美国农业部国家资源保护协会（USDA NRCS）斯蒂芬·柯克帕特里克（Stephen Kirkpatrick）

多余养分，防止养分流失到水体里）。

三叶草通过对氮素的富集从而节省肥料投入，加之益虫活动，减少了杀虫成本，许多害虫不再对农场造成威胁。同样，宾西法尼亚州的一位菜农通过种植覆盖作物，将农药成本降低了40%（每亩节省约140元人民币）。北达科他州的一位农民在覆盖作物田里每亩收获的大麦净利润增加了约122元人民币，这些覆盖作物还可收获为饲料来喂养肉牛。

农民们可使用多种方法来计算种植覆盖作物的经济效益。覆盖作物经济学，是SARE根据全国覆盖作物使用情况调查数据编写的一份报告，它描述了玉米/大豆系统中覆盖作物可以快速收回成本（一至三年）的七种管理环境，包括：抗除草剂杂草问题严重时，覆盖作物放牧时，土壤严重板结时，过渡为免耕模式时，化肥成本高或粪便养分过量时，土壤水分亏缺或需要灌溉时，以及获得奖励金时。

2005年在玉米带进行的一项调查发现，超过一半的农民表示如果获得成本分担资助，他们将种植覆盖作物，而最近CTIC-SARE更多的调查发现，即便没有经济资助，农民们也越来越愿意尝试种植覆盖作物。本次调查发现，63%的农民表示从未获得过成本分担资助，只有8%的农民种植覆盖作物，而且仅仅限制在获得资助的时间内。尽管成本分担计划提高了覆盖作物的盈利能力，但许多种植覆盖作物的农民——也许是大多数人——在评估其价值时，并不局限于资产负债表。资金援助可以打开覆盖作物种植的大门，但很多有覆盖作物种植经验的农户并不需要这些资助。覆盖作物不易被量化的自然保护效益，如其在改善土壤健康和保护传粉昆虫方面所发挥的的作用，值得更多人关注。

使用覆盖作物的机会

向系统中引入覆盖作物地第一步是确定可用的种植时期。你的种植系统中可能已经有一些时期是可以种植覆盖作物的。覆盖作物常见的种植时期包冬闲期、经济作物种植的夏闲期、谷粒作物轮作期或全年改良休耕期。覆盖作物通常用于玉米/大豆轮作系统、与特种作物同时种植或谷粒作物收获之后种植。

经济作物收获后，在冬闲田播种经济作物有多种用途。它们能防止土壤侵蚀，若它们可吸收大量氮素，还能防止养分渗漏。覆盖作物适宜地种植时期将随当地气候和轮作中的经济作物的不同而变化。例如，在明尼苏达州，许多种植者在9月玉米收获后种植覆盖作物用于冬季覆盖。同时，在北卡罗来纳州和南卡罗来纳州，覆盖作物通常用于吸收施肥后多余的养分。

John和Nancy Hayden在位于佛蒙特州杰弗森维尔的农场中种植了30个品种的树果和浆果，在他们的土地上维持了一个多年生植物、树木和灌木堆组成的传粉昆虫保护区。即使有大量的花卉植物和栖息地，他们依然认为有种植夏季覆盖作物的必要。“我们注意到在东北地区的7、8月份，这里的花卉资源匮乏，”约翰说，“所以对我们来说，我我们正才尝试能否使用一年生覆盖作物来填补

多年生生作物无法填补的空白。”

要想让覆盖作物发挥出最大的作用，下一步就是确定保护需求。你可能需要打碎犁底层（萝卜），防止养分流失（非豆科植物、谷物），用绿肥提高土壤肥力（豆科植物），用快速生长的植物（荞麦）战胜杂草，为牲畜提供饲料（绛三叶、油菜、谷物），管理线虫（芸香），或防止侵蚀（豇豆、三叶草）。在土壤含水量过大而不适宜农耕的春季，越来越多的农民转而种植覆盖作物。

Hayden一家人利用2013年的SARE资助，评估了三种覆盖作物——钟穗花、荞麦和蜜蜂生境保护混播组合——在杂草压力增加的菜地中保护大黄蜂种群和抑制杂草的能力。钟穗花和荞麦生长良好，抑制了杂草，吸引了传粉昆虫，但蜜蜂生境保护混播组合受到杂草的竞争，生长状况不佳。“我们很喜欢钟穗花，”约翰说。“从统计学上看，大黄蜂对钟穗花的偏好显著高于对荞麦的偏好。"

理想的情况是，覆盖作物将具有双重作用。它应该既作为一种保护措施，又能增加益虫的数量。覆盖作物中必须包括开花的豆科植物或杂类草，以实现这一目标。请参阅植物选择，深入讨论如何选择植物以达到多重目的。

覆盖作物的种植和管理

覆盖作物既可以在经济作物收割后播种，也可以播种到未收割作物中（覆播）。通常情况下，条播比撒播使用更少的种子，并促进植株分布更加均匀。条播可以在收获后进行，也可以播种到未收割作物中，这是一项CTIC-SARE调查中农民最常使用的技术。其他农户则是驾驶飞机将覆盖作物覆播到未收割作物中。在生长季节较短的地区，常在冬季前进行覆播，为覆盖作物提供一个良好的开端。CTIC-SARE调查发现，2013年中西部地区的种子成本中位数约为每每亩28元人民币。

为了让覆盖作物有时间分解、释放养分和补充土壤水分，并避免与经济作物竞争，需要决定终止覆盖作物种植的时间。您需要考量这些要求并尽量减少田间裸露的时间。覆盖作物的适当终止时间因地区而异。

在编写本报告时，联邦作物保险计划已经制定了不同区域终止覆盖作物种植的要求。这些规定旨在减少经济作物因先前种植的覆盖作物用水而造成的产量损失。它们要求在经济作物种植前将覆盖作物灭茬，根据地区不同，至少在经济作物种植前35天至种植后5天内灭茬覆盖作物。更多信息请参见《昆虫保护平衡与美国农业部作物保险规则》第九页。

您必须给覆盖作物开花的时间以便让传粉昆虫从中受益。对于豆科植物或芸薹植物来说，这不是一个问题，它们开花后会显示出最大化的保护效益。但对其他一些植物的管理可能会比较棘手，例如荞麦，荞麦必须至少开花20天以建立益虫种群，同时，荞麦开花后7～10天内需要被灭茬以防止其复种。由于荞麦是蜜蜂和益虫最好的覆盖作物之一，而且它很容易被刈割清除，因此最好将覆

作为覆盖作物，速生荞麦通常用于抑制杂草。 它开花时可以为野生传粉昆虫提供优良的牧草，照片来自John Hayden

盖作物的终止时间推迟到益虫种群建立之后，并通过两次刈割来实现覆盖作物的灭茬。要注意的是，这种做法可能会导致不需要的荞麦成为杂草。或者，农民也可以交错种植并逐行除草以延长开花期，与此同时防止荞麦复种。

Hayden一家人将荞麦作为夏季覆盖作物，并让荞麦大量开花结籽，而没有继续种植秋季作物。经历了整个发芽条件不利的秋冬季节后，荞麦到了春天就不再会带来杂草问题。“根据我们的经验，只有当你在同一个季节种植另一种作物时，才会出现复种问题，”John Hayden说。“无论是钟穗花属植物还是荞麦，在种植的第二年都没有带来任何问题。”

另一种可能需要一些额外的调整才能使蜜蜂和益虫受益的覆盖作物管理是种植绿肥。在营养期或开花期将绿肥耕入土壤，以增加土壤有机质。而适当延长绿肥作物的开花期并在结实前进行翻耕的做法对昆虫更加友好。

覆盖作物可以通过刈割、耕作、除草剂、收割、滚压或冬杀来终止。使用除草剂是最常见的终止策略，其次是翻耕和冬杀。滚压既避免了化学投入，又避免了耕作。您也可以选择放牧或用覆盖作物制作干草来作为冬季饲料。最佳的选择会因植物选择和生长阶段而异。应避免深耕，因为它往往会抵消覆盖作物带来的许多益处。这些好处包括改善土壤耕性和增加越冬益虫的数量。

植物选择

最能满足您需求的植物会因位置和目的而异，不同的覆盖作物也有不同的优势。在为传粉昆虫选择覆盖作物时，开花的阔叶植物是首选。禾草类覆盖作物不提供花蜜，其花粉的蛋白质含量通常低于阔叶植物的花粉，因此它们对蜜蜂的吸引力有限。在需要用禾草类作物来实现其他管理目标的情况下，如防止养分流失，开花植物/禾草的混合种植可能是一个理想的解决方案。

您在选择支持捕食和寄生昆虫的植物以便进行虫害管理时有更多的灵活性，当经济作物缺失时，某些禾草覆盖作物能维持备用猎物（如蚜虫）的生存，以帮助有益昆虫存活。

要避免种植病害转主寄主植物和支持大量害虫的覆盖作物。转主寄主是指不同于经济作物的另一个物种，它是害虫的贮藏库，或者是害虫完成其生命周期所必需的场所。例如，如果你种植的是芸薹属作物，不要用另一种芸薹属植物作为覆盖作物，因为它将带来类似的害虫。

然而，支持低水平作物害虫的覆盖作物在某些情况下可能是有价值的，因为它们可以为有益的捕食性昆虫提供稳定的食物来源。这在长有三叶草的山核桃果园中得到了很好的证明。豆科植物会吸引蚜虫，蚜虫又会引来是益虫。当三叶草枯萎，蚜虫数量下降时，益虫就

覆盖作物服务性功能和相适应的授粉昆虫友好型植物实例

保护性服务功能	授粉昆虫友好型覆盖作物
固氮	苜蓿，白三叶，红三叶，豇豆，羽扇豆，鹧鸪豆，柽麻，野豌豆
氮素清除	芹菜，油菜，向日葵
侵蚀控制	油菜，豇豆，绛三叶，白三叶
提供饲料	绛三叶，油菜，白三叶，饲料萝卜
杂草管理	荞麦，油菜，豇豆，柽麻，向日葵
线虫管理	油菜，其他芸薹属植物和芥菜
减少压实	油菜，萝卜，羽扇豆，芸薹属植物和芥菜

会转移到树上。这些寻找其他食物的昆虫便可管理山核桃果园的虫害。

确保你选择的覆盖作物适应当地环境。第一步是与当地种植覆盖作物的农民和保护专家交流。红三叶和绛三叶是密西西比河以东地区常用的固氮覆盖作物。红三叶是一种矮生豆科植物，是放牧动物的优良饲料。三叶草也是一种高价值的蜜源植物。油菜和其他芸薹植物可用于田间的病虫害和线虫管理（生物熏蒸）。另一种豆科植物豇豆，有较强耐热性和耐旱性，它们也有花外蜜腺或叶茎蜜腺，可以吸引益虫。这些植物被用于控制加利福利亚州东南和沿海地区的土壤侵蚀，也被用于南方地区的杂草管理。荞麦在美国大部分地区是一种快速生长并吸引益虫的主要覆盖作物。

当然，荞麦也不是在任何情况下都是理想的。SARE资助的加州大学河滨分校推广专家希望利用荞麦作为葡萄树害虫——玻璃翅叶蝉的捕食者的蜜源，但他们发现，在炎热干燥的南加州夏季，荞麦植物难以生长。通过灌溉来维持覆盖作物生长是一个昂贵的提议，实际上又增加了当地另一种葡萄园害虫——“蓝绿叶蝉”的数量。最终，荞麦确实增加了捕食者的数量以帮助管理玻璃翅叶蝉，但与其带来的新的虫害相权衡时，难以说明种植改覆盖作物的成功与否。

最后，在选择植物时，也需要重视生物多样性的所发挥作用。佛罗里达州的一名研究生利用SARE资助，发现根据农场上的作物数量，野生蜜蜂的丰度和多样性存在显著差异。蜜蜂数量最少(5种)的农场只种植了两种作物，并且在田地边缘没有设置免刈割缓冲带。蜜蜂数量最多（14种）的农场种植了9种作物，并在农场周围

照片从左到右依次为：画眉草，钟穗花和蚕豆花

覆盖作物混合种植案例

以下例子展示了不同地区和季节的覆盖作物混合种植模式。这些模式包含了花粉和花蜜丰富的植物种类以支持各种蜜蜂和其他益虫，以及具有相应结构的植物以提供昆虫产卵或冬眠的场所。开花情况因季节、种植时间和地区而异；即使在所有植物开花前终止种植，这些混合种植的覆盖作物也有多重作用。

冷季型混合种植案例

作物种类	混合比例/%	质量（g/亩）
钟穗花	8	15
三叶草	8	22.5
白萝卜	8	45
毛苕子	8	165
豌豆	8	1275
芜菁	8	15
蚕豆	2	2175
黑麦	25	450
燕麦	25	525
总计	100	4687.5

暖季型混合种植案例

作物种类	混合比例/%	质量（g/亩）
荞麦	16	525
大豆	16	2550
向日葵	16	262.5
豇豆	16	2100
苏丹草	12	187.5
小米	12	112.5
画眉草	12	7.5
总计	100	5745

热带型混合种植案例

作物种类	混合比例/%	质量（g/亩）
荞麦	12	525
柽麻	12	525
向日葵	12	262.5
豇豆	12	1950
黄花草木樨	12	37.5
画眉草	12	7.5
苏丹草	14	262.5
小米	14	187.5
总计	100	3757.5

保持着开放的、未修剪的缓冲区。有趣的是，两个农场的规模都比较相似。虽然在研究中没有明确证实，但似乎多品种的覆盖作物组合是扩大农场植物多样性的一种相对简单的方法，对提高蜜蜂的丰度和多样性可能有所帮助。

覆盖作物混播

多种覆盖作物混合种植，具有协同作用，它们通常比每种作物单独种植效果更好。事实上，豆科植物和禾草的混合种植可以全面增加土壤中可利用的氮素的含量。豆科植物能迅速固氮，但预留的氮素会迅速分解，造成养分流失。禾草虽然不能固氮，但它能吸收土壤中的大量营养元素。此外，禾草枯落物的腐烂时间较长，是一种土壤养分的缓释机制。禾草对控制水土流失、防止养分淋溶、抑制冬季杂草也有一定的作用。将开花豆科植物的施肥效果与禾草的培土作用相结合，使其成为冬季覆盖作物的成功组合。

以支撑传粉昆虫为目的的混合种植可包含具有不同优势和不同花期的植物。荞麦、油菜、羽扇豆、钟穗花、柽麻、豇豆、鹧鸪豌豆、向日葵和许多三叶草都是蜜蜂和益虫喜爱的覆盖作物。将这些授粉植物种植在同一块田里，可以延长花期。例如，如果油菜在早春开花，并在5月或6月收获，那么可以在其后接着种植夏末开花的向日葵，并在向日葵中混合覆播冬季豆科/禾草组合。油菜可管理线虫，向日葵吸收土壤养分并将其带到地表，而豆科/禾草混合种植则可增加氮素并防止冬季侵蚀。这只是确保农场全年开花并具备传粉昆虫的一条路径。除了禾草外，所有这些植物的花朵都是传粉昆虫和其他益虫所喜好的。

常见轮作模式

有大量的轮作模式适用于普通作物，而且很可能有一种成熟的覆盖作物轮作模式适合你的系统。NRCS于2014年发布的覆盖作物经济决策支持工具已经预设了实例方案，可帮助农民考量在系统中种植覆盖作物的经济性。例如，在玉米/大豆/玉米的三年轮作中，每年都种植秋季覆盖作物，包括在玉米收获后种植冬季覆盖作物黑麦，在大豆收获后混合种植黑麦/三叶草/芸薹属植物。此模式在节省化肥和农药方面有长期的效益，且经济作物产量并没有降低。又例如，在为期两年的棉花/玉米轮作中，在棉花收获后种植绛三叶作为冬季覆盖作物，在玉米收获后混合种植黑麦/绛三叶 /芸薹属植物，可迅速减少资金和环境成本。芥菜、油料萝卜、绿肥萝卜、油菜等芸薹属植物，由于其在治理土壤虫害方面的作用，常常被纳为蔬菜轮作的一部分。

还有一些其他成功的轮作实例。在俄亥俄州，典型的玉米/大豆轮作中可能包括黑麦、小麦、豇豆和柽麻等覆盖作物。芸薹属也是冬季覆盖作物的一种选择。在密苏里州，在初夏收获冬季油菜或小麦后，可以双作荞麦或向日葵。密歇根州立大学推广部推荐在冬小麦收获后使用一年生黑麦草/红三叶/毛蔓草/油料萝卜的土壤改良覆盖作物混合系统，以增加氮素，减少压实，改善耕性。另外，绛三叶/一年生黑麦草的覆盖作物组合也能起到相同的作用，还能减小土壤孔隙度，并且也是优良的牧草。

在谷物收获后种植白池花(*Limnanthes alba*)，一种冬季一年生植物，是一种具有成本效益的新型轮作模式。在加利福尼亚北部和俄勒冈州，白池花以莲座丛分蘖苗的形式越冬，它密集的花朵在春季吸引传粉昆虫和益虫。这个新兴的物种可同时作为覆盖作物和油料作物种植。白池花油耐贮藏，在化妆品产业中相当有价值，但是它的种子很难收集。

参照美国农业部作物保险条例进行昆虫保护

美国农业部NRCS、风险管理署（RMA）和农业服务署（FSA）于2014年联合为美国四个不同地区或地带的非灌溉覆盖作物制定标准化的灭茬指南。他们的建议是在经济作物的保护效益和土壤水保护之间实现最佳平衡，并为三个机构的覆盖作物政策提供一致的指导。根据指南，为了保证经济作物保险生效，覆盖作物必须灭茬。加利福尼亚州和西部山区（1区）规定的覆盖作物与经济作物之间的间隔时间最长，建议覆盖作物灭茬至少在经济作物种植前35天。对于美国大部分的粮食基础地区，即中部平原（2区）而言，农民应在经济作物播种前至少15天灭茬覆盖作物。在东部草原地区和佛罗里达州南部（3区），覆盖作物可以在经济作物种植时灭茬。在东部各州（4区），种植者可在经济作物种植后5天内，植株发芽前灭茬覆盖作物。

乡土和近乡土作物混播

广泛的研究表明，与客土植物相比，乡土植物培育的传粉昆虫个体数量更多，物种多样性大。乡土植物也有许多众所周知的其他好处，比如更加适应当地气候条件。然而，绝大多数的覆盖作物由客土植物组成，但也有一些例外，下文将作介绍。

凤仙花（*Phacelia tanacetifolia*），一种原产于加州的生长旺盛的一年生植物，以及原产于美国西部大草原和沙漠各州的向日葵（Helianthus annuus，如图），是两种在覆盖作物应用中长期较为常见的物种。两者对蜜蜂和各种乡土蜜蜂也有极大的吸引力。虽然钟穗花属植物（最早在欧洲被用作覆盖作物）有时被作为单一品种的覆盖作物种植，但它和向日葵都越来越多地被用作多样化覆盖作物混合系统的一部分。虽然这些混合作物与乡土植物群落相似度不大，但将这些植物与乡土作物混合种植可能会给本土传粉昆虫带来特殊益处。

为确定和提升有发展前景的乡土植物物种的可用性，还有许多工作有待推进。例如在东部、南部和中西部各州，鹧鸪豌豆（*Chameacrista fasciculata*），一种乡土一年生豆科植物，显示出特别的发展前景。除了能够固氮外，鹧鸪豌豆通过花朵和花外蜜腺（位于叶茎上的产蜜腺）吸引了大量的传粉昆虫和益虫。高产和低成本使得鹧鸪豌豆成为暖季地区覆盖作物的常见选择。

虽然还需要进一步研究，但希望尝试使用乡土植物作为覆盖作物的农民们可能会将已有的低成本野花以较低比例混播在覆盖作物中。一年生植物如加州罂粟（*Escholzia californica*）、黑心金光菊（*Rudbeckia hirta*），剑叶金鸡菊（*Coreopsis lanceolata*），沼沫花（*Limnanthes douglasii*）以及两色金鸡菊（*Coreopsis tinctoria*）可能很快就会与红三叶和荞麦并驾齐驱，组成多种覆盖作物种子混合组合，从而将农业和生态相互融合。

特别关注：

覆盖作物灭茬和后续益虫管理

覆盖作物灭茬是为经济作物种植做准备所必需的过程，但对传粉昆虫和益虫非常不利，尤其是将处于花期的覆盖作物进行灭茬。覆盖作物灭茬对昆虫带来的危害包括直接致死，如被耕作或辊压设备压死；间接危害，如迅速失去可用的食物来源。即使成虫在覆盖作物中的活动不频繁，但是昆虫巢穴、卵和冬眠的成虫都可能存在于作物冠层或上层土壤表面。

以吸引传粉昆虫为目的的覆盖作物种植需要通过仔细的规划和考虑。为了减少覆盖作物灭茬带来的一些影响，我们建议如下：

- 尽可能等到大部分覆盖作物过了开花高峰期再灭茬。
- 如果无法等到开花高峰期，可以考虑保留覆盖作物的个别条带，以防止益虫数量的溃减。以荞麦为例，交错种植并逐行或分组刈割的做法既可延长开花期，同时还能防止荞麦复种。
- 灭茬时尽量减少物理干扰。例如，与耕作相比，滚压对土壤中的传粉昆虫巢穴的破坏可能更小。
- 在没有覆盖作物的情况下，保留农场的永久保护区域，以维持益虫的生存。
- 尽可能多地保留覆盖作物残体，以保护益虫卵和冬眠的成虫。
- 覆盖作物灭茬后，在经济作物管理中中尽量减少杀虫剂的使用，以避免对仍在覆盖作物残体中筑巢的益虫造成伤害。至少应该遵循全面的综合虫害管理（IPM）方案，其中包括保护传粉昆虫和益虫的风险缓解策略。

像南达科他州的田地一样，在覆盖作物中加入乡土开花植物可以帮助吸引传粉昆虫和益虫。 照片来自美国农业部国家资源保护协会（USDA NRCS）Mieko Alley

覆盖作物为蜜蜂和其他益虫带来的潜在效益

覆盖作物	生命周期	单一播种量（g/亩）	播种深度（cm）	蜜蜂价值	野蜂价值	益虫价值（捕食和寄生昆虫）	作物害虫替代宿主	备注
禾本科								
一年生黑麦草	一年生	750-1500	1.3	无	无	低	未知	可能只有在混合种植时才对益虫有利
大麦	一年生	4500-9375	3.8	无	无	低	燕麦和俄罗斯小麦蚜虫，多种病害	适宜干燥凉爽（非寒冷）的气候
粟类	一年生	375-1875	1.3	无	无	低	未知	狗尾草适宜偏小播种量
燕麦	一年生	4500-9000	3.8	无	无	低	燕麦和俄罗斯小麦蚜虫，多种病害	冷季型植物；能忍耐大多数情况下的低温环境
黑麦	一年生	4500-1500	2.5	无	无	低	俄罗斯小麦蚜虫，多种病害	可能对其他农作物有化感作用
高粱/苏丹草	一年生	750-3000	2.5	无	无	中	玉米蚜虫	吸引禾草蚜虫（在没有禾草作物的系统中）；苏丹草和高丹草适合偏小播种量
画眉草	一年生	375-750	0.6	无	无	低	未知	种子的可用性有限
小黑麦	一年生	4500-9000	2.5	无	无	低	俄罗斯小麦蚜虫，多种	可能对其他农作物有化感作用
豆科								
苜蓿	多年生	750-1875	0.6	高	高	中	豌豆蚜	优质蜜源植物，可吸引大量各类野蜂
百脉根	多年生	375-750	0.6	中	中	中	沫蝉、苜蓿盲蝽、马铃薯叶蝉等	有入侵性，可能成为杂草

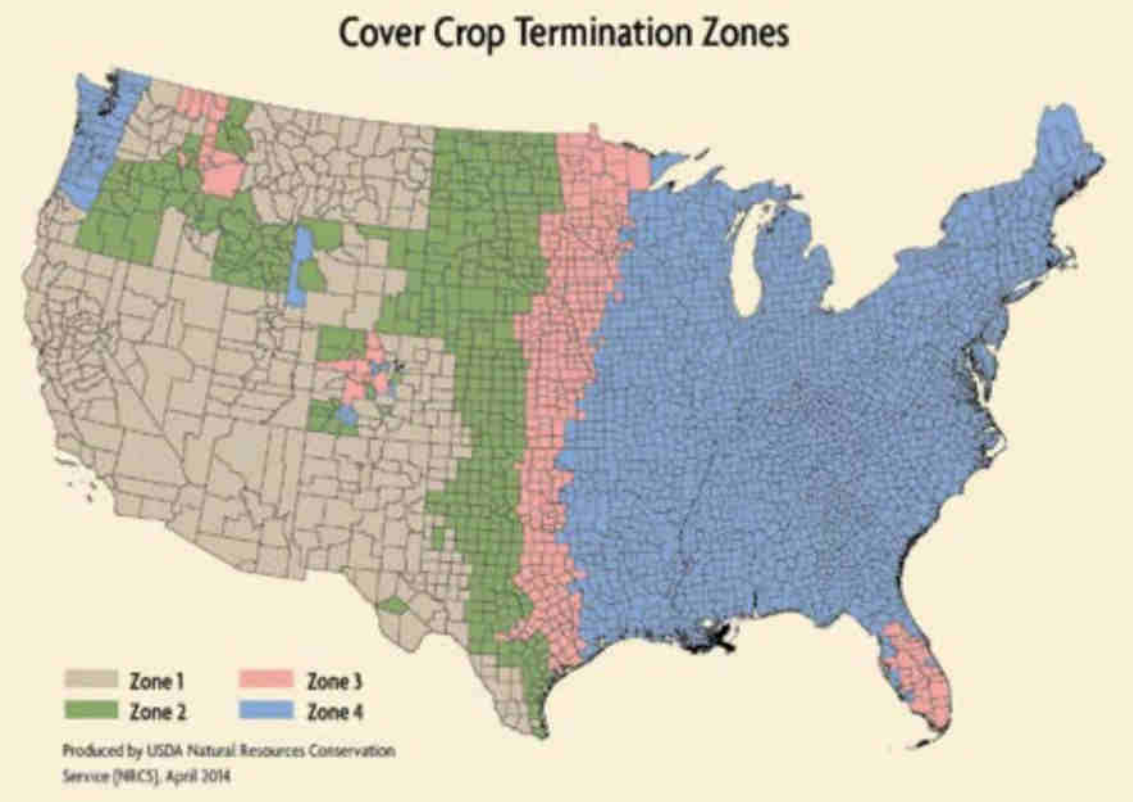
覆盖作物	生命周期	单一播种量（g/亩）	播种深度（cm）	蜜蜂价值	野蜂价值	益虫价值（捕食和寄生昆虫）	作物害虫替代宿主	备注
埃及三叶草	一年生	600-1500	0.6	高	高	中	多种叶蝉、臭虫以及蚜虫	最宜种植在温带气候地区
绛三叶	一年生	1125-1875	0.6	高	高	中	豌豆蚜、苜蓿盲蝽	与黑麦等冷季型禾草混种时长势较好
库拉三叶草	多年生	375-1125	0.6	高	高	中	多种叶蝉、臭虫以及蚜虫	种子活力低，生长缓慢；可考虑作为优质蜜源植物
红三叶	多年生	375-1500	0.6	中	高	低	多种叶蝉、臭虫以及蚜虫	短命植株，大黄蜂优质饲草
玫瑰三叶草	一年生	750-1875	0.6	中	高	中	多种叶蝉、臭虫以及蚜虫	大黄蜂优质饲草
草莓三叶草	多年生	375-1125	0.6	高	高	中	未知	有入侵性，可能成为杂草
地三叶	一年生	750-1500	0.6	无	无	低	豌豆蚜，苜蓿盲蝽	花朵无需传粉，对传粉昆虫无吸引力
白三叶	多年生	375-1125	0.6	高	高	中	多种叶蝉、臭虫以及蚜虫	可考虑作为优质蜜源植物
鹰嘴豆	一年生	6000-9000	3.8	低	低	低	豌豆钻心虫，线虫	花外蜜腺吸引昆虫
豇豆	一年生	2250-6750	2.5	高	高	高	多种臭虫，叶足虫，蚜虫	花外蜜腺吸引大量捕食昆虫和传粉昆虫
蚕豆	一年生	6000-12000	7.6	低	中	中	未知	
扁豆	一年生	2250-3000	2.5-10.2	中	中	中	未知	藤蔓生长，常见于亚热带地区
羽扁豆	一年生	3000-9000	2.5-5.1	低	中	中	未知	

覆盖作物	生命周期	单一播种量（g/亩）	播种深度（cm）	蜜蜂价值	野蜂价值	益虫价值（捕食和寄生昆虫）	作物害虫替代宿主	备注
苜蓿属	一年生（少数多年生	750-1500	1.3	低	低	低	苜蓿象甲，豌豆蚜，苜蓿盲蝽	花朵小，基本不吸引昆虫
鹧鸪豌豆	一年生	750-1500	0.6-1.9	中	高	高	多种叶蝉	外蜜腺吸引大量捕食昆虫和传粉昆虫
豌豆	一年生	37500-7500	5.1	低	低	低	苜蓿盲蝽	
红豆草	多年生	3000-6000	1.3	高	高	中	未知	可考虑作为优质蜜源植物
大豆	一年生	2625-9000	2.5	中	中	中	线虫，蚕豆叶甲，马铃薯叶蝉等	
柽麻	一年生	1500-3000	1.9	中	高	中	未知	热带农场中吸引野生木蜂和切叶蜂，吸引玉米穗蛾
草木樨	两年生	450-1500	1.3	高	高	高	未知	可考虑作为优质蜜源植物；有入侵性，可能成为杂草
野豌豆	一年生；多年生	1125-2250	1.3-6.3	中	高	高	豌豆蚜，苜蓿盲蝽，二斑叶螨	野豌豆、毛苕子和紫花野豌豆等均可选择；有入侵性，在某些区域可能成为杂草
杂类草/阔叶草								
甜菜	两年生	450-750	2.5	低	低	低	未知	风媒花，吸引少量蜜蜂
荞麦	一年生	2250-6000	2.5	高	高	高	苜蓿盲蝽	优质蜜源植物，多在早晨产生花粉；花朵窄小，吸引寄生蜂
油菜	一年生	225-750	1.3	高	高	高	跳甲	优质蜜源植物
菊苣	多年生	225-375	1.3	低	低	低	未知	自花授粉，基本不吸引昆虫

覆盖作物	生命周期	单一播种量（g/亩）	播种深度（cm）	蜜蜂价值	野蜂价值	益虫价值（捕食和寄生昆虫）	作物害虫替代宿主	备注
亚麻	一年生	1875-3750	1.9-3.8	中	中	中	未知	很少发现吸引昆虫，可能在混合种植时才能发挥作用
羽衣甘蓝	两年生	225-750	1.3	高	高	高	粉纹夜蛾，跳甲，甘蓝蚜	蚜虫易感，可支撑多种捕食昆虫，如瓢虫和草蛉；快速开花，可吸引蜜蜂
芥菜	一年生	375-1500	1.3	高	高	高	跳甲	有入侵性，在加利福尼亚州可能成为杂草
钟穗花	一年生	375-1125	地表	高	高	高	苜蓿盲蝽	蜜蜂的主要蜜源植物，在温带地区产生种子
萝卜	两年生	600-1500	0.6	高	高	高	十字花科根瘤病，跳甲，甘蓝蚜，根蛆	深根植物，可见效土壤紧实度，增加土壤有机质，无法抵御长期霜冻
红花	一年生	1875-2625	2.5	中	中	中	向日葵螟，苜蓿盲蝽，线虫	深根植物，耐旱性强
向日葵	一年生	300-450	1.3	高	高	高	向日葵螟，多种甲虫，苜蓿盲蝽	花粉和花外蜜腺都能吸引大量传粉昆虫和益虫，大多数情况下能抵消吸引害虫的风险
芜菁	两年生	150-900	1.3	高	高	高	十字花科根瘤病，跳甲，甘蓝蚜，线虫，粉纹夜蛾	比萝卜更耐寒，可越冬并在次年春天开花

覆盖作物在完全开花之前被灭茬所造成的花粉和花蜜资源的损失是实行这些指南的一个主要挑战。即使植株部分开花，迅速灭茬花期植株也会导致昆虫数量的大起大落。为了减轻早期灭茬带来的一些影响，可以考虑种植其他花粉和蜜源植物来补充覆盖作物，如建设绿篱、永久野花草甸或其他优质自然栖息区域。或者也可考虑在田间留下小部分（甚至是单行外围条带）覆盖作物，而不是将所有覆盖作物灭茬。在没有其他饲料来源的情况下，即使是这样的小块土地也有助于维持传粉昆虫的生存。

有关覆盖作物和联邦作物保险的最新指南，请咨询您当地的NRCS办公室或作物保险项目代理，或参见参考资料部分的 "NRCS覆盖作物灭茬指南"。



覆盖作物的局限性

您可能会问自己：“如果覆盖作物这么好，为什么大家都不使用？”可能是因为有些农民不知道如何开始，但最大障碍可能来源于覆盖作物的经济和环境效益通常见效缓慢，而时间和金钱成本的初始支出却是迅速的。州和联邦农业激励计划可以抵消这种初始投资，在鼓励种植覆盖作物方面非常成功。

当然，并不是所有的系统都适合覆盖作物种植。在某些情况下，现有的长季节经济作物轮作可能与覆盖作物不相容。在其他地区，覆盖作物对水的需求可能会影响经济作物的产量。这种影响在一定程度上得到缓解，可以在种植经济作物之前先将覆盖作物灭茬，以便让土壤水得到补给。此外，从长远来看，覆盖作物可以增加土壤有机质、土壤水渗透和土壤水容量。作物可用水的初期减少往往被后期的长期增加所抵消。

覆盖作物的其他局限性还包括：新设备的经济支出，更复杂的管理方法，以及占用经济作物种植时间来进行覆盖作物的播种和收割。重要的是要根据您自己的经营情况来决定覆盖作物是否适合您。如果您认为覆盖作物利大于弊，可从小面积种植覆盖作物开始，在您掌握诀窍后逐步扩大覆盖作物种植面积。

约翰·海顿（John Hayden）测试了夏季覆盖作物荞麦的抑制杂草和吸引大黄蜂的能力，大黄蜂是他在佛蒙特州水果农场的重要授粉昆虫。 荞麦在农场中运转良好，种子成熟后也没有在春季转变为杂草。照片来自Nancy Hayden

覆盖作物之外

尽管覆盖作物可以为蜜蜂提供重要的花粉和花蜜资源，但它们也有一定的约束条件。例如，由于大多数覆盖作物的花期很短，单一物种的覆盖作物通常使蜜蜂数量出现猛升剧降情况。食物短缺后迅速丰盈，然后又急剧匮乏，在这种情况下，野生传粉昆虫可能难以维持其数量。(蜜蜂由于有储存食物的能力，在这种情况下可能更有弹性)。

此外，由于大多数覆盖作物是客土植物，它们对本地野生蜜蜂的吸引力可能有很大的差异。本文中所强调的覆盖作物可吸引大多数生境中相对常见的野生蜜蜂，而不常见的本土蜜蜂品种通常需要更多的主要由乡土植物组成的永久性植物群落。

一般来说，为了最大限度地提高野生益虫的多样性和丰度，开花的覆盖作物应与恢复和维护农场生态的永久性、高质量、无农药的乡土植物栖息地相结合。增建授粉昆虫绿篱，建立传粉昆虫的边界保护带，以及其他有利于栖息地建设的做法，都可以纳入到美国农业部提出的保护做法中。

特别是在传粉昆虫边界保护带方面，SARE在密歇根州的两个资助研究项目证明了与农作物相邻的永久性乡土野花带的价值。在其中一项研究中，研究人员发现在邻近多年生原生野花带的田地中，玉米螟卵寄生率明显较高。在另一项研究中，研究人员发现与多年生野花带相邻种植的蓝莓，由于野蜂的授粉作用增强，其浆果的重量增加了22-40%。

杀虫剂与昆虫保护

你可以通过在农场实施综合管理，并且只在超过经济损失阈值时才使用杀虫剂，来降低传粉昆虫和益虫的风险。

在优先保护传粉昆虫和益虫的情况下，不应在覆盖作物中施用杀虫剂。并且在大多数情况下，无论您出于何种目的种植覆盖作物，都没有必要使用杀虫剂。有机和常规农药都会伤害传粉昆虫和其他益虫。覆盖作物本身经常被用来打破虫害循环和管理线虫，并有助于减少杀虫剂的总体使用量。

然而，如果覆盖作物与经过杀虫剂处理的经济作物轮作种植，经济作物杀虫剂的残留影响可能仍是一个问题。您可以通过在您的农场实施有害生物综合治理，并仅在超出经济损失阈值时施用杀虫剂的做法来降低对传粉昆虫和益虫的危害。您也可以先用危害最小的杀虫剂来完成您的管理需要。您可以通过以下方式减少杀虫剂对益虫的伤害：避免对开花植物施用杀虫剂，在黎明或黄昏时喷洒，以及使用低残留且不会在土壤或植物中富集的杀虫剂。

不幸的是，对于益虫的保护来说，有一些广泛使用的系统性杀虫剂在土壤和植物中具有持久的化学残留。系统性杀虫剂是指被植物组织吸收并通过植物的维管运输，使植物的大部分组织对害虫产生毒性。在某些情况下，杀虫剂甚至可能存在于花蜜中，导致蜜蜂和其他传粉昆虫的致死或亚致死中毒。

目前使用的最常见的一类系统性杀虫剂是新烟碱类。其中包括活性成分吡虫啉、噻虫嗪、噻虫胺、啶虫脒、噻虫啉和呋虫胺。这些杀虫剂能以叶面喷洒、灌根和种子处理（后者通常用于玉米和大豆）的方式应用于农田。这些杀虫剂

可在土壤和作物残留物中滞留多年，并可被之后未处理的作物重新吸收。由于越来越多的研究表明新烟碱类杀虫剂对传粉昆虫和益虫构成了潜在风险，以及我们对存在新烟碱类残留物的作物的了解，农民应尽可能避免将覆盖作物与新烟碱类处理过的经济作物轮作，特别是在蜜蜂和益虫保护作为覆盖作物种植目标时。种植者应将保护工作的重点放在农场其他未经杀虫剂处理的区域，同时使用未经农药处理的覆盖作物种子。

遵循预防原则意味着我们不应该在被系统性杀虫剂污染的土地上建立益虫栖息地——也就是说，在没有科学证据证明前期使用的系统性杀虫剂残留物不会对传粉昆虫造成伤害的情况下，假设它对传粉昆虫会造成伤害会更加保险。传统玉米和大豆的种植者可以将昆虫保护工作的重点放在绿篱、路边和其他未喷洒系统性杀虫剂的区域，并使用未被杀虫剂处理的种子。2014年，环境保护局（EPA）证实，对大豆进行预处理的收效甚微；如果有足够多的种植者要求使用未经处理的种子，那么将有更多的种子适用于播种。

杀虫剂也不能直接用来处理覆盖作物，除非覆盖作物被用于另一个主要目的，如作为牲畜饲料。在这种情况下，必须保护作物免受灾难性的虫害损害。即便如此，使用杀虫剂处理覆盖作物的情况依然很少。此外，保护覆盖作物不受邻近杀虫剂漂移的影响至关重要。任何杀虫剂的使用都应参照使用说明。

避免虫害增加

尽管还需要进一步研究，但有强有力的证据表明，通过增加有捕食益虫和寄生昆虫的数量，多样化的覆盖作物混合系统能减少害虫数量。相比之下，单一品种的覆盖作物可能会增加预期外作物害虫的数量，因为它提供的资源比能够支持多种捕食者的种植模式更为有限。

为了进一步降低作物虫害增加的可能性，在谨慎选择与经济作物混种的覆盖作物。例如，如果西兰花或卷心菜等芸薹作物是主要的经济作物，则应尽量减少使用萝卜或芥菜等覆盖作物，因为这些作物可能会寄生与经济作物相同的病虫害。

在他们的SARE资助项目中，Hayden一家人观察到，单一种植的钟穗花属植物为牧草盲蝽提供了栖息地，这是一种树果和浆果的害虫。“根据我们所了解到的情况，我们将继续种植在7月和8月开花的多功能覆盖作物，”Nancy Hayden说。

研究案例：

利用覆盖作物来影响棉花害虫的自然预测

在大面积田间作物中，棉花对多种主要害虫的易感性很高。棉铃虫、烟草芽虫、棉蚜、牧草盲蝽和各种蝽类是东南地区棉花的主要害虫。任何能在不依赖杀虫剂的情况下使这些害虫的数量减少的管理策略都是备受关注的。

其中一个成功的策略是通过SARE在佐治亚州资助的一个研究项目实现的，该项目利用覆盖作物增加其中一些害虫的捕食益虫的数量。这项研究是基于这样一个事实，即当没有猎物时，许多益虫需要替代的食物来源，如花蜜，以维持自己的生存。这些益虫通常也需要植被来产卵或越冬。在这项研究中，研究人员假设，覆盖作物可能满足益虫的生境需求。

研究人员对未种植覆盖作物的棉田与种植了绛三叶、黑麦和豆科植物混合覆盖作物的棉田上的害虫和益虫数量进行了比较。对于少部分捕食性异虫，如小花蝽，两种棉田上的种群数量差异不大。然而，大多数害虫和益虫种群的数量在两种棉田上有显著差异，表现出覆盖作物对害虫管理有可衡量的积极影响。例如，在绛三叶种植之后，棉田中捕食性大眼虫的数量明显增加。食蚜瓢虫似乎也从覆盖作物直接转移到棉田中。

在害虫方面，研究人员发现，棉铃虫和烟草芽虫是仅有的两种在覆盖作物田和普通棉田中均超过经济阈值的害虫。但在普通棉田中，这些害虫超过损害阈值的情况比种植了绛三叶和黑麦的棉田更多。

参考文献

1a. Myers, R., A. Weber, and S. Tellatin. 2019. Cover Crop Economics: Opportunities to Improve Your Bottom Line in Row Crops. SARE: College Park, MD. www.sare.org/cover-crop-economics.

1b. Conservation Technology Information Center (CTIC). 2017. Five Annual Reports of the Cover Crops Survey. CTIC and North Central SARE. www.sare.org/covercropsurvey.

2. Altieri, M., and H. Wilson. 2010. Restoring Plant Diversity and Soil Health in Napa and Sonoma Vineyards: Scaling Up an Agroecologically Based Pest Management Strategy. Project funded by USDA-SARE. To access, visit www.sare.org/project-reports and search by project number FW08-311.

3. Clark, A. (ed.). 2007. Managing Cover Crops Profitably, 3rd ed. SARE: College Park, MD. www.sare.org/mccp.

4. Altieri, M., C. Nicholls, and M. Fritz. 2005. Manage Insects on Your Farm: A Guide to Ecological Strategies. SARE: College Park, MD. www.sare.org/manage-insects.

5. Tallman,S.2012.No-TillCaseStudy,MillerFarm:RestoringGrazingLand withCoverCrops.TheNationalCenterforAppropriateTechnology– National Sustainable Agriculture Information Service (NCAT-ATTRA): Butte, MT. https://attra.ncat.org/field.html.

6. Cartwright, L., and B. Kirwan. 2014. Cover Crop Economics Decision Support Tool. USDA Natural Resources Conservation Service (NRCS). www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/main/mo/soils/health.

7. Singer, J. W., S. M. Nusser, and C. J. Alf. 2007. Are Cover Crops Being Used in the U.S. Corn Belt?. Journal of Soil and Water Conservation 62(5): 353-358.

8. MinnesotaDepartmentofAgriculture.CoverCrops.InConservationPractices: Minnesota Conservation Funding Guide. www.mda.state.mn.us/protecting/conservation/practices/covercrops.aspx.

9. Morris, R. August 23, 2013. Flax Being Grown for Fiber in North Carolina. A North Carolina Department of Agriculture and Consumer Services press release. www.ncagr.gov/paffairs/release/2013/8-13flax.htm.

10. Hayden,J.2014.InvestigatingWaystoImproveNativePollinatorFloralResources by Comparing Multipurpose Cover Crops of Phacelia, Buckwheat, and a Commer- cial Bee Forage Mix. Project funded by USDA-SARE. To access, visit www.sare.org/project-reports and search by project number FNE13-781.

11. Johnson, J. Termination Time for Cover Crops. USDA Natural Resources Conservation Service (NRCS) Iowa. www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/ia/newsroom/ features/?cid=stelprdb1086071.

12. USDANaturalResourcesConservationService(NRCS).CoverCropTermination Guidelines, Version 3. www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detailfull/national/lan- duse/crops/?cid=stelprdb1077238#Guidelines.

13. USDA Agricultural Research Service (ARS). 2015. Cover Crop Chart. USDA-ARS Northern Great Plains Research Laboratory: Mandan, ND. www.ars.usda.gov/plains-area/mandan-nd/ngprl/docs/cover-crop-chart/.

14. McCraw, D., and M. Smith. Use of Legumes in Pecan Orchards. Oklahoma Cooperative Extension Service fact sheet HLA-6250. http://pods.dasnr.okstate.edu/ docushare/dsweb/Get/Document-2570/HLA-6250.pdf.

15. Irvin, N., and M. Hoddle. 2010. Using Nectar Cover Cropping in Vineyards for Sustainable Pest Management. Project funded by USDA-SARE. To access, visit www.sare.org/project-reports and search by project number SW07-022.
16. Johnson, R., and K. Sieving. 2013. Do Human Modified Landscapes Affect Solitary Bee Diversity, Foraging, and Reproduction in Northern Florida?. Project funded by USDA-SARE. To access, visit www.sare.org/project-reports and search by project number GS10-092.
17. Salon, P. R. 2012. Diverse Cover Crop Mixes for Good Soil Health. USDA-NRCS Big Flats Plant Materials Center: Corning, NY. www.hort.cornell.edu/expo/pro- ceedings/2012/Cover%20Crops/Cover%20Crops%20Salon.pdf.
18. Groff, S. 2008. Mixtures and Cocktails: Soil is Meant to be Covered. Journal of Soil and Water Conservation 63(4): 110A-111A.
19. Hoorman, J. J., R. Islam, and A. Sundermeier. 2009. Sustainable Crop Rotations with Cover Crops. Ohio State University Sustainable Agriculture Fact Sheets. http://ohi- oline.osu.edu/factsheet/SAG-9.
20. Pullins, E. E., R. L. Myers, and H. C. Minor. 1997. Alternative Crops in Double- Crop Systems for Missouri. University of Missouri Extension Publications. http://extension.missouri.edu/p/G4090.
21. Gross, P., C. Curell, and D. Mutch. 2012. Cover Crop Choices Following Winter Wheat. Michigan State University Extension. http://msue.anr.msu.edu/news/cover_crop_choices_following_winter_wheat.
22. Union of Concerned Scientists. 2013. Cover Crops: Public Investments Could Produce Big Payoffs. http://www.ucsusa.org/food_and_agriculture/solutions/ad- vance-sustainable-agriculture/cover-crops.html.
23. Hoorman, J. J. 2009. Using Cover Crops to Improve Soil and Water Quality. Ohio State University Sustainable Agriculture Fact Sheets. http://ohioline.osu.edu/factsheet/anr-57.
24. Kaspar, T. C., E. J. Kladivko, J. W. Singer, S. Morse, and D. R. Mutch. 2008. Potential and Limitations of Cover Crops, Living Mulches, and Perennials to Reduce Nutrient Losses to Water Sources from Agricultural Fields in the Upper Mississippi River Ba- sin. In Final Report: Gulf Hypoxia and Local Water Quality Concerns Workshop: 127-148. American Society of Agricultural and Biological Engineers: St. Joseph, MI.
25. Blaauw, B., and R. Isaacs. 2011. Native Plant Conservation Strips for Sustainable Pol- lination and Pest Control in Fruit Crops. Project funded by USDA-SARE. To access, visit www.sare.org/project-reports and search by project number LNC08-297.
26. Walton, N. 2009. Evaluation of Supplemental Flowering Plant Strips for Sustain- able Enhancement of Beneficial Insects. Project funded by USDA-SARE. To access, visit www.sare.org/project-reports and search by project number GNC07-086.
27. Hopwood, J., M. Vaughan, M. Shepherd, D. Biddinger, E. Mader, S. H. Black, and C. Mazzacano. 2012. Are Neonicotinoids Killing Bees?. Xerces Society for Inverte- brate Conservation: Portland, OR. www.xerces.org/neonicotinoids-and-bees.

28. Scholer, J., and V. Krischik. 2014. Chronic Exposure of Imidacloprid and Clothianidin Reduce Queen Survival, Foraging, and Nectar Storing in Colonies of Bombus impatiens. PLOS ONE 9(3), e91573.

29. Easton, A. H., and D. Goulson. 2013. The Neonicotinoid Insecticide Imidacloprid Re- pels Pollinating Flies and Beetles at Field-Realistic Concentrations. PLOS ONE 8(1), e54819.

30. Whitehorn, P. R., S. O'Connor, F. L. Wackers, and D. Goulson. 2012. Neonicotinoid Pesticide Reduces Bumble Bee Colony Growth and Queen Production. Science 336(6079): 351-352.

31. Blacquiere, T., G. Smagghe, C. A. Van Gestel, and V. Mommaerts. 2012. Neonicoti- noids in Bees: A Review on Concentrations, Side-Effects and Risk Assessment. Ecotoxicology 21(4): 973-992.

32. Schomberg, H. 2004. Enhancing Sustainability in Cotton Production Through Reduced Chemical Inputs, Cover Crops, and Conservation Tillage. Project funded by USDA-SARE. To access, visit www.sare.org/project-reports and search by proj- ect number LS01-121.

资源

种植覆盖作物以实现可持续作物轮作

这是由SARE资助的覆盖作物研究几十年来开发的在线教育材料。
http://www.sare.org/cover-crops.

吸引本土传粉昆虫

本书配有数百张彩色照片和数十幅特别创作的插图，提供了有关创建和管理传粉昆虫栖息地的丰富细节。
www.xerces.org/store/#books.

美国农业部自然资源保护局覆盖作物经济工具

这个用户友好的经济评估工具有助于确定将覆盖作物纳入作物轮作的成本和效益。
www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detailfull/il/so ils/health.

管理农场昆虫：生态策略指南

关于如何将生态害虫管理原则应用于您的农业系统的指南。 www.sare.org/manage-insects.

覆盖作物高效管理，第3版

这本书探讨了如何和为什么推进覆盖作物工作，并提供了在农场中建立覆盖作物所需要的信息。
www.sare.org/mccp.

中西部覆盖作物委员会-覆盖作物决策工具

一个在线工具，帮助农民在田间作物和蔬菜轮作中选择覆盖作物。http://mccc.msu.edu/selector-tool/.

蜜蜂和覆盖作物

这篇四页的宾夕法尼亚州公报描述了开花覆盖作物在自然传粉昆虫保护中的应用。
www.sare.org/native-bees-and-flowering-cover-crops.

葡萄园生境管理

这本加利福尼亚大学的手册提供了通过改善田间和景观的生物多样性来管理害虫的管理步骤。
www.sare.org/habitat- management-in-vineyards.

本出版物由美国农业部自然资源保护局（NRCS）资助，由Xerces无脊椎动物保护协会工作人员Eric Lee-Mader, Anne Stine, Jarrod Fowler, Jennifer Hopwood 以及 Mace Vaughan共同撰写，同时也得到NRCS的帮助。

本出版物由可持续农业研究和教育（SARE）计划开发，基于美国农业部国家粮食与农业研究所的支持，获得的许可编号为：2014-38640-22173。美国农业部是一个机会均等的雇主和服务提供商。本出版物中表达的任何观点、发现、结论或建议都不一定反映美国农业部的观点。

SARE Sustainable Agriculture Research & Education

USDA

The Xerces Society for Invertebrate Conservation
Protecting the life that sustains us