

技术综述 覆盖作物经济学

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，为全球可持续性目标提供解决方案，为农户持续增收和农业生产能力可持续发展服务。

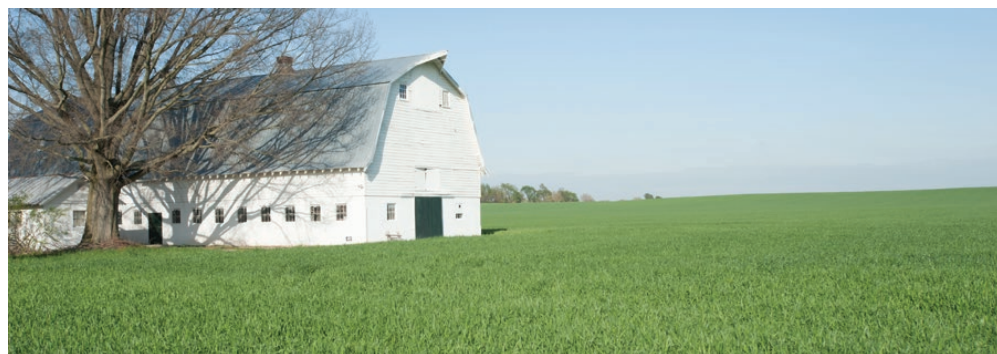
原文链接：

www.sare.org/cover-crop-economics. or order free hard copies at (301) 779-1007. June 2019

编译：谭雅馨、李颖、周佳、张丹

联系方式：ying.li@tnc.org

The Nature Conservancy
大自然保护协会



谷物黑麦是美国种植最为广泛的覆盖作物，被用于数百万英亩土地的侵蚀控制，杂草抑制和土壤改良。摄影：Edwin Remsberg

覆盖作物经济学

改善大田作物经济效益的机遇

当 农民决定是否要种植新作物、购买昂贵的设备和升级基础设施时，农民首先是商人。如果这些决策在理论上无法实现削减成本或增加收益，那么这些决策现实中也很难实施。

覆盖作物这种保护措施在全国范围内越来越流行，刚开始的经济价值确实难以理解。这是因为对覆盖作物作一年简单的预算分析，若只比较种子和播种成本与对下一季作物产量的影响，的确可能会亏损。

然而，大多数拥有种植覆盖作物长期经验且认真记账的农民发现，覆盖作物实际上是有回报的。这些农民通常是从广义的、整体的角度来看待覆盖作物如何随着时间的推移提高整个农场的效率和适应能力。

农民Justin Zahradka建议：“应将种植覆盖作物视为一种投资而不是成本。”他在北达科他州经营的900英亩的土地，自2011年以来一直在种植覆盖作物。覆盖作物使他得以延长牲畜的放牧季节，增加土壤有机质，同时在旱季或雨季能够保持更稳定的产量。

或者，按照他的说法，覆盖作物帮助他“每块土地都增产”。（本文后附有Zahradka农场的相关介绍）

目录

介绍	1
如何快速从覆盖作物获取收益	3
深入了解覆盖作物快速回报的管理情境	8
覆盖作物的非农影响	20
覆盖作物的效益底线	23
资源与参考	24

从2012到2017年，全国覆盖作物平均增产50%

(USDA 农业普查数据)

每个有商业头脑的农民都知道，有些采购不能仅根据第一年的成本收益影响来评估。购买新的农机或购买石灰洒在酸性土壤中都是具有较长投资回收期的典型。同样地，农作物保险也很少在购买当年偿付。在同种行为方式下，由于覆盖作物是逐渐改善土壤健康和土壤生产力的，因此最好在多于一年的时间里了解其经济价值。

当农场管理仅有种植覆盖作物作为唯一的变化时，覆盖作物要完全收回成本可能需要几年的时间。但是，随着农民经验的积累和覆盖作物种植面积扩大，他们找到了各种方法加快投资回报。在某些情况下，覆盖作物可以在使用的第一年或第二年为农民提供正回报。

本文描述7种可以加速覆盖作物获利的具体情况，它们反映了农民共同面临的常见生产挑战（如抗除草剂的杂草）和机遇（如向免耕过渡）。其经济分析所依据的基本经济信息，大多来自美国可持续农业研究与教育（SARE）和保护技术信息中心（CTIC）在2012-2016年生长季进行的5年全国覆盖作物调查数据。农民分享了现实生活中的案例，来说明覆盖作物是如何将多方效益转化为盈利能力的。

通过我们的分析，有关覆盖作物经济的三个关键结论变得清晰：

1. 覆盖作物经济学的全面评估着眼于多年使用覆盖作物的农民对作物系统变化的管理。对投资回报最满意的农民会全面审视其整体种植系统的管理方式，并做一系列调整以提高整体效率，而不是只改变一种做法（如种植单一覆盖作物）。



田纳西州农民雷·斯尼德（Ray Sneed）混播了5种覆盖作物，以实现多目标管理，特别是控制杂草和提高灌溉效率
摄影：Pete Nelson, AgLaunch Initiative

2. 在大多数情况下，农民需要用多年度时间线来评估覆盖作物的收益，就像他们施用石灰或购买设备一样。虽然在某些情况下，他们可能会相对较快地获得经济回报，比如利用覆盖作物放牧或控制抗除草剂杂草，但是随着土壤的改善和农民经验的积累，当他们把覆盖作物纳入其整体系统中时，最大回报将会在几年内稳步增长。

3. 覆盖作物应用经验丰富的人最常提及的经济效益之一是覆盖作物对种植系统适应力的影响。农民们发现，覆盖作物能够作为一种作物保险，以帮助减少干旱时的产量损失，或有时允许在潮湿的春季提前播种。与普通作物保险一样，你为覆盖作物预先支付的保费在某些年份（但不是每年）中会获得非常丰厚的回报。

如何快速从覆盖作物中获取收益

在 评估平均天气条件的平均水平地块时，如果没有获得补贴或其他特殊情况时，则可能需要 3 年或更长时间才能收回覆盖作物投入成本。但是，每个农民都会面临不同的挑战和机会。因此，在评估覆盖作物的经济性时，同时考虑常见的情况或特殊情况是有帮助的，在这些情况下，覆盖作物将更快的回本，通常是在一两年内。这里列出了可加速农作物获利的 7 种情况，然后在本专栏后续部分中进行了更详细的描述。

在以下情况，覆盖作物可快速回收成本：

1. 抗除草剂杂草问题
2. 覆盖作物放牧
3. 存在土壤压实问题
4. 覆盖作物用于加速和简化向免耕的过渡
5. 土壤含水量不足或需要灌溉
6. 化肥成本高或农家肥养分需要固存
7. 得到种植覆盖作物的补贴

许多农民可能会遇到不止一种以上的情况。当其中两种及以上的情况同时发生时，覆盖作物的采用将很快获得回报。本专栏中介绍的农民反映了这种观点，即覆盖作物在多个领域带来效益时是最有利可图的。

例如，田纳西州的农民 Ray Sneed 种植了一种由五种作物混播的多目标覆盖作物。“每种都有用，而且都是根据我所遇到的问题而定的”，种植了 1 万英亩的玉米、大豆、小麦和棉花的 Sneed 说道。

他的组合包括白萝卜，绦三叶草，小麦，黑麦和芫菁。它们的主要工作是吸收多余养分、减轻压实、改善水分入渗和杂草抑制。经过 6 年的作物覆盖，Sneed 通过减少使用灌溉用水、化肥和除草剂来节省资金。

在详细介绍这 7 种情况的经济学分析之前，本专栏的第一步是总结一些关于覆

盖作物产量影响的基线数据，概述覆盖作物成本收益的假设。这些数字将为能够提供快经济回报的覆盖作物的 7 种特定情况提供参照。

覆盖作物如何随时间影响产量？

几乎所有具有多年种植覆盖作物经验的农民都报告说，他们看到了土壤和作物性能随时间推移得到了改善。

Sneed 提到：“坚持使用覆盖作物将会节省成本。”为了更好地了解覆盖作物种植年数如何影响作物产量，我们来看 SARE/CTIC 全国覆盖作物调查从农民那里收集到的数据。要求在部分而非全部田地上种植覆盖作物或以类似方式管理田地的农民报告各自的产量（表 1）。尽管不是所有农民都有可报告的种植和未种植覆盖作物的田地，但每年仍有数百名农民提供产量数据。据报道在 2012 年干旱之后，产量差异最大，玉米和大豆产量分别平均提高了 9.6% 和 11.6%。基于 2012 年干旱年后高价的玉米和大豆，覆盖作物在该年提供了有益的利润增长。

需要指出的是，尽管数百个农场的报告数据代表了一个相当大的数据集，但这些都是自己上报的数据。很明显不同田地的产量是不同的，少数田地使用覆盖作物后会有产量损失，而有些田地则没有表现出差异。许多农民报告说他

表 1. 相比没有覆盖作物且同等管理的耕地，覆盖作物后的玉米和大豆单产提高的百分比¹

作物年度	玉米	大豆
2012	9.6%	11.6%
2013	3.1%	4.3%
2014	2.1%	4.2%
2015	1.9%	2.8%
2016	1.3%	3.8%

¹数据来源于 2012-2016 年的 SARE/CTIC 全国覆盖作物年度调查。

¹ 全国覆盖作物调查进行 2012-2016 年共五个作物年度。该项调查是由保护技术信息中心的工作人员在 SARE 的资助下完成的。在调查的第 3 年至第 5 年，美国种子贸易协会也提供了部分资金资助。在调查的第 2 年到第 5 年中，约有 2000 名农民填写了调查问卷，而在第 1 年中，仅有 759 名农民完成了调查问卷。若您想查看完整的调查报告，请登录 www.sare.org/covercropsurvey。



深红三叶草是美国最受欢迎的豆科植物。摄影：Rob Myers, North Central SARE

们的田地增产了，但个人情况各不相同。虽然SARE / CTIC调查数据集是迄今为止覆盖作物产量影响的最大数据集，但值得注意的是，其他覆盖作物研究也报告了一系列产量影响，如从玉米产量的轻微损失到增加。一些研究表明使用覆盖作物大豆产量持平，另一些产量略有提高。关于覆盖作物对其他经济作物产量影响的数据报告则少之又少。

在2015年和2016年的种植年份，该调查还额外调查了一个问题：您在报告产量的农田中连续种植了多少年的覆盖作物？我们利用这两年的数据做了一

个简单的线性回归分析来观察产量反应。这两年的农民数据集在许多指标上都是非常相似的，这表明同时参与两年调查的农民占有很高的比例，因此认为采用两年数据的平均值（2015年和2016年作物年）是有效的，每年约有500名农民种植覆盖作物。通过该回归分析构建了表2，以查看产量如何随田间覆盖作物使用时间的变化而变化。

基于覆盖作物种植年限的产量回归分析，表明玉米和大豆的产量随种植覆盖作物的年限而增加。据推测这反映了土壤健康的改善。

表 2. 根据对2015年和2016种植年度数据的回归分析，在田间连续种植1年、3年和5年后，玉米和大豆单产提高的百分比¹

	1年	3年	5年
玉米	0.52%	1.76%	3%
大豆	2.12%	3.54%	4.96%

¹数据来源：通过SARE / CTIC国家覆盖作物年度调查，从约500名农民那里收集到的2015年和2016年作物的平均单产数据。

建立覆盖作物成本收益基准线

表3列出了种植覆盖作物的典型成本。如果一些农民使用燕麦、小麦或黑麦等普通谷物，特别是当种子能够在当地购买没有运输成本或由农民自种时，那么每英亩覆盖作物的采购成本低至5-10美元。相反，对于一些高价豆类的复杂混播组合，每英亩覆盖作物种子的花费高达50美元。然而，农民在种植粮食作物时大面积种植覆盖作物的现象并不常见（昂贵的豆类覆盖作物混播组合在有机蔬菜农场中更常见）。

同样地，实际上覆盖作物的播种成本也会有所不同。如果有人租用农业航空器进行覆盖作物联合播种，每英亩收取12-18美元，而肥料经销商每英亩收取8-15美元。如果用秋季肥撒播种子，则播种成本基本上包括在施肥费用之内。



覆盖作物播种者一天可以播种几百英亩的覆盖作物，为了让农业零售商和农民在初秋之时就能有效地获取覆盖作物种子。摄影：Rob Myers, North Central SARE

如果农民使用自有设备播种覆盖作物，成本将取决于播种设备的宽度以及它是单独作业还是与其他田间作业结合使用。如果算上人工，一个10英尺的小型钻机每英亩的运营成本可能超过10美元，而一个40英尺的播种机每英亩的运营成本可能不足10美元。如果结合垂直耕作工具撒播覆盖作物种子，那么因为垂直耕作是无论任何都要进行的，就不会增加额外人工或燃料成本。然而，使用空中播种机改造耕作工具将产生一次性费用，根据使用量的大小，每英亩的摊销费用可能为4-5美元。简而言之，有可能每英亩花费10-15美元的价格或该价格的3-4倍购买和播种覆盖作物。

全国SARE/CTIC调查显示，2012年播种成本中位数为每英亩25美元。自2012年以来，尽管一些覆盖作物的播种成本有所下降，但该数字仍将用于本文的分析报告。农民在同一项调查中报告说，如果他们租出去的话，播种成本中位数为每英亩12美元，因此种子和播种的总成本为每英亩37美元。如果覆盖作物越冬并需在春季灭生，则可能增加10-12美元的额外成本，但在此分析中，我们假定无论如何都要采用灭杀型春季除草剂，因为这是玉米和大豆种植农民普遍采用的做法。

为了更好地展示覆盖作物种植的成本收益如何随土壤健康的改善和特殊情况而变化，表4和表5分别是根据各种数据来源编制的玉米和大豆的经济影响表（见表脚注）。这些数字是本专栏作者基于SARE/CTIC的调查数据、公开的投入价格和研究数据分析得出的。除非另有说明，否则所示价格为2019年春季起的价格。在对少数几个数字进行估计时，根据农民报告的情况尽可能地贴合实际。表4和表5应给出在大多数情况下典型的玉米和大豆农场的大致回报，尽管一些农民报告说，相比于图表所示，他们节省了更多的成本或获得了更大的增产。

应该为其他能够与覆盖作物轮作的棉花、高粱或者向日葵等夏季一年生作物建立类似的图表，但目前基于覆盖作物对其他农产品产量影响的农田数据较少。作者没有尝试对蔬果或其他特殊作物作覆盖作物经济分析，但随着时间的

表 3. 覆盖作物播种成本

项目	每英亩成本
覆盖作物种子	\$10-\$50
播种覆盖作物	\$5-\$18
灭生	\$0-\$10
小计范围	\$15-\$78
调查费用中位数	\$37

推移和土壤健康的改善，人们有望找到类似的经济回报增长模式。

表4和表5展示了在上一节列出的每种情况下，覆盖作物对农场盈利能力的作用。在回顾这些表格时要牢记一点：虽然有些农民将不在这7种植覆盖作物盈利的情况之内，但也有一些农民同时满足多种盈利情况。例如，他们可能在放牧地表作物的同时减少了肥料的使用，或者在获得奖励金的同时解决压实问题。因此，我们有机会通过以上的盈利策略组合或使用覆盖作物来解决田间多个产量限制因素以获得更多的净利润。随时间推移和土壤健康的改善，这一点尤为重要。

另一个考虑因素是表4和表5分别列出的玉米和大豆的信息。鼓励农民关注整体管理系统，并考虑如何使覆盖作物适应作物轮作。例如，一些农民已经开始在玉米和大豆轮作中加入少量谷物。如果小麦是冬小麦，在收获后，可以种植双季豆类作物或覆盖作物混播组合。然后，可以根据混合覆盖作物在温暖季和凉爽季的生长季年度之间的平衡，在初秋或可能在秋季晚些时候和/或春季放牧覆盖作物。该系统可以为土壤健康带来更快的效益，并从放牧中获得可观收入，但这当然也取决于能否有放牧的动物。

最后，有关如何为每种覆盖作物种植情况建立经济假设的详细信息可以在表脚注中找到。每个农民种植覆盖作物的经验会因其具体情况而有所不同。鼓励读者用自己当地的条件和数据来评估覆盖作物随时间推移的潜在回报。

表 4. 使用覆盖作物1年、3年、5年以及不同管理情景对玉米的成本、收益和净利润的影响

预算项目	覆盖作物年限		
	1	3	5
所有数字都是每英亩			
估算使用覆盖作物节约的投入成本			
化肥 ¹	\$0	\$14.10	\$21.90
杂草控制 ²	\$0-\$15	\$10-\$25	\$10-\$25
侵蚀修复 ³	\$2-\$4	\$2-\$4	\$2-\$4
小计	\$2-\$19	\$26.10-\$43.10	\$33.90-\$50.90
a. 投入成本节约（上述小计范围的最小值）	\$2	\$26.10	\$33.90
b. 正常气象年的额外收益（调查数据） ⁴	\$3.64	\$12.32	\$21
c. 种苗成本（调查数据） ⁵	\$37	\$37	\$37
正常气象年的净收益（a + b - c）	-\$31.36	\$1.42	\$17.90
覆盖作物快速回收成本的特殊情况			
I. 面临严重的抗除草剂的杂草 ⁶	\$27	\$27	\$27
调整后的净收益	-\$4.36	\$28.42	\$44.90
II. 存在潜在的放牧收益 ⁷	\$49.23	\$49.23	\$49.23
调整后的净收益	\$17.87	\$50.65	\$67.13
III. 覆盖作物压实处理 ⁸	\$15.30	\$15.30	\$15.30
调整后的净收益	-\$16.06	\$16.72	\$33.20
IV. 协助从传统耕种过渡到免耕 ⁹	\$23.96	\$23.96	\$23.96
调整后的净收益	-\$7.40	\$25.38	\$41.86
V. 干旱年的额外收益（调查数据） ¹⁰	\$58.70	\$75.73	\$92.55
调整后的净收益	\$27.34	\$77.15	\$110.45
VI. 培肥的额外化肥收益 ¹¹	\$15.20	\$15.20	\$15.20
调整后的净收益	-\$16.16	\$16.62	\$33.10
VII. 获得的联邦/州的补贴 ¹²	\$50	\$50	\$50
调整后的净收益	\$18.64	\$51.42	\$67.90

¹ 假设第一年不节省肥料，那么第三年每英亩节省15磅氮肥，第5年每英亩节省30磅氮肥，每磅节省0.38美元。还假设第三年每英亩磷的节约量为20磅，第五年每英亩磷的节约量为25磅，即每磅0.42美元。

² 假定第一年如果达到足够的覆盖作物生物量，则减少一种除草剂的用量。由于减少了两次或使用了更便宜的除草剂，在接下来的几年会节约更多。

³ 基于机械操作成本和修理清洗沟渠的人工成本（假设平均成本，但农田会有所不同）。

⁴ 假设玉米价格为每蒲式耳3.50美元，200蒲式耳乘以表2所示的增产百分比。

⁵ 种苗和灭生的成本从每英亩10-50美元不等；大多数农场大约每英亩25-40美元。

⁶ 在杂草抗除草剂严重的田地里，该数字是基于“生物量密集的覆盖作物将减少除草剂和劳动力成本，同时减少收获时杂草种子的装载量”的假设。

⁷ 假设一种覆盖作物（本例中为谷物黑麦）用于放牧，将导致每英亩覆盖作物减少1093磅饲喂干草。这基于每英亩黑麦产生1500磅干物质，然后由于蹄践踏和选择性放牧，黑麦的有效利用量减少了50%。假设饲育场平均浪费22%的饲喂干草（88%干物质）。干草价值为每吨80美元。由于减少饲喂干草所造成的劳动力、燃料和机械折旧减少，每英亩土地可节约5.50美元。假定放牧者的放牧区有水和电子围栏系统。

⁸ 基于明尼苏达大学每英亩15.30美元的机械成本估算（2017年的机械成本数据）。

⁹ 对比免耕与传统耕作：免秋耨犁（每英亩11.22美元）和春季两种田间耕作方式节省（每英亩2x6.37美元）。

¹⁰ 假定干旱条件下玉米价格为每蒲式耳6.89美元，每英亩减少142蒲式耳基础产量，产量增加10%。数据基于2012年实际的全国平均玉米产量和2012-13（USDA-NASS）销售年度的全国平均玉米价格。

¹¹ 假定使用豆科植物作为覆盖作物，土壤健康的总体改善状况使得与基肥的节省相比，每英亩氮肥可额外减少40磅。

¹² 大多数玉米带州由美国农业部自然资源保护局提供的“环境质量改进计划”（NRCS EQIP）的基本补贴至少是50美元/英亩，也有部分州补贴较低。

表 5. 使用覆盖作物1年、3年和5年以及不同管理情景对大豆的成本、收益和净利润影响

预算项目	覆盖作物年限		
	1	3	5
所有数字都是每英亩			
估算使用覆盖作物节约的投入成本			
化肥 ¹	\$0	\$6.30	\$8.40
杂草控制 ²	\$0-\$15	\$10-\$25	\$10-\$25
侵蚀修复 ³	\$2-\$4	\$2-\$4	\$2-\$4
小计	\$2-\$19	\$18.30-\$35.30	\$20.40-\$37.40
a. 投入成本节约（上述小计范围的最小值）	\$2	\$18.30	\$20.40
b. 正常气象年的额外收益（调查数据） ⁴	\$11.45	\$19.12	\$26.78
c. 种苗成本（调查数据）	\$37	\$37	\$37
正常气象年的净收益（a + b - c）	-\$23.55	\$0.42	\$10.18
覆盖作物快速回收成本的特殊情况			
I. 面临严重的抗除草剂杂草 ⁶	\$27	\$27	\$27
调整后的净收益	\$3.45	\$27.42	\$37.18
II. 存在潜在的放牧收益 ⁷	\$49.23	\$49.23	\$49.23
调整后的净收益	\$25.68	\$49.65	\$59.41
III. 覆盖作物压实处理 ⁸	\$15.30	\$15.30	\$15.30
调整后的净收益	-\$8.25	\$15.72	\$25.48
IV. 协助从传统耕种过渡到免耕 ⁹	\$23.96	\$23.96	\$23.96
调整后的净收益	\$0.41	\$24.38	\$34.14
V. 干旱年的额外收益（调查数据） ¹⁰	\$65.24	\$69.80	\$74.36
调整后的净收益	\$41.69	\$70.22	\$84.54
VI. 培肥的额外化肥收益 ¹¹	\$7	\$7	\$7
调整后的净收益	-\$16.55	\$7.42	\$17.18
VII. 获得的联邦/州的补贴 ¹²	\$50	\$50	\$50
调整后的净收益	\$26.45	\$50.42	\$60.18

1 假设第一年没有节省化肥，然后第三年和第五年分别节省磷15磅、20磅（每磅0.42美元）。

2 假设第一年没有节省除草剂或者通过不使用秋季除草剂每英亩可节省15美元（每英亩7.5美元的化学物质和7.5美元的施用费用）。第三年和第五年假设使用成本较低的残留化学物质，每英亩成本10美元，那么秋季每英亩可节省15美元。

3 基于机械操作成本和修理清洗沟渠的人工成本（假设平均成本，但农田会有所不同）。

4 假设大豆价格为每蒲式耳9美元，60蒲式耳乘以表2所示的增产百分比

5 种苗和灭生的成本从每英亩10-50美元不等；大多数农场大约每英亩25-40美元。

6 在杂草抗除草剂严重的田地里，该数字是基于“生物量密集的覆盖作物将减少除草剂和劳动力成本，同时减少收获时杂草种子的装载量”的假设。

7 假设一种覆盖作物（本例中为谷物黑麦）用于放牧，将导致每英亩覆盖作物减少1093磅饲喂干草。这基于每英亩黑麦产生1500磅干物质，然后由于蹄踏路和选择性放牧，黑麦的有效利用量减少了50%。假设饲养场平均浪费22%的饲喂干草（88%干物质）。干草价值为每吨80美元。由于减少饲喂干草所造成的劳动力、燃料和机械折旧减少，每英亩土地可节约5.50美元。假定放牧者的放牧区有水 and 电子围栏系统。

8 基于明尼苏达大学每英亩15.30美元的机械成本估算（2017年的机械成本数据）。

9 对比免耕与传统耕作：免耕翻犁（每英亩11.22美元）和春季两种田间耕作方式节省（每英亩2x6.37美元）。

10 假定干旱条件下大豆价格为每蒲式耳14.40美元，每英亩减少39.6蒲式耳基础产量，产量增加10%。数据基于2012年实际的全国平均大豆产量和2012-13（USDA-NASS）销售年度的全国平均大豆价格。

11 假设总体改善了土壤健康，则与基肥的节省相比，土壤健康的改善每英亩可减少磷10磅（每磅0.42美元）、钾10磅（每磅0.28美元）。

12 大多数玉米带州由美国农业部自然资源保护局提供的“环境质量改进计划”（NRCS EQIP）的基本补贴至少是50美元/英亩，也有部分州补贴较低。

深入了解覆盖作物快速回报的管理情境

如前所述，有几种覆盖作物比通常更快获得回报的不同管理情境。一般来讲，通常发生在农民解决抗除草剂杂草或土壤压实等特定难题，或是抓住作物在土壤管理方面的机会以提高整体经济效率的情境下。

例如，阿拉巴马州的农民Annie Dee多年来一直将覆盖作物与其他保护措施结合起来，因为她看到了多种节省成本的好处。她种植了4000英亩的玉米和大豆，还有3500英亩的牧草和牧场。“它们还有助于提高土壤肥力，抑制杂草生长。”

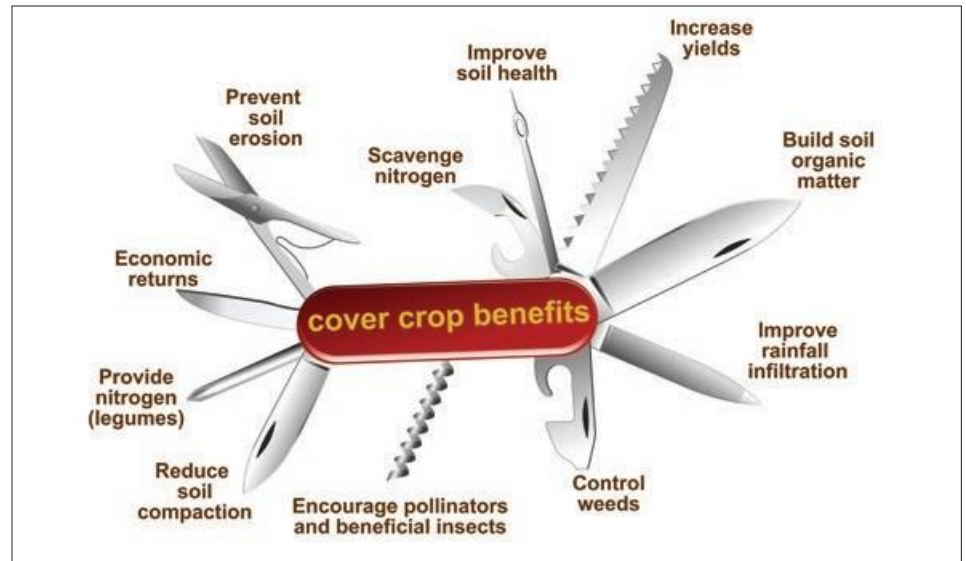
通过使用上一节覆盖作物的基线数字，加上这些不同管理场景的成本收益影响，可以生成一组更具体的经济数字。这些特定的管理数字在每个管理部分末尾的“快照”部分中进行了汇总。此处的目的是帮助生产者识别与自己农场相关的获利因素。

当查看接下来的管理状况时，生产商或农民顾问应该记住他们计划在每块土地上使用的覆盖作物的目标，例如解决土壤板结（图1）。这有助于指导他们选择覆盖作物，对可能的回报作出实际的预期，并有助于建议可能需要进行哪些其他管理改革以提高整体效率。

1. 当抗除草剂杂草成为问题时

在《2016-2017年全国覆盖作物调查》中，59%的农民耕地上有抗除草剂杂草，而且该百分比预计将持续上升。由于抗除草剂马尾草、水麻及其他抗除草剂杂草的迅速蔓延，农民不得不花更多的钱购买除草剂，而结果往往更糟。在某些情况下，特别是在南部，整个农田都被杂草覆盖。即使在这些旺盛的杂草得到部分控制的地方，也会发生产量损失，而且运送到谷仓的农作物可能会因杂草种子污染而大幅降价。这个问题在许多地区变得更加严重。例如，一位来自南伊利诺伊大学的杂

图 1: 覆盖作物的多种效益



草科学家的研究，随着时间的推移，覆盖作物的多种效益有助于提高产量并降低投入成本。插图: Carlyn Iverson

草科学家最近报道说，伊利诺斯州一些马尾草对四种不同类型的除草剂化学物质均表现出抗性^[14]。

虽然没有单一的作物管理策略可以完全解决抗除草剂杂草的问题，但事实证明覆盖作物是农民控制杂草的有效工具。例如，在SARE/CTIC的调查中，当被问及黑麦是否有助于控制抗除草剂杂草时，25%的农民表示总是有帮助，44%的人表示有帮助，31%的人表示没什么区别。在某些情况下，在杂草控制策略中添加覆盖作物时，农民可以只使用一种而不是两种出苗后除草剂，或者使用便宜的残效除草剂。

除草剂成本的节约并不一定能弥补种植覆盖作物的总成本投入，但如果结合可能的增产优势并减少成本，甚至避免收获时的产量损失，则可能会在使用覆盖作物的第一年或第二年获取正收益。更具体地

讲，当抗除草剂的杂草侵害很严重时，种植覆盖作物黑麦可通过喷洒一次更少的苗后除草剂以及更低成本的残效除草剂，每英亩节省35美元以上，否则会导致收获谷物时的产量损失和杂草种子污染。

当黑麦和/或其他覆盖物长到足够长的时间，以形成能减少杂草种子出苗和生长的生物覆盖层，覆盖作物投资最有可能获得回报。如果将经济作物“绿色种植”到覆盖作物中（在覆盖作物仍存活时播种），通常会加强杂草控制，特别是在大量黑麦残茬为土壤表面提供杂草保护垫的情况下采用免耕方式播种。内布拉斯加州大学最新的研究表明，每英亩3300 - 3600磅黑麦生物量对玉米杂草产生了巨大影响，杂草生物量和杂草密度均降低了90%（注：如果在种植玉米之前使用黑麦，建议调整氮肥施用策略）。

内布拉斯加州种植大豆的结果变异更大，这取决于覆盖作物的生长量，但较高的覆盖作物生物量通常会使杂草控制的效果更好。威斯康星大学的研究人员和SARE受赠人Erin Silva发现，让黑麦积累8000磅的地上生物量（如在开花期黑麦密集生长的情况下），这对于用碾压机（roller-crimping）控制大豆的杂草至关重要。从黑麦中获得大量生物量可能需要提高谷物黑麦播种率，每英亩需要增加5-10美元的额外成本。

快照：抗除草剂杂草的成本收益影响

假设在发生大规模或严重的抗除草剂侵害时，使用覆盖作物每英亩可节省27美元，那么**第一年种植大豆，第二年种植玉米就可以获得回报**。根据表4玉米的计算结果汇总可知，种植覆盖作物1年、3年和5年之后，覆盖作物净利润每英亩平均增加4.36美元、28.42美元和44.90美元。据表5大豆的计算结果可知，种植1年、3年和5年后，覆盖作物净利润每英亩平均增加3.45美元、27.42美元和37.18美元（详见表4和表5）。

种植能够对付抗除草剂杂草的覆盖作物和单独使用除草剂的比较，每英亩可以节省27美元。这是因为抗除草剂杂草的出现通常会使用额外的出苗后除草剂处理（出苗后第二次或第三次施用），从而提高除草剂的总成本。具体来说，27美元的数字是因为少了一次出苗后除草剂喷洒节省的每英亩12美元（假设施加农达每英亩4.50美元，外加每英亩7.50美元的使用成本）和每英亩15美元的低成本残效除草剂化学品。

该分析假设使用覆盖作物处理抗除草剂杂草的农民，仍会同时使用残效除草剂和至少一到两种苗后除草剂。在这种情况下，覆盖作物的不同之处在于能够提供足



阿拉巴马州的农民Annie Dee根据她的轮作和管理目标，混播不同的覆盖作物。经许可转载，*Progressive Farmer*, mid-February 2019

够的杂草控制，农民可以避免购买更昂贵的用于处理不断升级的杂草问题的除草剂。

还有来自于收获粮食时没有被杂草种子污染的筛除杂质费用和能以低价买到的商品种子（如使用抗农达大豆而不是具有抗农达和麦草畏双重性状的新品种）的额外节约成本。

2. 当覆盖作物用于放牧时

在几种增加覆盖作物利润的方法中，放牧是最有可能提供第一年正回报的方法之一。用于放牧的覆盖作物第一年是否有回报取决于覆盖作物的生长量、放牧期的

时间的长短以及围栏和供水的费用（如果该费用还没有到位）。在有放牧基础设施的地方，即使有少量的覆盖作物用于放牧，常常也能在付得起种子费用的同时改良土壤。早秋种植速生作物，如谷物和/或芸苔（如芜菁、萝卜、油菜等），可以使您的经济回报远远超过覆盖作物的播种成本。

一些用覆盖作物放牧的农民发现，通过使用集约化放牧管理技术，使用低成本、便携式电围栏和牲畜在牧场之间定期放牧获得了最佳回报。几乎每天都放牧不仅能更有效地利用覆盖作物饲料，而且还能减少对农田的潜在蹄害。在相对成熟的有良好覆盖作物的免耕或少耕的土地上，

农民概况 Justin Zahradka, Lawton, N. D.



Justin Zahradka, 位于北卡罗来纳州的第五代人, 为了最佳利益放牧覆盖作物。摄影: Lon Tonneson, Dakota Farmer magazine (Farm Progress Companies)

放牧覆盖作物的正回报

主要覆盖作物: 油籽萝卜、芜菁、黑麦、燕麦、豌豆、高粱、苏丹草和毛状野豌豆

农民Justin Zahradka对变革并不陌生, 他对创新更为熟悉。1898年, 他在土地上耕作, 他是第五代在他们位于北卡罗来纳州的沃尔什县生活和工作的。2011年, 当他还在上高中的时候, 他开始了种植和采用覆盖作物的道路, 购买了繁殖的小母牛。甚至在他职业生涯的早期, 他就专注于数据和经济学, 他参与了一个数据收集项目, 研究覆盖作物和放牧的成本和收益。在SARE国家基金的支持下, Zahradka发现覆盖作物使他“每英亩产量更高”基于他在覆盖作物方面的工作和他的天赋, 他被授予2015年美国食品和药物管理局农业科学国家之星。

从那时起, 他为农场探索了许多商机, 包括饲养牲畜、定制放牧和种植作物, 最后他经营了目前仍在经营的多种作物和牲畜。覆盖作物在他每一个轮种植中都是一个共同的标准, 现在已经发展到900英亩, 包括160头牛和500英亩的作物。在他的田地上, Zahradka最初只专注于几种经济作物和覆盖作物, 但是, 在他的损益底线驱使下, 他改变了他的轮作方式, 将玉米、大豆、春油菜和小麦包括在内, 一半的土地用于全年放牧。

与单一品种相比, Zahradka更喜欢混合种植, 通常在小麦之后种植油籽萝卜、芜菁和谷类黑麦的组合。从9月底到11月, 这些土地将定期放牧, 为他的牲畜扩大饲料生产。以生产草料为目标的土地上可能会有燕麦、豌豆、高粱、苏丹草和野豌豆混播。Zahradka建议: “那些对混播覆盖作物感兴趣的人应该从简单的一种草、一种豆类和一种芸苔属植物开始。” “最重要的是, 要把保护农作物看作一种投资, 而不是成本。”

持续使用覆盖作物使他的土壤有机质每年增加了0.1%, 虽然幅度不大, 但已得到土壤试验数据的证实。当考虑到他在覆盖作物上的投资价值时, 他还提到了他的土壤在旱季和雨季的弹性, 以及延长放牧季节对他的牛-犊饲养的好处。他的数据支持这样的结论, 即当把覆盖作物纳入一项业务时, 每只动物的利润可能会更高。此外, Zahradka通过让牲畜“喂养”减少了劳动力, 这使他能够扩大他的业务, 而不需要增加全职雇工。他说道, “覆盖作物可以帮助改善你的生活质量。经营者通过让牲畜干活来节省劳动力。”

土壤结构与覆盖作物根系锚定能力相结合，有助于最大限度地减少任何由放牧牲畜带来的潜在问题。

将牲畜与覆盖作物相结合对长期的土壤健康是一个很大的好处。人们发现食草动物的尿液、粪便和唾液能够刺激土壤生物。这并不奇怪，因为我们的土壤（无论是草原还是森林）都是随着食草动物进化的，从而影响土壤生物的。事实上有证据表明，在生物量大的地方用覆盖作物放牧，是建立土壤有机质和土壤生物最快的方法之一。这方面还需要更多的研究，但是从早期的农场结果看起来很乐观。

由于许多农民没有或不想要牲畜，他们可能认为覆盖作物放牧不适用。然而，可能有家庭成员或邻居有兴趣在他们的土地上放牧，为临时的电力围栏提供租金，从而提高盈利能力。一些家庭发现，利用覆盖作物放牧可以在不扩大农作物种植面积的情况下，额外提供一名家庭成员在农场工作。

生产者如何将牲畜纳入他们的经营活动，将影响他们从放牧的覆盖作物中看到的经济价值。一个打算在秋天和春天延长放牧季节的小牛经营者，可能会根据购买干草数量的减少来评估覆盖作物的价值。更多地关注草料的量和质，再根据日收益和饲喂牛的市场价值来评估覆盖作物的价值。无论生产者是否打算在秋季和春季都放牧，播种率、可用草料、干草的价值以及牲畜选择性放牧的数量都将影响经济效益。

快照：放牧覆盖作物的成本收益影响

假设放牧的年收益为每英亩4923美元，则第一年覆盖作物就会获得回报。在播种1年、3年、5年覆盖作物后，预计玉米每英亩的平均收益约为1787美元、50.65美

元和67.13美元。大豆在1年、3年、5年后每英亩的平均收益为25.68美元、49.65美元和59.41美元（详见表4和表5）。假设年收益包括下列假设，便携式电力围栏可获得；安装新围栏或供水系统的成本会将放牧利润推迟到第二年甚至更长时间。爱荷华州农民在对覆盖作物放牧的农场研究中发现，放牧为每个被研究的农场在第一年提供了纯利润^[6]。

3. 当土壤压实成为问题时

由于农民种植的土地比以往任何时候都多，因此进出田地种植、收获和其他作业的窗口时间比以往任何时候更短。不幸的是，抢农时的紧迫感将会导致农民在中高湿度的田地里使用大型、重型设备，从而导致土壤压实。一旦土壤被压

实，不仅产量会下降10-20%^[7]，而且未来的降雨入渗也会受到负面影响。这将导致泥泞土地和车轮碾压的恶性循环，并造成作物生长倒伏、损伤根系生长，最终减产。如果土壤压实的范围扩大，那么由于压实区域的排水减少，甚至会推迟未来进入田间的务农时间。

尽管预防是最好的解决办法，但面对压实的土壤，农民除了购买深耕设备外别无选择。这可能需要升级马力的拖拉机来操作，更不用说昂贵的燃料和人工成本了。再加上额外的设备、燃料和人工成本，为解决压实问题而对土地深松的成本可能为每英亩15美元或更多^[11]。更糟糕的是，由于高粘土地基再次膨胀会发生新的压实作用，因此深松的好处往往是暂时的。



摄影：Mike Rankin, Hay & Forage Grower



阿肯色州的Helena，农民Mike Taylor以及他的孩子们Merrie Leigh（左）和Wells，Taylor对土壤健康的态度包括希望能够为孩子们留下一块健康的土地。
摄影：Chris Bennett, Farm Journal

处理土壤压实、侵蚀和杂草

主要覆盖作物：谷类、黑麦和混合作物

农民Mike Taylor的商店里挂着一块牌子，上面写着：“你不是从祖先那里继承土地，而是从孩子那里借来的。”他和父亲清楚地记得，1992年是挑战这一说法的一年。大风天气加上轻质沙土壤导致沙尘暴几乎完全摧毁了他们的棉花。第二年，他们开始在棉花轮作中增加覆盖作物来保持水土。从那以后，他们使用覆盖作物的年限逐渐增加。目前，在阿肯色州东部靠近海伦娜的地区，覆盖作物的种植面积约为4000英亩，覆盖了90%的作物。Taylor说：“我希望我的土地能留给我的孩子。”

在玉米、大豆、花生和棉花轮作中，他种植黑麦覆盖作物的同时混播了12-13种作物，以防止土壤侵蚀，促进土壤表层下方的根系生长，控制农场里抗除草剂的苋菜和马尾草。

对于其所在地区正在考虑种植覆盖作物的生产者来说，Taylor建议及早播种。他尝试了很多种植方法，但更喜欢免耕播种机，因为它可以降低播种速度且效果稳定。他已经看

到，生产者种植太晚，灭生太早，以至于无法获得最大的利益，使其覆盖作物的利润更少。2018年，Taylor首次遇到了蛴螬的问题，他正在寻找一种划算的补救方法以防再次出现。

Taylor指出，许多人关注年度开支和潜在节省，但有一个领域没有得到同等程度的关注，那就是设备需求的变化。为了解决硬地问题，他用播种机而不是深松机种植覆盖作物，从而避免了使用大马力拖拉机带来的燃料和劳动力成本。他说：“我把我的免耕播种机当做我的深松机。”

Taylor还指出，覆盖作物似乎解决了他们历来存在的土壤板结问题。因此，他们很少需要运行他们的旋耕机。几年前购买了一种履带式锄头工具，用来挖掘填满排水沟的侵蚀土壤，现在已经很少需要了，因为覆盖作物已经大大减少了对田地的侵蚀。机器成本的节省和更好的杂草控制对他的损益底线产生了积极的影响，并有助于证明他增加土壤健康的努力，确保他的孩子将有同样的机会去耕作。

深根的覆盖作物可以为压实问题提供一种低成本且持久的解决方案。俄亥俄州立大学一项为期四年的土壤压实研究表明，在覆盖作物后种植大豆时，用20吨的谷物车压实土壤，比使用每年一次的深松耕收成还要好。在同一项研究中，覆盖作物后的玉米产量与深松后的玉米产量相当，但2012年的干旱年是例外，当时作物覆盖地块的产量高于深松地块^[13]。

如果有足够的生长时间，则特殊的覆盖作物（如谷物黑麦和萝卜）通常比夏季经济作物（如玉米和大豆）根深。深根产生的大孔隙有助于空气和水更深入地进入压实的土壤。这些较深的覆盖作物根系为下一季经济作物根系创造了更有效地穿过压实区生长的通道。覆盖作物的活根还促进了能够改良土壤的蚯蚓的种群数量增加，通过它们的挖掘改善压实的土壤。

从长远来看，覆盖作物改良土壤有机质，特别是与少耕结合时，有助于形成土壤团聚体，为土壤提供更多的结构和强度，从而防止水土流失。想想看，把一辆汽车开过茂密的草皮与雨后光秃秃的土地相比，车子会在哪里卡住？免耕和覆盖作物相结合可以为土壤压实创造一个有效的长期解决方案，从而允许较早的春季播种和更宽的时间窗口进入田间，以进行收获等时间敏感性操作。

快照：覆盖作物处理压实的成本收益影响

假设不进行深松耕每年每英亩可以节省15.30美元，那么第二年玉米可以实现收支平衡，大豆可以获得纯利润。玉米播种1年、3年和5年后的平均回报为16.06美元、16.72美元和33.20美元。大豆1年、3年和5年的平均回报为8.25美元、15.72美元和25.48美元（详见表4和表5）。如果深松的频率少于每年一次，那么正的净收益

可能会延迟到第3年。

4. 使用覆盖作物加速并轻松过渡到免耕

近几十年来，部分最早采用覆盖作物的农民中已经开始免耕。事实上，据《免耕农民》杂志报道说，在2017年，83%的免耕农民读者群在他们农田（至少部分农田）上种植了覆盖作物^[2]。然而，随着覆盖作物的迅速发展，一种新

趋势已经形成，那就是部分使用覆盖作物的传统耕作农民有动力向免耕或条播过渡。许多覆盖作物种植者表示，耕作制度的改变源于人们对土壤健康的日益重视。

虽然覆盖作物对少免耕的触发效应是显著的，但更重要的是，从经济角度来看，覆盖作物似乎能够简化向免耕的过渡。几十年来，农民们一直被告知，当改变为免耕时预期产量最初可能会下降，但如果坚持下去，4-5年后产量将恢复到以前的水平，并在干旱年份有所



覆盖作物如萝卜不仅有助于深根，而且有助于减轻土壤压实。摄影：Rob Myers, North Central SARE



伊利诺伊州农民拉尔夫·Upton (Ralph Upton) 几十年前开始种植覆盖作物，以控制侵蚀。现在，他们在维持土壤弹性方面发挥着重要作用。摄影：Ciji Taylor

深根能增加种植系统弹性

主要覆盖作物：黑麦、黑麦草和野豌豆

农民Upton种植覆盖作物的历史大约始于50年前，当时在冬小麦中顶凌种植了红三叶。他在密苏里州圣路易斯以东约100英里的1800英亩土地上种植玉米和大豆。Upton回忆说，他最初对覆盖作物和免耕的兴趣源于限制土壤侵蚀的愿望。尽管他从未忘记这一好处，但他多年种植覆盖作物，看到这些作物对他的土壤恢复能力产生的巨大积极影响，这让他对这些作物有了更多的了解。他说，覆盖作物确实提高了抵御风暴的能力。

Upton试验过多种覆盖作物，包括荞麦、小萝卜、油菜籽、黑麦、野豌豆和黑麦草。他解释说，通过与SARE等项目的合作，反复试验和实地研究使他能够精确定位适应他种植系统的覆盖作物组合。Upton在种植玉米和大豆之后，利用免耕机将黑麦、黑麦草和多毛的野豌豆三种谷物混合在一起。他依赖的每一种覆盖作物都有特定的原因。黑麦谷物有助于控制杂草和土壤侵蚀，是其他覆盖作物的优秀伴生物种。黑麦草的根系有助于分解土壤中的干裂土，也有助于控制杂草。如果管理得当，紫云英可以产生额外的氮和杂草控制。

Upton回忆说，他把黑麦草引入到自己的种植系统中，看到了48英寸深的根，它们生长在弗拉吉潘，尽管地上的生物量还

不到5英寸高。在过去，干旱一直是令人担忧的问题，但现在，通过改善土壤的蓄水能力和玉米和大豆的生根深度，覆盖作物已经帮助缓解了这种担忧。Upton解释说：“在过去，干燥的天气导致的土壤干裂让我崩溃。”“我以前播种深度是土深五英寸，现在我种的是四英尺。”

在讨论他的保护实践时，Upton很快指出了他对盈亏底线的关注，以及这些年来他的农场管理是如何变化的。90年代中期转向免耕和覆盖作物减少了他的设备投资，也减少了他的燃料费用。现在，利用多年的经验，Upton再次调整了他的管理。通过使用不同的种子成熟度组和稍晚的种植日期，他已经能够获得额外的土壤健康效益，减少肥料投入，并获得更好的杂草控制。他的利润也提高了，部分原因是他使用覆盖作物使得产量提高了。Upton建议生产商花时间评估自己的情况、土壤和管理重点。他说：“对我有效的方法可能在别人的农场里就行不通了。”

Upton的底线是，他农场上的每一英亩土地都必须有一种覆盖作物。他期待着更多的覆盖作物育种工作，并希望在未来利用额外的好处，如增加氮的供应。

提高。虽然还需要更多的研究，但是有许多报告提到，使用覆盖作物的农民发现过渡到免耕时的产量比没有使用覆盖作物的下降幅度更小。

一些农民采用的一种具体做法是在大豆之前种植黑麦覆盖作物，然后在春季开始免耕，在这种情况下，将大豆免耕种植到黑麦残茬中。与常规耕作相比，改用无覆盖作物的免耕将会导致田间透气性更差，产生更多的初期压实，但黑麦的使用弥补了这些不足。覆盖作物根系的大孔隙加之蚯蚓活动的增加，将有助于改善土壤的初始通气、减少板结和压实。活覆盖作物根系刺激的土壤生物也可以加速菌根真菌的生长，进一步形成真菌菌丝，从而为经济作物根系提供更多的养分和水分。

在免耕开始前使用覆盖作物能够避免向免耕过渡时可能导致的典型产量损失^[8]。

免耕可以节省人工和机械成本，而使用覆盖作物来最大程度地减少潜在的产量损失会带来额外的经济效益。覆盖作物和免耕作物的搭配将长期显著改善土壤健康和作物生长性能，这远比单独使用这其中一种方法更为有效。

快照：使用覆盖作物减轻向免耕过渡时的成本收益影响

假设使用覆盖作物向免耕过渡过程中每英亩可节省23.96美元，则覆盖作物从种植玉米的第二年开始获得回报，并在种植大豆的第一年实现收支平衡。假定的费用节省是由于减少了一次秋耕和两次春耕而减少的燃料和人工成本。玉米在播种1年、3年、5年后每英亩的平均收益是7.40美元、25.38美元和41.86美元。大豆在播种1年、3年、5年后的平均收益为每英亩0.41美元、24.38美元和34.14美元（详见表4和表5）。

5. 当土壤含水量过低或需要灌溉时

覆盖作物收益最引人注目的例子之一发生在2012年严重的大范围干旱期间。在中西部和西部数以千计的农场中，由于降雨量远低于正常水平，农作物生长受到影响。然而，当农民发现使用覆盖作物后的玉米或大豆比常规田地表现要好时，这开始成为一种种植模式。这一发现越来越频繁，后来得到了产量数据的支持。接受“全国覆盖作物调查”的农民报告说，继覆盖作物之后，玉米平均增产9.6%，大豆平均增产11.6%。更令人瞩目的是，在受灾最严重的七个州，玉米和大豆的增产幅度更大，分别为11%和14.3%。

仅看那些在干旱前已种植覆盖作物一年的农民，他们覆盖作物的田地玉米平均增产6%，大豆增产11.4%。由于当



覆盖作物的覆盖物可显著减少土壤中的水分流失，例如大豆行中间的谷物黑麦的残留物。摄影：Rob Myers, North Central SARE

年收获价格很高（全国玉米均价为6.89美元，大豆均价为14.40美元），即使只使用了一年覆盖作物，2012年干旱年也收大于支。请注意，此结论是基于平均产量反应，使用调查数据回归分析产量。覆盖作物后，仅个别农田和农场的一小部分作物减产，而其他作物增产。

覆盖作物能够增加土壤水分、减少干旱造成的产量损失有几个原因（图2）。原因之一是，覆盖作物通过增加作物根系大孔隙数量和蚯蚓活动，帮助改善降雨入渗。一旦雨水渗入土壤，它更有可能停留在根部，部分原因是土壤表面的覆盖作物残茬减少了蒸发。这些残茬还可以保持土壤低温，从而进一步减少水分散失和作物需水压力，并使土壤微生物有益地活动。随着时间的推移、有机质的增加和土壤团聚体结构的改善，改善土壤的健康状况并提高田间持水量。然而，即使在短期内，覆盖作物也能够刺激菌根真菌，缩短干旱时期，

在对2,000名中西部和北部大平原农民的调查中，有64%的人表示他们正在实施保护措施（免耕或少耕、使用覆盖作物等）作为气候风险管理策略，另有21%的人正在考虑实施这种做法^[12]。

帮助作物根系更好地获取水分和养分。

覆盖作物通过改善经常遭受水分胁迫田地的土壤水分管理（如轻质土壤或降雨边缘地区的田地），从而带来可观收益。覆盖作物的渗透改善能够提高灌溉效率、减少蒸发。阿肯色州的棉农Steve Stevens估计，通过使用覆盖作物可为每磅棉花节省约0.06美元（每英亩60美元）的灌溉费用^[9]。

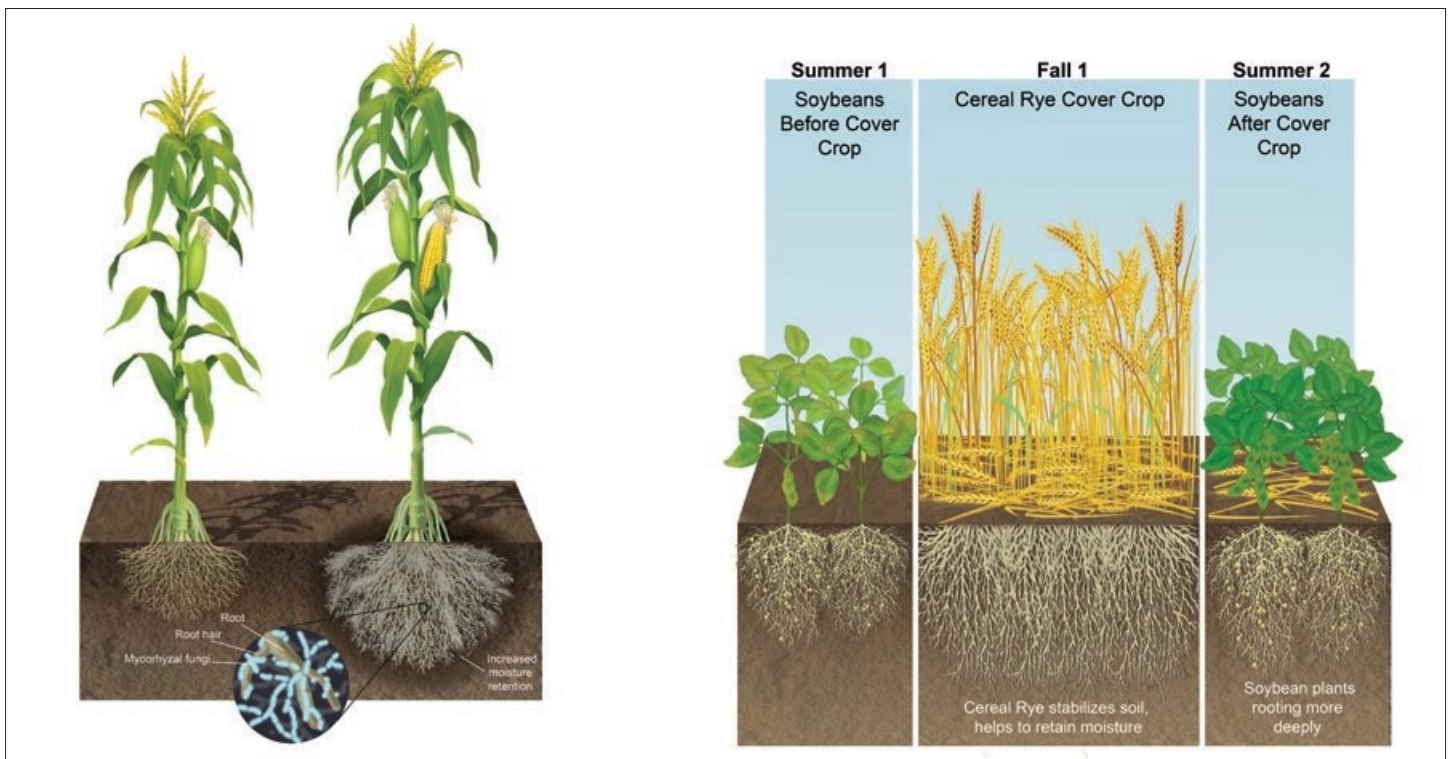
农民Noah Williams在俄勒冈州东部经营着2800英亩旱地，他发现尽管降雨量非常有限，但覆盖作物还是有好处的。Williams与当地的美国农业部自然资源保护委员会（NRCS）土壤保护专家合作，

监测了休耕地和种植作物田地的土壤湿度。总体而言，休耕和覆盖作物之间的土壤湿度基本相同。但在下雨后，Williams观察到作物覆盖的耕地水分达到了土壤剖面2英尺深的区域，而在休耕系统中那个区域是干燥的。结合放牧，Williams谈到：“覆盖作物可抵消播种成本。”

快照：干旱期间覆盖作物的成本收益影响

根据2012年干旱的数据，覆盖作物在干旱年份显著提高了平均产量，且在**第一年就能获得回报**。种植覆盖作物1年、3年和5年后，玉米每英亩的平均收益为27.34美

图 2：覆盖作物如何增加土壤含水量



覆盖作物可以通过多种方式增加土壤水分：刺激作物根系菌根真菌生长，为作物提供表面残留物、创造根系通道，并提高雨水渗透和土壤的持水能力。图解：Carlyn Iverson

元、77.15美元和110.45美元，大豆每英亩的平均收益为41.69美元、70.22美元和84.54美元（详见表4和表5）。鉴于此分析的目的，1年、3年和5年的增量表明发生干旱时，已经种植覆盖作物一段时间。

6. 当肥料成本过高或需要固存农家肥养分时

覆盖作物通常是农民向有机作物提供养分策略的重要组成部分，特别是通过固氮豆科作物。有些豆科植物，如长毛野豌豆和奥地利冬豌豆，如果让它们生长到开花，每英亩可以提供超过100磅以上的氮。但是，对于传统的农民而言，从化肥中获取氮素通常比从覆盖作物中获取更便宜。对于玉米来说尤其如此，因为玉米是春季在有大量生长机会的豆科植物之前播种的。

在了解土壤健康和土壤养分循环方面新进展的过程中，人们认识到覆盖作物不仅能固氮（假设覆盖的是豆科植物），它们还可以固存农家肥中养分或经济作物季末剩余的养分。这种固存可以防止那些营养从根部流失。鉴于氮在土壤中的流动性以及氮淋失和反硝化作用（当土壤中的氮以气体形式进入大气时）的可能性，固氮尤为重要。

土壤生物在土壤和作物养分动态方面发挥着超出以往认知的作用。特别是在土壤干扰最小化的情况下，覆盖作物通过增加一年中活根的土壤根系来刺激土壤生物，促进菌根真菌的生长。土壤生物的这些变化可以从使用覆盖作物的第一年开始，并随着土壤健康的改善而持续。真菌和细菌向植物根系提供养分，以交换从根系渗出的碳水化合物。经济作物也可能随着深根系的覆盖作物后扎根更深，而蚯蚓会创造出让根系吸收丰富营养的通道。这些变化会在土壤中很快发生，产生短期的肥力响应。从长远来看，有机质开始改善，这也增加了土



三叶草覆盖作物根系与固氮菌的共生形成根瘤菌，从而减少了对氮肥的需求。摄影：Rob Myers, North Central SARE

壤每年可获得的养分。由于这些原因，使用覆盖作物（包括用豆类固氮）通常可以节省适度的肥料成本。此外，随着土壤健康的改善，节省的成本也会随时间推移而增加。

研究人员和农民仍在努力了解覆盖作物能够实现的最佳肥料效率。就目前已知情况来看，最直接的步骤是定期检测土壤中的磷和钾水平，并考虑使用传感器技术或组织测试来评估玉米对当季氮的需求。合理的氮肥评估可用于指导追肥施用量，而不是在种植经济作物前施用全部氮肥。使用最新的土壤健康测试还可以提供关于如何实现土壤肥力最佳管理的见解。

目前，我们知道随着覆盖作物对土壤的改良，肥料需求随时间推移逐渐减少，几年后，每英亩玉米的肥料成本可节

省10-40美元，大豆每英亩节省5-10美元。由于大豆能够产生氮，因此大豆节省较少。节约肥料成本的最大潜力在于使用豆科覆盖作物，这种作物可以固定足够的氮，为玉米、高粱或棉花等经济作物作贡献，但土壤健康的全面改善和菌根的增加肯定也能够带来肥力红利。

快照：节省化肥的成本收益影响

假设在田间可以通过覆盖作物改善土壤肥力，则玉米的覆盖作物在第二年实现收支平衡，而大豆在第三年获得回报。在播种1年、3年和5年后，玉米每英亩的平均回报为16.16美元、16.62美元和33.10美元，大豆每英亩的平均回报是16.55美元、7.42美元和17.18美元（详见表4和表5）。有关肥料的特定假设，详见表4和表5的脚注。

7. 当收到使用覆盖作物的补贴时

全美大多数农民都有资格通过NRCS获得作物补贴。近年来，成千上万的农民通过NRCS环境质量奖励金计划（EQIP）获得了覆盖作物支持款。这些款项旨在帮助农民尝试种植覆盖作物。它不应被视为一种长期补贴，但在覆盖种植的三年过渡期内还是有帮助的。

NRCS覆盖作物支付率因州而异，通常单个“基础”覆盖作物每英亩50 - 54美元，随着多品种覆盖作物混播组合或特殊类别（如有机农业、新农民或处于社会弱势群体的农民）的使用而增加。爱荷华州税率较低，起价为每英亩34美元，特殊情况下每英亩50美元以上。最高的EQIP覆盖作物补贴利率可达每英亩60-75美元或更高，具体取决于NRCS办公室设定的水平（见表6）。覆盖作物的EQIP合同通常为三年，如果符合州标准，那么可以续签。

NRCS另一个支持多种保护措施（包括覆盖作物）的项目是保护管理计划（CSP）。根据CSP，农民通常同意在5年的合同期内采取一系列保护措施，其中包括覆盖作物（可续签）。与EQIP一样，覆盖作物的CSP支付率因州而异。

通常一些州机构还通过当地水土保持区发放农作物补贴。其中一些项目适用于该州的所有农民，而另一些则针对特定的流域。有时资金是通过州农业部门提供的，有时是通过州自然资源保护机构提供的。这些支付款的补贴利率也各不相同，一般从每英亩30美元起，在少数情况下（比如在切萨皮克湾地区）甚至达到每英亩60 - 80美元。

无论款项来自州还是联邦政府，财政援助都可以让人们负担得起种植覆盖作物过渡期内的成本。简单地以每英亩25美元

的全国覆盖作物种子成本中位数和每英亩12美元的外包播种成本中位数来计算，补贴支付通常能够完全补偿使用覆盖作物的成本^[5]。

快照：补贴作物的成本影响

根据玉米带典型的NRCS EQIP费率，假设农作物的补贴利率为每英亩50美元，则**覆盖作物在第一年即可获得回报**。作物覆盖1年、3年和5年后，玉米每英亩的平均收

益为18.64美元、51.42美元和67.90美元。大豆每英亩的平均收益为26.45美元、50.42美元和60.18美元（详见表4和表5）。大多数州的覆盖作物“基础”补贴利率为每英亩50美元或更高，而对多品种覆盖作物、初种或有机农户或服务不足的农户的补贴率甚至更高。少数几个州覆盖作物的基本补贴利率低于每英亩50美元（见表6）。补贴申请不能保证一定会得到资助，但只要符合指导原则，通常大多数申请都

表6. 2019财年覆盖作物NRCS EQIP补贴比率¹的例子

	基准率	多种比率	最高利率
阿拉巴马州	\$50.98	\$57.05	\$75.22
阿肯色州	\$39.24	\$44.10	\$58.86
加利福尼亚州	\$50.55	\$56.62	\$74.47
佐治亚州	\$49.95	\$56.02	\$67.23
伊利诺伊州	\$51.32	\$57.39	\$75.80
印第安那州	\$28.18	NA	\$33.83
爱荷华州	\$33.83	\$37.88	\$56.81
堪萨斯州	\$41.11	\$45.96	\$58.23
马里兰州	\$50.81	\$56.88	\$68.26
密西根州	\$51.35	NA	\$61.62
明尼苏达州	\$34.02	\$38.07	\$62.76
密苏里州	\$51.58	NA	\$61.90
蒙大拿	\$50.67	\$56.73	\$60.80
内布拉斯加	\$26.96	\$33.97	\$52.88
纽约	\$53.54	\$59.61	\$71.53
北卡罗来纳	\$50.95	\$57.02	\$75.16
北达科他州	\$16.89	\$26.48	\$45.39
俄亥俄	\$49.90	NA	\$59.88
俄勒冈州	\$33.44	\$37.48	\$56.22
宾夕法尼亚州	\$53.59	\$59.66	\$79.23
南卡罗来纳	\$50.94	\$57.01	\$61.13
南达科他州	\$28.35	NA	\$42.53
德州	\$19.59	\$36.69	\$55.04
佛蒙特	\$51.03	\$57.10	\$75.30
维吉尼亚州	\$51.35	\$57.41	\$68.90
华盛顿州	\$50.13	\$56.20	\$73.75
威斯康星州	\$51.18	\$57.25	\$68.70

¹基准率针对单一类型的覆盖作物；多种比率针对两种或多种覆盖作物；最高利率通常适用于有机和/或初级和/或历史上服务不周的农民。

农民形象 Ken Rulon, Rulon Enterprises, Arcadia, Ind.



Ken Rulon (右)与家人一起管理印第安纳州6,000英亩的农场。图源: Ken Rulon

数据驱动施肥决策

主要覆盖作物: 黑麦、黑麦草、燕麦、萝卜、三叶草、油菜籽、野豌豆

说数据驱动农民Ken Rulon的决策是保守的说法。24年来,他和家人利用一英亩土地进行网格取样,从而了解到土壤有机质与产量之间存在线性关系。“数据很清楚。我们需要在土地上持续种植一些东西,” Rulon说。他和家人在印第安纳州中北部耕种了大约6000英亩土地。这个家庭农场从第四代1989年开始使用免耕管理,并在2006年左右开始使用覆盖作物。他们一致认可的观点是,保护是最好的经济模式,通过耕作氧化土壤碳是不可持续的。

他们使用覆盖作物并配合免耕的十年里,部分田地的土壤有机质含量增加了1%以上。就覆盖作物而言, Rulon记录了生长季节期间土壤湿度的增加、土壤表面温度的降低、土壤团聚体稳定性的提高、土壤有机质水平的提高和产量的提高。

Rulon使用覆盖作物的主要目标之一是增加土壤有机质水平和降低投入成本。他证明普渡大学(Purdue University)

的研究发现是可靠的,即覆盖作物可以减少50%的氮损失。根据他自己的经验,多年的覆盖作物种植使他减少肥料使用量的同时仍然能够保持足够的土壤肥力。每英亩土地减少了20磅的磷投入、30磅的钾投入和35磅的氮投入。多年来对不同氮肥用量的田间试验表明,每英亩165磅的氮肥使用量能使其的种植作业获得最高的经济产量。相比之下,他所在地区玉米的平均施氮肥量为每英亩200磅。

减少化肥投入在节省成本的同时并没有减产。事实上, Rulon的产量一直高于县平均水平。多年的产量数据证实,玉米每英亩约7蒲式耳,大豆每英亩约2蒲式耳。

除了盈利能力, Rulon认为进行可持续经营意味着他们必须在不牺牲未来的前提下满足当前的需求。这就是为什么他赞赏覆盖作物和免耕在保护土壤、固碳和提高农场整体恢复力方面发挥的作用。“我们鼓励每个人收集种植覆盖作物的数据,以便找到对土壤和地区最有效的种植系统。” Rulon说。



当混播多种覆盖作物组合时，NRCS提供的奖励金更高。该混合物包括燕麦，粗小米，低芥酸菜子，向日葵，干豌豆，大豆和白萝卜。摄影：Mark Liebig, USDA ARS

会获批。如前所述，这些补贴应在提供过渡期成本支持的范围内加以考虑，不能视作长期的经济补贴。

覆盖作物对土地租金和租金的潜在影响

努力识别覆盖作物是如何影响土地价值和租金尚处于早期阶段，还不够成熟。但我们很容易想到，是覆盖作物改善了土壤健康，进而提高了农田生产力，它们有助于提高土地价值。这对农民和土地所有者都大有裨益。

对农民而言

根据作物分成租赁协议租用农田或农场的农民知道，与相关土地所有者保持良好关系非常重要。随着越来越多的土地所有者表达了对良好的土地管理的兴趣，因此农民有机会通过使用覆盖作物来加强与土地所有者的联系。全国覆盖作物调查发现，使用覆盖作物的农民中有61%得到了土地所有者的支持，仅有5%的土地所有者反对覆盖作物；其余的农民要么是中立的，要么是不知道土地所有者对覆盖作物的态度⁹。

展望未来，寻求扩大土地面积的农民可以将他们的覆盖作物经验作为赢得租赁协议的新卖点，至少在有保护意识的土地所有者那里是这样。拥有更多的土地可能是种植覆盖作物的隐性经济利益之一。最近一位密苏里州的年轻农民报告说，种植覆盖作物帮助他额外租用了150英亩土地。虽然他提供的租金比其他想要租用土地的农民低一些，但他对覆盖作物的重视吸引了土地所有者。

对土地所有者而言

许多土地所有者重视保护，当然所有人都希望保持或提高其土地价值。随着人们对土壤健康状况测量方法了解的不断深入，我们可以预期不久将有可能通过选定的土壤健康测量（至少在总体上）衡量农田生产力。如果土地所有者已经证实土壤健康确实有所改善，如土壤有机质的长期增加，那么他们就能从土壤健康的改善中获得经济价值。如果土地在某时被出售，与土壤健康相关的经济价值将反映在土地价格的上涨上。

Fall Line基金是土地投资和管理方式正在发生变化的一个例子。爱荷华州的农民Clay Mitchell与人共同创办了Fall

Line，现任公司董事总经理。他一直致力于通过覆盖作物和免耕等其他保护耕作方式来改善他们投资农场的土壤。公司的关键目标是提高土地的整体价值，这也是其投资者价值主张的一部分。

展望覆盖作物经济学

就农业经济和非农经济而言，两种新趋势可能会影响未来的覆盖作物经济学（参见“覆盖作物的非农影响”一节）。一个趋势是食品、饮料和服装公司对覆盖作物经济学证实供应链可持续性的兴趣日益浓厚。这些公司认为覆盖作物作为一种相对容易的方式，能够证实哪些田地以更可持续的方式管理。种植覆盖作物可能会增加农民进入这些公司的市场机会，或者在某些情况下获得激励。例如，联合利华在爱荷华州已经完成了试点，通过支付每蒲式耳大豆0.10美元的溢价以及每英亩标准补贴来鼓励种植覆盖作物。

同样，包括嘉吉（Cargill）、泰森（Tyson）、通用磨坊（General Mills）、联合利华（Unilever）和沃尔玛（Walmart）在内的许多美国大宗商品买家对利用覆盖作物改善供应链中的土壤健康和可持续性表现出浓厚兴趣。2018年，泰森宣布努力实践改善环境，包括在200万英亩的玉米上种植覆盖作物，这些玉米靠近特定的磨坊。牧马人牛仔公司发起了“坚韧的牛仔，温和的足迹”倡议，鼓励棉农采用覆盖作物等土壤保护措施。

第二个趋势是对发展“生态系统服务市场”的兴趣。其基本概念是，农民将从私营部门获得财政补贴，用于保护性耕作，如覆盖作物。土壤健康研究所一直在与诺尔研究所合作建立一个庞大的新生态系统服务市场。最初，该市场只提供给南部平原的生产者，但以后可能会扩展到其他地理区域。在本出版物付印之前，确切的细节仍在完善中。

覆盖作物的非农影响

农场活动的现实影响远远超出了农场本身。总而言之，农业经营活动不仅影响区域生态系统，而且影响农村社区和整个社会。在全面回顾覆盖作物经济学的过程中，值得注意的是覆盖作物影响非农经济的一些方式，特别是在消费者文化中，消费者越来越想知道所购产品的来源和对环境的影响。



研究人员发现，覆盖作物在保护水质方面非常有效。在这里，切萨皮克湾沿岸的田地里种着覆盖作物。摄影：Edwin Remsberg

水质

每个人都想要干净的水，无论是饮水的安全还是湖泊和河流的清澈。不幸的是，由于各种非点源污染的存在，硝酸盐和磷已经引发许多地区的水质问题。切萨皮克湾、墨西哥湾和其他地方的低氧区是由氮和磷等营养物质过多造成的。在这些地区，鱼类和贝类由于缺氧而无法生存，结果当地渔业每年遭受数百万美元的损失。对这些缺氧区的担忧促使政策制定者和农民努力减少美国水道（包

括密西西比河流域）的氮和磷负荷。墨西哥湾和其他水道绝不是农业唯一的养分来源，但它却是重要的养分来源，这意味着生产者有义务减少污染物负荷并改善水质。

覆盖作物是农民改善水质的最佳方法之一，同时这也有助于提高利润。覆盖作物通过固定土壤并在冬季吸收土壤中多余的氮来减少养分损失。对大量研究的回顾表明，它们使农场的氮淋失的中值减少了48%^[17]。此外，相比常规农

田，覆盖作物已显现出减少土壤侵蚀的作用，平均每英亩减少土壤损失20.8吨^[18]。覆盖作物还促进降雨入渗，在某些系统中，降雨入渗使土壤水分增加了六倍以上。进入土壤剖面的水越多，流过耕地的径流就越少，侵蚀的总风险就越小。被侵蚀的土壤颗粒会将沉积物带入水道。

爱荷华州农民的家离水道更近了，该州也越来越关注水营养污染对人类健康的影响，并正在积极寻求解决方案。近年来，



覆盖作物有助于为鹿等野生动物提供全年的食物来源和栖息地，它代表着一种娱乐机会。图源：Courtesy the Missouri Department of Conservation

由于硝酸盐含量过高，该州的一些公用事业公司投资了160多万美元来改善硝酸盐去除水平^[15]。

基础设施成本

覆盖作物在改善降雨入渗和减少土壤侵蚀的同时，其潜在的好处不仅仅局限于污染控制。通过减少河道的含沙量，覆盖作物会减少河道疏浚的频率，从而节省纳税人的钱。更好渗透的承诺意味着覆盖农田能够降低洪水风险，并减少洪水后清理（如修复受损桥梁）的相关成本。最近，忧思科学家联盟（Union of

Concerned Scientists）的最新报告讨论了在洪水年份建造健康土壤如何能将径流和洪水频率降低20%^[1]。在流域的大部分地区使用覆盖作物和免耕技术来改善降雨入渗，可减少为应对更多降雨而增加大坝高度的高昂项目成本。

碳

地球大气中的CO₂浓度已经导致全球各国政府开始考虑采取旨在减少碳排放和储存碳的政策措施，最终目标是减缓气候变化。

土壤是地球上最大的碳库之一，而覆

盖作物是一种积极促进碳固存的办法。一篇文献综述发现，覆盖作物每英亩可固存平均0.58吨碳^[16]。碳固存的社会效益可通过降低与气候变化相关的成本来实现；2018年，加利福尼亚州每吨碳的直接经济价值定为15.10美元^[9]。有人建议，农民因固存土壤碳和为社会提供其他可预见的生态系统服务价值，每英亩每年应获得16美元的补偿。

生物多样性

野生昆虫、鸟类和哺乳动物也能从覆盖作物中受益。地被植物的增加为这些动物提供了更多的饲料和栖息地，特别是在鸟类迁徙以及冬季食物难觅的季节变化期。例如，伊利诺斯州的一个研究项目表明生活在有覆盖作物农田附近的水禽和鸣禽比生活在没有覆盖的农田更多^[19]。对于传粉者，覆盖作物提供的花粉有助于保持有益昆虫的健康和饱食。

通过在非生长季节提供的鸟类和鹿狩猎的好机会，生物多样性的增加也会使州旅游业从中受益。

覆盖作物带来的其他潜在社会节约

联邦政府支持作物种植的一笔最大的支出用于农作物保险。从2007年到2016年，美国国会研究服务中心（CRS）计算出联邦农作物保险的净成本为720亿美元。展望未来，CRS预计2018年到2027年联邦农作物保险将耗资770亿美元。覆盖作物当然不能替代联邦作物保险计划，但有证据表明，多年使用覆盖作物能够为纳税人减少作物的保险成本。这是因为覆盖作提高了土壤适应能力，进而减少干旱年份的产量损失。

覆盖作物的效益底线

当然，确定种植覆盖作物的经济影响并不像进行一年的成本-收益分析那样简单。最终，种植覆盖作物的决定应被视为对农场长期恢复能力的投资。从特定的农场挑战到土壤健康效益的逐渐累积，许多因素都会影响覆盖作物何时开始获得收益。

覆盖作物何时开始回本？

根据本文描述的所有变量，可以肯定地说，通常情况下，覆盖作物到第三年回本，也有可能更早。然而，有时投资回报可能需要更长的时间，但大多数情况下可以加快回报。在覆盖作物满足农场的特殊需要时（如处理抗除草剂杂草、减少土壤压实、改善土壤水分管理和提高土壤肥力，或提供放牧机会），这种情况最会发生。

3到5年后，覆盖作物对土壤健康的影响是什么？

经过3-5年的使用后，良好的覆盖作物管理开始带来土壤健康的改善，从而提高产量、节省投入成本。但并非所有的土壤健康措施都能同样迅速地做出反应。例如，蚯蚓活动和某些细菌和真菌将在覆盖作物使用的第一年内作出反应。然而，土壤有机质开始显著改善可能需要5年或更长时间，这取决于覆盖作物的管理方式和耕作方式。关键的一点是，覆盖作物的收益将持续累积数年。第5年的经济回报一般大于第3年，第7年大于第5年。

底线经济影响是什么？

在干旱条件下，利用覆盖作物进行放牧（假定放牧基础设施已经到位），或者在挑战抗除草剂杂草的情况下，使用覆盖作物通常会在第一年就产生正收益。当从常规耕作转为免耕时，覆盖作物有助于缓解这一转变，使大豆在第一年实现收支平衡，玉米在第二年实现小幅回报。当土壤压实或土壤肥力开始限制产量时，覆盖作



wheat stubble. Photo by Dianne Johnson, USDA NRCS

物可在第二年获得正收益。从联邦政府或州政府计划中获得的补贴还可以让农民在过渡时期立即支付覆盖作物成本。

根据该报告最保守的假设分析，在没有解决任何特定问题时，没有补贴支付或放牧以及正常降雨的情况下，种植覆盖作物平均需要大约三年的时间来实现收支平衡或提供净利润，这与施用石灰解决土壤酸碱度没有什么不同。到第5年，由于产量的增加和生产成本的降低，大多数田地的覆盖作物将产生一定利润。

覆盖作物对农场恢复能力的贡献也未得到充分重视。考虑到大多数农民都购买了作物保险以降低风险。覆盖作物是一种风险管理形式，就像农作物保险一样。对它们投资以改善土壤健康将有

助于减少未来极端天气带来的风险。在干旱年份，大量的覆盖作物收益记录表明，农作物增产达到10%以上。即使在多雨的年份，覆盖作物提供的通风和土壤结构的改善也可以带来明显好处，春季播种或秋季收获可在覆盖作物收获之后2-3天开始。

归根结底，一个广泛的、全面的视角有助于将所有与覆盖作物相关的、能够使农田和农场受益的方式纳入考量。随着农民覆盖作物种植经验的积累，他们最终将进行其他管理变革来补足覆盖作物优势，并在提高其农业生产生产可持续性的同时最大化其整体经济效率。最重要的是，覆盖作物的价值不应仅仅体现在眼前利益，还在于它是能够使农场成功的长期投资。

资源与参考

NRCS的“覆盖作物经济学工具”是一个可免费下载的电子表格，它根据用户的数据评估覆盖作物的收益期。翻译材料和支持性视频也可以通过NRCS网站获得。此外，NRCS还通过其网站提供了一系列广泛的土壤健康情况介绍和视频，可搜索“NRCS土壤健康”。

SARE有许多涉及农作物的出版物和在线资源，包括：

- 有利地管理农作物(www.sare.org/mcccp)
- 为农作物营造更好的土壤(www.sare.org/bsbc)
- 覆盖作物主题室，涵盖了广泛的覆盖作物资源(www.sare.org/covercrops)

非营利性土壤健康研究所提供了越来越多的出版物和视频，涉及农作物和土壤健康。详情请登录：

www.soilhealthinstitute.org

参考文献

1. Basche, A. 2017. *Turning soils into sponges: how farmers can fight floods and droughts*. Union of Concerned Scientists.
2. Bruggink, D. 2018. Cover crop train keeps rolling on. *No-Till Farmer magazine blog*. March 10, 2018.
3. California Carbon Dashboard. 2018. *Carbon price*. Climate Policy Initiative.
4. Congressional Research Service. 2018. *Federal Crop Insurance: Program Overview for the 115th Congress*. Library of Congress report R45193.
5. Conservation Technology Information Center (CTIC). 2013–2017. *Annual reports of the National Cover Crop Survey*. Joint publication of CTIC and SARE.
6. Filbert, M. 2017. *Economic impact of grazing cover crops in cow-calf operations*. Practical Farmers of Iowa: Ames, IA.
7. Hanna, M., and M.M. Al-Kaisi. 2009. *Understanding and managing soil compaction*. Iowa State University Extension publication PM1901b.
8. Hoorman, J., R. Islam, A. Sundermeier and R. Reeder. 2009. *Using cover crops to convert to no-till*. Ohio State University Extension guide SAG-11.
9. Johnson, C. 2017. Cotton in cover. *Furrow Magazine*: October 30, 2017.
10. Lal, R. 2014. Societal value of soil carbon. *Journal of Soil Water Conservation* 69(6): 186A–192A.
11. Lazarus, W.F. 2018. *Machinery cost estimates*. University of Minnesota.
12. Monast, M., L. Sands and A. Grafton. 2018. *How stewardship generates value for farmers, lenders, insurers and landowners*. Report of the Environmental Defense Fund.
13. Sundermeier, A. and R. Reed. 2013. *Tillage, cover crop, and compaction effects on corn and soybeans*. Ohio State University research reports.
14. Sunderlage, B. 2019. *Presentation on cover crops and weeds at 2019 Midwest Cover Crop Council Annual Conference*. Springfield, IL.
15. Tang, C., G.E. Lade, D. Keiser, C. Kling, Y. Ji and Y. Shr. 2018. *Economic benefits of nitrogen reductions in Iowa*. Iowa State University Center for Agricultural and Rural Development.
16. Tellatin, S. and R. Myers. 2018. Cover crop impacts on U.S. cropland carbon sequestration. *Journal of Soil Water Conservation* 73(5): 117A–121A.
17. Tellatin, S. and R. Myers. 2018. *Covercrops at work: Keeping nutrients out of waterways*. USDA-SARE cover crop fact sheet series.
18. Tellatin, S. and R. Myers. 2018. *Covercrops at work: Cover the soil to prevent erosion*. USDA-SARE cover crop fact sheet series.
19. Wilcoxon, C.A., J.W. Walk and M.P. Ward. 2018. The use of cover crop fields by migratory and resident birds. *Agriculture Ecosystems and Environment* 252: 42–50

本栏目由 Rob Myers (University of Missouri and North Central SARE), Alan Weber (MARC-IV Consulting) 和 Sami Tellatin (University of Missouri) 撰写。作者感谢 Lauren Cartwright, Wayne Honeycutt, Jim Hoorman, Eileen Kladvko, Kim Kroll, Lynn Knight, Steven Mirsky, Josh Payne, Wally Tyner, Andy Zieminski 和 Lizi Barba 为本栏目提供的有益评论。同时感谢 Stacy Zuber 给予产量数据分析的帮助，以及保护技术中心和美国种子贸易协会参与的全国覆盖作物调查。

本材料由 SARE 外联组织针对 SARE 计划分发，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 2015-38640-23778。SARE Outreach 根据与马里兰大学的合作协议开展活动，以开发和传播有关可持续农业的信息。

本出版物由美国农业部国家粮食与农业研究所的可持续农业研究和教育 (SARE) 计划开发。此处表达的任何观点、发现、结论或建议都不一定反映美国农业部的观点。



United States
Department of
Agriculture

National Institute
of Food and
Agriculture

