

免耕技术——有机蔬菜生产中的优势与劣势

Автор(и): доц. д-р Цветанка Динчева, ИЗК "Марица" в Пловдив; доц. д-р Емил Димитров, ИПАЗР "Никола Пушкарров", София

Дата: 06.04.2025 Брой: 4/2025



摘要

有机蔬菜生产基于有机生产的主要要求，并与蔬菜作物的特性和具体需求相适应。农场成功生产的一些关键要素包括：土壤健康、覆盖作物的使用和杂草控制。在作物种植中应用免耕技术，通过直接播种/移栽而不进行土壤耕作，为土壤带来了有利的好处（减少板结、侵蚀，保持水分）并提高了农田的生产力。根据作物的生长期正确选择作物，允许在一个生长季内通过种植两茬、三茬，有时甚至四茬作物来集约利用土地。

免耕技术是保护性耕作相关的实践之一，其目的是在保持土壤表面被作物残茬覆盖的同时减少土壤侵蚀。其他能达到类似效果的实践有条耕、垄耕和覆盖，每种方法都有其特定的应用方式、特点、优点和缺点。



常春藤叶婆婆纳 (*Veronica hederifolia*)。一种早春杂草，在2024年4月初停止耕作操作后，记录于免耕苗床。

为了改善有机蔬菜生产中的土壤质量，推荐采用保护性耕作，但其应用可能因杂草控制和土壤板结方面的困难而受阻。一些研究结果表明，此类耕作方式的效果与土壤和气候条件、田间管理实践、杂草水平和类型、前茬作物、土壤结构等密切相关。为了全面评估免耕技术的影响，观察不能仅限于几年，而需要显著更长的时间周期。



滨藜 (*Atriplex hortensis*) 和苍耳 (*Xanthium strumarium* L.)。早春杂草，在2024年4月初停止耕作操作后，记录于免耕苗床。

在有机农业中，会进行大量的土壤耕作操作，主要用于杂草控制，但也包括播种/移栽前的土壤准备、绿肥的翻压、有机肥的施用以及保持疏松的土壤结构。尽管如此，农民对免耕技术的兴趣日益增长，以期减少以下问题：由于重复机械化耕作导致的土壤板结；可能妨碍种子正常吸水的土壤结皮形成，使灌溉损失增加高达35%；对土壤生物有机体的负面影响。根据联合国粮农组织（FAO）的定义，保护性农业依赖于三个主要原则：最小化土壤扰动、永久性土壤覆盖和多样化轮作。



刺莴苣 (*Lactuca serriola*) 和马唐 (*Digitaria sanguinalis*)。早春杂草，在2024年4月初停止耕作操作后，记录于免耕苗床。

保护性耕作具有几个主要问题。为了更清晰，将其与常规耕作进行比较，后者的农业机械工作部件深度可达约20厘米。由于使用不同的工具，耕作深度和土壤破碎程度的差异对土壤结构产生不同的影响。这对耕层中有机质的均匀再分布以及通过更深地掩埋杂草种子（取决于所使用的农业机械）来控制杂草具有积极影响。停止土壤耕作可以防止土壤结皮形成，并通过将作物残茬（有机质）留在地表来防止侵蚀。与翻耕相比，在保护性耕作下，上层土壤中测量到更稳定的团聚体。此外，多项研究表明，免耕增加了土壤有机碳，以及该土层中微生物的丰度、物种多样性和活性。免耕还导致蚯蚓生物量和多样性的增加，保护了它们的栖息地，并促进了水分入渗和根系发育。蚯蚓丰度的增加增强了深层土壤中生物形成的大孔隙度。

关于免耕技术对土壤肥力和作物生产力的影响，一些问题随之产生。由于地表作物残茬的积累和分解，土壤表层0-10厘米的有机质有增加的趋势，但在更深的土层中则急剧减少。在未经过机械破碎的土层，特别是在低胀缩活性（如沙质土壤）的土壤中，观察到总孔隙度下降。相反，在排水不良的黏土中，保护性耕作往往会加剧问题。一个可能的解决方案是用蚯蚓挖掘活动产生的“生物”孔隙度来替代“机械”孔隙度。另一方面，深层土壤的板结和有机质减少会限制土壤微生物的活性。在这方面，出现了两个需要寻求长期解决方案的问题。第一个涉及蚯蚓的丰度、它们在免耕技术下维持和改善土壤大孔隙度的活动有效性，以及这种活动是否足以使土壤-植物系统达到最佳功能状态。第二个问题涉及深层土壤微生物活性的降低，以及这对养分可持续管理将产生什么后果。

在有机农业中，栽培作物的适应性和生产品质依赖于土壤生物过程来吸收养分。由于更高的有机质含量、更丰富的土壤微动物区和大型动物区系以及蚯蚓的活动和多样性，有机农业中的土壤肥力往往高于常规农业。因此，改变土壤肥力的保护性耕作技术可能会强烈影响养分含量、水分特性、杂草丰度以及整个作物生产系统——产量数量与稳定性、杂草种类和丰度。杂草侵扰是蔬菜生产中的一个重大问题。禁止使用除草剂以及停止生长季内的耕作，使得杂草达到临界水平，成为栽培植物的强大竞争者并危及作物。另一方面，它们达到完全发育，产生种子并大量繁殖，这将严重阻碍来年蔬菜作物的生长。因此，杂草控制是有机蔬菜种植的一个主要问题，必须在这种耕作方式的免耕技术下得到良好适应，特别是考虑到留在地表的作物残茬限制了机械除草的实施。采用免耕技术的主要挑战在于保持土壤肥力和实施有效的杂草控制。

结合免耕技术的有机作物种植的特点是，上层土壤（约15厘米）具有更大的微生物生物量和更好的总碳、总氮矿化。这些发现强调，该土层中增加的微生物生物量及其活动补偿了由于缺乏新鲜有机质和土壤颗粒更紧实而在深层减少的部分。地表土壤微气候（温度和湿度）在氮和碳的矿化中起着至关重要的作用，而在保护性耕作下，这些土壤条件可能会减缓该过程。



卷茎蓼 (*Polygonum convolvulus L.*) 和蓝堇 (*Fumaria officinalis*)。早春杂草，在2024年4月初停止耕作操作后，记录于免耕苗床。

在有机蔬菜生产中，可以通过设计适当的轮作、交替播种季节、使用二年生作物以及利用品种的竞争性，结合保护性耕作实践来实现杂草控制。豆科作物——豌豆和菜豆——的种植适合与晚季作物结合，后者同时抑制早春和晚春杂草的发育，降低其密度，并且当出现个别较强的杂草植株时，进行植株间的机械清理。在达到商品成熟度收获后，可以将茎叶部分切割并留在地表作为活体覆盖物。



田旋花 (*Convolvulus arvensis*) 和龙葵 (*Solanum nigrum*)。早春杂草，在2024年4月初停止耕作操作后，记录于免耕苗床。

杂草控制可以通过在蔬菜植株出苗后（直播）或移栽前，将杂草在土壤表面以上1-2厘米的高度进行刈割来实现。这项活动限制了它们的生长，使其不与栽培植物竞争光照。留在地表的刈割后杂草植被会干燥并作为覆盖物保持土壤水分。通过刈割限制杂草的生长和发育，使其无法达到开花和结籽阶段，从而限制其在来年的传播。一年生杂草的控制通过定期刈割容易实现，但对抗多年生禾本科杂草则困难得多，其中最危险的是约翰逊草。限制这种杂草物种的传播只能通过在其发育早期阶段进行机械清除来实现。



两个苗床——免耕（左侧）和耕作（右侧）——一年后，即2025年3月底，可以看到未耕作苗床上杂草密度降低。

在保护性耕作下，观察到土壤板结和土壤团聚体稳定性增加。在从翻耕转向少耕或极简耕的头两年，观察到土壤剖面中压实区域增加；然而，5-6年后，蚯蚓活动和土壤裂隙帮助根系穿透了这些压实区域。因此，需要更多长期研究才能就保护性耕作下的土壤板结及其对土壤-植物系统的影响得出结论。

有机蔬菜生产中另一个重要问题是土壤表面的起垄作畦，这是根据栽培作物的生物学特性进行的，并阻碍了免耕技术在某些蔬菜种类上的应用。这涉及那些需要形成高垄的作物：大蒜、洋葱、番茄、辣椒、胡萝卜、生菜、结球甘蓝。对于其他作物，则形成垄（如马铃薯），这也使它们的种植复杂化。当它们在平坦表面上种植时，免耕是适用的，但这会影响其生产力。免耕技术最容易应用于葫芦科匍匐茎作物并在平坦表面上种植的情况：西瓜、甜瓜和南瓜。

关于免耕技术在有机蔬菜种植中的优点和缺点，可以得出以下一般性结论：

1. 通过保持土壤覆盖，免耕系统减轻了侵蚀；减少了机械耕作引起的土壤板结；对保持水分有积极影响，并改善了土壤结构，从而带来更好的团聚体稳定性和生物活性。
2. 土壤有机质在约15厘米深的土层内增加。
3. 蚯蚓和土壤微生物的活动在深达15厘米的土层内得以保持。
4. 在更深的土壤层，土壤变得板结且有机质贫乏。

5. 杂草控制难以实施。
6. 难以应用于某些类型的蔬菜作物，这取决于其种植技术，因此需要开发新的种植方案。
7. 停止土壤耕作通过减少机器工作时间、能源消耗、机械成本和折旧，产生了积极的经济效益。

照片 © 副教授 Tsvetanka Dincheva 博士，普罗夫迪夫 Maritsa 蔬菜作物研究所；副教授 Emil Dimitrov 博士，索非亚 Nikola Poushkarov 土壤科学、农业技术和植物保护研究所

参考文献

1. Birkhofer K, Bezemer TM, Bloem J, Bonkowski M, Christensen S, Dubois D et al (2008) Long- term organic farming fosters below and aboveground biota: implications for soil quality, bio- logical control and productivity. *Soil Biol Biochem* 40(9):22–37
2. Blanco-Canqui H, Lal R (2007) Soil structure and organic carbon relationships following 10 years of wheat straw management in no-till. *Soil Tillage Res* 95(1–2):240–254
3. Bohlen PJ, Edwards WM, Edwards CA (1995) Earthworm community structure and diversity in experimental agricultural watersheds in Northeastern Ohio. The significance and regulation of soil biodiversity. *Plant and soil* 170:233–239
4. Fließbach A, Mäder P (2000) Microbial biomass and size-density fractions differ between soils of organic and conventional agricultural systems. *Soil Biol Biochem* 32(6):757–768
5. Gerhardt RA (1997) A comparative analysis of the effects of organic and conventional farming systems on soil structure. *Biol Agric Hortic* 14(2):139–157
6. Hole DG, Perkins AJ, Wilson JD, Alexander IH, Grice F, Evans AD (2005) Does organic farming benefit biodiversity? *Biol Conserv* 122(1):113–130
7. Holland JM (2004) The environmental consequences of adopting conservation tillage in Europe: reviewing the evidence. *Agric Ecosyst Environ* 103(1):1–25
8. <http://www.fao.org/ag/ca/>
9. Kay BD, VandenBygaart AJ (2002) Conservation tillage and depth stratification of porosity and soil organic matter. *Soil Tillage Res* 66(2):107–118
10. Kladviko EJ (2001) Tillage systems and soil ecology. *Soil Tillage Res* 61(1–2):61–76

11. Peigné J, Ball B, Roger-Estrade J, David C (2007) Is conservation tillage suitable for organic farming? A review. *Soil Use Manag* 23(2):129–144
12. Peigné J, Vian JF, Cannavacciuolo M, Lefevre V, Gautronneau Y, Boizard H (2013) Assessment of soil structure in the transition layer between topsoil and subsoil using the profil cultural method. *Soil Tillage Res* 127:13–25
13. Peigné, J., Lef