

秸秆还田和免耕对土壤质量的影响

与水或空气质量相比，土壤质量是一个相对较新的概念，依赖于有机物、容重、营养状况和微生物生物量等所测量的指标。其中，有机质可能是维持优质土壤资源最重要的因素。它可提高团聚体稳定性和土壤结构，降低侵蚀潜力，为微生物提供能量。它对养分循环、提高渗入性、保水能力、阳离子交换能力和农药的分解能力都具有重要意义。在一个种植序列中，管理有机物质的最好方法是减少耕作、种植覆盖作物和实行作物轮作，以增加有机投入，如根系生物量。本技术备忘录着重于耕作和残茬管理，因为这两种做法对有机质水平影响最大。残留物管理包括免耕，即为苗床准备一个窄缝或条状，并在苗床表面留下周围的残留物覆盖而不受干扰的方法。其他残留管理方式有覆盖耕、垄耕和季节性残留管理。传统的耕作方式通常包括犁板、圆盘或耢耕以及二次耕作，通过扰动土壤表面为播种做准备。本备忘录集中于破坏性最小的保护性耕作，即免耕。当地的土壤和气候条件可能要求使用其他形式的保护性耕作来保持经济上的可持续性。

影响有机质水平的因素

土壤中有机质的数量是气候、固有土壤特征、土地覆盖和利用以及管理措施综合影响的结果。当雨量或灌溉充足时，植被(生物量)的数量会随着温度升高而增加，但生物量的分解速率也会急剧增加。一般来说，有机物随着降雨量的增加和气温的降低而增加。相反，在温暖、干旱气候下形成的土壤有机质通常含量低，主要是由于生物量产量低。土壤质地是影响有机质的另一个因素。粘质土壤一般比砂质土壤有机质含量高。由于地貌位置或缓慢渗透层而导致排水受限的土壤将比自由排水、有氧的土壤积累更多的有机质，厌氧条件限制了微生物活动，有机质分解速度较慢。人类通过管理方法的选择来影响有机质。农艺的输入，如添加粪肥或肥料增加了(地上和地下)营养生长，从而增加了土壤有机质。作物多样性、覆盖和绿肥作物、减少耕作、与牧草或干草轮作会促进表层残留物的积累，一般会增加表层土壤有机质。相反，需要精耕细作和低残留作物的管理系统会导致土壤有机质的更大损失。

在 19 世纪 50 年代，铧式犁成为初耕的标准。犁翻了土，掩埋了大部分残留的原生植被或以前残留的农作物。土壤的搅拌和翻转促进了微生物的活动，增加了残余有机质的分解速率。例如，1876 年在伊利诺斯州厄巴纳建立的 Morrow 研究地块，由于耕作有机碳减少了 23% (Odeh et al., 1982)。当受雨滴影响得不到保护时，土壤团聚体和大孔隙就会被破坏。这就减少了水的渗入，增加了径流和侵蚀。在更干旱的气候条件下，不受保护的土壤表面变得光滑，使其容易受到风蚀，直到结壳。不幸的是，所有耕作方式都在一定程度上减少了有机质，因此，耕作很难维持土壤有机质水平。添加有机物质，如粪肥，可以帮助维持或增加有机物质的水平。然而，俄勒冈州彭德尔顿的研究表明，由于耕作和夏季休耕，即使以每年每英亩 10 吨以上的速度添加粪肥 40 年后，残余有机质水平并没有显著增加 (Rasmussen 等人，1989 年)。Reicosky 和 Lindstrom (1993) 测量了小麦茬耕后第 19 天土壤二氧化碳的释放。在整个生长季节，犁板耕翻引起的氧化碳量与根系和残体中光合碳总量相当，这个速率是免耕地的 5 倍。总之，研究表明，当整个土地表面都被耕作时，实际上是不可能增加有机质的。

耕作对有机质的影响

从 1989 年到 1995 年，采用免耕的面积从大约 1400 万英亩增加到将近 4100 万英亩 (保护技术信息中心，1996 年)。免耕的一些好处是控制侵蚀、节省燃料、节省劳动力和时间。研究人员已经表明，免耕增加了土壤表层 (三英寸) 的有机质 (Ishmal et al., 1994; Mahboubei 等人，1993 年)。然而，免耕的残余覆盖物能保护土壤表面不受侵蚀，保持水分在孔隙中的连续性。提高整个土壤表面层有机质的最好方法是，通过使用覆盖作物或草皮轮作与免耕 (见技术注释 1 号和 2 号)。Reicosky et al., (1995)，总结了 9 个长期免耕研究，所有这些都表明，有机质增加平均每年每英亩 986 英镑，每年约 0.1%。这些研究的地点在明尼苏达州、内布拉斯加州、伊利诺伊州、俄亥俄州、肯塔基州、乔治亚州和阿拉巴马州。研究时间从 5 年到 11 年不等，平均每年残余土壤有机质的增长率从 80 磅到 2000 磅不等。这些增加是免耕、与粮食作物和覆盖作物轮作的结果。如果没有粮食作物轮作和增加覆盖作物，仅低残留

作物预计有机质不会增加。有机质的增加会影响阳离子交换容量、团聚体稳定性和有效持水能力等特性。

对团聚体稳定性/土壤结构的影响

留在表面的残留物，增加了团聚体的稳定性。免耕系统的土壤团聚体比常规耕作的土壤更稳定，这是由于土壤有机质的分解和细菌和真菌菌丝的存在所提供的额外强度。菌丝的作用就像绳子一样，将更小的团聚体和土壤颗粒捆绑在一起。最近在加州中央山谷进行了一项示范，比较了每年耕作的果园的覆盖作物和永久覆盖作物。为了说明永久覆盖的好处，研究人员将一块来自表层已积累有机质的免耕土壤的土块放入水杯中，另一块来自没有积累有机质的常规耕作土壤。耕过的土壤样品立即开始分散，水变得非常浑浊。表层有机质增加了未耕作样品的稳定性，水体保持清澈。免耕系统的地表残留物有助于保护团聚体的稳定性，保持土壤孔隙的连续性，从而增加渗入速率，减少土壤侵蚀。

对生物活性的影响

一般认为，残留物对农业系统中的微生物种群有多种积极影响。积累于土壤表层 3 英寸的残留物比传统耕作系统提供了更凉爽、更潮湿的环境。表面残留物为硝化和反硝化微生物提供了更多的基质或食物。增加的高碳氮比残留物，在较长时间内减缓矿化速率 (Coleman and Crossley, 1996)。土壤无脊椎动物 (如微节肢动物和蚯蚓) 的数量随着耕作次数的减少而增加，这是由于土壤中凋落物分解真菌数量的增加，这也有助于提高植物生长所需的氮的利用率。比较了免耕和常规耕作的 22 种构成的研究 (House, et al. 1984)，表明免耕系统具有更大的恢复力、更大的无脊椎动物物种丰富度、更大的土壤有机质和更长的氮周转时间。下表重点介绍了与常规耕作相比的一些组成。

高残留有机质水平提高了土壤综合肥力和生产力 (Moldenhauer 等, 1995)。残余的有机物和缓慢的分解速度为作物提供了有限但持续的营养来源。残余有机质也通过提高渗透和保水能力促进更深的生根。

组成	免耕对比传统
作物产量	NT=CT (干旱期间除外)
杂草生物量	NT=CT
残茬分解率	CT>NT
表面作物与杂草残留物	NT>CT
表面凋落物 (N%)	NT>CT
硝化作用活性	NT>CT 在最上层土壤
总土壤 N	NT>CT 在最上层土壤
有机质	NT>CT
土壤含水量	NT>CT
树叶节肢动物	CT>NT
节肢动物物种多样性	NT>CT

管理问题

免耕会使土壤压实成为一个问题。有限的深耕和条形耕作可以在不破坏整个表面积的情况下使压实区破碎。此外，在初始免耕作物生产中，可能需要更多的化学杂草控制，但随着时间的推移，残留物覆盖增加到杂草种子无法发芽的程度，因为它们没有被耕作带到地面上。藤蔓和其他多年生杂草在免耕单一栽培系统中可能变得更加普遍，因为某些杂草可能除草剂控制不住。免耕系统下的作物轮作可以缓解一些虫害和压实问题。在已经退化的农业土壤中，可能需要 3 到 5 年才能看到免耕的好处。然而，与作物轮作和覆盖作物结合使用的免耕可以是改善土壤资源的一种有价值的工具。

总结

有机质是土壤质量的重要指标之一。土壤有机质的一些有益影响包括更好的聚集和团聚体稳定性，更长的养分循环，更高的微生物活性，更大的保水

能力，更大的阳离子交换能力和更低的容重。耕作作业对土壤有机质有显著影响。如果土壤持续耕作，即使投入大量粪肥，维持土壤有机质水平的成功也是有限的。以下是一些保护土壤有机质的有益做法。

- 免耕和其他少耕措施在地表留下残留物，保护土壤免受风蚀和水蚀。
- 免耕系统伴随着作物残渣增加了聚合体的稳定性、有机物、微生物活性和无脊椎动物、渗入性和有效保水能力。
- 作物轮作提供了生物多样性，以减少免耕系统中的昆虫、杂草和疾病。覆盖作物为土壤表面提供保护，向土壤中添加残留物和有机物。
- 包括草和豆科植物在内的轮作有利于控制侵蚀和增加有机物。