

秸秆移走对小麦及大麦田的影响综述

David D. Tarkalson, Brad Brown, Has Kok, Dave L. Bjorneberg 著

国际植物营养研究所武汉代表处 张过师 译 陈防 校

摘要:从对土壤属性及养分循环的影响来看,持续性移走小麦和大麦田中的秸秆问题值得关注。作者查阅近期的文献发现,在灌溉条件下,小谷类作物秸秆移走对土壤有机碳含量无负面影响;而在雨养条件下,其影响则会随不同地方的生产力水平而有所不同。秸秆移走会带走大量的养分,从而加速土壤养分消耗并增加培肥成本。

小谷类作物的秸秆从田间移走后可用作圈养动物的垫料和饲料,亦可用于以纤维素为原料的酒精生产。目前秸秆不还田对土壤性质和养分循环的影响日益受到关注,主要表现在对肥料和燃料价格的影响。小谷类作物(如小麦和大麦)的秸秆是生物燃料生产过程中纤维素的来源。美国2001-2006年小麦及大麦地上部分生物量年均约7,090万吨(干物质),这只相当于美国2000年玉米秸秆产量的25%。

作物秸秆还田很重要,它是土壤有机碳和养分的重要来源。有机碳对土壤肥力,土壤结构,水渗透,土壤持水力,土壤容重有积极作用,可以保持微生物的活性。作物地上部分残留对田地也会有多种有益作用,它们起到了土壤与风、雨等侵蚀力之间隔离层的作用,可以减少水分蒸发,提高水渗透,同时也是养分的来源。本文通过参阅相关文献,重点研究了小谷类作物秸秆不还田与否对土壤有机碳含量变化和土壤养分流失的影响。

灌溉条件下

Brodovsky等(1999)在11年中分别测定了德克萨斯州可灌溉的少耕和传统耕作条件下小麦地和小麦—高粱轮作地0~8厘米表层土壤中有机碳的含量,他们发现无论秸秆不还田与否,土壤有机碳的含量都有所增加,而且还田时增加更快。试验期间,两种耕作条件下的平均谷物产量和地上生物量在秸秆不移除处理中均比移除处理提高了6%。

Bahrani等(2002)在伊朗进行了一个3年期沟灌条件下的小麦试验,发现0~30厘米耕层土壤有机碳含量最后会因作物秸秆还田而有升高的趋势,在此期间土壤有机碳含量即使在作物秸秆被带走时也没有下降,同时发现作物秸秆被移走或燃烧的小区平均小麦产量和秸秆产量都明显高于作物秸秆还田的小区。

Undersander等(1985)在德克萨斯州一个14年期的灌耕地秸秆不还田试验中并未发现不同处理间土壤有机碳含量会有不同。他们发现1967年到1980年间所有处理0~15厘米土层中有机碳含量增



秸秆移除的影响取决于灌溉及其他耕作措施

表1 文献中提出的维持土壤有机碳水平所需的年均碳及秸秆投入量
(改编于表3, 来自 Johnson 等的数据)

地点	研究年限	耕作	作物	灌溉	MSC	MSR
					公斤/公顷/年	
蒙大拿州	6	V形刮板 9-12 厘米	小麦	无	300	750
华盛顿州	30	铧式犁	小麦—休耕	无	4,000	9,999
内布拉斯加州	22	铧式犁	小麦—休耕	无	899	2,249
科罗拉多州	84	铧式犁	小麦—休耕	无	1,100	2,750
华盛顿州	23	铧式犁	小麦—休耕	无	1,200	2,999
墨西哥	5	铧式犁	小麦—玉米	有	1,449	3,623
瑞典	31	手推犁	小麦—大麦	无	1,500	3,750
华盛顿州	30	铧式犁	小麦	无	1,999	4,999
堪萨斯州	42	铧式犁	小麦	无	1,999	4,999
俄勒冈州	45	铧式犁	小麦—休耕	无	2,100	5,251

MSC = 维持土壤有机碳含量水平所需的最小年均地上部分碳投入量 (减去谷物中的碳)。数字基于地上部分秸秆残留而不包括地下根系残留。来自相关科研成果。

MSR = 维持土壤有机碳含量水平所需的最小年均地上部分生物量投入 (减去谷物生物量)。MSR = MSC/0.4



秸秆处理变得日益重要

加了0.76~1.24%, 15~30 厘米土层有机碳含量稳定在 0.67%。在长期不同作物残留处理方式之间小麦产量 (平均 3.4 吨/公顷) 和地上部分生物量 (平均 4.15 吨/公顷) 并没有不同。

Crutten 等 (2003) 在新泽西州一个 6 年期的 喷灌地试验中发现土壤总有机碳含量在不同作物残留处理方式间最后也没有什么不同。在试验期间除有 1 年秸秆还田后谷物产量有所下降外, 作物残留处理方式对秸秆和谷物产量并无影响。

Follett 等 (2005) 在超过 5 年带状灌溉并施氮肥条件下的不同作物残留处理方式试验中发现 0~30 厘米耕层土壤中有机碳含量都有所提高, 其

中作物残留免耕留于地表时其增加会快于作物残留按传统方式翻耕入土或就地燃烧。作物残留被燃烧并翻耕入土时其平均小麦产量 (6.5 吨/公顷) 高于作物残留直接耕入土壤时的平均小麦产量 (5.7 吨/公顷)。作物残留返还土壤对有机碳含量的持续增加作用大于作物残留被移除或燃烧。

作物残留被移除或燃烧后有机碳含量仍得以维持并提高这一点值得注意, 这可能主要是作物根系和微生物的贡献。已有研究报告提出了地下生物量对有机碳贡献的大约范围, 地下生物质含碳量约占总有机碳量的 25~50%。

由于取样和测定根系及其分泌物的碳投入量方面的困难, 很难对地下的生物质量进行精确测算。同时, 作物残留被移除时并不是所有的生物量都被移走, 剩余的作物残留量往往很难确定。

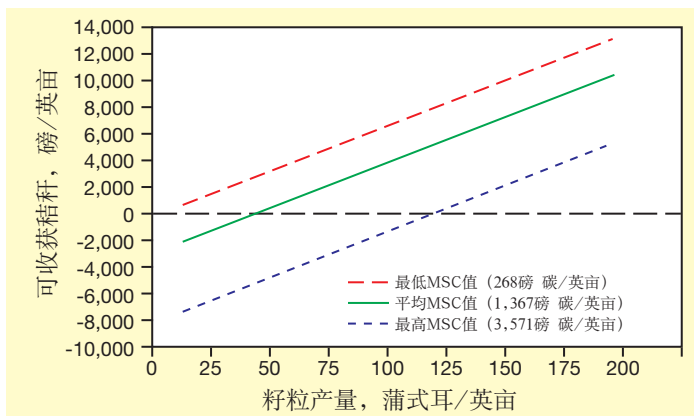


图1 维持一定范围的谷物产量所需的有机碳含量时可收获的年均小麦秸秆量 (MSC)。

维持土壤有机碳含量所需的最低年均作物地上部分残留

有人测定过雨养条件下为维持土壤有机碳水平所需的由小麦地上部分残留所提供的碳量,这对生产者在灌溉条件下采取何种秸秆不还田策略有参考意义。Johnson等(2006)通过参考全球文献发布了小麦生产中的MSC值(表1)。这些研究大多是在雨养或水供应变化比较大的条件下进行的,而灌溉条件下作物产量一般都会稳定在较高水平,因此,不同灌溉条件之间MSC值的直接换算只是近似值。

我们用Johnson等(2006)提出的MSC值测算了维持一定范围的谷物产量所需的有机碳含量时可收获的小麦秸秆量(图1)。中间线是7项研究平均得出,为维持土壤有机碳水平年均要投入有机碳1,531公斤/公顷,从这条曲线可看出,如谷物产量在3,091公斤/公顷以下,要维持有机碳含量水平就不应移走秸秆。在谷物产量达6,720公斤/公顷时,超过3,920公斤/公顷的秸秆可以被移除而不会降低有机碳含量。红短线和蓝短线是从文献中得出来的极限值。详细计算方法可从原作者处获取。

养分损失

表2 小麦和大麦秸秆中的养分平均含量。数值源于多处文献。

作物	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	克/公斤		
小麦	8.1	1.2	10.3
大麦	6.4	0.8	16.5

小麦及大麦秸秆中含有大量的养分,移除会加速养分损失并降低经济效益。表2列出了众多文献中提出的其秸秆中的平均养分含量。通过表2中的平均养分含量和一定范围内的肥料价格计算可以得出小麦秸秆中养分价值在7.05~22.05美元/吨之间,大麦秸秆中养分价值在7.84~25.01美元/吨之间(表3)。

表3 2001-2008年间不同肥料价格时小麦及大麦秸秆中养分的经济价值

作物	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	总和
	美元 / 公斤			
低价	0.49	0.55	0.31	
	美元 / 吨			
小麦	3.94	0.66	3.19	7.81
大麦	3.12	0.44	5.12	8.69
	美元 / 公斤			
高价	1.39	1.98	1.04	
	美元 / 吨			
小麦	11.31	2.39	10.72	24.43
大麦	8.93	1.60	17.18	27.71

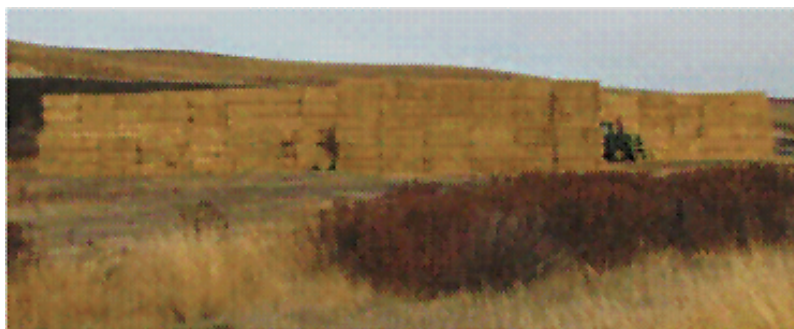
相对于仅收获谷物，若同时收获谷物和秸秆会加快养分（尤其是钾）的消耗速度。与籽粒相比，秸秆中含氮磷少而含钾高。氮磷钾在小麦秸秆和籽粒中含量的平均比值分别是 0.47, 0.26 和 4.12，氮磷钾在大麦秸秆和籽粒中含量的平均比值分别是 0.49, 0.35 和 5.04。

秸秆中养分的价值

评估秸秆的实际价值时应考虑到来年需要的养分补充。例如，含钾高的土壤可能不需要立即补充因秸秆不还田所带走的钾，但长远来看，秸秆不还田所带走的养分最终要被补充才能维持生产。更难的是确定秸秆不还田带走的氮的价值。作物秸秆不移除时，可以额外再加施氮肥以克服暂时的土壤固氮，施肥也可以提高土壤有机碳累积。而在秸秆被移除的情况下，在一个新的土壤有机质平衡达成之前，下茬作物需要的氮肥要少些。

农业生产中承租人和土地所有人之间常会有一个租赁协议，承租人可能更关心短期经济效益而土地所有人会更关注长期效益和可持续性。双方在作决定时都需要考虑到基础的作物养分问题。

在有灌溉条件并包含有小麦和大麦在内的复杂轮作系统中，情况可能与本文所总结的观点有所不同。如在太平洋西北地区，小谷类作物轮作中常包括苜蓿、玉米、马铃薯或者糖用甜菜，而直接研究这些多样的灌溉轮作制的相关数据资料很少见。



灌溉条件下产出大量的多余秸秆

总结

综合数据表明,灌溉条件下小谷类作物秸秆不还田不会降低土壤有机碳含量,而雨养条件下一般需要一些地上部分作物残留来维持土壤有机碳含量。在有灌溉的高产条件下,较高的生产水平可能会为土壤提供足够的地下部分生物量来维持或随着时间推移逐步提高土壤中的有机碳含量。秸秆不还田会带走大量的养分,生产者在衡量秸秆的实际价值时要考虑到未来养分补充所需的花费。

Tarkalson 博士 (E-mail: david.tarkalson@ars.usda.gov) 和 Bjorneberg 博士分别是位于爱达荷州 Kimberly 市的美国农业部农业研究中心的土壤学家/行业体系农学家和农业工程师, Brown 博士是位于 Parma 市的爱达荷州大学作物管理专家, Kok 博士是位于爱达荷州 Moscow 市的华盛顿大学/爱达荷州大学保护耕作学专家。

参考文献:

Bahrani, M.J., M. Kheradnam, Y. Emam, H. Ghadiri, and M.T. Assad. 2002. *Exper. Agric.* 38:389-395.

Bordovsky, D.G., M. Choudhary, and C.J. Gerard. 1999. *Soil Sci.* 164:331-340. Curtin, D. and P.M. Fraser. 2003. *Aus. J. Soil Res.* 41:95-106.

Follett, R.F., J.Z. Castellanos, and E.D. Buenger. 2005. *Soil Tillage Res.* 83:148-158.

Johnson, J.M.-F., R.R. Allmaras, and D.C. Reicosky. 2006. *Agron. J.* 98:622-636.

Rasmussen, P.E., R.R. Allmaras, C.R. Rohde, and N.C. Roager, Jr. 1980. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 44:596-600.

Tarkalson, D., B. Brown, H. Kok, and D.L. Bjorneberg. 2009. *Western Nutrient Management Conf. Proc.* 8:32-37.

Undersander, D.J. and C. Reiger. 1985. *Agron. J.* 77:508-511.

原文自 *Better Crops with Plant Food*, 2009(3):17-19, 国际植物营养研究所武汉代表处张过师译, 陈防校。