

地膜覆盖下土壤有机质的分解与积累

刘金城 杨晶秋 白成云

(山西省农业科学院土壤肥料研究所, 太原 030031)

摘 要

还田有机物在地膜覆盖下的分解略高于露地栽培, 腐殖化系数为0.17~0.41, 土壤有机质的年亩矿化量为92~164kg。有机无机肥配施, 对土壤有机质的贡献高于不施肥、单施化肥和单施有机肥, 尤其是未经分解的有机物, 适量配施化肥, 明显优于等氮量的腐熟有机肥。为此, 要重新组合农业措施, 以调整土壤有机质分解与积累之间的关系。

关键词 地膜覆盖 有机质 腐殖化系数 矿化率

地膜覆盖在农业生产中的广泛应用, 改变了土壤生态环境, 加速了物质和能量转化, 促进了作物的生长发育, 对于稳产增收作出很大贡献。为此, 研究还田物质在地膜覆盖生态环境中的转化, 尤其土壤有机质的分解与积累间的关系, 对于改善作物营养, 培肥土壤和土壤生态环境有着重要作用, 也是人们普遍关注的问题。

试验方法

一、定位试验

试验设计分大田和微区两种。研究模型为: 有机无机肥配施、传统有机农业、单施化肥、不施肥。有机肥采用玉米秸(直还)、厩肥(饲沤)、沼肥(发酵)。每亩以500kg干玉米秸计, 等氮量施入厩肥和沼肥。无机氮、磷以2:1配施有机肥和单施。试验采用地膜覆盖和露地栽培两种形式。供试作物为中单2号玉米。土壤和有机肥的化学性状列于表1。

表1 供试土壤和有机肥的基本性状 (%) , ppm)

项 目	C	全N	全P ₂ O ₅	全K ₂ O	速N	速P ₂ O ₅	速K ₂ O
0~20厘米土层	0.85	0.09	0.17	2.00	61.35	46.97	150.90
20~40厘米土层	0.78	0.07	0.14	2.19			
玉米 秸	45.47	0.68	0.23	1.40			
厩 肥	14.54	0.71	0.69	2.19			
沼 肥	17.48	1.22	3.57	2.00			

二、测定方法

用砂滤管法〔1〕测定还田物质的腐殖化系数；结合态腐殖质分组测定〔2〕

结果与分析

一、地膜覆盖下土壤腐殖质的结合形态

表2结果表明,在各施肥处理的土壤复合体中,腐殖质的结合形态以C组占重组碳的比例最大,达59~69%;A组次之,占19~24%;B组最小,占11~15%。有机无机肥配施后,重组碳含量分别比不施肥、单施化肥、有机肥高24.95%、20.17%、5.58%,说明有机无机肥配施提高土壤胶体活性能力高于单施化肥、有机肥。对于腐殖质结合形态来说,各施肥处理主要是增加A组,比不施肥区提高30.48~44.41%,其中单施有机肥、有机无机肥配施比单施化肥提高11~14%。对于B组,则是有机肥配施和单施有机肥比不施肥处理碳含量增加38~39%。C组仍然是有机无机肥配施>有机肥,而单施化肥其碳含量与不施肥处理持平。

表2 土壤复合体中结合态腐殖质碳含量

处 理	松 结 态 (A)		稳 结 态 (B)		紧 结 态 (C)		A/C
	C%	占重组C%	C%	占重组C%	C%	占重组C%	
覆 盖							
秸秆+NP	0.1949	21.49	0.1093	12.05	0.6053	66.47	0.32
厩肥+NP	0.1989	21.84	0.1276	14.01	0.5699	62.59	0.35
沼肥+NP	0.1992	21.98	0.1237	14.20	0.5770	62.67	0.35
秸 秆	0.1892	21.39	0.1334	15.93	0.5236	59.20	0.36
厩 肥	0.2023	23.04	0.1362	15.43	0.5343	60.71	0.33
沼 肥	0.2051	24.39	0.0932	11.03	0.5414	64.38	0.38
NP	0.1798	23.58	0.0802	10.53	0.5022	65.37	0.36
不施肥	0.1378	18.94	0.0875	12.03	0.5022	69.02	0.27
露 地							
秸秆+NP	0.1370	18.23	0.0736	10.67	0.5342	71.03	0.26
秸 秆	0.1401	18.60	0.0792	10.51	0.5342	70.83	0.26
不施肥	0.1241	12.41	0.0875	12.72	0.4803	69.35	0.26

A/C之比,各施肥处理均比不施肥区有所提高,表明各施肥处理,一方面增加土壤有机质与矿质部分复合数量,另一方面土壤复合体中的A、B组碳含量相对增加较多。显然,前者有利于改善土壤结构状况,后者有利于土壤腐殖质活化。

二、还田有机物的积累

在不同时间内,地膜覆盖玉米秸的腐解略高于露地栽培,腐解一年后,二者的有机碳残留率基本接近,腐殖化系数〔1〕分别为0.28、0.29,与本地区多种情况下测定结果相一致。

同时, 采用砂滤管法, 测定了13种还田物料在土壤中一年后腐殖化系数(表3), 其中禾谷类秸秆为0.25~0.30, 根茬为0.19~0.41, 豆类和绿肥为0.17~0.23, 杂草为0.22, 鲜猪粪为0.28~0.33, 与黄淮海地区〔5〕所测值基本接近, 可作为还田有机物积累的参数。试验还表明, 在同一土壤类型同一有机物的腐殖化系数基本一致, 栗钙土高于褐土; 还田物质是否加氮对测定结果无显著差异; 在年降水量500毫米左右条件下, 灌溉与非灌溉对测定结果亦无显著差异; 春作物或冬作物农田中测定结果也趋于一致, 只是与还田物质的热水溶物、苯溶物含量呈显著正相关, $r=0.89$ 。如豆科绿肥作物含易分解物较多, 则腐殖化系数较小, 其在土壤中的积累相对减少。所以, 采用秸秆直接还田有一定的生产价值和科学道理。

表3 不同还田有机物的腐殖化系数

项 目	晋 中	晋 东 南	晋 南
玉 米 秸	0.30	0.27	0.28
玉 米 茬	0.41		
小 麦 秸	0.27	0.30	0.26
小 麦 茬	0.38		
高 粱 秸	0.25		
高 粱 茬	0.19		
谷 茬	0.40		
大 豆 秸	0.23		
春箭舌豌豆	0.21		
芥 麻	0.17		
田 菁	0.17		
野 艾	0.22		
鲜 猪 粪	0.28	0.31	0.33

三、土壤有机质的年矿化量

根据土壤氮素矿化作用的损失与土壤有机质的矿化作用呈比例关系, 以及土壤中95~99%的氮素来自土壤有机质部分的原理, 采用二种计算方法: 一是依田间试验不施肥区, 全年作物地上部分吸收的氮量, 扣除种子(玉米亩含N素0.038kg)、降雨(亩N素0.05kg)携入的氮量, 除以上年秋收后耕层全N量。二是依据连续定位试验资料(土壤有机质含量、作物籽实产量, 年亩还田有机物数量), 结合砂滤管所测还田物和根茬的腐殖化系数, 按下式推算土壤有机质年矿化率〔3〕:

$$C = \frac{aM}{b} - \left(\frac{aM}{b} - C_0 \right) \cdot e^{-bt}$$

式中, b 为土壤有机质年矿化率; t 为经历年数; C_0 为原来土壤有机质含量; C 为经 t 年后土壤有机质含量; M 为每年加入的新鲜有机质数量; a 为还田有机物的腐殖化系数。

计算结果表明, 在山西褐土区, 耕层土壤有机质年矿化率在3~5%范围内, 其中地膜

覆盖玉米为 4.62 ± 0.39 ，露地栽培玉米为 4.21 ± 0.44 。

在连续施肥农田中，还田有机物在土壤微生物作用下，不断分解形成新腐殖质，新腐殖质又继续分解。其分解速率是估算农田土壤有机质平衡的重要参数。依据 $C_t = C_0 \cdot e^{-rt}$ 公式进行计算。式中， C_0 为还田后第一年末土壤有机碳残留率； C_t 为自第一年末起经 t 年后土壤有机碳残留率； r 为新形成腐殖质的年矿化速率。

经曲线回归计算结果列于表4中。所得结果与国内研究结果相近〔4〕。连续三年不施肥区，土壤碳、氮储量降低，有机碳的年矿化率（ r 值）显著偏低。所有连续施肥处理，土壤有机碳的年矿化率相差不大，但从其对土地生产力的贡献比较，则有所不同。地膜覆盖较露地栽培处理略高，玉米秸直还土壤，其新腐殖质的年矿化速率高于腐熟有机肥，减半期、周转期则低于腐熟有机肥。说明连续施用未经分解的有机物，利于土壤有机质的常新壮。

表4 不同施肥措施土壤腐殖质的年矿化率

施肥措施	0~20厘米土壤有机碳		
	年矿化率 ($r \text{年}^{-1}$)	减半期 (年)	周转期 ($1/r \text{年}$)
覆 盖			
不施肥	0.0467	14.8	21.4
玉米秸	0.0712	9.7	14.0
厩肥	0.0635	10.9	15.7
沼肥	0.0560	12.4	17.9
NP	0.0470	14.7	21.3
玉米秸+NP	0.0687	10.1	14.6
厩肥+NP	0.0656	10.6	15.2
沼肥+NP	0.0607	11.4	16.5
露 地			
不施肥	0.0425	16.3	23.5
玉米秸	0.0706	9.8	14.2
玉米秸+NP	0.0658	10.5	15.2

四、土壤有机质平衡

由有机物还田量及其腐殖化系数，求得各施肥区作物残体（自然归还）和人为施肥积累的土壤有机碳量（年积累量）。根据不同施肥措施土壤有机碳的矿化速率数（ r 值）和周年初土壤有机碳含量，计算土壤有机碳的理论年矿化量。又据三年土壤平均有机碳含量与试验前土壤有机碳含量，求得一年间0~20厘米土壤有机碳储量的实际增减值。从表5中看出，土壤有机碳平衡理论值和实测值颇有差异，其原因是复杂的。如计算作物残体积累的有机碳时，没有考虑作物生长期根对土壤有机碳的贡献〔6〕，不施肥情况作物实际吸收的氮素数量与土壤有机质的分解量不一定严格相关。但上述两种途径所得土壤有机碳的盈亏值有一定的相关性（ $r = 0.55$, $P < 0.02$ ）。因此，可以认为估算结果在一定程度上概略地反映

表5 土壤有机质的平衡状况 (kg/亩)

处 理	土 壤 有 机 碳 理 论 值				0~20厘米土壤有机碳实测值	
	年矿化量	年积累量	盈 亏	占原含量%	盈亏量	占原含量%
覆 盖						
不施肥	58.63	27.67	-30.96	-2.43	-17.60	-1.39
玉米秸	95.07	96.27	+1.20	+0.09	+62.15	+4.88
厩肥	84.45	48.58	-35.87	-2.82	+56.85	+4.47
沼肥	71.95	42.32	-29.63	-2.33	+11.75	+0.92
化 肥	59.39	27.99	-31.30	-2.46	+9.35	+0.73
玉米秸+NP	91.71	95.47	+3.76	+0.30	+61.95	+4.87
沼肥+NP	86.13	48.60	-37.53	-2.95	+39.95	+3.14
厩肥+NP	84.22	41.98	-42.24	-3.32	+51.35	+4.03
露 地						
不施肥	53.58	27.52	-26.06	-2.05	-12.45	-0.98
玉米秸	94.11	95.72	+1.61	+0.13	+54.55	+4.27
玉米秸+NP	88.83	95.63	+6.80	+0.53	+76.95	+6.04

了土壤有机碳平衡的实际情况。比较表明, 连续不施肥区, 土壤有机碳平衡出现严重亏损, 地膜覆盖亏缺高于露地栽培, 这与覆盖后土壤水、热等条件发生变化有关。单施化肥, 靠其增加残体(自然归还)量来维持和提高土壤有机质含量是有限的。在等氮量情况下, 单施有机肥或有机无机肥配施, 土壤有机碳理论平衡值差异很大, 施用未经分解的玉米秸, 无论地膜覆盖, 还是露地栽培, 土壤有机碳都是正值, 后者高于前者。而施用腐熟有机肥, 由于等氮下其投入量相对减少, 土壤有机碳年积累量不及年矿化量, 出现亏损。这就又一次说明, 施用未经分解有机物, 对土壤有机质的贡献, 明显优于等氮下的腐熟有机肥。启迪人们为维持和提高土壤有机质的平衡, 要重新组合农业措施, 以调整有机质分解与积累之间的关系, 把维持和提高土壤有机质水平与不断增加农作物产量统一起来。

参 考 文 献

- [1] 林心雄等: 田间测定植物残体分解速率的沙滤管法, 《土壤学报》, 18(1) 1931
- [2] 傅积平: 土壤结合态腐殖质分组测定, 《土壤通报》, 1983(2): 36—37
- [3] 井子昭夫: 应用数学方法研究土壤有机质的分解与积累, 《土壤学进展》, 1983(6): 34—43
- [4] 马成泽: 肥料配合使用对农田生产力和土壤有机质平衡的影响, 《国际平衡施肥学术会议论文集》, 中国农科院土肥所编, 1988: 446—451
- [5] 王维敏等: 黄淮海地区农田土壤有机质平衡的研究, 《中国农业科学》, 1988(1): 19—26
- [6] D. R. Sauerbeck 等著, 夏荣基等译: 《土壤有机质研究》, 科学出版社, 1982: 32—36

The Decomposition and Accumulation of Soil Organic Matter under Film Mulching

Liu Jincheng Yang Jingqiu Bai Chengyun

*(Soil and Fertilizer Research Institute, Shanxi Academy of Agricultural
Sciences, Taiyuan 030031)*

Abstract

The decomposition of field-returned organic matter under film mulching was slightly higher than that under open ground cultivation, the humusification factor being 0.17-0.41, and the annual mineralization per mu (1/16 hectare) 92-164 kg. Application of mixed organic fertilizer and mineral fertilizer contributed more organic matter to soil than non-application, and only application of chemical fertilizer or organic fertilizer. Especially for undecomposed organic matter, appropriate application of chemical fertilizer is obviously superior than that of thoroughly decomposed organic fertilizer of equal amount of nitrogen. Therefore, it is necessary for recombine agronomic practices to adjust the relationship between the decomposition and accumulation of soil Organic matter.

Key words: Film mulching; Organic matter; Humusification factor; Rate of mineralization