

黑土肥力特性和培肥技术的研究

第一报 黑土腐殖质含量组成 及其与肥力相关性分析*

孙宏德 李 军 尚惠贤 王柏涛 宋 钢

(吉林省农科院土肥所)

土壤有机质是指存在于土壤中的各种含碳有机化合物,大致可以分成两大类:一类为非腐殖物质,如碳水化合物,含氮化合物,含磷、含硫化合物等;另一类,为腐殖物质,是有机质中完全失去生物残体迹象的特殊化合物,如胡敏酸、富里酸、胡敏素等。根据近年来的研究,非腐殖物质约占土壤有机质总量的30~40%;腐殖物质约占60~70%。关于有机质,特别是腐殖质与土壤肥力的关系,国内外已有大量研究资料。趋向一致的看法是:首先,认为有机质是作物养分的主要源泉,资料表明,氮素的95%以上,磷素的50~70%,硫素的90%,硼和钼的大部分来自土壤有机质;其次,能改善土壤的物理和物理化学性质,土壤的结构性、通透性、渗漏性等都直接或间接地受有机质含量的影响,有机质还具有吸附性、缓冲性、刺激性等性能,可以减轻农药的残毒以及作物病害等;第三、有机质能供给土壤微生物所需的能量和养料,激发其大量繁殖,从而有利于有机养分的矿化作用和作物的吸收。对于有机质的分解规律,有机质及腐殖质组成性质,改土培肥机理等,都还没有完全研究清楚。

国内外经验证明,凡是高产稳产农田,其有机质含量一般在3~5%。近些年来,化肥施用量逐年增加,有的高达每公顷一吨。而粮食增产幅度却不大,有的甚至出现土壤板结、通透性差、作物病害加重等问题。不少学者认为,这与有机质归还的数量不够,土壤腐殖质不能维持在一定水平上有关。

土壤有机质对培肥地力到底起多大作用,其动态平衡含量的适宜值为多少,以及高、低肥力土壤腐殖质组成含量变化规律如何等等,诸家看法不一,土类之间差异较大,如北方黑土有机质含量为2~6%,而南方红壤为0.5~3.5%。因此,必须对每个土类进行深入研究,做出科学的回答。

1979~1980年,我们以榆树、德惠、怀德三县为重点,对吉林省中部黑土腐殖质含量组成及其与肥力的关系,进行了调查研究,现将初步结果报告如下。

一、黑土肥力特性和研究方法

供试黑土分布在中长铁路两侧黄土台地上,母质为黄土状沉积物,已有二、三百年开

*本文承蒙杨国荣、高金芳、刘仲臣同志审阅,特此致谢。

发历史。据现有资料统计，黑土面积为200多万公顷，占全省总面积的11%；耕地面积近150万公顷，占全省耕地面积的32%。土质肥沃，雨量充足，年降水量500~600毫米，无霜期130~140天。是全省主要商品粮基地。黑土主要理化特性见表1。

研究方法是选择相同地形部位（岗、平、洼），同一土种高、低肥力田块做对比。高、低肥力根据常年玉米产量确定，亩产800斤以上为高肥田，亩产600斤以下为低肥田。同时期采取土样，采土时间在4~5月份，采土部位为垄沟垄帮各半，多点混合取样，采土深度为0~20、20~40厘米。

表 1 黑 土 理 化 性 状

土壤名称	剖面地点	深度 (cm)	腐殖质 (%)	全 N (%)	水解 N mg/100g土	速 K ₂ O mg/100g土	容 重 克/cm ³	总孔隙度 (%)	备注
厚层黑土	德惠县达家沟公社杏山大队	0—31	4.08	0.192	13.875	2.138	1.17	55.34	荒地
		31—50	3.35	0.150	13.293	0.116	1.21	54.02	
		50—100	3.16	0.147	10.717	0.854	—	—	
		121—140	2.35	0.091	6.220	3.534	—	—	
厚层黑土	同上	0—20	3.00	0.160	12.768	4.759	1.25	52.70	耕地
		20—50	2.90	0.136	9.823	1.979	1.32	50.39	
		50—116	2.82	0.138	11.579	3.171	—	—	
		116—136	2.11	0.098	6.182	3.696	—	—	

分析方法，腐殖质采用丘林法，腐殖质组分为焦磷酸钠提取—重铬酸钾法，全氮为重铬酸钾硫酸消化法，全磷为高氯酸—硫酸酸溶—钼锑抗比色法，水解氮为扩散吸收法，速效磷为碳酸氢钠法，全钾、速效钾为火焰光度法，物理分析为一次采样连续测定法。

二、黑土腐殖质含量、组成与肥力特性

(一) 高、低肥力田块腐殖质数量的差异

黑土开垦后，腐殖质含量趋于下降。由于耕作、管理、培肥措施不同，熟化程度各异，腐殖质含量有明显差异。在调查的40个高肥力田块中，0~20厘米腐殖质含量在2.6~4.0%的占79%，而20~40厘米腐殖质含量在2.0%以上的也达74%；而调查的17个低肥力田块中，0~20厘米腐殖质含量绝大部分都在2.5%以下，20~40厘米的腐殖质含量有82%集中在2%以下。可见高肥力田块不论是0~20还是20~40厘米，腐殖质含量都高于低肥力的田块，见表2。0~20厘米，高肥田腐殖质平均含量为2.79%，在35个样本中，

表 2 高、低肥力田块腐殖质含量的分布频率

项目 肥力等级	深度 (cm)	腐 殖 质 (%)							调 查 的 田 块 数
		1.0 以下	1.0—1.4	1.5—2.0	2.1—2.5	2.6—3.0	3.1—3.5	3.6—4.0	
高 肥 力	0—20				21	46	29	4	40
	20—40		3	23	41	23	10		
低 肥 力	0—20		6	29	65				17
	20—40	13	19	50	18				
占 调 查 田 块 的 %									

有70%波动在2.43~3.15%。而低肥田其平均含量为2.07%，在17个样本中，有70%波动在1.63~2.51%。20~40厘米，高肥田腐殖质平均含量为2.36%，低肥田为1.63%。耕层腐殖质高肥田比低肥田高35%，全氮高89%，全磷高54%。20~40厘米，高肥田比低肥田腐殖质高45%，全氮高31%，全磷高57%。随着黑土腐殖质数量增加，全氮、全磷也增高，见表3。显著性测验，高肥、低肥的腐殖质含量差的P值小于0.01，差异极显著。

表 3 高、低肥力腐殖质含量

深度 (cm)	肥力	项 目	总 C 量	腐 殖 质	全 N	全P ₂ O ₅	样 本 数
		数 据	(%)	(%)	(%)	(%)	n
0 — 20	高肥	平均值 $\bar{X}_1$	1.625	2.793	0.215	0.036	35
		标准差 S_1	0.228	0.387	—	—	
	低肥	平均值 $\bar{X}_2$	1.250	2.073	0.113	0.036	17
		标准差 S_2	0.157	0.447	—	—	
20 — 40	高肥	平均值 $\bar{X}_1$	1.329	2.857	0.118	0.046	35
		标准差 S_1	0.244	0.548	—	—	
	低肥	平均值 $\bar{X}_2$	0.959	1.629	0.090	0.029	17
		标准差 S_2	0.238	0.412	—	—	

(二) 高、低肥力田块腐殖质质量的差异

调查研究结果表明，高肥田 0~20厘米胡敏酸加富里酸平均为0.63%，在调查的35个样品中，有70%波动在0.52~0.74%间；同层低肥田平均为0.53%，在17个样本中，有70%波动在0.43~0.61%。耕层高肥田比低肥田高19%；20~40厘米，高肥田比低肥田高33%。胡敏酸、富里酸趋势同上。见表4。这说明高肥田结构性、保氮性和供磷能力均比低肥田好。

表 4 高、低肥力腐殖质组分含量

深度 (cm)	肥力	平均值 $\bar{X}$ 和 标准差S	胡 敏 酸 + 富里酸 (%)	胡 敏 酸 (%)	富 里 酸 (%)	胡 敏 素 (%)	样本数 n
0 — 20	高肥	$\bar{X}_1$	0.633	0.300	0.334	0.986	35
		S_1	0.111	0.085	0.054	0.163	
	低肥	$\bar{X}_2$	0.530	0.231	0.275	0.731	17
		S_2	0.094	0.051	0.040	0.120	
20 — 40	高肥	$\bar{X}_1$	0.529	0.241	0.290	0.788	35
		S_1	0.149	0.099	0.079	0.148	
	低肥	$\bar{X}_2$	0.399	0.187	0.213	0.561	17
		S_2	0.127	0.072	0.061	0.153	

(三) 高、低肥力田块腐殖质数量和质量在犁底层上下的差异

对于不同肥力水平的田块，犁底层上部（0~20厘米），高肥田比低肥田腐殖质含量高34%，富里酸加胡敏酸高18%，胡敏酸高18%，犁底层下部（20~40厘米），高肥田比低肥田腐殖质含量高40%，胡敏酸加富里酸高33%，胡敏酸高46%，见表5。

表5 高、低肥力田块犁底层上下腐殖质的差异

深度 (cm)	肥力等级	腐殖质 (%)	胡敏酸 + 富里酸 (%)	胡敏酸 (%)	富里酸 (%)	胡敏素 (%)
0 ↓ 20	高 肥	2.79	0.63	0.30	0.33	0.99
	低 肥	2.07	0.53	0.23	0.27	0.73
	高、低肥 含量比	1.34	1.18	1.18	1.22	1.36
20 ↓ 40	高 肥	2.36	0.53	0.24	0.29	0.79
	低 肥	1.63	0.40	0.19	0.21	0.56
	高、低肥 含量比	1.40	1.33	1.46	1.34	1.39

经过显著性测验，0~20厘米和20~40厘米高、低肥田块腐殖质组分含量差的P值小于0.01，差异极显著。

从上述比较中，不难看出，高、低肥力田块肥力差异，不仅表现在犁底层以上（0~20厘米），高肥田腐殖质含量和质量高于低肥田，尤其表现在犁底层以下，即20~40厘米，高肥田腐殖质含量和质量比低肥田的差异更为突出。低肥田肥力低，产量不高不稳，与20~40厘米腐殖质含量及质量显著降低有关。

(四) 腐殖质与氮、磷的关系

腐殖质和氮、磷关系也很明显。我们对一百多个高、低肥力田块的分析数据，作了统计分析：0~40厘米腐殖质含量（1.4~4.0%）与全N、全 p_2O_5 、水解N均呈显著相关。其相关系数为R（与全N）=0.7861，R（与 p_2O_5 ）=0.6128， $n=118$ ；R（与水解N）=0.8565， $n=18$ 。其回归方程式

分别为： $y = -2.1673 + 35.79x$ （与全N）， $y = 1.4066 + 19.57x$ （与全 p_2O_5 ）， $y = 0.2885 + 0.1555x$ （与水解N），见图1。

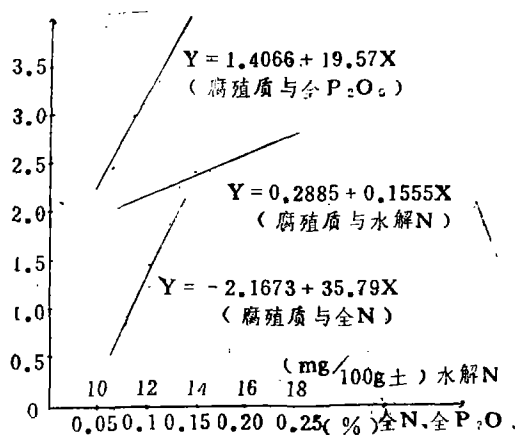


图1 腐殖质与全N、全 p_2O_5 、水解N相关图

在统计分析中，还发现腐殖质含量与氮磷比值呈幂函数曲线相关。相关系数 $R = -0.7043$ ，相关比 $\eta = 0.8655$ ， $t = 2.7686$ ，自由度 $f = 29 - 2 = 27$ ， $t_{0.01} = 2.771$ ，差异极显著，见图2。

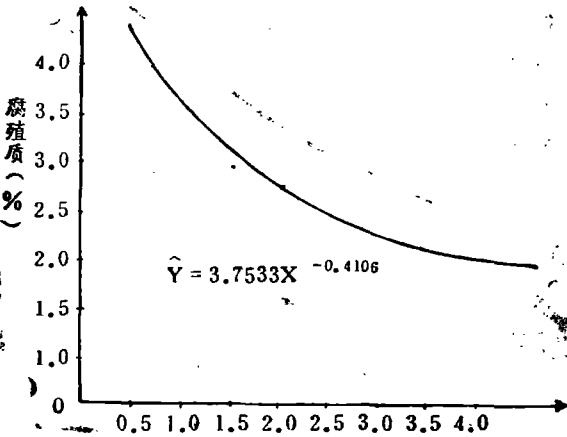


图2 腐殖质与全N/全 P_2O_5 相关曲线

(五) 腐殖质与土壤物理性状的关系

腐殖质不仅影响氮磷营养，而且还影响土壤容重、总空隙和通气空隙等物理性状。我们对五个腐殖质含量较多和六个腐殖质含量较少的田块做了比较。结果表明，0~20厘米腐殖质含量在2.12~3.10%范围内，容重变动幅度为1.14~1.49，平均为1.25；总空隙变动在40.4~52%之间，平均46.7%；通气空隙变动范围在9.97~26.46%，平均18.03%。腐殖质含量在1.5~2.1%范围内，容重变动在1.30~1.57，平均1.38；总空隙变动在37.3~46.32%之间，平均42.5%；通气空隙变动范围在6.74~21.9%，平均

13.31%，见表6。腐殖质含量高的(2.12~3.1%)比含量低的(1.5~2.1%)容重低10.4%，总孔隙度高9.9%，通气空隙高35.5%。即腐殖质含量高，容重减小，总空隙和通气空隙都增高。这表明土壤有机质多，透水透气，物理状况好。

表6 腐殖质含量与物理性状的关系

肥力	深度 (cm)	腐殖质含量		容重克/cm ³		总空隙(%)		通气空隙(%)		样本数n
		变幅	平均	变幅	平均	变幅	平均	变幅	平均	
高肥	0	2.12	2.61	1.14	1.25	40.4	46.7	9.97	18.03	5
	20	3.10		1.49		52		26.46		
低肥	0	1.56	1.80	1.30	1.38	37.3	42.5	6.74	13.31	6
	20	2.10		1.57		46.32		21.9		

(六) 腐殖质与作物产量的关系

土壤腐殖质有着不可代替的特殊功能，除特殊矛盾(如盐碱土、涝洼地等)外，腐殖质数量多，质量好，则土壤疏松，透水通气，保肥供肥性能好，抗逆性强，高产稳产，如表7。高肥田腐殖质的数量和质量都好于中肥田和低肥田，其产量分别比中、低肥田高0.5和2.5倍。所以，改土培肥的中心环节，就是千方百计地提高土壤腐殖质的数量和质量。

表7

腐殖质和作物产量的关系

地 点	肥 力	深 度 (cm)	腐殖质 (%)	胡敏酸 C (%)	富里酸 C (%)	胡敏素 C (%)	全 N (%)	全 P_2O_5 (%)	玉米产量 (斤/亩)
公主岭省农科院 试验地	高	0—20	3.13	0.29	0.36	1.17	0.171	0.069	1207
	肥	20—40	2.61	0.23	0.32	0.96	0.127	0.051	
怀德县凤响公社 平顶山大队	中	0—20	2.43	0.28	0.32	0.80	0.121	0.034	774
	肥	20—40	1.95	0.26	0.23	0.64	0.093	0.028	
同 上	低	0—20	2.40	0.33	0.33	0.73	0.132	0.032	348
	肥	20—40	1.69	0.24	0.25	0.49	0.083	0.028	

三、小 结

(一) 由于腐殖质含量高低直接或间接地影响作物产量，并与作物所需主要养分氮、磷呈直线相关，而且明显地影响土壤物理性状。因此可以认定腐殖质是土壤肥力的核心物质，是衡量土壤肥力的重要指标。不同土壤、不同作物、不同耕作制度下腐殖质含量的适宜值不同，本文提供的资料表明，在目前生产水平上，玉米亩产800斤以上，高肥黑土0~20厘米适宜含量为2.6~4.0%，20~40厘米为1.5~3.0%。

(二) 腐殖质含量影响肥力水平，这在玉米亩产低于600斤的黑土上表现尤其突出，其犁底层以下(20~40cm)比以上(0~20cm)腐殖质含量显著降低。调查中发现这些田块都是多年不施或少施有机肥，而且有机肥质量低劣。因此，应结合深翻，增施优质农家肥料，加以改良。

(三) 腐殖质含量与全氮、全磷比值呈幂函数曲线相关。即随着腐殖质含量提高，氮磷比值降低，全磷量增加明显。在目前化肥品种单一，氮肥多而磷肥少的情况下，可以通过增施优质有机肥，以平衡氮磷比例，增加氮肥肥效。

参 考 文 献

- (1) 陈思凤等 黑土肥力的基础物质与土体构型的某些性质及其相互关系 辽宁土壤学会1979年论文集
- (2) 杨国荣 吉林省土壤肥力特性和培肥改土途径(内部资料)
- (3) 文启孝 土壤有机质的动态平衡 1980年全国土壤有机质及有机肥料会议论文