

# 东北黑土有机质和酶活性与土壤肥力的关系

邱凤琼 周礼恺 陈恩凤 丁庆堂 张志明 党连超

(中国科学院林业土壤研究所)

在前人和我们以往工作的基础上,我们认为,研究土壤肥力,既要考虑“体质”(指比较综合地、全面地反映土壤肥力的基础物质的组成与特征),又要考虑“土体”(指耕层及其连接部分),才能找到接近实际的肥力指标。本研究试图探索东北黑土中有机质和酶活性与土壤肥力的关系。

## 一、材料和方法

供试土壤包括不同开垦年限以及不同熟化度的深厚黑土,草甸土、中厚黑土、浅层黑土等的表土。深厚黑土采自黑龙江省九三国营农场。草甸黑土采自友谊国营农场。中厚黑土采自黑龙江省巴彦县兴隆镇公社。浅层黑土采自吉林省怀德县凤响公社。此外,还包括三个土壤剖面,一个采自九三国营农场未垦黑土荒地;另两个采自黑龙江省巴彦县兴隆镇公社富源大队,均为开垦已一百多年,历年施用有机肥料,熟化度较高的土壤。采样时间是1978年5月25日—6月10日。

测定方法:土壤有机质和腐殖质组成分别用Тюрин法及Кононова快速法<sup>[1]</sup>。脲酶活性用Hoffmann G.与Teicher K.法<sup>[2]</sup>。转化酶用Hofmann E.与Seegerer A.法<sup>[3]</sup>、磷酸酶用Hoffmann G.法<sup>[4]</sup>、过氧化氢酶用Кацнельсон P. C.法<sup>[6]</sup>、多酚氧化酶用Галстян A. Ш.法<sup>[5]</sup>。土壤养分及理化性质用常规分析法。

## 二、结果与讨论

### (一) 黑土中有机质和酶活性与其他肥力因素的相关性

在土壤肥力研究中,研究者们常采用土壤养分含量、土壤结构、土壤生化过程或土壤某些理化性质等为指标,从不同角度来反映土壤肥力某一侧面。项目繁多,但无法综合评价。我们试图从土壤基础物质之一的有机质着手,探索有机质和酶活性与其他肥力因素的相关性,以便找出反映土壤肥力的指标。

土壤腐殖质组成与土壤酶活性及其他肥力因素的相关性见表1。从表1可以看出,与有机碳、C/N值、胡敏酸、富里酸、过氧化氢酶等呈显著相关的项目较多,尤其是与有机碳呈显著相关的项目达九项,其中七项呈非常显著相关。它们是:胡敏酸( $r = 0.93$ ), ( $n = 14$ , 以下同), 富里酸 ( $r = 0.77$ ), 活性胡敏酸 ( $r = 0.66$ ), 胡敏素 ( $r = 0.92$ ), 脲酶 ( $r = 0.67$ ), 中性磷酸酶 ( $r = 0.67$ ), 全氮 ( $r = 0.78$ )。呈显著相关的有与钙结合的胡

敏酸 ( $r = 0.50$ ), 阳离子代换量 ( $r = 0.53$ )。这表明, 土壤有机碳含量不仅与其组分以及全氮密切相关, 且与脲酶和中性磷酸酶活性相关。由于土壤是一个很复杂的自然体, 因此与土壤肥力有关的因素, 相互关系的发生, 常常不是二种因子所能包括的, 如养分的含量除与有机碳含量有密切关系外, 土壤酶活性, 阳离子代换量也是重要因子之一, 这样在考虑影响养分因子时, 除注意有机碳含量外还应注意其他因子对养分含量的影响。为探索它们间的相互关系, 进一步计算了它们的净相关和复相关。所获结果列表 2, 表 2 中的净相关  $r'$  值说明, 土壤有机碳及其组分和养分与土壤酶活性之间的净相关, 有 7 项呈极显著正相关: 如有机碳和胡敏素与全氮  $r' = 0.85$ , 胡敏酸和胡敏素与全氮  $r' = 0.7$  等。呈显著相关的有三项, 如胡敏素和脲酶与全氮  $r' = 0.48$ 、富里酸和全氮与阳离子代换量  $r' = 0.51$ 。这表明它们之间某一因子的参数处在相对稳定的状态时, 其它两种参数仍保持显著相关。

表 2 中的复相关  $R$  值绝大部分都呈极显著相关达 27 项。其中  $R = 0.9$  以上的达七项。如有机碳和胡敏素与脲酶  $R = 0.93$ ; 有机碳和脲酶与全氮  $R = 0.83$ ; 有机碳和全氮与阳离子  $R = 0.79$ ; 这表明, 土壤有机质的含量变化直接影响着土壤酶活性和土壤全氮含量。因此, 为了培育高肥力的土壤, 必须保持一定数量的有机质。

胡敏酸在土壤肥力中的作用 Кульчицкая. А. И. 等人曾指出<sup>[7]</sup>, 随着胡敏酸含量不断增加, 土壤结构性(多孔性和水稳性)亦随之变好。土壤结构性是土壤肥力的基础, 表 2 中的数据表明胡敏酸和全氮与有机碳的  $R = 0.95$ ; 胡敏酸和中性磷酸酶与富里酸  $R = 0.78$ ; 胡敏酸和物理性砂粒与富里酸  $R = 0.78$ ; 相关性极显著。说明胡敏酸对养分含量, 酶活性的影响起着有益的作用。

富里酸是腐殖质组成中分子量较小、活动性较大的成分, 表 2 指出: 富里酸和转化酶与阳离子代换量  $R = 0.73$ , 富里酸和全氮与阳离子代换量  $R = 0.73$ 。呈极显著正相关, 表明它在土壤养分的转化和吸收性能的变化方面起着积极的作用。

胡敏素是土壤腐殖质组成中比较稳定的一组, 表 2 所列数据表明: 胡敏素和脲酶与全氮的  $R = 0.76$ , 胡敏素和全磷与中性磷酸酶  $R = 0.65$ 。说明胡敏素是植物主要养分和能量的重要潜在来源。这表明, 土壤有机质的含量变化直接影响着土壤酶活性和土壤全氮含量, 因此, 为了培育高肥力的土壤, 必须保持一定数量的有机质。

Кульчицкая, А. И. 等人曾指出<sup>[7]</sup>, 随着胡敏酸含量的不断增加, 土壤结构性(多孔性和水稳性)亦随之变好。胡敏酸与土壤酶活性、土壤全氮之间的相关的显著程度, 说明胡敏酸对养分的调节有着重要的作用。

胡敏素是土壤腐殖质组分中比较稳定的一组。它与脲酶、全氮的  $R = 0.76$ ; 与全磷、中性磷酸酶的  $R = 0.65$ , 分别呈非常显著和显著相关, 表明它是植物主要营养物质和能量的重要潜在来源。

从以上的相关性分析中还可以看出, 土壤腐殖质与土壤氮、磷状况和阳离子代换量密切相关。它的各组分和腐殖质化程度, 与酶活性的关系更为密切。例如, 在测定的 6 种酶中, 有 4 种酶与 C/N 值呈显著相关, 其中, 多酚氧化酶与 C/N 值、胡敏酸/富里酸比值呈显著负相关。这表明, 腐殖物质的状态和数量深刻地影响着土壤理化及生化特征, 而酶活性则在一定程度上表征了腐殖物质的存在状态和数量的变化。综合上述的相关性分析可以

表 1 土壤有机质与土壤酶活

Table 1 Correlation coefficient of soil organic matter

试验项目	有机C Organic C	胡敏酸 Humic acid	富里酸 Fulvic acid	胡敏酸/富里酸 Humic acid Fulvic acid	活性胡敏酸 Active humic acid	与Ca结合的胡敏酸 Humic acid combined with Ca	胡敏素 Humin	过氧化氢酶 Catalase	多酚氧化酶 Polyphenol oxidase
C/N	0.38	0.63**	-0.05	0.80**	0.15	0.40	0.12	-0.59*	-0.78**
有机C Organic C		0.93**	0.77**	0.42	0.66**	0.50*	0.92**	0.41	-0.31
胡敏酸 Humic acid			0.76**	-0.27	0.68**	0.34	0.82**	0.30	-0.24
富里酸 Fulvic acid				-0.65**	0.66**	0.39	0.64**	0.25	0.22
胡敏酸/富里酸 Humic acid Fulvic acid					-0.25	-0.13	-0.60*	-0.52*	-0.56*
活性胡敏酸 Active humic acid						0.57*	0.52*	0.34	0.23
与Ca结合的胡敏酸 Humic acid combined with Ca							0.54*	0.76**	0.27
胡敏素 Humin								0.42	-0.15
过氧化氢酶 Catalase									0.43
多酚氧化酶 Polyphenol oxidase									
转化酶 Invertase									
脲酶 Urease									
碱性磷酸酶 Alkaline phosphatase									
中性磷酸酶 Neutral phosphatase									
全N Total N									
水解N Hydrolyzable N									
全P Total P									
速效P Available P									
阳离子代换量 CEC									
盐基饱和度 Percentage of base saturation									
物理性砂粒 Physical sand									
物理性粘粒 Physical clay									

\* P&lt;0.05; \*\* P&lt;0.01。



表 2 土壤腐殖质及其组成成分与其他肥力因素的净相关 ( $r'$ ) 和复相关 ( $R$ )  
 Table 2 Partial correlation and multiple correlation of humus and its components  
 with other fertility factors

变 量 Variable			$r'_{AB-C}$	$R_{A-BC}$
A	B	C		
有机碳 Organic C	胡敏酸 Humic acid	胡敏素 Humin	0.78	0.97
同 上	活性胡敏酸 Active humic acid	胡敏素 Humin	0.54	0.94
同 上	富里酸 Fulvic acid	活性胡敏酸 Active humic acid	0.59	0.80
同 上	富里酸 Fulvic acid	中性磷酸酶 Neutral phosphatase	0.52	0.77
同 上	胡敏素 Humin	脲 酶 Urease	0.86	0.93
同 上	胡敏素 Humin	全 氮 Total N	0.85	0.94
同 上	脲 酶 Urease	全 氮 Total N	0.47	0.83
同 上	中性磷酸酶 Neutral phosphatase	阳离子代换量 CEC	0.50	0.68
同 上	阳离子代换量 CEC	富里酸 Fulvic acid	0.12	0.77
同 上	全 氮 Total N	阳离子代换量 CEC	0.69	0.79
胡敏酸 Humic acid	富里酸 Fulvic acid	有机碳 Organic C	0.19	0.93
同 上	活性胡敏酸 Active humic acid	同 上	0.24	0.93
同 上	胡敏素 Humin	同 上	-0.25	0.93
同 上	物理性砂粒 Physical sand	富里酸 Fulvic acid	0.30	0.78
同 上	全 氮 Total N	有机碳 Organic C	-0.55	0.95
同 上	中性磷酸酶 Neutral phosphatase	富里酸 Fulvic acid	-0.25	0.78
同 上	活性胡敏酸 Active humic acid	胡敏素 Humin	0.52	0.87
同 上	胡敏素 Humin	全 氮 Total N	0.70	0.67
活性胡敏酸 Active humic acid	中性磷酸酶 Neutral phosphatase	有机碳 Organic C	0.62	0.81
同 上	富里酸 Fulvic acid	胡敏素 Humin	0.50	0.67

续表 2

变 量 Variable			$r_{AB-C}$	$R_{A-BC}$
A	B	C		
活性胡敏酸 Active humic acid	富里酸 Fulvic acid	中性磷酸酶 Neutral phosphatase	0.06	0.79
同 上	同 上	有机碳 Organic C	0.32	0.70
富里酸 Fulvic acid	转 化 酶 Invertase	阳离子代换量 CEC	0.48	0.73
同 上	中性磷酸酶 Neutral phosphatase	同 上	0.68	0.81
同 上	全 氮 Total N	同 上	0.51	0.73
同 上	阳离子代换量 CEC	有 机 碳 Organic C	0.37	0.81
胡敏素 Humin	与钙结合的胡敏酸 Humic acid combined with Ca	脲 酶 Urease	0.25	0.69
同 上	富里酸 Fulvic acid	全 氮 Total N	0.30	0.71
同 上	脲 酶 Urease	同 上	0.48	0.76
同 上	全 氮 Total N	水 解 氮 Hydrolyzable N	0.52	0.69
同 上	活性胡敏酸 Active humic acid	中性磷酸酶 Neutral phosphatase	0.09	0.60
同 上	中性磷酸酶 Neutral phosphatase	全 氮 Total N	0.08	0.67
同 上	全 磷 Total P	中性磷酸酶 Neutral phosphatase	0.32	0.65

$$R_{1,2} = 0.574 \quad R_{1,3} = 0.677 \quad r_{1,2} = 0.482 \quad r'_{1,3} = 0.606。$$

明显地看出, 土壤腐殖质无论其内部各组分之间、各组分与土壤氮、磷之间以及与有关的土壤酶活性强度之间都有非常显著相关, 说明了它在土壤肥力中的重要作用。因此, 以腐殖质为核心, 通过弄清土壤腐殖质及其组分的特性和功能, 来揭示黑土肥力的机理, 可能是一个切合实际的途径。

## (二) 不同开垦年限及不同熟化度黑土中的有机质、酶活性及其他肥力特征

在黑土地区, 开垦的方法大致可分为两种类型; 一是在一百年前个体开垦的小农经营, 到解放后集体耕种, 部分机械化作业, 每年施用适量的有机肥料作基肥, 追施一定量的化肥, 土壤的熟化度较高。采自黑龙江省巴彦县兴隆镇公社的土样属此类耕作土壤。另一种是解放后国营农场开垦的, 很少或者根本不施用有机肥, 经常施用适量的化肥作基

肥。前者作物产量逐年提高,近几年来亩产稳定在 800 斤左右<sup>1)</sup>,后者如友谊农场的草甸黑土,自 1955 年开垦以来,最初几年平均亩产 150 斤,到 1963 年升到 222 斤,往后除个别年份达到 300 斤外,直到现在仍在 150 斤左右<sup>2)</sup>。九三农场黑土平均亩产较高,近几年来稳定在 250 斤左右<sup>3)</sup>。上述土壤由于利用方式和施肥制度不同,各项指标也都显示明显的差异(表 3)。从表 3 可以看出,黑土开垦后,总的趋势是随着开垦年限的增长,土壤有机质总量及胡敏酸、活性胡敏酸、胡敏素等的绝对含量都有明显的减少。有机质含量由原来的近 7%,最低降到 2.4%;胡敏酸由 1.08% 降到 0.31%;胡敏素由 2.16% 降到 1%。活性胡敏酸在开垦的最初几年里有所增加,随后则逐年下降。土壤全氮的变化与土壤有机质类似,随着开垦年限的增长,含量逐渐减低。全氮含量由 0.46% 降到 0.23%,相差达一倍。这表明,黑土开垦后,不采取培肥措施,对土壤肥力的影响是不利的。土壤腐殖质组分中与矿物结合较牢,稳定性较强的胡敏素也明显地减少,说明其影响是深刻的。值得注意的是中厚黑土虽开垦已一百年以上,由于每年都施用适量有机肥,有机质和各组分的含量都保持在较高水平(表 3)。说明施用有机肥对保持和提高黑土肥力水平具有巨大的作用。九三农场两块同年开垦的土地的资料同样也说明了这个问题。一块地采用一般耕作方式,有机碳含量现仅为 2.4%,另一块因曾大量施用有机肥,有机碳含量现为 3.4%。不同开垦年限的土壤中酶的活性大体上也有同样的变化趋势。即随着开垦年限的增长,酶的活性减弱。这一点在草甸黑土上反映得较明显。深厚黑土在开垦后的某一段时间反有增加的现象。由此可见,富含有机质的黑土开垦后最初的一段时间,可能由于耕翻的影响,土壤理化及生化特性变化是有利于作物的生长的。如果耕作措施得当,则保持土壤肥力的时间较长;不然,土壤理化及生化特性都将逐步转向不利于作物生长发育的方向发展。合理耕作制度和培肥措施是完全能够控制土壤肥力的发展方向的。

### (三) 各土层中有机质、酶活性及其它肥力因素的变化

从表 4 可看出: 1. 耕地土壤各土层中有机碳、胡敏酸、活性胡敏酸,与钙结合的胡敏酸、胡敏素的含量及阳离子代换量除表土外,以下各层大都较荒地的相应土层的略高。这说明耕地各土层间肥力因素的差异相对地较荒地小。但是这里的荒地和耕地并不是一个亚类,因此难以进行确切的对比。总的来看,不论荒地和耕地,上述各项指标皆随剖面深度而下降。2. 在测定的 6 种土壤酶中,除多酚氧化酶外,其他酶的活性均随土层深度而减弱。中厚黑土培肥的耕地里,由于定期深翻和连年施用大量厩肥,所以土壤各层中脲酶的活性都较荒地强。3. 土壤全氮、水解氮、全磷含量在土层中的变化同样都是表土较高,往下则逐渐减低。耕地有效磷在土层中的变化没有明显的规律性,这可能与施用化肥及作物吸收养分的情况不尽一致有关。

## 三、结 束 语

1. 根据相关性分析,土壤有机质与土壤氮素状况及阳离子交换量密切相关,腐殖质的

1) 黑龙江省巴彦县兴隆镇公社富源大队提供资料。

2) 友谊农场 1974 年土壤普查总结。

3) 九三农场科技处提供资料。

表3 不同开垦年限不同熟化度的黑土有机质、酶活性及其他肥力因素的变化

Table 3 Changes of organic matters enzymatic activities and other fertility factors in various exploiting periods and various degrees of cultivation

土 壤 Soil	深 度 (cm) Depth	开垦年限(年) Exploiting period (Year)	有机碳(%) Organic C	胡敏酸(%) Humic acid	富里酸(Fulvic acid) Fulvic acid	胡敏酸/富里酸 Humic acid/ Fulvic acid	活性胡敏酸 (%) Active humic acid	与Ca结合的 胡敏酸(%) combined with Ca	胡敏素 (%) Humine	过氧化氢酶 (0.1N KMnO <sub>4</sub> ) mg/g	多酚氧化酶(红茶 桔精 mg/g) Polyphenol oxidase (purpu- rogallin mg/g)	转化酶 (0.1N Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> mg/g)	脲酶 (N-NH <sub>3</sub> mg/g) Urease
深厚黑土 Thick black soil	0-30	荒地	3.98	1.08	0.74	1.45	0.46	0.62	2.16	4.10	0.70	7.99	28.50
	0-27	14	3.71	0.84	0.56	1.50	0.69	0.15	2.31	4.20	0.83	8.06	33.00
	0-25	26	3.11	0.89	0.52	1.71	0.52	1.70	1.70	4.15	0.90	7.99	32.50
0-25	33	2.21	0.40	0.37	1.08	0.18	0.22	1.44	3.60	0.94	5.28	23.50	
中厚黑土 Moderately thick black soil	0-25	33(培肥)	3.35	0.65	0.46	1.41	0.29	0.36	2.24	4.20	0.38	6.69	56.00
	0-23	100(培肥)	3.58	0.85	0.66	1.28	0.29	0.56	2.08	3.50	0.30	8.03	33.25
浅层黑土 Thin black soil	0-22	100(培肥)	1.58	0.31	0.26	1.19	0.04	0.27	1.01	4.90	0.94	6.98	33.00
草甸黑土 Meadow black soil	0-22	荒地	4.03	0.81	0.68	1.19	0.39	0.42	2.54	3.30	1.08	7.98	44.50
	0-23	18	1.40	0.32	0.39	0.82	0.38	—	0.69	1.85	0.86	7.62	18.50
	0-25	23	2.02	0.32	0.39	0.82	0.24	0.08	1.31	2.50	0.46	6.23	13.00
土 壤 Soil	深 度 (cm) Depth	开垦年限(年) Exploiting period (Year)	碱性磷酸酶 (酚 mg/g) Alkaline phosphatase	中性磷酸酶 (酚 mg/g) Neutral phosphatase	全 氮 (%) Total N	水解氮 (mg/100g) Hydroly- zable N	全 磷 (%) Total P	速效磷 (mg/100g) Available P	阳离子代换量 (m·e/100g) CEC	盐基饱和度 (%) Percentage of base saturation	C/N	物理性砂粒 (%) Physical sand	物理性粘粒 (%) Physical clay
深厚黑土 Thick black soil	0-30	荒地	7.80	9.15	0.46	8.61	0.080	2.62	36.48	79.38	8.65	57.98	42.02
	0-27	14	10.00	10.10	0.43	11.54	0.100	4.00	37.76	80.40	8.62	49.50	50.70
	0-25	26	5.40	8.55	0.34	8.61	0.088	3.60	35.84	80.38	9.14	44.28	55.72
0-25	33	5.35	7.65	0.28	7.55	0.086	3.50	33.92	85.70	7.89	34.07	65.93	
中厚黑土 Moderately thick black soil	0-25	33(培肥)	3.75	7.10	0.40	6.97	0.148	12.80	35.84	86.80	8.37	45.05	54.95
	0-23	100(培肥)	4.30	8.55	0.32	8.80	0.078	4.52	33.92	83.54	11.18	50.68	49.30
浅层黑土 Thin black soil	0-22	100(培肥)	3.76	2.85	0.23	6.65	0.053	2.80	39.04	91.62	6.87	41.59	58.41
草甸黑土 Meadow black soil	0-22	荒地	8.80	9.20	0.46	7.63	0.091	2.90	39.04	75.46	8.74	46.94	53.06
	0-23	18	5.00	8.00	0.27	6.89	0.071	2.68	33.28	80.67	5.18	66.91	33.09
	0-25	23	4.60	6.30	0.25	5.67	0.086	3.62	33.28	78.87	8.08	43.99	56.01



表 4 黑土荒地与耕地各土层中有机质、酶活性及其他肥力因素的变化

Table 4 Changes of organic matter, enzymatic activities and other fertility factors in various layers of virgin land and cultivated land of black soils

土 壤 Soil	深 度 (cm) Depth	有 机 碳 (%) Organic C	胡 敏 酸 (%) Humic acid	富 里 酸 (%) Fulvic acid	胡 敏 酸/富里酸 Humic acid Fulvic acid	活性胡敏酸 (%) Active humic acid	与Ca结合的 胡敏酸(%) Humic acid combined with Ca	胡 敏 素 (%) Humic substance	过氧化氢酶 (0.1N KMnO <sub>4</sub> ) mg/g Catalase	多酚氧化酶(红紫 精)mg/g Polyphenol oxidase (purpurogallin) mg/g	转 化 酶 (0.1N Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>8</sub> ) mg/g Invertase	脲 酶 (N-NH <sub>3</sub> ) mg/g Urease	
													深 度 (cm) Depth
深厚黑土 Thick black soil	荒地 Virgin land	0-30	3.98	1.08	0.74	1.45	0.46	0.62	2.16	4.10	0.70	7.99	28.50
	耕地 Cultiva- ted land	30-48	2.21	—	—	—	—	—	1.11	2.80	0.72	3.79	11.50
		48→	1.18	0.15	0.04	3.75	0.10	0.05	0.99	1.50	0.90	1.85	7.50
中厚黑土 Moderately thick black soil	耕地 Cultiva- ted land	0-23	3.58	0.85	0.66	1.28	0.29	0.56	2.07	3.50	0.41	8.03	33.25
		23-41	3.20	0.88	0.50	1.76	0.33	0.55	1.82	2.10	0.43	2.0	56.50
		41-66	2.31	0.63	0.37	1.70	0.21	0.42	1.31	1.40	0.38	1.44	24.00
耕地 Cultiva- ted land	0-25	3.67	0.88	0.66	1.33	0.32	0.56	2.13	3.15	0.44	6.51	40.75	
	25-47	2.92	0.72	0.22	3.27	0.28	0.44	1.98	2.30	0.20	2.04	29.00	
	47-64	2.35	0.62	0.14	4.92	0.17	0.45	1.52	1.45	0.06	1.48	16.50	
土 壤 Soil	深 度 (cm) Depth	碱 性 磷 酶 (酚 mg/g) Alkaline phosphatase	中 性 磷 酶 (酚 mg/g) Neutral phosphatase	全 氮 (%) Total N	水 解 氮 (mg/100g) Hydrolyzable N	全 磷 (%) Total P	速 效 磷 (mg/100g) Available P	阳 离 子 代 换 量 (m.e./100g) CEC	盐 基 饱 和 度 (%) Percentage of base saturation	C/N	物 理 性 砂 粒 (%) Physical sand	物 理 性 粘 粒 (%) Physical clay	
深厚黑土 Thick black soil	荒地 Virgin land	0-30	7.80	9.15	0.46	8.61	0.080	2.62	36.48	79.4	8.65	42.02	
	耕地 Cultiva- ted land	30-48	6.35	8.90	0.28	6.85	0.076	1.36	30.72	78.3	7.89	53.64	
		48→	4.10	2.45	0.17	5.48	0.062	0.40	26.24	76.0	6.94	65.68	
中厚黑土 Moderately thick black soil	耕地 Cultiva- ted land	0-23	4.30	8.55	0.32	8.80	0.078	4.52	33.92	83.5	11.18	49.32	
		23-41	2.40	4.45	0.26	7.83	0.070	1.96	31.36	78.0	12.30	47.39	
		41-66	1.13	1.95	0.17	7.83	0.074	3.54	28.16	78.5	13.58	51.21	
耕地 Cultiva- ted land	0-25	5.00	8.95	0.32	10.80	0.081	4.28	35.84	84.4	11.46	46.39		
	25-47	2.75	6.30	0.24	7.75	0.073	2.82	32.64	85.5	12.16	46.29		
	47-64	0.10	2.65	0.14	4.54	0.066	4.52	29.44	81.0	16.78	53.53		

组分特征与酶活性的关系也非常密切。这表明有机质的存在状况和数量深刻地影响着土壤的理化及生化特性。而酶活性则在一定程度上表征有机质状况和数量的变异。黑土中有机质较多,可以认为有机质是构成土壤肥力的核心物质;酶活性则可作为表征黑土肥力特征的重要辅助指标。

2. 黑土开垦后,随着开垦年限的增长,有机质含量、胡敏酸和富里酸含量都有明显的减少。活性胡敏酸的含量在开垦后的最初几年里有所增加(深厚黑土)或很少变化(草甸黑土),随后则逐渐降低。胡敏素是腐殖质组分中较为稳定的成分,但亦随开垦年限的增长而有所减少。与此相应,在测定的6种酶中,所有土壤酶活性(除黑土中多酚氧化酶外)有随开垦年限的增长而减弱的趋势。但是熟化度高的耕地土壤中多酚氧化酶活性显著地低于荒地。

3. 在开垦过程中采取培肥措施的深厚黑土耕地与一般(深厚黑土)耕地相比,其熟化度迥然不同,前者中有机质的含量及腐殖质各组分均较后者为高。但前者中过氧化氢酶的活性较后者低。无论荒地或耕地,土壤酶活性,除多酚氧化酶外,均随剖面深度而减弱。

### 参 考 文 献

- [1] 科诺诺娃 M. M. (周礼恺译, 1966), 1963: 土壤有机质, 221—226 页, 科学出版社。
- [2] Hoffmann, G. and Teicher, K., 1961: Ein kolorimetrisches verfahren zur bestimmung der urease-aktivität im boden. *Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenk.*, 95: 55—63.
- [3] Hofmann, E. and Seegerer, A., 1951: Über das enzymesystem unaserer kulturböden. I. Saccharase. *Biochem. Z.*, 322: 174—179.
- [4] Hoffmann, G., 1967: Eine photometrische methode zur bestimmung der phosphatase-aktivität im beden. *Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenk.*, 118: 161—172.
- [5] Галстян, А. Ш., 1974: Ферментативная активность почв Армении. «Агастан», Ереван.
- [6] Кацнельсон, Р. С. и Ершов, В. В., 1958: Исследование микрофлоры целинных и окультуренных почв Карельской АССР, II. *Микробиология*, 27: 82—88.
- [7] Кульчицкая А. И., 1959: Фракционный состав гумуса некоторых почвенных типов ленокрани и его роль при оструктурировании почв. *Вестник, Моск Ун-та*, №3, 71—78.

## THE RELATIONSHIPS BETWEEN ORGANIC MATTER AND ENZYMATIC ACTIVITIES AND SOIL FERTILITY IN BLACK SOILS

Qiu Feng-qiong, Zhou Li-kai, Chen En-feng, Ding Qing-tang,

Zhang Zhi-ming and Dang Lian-chao

(Institute of Forestry and Pedology, Academia Sinica)

### Summary

In this paper, the basic substances of soil fertility and their variations in black soils with various exploiting periods and various levels of fertility are discussed. The results show that:

1. According to the correlation analyses, soil organic matter has significant correlations with soil N status and CEC. It means that the status and amounts of organic matter have a marked influence on the physico-chemical and bio-chemical properties of soil, and the activities of enzymes characterize the variations of the status and amount of organic matter to a certain degree. In black soils, the organic matter is predominant. It is considered that the core of fertility in black soil is organic matter and the activity of enzymes can be used as an important auxiliary index to characterize the level of fertility in black soils.

2. After exploited, the total amount of organic matter and the amounts of humic and fulvic acids are decreased obviously with the increase of exploiting periods. The amount of active humic acid has a little increase in thick black soil or few changes in meadow black soil in initial years of exploitation, but decreases gradually after that. Humic, a more stable component of humic substances, also decreases with the increase of exploiting periods. Correspondently, the activities of all six enzymes tested show a tendency to decrease with the increase of exploiting periods. But the activity of polyphenol oxidase in cultivated soils is markedly lower than that in virgin land. As for enzymatic activities, the activities of all enzymes (except that of polyphenol oxidase) are weakened with the depth of both virgin land and cultivated land.

3. In thick black soil, there is a remarkable difference in levels of fertility between fertilized lands and usual lands. In the former, the total amounts of organic matter and various components of humic substances are higher, the activities of catalase and invertase are higher, and those of polyphenol oxidase and phosphatase are lower than the latter.