

# 黑土开垦后肥力演变的研究

丁瑞兴 刘树桐\*

(东北农学院)

黑土在黑龙江省分布很广,占全省耕地面积的45.2%<sup>1)</sup>,是该省的主要耕地土壤及产粮区,在商品粮基地建设中具有重要意义。由于黑土的土质肥沃,便于耕种,是优先开发的对象,解放后在该地区组建了大批国营农场,实行机械化耕种。但在过去较长时期内,耕种比较粗放,生产能力不够稳定。为了合理利用土地,充分发挥黑土的潜在肥力,达到稳产增产的目的,有必要对黑土开垦以后土壤肥力的变化规律进行研究。1964年我们在赵光地区进行了定位观测研究,对比不同耕种年限的黑土与荒地黑土的肥力特性,研究地点设置在原赵光农垦局通北农场二队紧邻的96和97-1号地块及其近旁荒地。

赵光地区位于松嫩平原东部的森林草甸草原地带,地形大多是1—5度漫岗坡地,母质为黄土状粘土沉积物,地下水位深达40—60米。气候的基本特点是冬季长而严寒,夏季短而温热,年均温0.4℃,土壤冻结期9个月左右,冻层深度可达2.4—2.7米;全年降水量约600毫米,其80%左右集中于6—9月份,年蒸发量约1000毫米,这些因素直接影响该地区黑土的水热条件。由于土质粘重及季节性冻层的存在,黑土透水性差,持水力强,可大量积聚夏秋降水,使土壤长期处于湿润状态,适于喜湿性草甸植物的发育,形成不同于受地下水影响的特殊的草甸化过程<sup>1)</sup>,土壤积累了大量有机质,产生具有深厚腐殖质层和良好团粒结构的黑土<sup>2-4)</sup>。

荒地开垦以后,国营农场实行机械化耕作,种植作物以小麦、大豆为主,杂谷很少,经常出现小麦连作和大豆重茬现象。据赵光农场当时调查<sup>2)</sup>,小麦重茬面积占其播种面积的38—48%,大豆重茬面积可达24—49%,导致地力消耗,产量降低。尤其是该地区很少施用有机肥料,仅施少量化肥,基本上是利用土地原有肥力进行生产,加之耕作管理粗放,一般仅垦后七、八年可维持相对较高的产量,往后大多出现土壤肥力下降和产量减少的趋势。

## 一、黑土垦后剖面形态特征的变化

该区荒地黑土主要生长小叶樟、落豆秧、地榆等草甸植物,群众称为“五花草塘”。地表有薄层(约1厘米)半分解草类残体。腐殖质层厚达50厘米左右,暗灰色,团粒结构,多植物根系,重壤土,土质轻松。过渡层(A/B)厚达28厘米,暗棕灰色,核粒状结构,有草

\* 现在黑龙江省南岔林业局科研所工作。

1) 黑龙江省农业厅编:黑龙江土壤,1962。

2) 赵光农场1959—1961年生产总结资料。

根,较紧实的重壤土。淀积层呈暗棕灰色,杂有红棕色斑纹,核状结构,结构表面有多量 $\text{SiO}_2$ 粉末,有锈斑,轻粘土,土质紧实,植物根很少。土壤全层无石灰反应,但有较多铁结核。

黑土垦后剖面形态特征的变化主要表现在: 1. 腐殖质层厚度逐渐减少,开荒初期为50厘米左右,垦后10—17年降至31—33厘米。开荒当年休耕,草根层迅速腐解,使生土趋于活化。2. 随着耕种年限的增长,耕层分化愈益明显,出现犁底层,且犁底层厚度逐渐增加,其结构由片状发展为层状,紧实度由松变紧,根量由多变少。3. 耕层土壤结构随着耕种年限的增长而逐渐破坏,开垦初期有较好的团粒结构,以后逐渐由粒状-团粒状变成粒状-团块状,粉质粒状-团块状结构。4. 心土层根量逐渐减少,有腐殖质胶膜聚积。

## 二、黑土垦后腐殖质及养分含量的变化

黑土垦后土壤中的植物残体迅速腐烂分解,有机质的积累条件受到破坏,土壤腐殖质含量下降。这种情况在耕层初期表现尤为明显,随着耕种年限的延长,其数量不断减少。如以荒地黑土0—12厘米土层的腐殖质含量为100,耕种一年降至80.6,7年为77.1,10年为62.3,17年为58.2,即垦后第一年该层腐殖质就减少20%左右,使土壤趋于活化;耕种10—17年腐殖质减少38—42%。但是耕层以下的各层土壤,由于受耕翻影响较小,水热条件比较稳定,故其土壤腐殖质分解缓慢,保持着稳定渐减状态。如在25—33厘米土层,垦前含有腐殖质5.36%,耕种10—17年尚有腐殖质4.09—4.17%,比荒地减少22—24%。由此可见,荒地黑土经过长期耕种,腐殖质在土壤中的垂直分布产生再分配,即荒地土壤的腐殖质主要集中于表层,向下迅速减少;而耕种多年的土壤腐殖质含量自上而下逐渐递减,这种现象说明,一方面耕地土壤有机质的积累与分解方式显然不同于荒地土壤,另一方面可能与耕地土壤腐殖质的淋移过程有关。

耕荒地有机质的积累量调查表明,荒地自然植物的地上部分每公顷可达8.17吨,0—80厘米地下部分的总量可达42.64吨/公顷,其中0—30厘米的根重为39.5吨/公顷,30—50厘米的根重为2.61吨/公顷,50—80厘米的根重为0.53吨/公顷,可见自然植物的根系主要集中在30厘米的表土层。由于自然植被系多年生草本植物,每年地上部分枯死外,尚有部分根系死亡而留于土壤。据测定,荒地每年遗留在土壤中的植物残体为11.25吨/公顷。但是耕地作物的地上部分(茎秆、籽实)每年随收获而取走或就地烧毁,遗留在土壤中的根茬仅占一小部分。据测定,不同耕种年限耕地的作物有机体干重可达9.12—10.14吨/公顷,除去茎秆、籽实,留在土壤中的根茬只有1.93—4.01吨/公顷。因此,荒地土壤有机质的积累远远超过耕地土壤,而且其有机残体主要积累于表土层,这就是荒地土壤腐殖质的垂直分布不同于耕地土壤的基本原因。

关于腐殖质在土壤中的淋移问题,从剖面形态观察到,耕种多年的土壤下层的结构表面有暗灰色腐殖质胶膜分布。我们又进一步测定了土壤水溶性腐殖质的含量,其变化规律与土壤腐殖质总量的变化相似,在土壤中的垂直分布自上而下递减。随着耕种年限的增长,土壤水溶性腐殖质含量也逐渐减少(表1)。但是水溶性腐殖质与腐殖质总量之比由表层向下层有所增加;随着耕种年限的延长,其比值亦趋于增加。所以,人为耕作活

动可增加土壤腐殖质的活性,使腐殖质在土层之间产生重新分配。

表 1 荒地及耕地黑土的水溶性腐殖质含量(%)及  $\frac{\text{水溶性腐殖质含量}}{\text{腐殖质总量}}$  的比值

Table 1 Content of water-soluble humus and the ratio of water-soluble humus/total humus of virgin and cultivated black soils

深度 (cm) Soil depth	荒地 Virgin land	耕 种 年 限 years of cultivation			
		1	7	10	17
0—12	$\frac{0.24}{0.021}$	$\frac{0.18}{0.019}$	$\frac{0.18}{0.020}$	$\frac{0.17}{0.024}$	$\frac{0.16}{0.024}$
12—22	$\frac{0.19}{0.023}$	$\frac{0.20}{0.023}$	$\frac{0.14}{0.025}$	$\frac{0.14}{0.026}$	$\frac{0.13}{0.025}$
25—35	$\frac{0.15}{0.028}$	$\frac{0.11}{0.020}$	$\frac{0.08}{0.018}$	$\frac{0.08}{0.020}$	$\frac{0.08}{0.019}$
40—50	$\frac{0.10}{0.026}$	$\frac{0.07}{0.021}$	$\frac{0.07}{0.031}$	$\frac{0.06}{0.031}$	$\frac{0.04}{0.021}$

注: 1. 土壤水溶性腐殖质测定按丘林法<sup>[12]</sup>。

2. 分子为水溶性腐殖质含量(%),分母为  $\frac{\text{水溶性腐殖质含量}}{\text{腐殖质总量}}$  比值。

Note: 1. Water-soluble humus in soil was determined by Tulin method.

2. Numerator is Content of water-soluble humus (%), Denominator is Content of water-soluble humus/Total humus.

黑土开垦以后在腐殖质减少的同时,其全氮量也相应地发生有规律的变化(表 2)。随着耕种年限的延长,全氮量不断减少,尤其是耕层在垦后最初几年,减幅较为显著,向下各土层或长期耕种以后,氮素减少则相对比较稳定。此外,荒地土壤和初垦土壤尽管含有多量的腐殖质,但腐殖质的含氮量较低, C/N 比值较大;耕种愈久,土壤的 C/N 比值愈小。如 0—22 厘米土层的 C/N,荒地土壤为 11.4—13.4,开垦一年的为 11.2—11.3,耕种七年的为 8.9—11.5,耕种十年的为 8.8—9.7,耕种十七年的为 7.1—9.1。因此在长期耕作过程中,虽然土壤腐殖质的数量减少,但腐殖质的含氮量却相对提高,这种情况对土壤肥力的相对稳定有重要意义。

表 2 不同耕种年限的黑土全氮量(%)的变化\*

Table 2 Variation of total N in black soil in relation to years of cultivation

深度 (cm) Soil depth	荒地 Virgin land	耕 种 年 限 Years of cultivation			
		1	7	10	17
0—12	0.50	0.48	0.45	0.43	0.43
12—22	0.42	0.44	0.37	0.36	0.36
25—33	0.34	0.36	0.31	0.29	0.27
40—50	0.25	0.22	0.16	0.14	0.14
60—70	0.14	0.12	0.12	0.11	0.12
70—80	0.12	0.11	0.11	0.11	0.11

\* 全氮量用凯氏法测定。

Total N was determined by Kjeldahl's method.

从表 3 可以看出,无论荒地还是耕地土壤,水解氮的含量及其变化规律均与全氮量的

变化相类似,只是在开垦初期(1—7年)水解氮相对地比较稳定,这大概与土壤熟化过程有关。同时,水解氮有向下层集中的趋势。因此,赵光地区黑土尽管实行豆麦轮作,如不施用有机肥料和氮素化肥,栽培作物所引起土壤氮素的消耗,不仅表现在全氮量的减少,也反映在有效氮素的不断损失。所以在耕种过程中,特别在耕种多年的黑土上,补充氮素养分是维持稳定的养分状况的必要措施。Porter 指出<sup>[11]</sup>,荒地垦种后,不仅全氮量减少,各组有机态氮亦均减少,其中非馏出的酸溶性氮(氨基酸)损失最多,而酸不溶性氮素(胡敏素类)损失最少。类似结果亦见于卡明草原的普通黑钙土<sup>[14]</sup>。

表 3 黑土垦后对水解氮含量的影响\*  
Table 3 Effect of reclamation on the hydrolyzed N in black soil

深度 (cm) Soil depth	水解氮含量(毫克/100克土) Hydrolyzable nitrogen (mg/100g soil)					水解氮占全氮量的% % Hydrolyzable-N in total-N				
	荒地 Virgin land	耕种年限 Years of cultivation				荒地 Virgin land	耕种年限 Years of cultivation			
		1	7	10	17		1	7	10	17
0—12	15.2	13.1	12.1	10.7	10.3	3.0	2.7	2.7	2.5	2.4
12—22	12.9	13.0	11.5	10.0	9.7	3.1	3.0	3.1	2.8	2.7
25—33	11.6	10.3	8.6	7.4	7.8	3.4	2.9	2.8	2.6	2.9
40—50	9.0	7.4	7.5	7.0	6.3	3.6	3.4	4.7	5.0	4.5

\* 水解氮用丘林和科诺诺娃法测定。

Hydrolyzed N was determined by Tulin and Kononova's method.

从图 1, 2 可看出,耕地土壤中有有效磷、钾<sup>[13]</sup>的含量高于荒地土壤,在开垦后第一年有效磷即迅速增加,随着耕种时间的延长,有效钾及表层的有效磷也愈益增多。赵光地区大面积种植麦类,机械收割后,秸秆大都就地处理焚烧,以便进行翻地,这样虽然有相当数量的有效态钾及一些矿质养分遗留在土壤中,对增加耕地土壤钾素的供应起着有利作用,但是从改善耕地土壤物质循环的角度来说,这种措施并非经济合理。我们认为,麦地伏翻时,若将麦秸切碎翻压还田,不仅可增加土壤各种养分物质,而且可以大量补充有机质,达到增肥养地的目的。

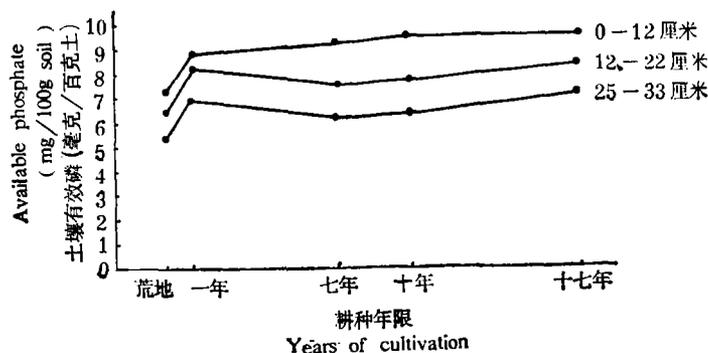


图 1 黑土垦后有效磷( $P_2O_5$ )的变化

Fig. 1 Changes of available phosphate in black soils after reclamation

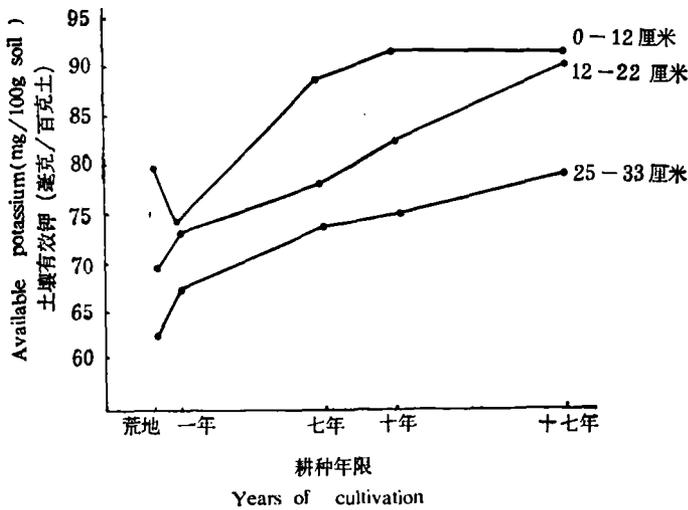


图 2 黑土垦后有效钾(K<sub>2</sub>O)的变化

Fig. 2 Changes of available potassium in black soil after reclamation

### 三、黑土垦后结构性能及微团聚体的变化

从表 4 可以看出,荒地黑土的表层(0—12 厘米)大于 0.25 毫米的水稳性团粒结构可达 88%,在 12—22 厘米为 66%。当黑土开垦后,水稳性团粒结构迅速减少,其中以表土层尤为明显,如荒地 0—12 厘米土层大于 1 毫米的水稳性结构为 51.5%,垦后第一年即减至 14.8%。随着耕种年限的延长,土壤结构的破坏率增加,大于 0.25 毫米的水稳性团粒结构有规律地逐渐减少。可见耕作活动破坏的首先是 1 毫米以上的结构体,这是由于机械破碎和土壤有机质分解,使土壤团聚性被破坏。

为进一步阐明耕作活动对土壤结构团聚性的影响,我们采用了 Тюлин<sup>[15]</sup>的方法测定土壤微团聚体的变化。从表 5 可见,垦种对黑土的微团聚体的影响,不仅表现在数量方面,而且对土壤微团聚体的组成也有很大的影响。荒地开垦后,随着耕种年限的增长,G<sub>1</sub>组微团聚体逐渐减少;而 G<sub>2</sub>组微团聚体则有不同程度的增加;但两组微团聚体总量仍然是随耕种年限的增加而不断地趋于减少。这种变化说明,耕作活动为土壤有机质的分解转化创造有利条件,土壤腐殖质的减少,势必引起土壤中有有机无机复合胶体的部分解体,导致微团聚体的分化,首先是活性较强稳定性较差的 G<sub>1</sub>组微团聚体减少,其不仅出现在耕作层,而且存在于较深的土层。值得注意的是,耕作时间愈久,土壤中的 G<sub>1</sub>组微团聚体有向 G<sub>2</sub>组转化的可能性,这种情况可能与水热条件的改变有关。因土壤耕作使土层疏松,空气流通,氧化作用加强,使上层土壤水湿条件下产生的还原态活性铁移动氧化,从而使土壤胶体固结,促进土壤胶体复合体的老化,以致耕地土壤 G<sub>2</sub>组微团聚体逐渐积累。许多研究者<sup>[5,6,15]</sup>,在不同地区均发现,土壤处于适度通气条件下可形成 G<sub>2</sub>组微团聚体。

从土壤中 G<sub>1</sub>组及 G<sub>2</sub>组的含量来看,无论荒地还是耕地,土壤中为钙凝聚的有机无机胶体占据优势地位,G<sub>1</sub>组的数量超过 G<sub>2</sub>组二、三倍,故  $\frac{G_1}{G_2}$  比值均大于 1。随着耕种年限

表 4 黑土垦种后水稳性团粒结构的变化\*  
Table 4 Variation of water stable aggregate after reclamation of black soil

土地利用状况 Soil condition	深度 (cm) Soil depth	水稳性团粒结构的组成(%) 粒径: mm Structure of waterstable aggregate								>0.25 <0.25	结构破坏率 (%)** Ratio of aggregate fracture
		>3	3-2	2-1	1-0.5	0.5-0.25	>1	>0.25	<0.25		
荒地 Virgin land	0-12	35.2	5.2	11.1	28.0	8.4	51.5	87.9	11.1	7.91	7.6
	12-22	6.8	3.2	6.5	38.6	10.7	16.5	65.8	31.1	1.98	21.3
	25-33	1.2	0.7	1.4	19.3	21.5	3.3	44.1	54.2	0.81	55.1
一年 1 year	0-12	9.4	1.2	4.2	30.3	12.3	14.8	57.4	41.1	1.40	32.0
	12-22	9.4	1.7	7.4	40.4	10.9	18.5	69.8	28.3	2.47	22.9
	25-33	3.7	2.1	6.2	34.1	12.1	12.0	58.2	40.3	1.44	34.5
七年 7 years	0-12	5.0	1.0	2.7	21.9	17.5	8.7	48.1	51.1	0.94	41.3
	12-22	2.3	0.6	2.5	32.8	17.3	5.3	55.5	43.5	1.27	42.6
	25-33	0.6	0.3	1.9	30.9	23.4	2.8	57.1	40.7	1.40	41.5
十年 10 years	0-12	2.2	0.5	2.5	29.5	13.1	5.2	47.8	50.7	0.94	45.0
	12-22	2.2	0.6	3.3	28.9	14.4	6.1	49.4	49.3	1.00	46.0
	25-33	0.9	0.8	5.9	34.3	12.5	7.6	54.4	43.4	1.25	40.6
十七年 17 years	0-12	2.6	0.6	2.3	24.2	12.9	5.5	42.6	56.1	0.76	46.5
	12-22	4.5	1.4	4.4	26.6	13.6	10.3	50.5	48.4	1.04	43.3
	25-33	1.3	0.6	2.6	30.3	14.2	4.5	49.0	49.8	0.99	44.8

\* 用萨维诺夫法测定。Determined by Savinov's method.

\*\* 结构破坏率(%) =  $\frac{\text{干筛} > 0.25 \text{ 毫米团聚体} - \text{湿筛} > 0.25 \text{ 毫米团聚体}}{\text{干筛} > 0.25 \text{ 毫米团聚体}} \times 100$

Ratio of aggregate fracture =  $\frac{\text{aggregate by dry sieving} > 0.25 \text{ mm} - \text{aggregate by wet sieving} > 0.25 \text{ mm}}{\text{aggregate by dry sieving} > 0.25 \text{ mm}}$

的延长,  $\frac{G_1}{G_2}$  比值逐渐缩小。这说明在不断的农业耕作栽培过程中, 土壤微团聚体的变化不利于结构的形成, 即使在  $G_2$  组略有增加的情况下, 由于  $\frac{G_1}{G_2}$  比值不断减小, 相应地土壤结构的破坏过程也在持续进行。所以土壤微团聚体总量及两组微团聚体比值  $\left(\frac{G_1}{G_2}\right)$  的分析结果, 能较好地反映黑土结构性能好坏的内在机制。熊毅等<sup>[7]</sup>从土壤结构微形态的角度指出, 黑土有机质多, 团聚疏松而且不易散开, 其微团聚体多呈环状和累叠式排列, 环状排列的疏松结合的团聚体的肥力水平高于累叠式排列的由三氧化物紧密结合的团聚体。

赵光地区荒地黑土的腐殖质组成以胡敏酸为主<sup>[8]</sup>, 此种胡敏酸主要与钙结合, 而与三氧化物结合的部分及胡敏素均较少, 故土壤结构性好, 分散性差。荒地黑土表层  $> 0.25$  毫米水稳性团粒结构可高达 88%, 垦后第一年即急降至 57—70%, 在其后的耕种过程中, 水稳性结构就逐渐地减少。但从  $G_1$  组微团聚体含量来看, 荒地与垦后一年的耕地比较接近。这说明荒地地表的团聚体主要由新形成的有机胶体与无机胶体复合而使土粒聚合粘结, 加以植物根系的固结而成较大的团聚体, 一旦开垦, 植物残根及腐殖质迅速分解, 土壤结构大量破坏, 故荒地土壤团聚体的生物化学稳定性较差。

表 5 黑土垦后不同耕种年限对土壤微团聚体含量(%)的影响  
Table 5 Effect of years of cultivation on the amount of microaggregate in black soil

土地利用状况 Soil condition		深度 (cm) Soil depth	微团聚体含量(%) microaggregate			$\frac{G_1}{G_2}$
			G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	G <sub>1</sub> + G <sub>2</sub>	
荒地 Virgin land		0—22	54.7	16.6	71.3	3.3
		25—33	51.8	18.1	69.9	2.9
		40—50	49.9	17.5	67.4	2.8
耕 种 年 限 Years of cultivation	1	0—22	54.5	16.0	70.5	3.4
		25—33	54.0	16.2	70.2	3.3
		40—50	49.4	18.3	67.7	2.7
	7	0—22	52.6	17.4	70.0	3.0
		25—33	50.5	20.0	68.5	2.8
		40—50	48.9	19.0	67.9	2.6
	10	0—22	51.7	18.3	70.0	2.8
		25—33	49.2	19.2	68.4	2.6
		40—50	47.3	19.9	67.2	2.4
	17	0—22	50.2	19.2	69.4	2.6
		25—33	46.5	20.7	67.2	2.3
		40—50	44.2	21.3	65.5	2.1

表 6 黑土垦种后微团聚体中腐殖质及全氮量的变化  
Table 6 Variation of amount of humus and total N in microaggregate of black soil

土地利用状况 Soil condition	深度 (cm) Soil depth	G <sub>1</sub> 组 fraction			G <sub>2</sub> 组 fraction			
		腐殖质(%) Humus	全氮(%) Total-N	$\frac{C}{N}$	腐殖质(%) Humus	全氮(%) Total-N	$\frac{C}{N}$	
荒地 Virgin land		0—22	11.77	0.66	10.4	22.86	0.96	13.8
		25—33	7.76	0.45	10.0	14.09	0.62	13.2
		40—50	5.71	0.36	9.2	10.41	0.44	13.7
耕 种 年 限 years of cultivation	1	0—22	10.64	0.59	10.6	18.08	0.86	12.2
		25—33	9.49	0.56	9.8	16.63	0.71	13.6
		40—50	4.69	0.31	8.8	8.93	0.39	13.3
	7	0—22	9.42	0.58	9.4	15.69	0.74	12.3
		25—33	7.04	0.43	9.5	9.26	0.50	10.7
		40—50	4.48	0.29	9.0	5.52	0.32	10.0
	10	0—22	8.87	0.55	9.4	15.58	0.73	12.4
		25—33	6.47	0.42	8.9	7.17	0.42	9.9
		40—50	3.75	0.27	8.1	5.41	0.31	10.1
	17	0—22	8.55	0.53	9.4	14.70	0.72	11.8
		25—33	5.42	0.39	8.1	6.55	0.41	9.3
		40—50	3.64	0.26	8.1	3.96	0.26	8.8

两组微团聚体腐殖质及全氮量的分析结果(表 6)表明,腐殖质及氮素养分大量富集于<0.01 毫米的微团聚体中,尤其 G<sub>2</sub> 组微团聚体的腐殖质含量远远超过 G<sub>1</sub> 组,在荒地土

壤几乎多一倍, 故腐殖质有向  $G_2$  组集中的趋势。随着黑土的开发及不断耕种, 土壤两组微团聚体的腐殖质及全氮量逐渐地减少, 其  $\frac{C}{N}$  比值也相应地缩小, 说明在土壤结构性变坏的同时, 其营养状况也在恶化, 更进一步证明黑土垦后潜在肥力的下降。所以, 土壤微团聚体数量及品质的变化是反映土壤肥力变化的重要标志。

#### 四、长期耕种对土壤物理性质的影响

黑土的质地一般为重壤土和轻粘土(表 7), 由于成土过程中存在淋溶作用, 物理性粘

表 7 荒地及耕地黑土的物理性粘粒含量及质地层次\*  
Table 7 Content of physical clay and texture distribution in profile of virgin and cultivated black soils

深度 (cm) Soil depth	物理性粘粒(<0.01mm)含量(%) Physical clay percentage					土壤质地层次 Soil texture horizons				
	荒地 Virgin land	一年 1 year	七年 7 years	十年 10 years	十七年 17 years	荒地 Virgin land	一年 1 year	七年 7 years	十年 10 years	十七年 17 years
0—12	54.3	53.3	57.8	57.9	52.7	重壤土 Heavy loam	重壤土 Heavy loam	重壤土 Heavy loam	重壤土 Heavy loam	重壤土 Heavy loam
25—33	57.6	56.2	57.0	58.7	56.1	重壤土 Heavy loam	重壤土 Heavy loam	重壤土 Heavy loam	重壤土 Heavy loam	重壤土 Heavy loam
40—50	61.0	54.8	61.1	59.8	61.0	轻粘土 Light clay	重壤土 Ditto	轻粘土 Light clay	重壤土 Ditto	轻粘土 Light clay
80—90	64.6	63.3	62.3	67.1	65.9	轻粘土 Light clay	轻粘土 Light clay	轻粘土 Light clay	轻粘土 Light clay	轻粘土 Light clay

\* 机械分析用吸管法

Pipette method was used in mechanical analysis.

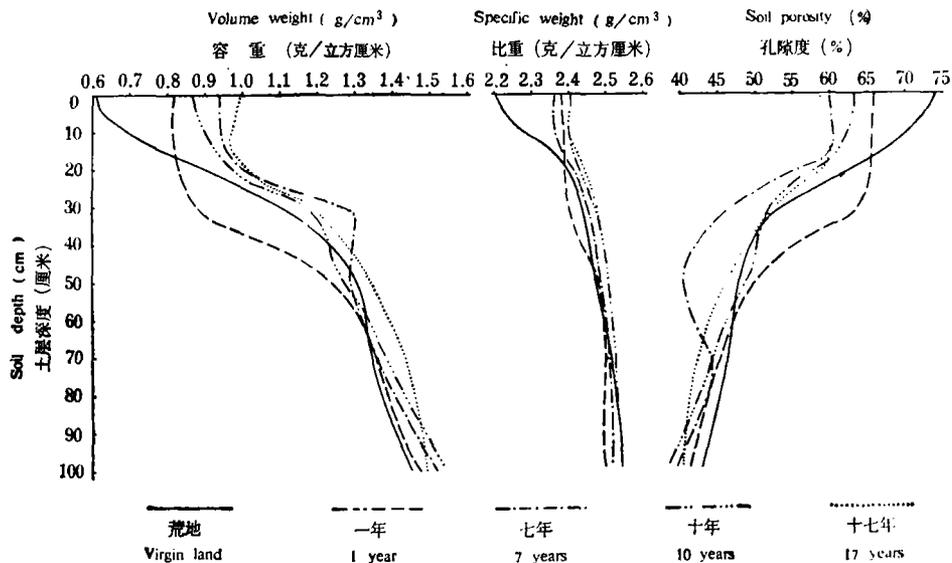


图 3 黑土垦后比重、容重及孔隙度的变化

Fig. 3 Changes of specific gravity and volume weight and porosity in black soils after reclamation

粒向下层移动,愈向深层物理性粘粒愈多。上层质地一般为重壤土,下层为轻粘土。垦后黑土的机械组成未发现明显的分异。由图 3 可以看出黑土的比重、容重,自上层向下层递增,这显然与土壤有机质的含量有关。随着耕种年限的增长,耕层土壤的比重及容重也有渐增的趋势。土壤孔隙度的变化(图 3)表明,在黑土上层(0—30 厘米)均超过 50%,表层可达 60% 以上,在荒地高达 66—72%。黑土垦后土壤孔隙度的变化是很明显的,不同耕种年限的土壤孔隙度变幅在上部土层较大,下层变化甚小。

上述物理性质的变化与耕作栽培等农业措施有密切关系,在同样耕作栽培方式下(如一年、十年、十七年耕地均为大麦地),耕层土壤的容重随耕作年限的延长依次递增,而孔隙度则依次递减。该区黑土耕种十余年后土壤耕层容重尚保持在 1 克/厘米<sup>3</sup>以下,孔隙度仍有 60% 左右,无疑这种土壤松紧状况对作物生育还是比较有利的。兰士珍<sup>[9]</sup>认为,黑土垦后容重增至 0.8—0.9 时,改变土层过松状态,小麦生育较好。但在长期耕种过程中,应注意频繁耕作和缺用有机肥料所造成的物理状况恶化。韩逢春等<sup>[1]</sup>的研究指出,当容重大于 1 克/厘米<sup>3</sup>,孔隙度在 55% 以下,黑土即发生板结和粘粒化。

## 五、黑土垦后水热状况的变化

### (一) 黑土垦后水分的动态变化

水分是土壤最活跃的肥力因素之一。由于黑土地下水位很深,其水分来源主要靠大气降水,所以水分在土壤中的动态变化受气候条件、地表植被、耕作状况及土壤性质等的影响。观测结果(图 4)表明,荒地 with 耕地有明显差异,荒地有自然植物覆盖,地表覆有薄层植物残体,土壤结构性好,容易接纳大气降水,抑制地面蒸发。故 0—100 厘米荒地土壤的含水量一般均超过耕地土壤,尤其在上部 50 至 60 厘米土层的水分荒地比耕地高得多。如以较干旱的六月上中旬来说,0—20 厘米土层的水分在荒地为 52.5%,耕地为 32.5—44.2%;雨水较频的 7 月该层土壤水分在荒地增至 59.3% (平均值),耕地却减至 21—42%。但下层土壤的水分含量,荒地 with 耕地趋于接近,变幅亦小,如 60—100 厘米土层 6 月荒地含水量为 30—31.3%,耕地则为 23.3—30.3%;7 月荒地稳定在 25.7% 左右,耕地也基本保持在 22.8—24.4% 范围内。

从耕地与荒地的水分供应状况来看(图 5),荒地在整个植物生育期间水分始终比较充足,超过生长阻滞含水量(毛管破裂含水量),有时甚至超过田间持水量。耕种十七年的平作麦地在作物生育盛期(6—7 月)水分不甚充足,接近生长阻滞含水量,麦收后 8—9 月又显著增加,超过田间持水量。垄作大豆地块(七年耕地)土壤含水量始终保持较高水平,远远超过生长阻滞含水量,而接近田间持水量。故黑土地区栽培作物时的供水问题,麦地主要是前期容易缺水,后期则易发生土壤过湿而影响机械收割。大豆供水状况较好,这与垄作栽培创造的有利水分条件有一定关系。

### (二) 黑土垦后的温度变化

荒地黑土的温度,无论是地表还是 20 厘米深处均比耕地低,6—10 月逐月测定的平均

1) 韩逢春,解惠光,杨韶林,1963: 黑龙江省赵光地区黑土肥力及其演变的初步探讨。

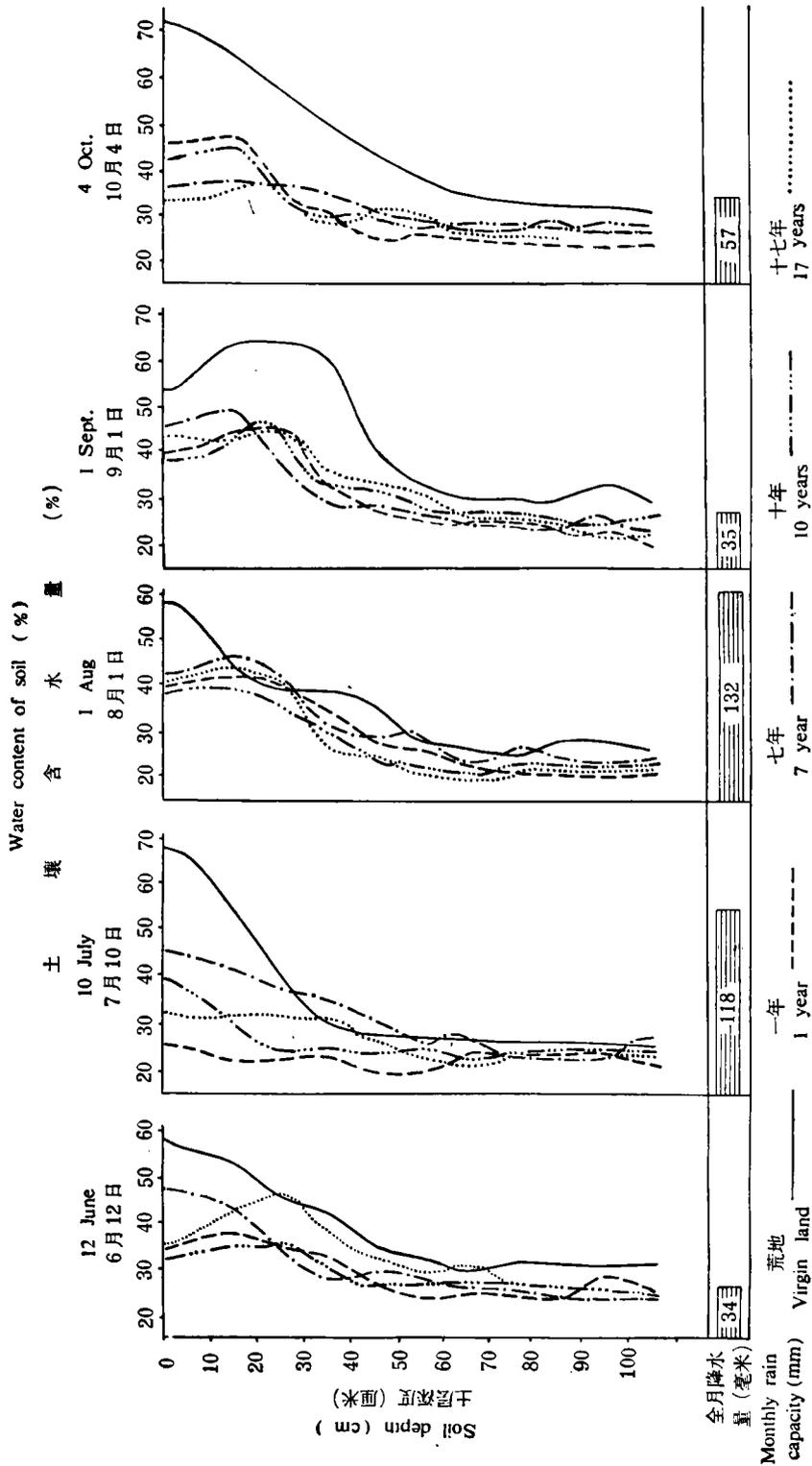


图 4 荒地及耕地黑土水分的动态变化  
 Fig. 4 The dynamic variation of water in virgin and cultivated black soils

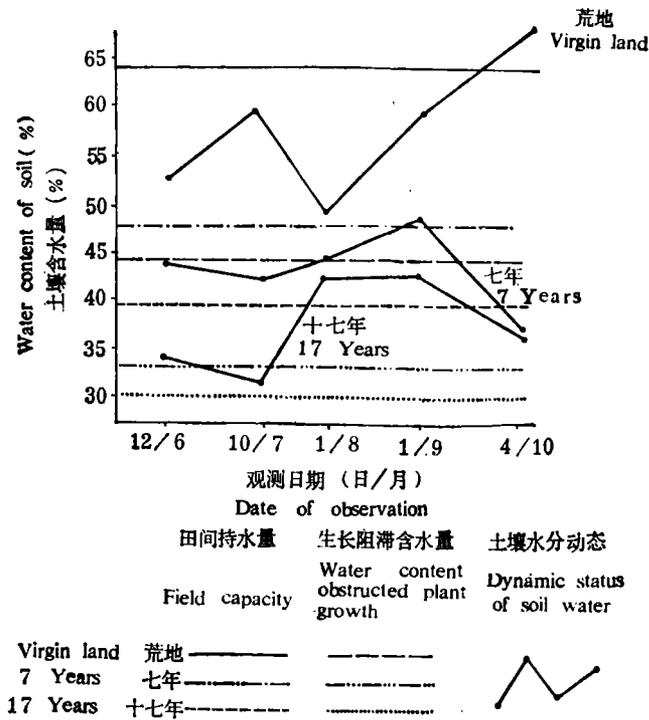


图5 荒地与耕地0—20厘米水分供应的动态变化  
Fig. 5 The dynamic variation of water supply in virgin and cultivated soils (0—20cm)

结果表明,地表温度荒地为 $13.6^{\circ}\text{C}$ ,耕种一年地块为 $19.7^{\circ}\text{C}$ ,七年地块为 $19.1^{\circ}\text{C}$ ,十年地块为 $19.7^{\circ}\text{C}$ ,十七年地块为 $19.8^{\circ}\text{C}$ 。20厘米深处的地温,荒地为 $12.2^{\circ}\text{C}$ ,一年地块为 $14.9^{\circ}\text{C}$ ,七年地块为 $14.7^{\circ}\text{C}$ ,十年地块为 $15.5^{\circ}\text{C}$ ,十七年地块为 $15.7^{\circ}\text{C}$ 。不同耕种年限地块之间的地温变幅不大。

根据上述耕荒地黑土的水分及地温观测资料可以初步探明,调节黑土的水热条件对发挥和利用土壤潜在肥力具有重要意义。荒地黑土的水分含量一般高于耕地,地温则低于耕地。垦后改变这种“湿凉”状态,有利于土壤微生物活动,促进有机质分解和养分转化,创造良好的作物生长环境。但是长期耕种过程中,土壤有机质及养分贮量不断减少,潜在肥力逐渐消耗,肥力因素的失调对作物的生育及产量会有相应的影响。如黑土垦后第二年(一年耕地)大麦产量为2.61吨/公顷,十年为2.42吨/公顷,十七年为1.99吨/公顷。故在依赖黑土自然肥力的状况下,一般在最初十年随着土壤的熟化,作物产量较高;垦后十七年产量下降就比较明显。因此,在长期耕种条件下,不仅需要调节土壤的水热状况,充分发挥土壤潜在肥力,同时亦要注意培肥土壤,提高土壤有效肥力。

## 六、黑土垦后的肥力演变过程

综上所述,黑土开垦后,在机械化耕种及现行农作制度下,土壤肥力诸因素发生显著变化。根据黑土肥力的变化过程,可将其分为三个阶段:

1. 活化阶段 垦后一、二年耕层土壤通气、透水性改善,地温升高,微生物活动加强,草根层迅速腐烂,有机质分解快,有效养分易释放,大团聚体变小,容重增加,孔隙度减小,土壤潜在肥力向有效肥力转化,生土开始活化。但由于土壤持水性强,土性仍显冷浆,影响作物生育及正常成熟。应以大豆为先锋作物,以提高地温;种植小麦,增加土壤水分消耗;伏耕晒垡,促进土壤熟化。

2. 熟化阶段 大约维持七至十年,土壤有机质进一步分解,养分逐步有效化,各种养分基本能供给作物的需要,尤其氮钾较充足,团粒结构虽有破坏,但土壤容重及孔隙度进一步改善,土壤松紧程度适宜,水分状况良好,地温略有升高,各种肥力因素比较协调,土壤有效肥力较高,且处于相对稳定状态,是作物高产期,在豆麦轮作体系下可维持一定肥力水平。但增施磷肥或氮磷化肥可进一步提高产量;实行耕翻、深松和耙茬结合的耕作,可发挥和有效利用土壤潜在肥力,要注意坡耕地水土保持。

3. 培肥阶段 耕种十年以后,土壤肥力消耗较大,有机质及养分贮量显著减少,土壤结构大量破坏,有效肥力下降,如果继续单纯利用土壤潜在肥力,已不能满足作物生育要求,必须注意培肥土壤,合理耕作,用养结合等,以防止土壤粘板结。

为了保持黑土有稳定而持续的较高产量,从熟化阶段开始,就必须从耕作、轮作和施肥制度上进行改革,并要注意防止水土流失。

1. 在耕作上要改变连年耕翻,建立以伏翻秋翻为基础,结合耙茬深松,形成翻、耙、松交替进行的耕作制度,以防止耕作过于频繁而造成耕作质量不高,团粒结构破坏,土壤肥力迅速下降。实践证明,这样可以使平作与垄作交替进行,耕翻与深松配合,上翻下松,加深耕作层,打破犁底层,耕层虚实结合,土壤孔性改善,有利于保水、保肥、增温和灭草,也有助于土壤有机质及养分的适度分解转化,增加作物根系吸收水肥范围,防止后期倒伏,可以比较合理而有效地利用土壤潜在肥力<sup>[1]</sup>。

2. 为了使用地与养地相结合,要改变麦、麦、豆的轮作制度,避免小麦重茬和大豆重茬迎茬;将小麦、大豆和杂谷适当调茬,并安排一定比例的绿肥作物。据该地区试验<sup>[2]</sup>,实行麦、豆、杂三区轮作或麦、豆、麦、杂四区轮作效果良好,翻压绿肥增产更为显著,赵光农场试验站翻压草木栖绿肥,麦、豆三年平均增产 21%。

3. 增施有机肥料。目前许多国营农场,经营比较单一,以农业为主,牲畜粪肥少,应广辟肥源,提高施肥水平。如利用秸秆还田是该地区培肥土壤的有效措施,禾谷类作物同时要配合施用氮磷化肥。

4. 注意水土保持。在坡耕地有不同程度的水土流失,据赵光农场调查<sup>[2]</sup>,该地区 2 度以上耕地平均每年流失表土 0.8 厘米,相当每亩流失表土 5.3 立方米,这是耕地黑土肥力下降的另一原因。故在坡耕地要实行等高种植,改顺坡垄为横坡垄,减少地表径流,并营造林带,防止春季风蚀。

## 参 考 文 献

[1] 乔樵、沈善敏、周绍权, 1963: 东北北部黑土水分状况之研究。土壤学报, 11 卷, 2 期, 143—159 页。

1) 赵光农场 1975—1977 年生产总结资料。

2) 赵光农场水土流失与防治效果的调查报告, 1976 (资料)。

- [2] 中国科学院黑龙江流域综合考察队编著, 1961: 黑龙江流域及其毗邻地区的自然条件。科学出版社。
- [3] 沈阳农学院编, 1961: 农业土壤学。农业出版社。
- [4] 中国科学院南京土壤研究所主编, 1978: 中国土壤, 科学出版社。
- [5] 兰士珍、刘文通、程晋福, 1962: 两种水稳性团聚体分析法在不同耕作土壤中的表现。土壤通报, 5 期, 37—43 页。
- [6] 陈家坊、杨国治, 1962: 江苏南部几种水稻土的有机-矿质复合体性质的初步研究。土壤学报, 10 卷, 2 期, 183—192 页。
- [7] 熊毅、姚贤良、樊润威, 1965: 土壤结构的性态研究。土壤学报, 13 卷, 4 期, 411—417 页。
- [8] 丁瑞兴、王兆荣, 1963: 黑土和白浆土的腐殖质组成及性质。东北农学院学报, 3 期, 65—77 页。
- [9] 兰士珍, 1959: 北安地区黑土不同松紧对小麦生育的影响, 土壤, 6 期, 1—4 页。
- [10] 黑龙江省深松耕法试验研究协作组, 1977: 深松耕法及其效应分析。中国农业科学, 4 期, 48—54 页。
- [11] Porter L. K. et al., 1964: Effects of long time cropping on hydrolyzable organic nitrogen fractions in some great main soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 28: 368—370.
- [12] Аринушкина Е. В., 1961: Руководство по Химическому Анализу Почв. Изд. МУ.
- [13] Соколов А. В., 1960: Агохимические Методы Исследования Почв. Изд. АН СССР.
- [14] Щербakov А. П. и др., 1978: Азот в обыкновенных черноземах Каменной степи. Агрехимия, № 5, 3—8.
- [15] Тюлин А. Ф., 1954: Вопросы почвенной структуры в лесу. Почвоведение, № 1, 30—44.

## A STUDY ON THE FERTILITY OF BLACK SOIL AFTER RECLAMATION

Ding Rui-xing and Liu Shu-tong

(Northeastern Agricultural College)

### Summary

The present paper deals with the fertility change of black soil after its cultivation from the virgin land in Heilongjiang province.

Results obtained showed that under the influence of mechanical cultivation and current agricultural system, significant changes on the properties of black soil were brought by its cultivation. The development of soil fertility has been found in three stages——activation, cultivation and restoration. It was observed that with the increase of the time of cultivation, the thickness of humus horizon, the contents of humus, total N, hydrolyzed N and the value of C/N were decreased; at the same time, the soil aggregates were disintegrated gradually, the amount of soil microaggregate and its  $G_1$ -fraction, and the humus carbon and total N in both  $G_1$  and  $G_2$  fraction of microaggregate were depressed; the specific gravity and volume weight of soil were increased, whereas its porosity was decreased. The amount of available P and K increased in varying extent following the developing of cultivation of the soil. The crop yield was higher in the first ten years after reclamation, and then a significant depression was found.

In order to maintain and promote the soil fertility and increase the crop yield in the black soil region, it is necessary to improve the current system of cultivation and fertilization, and to pay attention to soil conservation of slope land.