

土壤磁学理论应用新途径——磁性犁*

依艳丽 武丽艳 王芝录 刘孝义

(沈阳农业大学, 110161)

摘 要

我们的研究发现,磁场处理土壤引起一系列土壤机械物理性质的变化,如粘着力、粘聚力、剪切力降低。磁场处理也引起土壤比表面电位及表面电荷等电化性质的变化。将这些理论问题应用于实际生产中去,我们研制了磁性犁,通过大量的试验证明:磁性犁可降低土壤耕作阻力,节省油耗,提高耕作质量,如能推广,可望得到巨大的经济效益和社会效益。

关键词 磁化犁,磁处理,土壤磁学

土壤磁学在近十几年来发展较快,磁学理论和方法也为土壤改良提供了新的途径,如磁场处理土壤,磁性肥料,磁化水和磁性改良剂等的应用。在前苏联和我国都发现,磁化水可加速土壤脱盐、节省冲洗水量^[1,2],施用磁化粉煤灰对土壤的养分供应有明显的促进作用,对小麦、油菜、水稻等也有一定增产效果^[3,4]。在过去的十余年中,我们在外加磁场对土壤理化性质的影响方面做了大量的工作,发现磁场处理土壤后,土壤机械物理性质发生了变化^[4,5]。由此我们研制了磁性犁,做了大量的对比试验,并对其机理作了较为深入的研究。此项成果已通过鉴定,可提高土壤耕作效率,节省耗油。

一、试验材料及方法

田间试验:分别在旱田和水田土壤上进行,旱田为棕壤土,玉米地。

室内试验:在土槽中进行模拟试验。土壤为棕壤。

试验用磁性犁由普通犁加磁性装置构成。

供试土样为沈阳棕壤,营口滨海盐土,朝阳褐土,吉林黑土和黑钙土。

剪切力测定用应变式直接剪力仪对土壤进行快剪,绘成抗剪强度曲线。

土壤微团聚体分析用吸管法,比表面测定用饱和醋酸钾吸附法,其它项目用常规方法测定。

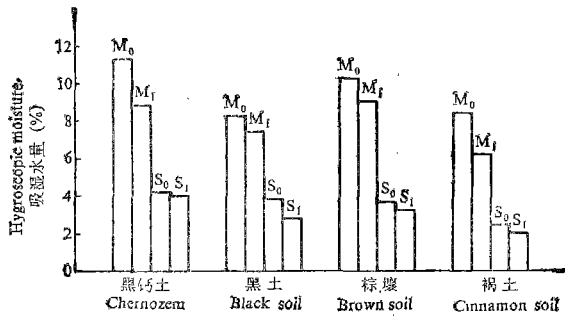
二、试验结果与讨论

(一) 磁场处理对土壤物理性质的影响

1. 磁场处理对土壤吸湿水的影响 通过磁场处理后的土壤,其最大吸湿量和单分子层吸湿量均比对照土样降低(图1),最大吸湿量和单分子层吸湿水量降低百分率分别

* 此课题系高校博士学位基金资助课题。

1) 武汉电力设计院,1979:磁性煤灰提高肥效的探讨(资料)。



M₀ 为最大吸湿量 (对照), M₁ 为最大吸湿量 (1000 × 10⁻⁴T, 处理 5 分钟), S₀ 为单分子水层吸湿量 (对照), S₁ 为单分子水层吸湿量 (1000 × 10⁻⁴T, 处理 5 分钟)。

图 1 磁场对土壤吸湿量的影响

Fig. 1 Effect of magnetic treatment on the hygroscopic moisture in soils

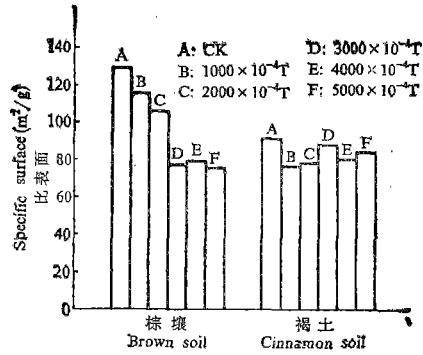


图 2 磁场处理对土壤比表面的影响 (处理 5 分钟)

Fig. 2 Effect of magnetic treatment on the specific surface of soils (treated for 5 min)

为: 棕壤, 11.3% 和 7.3%; 褐土, 25.1% 和 17.2%; 黑土, 7.3% 和 18.3%; 黑钙土, 16.7% 和 1.9%。磁场使土壤的分子吸力降低, 即土水势提高, 这势必引起一系列的土壤理化性质的变化。

2. 磁场处理对土壤比表面及微结构的影响 几种土壤经不同磁场强度处理一定时间后, 其比表面都有不同程度的降低 (图 2、3、4), 不同场强处理的降低范围是: 棕壤, 10.5%—41.6%; 褐土, 3.9%—17.2%; 黑钙土, 3.3%—48.5%; 黑土, 27.1%—40.0%; 盐土, 6.6%—17.6%。不同磁场强度对各种土壤的影响结果不完全相同, 但总的趋势是相同的, 即处理的都较对照的降低。从磁场对各种土壤比表面的影响程度来看, 棕壤、黑土和黑钙土受磁场的影响比较大, 而褐土和盐土所受影响相对小些。

从表 1 和表 2 可看出, 几种土壤经不同的磁场强度处理后, 其 <0.001mm 粒级组含

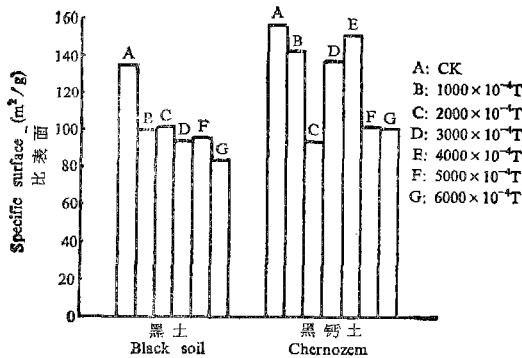


图 3 磁场处理对土壤比表面的影响 (处理 5 分钟)

Fig. 3 Effect of magnetic treatment on the specific surface of soils (treated for 5 min)

级组的含量减少, 其他粒级组的变化没有规律。

量有不同程度的降低, 即其分散性降低, 其中, 以黑土和棕壤降低幅度最大 (棕壤, 48—68%; 黑土, 16—78%), 其次为黑钙土和盐土 (黑钙土, 6.7—48.9%; 盐土, 4.8—54%), 褐土降低幅度最小 (4—12.2%)。众所周知, 土壤比表面和分散性 <0.001mm 粒组对土壤理化特性有重要影响, 由于两者的变化, 将引起一系列土壤理化特性的变化。另外, 土壤微团聚体的分析还发现, 大部分土壤经磁场处理后, 较大粒径的粒级组 (0.01—0.05mm) 含量有所增加, 而 <0.01mm 粒

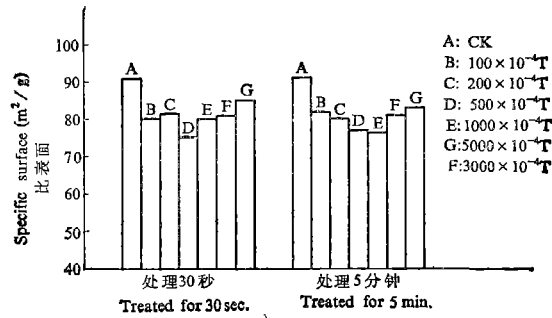


图 4 磁场处理对盐土比表面的影响

Fig. 4 Effect of magnetic treatment on the specific surface of saline soil

表 1 磁场对土壤微团聚体和分散性 <0.001mm 粒组的影响

Table 1 Effect of magnetic treatment on the microaggregate and dispersed <0.001mm fraction in soils

处理 Treatment		0.05—0.01mm(%)			<0.001mm(%)		
场强 Field intensity ($\times 10^{-4}T$)	时间 Time (min)	黑土 Black soil	黑钙土 Chernozem	褐土 Cinnamon soil	黑土 Black soil	黑钙土 Chernozem	褐土 Cinnamon soil
1000	5	49.15	39.54	42.33	1.69	6.12	4.52
2000	5	48.55	41.60	35.24	0.92	3.35	4.44
3000	5	49.15	43.34	37.94	3.16	5.69	4.37
5000	5	52.42	45.60	38.46	3.54	3.42	4.77
6000	5	49.34	47.37	41.86	1.31	4.12	—
CK		49.11	33.66	31.45	4.26	6.56	4.98

表 2 磁场对分散性 <0.001mm 粒组的影响

Table 2 Effect of magnetic treatment on the dispersed <0.001 mm fraction of soils

处理 Treatment		<0.001mm(%)	
场强 Field intensity ($\times 10^{-4}T$)	时间 Time(min)	盐土 Saline soil	棕壤 Brown soil
100	0.5	2.09	1.35
200	0.5	2.36	1.64
500	0.5	1.82	1.40
1000	0.5	1.80	1.78
3000	0.5	1.73	1.50
5000	0.5	2.20	2.34
100	5	1.56	1.28
200	5	1.52	1.34
500	5	1.57	1.28
1000	5	1.15	1.40
3000	5	1.79	1.55
5000	5	1.32	2.06
CK		2.48	4.50

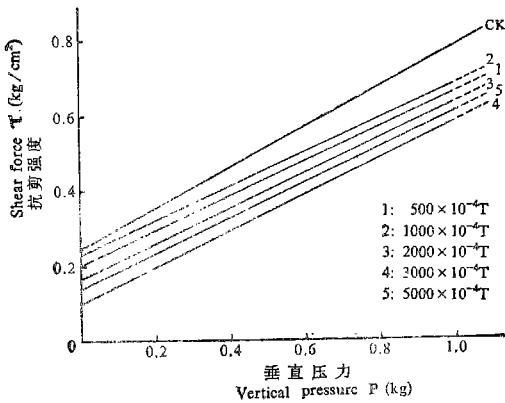


图 5 磁场处理对棕壤抗剪强度的影响 (处理 1 分钟)

Fig. 5 Effect of magnetic treatment on the shear force of the brown soil (treated for 1 min)

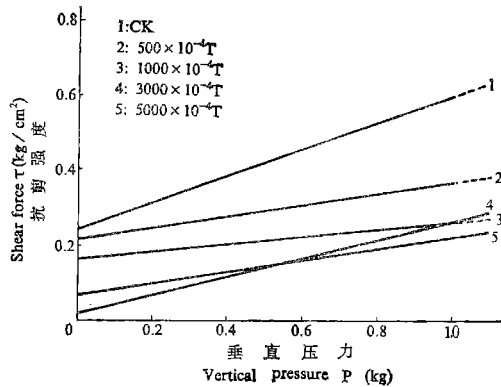


图 6 磁场处理对盐土抗剪强度的影响 (处理 1 分钟)

Fig. 6 Effect of magnetic treatment on the shear force of the saline soil (treated for 1 min)

3. 磁场处理对土壤抗剪强度的影响 为了说明磁性犁降低耕作阻力的机理, 我们研究了不同磁场强度对土壤剪切力的影响, 其结果如图 5、6、7 所示。

从试验结果来看, 棕壤和褐土经磁场处理后的抗剪强度均比对照降低。对于棕壤, 经 $3000 \times 10^{-4} \text{ T}$ 的磁场强度处理的土样抗剪强度最低。对于盐土, 经 3000 和 $5000 \times 10^{-4} \text{ T}$ 磁场强度处理的土样抗剪强度最低。图 6 中的 3、4、5 处理的抗剪强度曲线有交叉现象, 是

盐土含水量难以控制而造成的差异, 但其总的趋势仍是降低。

土壤抗剪强度直接关系到土壤耕作时的能耗多少, 质量优劣以及铧子磨损和整机的工作效率。耕耘机械切削土壤所消耗的能量与土壤抗剪强度成正比, 所以土壤抗剪强度降低必将引起土壤耕作阻力的降低。

4. 磁场对土壤粘结力、粘着力的影响 土壤粘结力是构成土壤强度的主要因素, 而土壤强度又是影响土壤变形和耕作阻力的主要因素。为此我们对

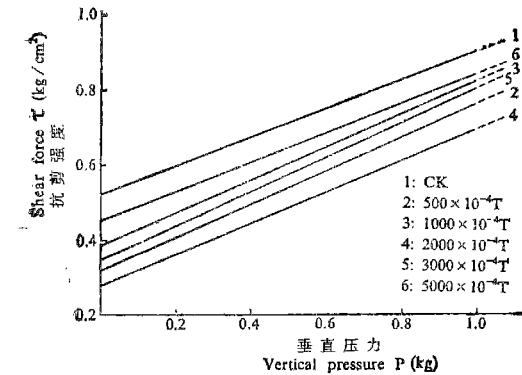


图 7 磁场处理对褐土抗剪强度的影响 (处理 1 分钟)

Fig. 7 Effect of magnetic treatment on the shear force of the cinnamon soil (treated for 1 min)

60—70% 相对湿度的土壤进行了粘结力的测定, 同时也测定了棕壤的最大粘结力。结果表明, 磁场对粘结力、粘着力 (表 3, 表 4) 的影响同对抗剪强度的影响是一致的。另外, 从棕壤和盐土的磁场处理结果来看, 用不同的磁场强度处理 1 分钟和 30 秒钟后, 两种土壤的粘结力均比对照的降低, 因此在土壤耕作过程中同时进行磁处理土壤 (应用磁性犁) 是可以降低土壤阻力的。

表 3 磁场处理对土壤粘结力的影响

Table 3 Effect of magnetic treatment on the cohesive force of soils

处理 Treatment		粘结力 Cohesive force(kg/cm ²)			最大粘结力 Maximum cohesive force (kg/cm ²)
场强 Field intensity ($\times 10^{-4}$ T)	时间 Time (min)	棕壤 Brown soil	盐土 Saline soil	褐土 Cinnamon soil	棕壤 Brown soil
500	0.5	0.240	—	—	—
1000	0.5	0.162	0.224	—	11.70
2000	0.5	0.220	0.075	—	—
3000	0.5	0.190	0.180	—	12.90
5000	0.5	0.076	0.145	—	—
500	1.0	0.200	0.167	0.322	—
1000	1.0	0.220	0.233	0.388	9.00
2000	1.0	0.183	0.439	0.280	13.50
3000	1.0	0.109	0.024	0.345	9.20
5000	1.0	0.145	0.067	0.452	9.80
CK		0.240	0.247	0.524	14.10

表 4 磁场对棕壤粘着力的影响*

Table 4 Effect of magnetic treatment on the adhesion of the brown soil

处理时间 Treatment time		处理场强 Field intensity of treatment($\times 10^{-4}$ T)					CK
		1000	2000	3000	5000	10000	
30sec	g/cm ²	12.85	14.59	13.20	10.75	13.76	15.36
	%	-16.3	-6.3	-14.1	-30.1	-10.4	—
1min	g/cm ²	10.60	9.80	11.84	14.59	12.47	15.36
	%	-30.9	-36.2	-22.9	-5.0	-18.8	—

* 田间持水量时测定。

(二) 磁性犁牵引阻力的试验结果

1. 磁场对中耕培土器牵引阻力的影响 我们在沈阳农业大学试验(棕壤, 玉米苗期)做了培土器牵引阻力的田间试验(表 5), 发现平均牵引阻力比对照降低 8—40%。由于每组对比试验在相同的土壤条件下, 其土壤耕作阻力主要受耕深的影响, 所以以比阻进行比较, 进行数理统计和差异显著性检验, 结果差异极显著。为了提高测量精度, 在土槽内进行人工模拟试验, 控制土壤条件, 使测试工作状态趋于相同, 并用六分力传感器测得六个分力。其中, 从影响耕作前进方向的水平阻力看(表 5), 磁性犁与对照犁之间差异极显著。由此可见, 室内模拟和田间测试均证明磁性培土器降低耕作阻力的效果显著。

2. 磁场对双铧翻转犁牵引阻力的影响 磁性双铧犁的阻力试验分别在旱田和水田中进行, 旱田(棕壤, 玉米茬)秋翻试验结果(表 6)表明, 磁性犁的耕作阻力比对照犁降低明显, 室内模拟试验结果与田间测试结果一致。磁性双铧犁的水田秋翻试验, 降低耕作阻力 9—32%。效果极为显著(表 7)。

表 5 磁性培土器对耕作阻力的影响

Table 5 Effect of magnetic cultivator on the ploughing resistance

组序 Order	处理 Treatment	观测数 Number of observed values	平均牵引阻力 Average ploughing resistance (kg)	平均比阻 Average specific resistance (kg/cm ²)	t 检验 t-test	比阻减少 Reduction of specific resistance(%)	
田间	CK 磁化 CK	529	240.77	0.912±0.069	14.80** 41.80**	8.6 18.2	
		463	230.90	0.834±0.096			
		468	268.24	1.020±0.102			
	2	CK 磁化 CK	495	224.40	0.812±0.096	3.42** 45.70**	2.6 24.8
			483	215.17	0.791±0.096		
			567	273.10	1.052±0.089		
室内	1	CK	30	634.56	1.459±0.101	28.57**	46.5
		磁化	30	367.16	0.781±0.080		
	2	CK	30	610.49	1.454±0.166	9.92**	40.9
		磁化	30	374.28	0.860±0.282		
	3	CK	30	226.37	0.419±0.079	6.13**	32.5
		磁化	30	143.28	0.283±0.093		

表 6 磁性双铧翻转犁试验结果(旱田)

Table 6 Experimental results of the magnetic reversible double-bladed plough

组序 Order	处理 Treatment	观测数 Number of observed values	平均牵引阻力 Average ploughing resistance (kg)	平均比阻 Average specific resistance (kg/cm ²)	t 检验 t-test	比阻减少 Reduction of specific resistance (%)	
田间	1	CK	438	462.98	1.63±0.32	19.5**	23.9
		磁化	382	317.72	1.24±0.25		
	2	CK	141	183.89	1.27±0.40	9.7**	26.8
		磁化	163	167.38	0.93±0.19		
	3	CK	169	242.34	1.22±0.31	13.45**	32.0
		磁化	132	123.71	0.83±0.14		
室内	1	CK	15200	230.76	0.51	—	9.9
		磁化	15000	208.02	0.46		
	2	CK	10400	298.17	0.77	—	13.5
		磁化	23700	344.56	0.66		

3. 悬挂四铧磁性犁油耗试验 采用电测工程车跟踪试验机组进行测量(表 8), 磁性四铧翻转犁平均降低阻力约 10.6%, 节省主燃油约 11%, 并且磁性犁的作业速度与对照基本相同。磁性犁耕后的土垡较对照的松散。

上述各种磁性犁试验均说明其降低耕作阻力的效果显著, 但每组试验的阻力降低百

表 7 磁性双铧翻转犁耕作阻力试验结果

Table 7 Experimental results on ploughing resistance of the magnetic reversible double-bladed plough

组序 Order	处理 Treatment	观测数 Number of observed values	平均牵引阻力 Average ploughing resistance (kg)	平均比阻 Average specific resistance (kg/cm ²)	t 检验 t-test	比阻减少 Reduction of specific resistance (%)
1	CK 磁化	55 222	255.56 190.34	1.343±0.451 0.908±0.219	10.35**	32.4
2	CK 磁化	185 217	309.89 226.99	1.384±0.281 1.020±0.309	12.13**	26.3
3	CK 磁化	92 110	188.17 172.98	1.050±0.178 0.840±0.165	8.75**	20.0
4	CK 磁化	83 64	237.86 219.59	1.220±0.248 1.100±0.239	2.93**	9.8
5	CK 磁化	89 92	240.34 201.46	1.350±0.269 1.080±0.227	7.30**	20.0
6	CK 磁化	159 199	315.46 248.35	1.610±0.241 1.240±0.427	9.74**	23.0
7	CK 磁化	278 244	452.5 357.92	2.140±0.312 1.760±0.243	15.20**	17.8
8	CK 磁化	226 247	403.85 382.8	1.960±0.272 1.700±0.255	10.83**	13.3
9	CK 磁化	102 145	419.08 296.56	1.860±0.273 1.450±0.171	14.64**	22.0

表 8 悬挂四铧磁性犁牵引阻力试验结果
 Table 8 Experimental results on ploughing resistance the mounted
 magnetic four-share plough

处理 Treatment	耕速 Ploughing speed (m/s)	观测数 Number of observed values	耕深 Depth of ploughing (cm)	牵引阻力 Ploughing resistance (kg)	比阻 Specific resistance (kg/cm ²)	牵引功率小 时耗油 Expenditure of soil per ploughing power hour (g/kw·h)	平均耗油 Average expenditure of oil (g/kw·h)	节油率 Rate of oil saving (%)	比阻下降 Reduction of specific resistance (%)
磁化	1.46	40110	30.75	2560.3	0.5947	359.55	357.27		
磁化	1.57	27930	25.53	2447.1	0.6855	354.98		11.3	10.6
CK	1.56	21330	21.53	1988.5	0.7029	435.64			
CK	1.63	40100	23.25	2046.4	0.7162	404.50	402.91		
CK	1.36	41510	27.00	2480.5	0.7277	368.58			

分率差异较大,这是因为(1)不同地块的土质、水分不同而引起的,(2)同一地块的空间变异较大,如地势不平坦和根茬多少都可能引起差异。但是大量的数据统计表明,磁性犁降低耕作阻力的总趋势是一致的。

三、结 论

1. 磁性犁降低耕作阻力效果显著,三种磁性犁试验结果,平均降低耕作阻力在10%以上,磁性悬挂四铧犁可节省主燃油约10%。

2. 磁性犁降低耕作阻力的原因是磁场作用下的土壤的比表面,ξ电位、粘结力、抗剪强度等理化性质减少和减弱,使耕作阻力降低。至于磁性犁对土壤理化特性,土壤肥力、耕作阻力影响机理,尚待深入研究。

参 考 文 献

1. 朱庭云、盛殿阁等, 1982: 利用放射性同位素 ^{131}I 研究磁化水改良盐土的效果。土壤通报,第3期,16—20页。
2. 俞劲炎, 1979: 土壤磁学——土壤学研究的新领域。土壤学进展,第4期,1—11页。
3. 俞劲炎等, 1981: 土壤电磁处理——土壤改良的新途径。土壤学进展,第5期,1—14页。
4. 刘孝义、依艳丽: 1987: 外加磁场对土壤持水特性影响的研究。土壤通报,第4期,167—169页。
5. 刘孝义、依艳丽, 1985: 磁场对土壤物理性质的影响及土壤磁化率与土壤有机质相关性的研究。沈阳农业大学学报,第1期,33—40页。

A NEW WAY OF SOIL MAGNETISM APPLICATION- MAGNETIC PLOUPH

Yi Yanli, Wu Liyan, Wang Zhilu and Liu Xiaoyi

(Shenyang Agricultural University, 110161)

Summary

The effect of magnetic plough on ploughing resistance was studied. The results show that magnetic plough could reduce ploughing resistance markedly. Magnetic two-share plough reduced ploughing resistance by about 21%, While magnetic four-share plough decreased ploughing resistance by about 10% and saved oil by about 10%. The principal mechanism is that magnetic field could cause the changes of soil physical chemical properties. For example, magnetic field could cause a reduction in the specific surface, cohesive force, shear force, zeta-potential etc. of soil and an increase in the aggregation and water potential.

The results show that magnetic plough would be efficieat in reducing ploughing resistance, saving energy and improving soil physical and chemical properties.

Key words Magnetic plough, Magnetic treatment, Soil magnetism