

目次

第九章 施肥机械

第一节 厩肥装载机	IX-1
1 分类	IX-1
2 装肥机的设计因素	IX-2
第二节 厩肥撒肥车	IX-4
1 分类	IX-5
2 撒肥车的设计因素	IX-6
第三节 矿肥施播机械	IX-8
1 分类	IX-8
2 矿肥施播机的设计因素	IX-9
第四节 液肥喷播机	IX-19
第五节 氨肥施播机	IX-20
1 氨水施肥机	IX-20
2 液氨施肥机	IX-20
参考文献	IX-21

第十章 植物保护机械

第一节 喷雾器	X-1
1 喷雾器的类型	X-1
2 喷雾器的主要零件和参数	X-12
第二节 喷粉器	X-17
1 喷粉器的类型	X-18
2 喷粉器的主要零件和参数	X-23
第三节 细雾器	X-24
1 细雾器分类	X-24
2 细雾器的构造	X-24
3 细雾器特性	X-24
第四节 烟雾器	X-25
1 烟雾器分类	X-25
2 烟雾器特性	X-25
3 烟雾器的使用条件	X-26
第五节 种子消毒机械	X-26
参考文献	X-27

第十一章 收获机械

第一节 谷物收获机具	XI-1
1 谷物收获方法	XI-1
2 谷物收割机具及一般特征	XI-3
3 谷物联合收割机	XI-10
4 谷物收获机具主要工作部件原理结构与设计	XI-40

第二节 玉米收获机械	XI-127
1 类型	XI-127
2 主要工作部件	XI-128
第三节 薯类甜菜及花生收获机具	XI-136
1 马铃薯收获机具	XI-136
2 甘薯收获机具	XI-148
3 甜菜收获机具	XI-149
4 花生收获机具	XI-164
第四节 棉花收获机械	XI-165
1 类型	XI-165
2 主要工作部件	XI-170
参考文献	XI-180

第十二章 加工机械

第一节 谷物脱粒机具	XII-1
1 谷物脱粒机具的类型	XII-1
2 谷物脱粒机的基本参数	XII-4
3 脱粒机的工作机构	XII-10
4 谷物脱粒机的试验	XII-21
第二节 谷物清选机械	XII-21
1 风选机	XII-26
2 筛选机	XII-30
3 高眼式清选机	XII-38
4 复式清选机	XII-46
5 摩擦分离机	XII-46
6 电磁清选机	XII-54
7 其它清选机	XII-55
8 谷物清选机的试验	XII-57
第三节 农用烘干机	XII-60
第四节 茎叶纤维作物初加工机械	XII-77
1 机具的类型	XII-77
2 纤维初加工机械的主要部件的工作原理与设计	XII-82
3 棉花初加工机械	XII-85
第五节 其他加工机械	XII-93
1 玉米脱粒机具	XII-93
2 花生剥壳机	XII-98
3 块根洗滌机	XII-98
4 块根切片、切丝机具	XII-101
5 颗粒肥料制造机	XII-104
参考文献	XII-106

第十三章 畜牧机械

第一节 干草收获机械	Ⅻ-1
1 割草机	Ⅻ-1
2 搂草机与翻草机	Ⅻ-14
3 集草器	Ⅻ-22
4 拾起集堆机、拾起集柴机及拾起装载机	Ⅻ-23
5 柴草机	Ⅻ-27
6 拾起压捆机及固定式压捆机	Ⅻ-27
第二节 青饲料收获机	Ⅻ-32
1 类型	Ⅻ-32
2 主要工作部分	Ⅻ-35
第三节 饲料切断机	Ⅻ-40
1 切断机的构造	Ⅻ-40
2 切断机的工作过程	Ⅻ-41
3 现有各种饲料切断机的特性	Ⅻ-42
4 切断机的主要部件设计	Ⅻ-42
第四节 饲料蒸煮器	Ⅻ-50
1 饲料蒸煮器的类型	Ⅻ-50
2 蒸汽式蒸煮器	Ⅻ-50
3 电热式蒸煮器	Ⅻ-53
第五节 饲料粉碎机	Ⅻ-54
1 锤式饲料粉碎机	Ⅻ-55
2 磨	Ⅻ-62
第六节 饮水器	Ⅻ-65
1 自动饮水器的类型及结构	Ⅻ-65
第七节 挤奶装置	Ⅻ-67
1 挤奶的技术要求及工作原理	Ⅻ-67
2 挤奶装置的类型、结构及其作用原理	Ⅻ-67
第八节 牛奶分离机	Ⅻ-71
1 牛奶分离机的类型及其结构	Ⅻ-71
2 牛奶分离机的工作过程分析	Ⅻ-74
第九节 剪羊毛机械	Ⅻ-75
1 类型及其结构	Ⅻ-75
2 设计与计算	Ⅻ-79
参考文献	Ⅻ-80

第十四章 农用提水机械

第一节 水車及提水工具	Ⅻ-1
1 类型规格	Ⅻ-1
2 解放式水車的简单计算	Ⅻ-3
3 解放式水車管鏈的零件规格	Ⅻ-4
第二节 冲击式揚水机	Ⅻ-8
第三节 水輪泵	Ⅻ-11
1 水輪泵的結構原理	Ⅻ-13
2 水輪泵的性能参数	Ⅻ-15

第四节 深井水泵	Ⅻ-16
1 柱塞式深井泵	Ⅻ-16
2 离心式深井泵	Ⅻ-19
3 水流揚水泵	Ⅻ-22
4 压缩空气揚水泵	Ⅻ-23
第五节 人工降雨机	Ⅻ-25
1 远射程人工降雨机	Ⅻ-26
2 短射程人工降雨机	Ⅻ-38
第六节 叶片式水泵	Ⅻ-17
1 离心泵	Ⅻ-17
2 軸流泵	Ⅻ-18
3 混流泵	Ⅻ-55
第七节 內燃水泵	Ⅻ-56
1 概述	Ⅻ-56
2 基本类型及工作原理	Ⅻ-56
3 几种內燃水泵的构造与性能简介	Ⅻ-59
第八节 提水工具的試驗測定	Ⅻ-71
1 水量	Ⅻ-71
2 揚程	Ⅻ-73
3 管路中水头损失	Ⅻ-74
4 有效功率	Ⅻ-79
5 水泵的軸功率	Ⅻ-79
6 水泵效率	Ⅻ-79
7 燃料消耗量	Ⅻ-79
8 压力	Ⅻ-79
9 气体分析	Ⅻ-79
参考文献	Ⅻ-80

第十五章 农用动力

第一节 人力	Ⅻ-1
1 农业机械与人力	Ⅻ-1
2 人力的力学概述	Ⅻ-1
3 能量代謝率及工作等級(劳动能力消費的指标)	Ⅻ-1
第二节 畜力	Ⅻ-3
1 中国农用役畜的种类及其分布	Ⅻ-3
2 畜力利用的方式	Ⅻ-3
3 役畜的牽引速度与功率	Ⅻ-3
4 役畜的駄負能力	Ⅻ-8
第三节 風力机	Ⅻ-9
1 緒言	Ⅻ-9
2 風力机的基本理論	Ⅻ-11
3 風力机的設計与計算	Ⅻ-16
4 風力机安装地点的选择	Ⅻ-40
5 風力机的实际結構	Ⅻ-41

第四节 水轮机	XV-50
1 水轮机的分类和应用	XV-50
2 水轮机的选型设计	XV-53
第五节 柴油机	XV-56
第六节 内燃机	XV-67
1 汽油机	XV-67
2 柴油机	XV-69
3 煤气机	XV-83
4 内燃机改装酒精机	XV-83
第七节 电动机	XV-86
1 电动机的类型	XV-86
2 电动机的特性	XV-86
3 电动机种类、电压、型式及转速的选择	XV-89
4 电动机的系列	XV-90
第八节 拖拉机	XV-108
1 我国拖拉机系列表	XV-108
2 国产拖拉机的简要技术规格	XV-109
3 几种主要进口拖拉机的简要技术规格	XV-111
第九节 绳索牵引机	XV-115
1 人、畜力绳索牵引机	XV-115
2 动力绳索牵引机	XV-116
3 绳索牵引农具	XV-119
参考文献	XV-121

第十六章 农业机械试验研究用仪器

第一节 测量仪器的感受元件	XVI-1
1 机械式感受元件	XVI-1
螺旋弹簧	XVI-1
板弹簧	XVI-2
柱状弹簧	XVI-2
2 液压感受元件	XVI-3
U形压力管	XVI-3
3 电变换器	XVI-5
电阻丝变换器	XVI-5
电感变换器	XVI-5
电容变换器	XVI-6
第二节 应力测量	XVI-6
1 机械式应变仪	XVI-6
2 用电阻丝变换器测量应用	XVI-6
应力测量的普遍形式	XVI-6
圆柱体上的应力测量	XVI-9
3 用偏振光法测量应力	XVI-9
4 用薄膜法测量应力	XVI-9
第三节 动力测量	XVI-10
1 拉力、压力的测量	XVI-10
机械弹簧式拉力仪	XVI-10

液压式拉力、压力仪	XVI-10
电拉力环	XVI-14
2 扭矩测量	XVI-16
机械弹簧式扭矩仪	XVI-16
液压式扭矩仪	XVI-18
电扭矩仪	XVI-23
3 转速、加速度和振动的测量	XVI-23
转速测量	XVI-23
振动及加速度的测量	XVI-24
第四节 综合测力仪器	XVI-25
1 JLT-2 型测力车	XVI-25
2 示波车	XVI-26
放大器的工作原理	XVI-26
振子示波器	XVI-31

第五章 土壤及作物的物理机械性能试验

仪器	XVI-31
1 测土壤坚实度的仪器	XVI-31
2 土块强度仪	XVI-32
3 茎秆抗力测定仪	XVI-32
4 脱粒性分级仪	XVI-33
5 茎秆延伸仪	XVI-34
6 摆锤式茎秆拉断仪	XVI-34
7 小拉力仪	XVI-35
8 茎秆与土壤结合力的测定仪	XVI-35
9 茎秆动态弯曲强度测定仪	XVI-36
10 动摩擦测定仪	XVI-36
11 粗茎秆作物切割仪	XVI-37
第六节 试验记录的整理方法	XVI-37
1 求积法	XVI-37
2 纵座标法	XVI-37
3 峰值法	XVI-39
4 变量曲线及其应用	XVI-40
参考文献	XVI-41

第十七章 农业技术资料

第一节 土壤与耕作	XVII-1
1 中国土壤分布区域	XVII-1
2 土壤母质的种类	XVII-2
3 土壤的组成	XVII-2
4 土壤的机械组成	XVII-2
5 土壤结构	XVII-4
6 土壤水	XVII-5
7 土壤的物理机械性状	XVII-7
8 北方旱作地区耕作法	XVII-17
9 南方水稻地区耕作法	XVII-19
10 东北地区墙作耕作法	XVII-21

11 黄河中游黄土地区坡地治理耕作法.....	Ⅹ-23
第二节 肥料.....	Ⅹ-28
1 肥料的分类.....	Ⅹ-28
2 植物体生长所需要的元素.....	Ⅹ-29
3 农作物缺肥的一般特征.....	Ⅹ-29
4 施肥技术.....	Ⅹ-30
5 农家肥料.....	Ⅹ-30
6 化学肥料.....	Ⅹ-34
7 细菌肥料.....	Ⅹ-42
8 颗粒肥料.....	Ⅹ-43
9 各种肥料混用及作物需肥量.....	Ⅹ-43
第三节 作物.....	Ⅹ-44
1 我国主要作物的轮作方式.....	Ⅹ-44
2 我国主要作物的栽培措施.....	Ⅹ-51
3 作物物理机械性状.....	Ⅹ-60
4 农作物生产农事季节.....	Ⅹ-127
第四节 植物保护用农药.....	Ⅹ-157
1 农药的使用形态.....	Ⅹ-157
2 农药的分类.....	Ⅹ-157
3 农药的施用方法.....	Ⅹ-158
4 常用的几种植物保护用农药及其混合使用法.....	Ⅹ-160
5 数种农药对各种金属的腐蚀程度.....	Ⅹ-168
参考文献.....	Ⅹ-170

附 录

一 农业机械随车附带工具.....	附-1
1 扳手.....	附-1
2 螺絲刀.....	附-4
3 扁錐.....	附-4
4 錘.....	附-4
5 打眼錐.....	附-4
6 平口鉗.....	附-4
7 油壺.....	附-4
8 油枪.....	附-4
二 机器标牌.....	附-6
三 燃料.....	附-8
1 固体燃料.....	附-8
2 液体燃料.....	附-10
3 气体燃料.....	附-11
四 润滑油及润滑脂.....	附-13
五 拖拉机的工作装置.....	附-15
1 动力輸出軸.....	附-15
2 皮帶輪.....	附-15
3 农用拖拉机的牵引装置.....	附-16
4 国外几种拖拉机的动力輸出軸, 牵引点, 皮帶輪的数据.....	附-1

第十七章 农业技术資料

第一节 土壤与耕作

土壤是农作物生长的基地，也是耕耘机械、种植机械及一部分收获机械的工作对象。由于各地区的自然条件，土壤类别，土壤物理机械性状及土壤耕作法的不同，对农业机械的设计的要求也就不同。为了使农作物具有良好的生长条件，获得高额产量及提高劳动生产率，就必须根据土壤和耕作的特点来设计农业机械。本节主要介绍土壤基本物理机械性状，简单的测定方法，土壤对于犁工作的牵引阻力的影响和我国

不同地区的耕作方法等，以供设计时参考。

1 中国土壤分布区域

图中：I. 草甸黑土区带：

II. 黑土区带：

III. 松江平原淋溶黑土和典型黑土区；

IV. 三河山前地带黑土区；

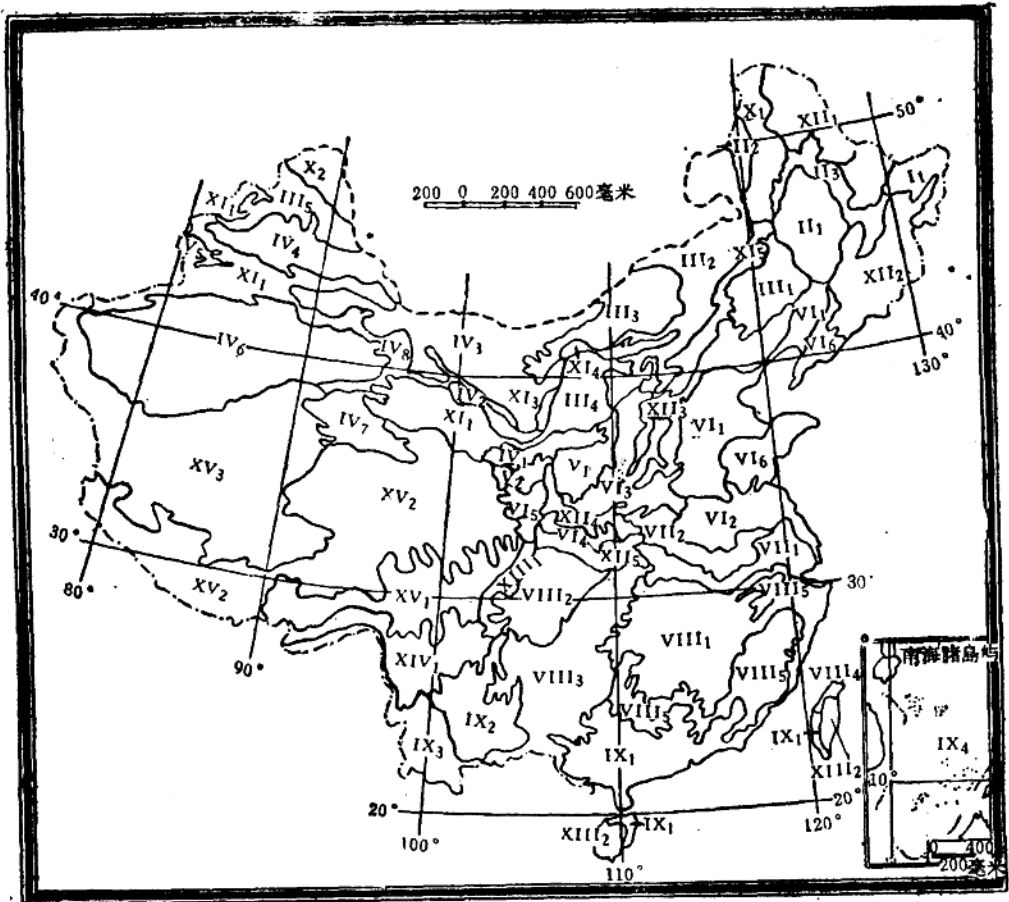


图17-1 中国土壤区域图

- II₃ 山前丘陵黑钙土区。
- III. 栗钙土和棕钙土区带:
- III₁ 辽西浅丘栗钙土区;
- III₂ 察哈尔盟高原栗钙土区;
- III₃ 乌兰察布盟高原棕钙土区;
- III₄ 伊克昭盟低地棕钙土区;
- III₅ 阿勒泰低地栗钙土和棕钙土区。
- IV. 灰钙土和荒漠土区带:
- IV₁ 兰州——固原黄土高原典型灰钙土区;
- IV₂ 河西走廊灰钙土区;
- IV₃ 西蒙东疆荒漠土区;
- IV₄ 准噶尔盆地灰钙土与灰棕荒漠土区;
- IV₅ 伊犁盆地典型灰钙土和草甸灰钙土区;
- IV₆ 塔里木盆地棕色荒漠土区;
- IV₇ 柴达木盆地荒漠土区;
- IV₈ 库鲁克塔格山地荒漠土区。
- V. 灰褐土区带:
- V₁ 陕北陇东黄土阶地与丘陵灰褐土区;
- V₂ 陇西黄土丘陵灰褐土区。
- VI. 褐色土和棕壤区带:
- VI₁ 华北平原和辽河平原原始褐色土和褐色土区;
- VI₂ 淮河平原原始褐色土与潜育土区;
- VI₃ 晋陕豫黄土丘陵土原地褐色土区;
- VI₄ 汉中盆地淋溶褐色土区;
- VI₅ 陇南丘陵地褐色土和棕壤区;
- VI₆ 辽东半岛和山东半岛棕壤和褐色土区 (包括山地棕壤)。
- VII. 黄褐土区带:
- VII₁ 长江下游丘陵和平原黄褐土与水稻土区;
- VII₂ 伏牛山—大别山山地黄棕壤与山地黄褐土区。
- VIII. 红壤和黄壤区带:
- VIII₁ 湘赣丘陵红壤与黄壤区;
- VIII₂ 四川盆地黄壤和红壤区;
- VIII₃ 贵州高原黄壤区;
- VIII₄ 台北低山丘陵黄壤和红壤区;
- VIII₅ 南岭山地和闽浙丘陵山地黄壤区。
- IX. 红壤和砖红壤区带:
- IX₁ 粤闽桂台沿海丘陵红壤及砖红壤区;
- IX₂ 云南高原铁质砖红壤性红壤区;
- IX₃ 滇南低山丘陵砖红壤和山地红壤区;
- IX₄ 南海岛屿砖红壤区。
- X. 山地灰化土和灰色森林土区带:
- X₁ 大兴安岭山地灰化土和山地草甸土区;
- X₂ 阿尔泰山山地灰化土和灰色森林土区。
- XI. 山地草原土和山地暗褐色土区带:
- XI₁ 天山山地草原土和山地暗褐色土区;
- XI₂ 祁连山—拉脊山山地草原土、山地暗褐色土和山地草甸土区;
- XI₃ 贺兰山山地暗褐色土和山地草原土区;
- XI₄ 大青山山地草原土和山地暗褐色土区;
- XI₅ 内蒙高原边缘山地草原土和山地暗褐色土区。
- XII. 山地棕壤:
- XII₁ 小兴安岭山地棕壤和山地灰化土区;
- XII₂ 长白山山地棕壤区;
- XII₃ 太行—吕梁山山地棕壤和山地褐色土区;
- XII₄ 秦岭山地棕壤和山地褐色土区;
- XII₅ 大巴山山地棕壤和山地褐色土区。
- XIII. 山地黄壤和山地灰化棕壤区带:
- XIII₁ 峨眉山—大凉山山地黄壤与山地灰化棕壤区;
- XIII₂ 玉山山地黄壤和山地灰化棕壤区;
- XIII₃ 五指山山地红黄壤和山地黄棕壤区。
- XIV. 山地红壤和山地灰化土区带:
- XIV₁ 横断山山地红壤和山地灰化土区。
- XV. 山地草甸土和山地草原土区带:
- XV₁ 西藏东南部高原峡谷山地草原上、山地暗褐色土和山地草甸土区;
- XV₂ 青藏高原山地草甸土与山地草原土区;
- XV₃ 羌塘高原山地草甸土、高山草原土和高山寒漠土区。

2 土壤母质的种类

定积类	残积母质。	
运积类	水	流水沉积母质。
		湖积母质。
		海积母质。
	风	风积母质。
	冰川	冰积母质。
	地心引力	重积母质。

3 土壤的组成

土壤	无生物	无机物—石砾, 砂, 粘土等矿物质。
		有机物—腐殖质。
	水(土壤溶液)。	
	空气(土壤空气)。	
	生物—细菌类, 菌类, 藻菌类等。	

4 土壤的机械组成

土壤的机械组成是指在土壤中各级大小土粒的相对含量。它对土壤空气，湿度，以及土壤在耕作时和农具工作部分间的相互作用都有影响。

土壤粒组及其特性

根据土粒大小及性质不同，土粒可分为砂粒、粉粒、粘粒三个不同的粒组，它们的主要特性见表17-1。

表17-1 土壤粒组的主要特性

粒组名称	主要特性
砂粒	透水性高。毛管上升度非常小(小于33厘米)。不可塑和不粘着。在水中不发生湿胀。在烘干时不发生干缩，在干燥状态下易散。
粉粒	透水性不大。毛管上升度大。可塑性不大。在水中不强烈湿胀，而在烘干时干缩很厉害。在湿润状态下形成粘滞的非常粘着的物体，而在干燥状态下下紧实。
粘粒	大致不透水。毛管上升度大。可塑性大。在水中强烈湿胀，而在烘干时干缩很厉害。在湿润状态下形成粘滞的非常粘着的物体，而在干燥状态下形成坚硬的紧缩的物体。

粒组等级

母质及土壤矿物质颗粒分等级的标准，颇不一致。现将国际制，苏联制及美国制三种标准介绍如下：

国际制粒组等级标准 见表17-2。

表 17-2

粒组名称	粒 径 (毫米)
石 砾	大于 2.0
粗 砂 粒	2.0~0.20
细 砂 粒	0.20~0.02
粉 砂 粒	0.02~0.002
粘 粒	小于0.002

苏联制粒组等级标准 见表17-3。

表 17-3

粒组名称	粒径(毫米)	粒组名称	粒径(毫米)
石块	大于10	粗粉砂	0.05~0.01
粗砾	10~15	中粉砂	0.01~0.005
细砾	5~3	细粉砂	0.005~0.001
粗砂	3~1	粘粒	小于 0.001
中砂	1.0~0.25	(A)粘胶质	0.001~0.0005
细砂	0.25~0.05	(B)胶体的	0.0005~0.0001
		(B)胶体	小于0.0001

美国制粒组等级标准 见表17-4。

表 17-4

粒组名称	粒径(毫米)	粒组名称	粒径(毫米)
石块	大于 3.0	细砂	0.25~0.10
粗砾	3~2	极细砂	0.10~0.05
细砾	2~1	粉砂	0.05~0.002
砂粒			(0.05~0.005)
粗砂	1~0.5	粘粒	小于0.002
中砂	0.5~0.25		(小于0.005)

注：美国制于1938年修正过，以前粉砂粒一级直径为0.05~0.005毫米，粘粒一级直径为小于0.005毫米，而其中直径小于0.002毫米的称为胶粒。修正后粘粒一级的直径与国际制划一，而取消胶粒的名称。

机械组成分类

自然界中任何一种土壤，都不可能单纯的由一种粒组所组成，因此把土壤按不同的机械组成，适当的加以分类。机械组成分类，可分为国际制、苏联制及美国制三种。目前我国多采用苏联制，但为了参考需要，也将国际制及美国制一并介绍于后：

国际制机械组成分类 见表17-5。

表 17-5

机械组成名称	粒组百分数的范围		
	砂 粒	粉 砂 粒	粘 粒
砂土及壤砂土	85~100	0~15	0~15
砂壤土	55~85	0~45	0~15
壤土	40~55	30~45	0~15
粉砂壤土	0~55	45~100	0~15
砂粘壤土	55~85	0~30	15~25
粘壤土	30~55	20~45	15~25
粉砂粘壤土	0~40	45~75	15~25
砂壤土	55~75	0~20	25~45
粉砂粘土	0~30	45~75	25~45
壤粘土	10~55	0~45	25~45
粘 土	0~55	0~55	45~65
重粘土	0~35	0~35	65~100

苏联制机械组成分类 (苏联卡琴斯基分类法) 见表17-6。

表 17-6

机械组成	物理性粘粒(%) (直径小于0.01毫米)		物理性砂粒(%) (直径小于0.01毫米)	
	生草灰化土	草 原 土	生草灰化土	草 原 土
粗砂土	0~5	0~5	100~95	100~95
细砂土	5~10	5~10	95~90	95~90
砂壤土	10~20	10~20	90~80	90~80
轻壤土	20~30	20~30	80~70	80~70
中壤土	30~40	30~45	70~60	70~55
重壤土	40~50	45~60	60~50	55~40
轻粘土	50~70	60~70	50~30	40~30
中粘土	70~80	70~80	30~20	30~20
重粘土	大于80	大于80	小于20	小于20

根据本表，采用沉降原理进行机械分析时仅需测定一项数值 (小于0.01毫米的土粒%)，即可查出机械组成名称，颇为简单。

美国制机械组成分类 见表17-7。

(續)

表 17-7

机械组成名称	粒組百分数的范围		
	砂粒(大于 0.05毫米)	粉砂粒 (0.05~ 0.005毫米)	粘粒(小于 0.005毫米)
砂土及壤砂土	80~100	0~20	0~20
砂壤土	50~80	0~50	0~20
壤土	30~50	30~50	0~20
粉砂壤土	0~30	50~100	0~20
砂粘壤土	50~80	0~30	20~30
粘壤土	20~50	20~50	20~30
粉砂粘壤土	0~30	50~80	20~30
砂粘土	50~70	0~30	30~50
粉砂粘土	0~20	50~70	30~50
壤粘土	0~50	0~50	30~50
粘土	0~50	0~50	50~70
重粘土	0~30	0~30	70~100

土壤机械组成的分析方法

实验室分析 土壤机械组成的分析方法很多,以吸管法、比重計法和篩分法为最常用。測定大于0.25毫米的顆粒,可用篩分法;小于0.25毫米的顆粒,則用吸管法或比重計法。实验室分析法的詳細介紹,讀者可以参考有关土壤分析方面的文献。

土壤机械组成的目力測定法 在野外所需測定土壤机械组成,可以按不同土壤在干、湿时的特性,用目力測定法来决定,其方法见表17-8。

表 17-8

机械组成	干 測 法	湿 測 法
砂土	将完全干燥的小团粒,或将其若干結構单位置于手掌中,用另外一只手指压它,不用任何力即碎散	无论样品含多少水份,也不能成球或团形,而自散于手中
砂壤土	在手掌上不需多少力即可压碎,其大团粒可用刀子很容易地划出边缘不整齐的痕紋。团粒在手指压力下容易碎散为小粒,但手不感到有砂粒,或者砂粒很少(如为黄土及黄土型系輕粘壤土)	可团成表面不平的小球,但如将其揉成香肠状的圆条时,即易散成大小不同的碎块

机械组成	干 測 法	湿 測 法
輕粘壤土	需用较大的力才能压碎的土壤团块(好像把一根火柴放在食指及中指上,而用大拇指将其折断所需的力一样)(如为黄土及黄土型系中粘壤土)	可揉成粗約3毫米的小圆条,将其从手里拿起时,即易散成大小不同的碎块
中粘壤土	必須用相当大的力量,但終能將土壤完全压成碎粒。用刀划痕时,刀痕不明显,边缘平整	可揉成細圆条,但当将其弯成直径2~3厘米的小圆环时,即裂縫碎断
重粘壤土	干的重粘壤土,尤其是粘土的团块作,用手指的力不能将其压碎	可揉成粗約1.5~2毫米的細条,很容易弯成直径2厘米的圆环,但将圆环压扁时,其外部有裂縫
粘土		容易成細条,弯曲时无裂痕

5 土壤結構

土壤結構是指土壤中土粒的排列或互相团聚而形成一定結構体(或称結構单位)的形式。

土壤結構分类

单粒結構 以砂土为代表,粘土也可能分散为单粒。

团粒結構 系中等大小的土粒与无机及有机胶粒互相結合而成小土团的情形;由于这种結構的形成,重粘土也可具有疏松柔和的状态。

复粒結構 以壤土为代表,壤土中砂粒保持单粒結構的性状。中等大小的土粒及胶粒結合成为团粒,团粒与砂粒相掺和,而形成复粒結構。

具有团粒結構的土壤称为有結構的土壤,反之则为无結構的土壤。

农业上最理想的团粒的大小,其直径是2~3毫米,实际直径在0.25毫米以上的团粒都視作有效团粒。威廉斯在苏联多年的調查研究,认为最肥美的耕地是直径1~10毫米团粒所組成的表土层。

具有团粒結構的土壤中,土壤就具有疏松性,容

易使空气、水分渗入,易造成微生物活动的有利条件,因之使空气、水分和养料不断地得到供应。无结构土壤中,因土壤紧密,土壤中有水分时,就缺少空气分解有机质;有空气时就没有水分,因之,虽有养料也不能被作物利用。所以团粒结构是土壤肥力的基础。

农机具中的犁、耙、中耕器等,在土壤中耕作,都可以破坏土壤的团粒结构。耕作失时或过于频繁,以及使用不适当的农具,会使土壤团粒结构破坏得更利害,甚至变成无结构土壤。农机具的耕作,并不能直接产生稳固的土壤团粒,只能在耕地、破碎土表硬壳等工作时,将板结的土壤耕作成疏松的小土块,在遇到水以后,就又成为无结构土壤了。

土壤水稳性团粒结构测定法

土壤水稳性团粒结构的详细测定方法,可以参看有关土壤分析方面的书籍。此处仅将薩維諾夫湿筛法(經华东农科所整理)的方法简述于后。在田间取10×10厘米的土样,取样深度可视需要而定。将土块割成小于2厘米的土块,在土壤达到[适耕状态]的含水量范围时,立即过筛。筛组分成筛孔直径为10, 5, 3, 1, 0.5, 0.25毫米等各级。筛后计算各级土块占全部土块重的百分数。由过筛的各级土样中,按比例配成土样50克(湿重)。土样先在量筒内浸湿约一小时后,将毛玻璃盖在量筒上,反复翻倒10次,将土倒入浸在水中的筛组上。将筛组从水中提起5~6厘米高,每2~3秒重复一次,10次后取去上面二个筛子,继续运动下面的筛子5次,最下面筛子再在水中漂洗十次,把各筛中的团粒洗出、烘干,并分别称重计算:

$$\text{各级团粒}\% = \frac{\text{各级团粒的烘干重}}{\text{样土的烘干重}} \times 100;$$

$$\text{各级团粒占总团粒的}\% = \frac{\text{各级团粒的烘干重}}{\text{团粒烘干总重}} \times 100。$$

6 土壤水

土壤水的形态分类

土壤水和普通的水一样,有固体、液体和气体三态。液态水存在土壤中是由于力的作用。土粒与水分子之间的吸引力和水分子与水分子之间的吸引力,是维持土壤水存在的主要吸力。这种吸力通常以大气压表示,亦可改算为厘米水柱高的对数值,以pF符号来表示。

表17-9 大气压与pF值换算关系表

大 气 压		厘 米 水 柱	pF值①
约 数	实 数		
1/1000	0.0009	1	0
1/100	0.0096	10	1
1/10	0.0968	100	2
1/2	0.485	501	2.7
1	0.968	1000	3
10	9.68	10000	4
15	15.3	15849	4.2
31	30.6	31623	4.5
100	96.8	100000	5
1000	968.0	1000000	6
10000	9680.0	10000000	7

① pF符号中P指对数值, F指自由能。

固态水 冬季土壤中冻结的水分,高纬度或高山的冰沼土有冻结层,都是土壤中的固态水。

汽态水 是指存在于土壤空隙中的水汽,它可与液态水互相转化。

化学束缚水 这种水分与土中矿物密切结合,不直接参加土中的物理学过程,当105℃时,化学束缚水不能从土壤中排除。

吸湿水 又称吸着水或紧束缚水。土粒表面所吸收或吸着的分子水,叫做吸湿水。吸湿水不能成液态自由移动。在一定条件下,吸湿水达到土壤含水量最大时的百分数,称为吸湿系数。土壤从饱和水蒸汽的空间中所能吸收的水量,叫做最大吸湿量。

最大吸湿水的测定,是在干燥器中注入100立方厘米的硫酸钾饱和溶液(在100立方厘米的水中,加入11~13克水。

硫酸钾),将经过一毫米孔径的筛子筛过的干细土放在玻璃皿中,放入干燥器,饱和后测定其含水量。

膜状水 又称薄膜水、松吸着水、松束缚水。土粒与液态水相接触时,在吸湿水的外面,土粒吸持着的一层水膜是膜状水。土壤含最大量膜状水时的土壤

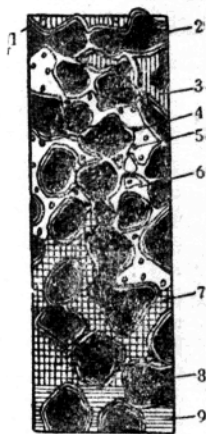


图17-2 土壤水的形态:

1—地面; 2—土粒; 3—渗入土壤的重力水; 4—土粒表面的吸湿水; 5—土壤空隙中的汽态水; 6—膜状水及毛管悬着水; 7—毛管上升水; 8—地下水位; 9—地下水。

含水量百分数，称为最大分子持水量。

当植物发生永久萎蔫现象时，土壤含水量百分数，称为萎蔫系数。萎蔫系数的数值平均比吸湿系数大1.5倍。

毛管水 土壤毛管空隙中的毛管力所能保持在土中的水分，称为毛管水。

1) 毛管上升水——指土层中由地下水沿土壤毛管上升而充满毛管的水分，以及在大孔隙中超过最大分子持水量的水分。土壤达到毛管上升水最大量时的含水量百分数，称为最大毛管持水量（或毛管蓄水量）。

最大毛管持水量的测定方法，是用一高20~25厘米，直径3~4厘米的玻璃筒，下端用纱布包起来，将经过3毫米筛子筛过的风干土装到筒的3/4处，然后把筒放在经常湿润的滤纸上，待水分充满了毛细管，这时的持水量，就是最大毛管持水量。

2) 毛管悬着水——是指土层中不与地下水相连接的毛管水。降雨、融雪或灌溉后，经过一定时间，土壤达到毛管悬着水最大量时的含水量百分数，称为田间持水量。

当饱和和水的土壤受一千倍地心吸力的离心作用后，所能保留的含水量百分数，称为持水当量。这时，实际上土壤吸持水分的力平均只有半个大气压，所以它和田间持水量非常接近。

田间持水量的测定方法，是在田间划定一个四平方米的地块，在四周筑一土埂。再在这土埂内，筑一个一平方米的土埂。二个土埂之间的距离是半米。在一平方米的土埂内灌水，使一米厚的土层内完全饱和。在土上盖厚0.5~1米的草，经过五昼夜，每昼夜测定土壤含水量一次，待土壤含水量稳定后，所测得的含水量就是田间持水量。田间持水量按不同发生层或很多层计算平均含水量值，是根据各土层的厚度、不同容重及含水率，用加权平均数来计算平均土壤含水量。

重力水 土壤中受重力作用向下移动而能从土壤中排除的水分，称为重力水，当土壤为重力水所饱和时的含水量百分数，称为全蓄水量或土壤饱和含水量（又称最大持水量或水分饱和系数）。

地下水 土层中有不透水层，重力水在上面积累的时候，就形成地下水（又称支持重力水）。地下水会可溶盐不多时，可用以灌溉。

土壤蓄水量

从土壤中水分受力的吸持作用来说，在相当的蓄

水量或水分常数时（即力的作用大致相等时），由于土壤机械组成和结构的差异，土壤含水量百分数相差很大。这种情况可以pF-水分曲线图（即大气压——水分曲线图）示明（见图17-3）。

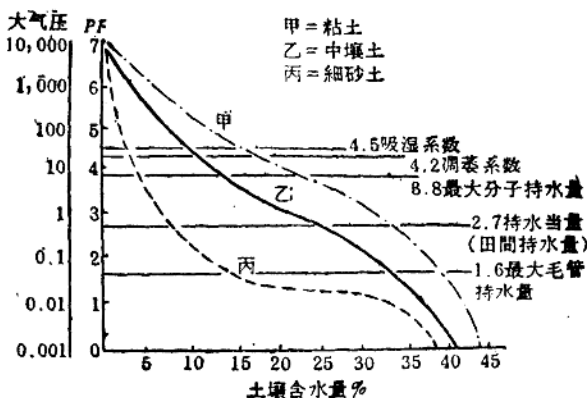


图17-3 pF—水分曲线图（即大气压—水分曲线图）。

土壤机械组成和腐殖质含量与土壤蓄水量的关系，见表17-10。

表 17-10

土 壤	细土粒 ($<5\mu$)%	腐殖质 (%)	吸湿系数 (%)	持水当量 (%)	全蓄水量 (%)
砂土	6.7	2.13	3.41	7.6	44.5
砂壤土	18.8	3.01	6.93	15.5	58.0
粉砂壤土	31.2	3.58	10.40	24.0	76.5
粉砂粘土	40.2	5.91	16.10	30.0	87.0

土壤绝对含水量 土壤中以占土壤重量的百分率表示的水量。

$$\text{土壤绝对含水量} = \frac{\text{土壤湿重} - \text{土壤干重}}{\text{土壤干重}} \times 100.$$

土壤含水量近似测定法见下表。

土壤种类	土壤含水量接近 15%时	土壤含水量接近 20%时	土壤含水量接近 25%时
重粘土和 粘 土	土壤干燥， 在手中不易形 成土团，不能 搓成球，搓成 泥条时就碎散	土壤略湿， 可形成土团和 土球，且很坚 固，搓泥条时 不能形成条状	土壤潮湿， 土团和土球都 很坚固，可搓 成短泥条
中壤土	土壤略湿， 易搓成土团， 土球，不能搓 成泥条	土壤潮湿， 可形成土团， 可搓成很短的 泥条	土壤很湿， 可形成很好的 团球与搓成泥 条

(續)

土壤种类	土壤含水量接近15%时	土壤含水量接近20%时	土壤含水量接近25%时
壤土和沙壤土	土壤湿润,可形成很好的土团,土球,但加压时易散	土壤很湿,土团很坚固,可成土球,但加压易碎,能搓成泥条	土壤很湿润,可形成团球,搓成泥条不结实,易断成短条
粘壤土	土壤干燥,不易形成土团,加压时土壤散碎	土壤略湿,可形成土团,但压时易碎	土壤潮湿,可形成土团,土球和泥条
重粘土	土壤干燥,不形成土团,散碎	土壤略湿,可形成土团,土球和泥条,容易散碎	土壤略湿,形成的土团很好,土球和泥条易散碎

土壤相对含水量 土壤为水分所能饱和的程度。

土壤相对含水量 = $\frac{\text{土壤绝对湿度}}{\text{土壤的田间持水量}} \times 100$ 。

表示土壤含水量时,除以烘干重为基数算成百分数的重量表示法外,还有体积表示法。它是以体积为根据来测定土壤水分含量,以百分数表示。

重量表示法与体积表示法之间的换算关系如下:

$V_m \times \text{单位体积水重} = W_m \times \text{单位体积干土重} = \text{单位体积土壤中水分重量}$ 。

式中 V_m ——土壤水分体积百分数;

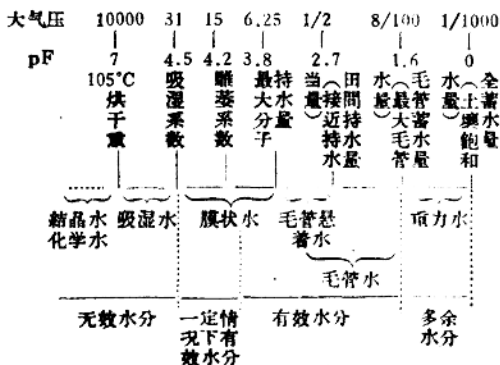
W_m ——土壤水分重量百分数。

又 $V_m = W_m \times \frac{\text{单位体积干土重}}{\text{单位体积水重}}$;

即 $V_m = W_m \times \text{土壤容重}$ 。

土壤水有效性

土壤中很大部分的水分是植物不能利用或来不及利用的。按照土壤蓄水量的范围,图示各阶段土壤水的有效性如下:



7 土壤的物理机械性状

土壤的比重、容重和孔隙度

比重 (真比重) 一定体积的土壤固体与同体积水重之比,称为比重。这个体积的土壤不包括所含水分和空气。土壤比重主要决定于矿物质成分。矿物质的平均比重在2.6~2.7之间,土中有机质的比重很小。含有机质较多的土壤,其比重可低至2.3。一般耕地土壤的比重近于2.65。



图17-4 比重瓶。

一般常以50c.c.比重瓶,用5克干土测定土壤比重。可按下列公式计算:

$$\text{比重} = r = \frac{W}{V} = \frac{W}{(W+b)-c}$$

式中 r = 比重;

W = 土壤烘干重;

V = 与土壤固体部分同体积的水重;

b = 满盛蒸馏水的比重瓶重;

c = 盛有土壤 (干土,同 W) 和水的比重瓶重。

容重 (假比重) 是结构未扰动的土壤单位容积中的绝对干重。土壤容重决定于: 1) 土壤机械组成; 2) 土壤颗粒的排列或土壤结构; 3) 土中有机质含量和性状。

土壤容重通常以每立方厘米中干土克数来表示。容重可用来计算土壤的孔隙率和空气含量,换算土壤中的相对含水率,以及用来比较农业机械耕作前后土壤的膨松和紧密程度。

测定容重的方法如下: 用一个钻筒,其容积为100立方厘米、高为40毫米、切口部分直径为56.4毫米 (如图17-5甲),或者用容积为200立方厘米、高为50毫米、切口部分直径为71.3毫米 (如图17-5乙) 的圆形钻筒。钻筒上安一圆环套,垂直插入所要取样的土层中,使钻筒上部有1.0~1.5厘米被压入土中。用刀子把它们从土中取出,再把钻筒上、下两面多余的土切去。将钻筒内的土样取回,测定土壤的绝对含水率,按公式计算容重。

$$P = \frac{M \times 100}{V(100+W)}.$$

式中 M = 土壤湿重;

V = 取样容积 (厘米³);

W = 土壤绝对含水量;

P = 容重, 克/厘米³。

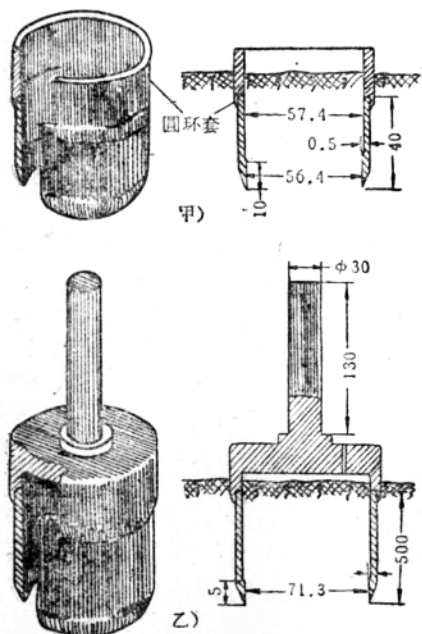


图17-5 测定土壤容重的钻筒装置。

土壤孔隙率 在一定土壤容积中, 孔隙所占容积的百分数, 叫做土壤的孔隙率。土壤孔隙分为毛管孔隙与非毛管孔隙。有结构土壤中, 团粒内部是毛管孔隙, 团粒之间是非毛管孔隙, 土壤孔隙度% 主要与土壤结构及有机质有关。在一般情况下, 随着土壤深度的改变, 孔隙度也逐漸减小。

土壤孔隙率可根据土壤的容重与土壤比重来计算:

$$V = \frac{d - p}{d} \times 100\%$$

式中 V —— 孔隙率;

d —— 土壤比重;

p —— 土壤容重。

土壤可塑性

土壤在外力作用下毫无破坏的改变形状, 并在外力作用停止后无限期地保持新形状的能力, 叫做土壤的可塑性。它是由土粒大小和含水量的多少而决定的, 含极细的土粒愈多, 可塑性就愈大。在可塑性大时, 进行耕作就会形成泥条, 耕作时的阻力也大, 干后形成大土块, 是不合乎要求的。M. L. 涅可尔认为: 土壤可塑性指数与牵引阻力之间存在着直线关系。

土壤的可塑性分为上塑限及下塑限:

上塑限 土壤加水与匀而经揉捏后的湿土, 施外力改变它的形状, 当外力除去后, 土壤恰不能保持它已改变形状, 那时的土壤含水率称为上塑限或称为流限。用锥式流限仪(图17-6)来测定上塑限。将调成糊状的土放在试杯中, 将锥身(带平衡装置)放在试样上, 使其在自重作用下, 15秒钟内, 沉入土中的深度恰为10毫米, 这时土壤的含水率即相当于上塑限。

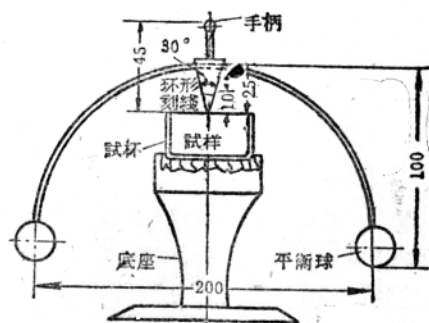


图17-6 锥式流限仪。

下塑限 外力施于加水与匀而经揉捏后的湿土, 当土壤搓成直径三毫米的土条时产生裂缝并开始断裂时的含水量百分数称为下塑限, 在粘土地上, 土壤含水率在稍低于下塑限时, 最利于土壤的耕作, 以造成土壤的耕作后的良好颗粒。

土壤粘着性

土壤粘着性是土壤在湿润状态下粘着于外物的性能。一般说来, 在土壤水分达到饱和量的80%以下时, 土壤的粘着性随水分的增加而加大, 但超过80%后则开始减小。A. Ф. 瓦久定娜认为: 在有结构土壤中, 相对含水率到达60~70%开始显现粘着性; 在散粒土壤中, 相对含水率在40~50%时显现粘着性。含水量继续增加直到流体低限, 粘着性随之继续增加。

加水和匀土壤, 使之微现粘腻而恰不粘手时的含水量百分数, 称为脱粘点。土壤的粘着性在土壤耕作时, 能增加工具的阻力和摩擦力, 使耕作困难, 造成恶劣的整地质量。

土壤粘着性的程度是用粘着力(克/厘米²)来表示的。土壤粘着性可用粘着力测定仪来测定(图17-10)。测定粘着力时, 将土样放在借摇把上下移动的铁杯中。开始时, 先将铁杯摇上, 使土面与挂在一弹簧秤下面的圆板接触。当将土杯向下移动时, 由于土与

表17-11 浙江肖山湘湖农場粘壤土土壤粘着力

田別 点次 深度 (厘米)	春 耕 草 籽 田						夏 耕 早 稻 茬 地					
	(1)		(2)		(3)		(1)		(2)		(3)	
	含水率	粘着力 (克/厘米 ²)	含水率	粘着力 (克/厘米 ²)	含水率	粘着力 (克/厘米 ²)	含水率	粘着力 (克/厘米 ²)	含水率	粘着力 (克/厘米 ²)	含水率	粘着力 (克/厘米 ²)
5	42.8%	950	66%	850	66%	1150	40%	800	32%	550	32%	500
10	38.9%	1200	47%	1100	61%	850	41%	950	25%	700	25%	600
15	37.6%	850	38.9%	650	42.8%	850	30%	650	25%	650	25%	600

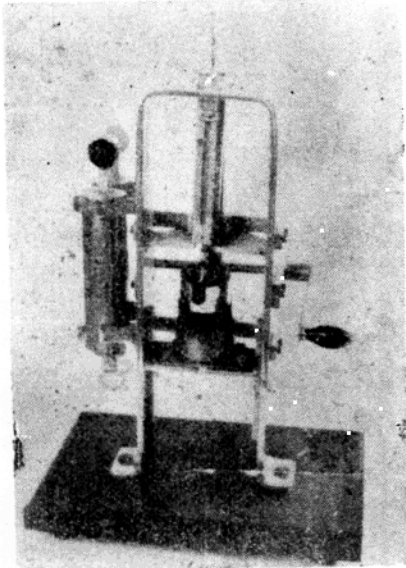


图17-7 土壤粘着力测定仪。

圆板的粘着作用，在弹簧称上即指示出力的数字。当圆板与土壤刚要离开时的力，就是該圆板面积的土壤的粘着力，可以折算成克/平方厘米，以表示在这种土壤条件下的土壤粘着力。

一机部拖拉机研究所曾在浙江肖山县湘湖农場粘壤土水稻田里，进行了春耕草籽田及夏耕早稻茬地的土壤粘着力試驗（表17-11）。

土壤的粘結性

土壤粘結性指土壤对于所施机械力量使之破坏时的抵抗力，这种性能是由于土壤凝聚力而产生的。土粒愈小，則其粘結力愈大。土壤粘結性大时，耕地时阻力亦大，耕地质量不好，土块大，不易破碎。雨后土壤表面易結成硬皮，影响幼苗出土。土壤粘結性受到下列因素的影响：

机械組成（見下表）：

粒徑(毫米)	0.25~0.01	0.01~0.005	0.005~0.0015	<0.0015
粘結力 (克/厘米 ²)	200	3500	5800	7650

土壤水分 尼可尔斯（1931年）测定了粘結力对水分含量的关系（見下表）。

土 壤	含 水 率 %	粘結力(克/厘米 ²)
2/3砂+1/3粘土	10.90	43.78
	12.90	38.07
1/3砂+2/3粘土	12.73	67.00
	13.10	57.10
絕粘土	13.35	141.87
	17.50	124.36

土壤結構 A. A. 法捷也夫試驗，土壤团粒結構对于土壤粘結性的影响（見下表）。

粘結力 克/厘米 ²	土壤团粒的大小		无結構的土壤	
	1~2毫米	0.5~1毫米	自然状态土壤	压紧的土壤
3.5	670	1115	2400	12000
1.5	700	1880	4250	44000

有机质含量 粘土和重壤土中腐殖质可减低粘結性，反之輕砂土中腐殖质可增强粘結性。

吸附性阳离子 含有吸附性鈉的柱状碱土，粘結性很强。

土壤粘結性的測定方法：

可用本手册第十六章所述的土块强度仪，測定土壤粘結性。

測定时，因目的不同，所以对土壤的采取准备方法亦不同。如为了决定田間自然状态下，农业机械耕

作时所受到土壤粘結性的影响时,应采取田间自然状态的土块,将其切成 $20 \times 20 \times 20$ 毫米或 $15 \times 15 \times 15$ 毫米的小立方体,对不同含水率情况下的测定,可以将其湿润或烘干到需要的含水率来测定。如不能获得自然情况下的土壤,亦可将土壤通过1毫米筛子后,在自然含水率的情况下,加所需的压力,做成所要求实际程度的小立方体进行测定。

土壤对于犁的牵引阻力

土壤对于犁在耕地时的牵引阻力,是受很多因素的影响,而且是极其复杂的。根据苏联郭列契金的意见,耕作时牵引力的消耗,受三种阻力的影响:克服犁支持部分的摩擦和轮子对土壤的摩擦等阻力;土壤的各种变形阻力——拉,压,弯曲,剪切,扭转,复合变形等;把土块抛向一边所需的力。所以他提出下列理论公式来表示犁的牵引力:

$$P = fG + Kab + \epsilon abV^2,$$

式中 P ——牵引阻力; f ——犁沿犁沟移动的系数或近似土壤对犁铧的摩擦系数; G ——犁重; a ——耕深; b ——耕幅宽; K ——土堡横断面单位面积上的土壤变形阻力系数; V ——犁的前进速度米/秒; ϵ ——系数,与犁面的形状和土壤性质有关。

目前在犁的试验运用上,为了简便起见,均采用

简单的试验公式:

$$P = Kab,$$

式中 P ——牵引阻力; K ——土堡的单位面积阻力; a ——耕深; b ——耕宽。

试验公式中的 K 值,包括了除耕深和耕宽以外的各种对于犁起牵引阻力的因素,所以是非常复杂的。

现将影响牵引阻力的几个主要因素分述如下:

土壤对于各种变形的阻力 土壤受到一个逐渐加重的负载的作用,那末土壤将发生变形,而且从一定重量的负载开始,土壤在负载的作用停止之后将不会恢复原来的状态,就是说,将丧失弹性,这个负载叫做弹性限度(σ_e)。这负载从0到弹性限度的范围内所发生的形变,叫做弹性形变。土壤由于压力超过土粒间内聚力而破坏时所受的最小负载 σ (公斤/平方厘米),叫做屈服点,用土壤对作用力的暂时阻力的数值来表示。犁的工作部分与使土壤发生变形作用有很大的关系,而且其关系是很复杂的,它主要表现在抗张阻力、抗压阻力、抗切阻力、抗弯阻力上。 $\sigma - \sigma_e$ 的差表示土壤中能发生剩余形变时所受的负载及其应力的范围。

苏联学者雅·马·茹克和瓦·弗·鲁宾在田间条件下测定粘质黑土在湿度不同时的抗拉、抗压、抗剪和抗弯的暂时阻力的数值列于表17-12。

从他们研究结果中,可以看出犁在田间工作时,

表17-12 在田间条件下粘质黑土的抗拉,抗压,抗剪和抗弯的暂时阻力

抗 拉		抗 压		抗 剪		抗 弯	
土壤湿度 %	平均暂时阻力 (克/厘米 ²)	土壤湿度 %	平均暂时阻力 (克/厘米 ²)	土壤湿度 %	平均暂时阻力 (克/厘米 ²)	土壤湿度 %	平均暂时阻力 (克/厘米 ²)
21~23	61.8	12~16	1080	15~17	122.1	15~17	488
23~25	52.5	19~22	930	20~24	98.6		
26~28	50.0	22~24	650				

表17-13 土壤性质与单位面积阻力的关系 (中国科学院西北农业生物所)

试验地编号	试验地点	地形	前作	土壤类型	土壤质地	千容重 (克/厘米 ³)	总孔隙率 (%)	土壤绝对含水量 (%)	土壤对 >0.25 毫米水稳性团粒的固结度 (公斤/厘米 ²)	土壤单位面积阻力 (公斤/厘米 ²)
2	陕北榆林县青云山叶家沟	5-7° 梁边坡地	糜子	黄土性幼年细砂壤土	轻砂土	1.42	47.6	12.0	—	16号山地犁 0.25
4	陕北绥德县新店乡无定河边	平地	冬小麦	冲积细砂壤土	砂壤土	1.33	51.1	11.4	2.12	16号山地犁 0.37
6	陇南天水市梁家坪试验站	7° 缓坡地	冬小麦	冲积性幼年黑褐土	轻砂土	1.24	53.4	17.9	6.87	7.98 16号山地犁 0.23
10	陕西武功县强家岗壕地	平地	冬小麦等	耕种地首次生碳酸盐褐色土	中壤土	1.26	56.2	16.8	7.17	12.10 双轮双铧犁 0.25

使土壤发生挤压变形时所要克服土壤的阻力，远大于其他变形作用，而抗拉变形需要最小的力。有结构的粘质黑土的抗拉、抗剪和抗弯的暂时阻力，比无结构的粘质黑土小些。

土壤机械组成和结构性 土壤机械组成对于牵引阻力是有一定的影响。一般说来，机械组成愈疏松，则土壤的单位面积阻力愈小。但是，耕作层的紧密度和结构对于牵引力的影响，却比机械组成来得大。

我们从表 17-13 可以看出，2号地土壤（紧砂土）的质地是最松的，所以单位面积阻力也较低。而4号地土壤质地稍微粘重，土壤紧密（总孔隙率平均为51%），而水稳性团粒也极少（2.12%），所以比阻最高。但是，在6、10号两试验地上，虽然土壤质地比上述两试验地更粘重些，但由于土壤比较疏松（总孔隙率达53.4~56.2%），尤其是团粒结构达到6.9~7.2%，故其比阻反而低于4号地。

土壤含水率 土壤水分对于单位面积阻力的影响，与土壤结构和机械组成有很大的关系。因为土壤的水分情况和单位面积阻力的特性，是由土壤所具有的结构来决定的。一般说来，在土壤较干的时候，因土粒之间的凝聚力很大，所以粘结性亦大。随着土壤含水率的增加，土壤单位面积阻力就逐渐减小，这是因为土粒间的凝聚力减小的缘故，待土壤含水率继续增加，土壤出现粘着性时，犁的表面就粘着土壤，而使阻力又相应的增加。在一定的含水率范围内，土壤的单位面积阻力是比较小的，这个范围就称为该土壤的「适耕范围」。

雅·馬·茹克和瓦·弗·魯賓认为，土壤适耕性的含水率下限，为最大吸湿水量的一倍半。根据他们的研究，在土壤含水率从风干状态到最大吸湿水量的范围内，粘质黑土抗拉和抗弯的暂时阻力逐渐增加，而抗切的暂时阻力则逐渐减小。然而，在含水量从最

大吸湿水量到毛管持水量的范围内，抗拉、抗剪和抗切的暂时阻力都逐渐减小；而当含水率超过相当于或接近于最大吸湿水量一倍半数值之后，土壤阻力就大大降低（图17-11）。

M. X. 皮爾列夫斯基也认为适耕性的含水率下限在土壤最大吸湿水量的一倍半左右。

土壤适耕性的含水率上限，M. X. 皮爾列夫斯基认为，相当于毛管持水量的0.9倍。但H. A. 卡庆斯基则认为此数值不能适用于所有土壤。因此B. B. 基克华特捷根据土质的质地和结构，把土壤的适耕性范围分为三种类型（表17-14）。

表17-14 各种土壤的适耕性范围

土壤种类	适耕性范围
1. 无结构的粘土或重壤土	毛管持水量的50~58%
2. 有结构的粘土或重壤土	毛管持水量的35~45%
3. 砂土或砂壤土	毛管持水量的35~40%

中国科学院西北农业生物所在黄土地区的武功县张家乡源地（中壤土）进行适耕性研究得出如下结论：

1) 土壤含水率对单位面积阻力与土壤坚实度的关系（图17-9）。

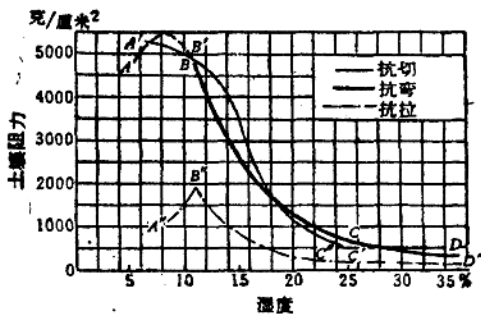


图17-8 土壤抗剪、抗弯和抗拉的暂时阻力同土壤含水率的关系。

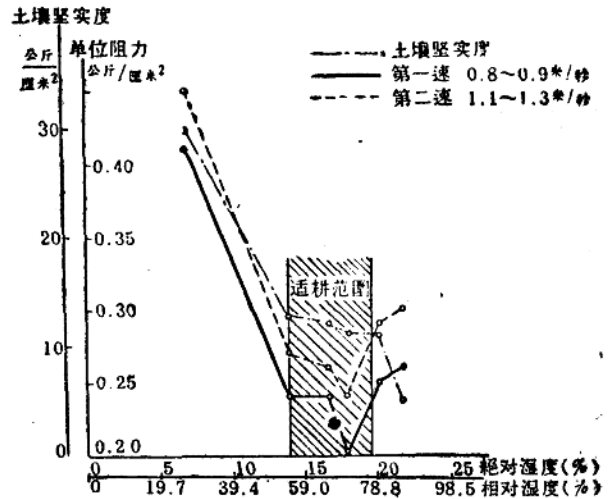


图17-9 土壤含水率对单位面积阻力与土壤坚实度的关系。

单就土壤的单位面积阻力看来，本试验地的土壤适耕性范围的上限应在相对含水率55~76.7%之间，相当于毛管持水量（39.5%）的35.4~49.4%，下限约为最大吸湿水量的3.7倍。

2) 土壤含水率对碎土程度的影响 (图 17-10) ——据试验结果, 在适耕范围内 (相对含水率 55~76.7%) 的碎土程度一般较好, 当土壤相对含水率减小到 27.6% 时, 由于土粒间的凝聚力增加, 而使得土层难于破碎, 因此大土块含量增加。

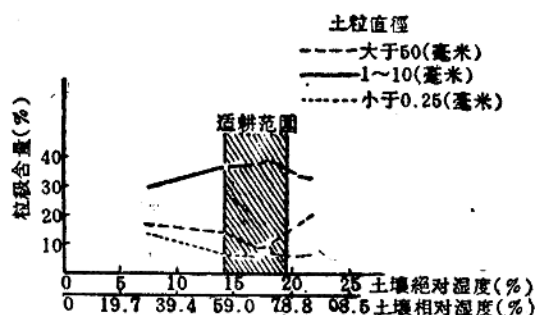


图 17-10 土壤含水率对碎土程度的影响耕作速度——
1.1~1.3米/秒。

中国农业科学院在山西长治潞安地区 (粉砂粘壤土) 调查土壤含水率对碎土质量的关系, 其结果如表 17-15 所示。

表 17-15

土壤水分%	耕后 垡面 及 碎土 程度
12.50	犁耕过后, 土壤形成不规则无棱角的圆形, 不能破碎
19.22	犁耕过后, 垡面全部松散
22.07	犁耕过后, 垡面有少数明条, 裂紋显著, 部分松散
23.50	犁耕过后, 垡面明条显著, 稍有裂紋, 大都不能松散

土壤的适耕性状, 在耕地以前可以用简便的方法测定。即在田间抓一把土, 拿到齐腰的高度, 松手, 任其自由掉落到地上, 如果碰到地面即松散, 则表示是适耕的时候。

土壤坚实度 土壤坚实度是土壤全部性质和状态 (含水率, 机械组成, 结构, 土壤坚实度, 腐殖质等) 的综合指标。它可以用土壤坚实仪来测定 (坚实仪见本手册第十六章)。测定的数据是指工作部分在压入或使土壤变形破碎时, 土壤的抵抗阻力。苏联许多学者曾提出利用土壤坚实度来决定土壤的单位面积阻力。

中国科学院西北农业生物所在我国黄土地区的武功县张家湾塬地 (中壤土) 研究了土壤坚实度与土壤

坚实度 (即干容重) 和含水率的关系, 其结果见图 17-11。

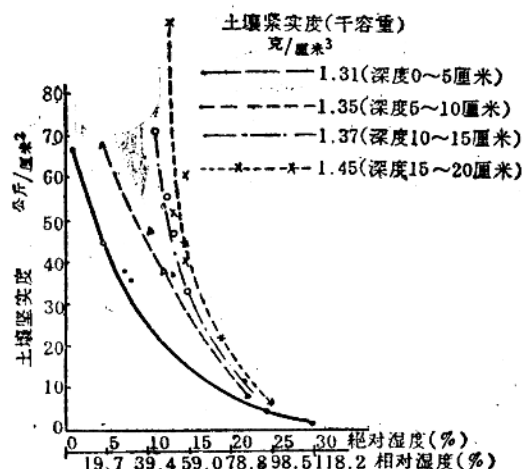


图 17-11 土壤坚实度与其坚实度 (干容重) 和含水率的关系。

根据图 17-11 可以看出: 第一, 在同一的土壤含水率下, 土壤愈坚实则其坚实度就愈大, 但这种差异是随着土壤含水率的增加而逐渐减小; 第二, 在坚实度不同的四层土壤中, 土壤坚实度都是随着土壤含水率的增加而减少的 (与图 17-11 亦相符合)。但是这种变化的趋势也因土壤坚实度的不同而有显著的差异, 即土壤愈坚实, 其坚实度对含水率变化反应也愈强, 曲线也随之表现得急剧。

苏联 H. A. 卡庆斯基认为: 在有结构土壤内 (黑钙土), 相对含水率为 70~80~90% 时, 具有最大的坚实度, 增加或减少相对含水率, 土壤坚实度就降低。在沒有结构的土壤中, 坚实度变化与其含水率成相反的关系, 特别是含水率值小于毛管持水量 30% 时, 表现得极明显。

用土壤坚实度来决定土壤对犁的牵引阻力, 根据 H. B. 许契金的方法, 是利用坚实度指标和摩擦系数来测定计算的。许契金应用的公式是:

$$P = fG + mxab,$$

式中 P ——犁的牵引阻力, 公斤; f ——土壤沿金属的摩擦系数; G ——犁重, 公斤; m ——有效单位阻力和坚实度的相关系数 (H. B. 许契金根据各地区进行的工作得出结论: 当土壤水分正常时, 此关系等于 0.014~0.015。当土壤含水率能引起犁粘土时, 此关系提高到 0.030; 若用水平楔入, 此关系等于 0.022); a ——土壤的坚实度; b ——犁

耕幅宽，厘米。

土壤的摩擦系数 犁在土壤中工作的时候，因为犁上有些表面部分和土壤之间产生了滑动摩擦，使耕作时的牵引力增加。所以摩擦系数也是决定牵引力大小的主要指标。摩擦系数决定于土壤含水率，摩擦面的光滑程度，以及摩擦面所受的压力。在压力相同的情况下，摩擦系数随着含水率的增加而增加，到一定的限度，然后降低。土壤的机械组成对摩擦系数发生很大的影响，砂质土壤的摩擦系数最小，粘质土壤的摩擦系数最大。

滑动摩擦系数是根据库伦定律在斜面上开始滑动的界限角 ϕ 的正切($f = \tan \phi$)来表示。此系数用連續調節斜面的摩擦仪测定。

从苏联及东北农学院的资料(表17-16及表17-17)可以看出，不同土壤和在不同含水率情况下，对各种材料的摩擦系数。

从测定数据中可以看出，所有不同组合的摩擦系数，均随含水率增加而增加。但是，含水率到一定程度后，摩擦系数即随之减小。在土壤风干的情况下，

不同土壤对不同材料的摩擦系数的差值是很小的。

表17-16 土壤对犁铧钢的摩擦系数 (苏联资料)

土壤种类	摩擦系数	土壤含水率%	毛管持水量%
沙土	0.26	3~5.5	20
	0.31	6.6~7.7	30
沙壤土	0.30	5	18
	0.40	13	48
中等砂壤土	0.40	18	41
	0.70	22	54
粘土	0.45	20	45
	0.55	24	54
有结构土壤	0.27	11	25
无结构土壤	0.38	16	35

耕作深度 根据 B. И. 郭列契金的犁的牵引力理论公式，第一项 fG ，是固定阻力，取决于犁的重量 G 和系数 f ，与耕作深度无关；第二项 Kab 与耕作深度成正比。根据郭列契金等的分析，认为在耕作层均匀一致的情况下，犁的牵引阻力是与土堡的横断面积

表17-17 我国东北地区数种土壤的摩擦系数

土壤种类 材料		草甸黑土			淋溶黑土			生草冲积土		
		钢板	铸铁板	木板	钢板	铸铁板	木板	钢板	铸铁板	木板
风干	平均	0.43	0.47	0.47	0.39	0.44	0.47	0.42	0.51	0.50
	范围	0.42~0.45	0.45~0.49	0.45~0.49	0.38~0.40	0.42~0.45	0.45~0.49	0.40~0.42	0.40~0.53	0.47~0.53
5%	平均	—	—	—	—	—	—	0.73	0.65	0.58
	范围	—	—	—	—	—	—	0.65~0.81	0.62~0.72	0.58~0.60
10%	平均	—	—	—	0.56	0.52	0.52	0.82	0.74	0.66
	范围	—	—	—	0.53~0.58	0.51~0.53	0.47~0.55	0.81~0.84	0.70~0.77	0.64~0.67
15%	平均	0.52	0.51	0.55	0.65	0.60	0.61	1.05	0.83	0.68
	范围	0.98~0.59	0.50~0.53	0.53~0.55	0.60~0.70	0.53~0.67	0.53~0.67	0.90~1.20	0.81~0.84	0.65~0.75
20%	平均	0.58	0.58	0.59	0.68	0.63	0.65	0.96	1.07	0.84
	范围	0.55~0.65	0.55~0.60	0.53~0.64	0.60~0.78	0.60~0.65	0.60~0.73	0.81~1.15	0.81~1.20	0.70~0.81
25%	平均	0.80	0.73	0.70	0.88	0.87	0.94	0.66	0.83	1.10
	范围	0.70~0.87	0.62~0.87	0.65~0.72	0.84~0.97	0.87	0.84~1.00	0.58~0.75	0.75~0.93	1.00~1.20
30%	平均	0.81	0.75	0.93	0.70	1.04	—	—	—	—
	范围	0.70~0.93	0.65~0.87	0.84~1.04	0.65~0.78	0.97~1.10	—	—	—	—
35%	平均	0.65	0.71	—	0.43	0.68	—	—	—	—
	范围	0.60~0.84	0.73~0.87	—	0.38~0.47	0.63~0.73	—	—	—	—
40%	平均	0.61	—	1.15	—	—	—	—	—	—
	范围	0.51~0.78	—	1.03~1.20	—	—	—	—	—	—