

三江平原土体构型与旱涝关系的研究

颜春起

(中国科学院黑龙江农业现代化研究所)

三江平原是一个典型的旱作农区,大气降水是农业的基本水源。据调查研究,在同样的降水条件下,有的土壤产生旱情,有的土壤产生涝情,有的土壤则恰到好处。这与其土体构型有密切关系。因此,搞清土体构型的属性,找出障碍土层和障碍因素,采取有效的改土措施,提高土壤调控水分的能力,对减轻旱涝灾情,夺取好的收成具有一定的现实意义。

一、三江平原土体构型的类型和分布

根据本区大豆、玉米、小麦三种作物根系分布深度的调查资料,0—100厘米土层是作物生长的主要环境,土壤的抗旱涝能力主要取决于1米土层内的土体构型。在1米土层内,根据质地、结构和松紧的特点,障碍土层的有无,类型和特性,可将三江平原土壤的土体构型划分为六个类型:即薄土层型、散砂型、下部砂砾型、夹层型、粘鳅型和适体型。现将各类型的主要特性归入表1,其分布范围见图1。

二、土体构型与旱涝的关系

(一) 土体构型与旱涝表现

土壤的土体构型不同,其抗旱涝能力悬殊显著。1980年7月下旬至8月中旬,三江平原在连续五年干旱之后又出现严重的伏旱。以萝北地区为例,7月25日—8月13日连续20天没有降雨,属于六十年一遇的干旱。时逢大豆结荚鼓粒和玉米开花灌浆期,作物普遍出现了“死、黄、青”三种状况^[2]。调查表明:散砂型和下部砂砾型土壤上的庄稼呈现了严重的旱象,夹层型的显中旱,粘鳅型的显轻旱,适体型上面的庄稼不显旱象。有些同一土体构型,因上部土层的厚薄不同,对旱情的影响也不同,大体以土层厚度50厘米为有无旱象的临界值。据测定,不同土体构型的土壤含水量相差很大,如20—50厘米土层的含水量:散砂型的为4.5%(相对含水量为41.0%),下部砂砾型的为2.5—8.7%(相对含水量为51.0—57.4%),夹层型的为11.7%(相对含水量为59.9%),适体型的为15.5—23.1%(相对含水量为66.9—84.3%)。因此,即或在耕作、施肥、管理完全相同的地块,产量也不一样,由绝产到高产(表2)。

同年10月下旬连降大雨,三天共降74.5毫米,降雨十天后进行了土壤含水量测定:除了散砂型和下部砂砾型的土壤含水量正常外,其余类型土壤含水量达到33%以上,有

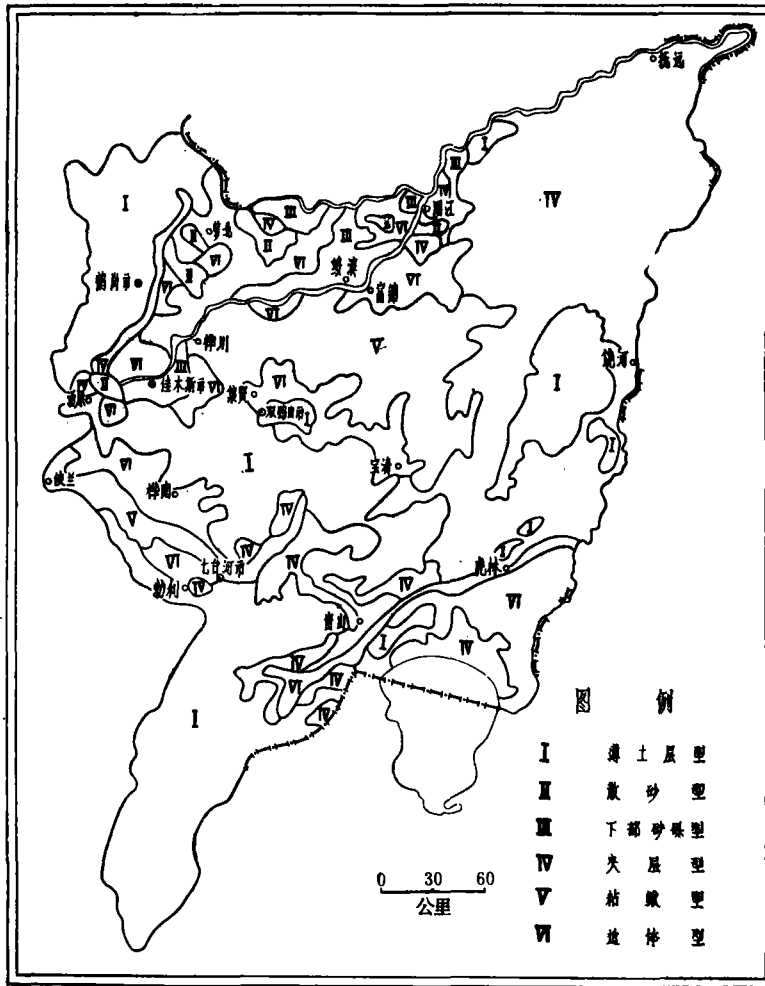


图 1 三江平原土体构型分布图

Fig. 1 Distribution of solum patterns on the Three-River-Plain

不同程度的过湿或成涝。

(二) 土体构型与抗御旱涝能力的关系

土壤水库的类型、水分特性以及作物根系的发育和深度,与土体构型有密切关系。根据土体构型可将三江平原农用地土壤的水库划分为三种类型:即漏库、浅库(小库)和深库(大库)¹⁾。

散砂型和下部砂砾型的为漏库(包括全漏型和底漏型)。漏库是由于土体通体为散砂或在薄土层下面即为砂砾层所造成。其特点是全为大单粒结构,因此不仅总孔隙度低,而且孔隙组成的比例严重失调,大孔隙多,小孔隙少,能起保水、供水作用的有效孔隙除表土

1) 漏库指土壤持水能力很低,水分进入土壤大部分以重力水排入深层;浅库指在表土层下面有一个隔水层,水分基本上在表土层内运行和交换,蓄水能力很低;深库指整个土体保水、渗水适中,水分循环深度和蓄水量均大。

表 1 三江平原土体

Table 1 Basic characteristics of solum

土体构型 Solum pattern	土 壤 Soil	障碍土层或 障碍因素 Block soil layer or block factor	形态特征 Morphological characteristics	代表剖面 Typical profile	层 次 Soil horizon
I 薄土层型	山地暗棕壤	岩石半风化物	土层厚度小于 10 厘米,下部 为岩石半风化 物	32	A ₀₀ A ₁ C D
II 散砂型	砂岗暗棕壤	通体散砂	从地表起,通体 是松散砂,且 均匀	04	A _p C ₁ C ₂ C ₃
III 下部砂砾型	上、中位暗棕壤, 砂底草甸土	粗砂或砾石	壤土层 50 厘米 左右,下部为 砂层或砾石层	06	A _p B _c C ₁ C ₂
IV 夹层型	白浆土、表水成 沼的沼泽土	白浆层、青泥层	表土层下面为 白浆层或青泥 层	002	A ₁ A _w B ₁ B ₂
V 粘嫩型	粘质草甸土、盐 渍化土壤	通体粘粒含量高	通体为粘土,且 粘粒含量高, 分布均匀	01	A _p A _b B ₁ B ₂
VI 适体型	下位草甸土、暗 棕壤、壤质草 甸土、黑土	无	通体为粒状及 小核粒状结 构,松紧适宜	018	A _p A _b B ₁ B ₂

注:薄土层型系山地土壤,物理性质未作测定。上、中、下位系指砂层出现高度。0—50 cm 出现砂层的为上位,

层外,只有 3.3—16.7%,占孔隙总量的 10.0—41.5%,而粗大孔隙量则为 21.6—34.0%,占孔隙总量的 53.7—84.0%,高于小孔隙的 1.2—5.2 倍,因而渗透性能很强。全漏型的渗透系数(K_{10}),表层为 4.5 米/昼夜,底漏型的为 0.69—1.93 米/昼夜,下部砂砾层为 4.8—133.7 米/昼夜。1 米土层内的全部蓄水量 376.4—423.2 毫米,其中 207.1—237.2 毫米以重力水的方式排入土壤深处,仅有 88.7—144.8 毫米的水能保持在毛管孔隙中供作物吸收利用,平均水分利用率为 23.6—34.2%,下部土层更低,仅 6.5—9.9%,是对雨水和灌溉水利用率最低的一种土壤(表 3)。

夹层型为浅库、小库。高层位的白浆层和青泥层为其障碍土层,所谓障碍是指它的厚板状结构和达到夯实程度的高容重,其形态象潮润板块状淀粉,用手掰开在裂面上显一条条细纹,具僵性、脆性、无韧性,干缩湿胀性能弱。吸水、释水能力差,因而其含水量的年、季变幅很小。这种土层象一块厚的隔板,严重的阻碍着水气在土体内的垂直运行和交换。

构型基本特征

patterns in Three-River-Plain

质地 Texture	容重 (g/cm ³) Bulk density	总孔隙度 (%) Total porosity	通气孔隙 (%) Aerated porosity	凋萎湿度 (%) Wilting percentage	田间持水量 (%) Field moisture capacity	释水量 (%) Released capacity	渗透系数 (环刀法) (K ₁₀ 米/昼夜) Permeability coefficient
枯枝落叶	—	—	—	—	—	—	—
石质壤土	—	—	—	—	—	—	—
风化石块	—	—	—	—	—	—	—
基 石	—	—	—	—	—	—	—
砂	1.43	46.2	29.2	2.4	11.9	13.9	4.50
砂	1.55	41.5	24.4	1.5	11.0	13.8	6.26
砂	1.59	40.0	23.8	1.3	10.2	14.7	7.29
砂	1.58	40.2	21.6	1.2	11.8	13.5	6.58
轻壤土	1.24	53.6	24.6	8.0	23.8	16.8	1.93
砂壤土	1.63	40.2	31.6	2.6	5.3	14.4	54.06
砂 砾	1.62	40.5	34.0	1.3	4.0	15.2	113.7
砂 砾	1.80	32.6	25.9	1.9	3.7	12.8	59.80
重壤土	0.73	69.8	32.7	9.9	50.8	31.2	0.38
轻粘土	1.57	42.1	5.1	7.3	23.6	4.9	0.0008
轻粘土	1.48	45.1	3.9	17.1	27.9	5.4	0.0007
中粘土	1.62	40.5	1.3	15.6	24.2	1.1	0.0007
轻粘土	1.02	60.3	15.4	13.7	33.4	20.2	0.01
轻粘土	1.42	47.1	4.9	14.8	26.2	8.2	0.03
中粘土	1.48	45.1	1.8	12.2	25.0	9.3	0.03
中粘土	1.57	40.1	0	13.2	24.5	8.6	0.02
中壤土	1.07	59.3	21.5	12.1	35.3	21.0	1.27
重壤土	1.21	55.0	22.0	12.4	27.3	20.3	0.03
重壤土	1.29	52.4	11.8	15.0	31.5	8.2	0.07
轻粘土	1.35	50.2	10.6	13.0	29.3	5.5	0.12

50—100 cm 出现砂层的为中位, 100cm 以下出现砂层的为下位。

由于障碍土层以下的水气实际交换量很小, 水分的有效性极低, 所以, 在 1 米土层内造成大约 3/4 的稳定潮湿层。土壤水分的消长主要在表土层进行。以 0—20 厘米土层计: 其最大有效贮水量为 41.4—76.5 毫米, 超过此值就出现过湿, 乃至成涝。由于降水的不均衡性和土壤的库容小而浅, 经常出现水分的人超和逆差, 土壤的渗透系数很低, 表层 K_{10} 在 0.001—0.6 米/昼夜, 底层在 0.0004—0.0009, 不易保水, 5, 6 月份几日不雨就有旱情; 7, 8, 9 月一场大雨就显涝情, 致使作物经常处于缺水或多水的环境, 不能正常生长。因此, 对这类土体构型, 一旦排出积水, 干旱便接踵而来, 是三江平原易旱易涝的土体构型(表 4)。

粘歇型: 通体由粘土组成, 以中粘土为主。在粒级组成中以粘粒为主, 占粒级总量的 40—50%。物理性砂粒与物理性粘粒的比值为 3:7 或 2:8, 以 2:8 为主⁽¹⁾(表 5)。粘着性和粘结性很强, 犁耕阻力大(土壤比阻为 1.2), 适耕期很短, 耕作管理困难, 最忌过湿作业, 结构一旦遭到破坏歇性更大。亚表层以下容重高达 1.42—1.57 克/厘米³。

表 2 土体构型与作物产量关系

Table 2 Relationship between solum pattern and crop yield

单 位 Unit	土体构型 Solum pattern	障碍土层出现深度 (cm) Depth of block soil layer in profile	代表性土壤 Representative soil	土壤含水量 (%) Soil moisture content	相对含水量 (%) Relative moisture content	产量 (jin/mu) Yield	
						大豆 Soybean	玉米 Corn
向阳农场十八连	散砂型	地表	砂岗暗棕壤	4.5	41.0	23.8	绝产
向阳农场十二连	下部砂砾型	25	上位暗棕壤	2.5	51.2	46.0	267.0
萝北县民警大队	下部砂砾型	45	上位暗棕壤	8.6	57.0	80.0	—
向阳农场十二连	下部砂砾型	48	上位暗棕壤	—	—	82.0	—
向阳农场八连	下部砂砾型	57	中位暗棕壤	8.7	57.4	86.0	212.0
洪河农场	夹层型	20—25	白浆土	11.7	57.7	180.5	—
二九一农场气象站	粘厥型	通体粘粒含量高	粘质草甸土	20.0	59.9	224.0	—
向阳农场十二连	适体型	无	下位草甸暗棕壤	—	—	290.0	—
向阳农场科研站	适体型	无	下位草甸暗棕壤	15.5	67.1	362.0	—
向阳农场二十一连	适体型	无	潜育草甸土	17.5	66.9	350.0	360.0
向阳农场九连	适体型	无	黑土	23.1	84.5	—	620.0

注：土壤含水量系 1980 年 8 月 10 日测定。

大部分粘厥型土壤具有不同程度的苏打盐渍化，是形成粘厥性的重要原因之一。据剖面观察和分析结果：本土区内的盐斑剖面柱状结构发育良好；土壤溶液中的 NaHCO_3 占全盐量的 50.0% 以上，最高达 64.0%；代换性盐基中 Na^+ 含量高；轻盐化土壤的代换性 Na^+ 占盐基总量的 2.7—7.0%；中度盐渍化的占 13.1—27.6%；苏打盐土占 14.3—42.8%； $\text{pH}8.2—9.0$ ，碱化度 20.0—77.9%。按照柯夫达的观点，代换性 Na^+ 占盐基代换量的 5—10% 就可使土壤物理性质变坏。许多研究报告还指出：对于盐渍化土壤来说，吸附性 Mg 的影响和 Na 相似。据测定土壤分散度最高可达 84.4%，由于细微的胶粒和土粒对孔隙的堵塞，通透性不良，心土层和底土层的通透孔隙仅 1.1—1.7%，土体排水能力很低，渗透速度很低，0—100 厘米土层的释水量仅 139.7 毫米，释水率为 27.4%，50—100 厘米土层的释水率更低（14.4%），不及 0—50 厘米土层的 1/2，而且在深两米左右处存在着厚 2—3 米的完全不透土层，所以，在丰、平水分年和多水的季节，常形成丰富的支持重力水（潜水），造成秋涝和春涝，故有一年秋涝二年灾之说。水分利用率较高（37.0%），由于土壤供水能力较强，属于怕涝耐旱的土体构型。

适体型：在 1 米土层内无障碍土层，质地或壤或粘，但粘而不紧，粒状及小核粒状结构层厚度达 70 厘米左右，容重 1.21—1.35 克/厘米³，至 100 厘米左右处为 1.45—1.46 克/厘米³。孔隙发达（46.9—59.2%），比例适宜，通气空隙为 10.6—27.5%，毛管孔隙为 27.7—39.6%，两者的比值大部在 1.5 左右；在毛管孔隙中有效孔隙占 65—87.8%。在这种良好的物理特性条件下，其蓄水、供水、透水性能都很理想。1 米土层内的全蓄水量为 485.6—546.1 毫米，田间含水量为 344.5—381.3 毫米，占全蓄水量的 70.9—69.8%，其中有效含水量为 217.7—240.2 毫米，占田间含水量的 57.1—69.7%，水分利用系数为 0.4—0.5；而且各层的供水能力很均匀，50 厘米以上和以下的土层的供水量非常接近；透水速度中等，整体测定值为 0.33—0.65 米/昼夜，分层测定值由上往下逐渐减弱，释水率为 30.0%。因此，

表 3 散砂型及下部砂砾型土壤的贮水能力 (单位: mm)

Table 3 Water storage capacity of the soils of dispersed sandy and lower sandy gravel solum patterns

剖面号 No. of profile	土体构型 Solum pattern	土壤 Soil	土层深度 (cm)											
			凋萎含水量 Wilting moisture content		田间持水量 Field moisture capacity		饱和含水量 Saturated moisture content		有效含水量 Available moisture content		释水量 Released capacity			
			0-20	0-50	0-100	0-20	0-50	0-100	0-20	0-50	0-100	0-20	0-50	0-100
04	散砂型	砂岗暗棕壤	6.0	13.1	23.7	34.0	85.1	168.5	75.2	190.0	390.0	28.0	72.0	144.8
06	下部砂砾型	上位暗棕壤	19.8	37.2	50.5	58.0	101.5	139.2	99.6	213.8	376.4	43.1	64.3	88.7
02	下部砂砾型	中位暗棕壤	20.1	55.6	82.0	71.8	148.0	216.1	112.0	241.9	423.2	38.6	92.4	134.1

注: 将凋萎、田间、饱和含水量以土层厚度毫米数表示,即为相应的贮水量;释水量等于饱和含水量减去田间持水量(下同)。

表 4 夹层型土壤贮水、供水、释水能力(单位: mm)

Table 4 The capacity of water storage, supply and release in soils of interstratified solum pattern

剖面号 Profile No.	土壤 Soil	土层厚度 (cm)											
		凋萎含水量 Wilting moisture content		田间持水量 Field moisture capacity		饱和含水量 Saturated moisture content		有效含水量 Available moisture content		释水量 ¹⁾ Released capacity			
		0-20	0-50	0-100	0-20	0-50	0-100	0-20	0-50	0-100	0-20	0-50	0-100
002	白浆土	17.7	71.3	207.6	63.9	167.2	357.9	90.4	204.8	410.4	46.8	95.9	150.3
082	草甸白浆土	24.8	67.4	180.8	85.8	190.2	382.5	120.9	249.1	463.6	61.0	122.8	201.7
130	潜育白浆土	14.1	49.5	176.8	90.6	191.9	358.0	130.1	252.9	433.7	76.5	142.4	218.2
021	草甸沼泽土	38.9	103.8	204.3	99.5	242.2	481.4	109.8	260.6	512.1	60.6	138.4	277.1
126	泥炭化腐殖质沼泽土	42.2	110.6	234.0	83.6	210.2	419.9	98.5	236.1	469.9	41.4	99.6	185.9

1) 释水量: 分子代表该土层的释水量毫米数,分母代表这个释水量占1米土层总释水量的百分数(下同)。

表 5 粘壤型土壤机械组成
Table 5 Mechanical composition of soil of clayey pattern

剖面号 Profile No.	土壤 Soil	发生层次 Genetic horizon	深度 (cm) Depth	粒级含量(%) Clay content			质地名称 Texture name
				<0.001 (mm)	<0.01 (mm)	物理粘粒 物理砂粒 Physical clay Physical sand	
图-15	轻盐化潜育草甸土	A	0-27	44.35	73.52	2:8	轻粘土
		AB	27-63	46.90	73.45	2:8	轻粘土
		B ₁	63-93	49.55	77.87	2:8	中粘土
		B ₂	93-128	46.75	77.38	2:8	中粘土
图-86	强潜育草甸土	A	0-12	37.05	69.64	3:7	轻粘土
		AB	12-46	53.60	80.00	2:8	中粘土
		B ₁	46-75	43.20	76.80	2:8	中粘土
		B ₂	75-107	42.40	80.00	2:8	中粘土
		B ₃	107-147	37.60	80.80	2:8	中粘土
图-64	盐化草甸沼泽土	A	0-25	47.20	75.20	3:7	中粘土
		AG	25-52	45.20	74.71	3:7	轻粘土
		G ₁	52-101	41.59	73.89	3:7	轻粘土
		G ₂	101-120	36.73	75.74	3:7	中粘土

注: 图: 为分析剖面符号。

表 6 适体型土壤贮水、供水、释水能力 (单位: mm)
Table 6 The capacity of water storage, supply and release in soils of apposite solum pattern

剖面号 Profile No.	土壤 Soil	凋萎含水量 Wilting moisture content	田间持水量 Field moisture capacity	饱和含水量 Saturated moisture content	有效含水量 Available moisture content	释水量 Released capacity	土层深度 (cm) Soil depth											
							0-20	0-50	0-100	0-200								
向 08	下位壤质草甸暗棕壤	17.8	50.4	104.3	55.4	161.9	344.5	96.4	244.4	485.8	37.6	111.5	128.7	240.0	41.0	82.5	58.8	141.3
		25.8	71.9	163.6	90.7	181.1	381.3	144.5	276.0	546.1	64.9	109.2	108.5	217.7	53.8	94.9	69.9	164.8
向 18	下位白浆化黑土	0-20	0-50	0-100	0-20	0-50	0-100	0-20	0-50	0-100	0-20	0-50	50-100	0-100	0-20	0-50	50-100	0-100
		17.8	50.4	104.3	90.7	181.1	381.3	144.5	276.0	546.1	64.9	109.2	108.5	217.7	53.8	94.9	69.9	164.8

在多雨的季节,上层多余的水分能较快的渗到下层,并在底土层中蓄积;枯水季节,毛管作用又把底层水分运往上层,供作物吸收利用。水分在土体内的运行和交换量大,既能下排又能上供,耐旱又耐涝(表 6)。

据 28 个剖面四种土体构型的根系测定资料,清楚的看出,障碍土层的有无及其出现部位的高低与根系分布的总深度有密切相关,障碍土层出现的部位与根系分布深度基本一致,相关系数为 0.98(图 2)。

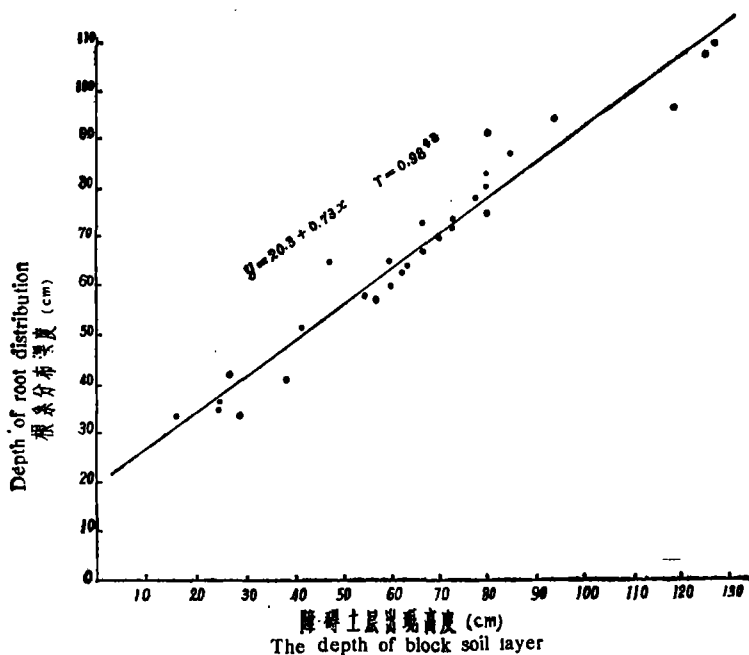


图 2 障碍土层出现高度与根系分布深度关系

Fig. 2 The relationship between the depth of block soil layer and depth of root distribution in profile

各土体构型间根系分布的总深度相差 3.0—7.2 倍,散砂型大豆根系分布的总深度为 15 厘米,玉米为 31 厘米;下部砂砾型的根系分布深度是随着土层的增厚而加深的,如土层厚度 25—27 厘米的根系分布深度 34—42 厘米,土层厚度达 50 厘米的根系分布深度为 64—67 厘米;而适体型的根系分布深度则为 94—108 厘米。散砂型的全部根系集中在薄薄的表土层,而适体型的心土层和底土层中尚有 20.0% 左右。由于根系在土体中的生活环境大小不一,摄取水、肥的范围不同,在相同降水条件下,抗旱涝能力和产量相差很大,有的绝产,有的高产。一般说根系分布深而多,易获高产。

根系分布深度还与下部粘土层的紧实度有关。据六个剖面点的测定资料,在 60、85、94 厘米处的土壤容重分别达 1.63、1.55、1.57 克/厘米³,玉米根系失去下扎能力;在 78、87 厘米处的土壤容重分别达 1.75、1.62 克/厘米³时大豆根系失去下扎能力;63、73 厘米处土壤容重分别达 1.63、1.60 克/厘米³,小麦根系失去下扎能力。但在薄土层下面即为砂砾层的,只要与土层相联的砂砾层中含有土粒的,就有根系分布。

综上所述,在同样的降水条件下,土体构型是土壤抗旱涝能力的内在因素。各土体构

型的抗旱涝能力的差异决定于0—100厘米土层内障碍土层的有无。无障碍土层的蓄水、供水能力最强,耐旱耐涝,作物产量高而稳定。有障碍土层的随着障碍土层出现部位的高低及其性质,则抗旱抗涝能力各异。

三江平原土壤的土体构型不良,大多情况下都有障碍土层,所以当前应首先改良障碍层以提高土壤调控水分和增强其抗旱涝的能力。散砂型的土壤宜退耕还林;下部砂砾型的土壤,通过有机质的补充,增加上部土层的保水能力,采取垅作栽培,集中利用表土层,避免深翻;粘缺型的要恢复和保持良好的土壤结构,通过深松和有机质的补充,提高结构化程度;下部粘紧型的土壤,可用超深松机具分层深松渐进到40、50、60、70、80……厘米^[3];夹层型的土壤,可通过深松和有机质的补充,使其逐步结构化。经过这样一番改造之后,可逐步的建起“大气—土壤—作物”之间的最优土壤环境,为高产稳产奠定稳固的基础。

参 考 文 献

- 【1】何万云、顾春起, 1979; 黑龙江三江平原土壤“哑叭”涝问题的探讨。土壤通报, 第5期, 12—24页。
 【2】顾春起、胡先志, 1980; 土壤水资源的调查研究及其开发利用。中国农垦, 第12期, 25—26页。
 【3】赤沢 伝, 昭和54年; 重粘土の改良。北海道の特殊土壤—生成、分布と土地改良, 第249—263页。

STUDY ON THE RELATIONSHIP BETWEEN SOLUM STRUCTURE PATTERNS AND DROUGHT-WATERLOGGING OF SOILS IN THREE-RIVER-PLAIN

Yan Chunqi

(Heilongjiang Institute of Agricultural Modernisation, Academia Sinica)

Summary

Three-River-Plain is a typical dry farming agricultural region. Investigation shows that solum structure pattern is a internal factor of drought and waterlogging resistance of soils. The difference in drought and waterlogging resistibility of the solum patterns depends on presence or absence of block soil layer in the soil profile of 0—100 cm. In the soil without block soil layer, the capacity of water storage and supply is higher, the drought and waterlogging resistibility of the soil and crop yield are generally high and stable. In the soil with block soil layer, the drought and waterlogging resistibility varies with the depth of block soil layer in profile and its properties. With well development of block soil layer, the soils of Three-River-Plain belong to those of the poor solum pattern which are unfavorable for resistance of drought and waterlogging of the soil. It is of practical significance to improve these soils with proper measures in combination with reasonable management of water for the control and regulation of soil water and the alleviation of disaster of drought and waterlogging and the increase of crop yield.