

# 东北北部黑土水分状况之研究

## IV. 黑土区的抗旱保墒农业技术及改善 农田水分状况的途径\*

沈善敏 乔 樵 丁庆堂 曾昭顺

(中国科学院林业土壤研究所)

黑土区春旱主要危害小麦,常可造成严重减产。但在生产实践中由于田块条件不同或采取了不同农业技术措施,即使并无灌溉条件也可收到差异悬殊的产量效果。如九三地区红五月农场在 1965 年特大春旱年,十余亩小麦单产平均只获得 103 斤/亩,不到常年产量的一半,但全场各地块的小麦产量未必不可能创出较高的产量水平。比如有 5 个地块 1,725 亩小麦的产量达到了 300 斤/亩以上,有 9 个地块 8,460 亩的小麦单产达到 200—300 斤/亩。1968 年再次大春旱,由于及早发出预报并采取了综合防旱措施,这一年该场小麦的平均单产达到了 247 斤/亩,为 1965 年单产的两倍以上。这一事实也说明在大春旱年采用抗旱保墒农业技术对提高小麦产量具有明显的积极意义。

黑土地区的抗旱保墒农业技术包括耕作整地、播种技术、调换茬口、地形选择、作物种植比例、品种选择、施肥技术以及建立合理的轮作制度等等。本文仅就其中的一些方面展开讨论。

### 一、抗旱保墒耕作

土壤耕作对降水的接纳和土壤水分的保持都有显著影响。在干旱年份,作物收获后及时采取有效的耕作保墒技术对接纳降水、消除田面杂草、减少土壤蒸发等都会有明显的好处。北部黑土区大型机械化国营农场在作物收获后采取的基本耕作方法为耕翻和浅耕灭茬(当地习惯称之为“耙茬”),耕作时间主要为秋耕(包括伏耕)和春耕。调查测定表明,耕作时间不同,可造成土壤水分含量明显差别,但耕作方法不同却并未显示出对土壤水分含量有显著影响(表 1, 2)。

由表 1、表 2 可见,秋翻地土壤水分含量明显高于春翻地,说明秋耕有利于保蓄土壤水分,春翻地土壤失水较多,墒情必然较差。秋耙茬与秋翻比较在保持土壤水分方面并无明显差异,但春耙茬似较春翻有利于土壤水分保持,这是因为黑土区春季旱风盛行,蒸发强烈,后者土壤翻动较多容易散失水分的缘故。

耙茬与秋翻地比较虽然在保持土壤水分方面并无显著区别,但耙茬地土壤具有较适

\* 本文写作于 1970 年 10 月,发表时作了些删节和修改。

表 1 秋翻地和春翻地土壤湿度比较 (%)

Table 1 Soil moisture contents in autumn-ploughed fields in comparison with that in spring-ploughed fields

测定日期 Date of determination	1965年6月5日 June 5th, 1965		1967年5月11日 May 11th, 1967		1967年5月12日 May 12th, 1967	
深度 (cm) Depth	豆茬秋翻 Soybean stub field ploughed in autumn	豆茬春翻 Soybean stub field ploughed in spring	麦茬秋翻 Wheat stub field ploughed in autumn	麦茬春翻 Wheat stub field ploughed in spring	麦茬秋翻 Wheat stub field ploughed in autumn	麦茬春翻 Wheat stub field ploughed in spring
0—10	15.3	14.6	28.4	28.8	34.7	29.2
10—20	25.9	25.1	32.0	30.7	32.1	30.2
20—30	28.6	23.0	31.7	29.8	31.3	29.7
30—40	23.8	20.8	28.1	28.2	29.5	26.8
40—50	22.4	20.5	26.5	25.8	28.0	27.6
0—50 平均 Mean value of 0—50	23.2	20.8	29.3	28.7	31.1	28.7

表 2 耕翻与耙茬(浅耕灭茬)土壤湿度比较 (%)

Table 2 Soil moisture content in ploughed fields in comparison with that in harrowed fields

测定日期 Date of determination	1967年5月10日 May 10th, 1967		1965年6月10日 June 10th, 1965		1965年6月10日 June 10th, 1965		1967年5月11日 May 11th, 1967		1967年5月11日 May 11th, 1967	
深度 (cm) Depth	豆茬秋翻 Soybean stub field ploughed in autumn	豆茬秋耙茬 Soybean stub field harrowed in autumn	豆茬秋翻 Soybean stub field ploughed in autumn	豆茬春耙茬 Soybean stub field harrowed in spring	豆茬秋翻 Soybean stub field ploughed in autumn	豆茬春耙茬 Soybean stub field harrowed in spring	豆茬春翻 Soybean stub field ploughed in spring	豆茬春耙茬 Soybean stub field harrowed in spring	青刈豆茬 Forage soybean stub field ploughed in spring	青刈豆茬 Forage soybean stub field harrowed in spring
0—10	28.8	29.2	4.8	6.2	9.2	8.1	30.1	36.3	22.5	30.4
10—20	31.1	33.5	18.0	18.5	20.9	21.5	31.9	36.5	29.9	32.5
20—30	34.1	31.5	23.7	20.8	25.9	25.0	34.4	31.8	30.5	30.1
30—40	29.5	29.6	24.6	22.6	26.9	26.3	29.0	29.3	24.6	26.3
40—50	28.0	26.8	24.4	24.6	25.0	23.0	26.6	27.0	25.0	25.8
0—50 平均 Mean value of 0—50	30.3	30.1	19.5	18.5	21.6	20.8	30.4	32.2	26.5	29.0

注：当年作物均为小麦。

Note: Crop on all the fields in that year was spring wheat.

宜的耕层环境<sup>[4]</sup>，因而在促进小麦地上部和地下部分生长、增强小麦抗旱能力等方面具有良好作用。1965年的调查测定表明，耙茬地小麦根量可比秋翻地增加15%，地上部分可增加10%。因此，在春旱年份耙茬地小麦普遍可比秋翻地或春翻地小麦增产(表3)。

春旱年份作物播前镇压及播后镇压都是必要的，这有助于消灭田面冻裂缝、减少土壤水分的汽态损失、确保种子与土壤密切接触。

1) 乔樵等, 1956: 东北北部黑土紧实度在农业生产上的意义。

表 3 大春旱年豆茬耕翻与耙茬对小麦生长及产量影响

Table 3 Effect of ploughing or harrowing in soybean stub fields on the growth and yield of spring wheat in the year of serious spring drought

调查地点 Locality	耕 作 Tillage	株 高 (cm) Plant height	穗 长 (cm) Ear length	有效小穗数 Effective spikelets	无效小穗数 Ineffective spikelets	穗粒数 Grains per ear	千粒重(克) Wt. of 1000 grains (g)	产 量 (斤/亩) Yield (jin/mu)
前锋农场 Qianfeng farm	秋 翻 Autumn ploughing	51.1	4.2	7.7	4.1	10.7	33.0	218
	秋耙茬 Autumn harrowing	62.1	5.2	9.0	4.1	13.8	32.4	333
红五月农场 Hongwuyue farm	秋 翻 Autumn ploughing	32.2	3.2	5.0	3.2	6.5	28.2	117
	春耙茬 Spring harrowing	41.9	3.8	6.6	2.3	9.4	28.5	151
红五月农场 Hongwuyue farm	春 翻 Spring ploughing	44.0	4.1	5.2	2.7	9.5	30.3	130
	春耙茬 Spring harrowing	58.0	4.3	5.3	3.7	12.3	31.9	180

在干旱少雨情况下, 小麦出苗后二十天左右即可使表层土壤湿度下降到凋萎湿度以下, 并在田面形成干裂缝。随着土壤湿度进一步下降, 干土层不断加厚, 田面的裂缝也愈宽、愈深、愈多。1965年在红五月农场调查, 这种干裂缝宽达3—4厘米, 深20厘米以上, 1亩地大裂缝的总长超过了1千米, 如果把大量小裂缝计算在内裂缝总长可增加几倍。田面大量裂缝的形成可造成土壤水分的强裂损失, 不仅裂缝壁土壤很快变干(表4), 而且下层土壤中的水分也将通过裂缝源源向外扩散。在这种情况下进行小麦苗期镇压

表 4 土壤裂隙对附近土壤湿度的影响

Table 4 Effect of soil crack on the moisture regime of soil

离地面垂直距离 (cm) Verticle distance from ground surface	离裂缝壁不同水平距离的土壤湿度(%) Soil moisture content in different distances from the walls of crack		
	0—4 (cm)	4—8 (cm)	8—12 (cm)
0—4	2.8	3.6	5.1
4—8	6.6	10.2	12.1
8—12	6.1	13.2	14.7
12—16	11.0	13.0	12.3
平均 Average	6.7	10.0	11.1

注: 1965年6月19日调查。

Note: Determined on June, 19th, 1965.

表 5 压青苗对表层土壤湿度及小麦生长影响

Table 5 Effect of soil compacting in seedling stage on moisture regime of surface soil and growth of spring wheat

处 理 Treatment	土 壤 湿 度 (%) Soil moisture content			幼 苗 干 重 (克/50 株) Dry weight of seedling (g/50 plants)	
	0—5 (cm)	5—10 (cm)	10—15 (cm)	茎 叶 Stem and leaves	根 Roots
未 压 No compacting	10.4	26.7	28.0	5.4	0.9
压 一 遍 Compacted once	10.7	27.9	30.4	4.6	1.1
压 二 遍 Compacted twice	12.5	28.6	31.4	4.9	1.3

注: 1965年5月27日镇压, 6月4日测定, 小麦分蘖期。

Note: Compacted on May 27th, 1965, determined on June 4th, 1965, in tillering period of spring wheat.

(压青苗)既可使裂缝堵塞,减少土壤水分散失,改善耕层水分条件,同时也可稍加抑制麦苗的地上部分,促进根系生长,从而提高麦苗的抗旱能力(表5)。

## 二、作物茬口选择的防旱意义

前文已经说明,由于作物一生消耗的水量不同,所以作物收获后遗留在土壤中的水量也随作物种类而异,降水愈少,土壤底墒的差异也愈明显<sup>[2]</sup>。在春旱年份按照不同作物的供水需要,巧妙地利用不同茬口的土壤水分条件,对全面提高产量减轻旱害将有重要意义。小麦生长前期需水最多,遇旱最易受害,应安排在底墒较好的茬口,如绿肥半休闲、玉

表 6 大春旱年不同前茬对小麦生长及产量影响 (1965年)

Table 6 Effect of different preceding crops on the growth and yield of wheat in the year of serious spring drought

前 茬 Preceding crop	株 高 (cm) Plant height	穗 长 (cm) Ear length	穗 粒 数 Grains per ear	千 粒 重 (g) Wt. of 1000 grains	产 量 Yield	
					斤/亩 jin/mu	%
小 麦 Wheat	30.6	3.3	8.5	29.9	77	100
谷 子 Millet	37.6	4.0	10.5	29.0	97	126
马 铃 薯 Potato	34.5	3.5	10.0	30.8	111	144
大 豆 Soybean	44.2	4.2	10.7	32.2	113	147
玉 米 Corn	43.0	4.1	9.2	32.0	156	203
伏开荒地 Wasteland reclaimed in summer	52.0	4.6	12.0	34.0	238	309

米、马铃薯、大豆等茬口上。小麦茬底墒最差, 可用来种植玉米、大豆、马铃薯等中耕作物。这些作物生长前期需水较少, 春早年份受害较轻或几无危害。应尽力避免将小麦种在麦茬上。表 6 说明小麦由于前茬不同在春早年份表现出明显的产量差别, 其中以重茬小麦的产量最低。

### 三、春早年份的作物种植比例和小麦品种选择

已如前述, 春早年小麦危害最重而中耕作物甚至并无危害。如大春早的 1965 年, 红五月农场二队 1 万余亩小麦平均单产仅 92.9 斤/亩, 不及正常年产量的一半, 但大豆单产却创该队历史最好水平, 全队 4,500 亩大豆平均单产 227 斤/亩。可见, 预报发生大春早的年份应适当减少麦类作物的播种面积, 增加玉米、大豆、谷子、马铃薯等作物的比重, 这对全面提高产量减少受灾损失将有十分重要意义。

小麦由于品种不同对春旱危害的反应也常常有明显差异。早熟品种生长快、发青早, 当旱象严重时常常正值抽穗开花时节, 生殖器官易受干旱危害并导致明显减产。中、晚熟品种发育较迟, 常常有机会躲过干旱危害最重的时刻, 受害也就较轻。如早熟品种辽春一号在六月中、下旬便进入抽穗、开花期, 而中熟品种合作六号需至六月末和七月上旬方进入抽穗开花期, 所以后者有更多机会躲过六月份干旱最严重的时刻。从表 7 可看出, 正常年份早熟品种辽春一号较合作六号为高产, 但在春早年份辽春一号远较合作六号产量为低, 其中突出表现在辽春一号的每穗粒数在春早年份锐减, 正是表明其生殖器官受严重损害所致。可见, 在春早年少种甚至不种早熟品种而改种中、晚熟小麦品种, 将有助于减轻旱害提高小麦产量。

表 7 小麦早熟品种(辽春一号)与中熟品种(合作六号)产量的比较\*

Table 7 Yield of early-maturing variety in comparison with that of mid-maturing variety of spring wheat

气候情况 Climate		株高 (cm) Plant height		穗粒数 Grains per ear		千粒重 (g) Wt. of 1000 grains		产量 (斤/亩) Yield (jin/mu)	
		中熟品种 Mid-maturing variety	早熟品种 Early-maturing variety	中熟品种 Mid-maturing variety	早熟品种 Early-maturing variety	中熟品种 Mid-maturing variety	早熟品种 Early-maturing variety	中熟品种 Mid-maturing variety	早熟品种 Early-maturing variety
正常年 Normal year	1962	98.1	82.8	23.5	23.8	30.5	33.0	336	442
	1963	99.8	82.4	25.0	25.3	29.8	32.9	441	504
	1964	120.9	90.3	22.7	25.3	29.3	35.5	498	637
春早年 Year of spring drought	1965	46.2	33.7	8.0	4.3	29.7	26.4	153	103
	1968	60.1	51.3	15.8	12.8	29.4	33.0	180	136

\* 根据九三农科所小麦品种试验资料。

#### 四、干旱年份的小麦施肥技术

在通常情况下，黑土农田以氮肥和磷肥配合施用对小麦有较好增产效果<sup>[4]</sup>。但在干旱年份，磷肥对小麦的增产效果尤为明显，而化学氮肥的效果常常极差，在表 8 所举的两例试验中，甚至由于增施氮肥而使小麦略有减产。磷肥在干旱年份尤其反应良好，可能与磷素有助于促进根系生长和提高植株的抗旱能力有关。氮肥在干旱缺水的情况下不易发挥其肥效，同时氮素本身也无助于加速作物根系生长和提高作物抗旱能力，因而在春旱年未能显示出增产效果。可见，在春旱年可适当增施磷肥而较少施用化学氮肥。

表 8 春旱年黑土小麦施肥增产效果

Table 8 Effect of fertilization on the yield increment of wheat on black soils in the year of spring drought

茬 口 Preceding crop	处 理 Treatment	株 高 (cm) Plant height	穗 长 (cm) Ear length	穗粒数 Grains per ear	千粒重(克) Wt. of 1000 grains (g)	产 量 Yield	
						斤/亩 jin/mu	%
小麦茬 Spring wheat	不 施 肥 No fertilizer	34.9	3.6	5.4	28.7	76	100
	硝铵 12 斤/亩 NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> , 12jin/mu	35.4	3.8	5.8	29.2	77	101
	过磷酸钙 24 斤/亩 Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> , 24jin/mu	43.3	4.4	9.4	33.0	123	162
	硝铵 12 斤/亩, 过磷 酸钙 24 斤/亩 NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> , 12jin/mu, Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> , 24jin/mu	42.6	4.8	9.7	30.7	120	158
伏开荒地 Wasteland reclaimed in summer	不 施 肥 No fertilizer	69.1	4.7	9.8	31.9	180	100
	硝铵 12 斤/亩 NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> , 12jin/mu	72.7	5.1	11.0	32.3	177	98
	过磷酸钙 24 斤/亩 Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> , 24jin/mu	89.3	6.9	20.6	36.7	386	214
	硝铵 12 斤/亩, 过磷 酸钙 24 斤/亩 NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> , 12jin/mu, Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> , 24jin/mu	86.3	6.3	18.8	35.7	332	184

春旱年份表层土壤风干极快，化肥施用过浅，常常不能奏效，应适当加深施肥深度。在必要情况下还可在播种前采用机播深施氮肥，仅留颗粒磷肥与种子混施，以避免种床土壤溶液浓度过高，加剧旱象。

## 五、建立经济有效的农田水分循环

在无灌溉条件下,根本改善黑土农田的水分状况,还在于为黑土农田建立经济有效的水分循环。

关于不同作物下黑土的水分状况、不同作物耗水进程及总耗水量、作物收获后遗留在土壤中的水量等,前文已有详细讨论<sup>[2,3]</sup>。由此可以设想,农业中不同的作物构成和建立不同的轮作系统,必将构成不同的农田水分循环方式。建立经济有效的农田水分循环的目的,首先是提高对降水的利用效率,以尽可能提高作物产量,其次是不断改善黑土的农业水分条件,以减少干旱年份的损失。可见,这样的农田水分循环过程只能建立在农田水分平衡略有盈余,而不能建立在农田水分平衡有所亏缺的基础上。

试比较以下两个轮作系统: 小麦—小麦—大豆和大豆—小麦—玉米的水分循环过程。设年降水量为 470 毫米,起始时 1 米土层的有效持水量 180 毫米,小麦、大豆、玉米地年总蒸发分别为 480, 460, 440 毫米<sup>[3]</sup>,则逐年作物收获后遗留在 1 米土层中的有效水量如表 9 所示。

表 9 不同轮作方式下遗留的土壤水分(计算值)

Table 9 Residual water storage in soil under different rotations

轮作方式 Rotation system	年平均降水 (mm) Mean annual rainfall	1 米土层起始有 效水量 (mm) Initial available water storage within 1m soil layer	作物收获后土壤有效水量 (mm) Available water storage remained in soil after harvest		
			第一年 1st year	第二年 2nd year	第三年 3rd year
小麦—小麦—大豆 Wheat-wheat- soybean	470	180	170	160	170
大豆—小麦—玉米 Soybean-wheat-corn	470	180	190	180	210

由表 9 可见,大豆—小麦—玉米轮作系统的水量循环是建立在农田水分平衡略有盈余的基础上,每经过一个轮作周期,土壤水分贮量将比开始时有所增加,因此长期采用这种轮作形式将使黑土农田的水分状况逐渐有所改善,可以减轻或避免小麦受旱。相反,小麦—小麦—大豆轮作系统的农田水分循环是建立在农田水分平衡略有赤字的基础上,每经过一个轮作周期土壤水分原则上都将比开始时有所减少,因而长期采用这种轮作形式必将使农田土壤的水分状况逐年恶化,一旦遇到春季少雨年份便很容易形成旱害。

三江地区自 1948 年大规模垦荒以来至今已三十余年,在开垦后的最初十余年中几乎并无春旱发生。但自 1961 年首次出现春旱以来,春旱发生的频率已有明显增长趋势,其中除某些气候上的原因以外,不能不说与长期采用小麦—小麦—大豆这一轮作形式有密切关系。从图 1 中也可看出,在开荒以来最初的若干年中,每年作物收获后土壤冻结前 1 米土层的贮水量均可回升到田间持水量以上,而近十余年来土壤贮水不能回升到田间持水量的年份愈渐增多,这种情况说明: 每年黑土农田水量平衡出现赤字的现象愈趋严重,

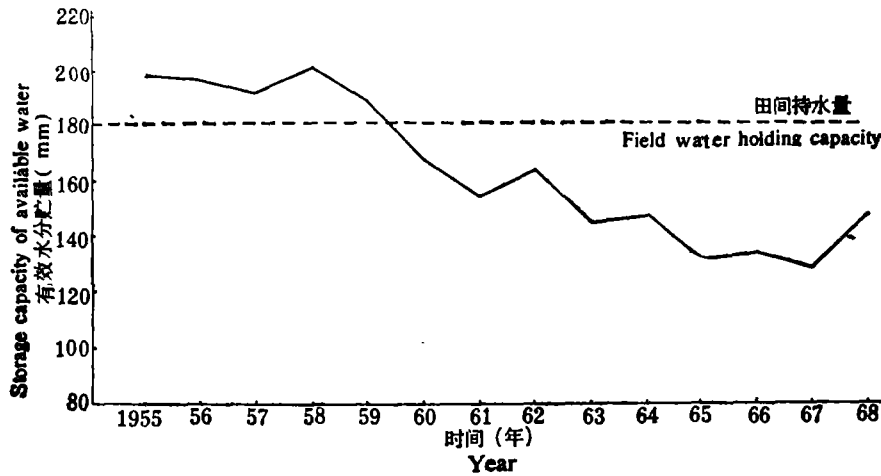


图1 历年耕地黑土冻结时1米土层有效持水量的变化趋势(三年滑动平均)<sup>1)</sup>

Fig. 1 Yearly variation of available water-holding capacity within 1m soil layer during freezing period in cultivated black soils (Sliding average per 3 years)

开垦之初土壤中的水分贮备年趋减少,亦即耕地黑土的水分状况正不断地恶化。

必须对国营农场黑土农田水分状况的这种不利的发展趋势给予充分的重视和注意,及早采取措施以防止黑土农田水分状况进一步恶化和春旱发生频率继续提高。在目前多数尚无灌溉条件的情况下,可行的途径是通过改变黑土农业中的作物构成和轮作形式,以减少整个轮作系统的水量支出。由上述讨论可知,适当减少小麦的种植面积,淘汰小麦—小麦—大豆轮作制并采用以下轮作形式:小麦—玉米—大豆、小麦—大豆—玉米—绿肥、小麦—大豆—玉米—大豆—小麦—绿肥等,将使农田的水分平衡由略有赤字转为略有盈余,从而有可能不断改善黑土农田的水分状况并减少这一地区春旱发生的机会。

### 参 考 文 献

- [1] 中国科学院林业土壤研究所黑土工作队, 1959: 东北北部黑土肥料试验报告。土壤集刊, 第2号, 167—174页。
- [2] 乔樵、沈善敏、曾昭顺, 1979: 东北北部黑土水分状况之研究 II. 黑土农业水分状况及水分循环。土壤学报, 第16卷4期, 329—338页。
- [3] 沈善敏、乔樵、曾昭顺, 1980: 东北北部黑土水分状况之研究 III. 黑土农业水分保证评价及春旱预测预报。土壤学报, 第17卷3期, 203—216页。
- [4] 谢民泽, 1964: 大豆茬耙茬不翻播春小麦的研究。黑龙江农业, 第2期。

1) 三年滑动平均系先用第一年开始的一、二、三年的有效水分贮量数据平均,再用第二年开始的二、三、四年数据平均,依次类推,形成滑动平均序列,其目的是为了消除曲线中小的波动,显出大的趋势。



## STUDIES ON MOISTURE REGIME IN BLACK SOILS IN NORTHERN PART OF NORTH-EAST OF CHINA

### IV. AGRICULTURAL TECHNIQUES FOR RESERVING SOIL WATER AND IMPROVING WATER CONDITIONS OF FARM LAND IN THE REGION OF BLACK SOILS UNDER DROUGHT WEATHER

Shen Shan-min, Qiao Qiao, Ding Qing-tang and Zeng Zhao-shun

*(Institute of Forestry and Pedology, Academia Sinica)*

#### Summary

In the region of black soils, spring drought does great damage to wheat, but may not give any damage to cultivated crops such as soybean and corn. Therefore, in years of spring drought, less wheat and more soybean and corn should be planted. Adoption of comprehensive agricultural technique including reasonable cultivation system of reserving soil water, correctly using soil water after removing crops, selection of good varieties and rational fertilizing system, may also give a higher yield of wheat even in years of spring drought. But, if we want to improve the water condition in black soils perfectly, we should increase the proportion of soybean and corn in the rotation system, and give up the cropping system of wheat-wheat-soybean. In this way, we could decrease the soil water consumption in the rotation system and establish a favorable and balanced water cycle in this soil region.