

南乌克兰和北克里米亚地区 农作物灌水计划的基来原则

水利部北京水利科学研究院译印

(56) 技字第1号

南乌克兰和北克里米亚地区农作物灌溉计划的基本原则

(ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ РАСЧЕТА ПОЛИВНЫХ РЕЖИМОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ДЛЯ РАЙОНОВ ЮЖНОЙ УКРАИНЫ И СЕВЕРНОГО КРЫМА)

农业科学候补博士 В.В. 科尔巴可夫付教授著。

苏联共产党第19次代表大会及1953年9月和1954年1—2月党中央委员会全体大会所提出的关于提高粮食、马铃薯、蔬菜、各种牧草和其他重要作物总收获量的任务；与新灌溉土地的正确实施和经营有密切的关系。

计划灌溉地区

为了正确计划农作物的灌水并解决其他一些农业土壤改良问题；我们将乌克兰南部和克里米亚北部灌溉地区划分为8个大区（参1）。计划灌溉地区的年降雨量和季降雨量从西北向东南和东南方向改变。

现将乌克兰南部和克里米亚北部灌溉地区的基本农业气象特征列表1。

地 区	土 壤	多年平均降雨量 (公厘)	年平均气温 (攝氏度)	10尺高度时 蒸发皿的蒸发 量与降雨量的 差数(公厘)	4-7月的 平均蒸发量 (公厘)	对前作而言、 该灌溉区 缺少的毫米 (公厘)
南乌克兰						
I(北部).....	普通黑鈣土	400—500	9.0	75	454	535
II(中部).....	南方黑鈣土	350—400	9.4	70	431	525
III(南部).....	暗栗鈣土	340—380	10.0	65	432	512
IV(南部).....	栗色碱化土	300—340	9.9	60	400	605
北克里米亚						
I(南部).....	栗色碱化土	300—340	10.0	60	400	620
II(北部).....	暗栗鈣土	340—400	11.0	65	360	610
III(中部).....	南方黑鈣土	400—450	11.5	70	350	550
IV(东部).....	栗色碱化土	350—400	11.5	75	300	550



图1. 乌克兰南部和克里米亚北部灌溉地区。

灌溉区（自北而下）：I—乌克兰北部；II—乌克兰中部；III—乌克兰南部；IV—I—乌克兰和克里米亚南部地区；II—克里米亚北部；III—克里米亚中部；IV—克里米亚东部。

计划的降雨保证率

降水对于在新灌溉区（特别是在乌克兰南部和克里米亚北部）获得粮食和畜牧业产品的基础而稳定的产量起着很大的作用。在水

分平衡计算中降水量至少佔作物必需水量的30~40%，某些年份则佔60~70%甚至更多。确定降雨保证率时，了解作物生长的最重要时期是很重要的。在作物生长发育最重要时期内的降雨是最有效的。国家穀物试验委员会的材料说明在乌克兰南部和克里米亚北部地区及时降雨对冬小麦产量的影响。（见表2）

表 2

指 标	乌克兰南部 敖德萨、塔夫里亚、波尔塔瓦区		克里米亚北部 廣 科 沃	
	1939年	1949年	1947年	1951年
← 总降雨量（公厘）				
播种—出苗期……	0	0	133.0	92.9
出苗—秋季生长期末……	69.7	27.0	19.0	34.4
春季生长期初—抽穗……	66.6	20.0	27.0	93.7
抽穗—腊熟……	23.2	129.0	71.0	36.8
播种—腊熟……	159.5	167.0	250.0	277.8
← 产量（公担/公顷）	33.7	17.2	14.0	32.5

我们的研究证明在乌克兰南部和克里米亚北部地区冬小麦平均在1)出苗前——秋季生长期末及2)春季生长期初—抽穗时期内获得全部降雨量的75%，而在特别有利年份则达80~85%。春播（禾本科）结穗作物在开始分蘖—抽穗时期内仅能得到全部降雨量的30—40%，在乌克兰南部地区还要少。

降雨的主要部份（50~60%）是在抽穗—腊熟期内为春小麦所获得。换句话说，在乌克兰南部和克里米亚地区春播谷类作物得到主要降雨量总额是较迟，这也是这些作物低产的原因之一。

及时降雨意义的重要也说明了在乌克兰南部和克里米亚北部地区，农作物的灌溉不仅在歉收年需要，而且在其他年份也需要，只不过程度不同而已。

分析降水分佈情况证明，无论是乌克兰南部或克里米亚北部地区，对谷类作物的乾旱年与对中耕作物和牧草的乾旱年是不重合的。在第Ⅱ灌区内，根据表利托波尔站资料，对春播谷类作物乾旱年与对其他中耕作物的乾旱年大概有50%相重合。除此之外，不仅是不同的作物，即使是同一作物，在不同的生长发育时期内所得到的降雨量也可能是不同的。

由表3中可以看出，在乌克兰南部和克里米亚北部地区，对於春播谷物作物的干旱年是不重合的。

乌克兰南部和克里米亚北部地区的降水量是年变化的，在乾旱年内春播谷类作物可得到35~70公厘，在湿润年可得到150~200公厘以上，中耕作物相应的为70和280公厘。

显然农作物的灌溉应当与年分情况相协调。在乾旱年应当保用大的定额，在湿润年就应减小定额。兹已所示为乌克兰南部和克里米亚北部地区的计称保证率曲线。

表3

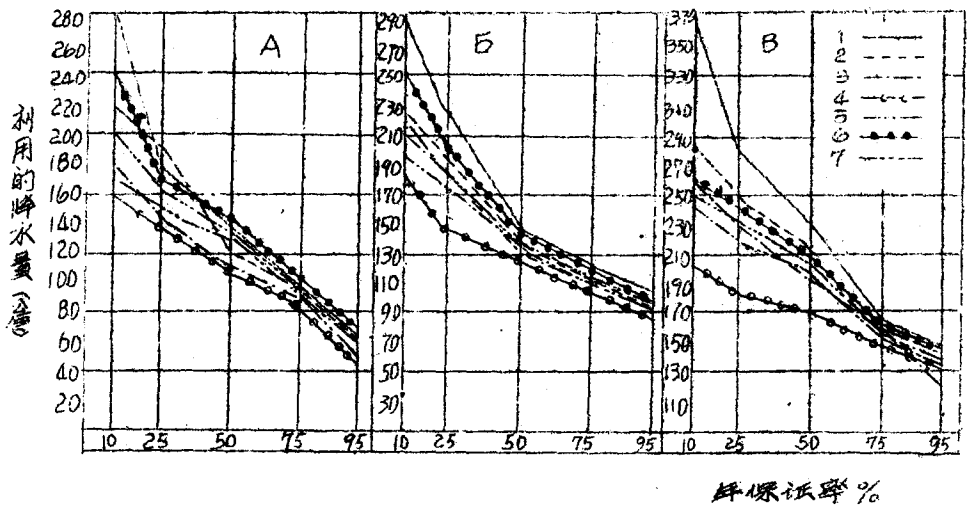
降水年份	普 洛 洛 什				赫 尔 松				更 聂 尼 更			
	春播谷类作物		中耕作物		春播谷类作物		中耕作物		春播谷类作物		中耕作物	
	年份	降水 (公厘)	年份	降水 (公厘)	年份	降水 (公厘)	年份	降水 (公厘)	年份	降水 (公厘)	年份	降水 (公厘)
非常乾旱年	1934	25	1944	68	1939	24	1934	104	1941	23	1938	82
中旱乾旱年	1948	60	1935	132	1911	68	1903	150	1939	54	1940	120
平均年	1944	87	1934	172	1934	80	1911	167	1940	77	1948	122
中雨湿润	1935	140	1936	232	1903	108	1939	192	1948	95	1939	147
湿润年	1936	182	1948	276	1919	120	1919	260	1938	120	1941	153

我们係採用实际年份的统计方法来确定降水的计称保证率。在计称有效降水量时我们採用农作物对於降水量的有效利用系数。我们遵循了众所周知的B. P. 瓦廉士的定理(1)，即在石结构的地块上，作物对於降水量的利用系数为0.85~0.9%，此外降水利用系数又

根据气象站资料加以确定。

在确定农作物对降水的利用系数时，我们利用了下面的等式：

$$K_{nc} = K_n + K_b$$



2. 灌溉区内主要农作物的降水保证率

1—乌克兰北部地区；2—乌克兰中部地区；3—乌克兰南部地区；4—乌克兰和克里米亚接壤地区；5—克里米亚北部地区；6—克里米亚中部地区；7—克里米亚东部地区。A—小麦（从9月10号到6月25号）；B—中耕作物（从4月10号到9月10号）；B—多年生牧草（从3月20号到10月31号）。

式中： K_{nc} —总的降水利用系数，

K_n —土壤对降水的吸收系数，

K_b —地表空气层中（作物、土壤表面）的降水利用系数，

土壤对降水的吸收系数虽不完全表示这些水量为作物所利用，因为不是所有的雨量都为作物根系所吸收。

$$K_{\text{净}} = K_{nc} - K_n$$

式中: $K_{\text{中}}$ — 降水用在植物蒸发上的有效利用系数,

$K_{\text{中}}$ — 土壤对降水的吸收系数,

$K_{\text{中}}$ — 土壤表面水分蒸发系数.

在确定土壤对降水的吸收系数时, 我们利用了 A. B. 洛基洛基的方法 (4.5), 此法的数学式如下:

$$K_{\text{中}} = \frac{P}{\sum \text{中}}$$

式中: P — 计算期间 (在我们的情况下为年) 在尺寸土层内所吸收的降水量 (以公厘计)

$\sum \text{中}$ — 有效降水量 (大于 5 公厘) 的总和 (以公厘计) 有效降水总量根据下式计算:

$$\sum \text{中} = \sum \text{BERET} - \sum \text{HE} \gamma \phi.$$

式中: $\sum \text{BERET}$ — 作物生长期总降水量 (公厘)

$\sum \text{HE} \gamma \phi$ — 作物生长期小于 5 公厘降水量的总和

我们研究的結果证明, 对乌克兰南部和克里米亚地区来说, 在计算期间内, $\sum \text{HE} \gamma \phi = 10 \sim 12\%$ 。根据 A. B. 洛基洛基 (5) 的资料, 曾采用目前根据或不完整的计算方法 (含水量不足降水局面上确定, 而是以旬来计的), 乌克兰南部土壤对降水的吸收系数 也是相当高的, 在两年内 (1950 和 1951) 平均以下在下列范围:

冬小麦	----- 0.3 ~ 0.4
春小麦	----- 0.35 ~ 0.45
多年生牧草	----- 0.4 ~ 0.5
开花前的棉花	----- 0.4 ~ 0.6
中耕作物	----- 0.5 ~ 0.6
绝对休闲地	----- 0.5 ~ 0.6

按自计称湿度不可避免的土壤含水量 A, B 帕洛采洛夫(4.5)认为当研究普通气象资料时 K_n 采取最大的数值更为正确也就是: 1) 对于中耕作物不小于0.7; 2) 对于豆类作物不小于0.6。

如果考虑到小的降雨(小于5公厘的降水约占总降水量的10%), 在作物需水量中也起很大而虽说是自灌的作用, 那么在计称天然降水利用量时, 我们可以认为降水利用系数平均不小于0.7;

$$K_{n\ell} = K_n + K_B = 0.6 + 0.1 = 0.7.$$

为土壤所吸收的降水量不仅取决于农业技术的方式和作物的性质, 而且也与年湿度有关。在生长期土壤吸收降水量的相对最大值, 通常是在平均年和中等干旱年出现。在湿润年土壤所吸收降水量要比平均年和干旱年小(对降水量而言)。在干旱年和湿润年所吸收的降水量波动于60~70%之间而在特殊年份内可达100%。图3为乌克兰南部地区小麦不同年份内在各类作物生长期中土壤吸收降水量的曲线, 农业生物方面的资料也说明土壤对降水的吸收系数和作物对降水的利用系数在湿润年分要比干旱年低。

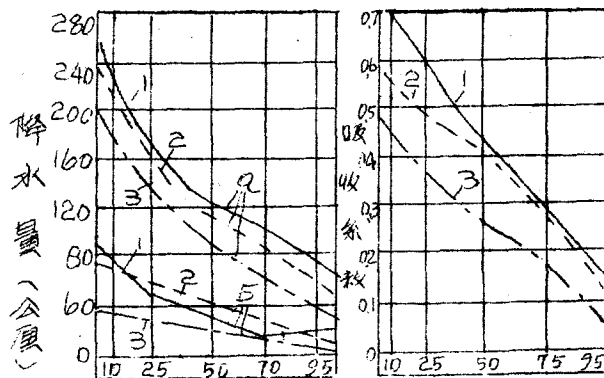


图3. 乌克兰南部地区冬小麦生长期中的降水吸收系数(按自计称湿度)。

1—西澳列尼科伏 2—伏洛希洛夫格勒 3—蘇爾格

Q—降水量 W—吸收的降水量。

我们根据中央黑土地带和伏尔加—顿河运河区资料的研究以及目前对乌克兰南部和克里米亚北部地区的资料研究证明) 冬小麦和春小麦产量的增加, 这与降雨量成正比。平均年和中等湿润年的产量一般比湿润年要高, 按耗水单位产量的降水量来说, 在干旱年是最有效的, 从表4中可以看出乌克兰南部灌溉区在不同水分年内, 冬小麦生长期的降雨有效利用系数。

表 4

降水量 特征	I 灌溉区(西澳列尼科伏)				II 灌溉区(斯卡多夫斯克)			
	降水量 (公厘)	产量(公担/公顷) 籽粒 茎秆	耗水-公顷 籽粒和茎秆 产量上的 降水量		降水量 (公厘)	产量(公担/公顷) 籽粒 茎秆	耗水-公顷 籽粒和茎秆 产量上的降 水量	
干旱年	117	41.3 888	2.8		107.8	29.5 42	3.6	
中等干旱年	127	38.3 67.5	3.3		114.0	17.3 34.5	6.5	
平均年	219	50.6 63.5	7.3		170.0	18.8 29.9	6.3	
中等湿润年	264	19.5 31.2	13.5		194.3	24.9 41.5	7.9	
湿润年	310	29.9 86.1	10.3		209.0	26.9 43.4	7.7	

因而生长期降水利用系数由湿润年向干旱年方向增加。乌克兰和乌克兰南部地区采用作物生长期降水利用系数(K_{HL}) 可以采用下列大致数值,

非常干旱年 ----- 0.75 ~ 0.85

中等干旱年 ----- 0.70 ~ 0.75

平均年 ----- 0.65 ~ 0.7

中等湿润年 ----- 0.60 ~ 0.65

湿润年 ----- 0.50 ~ 0.60

每年降雨量的急剧变化以及在类似物干旱年和中等作物干

年际的不一致，使我们合理地提出这样的论断：即乌克兰南部和克里米亚北部地区，在正确预测天气的条件下，只要在干旱年内适当的改善农业技术，及改善主要作物灌溉水量的调配，在湿润年则依靠水库中的多余水量，就可以不必採用耗费的建筑物而能节省条件及投资约25~30%以上。

春季与秋季的大壤供水
土壤水份计称储量的确定。

从以上土壤改良的观点来看，在乌克兰南部和克里米亚北部灌溉深度1.0~1.5公尺大壤内水分储存良好，对于开展农业工作，这一点是很重要的。建立良好的大壤春季水分储存定能得到高额稳定产量以及採用小灌溉定额以减小灌溉费用的必要条件。

目前在乌克兰南部和克里米亚北部地区，往往在1公尺以内土壤水分不十分充足的情况下，就开始了播种工作。现将乌克兰南部和克里米亚北部灌溉0~1.0公尺土层内所被吸收的平均原始储水量^①列于表5，（根据气象站资料）：

表5

灌 区	0—1公尺土层内可被吸收的储水量					
	春季(四月下旬)		夏季(七月下旬)		秋季(12月下旬)	
	公厘	田间持水量%	公厘	田间持水量%	公厘	田间持水量%
乌克兰南部						
I(北部地区)...	150	75	40	20	100	50
II(中部地区)...	125	70	20	10	80	45
III(南部地区)...	110	65	0	0	70	40
IV(东部地区)...	100	60	0	0	60	35
克里米亚						
I(南部地区)...	100	60	10	5	60	35
II(北部地区)...	110	68	15	7	65	40
III(中部地区)...	120	75	20	10	70	45
IV(东部地区)...	115	72	15	7	65	40

注^①即为植物根部吸收的活动水分

由表5中可以看出，在四月以前不同地区可被吸收的大壤
储水量是不同的。I区和II区的大壤储水量相差最大（35~36
%）。其他诸区间的储水量相差并不十分大，不超过10~20%。

夏季 7月以前，特别是在就旱年份，谷类作物可以充
分利用1公尺土层内可被吸收的储水量，7月中旬谷类成熟依
物收获后，特别是在及时翻耕后，水势稳定以后大壤储水量又逐
渐升高。9月底后大壤储水量开始显著地恢复。

9月至12月期间，乌兹别克斯坦南部和克烈米央北部灌溉区内，第
一公尺土层内的水分达到春季大壤水分的70%以上。图4所示
为乌兹别克斯坦南部和克烈米央北部地区内主要作物地壤的大壤可吸
收水分动态。

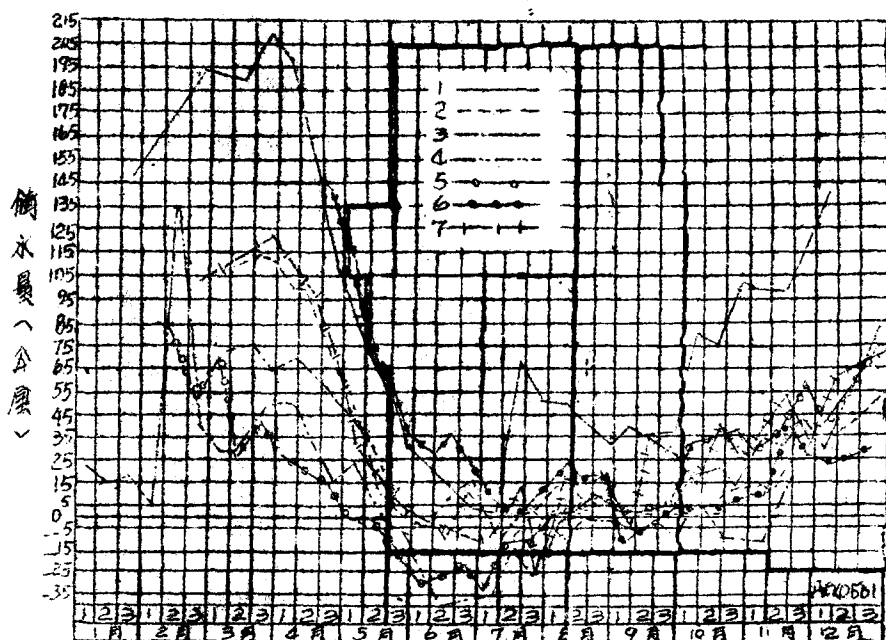


图4. 不同作物第一公尺土层内可吸收大壤水分储量的变化

- 1—冬小麦（西奥列尼诺夫1950）；2—冬小麦（赫尔松1950）；
3—苜蓿（赫尔松1949-1950）；4—苜蓿（克列比尼诺夫1950）；

5—春大麦(克列比尼诺1950); 6—苜蓿(西里列尼柯夫1950)

7—冬小麦(克利托波尔, 1950)

冬季—春季降水量良好而且深厚又较缓慢时, 春季土壤对水分的吸收大体上是均匀的, 与以前的作物无关。在干旱的冬季和夏季则达一层土壤中的储水与上述正相反, 与以前的作物有关。干旱年内, 多年生牧草和翻地及再翻地的储水量最少。因此当干旱年内还未进行储水灌水的牧草和翻地及再翻地的作物, 可能有不良的水分情况。

我们研究证明, 在乌兹别克斯坦和克烈米耶地区上, 只一公尺和下一公尺土层内的储水量有着密切的关系。在正常的条件下, 一公尺和下一公尺土层储水量之比接近於0.5。但此种对比关系与农作物有很大的关系。

根据秋耕萨依种植栽培试验站的材料, 中等湿润年(1951)冬小麦田间的土壤天然储水量的变化与前作有关详见表5

表 6

前 作	1951年4月13日—4月17日 秋吸收水分的数量				
	0—1公尺土层内		0—2公尺土层内		第一公尺和第二公尺土壤中水分之比
	公厘	%	公厘	%	
禾本科田间地.....	139.4	100	260.2	100	0.53
禾本科田间地上再翻地.....	23.8	38	228.9	86	0.54
秋耕田间地上再翻地.....	128.1	91	217.2	82	0.58
冬耕田间地上再翻地.....	111.0	80	158.5	60	0.69
冬耕田间地上再翻地.....	112.5	81	155.5	58	0.72
多年生牧草田间地.....	119.6	86	170.2	64	0.70

我们在1951年—1953年所进行的研究证明, 在乌兹别克斯坦和克烈米耶地区, 即使在湿润的秋季和冬季里, 第一公尺和第二公尺土层中水分的比值也是相当稳定的变化于0.5—0.55之间。在进行过秋季储水灌溉的地段上, 由于提高了下层的土壤湿度, 所以一公尺和下一公尺土层的水分比值略为变

化，約在0.48~0.49之間。以一公尺和下一公尺深度的春麥體水，決定於土壤對秋—冬季降水的吸收量。

秋季降水吸收係數照例是大的，於冬季降水吸收係數。而且這兩個係數隨年份不同而變動。在順利的年份，秋季降水吸收係數能夠達到很高（到0.8~0.9），而在不順利年份卻又很低，不超過0.3。冬季降水吸收係數在順利年份可達0.5，在不順利年份為0.3。由不順利年份向順利年份過渡時秋—冬季降水吸收係數變化在35%以內，在極端年變化可達50~60%。

烏克至鄂爾地區冬小麥和春小麥地上的秋—冬季降水吸收係數列於表5。

秋—冬季降水吸收係數不僅逐年變化而且隨作物的不同而變。表7所示為庫茲涅茨區在主要作物地上的秋—冬季降水吸收係數變化情況，係根據蘇聯試驗站最近5年的資料。

表7

作物	秋—冬季降水吸收係數		
	最大	最小	平均
休閒地+冬小麥	0.50	0.01	0.18
棉花	0.61	0.22	0.46
冬小麥	0.91	0.61	0.74
馬鈴	0.90	0.37	0.70

我們在克爾米亞地區研究的結果指出，最大的秋—冬季降水吸收係數出現於秋耕休閒地上以及生長茂密灌叢過水的地段上。最大的降水吸收係數出現於第二年馬鈴地上以及種小麥的秋播地上（第二冬麥地）。

表8所示為克爾米亞北部地區栽培秋—冬季降水吸收係數的影響，係根據1952—1953年普爾科區契卡港大集體農莊的資料。

表 8

作物	土壤的秋—冬降水吸收系数								
	秋 11-26/11-18/12			冬 18-23/12-1/4			秋—冬 11/11-1/4		
	1.0 呎	1.6 呎	2.0 呎	1.0 呎	1.6 呎	2.0 呎	1.0 呎	1.6 呎	2.0 呎
休耕地的小麦-----	0.56	0.57	0.37	0.05	0.32	0.49	0.21	0.40	0.35
秋耕地的秋播谷物-----	0.79	0.83	0.82	0.25	0.18	0.52	0.51	0.64	0.66
第二年的苜蓿-----	0.68	0.94	1.00	0.05	0.62	0.67	0.50	0.72	0.82
白兰(灌溉的)-----	0.68	0.76	0.72	0.00	0.07	0.15	0.28	0.39	0.42
黑麦(灌溉的)-----	0.58	0.78	0.75	0.29	0.65	0.91	0.42	0.71	0.83

在乌克兰南部和克里米亚地区，最高降水利用系数必须与同样降水情况下土壤冬季储水量为作物利用最大的年份，这就可使我们作出这样的结论：不仅是生长期的降水利用系数在很大程度上与农业技术水平相度量有关，就是年降水利用系数也是一样。根据乌克兰南部和克里米亚北部地区的土壤储水量分析指出，在目前条件下也就是当灌溉还不发达的今天，第一公尺和第一公尺以下土层中的土壤平均储水量离所希望的水平很远，因而在这用农业综合技术措施以前，特别是在干旱年，还必须进行人工的储水。

乌克兰南部和克里米亚北部地区的人工储水计划是按照和另外新建灌溉区一样按照下列公式来计算：

$$MBA = W_{np} - (x_0 W_{oct} + x_{oc} A_{oc} E_{oc} + x_{3M} A_{3M} E_{3M}) + W_{初形}$$

式中： W_{np} ——0—1公尺土层中可以吸收水分的极限储水量(公厘)；

W_{oct} ——9月底时1公尺土层中平均剩餘储水量(公厘)；

x_0 ——每年剩餘储水量变化系数；

A_{oc} ——秋季(10、11、12月)平均降水量(公厘)；

x_{oc} ——单位秋季降水吸收系数；

E_{0C} — 每季秋季降水变化系数;

A_{311M} — 冬季和早春(1、2、3月)期间的平均降水量(公厘);

α_{311M} — 每季冬季降水吸收系数;

E_{311M} — 每季冬季降水变化系数;

W_{107} — 秋—冬期间土壤水分蒸发损失量。当人工储水特别是早秋进行的储水时蒸发损失颇显著在第一公尺土层内为10到50公厘(或更多)。

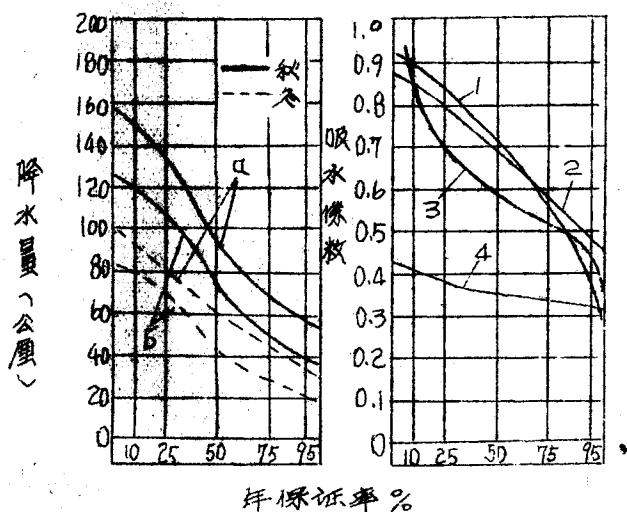


图5. 乌兹别克斯坦地区(西哈萨克斯坦)不同年份的冬小麦和春小麦地内秋—冬降水量特征曲线(左)和秋—冬降水量吸收系数曲线(右)

a — 降水量; S — 吸收的降雨量;

1 — 秋季(冬小麦); 2 — 秋—冬(冬小麦);

3 — 秋—冬(春小麦); 4 — 冬季(冬小麦)。

各类经济作物和其他作物地土上的土壤秋季剩余储水量随地区 and 年份而有变化。最大的土壤剩余储水量(100公厘和以上)出现於前茬为休闲地的冬小麦地上。其他前茬地土上的土壤储水量变化于20—60公厘之间,视灌溉区而不同。在灌溉区秋季

壤土壤剩余储水量要比乾旱年高1-2倍。

表9为计算乌克兰南部和克里米亚北部地区的储水计算定额时所采用的系数取值，它们是根据实际资料的分析所得出的。

表9

秋—冬期间的特征	年保证率(%)	系 数 值				
		20	200	23NM	E00	E3NM
非常不顺利-----	95	0.5-0.7	0.4-0.5	0.1-0.2	0.4-0.6	0.4-0.6
不顺利-----	75	0.7-0.85	0.5-0.6	0.2-0.3	0.6-0.8	0.6-0.8
平均-----	50	1.0	0.6-0.7	0.3-0.4	1.0	1.0
顺利-----	25	1.10-1.15	0.7-0.8	0.4-0.5	1.2-1.4	1.2-1.4
非常顺利-----	10	1.15-1.40	0.8-0.9	0.5-0.6	1.5-1.7	1.5-1.8

当计算储水的计算定额时我们认为必须灌满第1公尺土层中的秋季储水量，并认为较深的土层(1.5-2.0公尺)则应以降水和积雪，以及其他摘自地面径流的农业技术措施来使之充水。我们计算的结果证明：在乌克兰南部和克里米亚北部地区，在开垦初期主要是不顺利年份，也就是乾旱年以及一部份平均年必须要有人工的储水灌水。当土壤剩余储水量良好和具有秋—冬降水量的湿润年——顺利年时，在乌克兰南部和克里米亚北部地区，天然储水不仅是在第1公尺土层内，而且可以达到更深的土层。图6所示为乌克兰南部和克里米亚北部主要灌区内不同保证率年份的秋—冬季降水量。