

农作物蓄水灌溉定额及其计算法

水利部北京水利科学研究院译印

(56) 技字第4号

农作物灌水灌溉定额及其计算法

(МЕТОДИКА РАСЧЕТА И НОРМЫ ВЛАГОЗАРЯДКОВЫХ ПОЛИВОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР)

副教授 农学候补博士 В.В. 卡尔帕科夫著

储水灌溉对于新灌区的意义甚大，因在这些新开发的灌溉地区中，农作物生长期中的降水较少（例如）中条细里诺夫。但秋季开始就使土壤中储水可以减少生长期中的灌水，而对某些作物，特别是冬季作物可使生长期完全不需灌水。一九五四年二—三月苏共中央全会会议的决议中规定要广泛推广冬小麦及春季谷类作物（大麦玉米及其它等）的种植面积。冬小麦在许多新区中将占播种面积的30%—40%。把秋播地变成储水灌溉地就有可能在新区，特别是新区的南部及东南部的大块面积上进行秋季灌水。经过播前灌水或播前灌水后秋播作物能够在灌溉地中如同在旱田（Батаре）中一样种植，也就是说不需要修筑临时的渠道及灌溉网。这样不仅可以提高机器在灌溉地耕作的生产率，而且大大地提高土地的利用效率。此外，秋播地变成秋季储水灌溉地，能够节约去很多水量来灌溉蔬菜中耕作物，技术作物及多种作物从而使得所有轮作作物的产量都得以提高。秋季的播前或播前灌溉使得在伏尔加河及库尔斯克北部干旱地区有可能进一步扩大秋播地，这些地区由于秋冬干旱不进行播前灌水作物就会常被冻死。

储水灌溉对于多年生牧草种植地种植春季谷类作物及其它作物也有重大意义。就拿苜蓿来说吧，在新土及土壤浅层时也是要求有灌水的。但是生牧三—五年的苜蓿是不可能进行正常的耕作的，这是因为秋季土壤层及干燥部分结又被被感之故。因此在干旱年份（这样的年份占地的约30—40%、40—50%的

耕地最好进行秋季储水灌溉。秋季储水灌溉对于其它秋播作物，首先是春播结穗作物，也有不可争辩的益处，特别是干旱年份的秋冬两期。春播结穗作物的秋季储水灌溉（南部地区包括各季储水灌溉），其益处之所在於：当干旱的春天，在良好的农业技术措施下，在决定作物生长发育的初期，亦即分蘖—开始孕穗时期，可以造成大量高贵的储水。分析伏尔加河左岸、乌克兰及其它地区的资料说明，春小麦及其它结穗作物产量降低的原因之一，就是由於於一季地推迟了收获期的初期灌水。

正确地采用储水灌溉可提高谷类作物的产量25~50%，其主要原因产量得到保证。本文係根据乌克兰南部和乌克兰①集体农庄所进行的研究，阐述储水灌溉的农业技术和农业水文特征。它们可帮助了解（第一近似值）许多有关苏联新建区秋作物储水灌溉类型和计算方法的问。

储水灌溉对秋作物生长发育及产量的影响。

在苏联欧洲部份的南部和东南地区，九十月份通常是很干旱的，春小麦及其它一些作物的播种经常是在干旱的土地上进行。当缺乏雨水时，春小麦的出苗期不像普通一样是8~10天，而是要经过25~30余天才出苗。出苗晚，不整齐，而且又生长孱弱的春小麦常遭受霜冻之害，有时甚至被冻死。为进行播种（如在休耕地播种冬季作物）前或耕前灌水，既能灌水定额不大（600~800公方/公顷），但情况也就完全两样。播前灌水的充足不仅足以使作物获得全苗，而且可用于作物的扎根和发育。秋播作物自10月起即利用大量的储水，生根，通常这时的土壤储水由於雨水而增加。

① 试验是在农庄领导下在莫斯科水利工程师学院科学研究所研究队进行的。

1952年我们在苏联米亚兹盖科农区契卡洛夫集体农庄的
研究证明：面积为600公亩的灌溉水灌溉通常可使不同
品种冬小麦的产量提高40%有效分蘖数增长到1.5~2倍，地
穗数增加65%以上（表1）。

表1

生长发育指标	契卡洛夫大新卡雅品种			乌克其33号新种		
	对照 (不灌)	播前灌溉 +2次分 期灌溉	播前灌溉 +2次分 期灌溉	对照 (不灌)	播前灌溉 +2次分 期灌溉	播前灌溉 +2次分 期灌溉
公顷产量	73.4	87.2	87.2	67.4	92.6	92.6
有效分蘖数	1.3	2.5	2.9	1.5	2.4	2.1
平均公顷穗数	475	579	699	528	531	619
平均穗长(公分)	4.9	5.3	5.3	5.3	6.3	6.3
平均植株高度(公分)	87.0	98.0	105.2	87.0	99.5	112.5

图1所示为与灌溉水灌溉和生长期灌溉有关冬小麦的发育情况

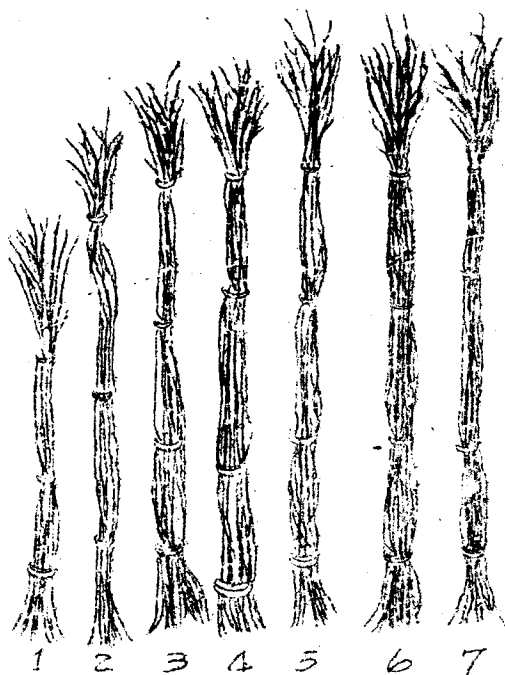


图1. 481号冬小麦
灌溉水灌溉与生长期灌溉
的发育比较。

- 1—对照(不灌)；
- 2—播前灌溉；
- 3—播前灌溉+灌溉水；
- 4—播前灌溉+生长期灌溉；

- 5 播前灌溉+2次生长期灌溉；
- 6 播前灌溉+储水灌溉+生长期灌溉；
- 7 播前灌溉+储水灌溉+2次生长期灌溉。

我们选取卡洛夫集体农庄的研究证明对春播谷物作物（特别是春小麦）生长发育指标影响最大的不是秋季储水灌溉，而是生长期灌溉。在秋季储水灌溉情况下，有效分蘖数比对照情况提高10%，而在生长期灌溉二次情况下则有效分蘖数比对照情况提高了16%。生长期灌溉二次的穗长和每穗粒数比对照情况高40~42%，生长期灌溉一次比对照情况高19~20%。生长期灌溉的植株高度比储水灌溉情况高19%（表2）。

表 2

生长发育指标	未勒潘普斯69号品种			群众品种		
	对照 (不灌)	秋季储 水灌溉	生长期灌 水二次	对照 (不灌)	秋季储 水灌溉	生长期灌 水二次
有效分蘖数	1.8	1.9	2.2	1.9	2.1	2.2
一个分蘖的结穗粒数	335	287	300	275	307	342
平均穗长(公分)	5.6	5.2	6.0	4.8	5.2	6.8
平均每穗粒数	20	25	28	18	20	25
平均株高(公分)	89.0	92.0	105.3	87.0	93.0	106.0

在分蘖期灌溉对春播谷物作物生长发育的改善作用最明显。当春播作物播种在多年生牧草翻耕地上时其秋至储水灌溉的效果特别大。在这种情况下，有了播前储水灌溉可使多年生牧草地的翻耕和有价残余物的覆盖，进行得更好，此外，还可以使土壤层和储水增加（因为一般种的多年生牧草后土壤层即非常干旱），从而提高土壤的肥力。试验证明，在生长期灌溉水分充足好的年份春播谷物作物的储水灌溉效果特别。在降水分配不良特别干旱的年份，即作物分蘖——孕穗初期降水不足的年份进行秋季储水灌溉的谷类谷物最好配合适当的生长期灌溉。在

冬季灌溉而下年年平均的年份，由於冬季作物，特別是春播種穗作物的播種，灌溉的試驗站灌溉的灌水十分有益；因此可預防澇災和籽粒不飽滿的現象。

灌溉灌溉必須在每一個別情況下很好地與生長期灌溉結合起來。哈克斯、瓦里茨、卡明斯克—第聶伯斯克大農改良試驗站的試驗材料都說明了這一問題。

在沃爾加左岸與西伯利亞西部灌溉的灌溉灌溉為擴大冬季作物播種創造了可能性。根據瓦里茨試驗站及國營穀種試驗站的材料，播前灌水加上播種及時可使冬季作物安穩地越冬。

表3為新農地與灌溉灌溉有關的冬季小麥產量比較，此表係根據幾個試驗站的材料得來的。

表3

試驗站名稱	試驗年份	冬季小麥產量 (公担/公頃)		
		不灌溉	播前灌溉	播前灌溉及長期灌溉
第聶伯斯克大農改良試驗站	1952	30.2	43.5	49.5
蘇聯穀種改良試驗站	1952	9.2	12.5	32.2
卡明斯克—第聶伯斯克大農改良試驗站	1949-1951	6.0	20.0	28.4

根據全蘇水利技術及土壤改良科學研究所人工降雨站的材料，1951年和1952年在蘇聯設計局北部的試驗中，灌溉定額為500公方/公頃的一次冬季播前灌溉可使籽粒產量增加9.8~13.6公担/公頃。平均兩年中因灌溉定額為500公方/公頃的一次播前灌溉而增加的冬季小麥產量為11.1公担/公頃，或47%；當播前灌溉定額增加到1000公方/公頃時產量的增加反而減小了，(10.6公担/公頃，或45%)。

1952年我們在烏茲別克南部和克爾基亞北部所進行的試驗

证明：只进行一次的播前，储水灌溉时，冬小麦的籽粒产量提高可达30%；播前灌水配合生长期灌水可提高冬小麦的籽粒产量13~16公担/公顷，或45~63%。

1952年在乌克兰马涅普科沃区安卡洛夫集体农庄，冬小麦储水灌溉与生长期灌溉对产量的影响如表4所示：

表4

小麦品种	产 量								
	对照(不灌)		生长期灌溉		储水灌溉 + 生长期灌溉		储水灌溉 + 二次生长期灌溉		
	公担/公顷	%	公担/公顷	%	公担/公顷	%	公担/公顷	%	
种在休耕地上的冬麦									
沃兹涅兹尼亚科品种	24.0	100	31.9	133	40.2	168	41.5	173	
АВІ号品种	27.7	100	36.1	128	40.0	145	41.0	148	
种在乌克兰种	28.8	100	30.2	105	42.6	148	43.0	150	
马铃薯灌溉地上的冬麦									
米新诺普斯品种	19.7	100	22.0	112	21.9	111	25.1	127	
乌克兰品种	21.1	100	23.6	111	25.6	116	26.1	123	

1953年的试验中储水灌溉的冬麦作物，其产量一般比对照的增产30%多。1953年的试验有力地证明，即使土壤储水深达2公尺，在夏秋干旱时，第一年丰收年后生长期不灌溉就不能再续。

土壤对降水的积蓄，储水灌溉下秋冬降水 吸收条件的变化

秋季播前灌溉和储水灌溉的效果随秋冬季的干燥程度而增长。在伏尔加河左岸，伏尔加河—顿河流域，乌克兰南部，克

貝木瓦北部，特别是中戈壁新土等地區，在潮濕的秋季和冬季，在一公尺或更深層土壤內發生天然的儲水灌溉(降水)。當降水良好的年份，在大多數新灌區中一公尺土層的天然儲水規模是相同的，且與前作無關。當秋冬干旱時則相反，前作對土壤的儲水是有影響的。在干旱年份由於土壤底層特別干旱，多年生牧草的草田初翻地及一部分再翻地水分狀況顯著不良。在正常的濕潤條件下，0—1公尺與0—2公尺土層內的水分比一般為0.5~0.55，不同濕潤年份穀類作物地土壤表層水分的變化如表5所示。(根據教德薩作物栽培科學研究站的材料)。

表 5

前 作	非常干旱年(1949)			平均湿润年(1951)		
	4月3日~5日利用的儲水層次		水 分 比	4月13~17日利用的儲水層次		水 分 比
	0-100公分	0-200公分		0-100公分	0-200公分	
秋新休間地-----	134.3	203.9	0.54	139.4	264.2	0.53
谷類結穗作物初翻地----	72.0	142.1	0.50	123.1	217.2	0.53
多年生牧草再翻地-----	60.0	115.0	0.52	112.5	155.5	0.72
多年生牧草初翻地-----	44.4	84.2	0.52	119.6	172.2	0.72

在儲水灌溉下，由於一公尺土層中土壤的濕度提高，故春季灌溉的水分比變化在0.40~0.49之間。此外，我們並查明，水分比在一年四季中也是變化的秋季由於表層(0~100公分)十分干旱，故為0.4，儲水灌溉後即增加到0.5。在冬季土壤吸水最多的時候，在不儲水灌溉的地級水分比增長到0.53~0.58，在儲水灌溉的地級則增長到0.5~0.51。

1952~1953年倉科牧區與卡潘天集體農莊主要穀類作物的土壤儲水比變化列於表6。

表 6

作物	前作	季节	一公尺深二公尺范围内蓄水对比		
			对照(不灌)	一公尺蓄水	二公尺蓄水
冬小麦	春小麦	秋季	0.40	0.40	0.40
		冬季	0.55	0.51	0.51
		春季	0.52	0.49	0.48
春小麦	甜菜用田	秋季	0.47	0.47	0.47
		冬季	0.53	0.50	0.51
		春季	0.53	0.49	0.48
第一年甜菜用田	马铃薯	秋季	0.49	0.49	0.49
		冬季	0.37	0.51	0.50
		春季	0.50	0.48	0.48

附注：春小麦及甜菜地因耕层较晚，以致秋季水分比显著增高（冬小麦在9月6日取样，春小麦在10月28日取样，甜菜在11月10日取样）。

新疆灌溉区土壤天然蓄水最后一层是在秋季。当秋季比较湿润时，自九月到十二月间土壤蓄水因降水而回升到春季储水的70~80%，冬季被吸收的降水较少，即25~30%。

秋冬降水的吸收与土壤的剩余蓄水、秋冬两季的潮湿程度以及作物和农业技术有关。秋季降水的吸收系数与前作有关（变化在0.6~0.9之间）；冬季降水的吸收系数则变化在0.5~0.55之间。休耕地秋播地，对秋冬降水的吸收比第一年甜菜地要少好几倍。秋冬降水吸收系数的变化与前作有关，兹根据塔木巴什试验站最近五年的资料列及如下：

（表7见下页）

表 7

前 依	秋冬降水的吸收系数		
	最 大	平 均	最 小
休耕 + 冬小麦-----	0.50	0.18	0.01
棉花-----	0.60	0.46	0.22
尚佳地上的冬小麦-----	0.90	0.74	0.60
第二年茴香-----	0.90	0.70	0.37

在秋季干旱冬季早而稳定且雪压覆盖时间长的地区(例如 1953~1954 年在乌克兰及克里米亚就是如此), 冬季(尤其是早春)的降水吸收系数反而可能比秋季高。我们所进行的分析表明, 伏尔加河流域秋季和冬季的降水吸收系数比乌克兰南部为低。这些系数与年份的情况也有关系。按不同湿润年份来区分新灌溉区秋冬降水吸收系数时, 降水调顺年份和不调顺年份之差约为 30~50%。

新灌区秋冬降水吸收系数的变化以曲线表示于图 2。

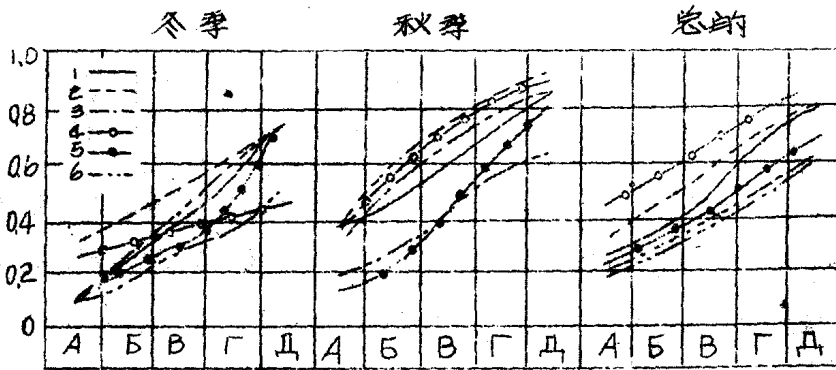


图 2. 冬小麦地秋冬降水吸收系数的变化

A—非常不调顺的年份; B—不调顺年份;

B—普通年份; Г—调顺年份; Д—非常调顺的年份

1—别津楚克; 2—沃罗涅日; 3—柯提尔尼科夫;

4 勃涅尔尼科夫; 5 莱尔纳夫; 6 加拉托夫。

我们在乌克兰南部和克里米亚北部两年的观察发现, 无论在土壤剩余储水量的情况或秋季灌水灌溉的情况, 秋冬降水吸收系数都有急剧降低的趋势。

1953年的试验证明, 第二年苗圃地的秋冬降水吸收系数最高, 其次是种有小麦的秋播作物(第二秋播作物)地体间秋播作物地及生长期灌水较晚的蔬菜作物地, 秋冬降水的吸收系数最低。表8为1952~1953年普科依区契卡洛夫集降农龙中前作对秋冬降水吸收系数的影响。

表 8

作物	各层秋冬的吸收系数								
	秋季 (11~26/XI-8/XII)			冬季 (18~23/XI~1/IV)			秋季+冬季 (11/XI-1/IV)		
	1.0公尺	1.6公尺	2.0公尺	1.0公尺	1.6公尺	2.0公尺	1.0公尺	1.6公尺	2.0公尺
休闲地的冬小麦	0.56	0.57	0.37	0.05	0.32	0.49	0.21	0.40	0.35
秋播地上的秋播作物	0.79	0.83	0.82	0.25	0.43	0.52	0.51	0.64	0.66
第二年的苗圃	0.68	0.94	1.00	0.45	0.62	0.67	0.50	0.72	0.82
晚白菜(灌溉的)	0.68	0.76	0.72	0.00	0.07	0.15	0.23	0.39	0.42

在1952~1953年进行的试验证明, 蓄水灌溉降低了天然降水的吸收系数。同时, 经查明, 降水吸收系数是随土层深度而增加的, 这是由于土壤表层为土壤水饱和较快, 以后再增加的降水水分就比底层土壤不容易吸收。

土壤秋季深层蓄水使秋冬降水吸收系数降低了3~4倍多。在秋冬期间水分增加最显著的是对照小区(不灌溉的); 这些小区在0~200公分土层中所增加的水分达2000公方/公顷。因此, 秋季蓄水最小的曲线具有最大储水能力的。

秋季储水灌溉区秋冬降水吸收系数曲线列于图3。

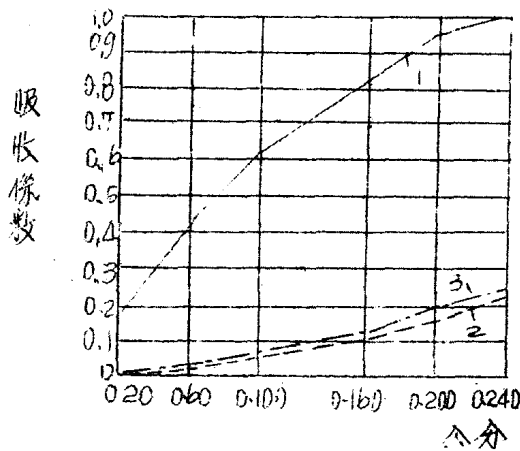


图3. 1952年10月8日~1953年3月23日上层科依区契卡洛夫集体农庄冬小麦地秋冬降水吸收系数变化图。

1—对照(不储水灌溉); 2—储水土层1公尺
3—2公尺储水土层。

储水灌溉地秋冬(特别是春季)天气降水吸收系数剧烈降低的同时发现水分的蒸发损失增高。

在南部和东南部灌溉区。由于气候温暖多风, 仅在冬季和春季期间水分的蒸发损失即可达到400公方/公顷以上。从表9上层科依区契卡洛夫集体农庄的资料可以看出, 可能消耗在蒸发及一部分的蒸腾上的水量是多么大。

表9

试验方案	冬小麦田水分蒸发损失(1953年2月19日~3月23日)公方			
	0-60公分	0-100公分	0-160公分	0-200公分
对照(不灌)-----	22.9	17.2	4.2	3.5
1公尺深储水-----	24.6	32.8	45.4	43.0
2公尺深储水-----	15.5	23.2	18.5	18.6

在湿润系秋冬季（如1952~1953年）水分损失不仅仅发生在秋季蓄水灌溉地段。而且在不蓄水灌溉地段0~100公分土层中的这种水分损失比蓄水灌溉段要小 $\frac{1}{2}$ ，而深度中的这种水分损失则小到只有 $\frac{1}{10}$ 。

水分的蒸发损失不仅在秋季蓄水灌溉时进行，而且当冬季蓄水灌溉时也进行。通常在初春这种水分蒸发损失，在蓄水灌溉定额较高与灌水后土层表及蓄水很深的地段要增大。根据1953年的试验在契卡洛夫集体农庄中，冬季蓄水灌溉后早春的水分蒸发损失达到200~300公方/公顷，在根尼契斯克区基洛夫集体农庄中则达650公方/公顷。因此，提高秋季蓄水灌溉定额（2000~2500公方/公顷）而不考虑到水文年的特点，尤其是秋冬季降水量高的情况下可能引起新灌区土层水分的蒸发损失和灌溉地段表层水分的运流损失。

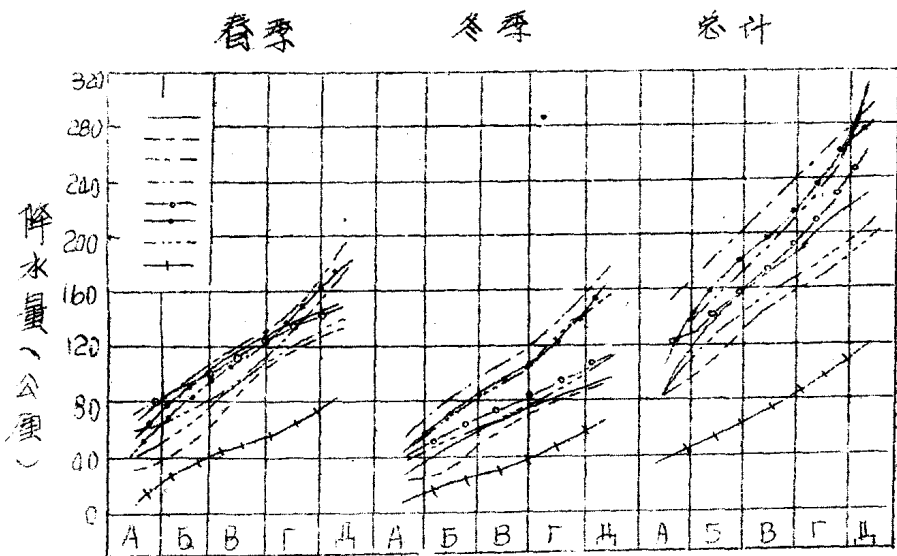


图4. 秋冬降水量变化曲线。

A—非常干旱年； B—中等干旱年； B—中等年；
Г—中等湿润年； Д—湿润年。 (— 别列兹尼)

- 2—叶尔硕夫； 3—沃罗涅日； 4—斯大林格勒；
- 5—沙拉托夫； 6—德聂伯罗彼得罗夫斯克；
- 7—赫尔松； 8—阿斯特拉罕。

秋冬降水的计划保证率，秋旱冬旱遇合的概率

在新灌溉地区，秋季和冬季的降水量随年份及灌溉区的不同而变化很大。大多秋新灌溉区在秋季（10月~12月较北地区是从九月到11月）的降水量比冬季为多。

在干旱的秋季和冬季，新灌溉区的降水量变化在40~180公厘之间。在湿润的秋季和冬季降水量增加一倍，约在90~330公厘之间。

图4为新灌溉区不同湿润年份秋冬降水计划保证率的曲线。

在灌溉区秋旱和冬旱常会遇合；伏尔加河左岸地区遇合的概率为55~65%，在中央黑水地区与乌克兰的南部概率为45~60%。

土壤水分层数

大多秋新区，尤其是在干旱年份，为了迎文获良好的土壤春季播种，必须进行土壤的人工灌溉。在新灌溉地区播种冬作物的秋季降水特别不顺利，满足这时土壤水分的不足要求播种物会因土壤的恶劣条件。

在湿润年份的秋季降水比干旱年份高0.5~1倍¹/₃。春季降水通常较为稳定，旱年和湿润年间的降水差为30~60%。

在干旱秋季里，收获时土壤水分储藏量，不仅在土壤表层同时在下层也是微不足道的（10—30MM），在湿润秋季里这种水分的储藏量较大（40—60MM或更多）。在冬小麦播种（即九月分第一旬）以前，收获时土壤水分储藏量增加很快。南方地区，秋季水分储藏量在播种冬小麦时比收获时低些。仅在10—11月分发现收获时土壤水分储藏量显著

增加和效率。

灌溉地区不同年份秋季和春季可利用储水的变化如

〈图5〉所示

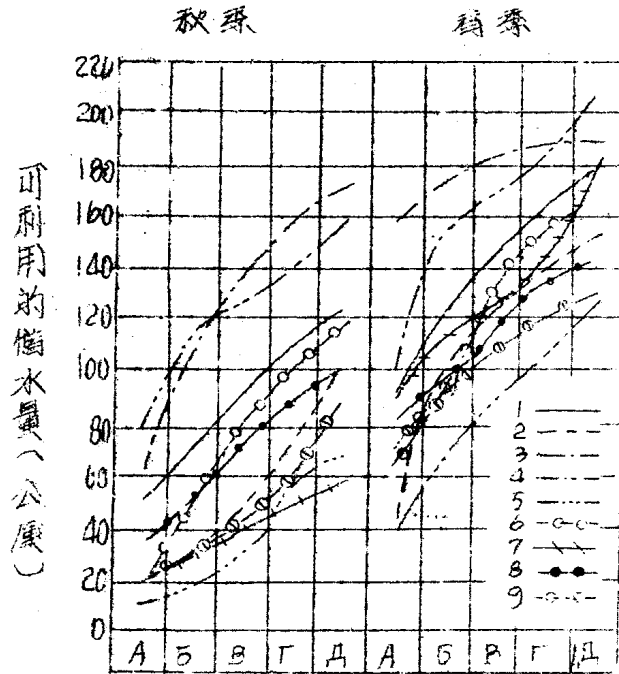


图5 不同年份的土壤秋季和春季储水变化曲线

A—1957年；B—1958年；B—1959年；

Γ—1960年；Д—1961年。

1—别雷楚瓦；

2—索尔瓊夫； 3—沃罗涅日； 4—西涅尔尼科夫；

5—科帕尔尼科夫；

6—沙托夫；

7—赫尔松；

8—恩列比尼诺； 9—普科依。

灌溉和施肥对秋季剩余储水的影响很大，例如，乌克兰西查普科依县谷地集体农庄，灌溉灌溉地，特别是陈旧的，在0-100公分土层中，秋季剩余水分比不灌溉的第三年要高25-40%。夏季耕作的普尔和恩列比尼诺，在灌溉条件下，

秋季剩余储水比晚白米要低 20 ~ 25%，且比第三年苗圃地要高 30%。

1953年11月在契卡洛夫集体农庄及雅库特地区土壤秋季剩余储水量最大，其次是两翻地。第二年苗圃地比休圃后冬麦地的储水为 30~40%。表10讲水为1953年契卡洛夫集体农庄（品种试验场）前作对土壤秋季剩余储水的影响。

表10

前 作	1953年11月23日的土壤湿度(佔耕种%)				
	0-20公分	0-60公分	0-100公分	0-160公分	0-200公分
休圃地冬小麦-----	24.6	21.7	20.4	19.9	19.7
两翻地冬小麦-----	23.0	19.4	18.8	19.1	19.2
中耕地冬小麦-----	20.7	16.3	15.3	15.3	15.6
第二年苗圃地-----	21.4	15.6	14.1	13.8	14.4

根据契卡洛夫集体农庄（1952与1953年）与根尼契斯克区基洛夫集体农庄（1953年）的观察，定量为 1500 ~ 2500 公方/公顷的秋季和冬季储水灌溉并不影响灌后下一年土壤的剩余储水。秋季储水灌溉的结果，谷类作物地的收获期储水量稍微有些提高，但在秋季干旱的情况下，这种储水的差别很快就趋向平衡，到10月间一般就感觉不出来。根据第一年苗圃的试验，在所有储水灌溉的方案下，第一次收割（8月31日）后土壤水分仍然非常干旱，以致在生长期不灌水的地方苗圃就不能生长。

这就可以作出结论：在南部及南部地区，即使储水灌溉定量大到 1500 公方/公顷的储水灌溉的实效（尤其是在秋季干旱时）是很微薄的。

土壤秋季剩余储水增得最高是在晚白米和中耕作物长期灌水之后。

1953年春科依区契卡洛夫集体农庄，主要作物的储水灌溉