

10

[illegible]

一九六一年十二月

目 录

緒 言

一、試驗地概况及試驗方法

二、試驗結果

1. 生长发育与土壤水分关系

2. 籽粒飽滿程度与土壤水分关系

3. 灌溉制度初步方案

4. 初步結論

緒 言

在荒漠地帶沙漠邊緣，要發展農業，水是重要條件之一，沒有灌溉便沒有農業，如何提高灌溉用水的有效利用率，節約用水，不斷擴大灌溉面積，是一個極其重要的問題。

為了完成此項任務和響應黨的全民大辦農業的號召，今年的土壤水分研究工作重點由研究一般變化規律轉向研究與作物生長發育的關係，以期解決沙區大面積墾荒中的作物需水量問題。

今年的主要工作是試探性的研究春小麥的土壤水分變化，控制三個土壤水分下限方案，用取土烘乾法定期測定土壤水分，當土壤水分低於設計下限时便進行灌水，最後對比不同方案與小麥生長發育和產量之間的關係，尋找出小麥生長發育最適宜的土壤水分下限及其耗水規律，然後根據這些制定出相應的灌溉制度。

對於土壤水分下限的控制，目前還很困難。首先取土烘乾法不能及時了介土壤水分變化狀況，因此不能及時灌水。其次因本地區為過去河流沖積的，土層質地變化很大，取一點的土壤水分不能完全代表正個方案的土壤水分情況，因此不能準確的控制土壤水分下限。同時所測得的資料，因土層影響土壤水分變化很大，沒有規律可循。第三低於土壤水分下限發生在根系主要活動層以上，在用人工灌水補充水分時，很難避免水分一點不下滲到計劃灌水層之下，這樣就造成根系主要活動層水分條件經常處於較好狀態，即經常超過控制下限。第四各方案下限差別不大，難於控制，也難於從生長發育和產量看出其差別。這些都需要進一步的深入研究，明年爭取在今年試驗的基礎上，把負壓計及其它新技術應用到農業水文研究工作中來。

要想搞好這一課題的研究，只進行土壤水分研究是不夠的，因為作物生長環境是多因子作用，必須採用聯合（平行）觀測法即對小氣候、

蒸騰、总蒸发、土壤盐分、物候期等进行密切配合观测，只有这样，才能找出土壤水分貯量和天气条件以及作物状况产量之間的定量关系。

这是一个新的研究课题，农业水文在我国还是一門比較年輕的学科。由於我們經驗和业务水平的不足，方案設計不細致，器材設備不全，時間短促等，設計方案沒能完全实现。今年取得成果不多，在工作中存在不少問題，錯誤之处，希給予批評和指导。

参加本专题研究的有中国科学院地理研究所叶文华和民勤治沙綜合試驗站；胡桂元，另外兰州大学地质地理系四年級五个同学参加了部分工作。

一、試驗地概况及試驗方法

試驗地位於站址南面沙漠边缘的新垦农田，面积約 0.6 亩，为荒漠化草甸土型耕作土，土质較好，中壤—重壤，土头地，土层变化大，間夹薄层沙。土壤含盐量不高，10 厘米以上还不到 1%，10 厘米以下在 0.2% 以下。其土壤的理化性质見表(1)，表(2)，表(3)。

表(1) 春小麦試驗地土壤水分物理性质

深度 (厘米)	容重 (克/厘米 ³)	比重	孔隙度 (%)	田间持水量 (%)	吸湿性 (%)	凋萎係数 (%)	渗透情况
0—5	1.40	2.68	47.95	25.30	2.5	5.0	平均渗透
5—10	1.40	2.68	47.95	22.90	2.5	5.0	水量 毫米/分
10—20	1.40	2.68	47.95	23.28	2.5	5.0	0.813 毫米/分
20—40	1.51	2.64	42.98	15.75	2.5	5.0	最大渗透速
40—60	1.62	2.67	39.35	16.18	2.5	5.0	度 毫米/分
60—80	1.66	2.65	39.32	21.13	2.5	5.0	3 毫米/分
80—100	1.66	2.69	38.26	22.25	2.5	5.0	最小渗透
100—120	1.50	2.65	43.40	26.00	2.5	5.0	速度 毫米/分
							0.54 毫米/分

表(2) 春小麦試驗地土壤机械組成

深度 (厘米)	粒 徑 (毫米) 佔 干 土 重 %						土名
	>0.25	0.25-0.05	0.05-0.01	0.01-0.005	0.005-0.001	<0.001	
0-20	10.0	5.5	34.5	13.2	23.8	13.0	重壤
20-41	9.0	11.5	36.8	9.8	21.9	11.0	" "
41-53	11.0	25.0	30.0	10.0	12.0	12.0	中"
53-64	5.5	54.5	28.5	4.5	4.4	3.6	砂"
64-99	1.6	43.9	35.5	7.0	17.8	4.2	" "
99-125	1.06	12.1	42.1	11.9	20.6	12.2	重壤
125-136	0.06	7.2	17.7	20.0	36.8	18.2	中粘
136-152	41.60	43.4	0.0	2.0	4.8	8.2	砂壤
152-200	2.3	7.6	54.1	14.0	13.8	8.2	中"

註：1.分析干土重50克，分散剂为偏磷酸鈉，用比重計法測定；

2.按苏联卡庆斯基分級法分級。

表(3) 春小麦試驗地土壤盐分(61.5月測定)

深度(厘米)	0-2	2-10	10-20	20-40	40-60	60-90	90-120	120-150	150-200
全盐量 %	0.91	0.35	0.17	0.14	0.13	0.13	0.16	0.13	0.12

試驗地於去年11月中灌冬水一次，灌水前翻地三次，鎮压一次。

基肥施廐肥，約11200斤/亩。61年元月，3月又分別整地二次。

61年2月16日播种，品种是民勤本地的"兰州紅"，种子質量中等，沒有处理，采用条播，深度約5厘米，每亩播种量30斤左右。

設計三个土壤水分下限方案，分別为高、中(适宜)，低三等，另有一空白对照，其处理照大田。同时考虑到小麦在其生长发育过程中不同生育期对水分要求不一致，根据資料，以拔节至抽穗需水最多，抽穗至灌浆次之。因此，土壤水分在不同生育期也控制於不同的水分下限。

其具体方案設計見表(4)。

表(4) 小麦試驗方案設計(土壤含水率下限佔田間最大持水量的%)

生长期	1	II	III	空 白
分蘖至拔节	5 5	6 5	7 5	按普通 大田澆水
拔节至抽穗	6 5	7 5	8 5	
抽穗至灌漑	6 0	7 0	8 0	

土壤水分下限以土壤含水率佔田間最大持水量的百分比表示，用取土烘干法定期測定土壤水分，低於設計下限时則进行澆水，每次澆水量为計劃湿润层（根系主要活动层）的田間最大持水量減去該层的土壤貯水量。

每一处理方案面积为 60 米（約 0.1 亩），两个重复，各方案之間有 3 米寬的隔离地段，保証澆水时不互相影响。

試驗地用淺井澆水，用解放式水車提水，水量不丰富，同时試驗地不平坦，中間高，不利於井澆。（地下水質还好，矿化度在 2~3 克/升）同时渠道淺，輸水断面不綫，三角堰量水无法計算出水量。

整个小麦生长期都处於溫度較低，雨量少和风砂季节，不利於小麦生长发育，其生长期主要气象要素見表(5)（缺三、四月資料）。

表(5) 小麦生长期中主要气象要素（民勤治沙站气象站）

時間		平均气温 (°C)	降水量 (毫米)	平均风速 (米/秒)	地 温 (°C)					
					5厘米	10	15	20	40	80
五 月	上旬	16.2	3.8	5.5	17.5	16.7	16.8	16.6	15.2	15.6
	中旬	15.9	1.9	4.5	16.8	16.8	16.1	15.8	15.2	16.2
	下旬	17.9	0.5	3.9	19.0	17.5	17.3	16.8	15.8	17.4
六 月	上旬	22.2	0.0	6.1	21.9	20.8	20.8	20.5	19.0	20.6
	中旬	21.4	1.5	3.1	22.7	22.5	22.5	21.9	20.5	23.0
	下旬	24.3	0.0	2.0	23.6	23.9	23.9	23.0	21.8	23.9
七 月	上旬	24.3	0.0	2.8	29.3	26.3	26.2	24.8	26.6	26.3
	中旬	23.3	3.1	3.0	27.4	26.1	25.3	24.4	26.0	25.8

三 試驗結果的分析

今年因到站工作較晚，至分藥期四月底才开始試驗觀測工作，試驗地也沒有事先規劃好，由於保護不夠，在5月下旬所有方案和空白點均為河水大水漫灌了一次，因此打亂了原來預定的研究計劃，這裡僅就所取得的部分成果加以討論。

1. 生長發育與土壤水分關係

表(6) 春小麥各方案灌水記錄

處理	時間 數量	時間 數量	時間 數量	時間 數量	時間 數量	時間 數量
I	60.11.11 漫灌	61.5.22 79.6毫米	61.5.25 漫灌		61.6.21 156毫米	61.6.22 30毫米
II	全上	全上	全上	61.6.13 95.1毫米	61.6.21 93.9毫米	
III	全上	全上	全上	61.6.13 83.4毫米	61.6.21 99.8毫米	
空白	全上		全上			

從表(6)中可以明顯看出，整個生長期方案1、II、III由於增加3次井灌，其土壤水分條件總的來說肯定優於空白對照，如果只從這點來看，空白的生長發育當然不如方案1、II、III，但實際情況並不如此，請看表(7)各方案生長發育的各項指標比較。

表7 春小麥各方案生長發育各項指標比較

處 理	開始觀測苗高	相對增長速度	平均穗長	平均每穗粒數
I	17.75 厘米	122%	4.2 厘米	18.2
II	18.93	120	4.4	19.0
III	16.25	117	4.0	17.1
空白對照	19.54	108	3.9	19.2

一致呢？理由很簡單，因为春小麦在五个发育

从表7所示情况来看，无论从那一項指标来看，空白与方案1、Ⅱ、Ⅲ之間並沒有什么显著的差別。为什么土壤水分条件不同，而生长发育过程中有几个生育期对水分需求非常敏感和迫切，这个時間称为需水临界期。如果需水临界期水分能得到滿足，那末尽管以后土壤水分条件比較差些，对生长发育影响不大。如果在临界期土壤湿度降低到小麦水分供应正常条件的界限时，即使在生长期其余時間內土壤水分还是充分的，但小麦产量也会大大降低。需水临界期的時間，目前說法各家不一，不过有两个需水临界期是得到一致公認的，並被看做是很重要的需水临界期，这就是抽穗前的10~15天内（决定生长发育）和正个灌浆期（决定籽粒飽滿度）今年我們的試驗研究也完全証明了这一結論。表8是春小麦各物候期。

表8 春小麦各物候期开始日期

时期	播种	出苗	三叶	分蘖	拔节	孕穗	抽穗	开花	灌浆	乳熟	蜡熟	完熟
時間	3月16日	4月5日	4月15日	4月30日	5月10日	5月20日	6月1日	6月9日	6月13日	6月25日	7月3日	7月15日

从表8所列物候期時間，第一个需水临界期在5月17日至6月1日，第二个在6月13日至6月25日。再看一下表6，方案1、Ⅱ、Ⅲ除去在5月22日多灌了一次水外，其余两次均在5月25日以后，5月25日正处於第一个需水临界期，各方案均大水漫灌了一次，因此就形成了表7所示結果，尽管方案1、Ⅱ、Ⅲ以后多灌了几次井水，但各方案生长发育是近似一致的。不过因方案1、Ⅱ、Ⅲ在5月22日灌了一次，水分稍好一点，故在相对增长速度及穗长方面比空白对照还是稍佔优势。从蒸騰和蒸发的測定也完全証明了这点，蒸騰与蒸发最大值出現在孕穗期*說明拔节—抽穗需水最多，当然不是說需水临界期便是需水最多的时期。

~~~~~  
\*凌美华等：沙区新垦农田蒸发量及其变化規律的初步探討（1961年工作总结）

郑度、郑額吾：民勤站区几种农作物蒸騰耗水規律測定試驗（1961年工作总结）

因此，在民勤大部分地区（坝区）能够在5月10日~20日对春小麦灌一次水，就基本上能保证其正常生长发育。

## 2. 籽粒饱满程度与土壤水分关系。

产量决定于生长发育状况及籽粒饱满程度，关于前者上边已经讨论过了，这里对后一因子讨论一下。

根据实测结果，各方案千粒重见表9的结果与表7的结果是相矛盾的。

表9 春小麦千粒重

| 处 理    | I    | II   | III  | 空 白  |
|--------|------|------|------|------|
| 千粒重(克) | 39.7 | 38.2 | 36.9 | 27.4 |

的。表7表明空白对照点生长发育速度并不低于I、II、III，而表9表明，空白的千粒重都比I、II、III差的很远。其原因仍然是和需水临界期有关系。上面已谈过，第二个重要需水临界期是灌浆期，今年我们试验的春小麦的具体时间是在6月13日~25日。从表6可以看到，在此期间空白对照点没有灌水，方案I、II、III都先后灌了两次水，水分条件有差异。表10是这一期间的土壤水分状况。

表10 0~80厘米土壤有效贮水量(毫米)

| 时 间   | I   | II  | III | 空 白 |
|-------|-----|-----|-----|-----|
| 6月14日 |     | 153 | 171 | 121 |
| 6月19日 |     | 119 | 148 | 99  |
| 6月23日 | 124 | 25  | 157 | 13  |

从表10中明显的看出，空白的水分低于方案I、II、III，到灌浆期末期，空白点0~80厘米的土壤贮水量比方案I、II、III中最差的还要低5~6倍，I、II、III方案除II方案6月23日0~80厘米贮水量低于100毫米(75毫米)外，均超过100毫米，空白则在100毫米

以下，到灌浆末期只有13毫米。这一时期的水分状况决定籽粒饱满程度，因此空白对照点的千粒重最低，只27.4克，其余三个方案分别为：39.7，38.2，36.9克。Ⅲ方案尽管贮水量多，但因先天条件差米，因此千粒重並沒有大於其它两个方案。

綜合上述，可以得出这样的結論，即在保証拔节—抽穗的第一个需水临界期水分需要的基础上，再保証第二个需水临界期灌浆期的水分需要，小麦的正常生长发育和稳定产量就有了保証。

### 3. 灌溉制度初步方案：

根据今年試驗結果和參閱有关資料，結合西北干旱区蒸发大和水源少等特点，初步認為民勤地区春小麦的灌溉制度原則應該是“少澆深澆”，而不是“勤澆淺澆”。“少澆深澆”就是澆水次數減少，在小麦的需水关键期适时澆水，而每次澆水量适当加大，其論据如下。

第一：在蒸发强烈的西北干旱地区，为了减少由於土壤蒸发损耗的水量，必須最大限度地减少澆水次數。因为土面蒸发有一个特点，就是当每次澆水以后的最初几天，土壤湿度大，蒸发很大，而随着时间的推移，蒸发量随着土壤湿度逐渐减小而减小並趋向稳定（詳見凌美华等“沙区新垦农田蒸发量及其变化规律的初步探討”总结报告）。因此，若采用“勤澆淺澆”，土壤表层經常处于湿润状态，势必增加无效的蒸发损耗，同时还会大大增加渠道渗漏和强烈的水面蒸发损耗。而“少澆深澆”表层經常处于干燥状态，切断了毛管水上升，有利于抑制蒸发作用，而根系主要活动层則保存有較充分的水分供給小麦生长发育之需。其实在水源不丰富，农业灌溉用水紧张的本地区，每年几次澆水都不能保証，根本談不上“勤澆

\*試驗地沒有规划好，施肥、播种量不均匀，小麦生长发育条件有差別。

淺灌”，只能採用“少澆深灌”的灌溉制度，即在小麥需水關鍵期保證澆水，滿足其生長發育之需，以獲得穩定高產的產量。

第二：“少澆深灌”有淋洗鹽分的作用，它不同於“大水漫灌”，導致大量水分的滲漏損失，使水滲入底土層和補給地下水，抬高地下水位，造成土壤次生鹽漬化和沼澤化。它是建立在科學的計算基礎上，依據測定的土壤含水量和田間持水量確定澆水量，濕潤深度以達到根系主要活動層為原則，對本地區大多數作物來說，可採取1~1.5公尺深（根據資料，小麥根系最深達80厘米）。這個澆水深度，不致補給地下水，根據一般資料認為，濕潤土層的深度一般應比地下水位的深度小1.5~2米，否則，澆水水和地下水必致相互會合。而本地區的地下水位一般在2.5米左右，則澆水深度約為 $2.5 - 1.5 = 1.0$ 米，這個深度，已滿足了作物生長，因為本地區的大多數作物根系主要活動層不會超過1米。蘇聯專家柯夫達得出華北平原地下水臨界深度是2.5~3.0米，據此本地區的地下水位在臨界深度以下，況且本地區土層夾有沙層，大大削弱了毛細管作用，因而本地區的地下水位更在臨界深度之下，因此不致於抬高地下水位，產生次生鹽漬化。根據美國某一試驗地的資料也完全証明了這點，雖然試驗地的淺礦化的地下水處在根層的毛管的高度範圍內，但用足夠的澆水量能夠阻止含鹽的地下水上升。因此，當地下水在根系主要活動層範圍之內，而雨量又很少的情況下，除去人工排水，唯一防止鹽分積聚的方法就是利用足夠的澆水量，以達到對土壤鹽分的淋洗作用。

但是“勤澆淺灌”土層經常處於濕潤狀態，蒸發強烈，土壤鹽分隨毛細管水被帶到表層，向表層積聚。這點從鹽分測定中可以得到說明，河水漫灌地鹽分積聚不顯著，因為水量大，能起到淋洗作用，而井水澆灌的糜子試驗地則鹽分積聚增加顯著，因為澆水量小，起不到淋洗作用，

而且往往因湿润深度小，把积聚在土壤表层的盐分淋洗到根系主要活动层，有害於植物生长发育。（詳見赵松乔、成延毅：“不同灌水条件下的土壤盐分动态”总结）。

第三；国内外资料肯定了小麦的根系主要活动层深度，见表11。

表11 小麦生长各期根系主要活动层深度

| 物 候 期         | 分蘖前   | 分 蘖   | 拔 节   | 拔节以后   |
|---------------|-------|-------|-------|--------|
| 根系主要活动层深度(厘米) | 30-40 | 50-60 | 60-85 | 逐渐减至60 |

从表11可以看出，小麦生长过程中的根系主要活动层绝大部分是在40~60厘米，最深达80厘米以下。从今年我们的试验研究也证实了这点，0~20厘米土壤水分变化不大，根系主要活动层40~80厘米的土壤水分变化最大。因此，为了保证小麦的正常发育，必须保证这一深度内的土壤有足够的水分供给小麦。在0~30厘米这一深度内的土壤水分除去在种子萌发和幼苗成长期间可被利用外，其余时间小麦利用不到，损耗於无效的地面蒸发。在60~80厘米以下，如果水分充足，可通过毛细管作用源源不断供给小麦生长之需。根据上述情况，正确的灌溉制度是既要保证根系主要活动层40~60或到80厘米深度内的土壤经常处于湿润状态；又要保证在60~80厘米以下贮存较充足的水分供小麦生长发育之需，同时又要尽量减少0~20或到30厘米的湿润程度和时间。只有“少浇深灌”才能做到这点。而“勤浇浅灌”不能满足此要求，它对浅根的蔬菜比较适合。

第四；“少浇深灌”可以改善土壤空气状况，表层经常处于干燥通气良好，有利于微生物活动，而“勤浇浅灌”土层经常处于饱和状态，恶化土壤空气状况，不利于微生物活动。

根据上述论据和原则和今年试验结果，初步拟定了本地区的灌溉制度方案如表12。

表1.2 春小麦灌溉制度初步方案

| 浇水次数     | 第一次        | 第二次       | 第三次      | 備註     |
|----------|------------|-----------|----------|--------|
| 浇水期      | 冬水漫灌       | 拔节—抽穗     | 开花—灌浆    | 总计每亩   |
| 浇水时间     | 播种前一年(11月) | 5月10日—20日 | 6月5日—15日 | 净用水量   |
| 浇水量(方/亩) | 漫足90方以上    | 40—50     | 70—80    | 220方左右 |

第一次灌冬水是蓄水灌溉，采用一次大定额的但不引起地下水位上升的灌水来代替干旱区内所进行的2~4次灌水。它能保证土壤较好地保存水分，增加土壤中水分的貯存量，利于基肥的再次腐熟，增加土壤温度，促进微生物活动。同时它是防止土壤盐渍化的方法，因为灌水是在没有或几乎没有蒸发的秋末冬初进行的，可消除在最炎热的生长期多次灌水所引起的土壤表面剧烈的蒸发和盐分上升到表土层的缺点，总之是为小麦种子萌发及幼苗成长创造有利条件。因此灌水量要大，宜用河水，充分灌足，每亩得90方以上，井水不能满足此要求。第二次灌水处于小麦的拔节—抽穗期，为第一个重要的需水临界期，使小麦正常生长发育打下良好基础，但因距第三次灌水时间较近，故水量可以小些，40~50方/亩。第三次灌水处于小麦的灌浆期，为第二个重要的需水临界期，供给充足的水分，保证籽粒饱满，以达到提高单位面积产量的最终目的。因为要供应整个灌浆期和成熟期，灌水量得大些70~80方/亩。

第一次冬水到第二次灌水，中间间隔有七个多月时间，在这样长的时期内土壤中的水分是否能保证小麦初期生长发育的需要呢？根据实测资料证明可以保证。本试验地是去年11月中灌的，到今年5月16日实测结果，在0~60厘米的土壤中一般仍然保持有50毫米以上的可利用水量，最高达120毫米以上，因此第二次水在5月10~20日灌，小麦生长

发育不会受到什么影响。

上面提出的本地区小春小麦灌三次水是关键水，在水源不丰富的本地区此三次水必须得到保证，小麦生长发育和产量才能得到保证。不是说灌三次水便是本地区最好的灌溉制度。因为今年才开始试验研究，还不能得出最佳的灌溉制度，有待于今后试验研究解决。

#### 4. 初步结论

(1)小麦在抽穗前10~15天以内得到充足的水分供应，可保证小麦正常发育生长，在本地区具体时间为5月17日~6月1日，

(2)小麦在整个灌浆期得到充分的水分供应，可保证籽粒饱满获得较高的产量。在本地区具体时间为6月13日~6月25日。

(3)本地区春小麦宜采用“少浇深灌”原则，最少灌三次水，即播种前一年11月中旬（河水漫灌），播种年5月10日~20日（40~50方/亩），6月5日至15日（70~80方/亩）三次，总计每亩净用水量为220方左右。