

# 黄土高原塬区麦田土壤干旱特征

郭海英<sup>1,4</sup>, 赵建萍<sup>2</sup>, 万信<sup>3</sup>, 杨兴国<sup>1</sup>, 黄斌<sup>4</sup>

(1. 中国气象局兰州干旱气象研究所, 甘肃省干旱气候变化与减灾重点实验室, 甘肃兰州 730020; 2. 陇东学院农学系, 甘肃庆阳 745000; 3. 兰州中心气象台, 甘肃兰州 730020; 4. 甘肃省西峰农业气象试验站, 甘肃庆阳 745000)

**摘要:**通过对黄土高原典型残塬董志塬麦田不同时期土壤各层次水分含量的分析,揭示了陇东黄土高原塬区土壤干旱特征。分析显示,麦田土壤从上层到下层,干旱发生频率呈现出逐渐增加的趋势,但干旱强度呈现出逐渐减弱的趋势;重旱主要出现在春末初夏,土壤中、上层出现概率最高,1 m 以下土层基本不出现重旱现象;过湿现象主要出现在秋季,土壤中、下层出现概率最高,1 m 以上土层基本不出现过湿现象;晚秋是董志塬麦田土壤含水量最丰沛的时期,春末初夏是最干旱的时期,早春出现重旱的几率较小。

**关键词:**黄土高原; 土壤干旱; 特征

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2006)06-0107-04

中图分类号: S152.7

## Characteristics of Soil Aridity in Wheat Field of the Longdong Loess Plateau

GUO Hai-ying<sup>1,4</sup>, ZHAO Jian-ping<sup>2</sup>, WAN Xin<sup>3</sup>, YANG Xing-guo<sup>1</sup>, HUANG Bin<sup>4</sup>

(1. Institute of Arid Meteorology, CMA, Key Laboratory of Arid Climate Change and Reducing Disaster, Lanzhou, Gansu 730020, China; 2. Department of Agronomy, Longdong College, Qingyang, Gansu 745000, China; 3. Lanzhou Center Meteorological Observatory, Lanzhou, Gansu 730020, China; 4. Xifeng Agro-meteorological Experiment Station, Qingyang, Gansu 745000, China)

**Abstract:** In this paper, characteristics of soil aridity in the upland of the Longdong Loess Plateau was determined through the analyses of soil water content of different periods in different layers of wheat field on the typical "Dongzhi Upland". Analyses indicate that from the top soil layer down to the lower, frequency of soil aridity occurrence gradually increases, but soil aridity degree gradually weakens. Severe soil aridity mostly occurs between the end of spring and the early days of summer, and has the highest probability of occurrence in the upper and middle parts of a soil profile. Usually, severe aridity does not take place below a depth of 1 m. Excess wetness mostly occurs in autumn, and has the highest probability in the middle and low parts of a soil profile. Usually, excess wetness does not take place within 1 m of the upper layer. Soil water content in wheat field reaches a maximum in late autumn. The most arid time is between the end of spring and early summer. Severe soil aridity takes place with a little probability in early spring.

**Keywords:** Loess Plateau; soil aridity; characteristics

本文研究区董志塬位于陇东黄土高原东部高原沟壑区,是黄土高原保存较为完整的塬面,也是黄土高原最大的塬面,面积 910 km<sup>2</sup>,黄土层厚度超过 100 m,行政区域属甘肃省庆阳市西峰区,气候、土壤和地形地貌对黄土高原粮食主产区具有一定代表性。

## 1 资料来源

土壤水分资料来源于甘肃省西峰农业气象试验站冬小麦常规观测资料。气象资料源于西峰国家基准气候站。试验地冬小麦 9 月中旬播种,11 月中、下旬停止生长进入越冬期,翌年 3 月上旬返青,4 月中

旬拔节,5 月上、中旬抽穗,6 月下旬收获。土壤水分测定是 3—11 月每月上旬 8 日采用土钻法测定试验地 2 m 土层各层次土壤含水量,从地面 0 m 到地下 2 m,每 0.1 m 土层取一个土样,在麦田各区域有代表性的地段共选择 4 个测点,资料序列为 1989—2004 年。土壤容重、田间持水量等常数,按中国气象局规定,每 8 a 重新测定 1 次。本文所用常数分别为 1990,1998 年测定常数。由于冬小麦常规观测地块长期固定,品种、耕作制度、播期、施肥量等都相对固定,因此,年际间非气候因素造成的误差较小,且试验地毗邻气象观测场,符合农业气象平行观测要求。

## 2 结果分析

### 2.1 土壤干旱标准划分

不同土壤类型,蓄水能力各不相同。为了便于比较不同类型土壤含水率,以土壤重量含水率占田间持水量百分比即相对湿度作为干旱划分指标,按照中国气象局《农业气象观测规范》规定<sup>[1]</sup>,参照平原冬小麦不同发育时期干旱指标<sup>[2]</sup>,规定相对湿度 $\leq 40\%$ 为重旱;相对湿度 $40\% \sim 60\%$ 为轻旱;相对湿度 $60\% \sim 90\%$ 为适宜;相对湿度大于 $90\%$ 为过湿。利用1990年和1998年测定的田间持水量、土壤容重和作物凋萎湿度等土壤水文常数,每隔 $0.1\text{ m}$ 为一个层次,分别计算 $0\sim 2\text{ m}$ 各层次占田间持水量 $40\%$ , $60\%$ , $90\%$ 的含水量。表1列出了各层次相对湿度为田间持水量 $40\%$ , $60\%$ , $90\%$ 时的含水量。

由表1见, $0\sim 2\text{ m}$ 土壤含水量 $\leq 226\text{ mm}$ ,即各层次平均达到重旱标准; $0\sim 2\text{ m}$ 土壤含水量 $226\sim 339\text{ mm}$ ,各层次平均达到轻旱标准; $0\sim 2\text{ m}$ 土壤含水量 $339\sim 509\text{ mm}$ ,各层次土壤湿度处于适宜状态, $0\sim 2\text{ m}$ 土壤含水量大于 $509\text{ mm}$ ,各层次土壤过湿。

为了能全面地反映土壤上层、中层、下层的旱涝情况,以 $0.5\text{ m}$ 为一个层次,据表3统计 $0.0\sim 0.5\text{ m}$ 土层, $0.6\sim 1.0\text{ m}$ 土层, $1.1\sim 1.5\text{ m}$ 土层, $1.6\sim 2.0\text{ m}$ 土层, $1.1\sim 2.0\text{ m}$ 土层占田间持水量 $40\%$ , $60\%$ , $90\%$ 的含水量。

表1 各层次各标准土壤含水量

层次/m	0-01	0.1~0.2	0.2~0.3	0.3~0.4	0.4~0.5	0.5~0.6	0.6~0.7
田间持水量 40%含水量/mm	11.9	12.5	12.6	12.8	12.2	11.4	11.1
田间持水量 60%含水量/mm	17.9	18.8	19.0	19.3	18.3	17.1	16.6
田间持水量 90%含水量/mm	26.8	28.2	28.4	28.9	27.5	25.7	24.9
层次/m	0.7~0.8	0.8~0.9	0.9~1	1~1.1	1.1~1.2	1.2~1.3	1.3~1.4
田间持水量 40%含水量/mm	11.1	11.1	11.1	11.0	11.0	10.6	10.8
田间持水量 60%含水量/mm	16.6	16.7	16.7	16.5	16.5	15.9	16.2
田间持水量 90%含水量/mm	24.9	25.0	25.1	24.7	24.7	23.9	24.4
层次/m	1.4~1.5	1.5~1.6	1.6~1.7	1.7~1.8	1.8~1.9	1.9~2	0~2
田间持水量 40%含水量/mm	10.9	10.9	10.7	10.8	10.6	10.8	226.1
田间持水量 60%含水量/mm	16.3	16.3	16.1	16.2	16.0	16.3	339.2
田间持水量 90%含水量/mm	24.5	24.5	24.1	24.3	23.9	24.4	508.8

### 2.2 土壤干旱特征分析

通过对1989年3月8日—2004年11月8日共144次麦田土壤湿度测定资料按 $1.0\text{ m}$ 和 $0.5\text{ m}$ 分层次用表2土壤含水量标准进行旱涝等级划分,并统计了各层次各等级出现频次,结果见表3。

表2 各层次土壤含水量旱涝标准

土层深度/m	0.0—0.5 m	0.6—1.0 m	0.0—1.0 m	1.1—1.5 m	1.6—2.0 m	1.1—2.0 m
田间持水量 40% 含水量/mm	62	56	118	54	54	108
田间持水量 60% 含水量/mm	93	84	177	81	81	162
田间持水量 90% 含水量/mm	155	126	281	122	121	243

表3 各层次旱涝分布状况

土层深度/m	项目	重旱	轻旱	适宜	过湿
0.0—0.5	标准/mm	$\leq 62$	$> 62, \leq 93$	$> 93, \leq 155$	$> 155$
	出现频次	20	39	85	0
0.6—1.0	标准/mm	$\leq 56$	$> 56, \leq 84$	$> 84, \leq 126$	$> 126$
	出现频次	7	56	68	13
0.0—1.0	标准/mm	$\leq 118$	$> 118, \leq 177$	$> 177, \leq 281$	$> 281$
	出现频次	11	54	73	6
1.1—1.5	标准/mm	$\leq 54$	$> 54, \leq 81$	$> 81, \leq 122$	$> 122$
	出现频次	0	69	66	9
1.6—2.0	标准/mm	$\leq 54$	$> 54, \leq 81$	$> 81, \leq 121$	$> 121$
	出现频次	0	85	55	4
1.1—2.0	标准/mm	$\leq 108$	$> 108, \leq 162$	$> 162, \leq 243$	$> 243$
	出现频次	0	80	58	6

从表3看出,1989—2004年3—11月,麦田0—0.5 m土层出现重旱20次,占14%,出现轻旱39次,占27%,出现干旱总频次59次,占41%,适宜85次,占59%,无过湿现象;0.6—1.0 m土层出现重旱7次,占4.9%,出现轻旱56次,占38.9%,出现干旱总频次63次,占43.8%,适宜68次,占47.2%,过湿现象出现13次,占9.0%;1.1—1.5 m土层没有出现重旱,出现轻旱69次,占47.9%,适宜66次,占45.8%,过湿现象出现9次,占6.3%;1.6—2.0 m土层没有出现重旱,出现轻旱85次,占59.0%,适宜55次,占38.2%,过湿现象出现4次,占2.8%。通过上述分析初步得出:陇东麦田重旱主要出现在土壤上层,轻旱主要出现在土壤中、下层,土壤过湿现象主要出现在0.6—1.5 m土层,土壤上层水分适宜状况出现频率略高于土壤中、下层。

### 2.3 土壤干旱季节变化特征

前文主要分析了生长季(3—11月)麦田土壤旱涝特征。由于陇东冬小麦春季生长期一般集中在3—6月,7—9月上旬为麦田休闲收摘期,9月下旬—11月为幼苗生长期。为了全面分析麦田不同时期土

壤水分变化的规律,分3—6月(春季),7—8月(夏季),9—11月(秋季)这3个时段对麦田土壤旱涝特征进行了评述。

2.3.1 春季麦田土壤干旱特征 由表4可以看出,从早春到春末,随着气温的回升和冬小麦生长发育耗水量的增大,干旱逐步发展,土壤各层次的水分状况由早春的以适宜为主发展为春末的以干旱为主<sup>[3]</sup>。6月上旬土壤上层干旱发生频率为88%,其中重旱发生频率50%。虽然从早春到春末干旱逐步发展,但早春麦田土壤各层次均未出现重旱,即使旱情较为严重的6月上旬,1 m以下土层也未出现重旱现象。

2.3.2 夏季麦田土壤干旱特征 进入7月上旬,由于冬小麦已经收获,土壤上层水分含量逐步回升,旱象缓解,干旱频率由6月上旬的88%下降到50%,适宜频率由12%上升到50%,但土壤中下层干旱仍未得到缓解。及至8月上旬,土壤由上而下水分含量继续好转,尤其是上层水分补充较快,上层(0—0.5 m)干旱频率下降到38%,其中重旱频率下降到6%,适宜频率上升到63%,但下层(1.0—2.0 m)轻旱出现频率仍然高达75%~81%(表5)。

表4 春季麦田各土层土壤干旱状况统计

时段	项目	0.0—0.5 m	0.6—1.0 m	1.1—1.5 m	1.6—2.0 m
3月8日	平均含水量/mm	110	98	92	86
	重旱频次	0	0	0	0
	轻旱频次	3	2	3	5
	适宜频次	13	14	13	11
4月8日	平均含水量/mm	102	99	91	85
	重旱频次	0	0	0	0
	轻旱频次	5	3	3	5
	适宜频次	11	13	13	11
5月8日	平均含水量/mm	78	87	86	83
	重旱频次	2	0	0	0
	轻旱频次	9	6	5	7
	适宜频次	5	10	11	9
6月8日	平均含水量/mm	66	70	75	75
	重旱频次	8	2	0	0
	轻旱频次	6	13	13	12
	适宜频次	2	1	3	4

2.3.3 秋季麦田土壤干旱特征 进入秋季以后,降水量逐渐减少,气温下降,地气交换趋于平缓,土壤水分变化幅度较小。土壤中下层过湿现象主要出现在该季节。由表6可以看出,9月上旬虽然除了上层,其余各个层次均未出现重旱,但是,土壤中下层轻旱

出现频率仍然较高。深秋的10—11月,是一年中土壤含水量最充沛的时期<sup>[4]</sup>,各个层次都没有出现重旱,中上层轻旱频率也大幅度的下降,各个层次平均含水量基本没有变化,轻旱、适宜、过湿出现频次均比较稳定。

表 5 夏季麦田土壤干旱状况统计

时段	项目	土层深度/m			
		0.0—0.5	0.6—1.0	1.1—1.5	1.6—2.0
7月8日	平均含水量/mm	83	67	69	69
	重旱频次	6	4	0	0
	轻旱频次	2	10	14	14
	适宜频次	8	2	2	2
8月8日	平均含水量/mm	102	84	72	71
	重旱频次	1	3	0	0
	轻旱频次	5	7	12	13
	适宜频次	10	6	4	3

表 6 秋季麦田土壤干旱状况统计

时段	项目	土层深度/m			
		0.0—0.5	0.6—1.0	1.1—1.5	1.6—2.0
9月8日	平均含水量/mm	100	95	82	76
	重旱频次	3	0	0	0
	轻旱频次	3	7	11	12
	适宜频次	10	6	4	3
	过湿频次	0	3	1	1
10月8日	平均含水量/mm	114	109	95	86
	重旱频次	0	0	0	0
	轻旱频次	2	3	4	9
	适宜频次	14	9	8	5
	过湿频次	0	4	4	2
11月8日	平均含水量/mm	113	110	96	87
	重旱频次	0	0	0	0
	轻旱频次	2	3	4	9
	适宜频次	14	9	8	5
	过湿频次	0	4	4	2

表 7 不同时期土壤水分分布特征

时段	0.5—2.0 m 土层			1.0—2.0 m 土层			1.5—2.0 m 土层			0.5—1.0 m 土层		
	平均值	> 25% 频次	百分率/%	平均值	> 50% 频次	百分率/%	平均值	> 75% 频次	百分率/%	平均值	> 50% 频次	百分率/%
3月8日	0.285	13	81	0.539	13	81	0.777	13	81	0.529	13	81
4月8日	0.271	11	69	0.532	12	75	0.774	13	81	0.510	11	69
5月8日	0.233	5	31	0.493	5	31	0.752	8	50	0.473	4	25
6月8日	0.231	4	25	0.476	4	25	0.738	5	31	0.485	5	31
7月8日	0.289	10	63	0.523	8	50	0.763	9	56	0.553	10	63
8月8日	0.311	16	100	0.567	13	81	0.784	12	75	0.548	15	94
9月8日	0.282	12	75	0.551	13	81	0.785	14	88	0.513	10	63
10月8日	0.282	15	94	0.552	15	94	0.790	16	100	0.511	10	63
11月8日	0.278	12	75	0.549	15	94	0.786	15	94	0.507	11	69

2.3.4 各层次土壤水分季节分布特征 由于不同季节降水量、土壤蒸散以及作物水分消耗各不相同,为了全面分析不同时期水分在土壤中的分布特征,分别选择 0.0—0.5 m, 0.0—1.0 m, 0.0—1.5 m 土层含水

量占 0.0—2.0 m 土层含水量的比例和 0.0—0.5 m 土层含水量占 0.0—1.0 m 土层含水量的比例来表示不同时期土壤水分分布状况。

(下转第 119 页)

### 3.1 生态护坡技术的规范化推广应用

生态护坡技术是一门集岩土工程、恢复生态学、植物学、土壤学、水土保持学等多学科于一体的综合工程技术,技术体系必须考虑众多的因素。受不同区域自然条件的限制,实施生态护坡涉及的草种喷播材料配比、土壤基质层的配制、草种的选择及其混播组合比例等尚无统一的技术规范与标准,实际施工中随意性较大,这势必影响生态护坡技术的推广应用。应尽快制订公路边坡生态防护的技术规范与标准。

### 3.2 乡土植物种在生态护坡工程中的应用

高速公路边坡防护大都偏重于短期绿化效益,目前在生态护坡工程普遍流行采用国外引进草种为主,片面追求坡面快速绿化覆盖植被。由此建立的边坡植被普遍存在景观单一,绿期有限,容易退化等问题,沿线边坡清一色的草坪,与周边自然环境极不协调,尤其是一到秋冬季边坡草被就开始枯黄,公路沿线景观一片凋零。因此,必须加强当地野生抗旱植物品种的育种研究,挖掘开发当地乡土植物品种应用到生态护坡工程中,建植能够与周边自然景观协调一致,保持四季常绿并能自然演替且低养护的边坡植被。

### 3.3 生态护坡植被群落的自然演替

高速公路边坡生态防护工程通过人工辅助恢复方式建植植被,植物品种的选择不仅要求其生物学、生态学特性适应于自然环境,而且要求其生态功能和创造的景观与自然植物群落相似<sup>[6]</sup>。目前多采用国

外引进草种建植边坡草本植物群落。由于其抗性强,在短期内可以正常生长,但在自然演替过程中,逐渐就会被当地乡土杂草侵入代替,原有草种几乎退化,坡面植被基本上演替为以当地杂草为主的植被群落。因此,生态护坡品种的选择必须考虑植物群落的自然演替规律,确定可能恢复的目标植物群落,据此来构建坡面先锋植物群落,改善坡面土壤、小气候条件,以便为最终演替的目标植物群落创造有利条件<sup>[7]</sup>。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 郝尧生,王建松.京珠高速公路翁城一太和段高边坡稳定性分析[J].四川水力发电,2001,20(4):36—37.
- [2] 卓慕宁,李定强,贺新良.高速公路边坡快速绿化技术的应用与水土保持效果[J].水土保持研究,2004,11(3):79—80.
- [3] 卓慕宁,李定强,贺新良,等.论高速公路建设中的水土保持生态恢复[J].水土保持研究,2003,10(4):209—211.
- [4] 谭少华,汪益敏.高速公路边坡生态防护技术研究进展与思考[J].水土保持研究,2004,11(3):81—84.
- [5] 许文尧,罗仁峰.高速公路边坡新型生物防护技术[J].草原与草坪,2004(2):67—69.
- [6] 江玉林,陈济丁,许成汉,等.中国南方公路生物环境工程实施的原则与实践[J].交通环保,2000,21(2):23—26.
- [7] 杨海军,毕琪,赵亚楠.深圳市高速公路边坡和采石场植被恢复技术[J].生态学杂志,2004,23(1):120—124.

(上接第110页)

由表6可以看出,除了5月上旬和6月上旬,其余时间0.5—2.0 m平均值均大于25%,1.0—2.0 m平均值均大于50%,1.5—2.0 m平均值均大于75%,0.5—1.0 m平均值均大于50%。而5—6月是陇东麦田最干旱,土壤水分含量最低,同时也是冬小麦耗水量最大的时期,该时期土壤水分的分布特征一般是下层含水量高于上层。

从秋季麦田土壤干旱状况统计分析结果中(表6)大于临界比例出现的频次以及百分率可以清楚的看到不同时期土壤水分在不同土壤层次的分布比例。其中0.5—1.0 m最低值出现在1995年7月8日,为0.391,最高值出现在1998年7月8日,为0.706;0.5—2.0 m最低值出现在1995年7月8日,为0.168,最高值出现在1998年7月8日,为0.406;1.0—2.0 m最低值出现在1995年6月8日,为0.411,最高值出现在1996年8月8日,为0.655。以上分析进一步验证了1995年的大旱年景。

## 3 结 论

(1) 不同土壤层次干旱发生程度不同,土壤上层重旱出现频次较中、下层高,轻旱出现频次较中、下层低。过湿现象一般出现在秋季,且土壤中、下层出现机率较大,上层出现机率较小。

(2) 早春陇东麦田干旱发生频率较低;5—7月是陇东麦田主要干旱时段,其中6月土壤水分亏空最严重;晚秋是陇东麦田土壤含水量最充沛的时期。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 国家气象局.农业气象观测规范[M](上卷).北京:气象出版社,1993.
- [2] 李保国,龚石元,左强,等.农田土壤水的动态模型及应用[M].北京:科学出版社,2000.
- [3] 郭海英.陇东黄土高原冬小麦生产农业气象要素分析[J].干旱地区农业研究,2004,22(2):123—126.
- [4] 郭海英,马鹏里,杨兴国,等.陇东黄土高原塬区冬小麦越冬期土壤水分损耗规律浅析[J].土壤通报,2005,36(2):165—168.