

延安碾庄沟流域梯田与坝地土壤水分对比分析

王继夏, 孙 虎, 王祖正

(陕西师范大学旅游与环境学院, 陕西 西安 710062)

摘 要: 以延安碾庄沟小流域为研究对象, 对该小流域内梯田地与坝地的土壤水分特征进行分析。结果表明, 梯田地与坝地的土壤水分垂直分布有着相似的特点, 梯田地和坝地土壤水分的垂直变化可以分为 4 个层次: 土壤水分剧变层; 土壤水分活跃层; 土壤水分次活跃层; 土壤水分相对稳定层。坝地的土壤含水量高于梯田地, 且不同的作物类型可以引起土壤水分的变化, 说明作物类型与土壤水分状况有一定的关系。

关键词: 碾庄沟流域; 梯田与坝地; 土壤水分; 垂直变化

中图分类号: S152.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2007)01-0088-06

土壤水分作为植物生存的一个基本因子, 在地处我国半干旱地区、水土流失严重的黄土高原地区有着极其重要的生态意义^[1]。在旱作农业区, 粮食产量与降雨的多少和生产关键时期的干旱程度呈正相关关系。梯田可以有效拦蓄坡面降水, 增加雨水就地入渗, 为提高作物水分利用率提供了保障^[2,3]。梯田和淤地坝地都是人工改造地形条件创造的基本农田, 具有较好的水肥环境, 为局部地区农业的增产增收提供了较好的条件。目前对于黄土高原土壤水分的研究已经比较深入^[4~11], 但是沟壑区梯田与坝地对比研究仍然较少。对黄土丘陵沟壑区梯田与坝地土壤水分进行对比分析, 有利于深入认识坡面改造和沟谷改造对土壤水分影响的差异和规律。

1 研究区概况

碾庄沟流域位于延安市宝塔区东北方向 14 km 处, 属宝塔区李渠镇辖区, 为延河左岸的一级支沟, 地处东经 109°26′15″~109°37′30″, 北纬 36°37′00″~36°45′00″。碾庄沟流域属黄土丘陵沟壑区第二副区, 地势西北高东南低, 海拔 926~1 300 m, 流域总面积 54.2 km², 主沟道长 14.6 km, 平均比降 2.3%。碾庄沟流域土壤主要为黄绵土, 分布面积占 90% 以上, 广泛分布于流域梁峁、坡地, 该土耕性良好, 性温暖, 适耕期长, 通气透水性良好, 但肥力低, 土壤颗粒较粗。碾庄沟流域多年平均降水量 527 mm, 年均径流深 33 mm, 年均蒸发量 1 574 mm, 为降水量的 2.86 倍, 6~9 月的降水量占全年的 60% 左右。流域内有农地 654.7 hm², 其中坡耕地 48.7 hm², 基本农田 606.0 hm² (坝地 155.7 hm²); 果园 305.2 hm²;

林地 2 525.1 hm²^①。主要农作物有玉米、谷子、黄豆、糜子等, 一般在 5 月底或 6 月初播种, 10 月中上旬收获, 生长期 140~150 d。

碾庄沟流域的淤地坝建设始于 1953 年, 1956~1963 年是试验时期, 1964~1972 年是发展建设阶段, 1973~2001 年底为改造配套完善阶段。本研究区选择的刘庄 2# 坝建设于 1958 年, 主要拦蓄黄麦沟、杜家沟、南义沟、刘家沟等 8.43 km² 洪水泥沙及超标准洪水和碾庄 1# 等 28 座淤地坝淤泥搬运量, 安全下泄设防标准内洪水, 保障下游 4 座淤地坝生产安全。梯田地始建于 20 世纪 50 年代大生产时期, 主要分布于沟道的右岸。

2 研究方法

淤地坝不仅增加了沟壑区可耕种土地面积, 而且坝地的土壤水分含量及养分含量都明显不同于山坡地。为此我们在刘庄 2# 坝地及右岸梯田选取了不同作物用地 (玉米、谷子、黄豆) 及荒地 (无植被覆盖), 于 2005 年 10 月利用土钻取土, 垂直剖面取土深度范围为 0~140 cm, 选取表土样品, 然后向下每间隔 20 cm 取一个样, 以分析淤地坝地及沟坡梯田地土壤的水分状况, 含水量指标为重量百分比, 期间持续性降水 5 h 共计 8.2 mm, 取样时, 地面无积水。所取土样湿重现场称重, 盛装铝盒带回后用烘箱在实验室烘干后称取干土重, 然后进行分析。

3 结果与分析

3.1 不同作物条件下梯田和坝地的土壤水分状况
农作物生产除受土壤养分含量的高低制约之

收稿日期: 2006-03-29
基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (49671053); 陕西省自然科学基金 (2001D03) 资助; 陕西师范大学校级重点科研项目
作者简介: 王继夏 (1983—), 男, 宁夏石嘴山人, 硕士, 研究方向为水土保持与荒漠化防治。
① 黄河上中游管理局规划设计研究院. 黄河水土保持生态工程建设碾庄沟小流域坝系可行性研究报告. 2003。

外,还与土壤水分供给状况密切相关。坝地与梯田相比,土壤水分条件明显优于梯田。并且坝地与梯田在不同农作物利用条件下,水分状况也表现出差异。以刘庄 2# 坝及附近梯田为例,由于测定期为雨季之后,土壤水分较正常偏高,从土壤含水测定结果(表 1)来看,在坝地中,0~20 cm、20~60 cm 土层的

含水量变化幅度依次为荒地>黄豆地>谷子地>玉米地,而 60~100 cm、100~140 cm 土层的土壤含水量则变幅不大;在梯田中,0~20 cm、20~60 cm 土层的含水量变化幅度依次为荒地>谷子地>黄豆地>玉米地,而 60~100 cm、100~140 cm 土层的变化幅度很小。坝地总的土壤含水量水平要高于梯田地。

表 1 坝地不同作物条件下的土壤水分状况
Table 1 Soil moisture in dammed land with different crops

作物类型 The type of crops	项 目 Items	坝地土壤分层含水量(%) Soil moisture in dammed land						
		0~20 cm	20~40 cm	40~60 cm	60~80 cm	80~100 cm	100~120 cm	120~140 cm
荒地 Wastelands	最大值 Max·	15.56	18.32	18.32	18.54	18.54	18.34	19.10
	最小值 Min·	13.06	15.56	17.38	17.38	17.75	17.75	18.34
	平均值 Average	14.31	16.94	17.85	17.96	18.14	18.04	18.72
玉米地 Corn lands	最大值 Max·	12.68	14.87	14.87	14.76	14.69	14.26	14.22
	最小值 Min·	9.85	12.68	14.76	14.69	14.26	14.22	14.04
	平均值 Average	11.26	13.77	14.81	14.72	14.47	14.24	14.13
谷子地 Millet lands	最大值 Max·	12.87	13.78	13.78	14.34	14.34	14.88	14.88
	最小值 Min·	10.92	12.87	13.45	13.45	14.21	14.21	14.48
	平均值 Average	11.89	13.32	13.61	13.89	14.27	14.54	14.68
黄豆地 Soy bean lands	最大值 Max·	13.19	15.75	15.89	15.89	16.27	16.63	16.63
	最小值 Min·	10.32	13.19	15.75	15.60	15.60	16.27	16.00
	平均值 Average	11.75	14.47	15.82	15.74	15.93	16.45	16.31

表 2 梯田不同作物条件下的土壤水分状况
Table 2 Soil moisture in terraced field with different crops

作物类型 The type of crops	项 目 Items	梯田土壤分层含水量(%) Soil moisture in terraced field						
		0~20 cm	20~40 cm	40~60 cm	60~80 cm	80~100 cm	100~120 cm	120~140 cm
荒地 Wastelands	最大值 Max·	12.53	14.28	14.28	14.05	14.05	14.31	14.57
	最小值 Min·	10.84	12.53	13.62	13.62	13.74	13.74	14.31
	平均值 Average	11.68	13.40	13.95	13.83	13.89	14.02	14.44
玉米地 Corn lands	最大值 Max·	9.77	10.59	10.88	12.15	12.15	12.14	12.03
	最小值 Min·	9.17	9.77	10.59	10.88	12.14	11.73	11.73
	平均值 Average	9.47	10.18	10.73	11.51	12.14	11.93	11.88
谷子地 Millet lands	最大值 Max·	11.22	11.22	11.38	12.17	12.68	12.68	12.61
	最小值 Min·	10.84	10.88	10.88	11.38	12.17	12.61	12.39
	平均值 Average	11.03	11.05	11.13	11.77	12.42	12.64	12.50
黄豆地 Soy bean lands	最大值 Max·	10.51	10.84	11.45	12.62	12.76	12.82	13.11
	最小值 Min·	9.22	10.51	10.84	11.45	12.62	12.76	12.82
	平均值 Average	9.86	10.67	11.14	12.03	12.69	12.79	12.96

综合以上各层土壤含水量变化幅度,表明土壤含水量变化主要受控于降水量和作物的生长耗水,且与降水变化具有同步性,而不同的立地类型、作物根系耗水等又是影响土壤含水量变化的重要因素,不同的作物类型由于根系分布不同导致土壤含水量存在差异。荒地(裸露)的土壤水分高于其它相对应的土壤含水量,其原因是因为荒地无植被覆盖,仅有地面蒸发消耗土壤水分,土壤深层的水分亏损较少。

在坝地里,黄豆地的土壤含水量远高于玉米地和谷子地,是因为黄豆属于浅根系作物,根系分布较浅,对深层土壤水的利用较少,深层土壤水分含量高,使得黄豆地的土壤含水量高于玉米地和谷子地;在梯田里,黄豆地含水量仍然高于玉米地是因为玉米的根系埋藏比较深,玉米的最大根系分布深度可达 200 cm 以上^[12],对深层土壤水的利用多。所以无论在坝地还是梯田地中,玉米地的土壤含水量都是

最小的。

不同的作物类型,生理生态特征不同,栽培习性也不同,根系的分布深度及密度具有很大的差异,从而造成土壤的蒸发和作物的蒸腾量不同,由此引起的土壤干燥程度和土壤的水分分布也不同。一般生长期长,根系分布较深,年蒸发蒸腾量大于生长期短的作物^[13~15]。由图 1 可以看出土壤剖面的水分分布随作物类型的不同而不同,玉米由于具有较高效率的光合酶系统和水分利用能力,再加上本身具有高大的植株,粗壮的根系,所以它的耗水量、水分利

用率在三种作物中是最高的,黄豆由于它的生长期较短,根系分布浅,所以它的耗水量和水分利用率在三种作物中是最低的。即使是同一植被类型,由于密度,植物生长量以及地表覆盖层的不同,其土壤剖面含水量也不相同^[13,14,16,17]。一般作物生长期越长、生物量越大、密度越大,其土壤剖面中的含水量越低^[13]。

3.2 降雨前后土壤水分垂直动态变化

降雨前后梯田地坝地土壤剖面各层次土壤含水量变化见下图(图 1)。

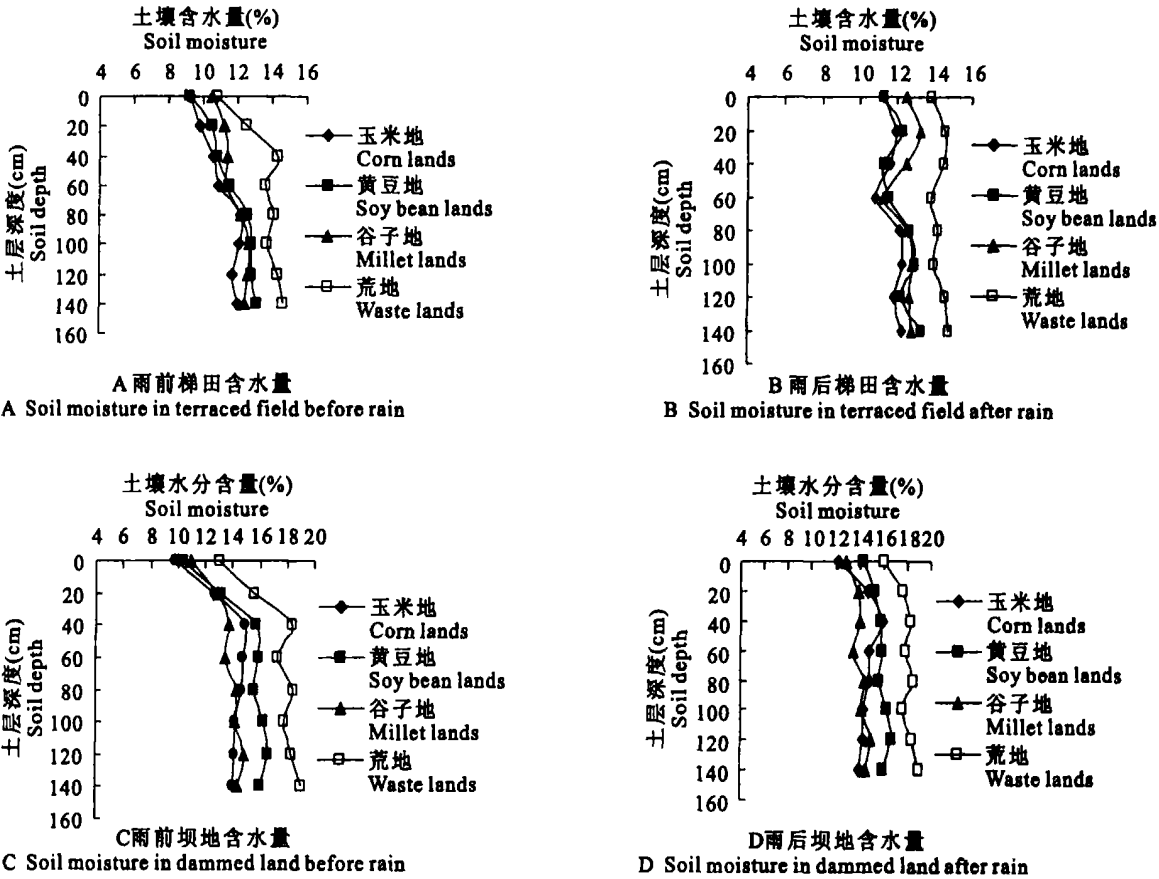


图 1 降雨前后梯田地与坝地土壤含水量随土层深度的变化

Fig. 1 Soil moisture profile in terraced field and dammed land before and after rain

由图 1 上可以看出,降雨前梯田地 0~40 cm 的土壤水分含量较低,且随着深度的增加含水量逐渐增加。这是因为这一深度是植物根系的主要分布区,禾谷类作物(玉米、谷子)0~40 cm 根系生物量占总量的 50.1%,豆科作物 0~40 cm 根系生物量占总量的 87.1%^[12],而且由于受温度、地表风速、蒸发等原因的影响,形成了土壤含水量随着深度的增加逐渐增加的趋势。40~80 cm 的土壤水分含量变化不大,是因为这一深度不是植物根系的主要分布区,而且秋季作物已经收获,无大量的水分进行蒸

腾作用,所以土壤水分的变化也不大,而且降水的补充作用也不明显。80~140 cm 的土壤水分含量是多年水分变化综合作用的结果,土壤水分与黄土性土壤本身特性、地下水及气候有密切关系,基本不会发生大的变化。

降雨后 0~40 cm 的土壤水分含量显著提高,降雨对土壤水分的补充作用十分明显,而且在 20 cm 处形成一个峰值,这是雨水快速下渗作用形成的。20~40 cm 深度土壤表层水分入渗明显减缓,所以土壤含水量形成了一个下降趋势。40~80 cm 的土

壤水分含量受降雨的影响很小,变化幅度也很小。80~140 cm 的土壤水分基本没有发生大的变化。

由图 1 可以看出降雨前坝地 0~40 cm 的土壤含水量处在一个较低的水平,但仍然高于梯田在相同深度的含水量。由于同样是作物根系分布的主要深度,且受温度、表面风速、蒸发的影响大,所以随深度的增加土壤水分有所增加。40~140 cm 范围内土壤水分的变化幅度都不是很大,是由于坝地良好的水肥环境,对作物生长所需的水肥进行了及时补充,且由于排水沟的存在,使坝地土壤的含水量处在一个比较高的水平。

降雨后坝地 0~40 cm 土壤含水量没有发生像梯田一样显著的变化,降雨对土壤水分的补充作用

也不是很明显,在 20 cm 深度处也没有出现峰值,这都是由于坝地本身良好的水肥条件所造成的。40~140 cm 的土壤水分含量与降雨前基本保持了一致。

3.3 坝地与梯田地土壤水分垂直变化对比分析

用反映土壤水分变化程度的变异系数 CV 来研究各层次土壤水分的变化程度, CV 由下式来决定:

$$CV = S/\bar{x}$$

其中: S 为土壤含水量观测值的样本均方差, $\bar{x}$ 为土壤含水量观测值的样本平均数。

通过对表 3、4(坝地与梯田不同层次土壤含水量及其变异系数)的数据进行统计分析,发现坝地与梯田的土壤水分垂直变化具有一定的规律性。

表 3 坝地土壤含水量的垂直变化

Table 3 Vertical variation of soil moisture in dammed land

土层(cm) Soil depth	玉米地 Corn lands		黄豆地 Soy bean lands		谷子地 Millet lands		荒地 Wastelands	
	含水量(%) Soil moisture	变异系数 Variation coefficient	含水量(%) Soil moisture	变异系数 Variation coefficient	含水量(%) Soil moisture	变异系数 Variation coefficient	含水量(%) Soil moisture	变异系数 Variation coefficient
0~20	9.85	0.1604	10.32	0.1938	10.92	0.1080	13.06	0.1431
20~40	12.68	0.1246	13.19	0.1516	12.87	0.0916	15.56	0.1202
40~60	14.87	0.1062	15.75	0.1269	13.78	0.0856	18.32	0.1020
60~80	14.76	0.1070	15.89	0.1258	13.45	0.0877	17.38	0.1076
80~100	14.69	0.1075	15.60	0.1282	14.34	0.0823	18.54	0.1008
100~120	14.26	0.1108	16.27	0.1229	14.21	0.0830	17.75	0.1053
120~140	14.22	0.1111	16.63	0.1202	14.88	0.0793	18.34	0.1019
140~160	14.04	0.1125	16.00	0.1250	14.48	0.0815	19.10	0.0979

表 4 梯田地土壤含水量的垂直变化

Table 4 Vertical variation of soil moisture in terraced field

土层(cm) Soil depth	玉米地 Corn lands		黄豆地 Soy bean lands		谷子地 Millet lands		荒地 Wastelands	
	含水量(%) Soil moisture	变异系数 Variation coefficient	含水量(%) Soil moisture	变异系数 Variation coefficient	含水量(%) Soil moisture	变异系数 Variation coefficient	含水量(%) Soil moisture	变异系数 Variation coefficient
0~20	9.17	0.1167	9.22	0.1410	10.48	0.0752	10.84	0.1070
20~40	9.77	0.1095	10.51	0.1237	11.22	0.0702	12.53	0.0925
40~60	10.59	0.1010	10.84	0.1199	10.88	0.0724	14.28	0.0812
60~80	10.88	0.0983	11.45	0.1135	11.38	0.0692	13.62	0.0851
80~100	12.15	0.0880	12.62	0.1030	12.17	0.0647	14.05	0.0825
100~120	12.14	0.0881	12.76	0.1018	12.68	0.0621	13.74	0.0844
120~140	11.73	0.0912	12.82	0.1014	12.61	0.0625	14.31	0.0810
140~160	12.03	0.0889	13.11	0.0991	12.39	0.0636	14.57	0.0796

坝地与梯田地土壤水分的垂直变化特征分析,根据作物根系对土壤水分的吸收、利用状况和土壤水分的变化状况,结合其他学者^[1,18,19]关于沟壑区土壤水分的研究,按照变异系数的大小,可将坝地和梯田地土壤水分按深度可划分为 4 个层次:

(1) 土壤水分剧变层(0~20 cm),变异系数大。该层土壤水分受降水、温度、表面风速、蒸发及地表覆盖等情况的影响而变化剧烈,是水分变化最不稳定的层次。该层是作物根系的主要分布层,禾谷类作物(玉米、谷子)0~20 cm 根系生物量占总量的

36.9%，豆科作物 0~20 cm 根系生物量占总量的 63.6%^[12]。土壤水分主要用于作物吸收和地面蒸发，土壤含水量与降雨同步，最低值出现在持续无雨的季节，并随降雨量的增加而迅速增加^[19]。研究发现黄豆地的变异系数无论是在坝地还是梯田地都要明显地大于其它作物用地。其主要原因是黄豆是浅根系作物，且植株较矮，其根系主要分布在该层，而且地上部分所形成的遮荫面积较小，土面蒸发比较大，受外界气候条件的影响较大。

(2) 土壤水分活跃层，变异系数变化较大。在坝地中该层为 20~40 cm，在梯田地中该层为 20~60 cm。这是由于坝地良好的土壤水分环境所造成的，坝地深层土壤水分可以及时的补充作物根系吸收的水分，使坝地 40~60 cm 的土壤水分变化不大的。该层土壤仍然是作物与植被根系的主要分布层和吸水层，禾谷类作物(玉米、谷子)20~40 cm 根系生物量占总量的 12.6%，豆科作物 20~40 cm 根系生物量占总量的 23.5%^[12]。该层是植物生长发育旺盛的主要供水源和“水库”，易受作物根系的影响和降水补给的作用，“土壤水库”^[5]的调节作用非常明显。

(3) 土壤水分次活跃层，变异系数变化不大。在坝地该层为 40~100 cm，在梯田地该层为 60~100 cm。该层土壤是植物根系的次要分布层，禾谷类作物(玉米、谷子)40~100 cm 根系生物量占总量的 28.4%，豆科作物 40~100 cm 根系生物量占总量的 12.9%^[12]。该层易受活跃层土壤水分的影响，土壤水分含量有一定的变化，但是幅度比较小。

(4) 土壤水分调节层(100 cm 以下)，变异系数变化不明显。该层土壤是作物与植被深层根系分布层，禾谷类作物(玉米、谷子)100 cm 以下根系生物量占总量的 21.1%，豆科作物 100 cm 以下根系生物量占总量的 0.0%^[12]，土壤含水量变化很小。该层土壤水分除被根系直接吸收外主要是调节上下层土壤的供给与储蓄，使土壤水分达到动态平衡。

梯田和坝地土壤水分均有明显的垂直分层现象，但各层深度及土壤含水量数值与土地利用、作物类型、降水情况等因素有关，甚至地下水活动、降水过程也对各层土壤含水量造成影响。

4 结 论

综上所述，沟壑区梯田地和坝地土壤层 0~40 cm 范围内，土壤水分易受到降雨的影响；40~80 cm 范围内土壤水分变化受到降雨的影响较上层小。梯田地与坝地的土壤水分垂直分布有着相似的特点，

梯田地和坝地土壤水分的垂直变化可以分为 4 个层次：土壤水分剧变层；土壤水分活跃层；土壤水分次活跃层；土壤水分调节层。坝地的土壤水分环境远好于梯田地。不同的作物类型所引起的土壤水分的变化十分显著，所以，在黄土高原沟壑区发展农业首先要考虑土壤水分的可利用情况，针对梯田和坝地不同的土壤水分环境合理种植土壤水分利用率高的作物，例如：在坝地可以广泛种植玉米；在梯田地可以广泛种植黄豆等，以充分利用水肥条件获得农业的稳产高产。

参 考 文 献：

- [1] 韩仕峰. 黄土高原地区土壤水分的区域动态特征[J]. 西北水土保持研究所集刊, 1989, 10: 52—56.
- [2] 吴发启, 张玉斌, 余 雕, 等. 黄土高原南部梯田土壤水分环境效应研究[J]. 水土保持研究, 2003, 10(4): 128—130.
- [3] 吴发启, 张玉斌, 王 健. 黄土高原水平梯田的蓄水保土效益分析[J]. 中国水土保持, 2004, 2(1): 34—37.
- [4] 李开元. 黄土高原南部农田水分条件及其产量效应[J]. 水土保持学报, 1995, 15(6): 6—10.
- [5] 李开元, 李玉山. 黄土高原农田水量平衡研究[J]. 水土保持学报, 1995, 9(2): 39—44.
- [6] 穆兴民. 黄土高原土壤水分与水土保持措施相互作用[J]. 农业工程学报, 2000, 16(2): 41—45.
- [7] 赵合理, 蒋定生, 范兴科. 不同水土保持措施对坡面降水再分布的影响[J]. 水土保持研究, 1996, 3(2): 75—83.
- [8] 杨文治, 邵明安, 彭新德, 等. 黄土高原环境的旱化与黄土中水分关系[J]. 中国科学(D 辑), 1998, 28(4): 357—365.
- [9] 孙 阁. 森林植被对河流泥沙和水质的影响的综述[J]. 水土保持学报, 1988, 2(3): 54—57.
- [10] 伊传逊. 隔坡梯田效益研究[J]. 中国水土保持, 1984, (6): 16—17.
- [11] 王克勤, 王斌瑞. 集水造林防止人工林植被土壤干化的初步研究[J]. 林业科学, 1998, 34(4): 14—21.
- [12] 苗果园, 尹 钧, 张云亭, 等. 中国北方主要作物根系生长的研究[J]. 作物学报, 1998, 24(1): 1—9.
- [13] 何福红, 黄明斌, 党延辉. 黄土高原沟壑区小流域土壤水分空间分布特征[J]. 水土保持通报, 2004, 8(4): 6—9.
- [14] 苏 敏, 卢宗凡, 李够霞, 等. 陕北丘陵沟壑区主要农作物水分利用与平衡[J]. 水土保持研究, 1996, 3(2): 36—45.
- [15] 赵晓光, 吴发启, 刘秉正, 等. 黄土高原坡耕地土壤水分主要受控因子研究[J]. 水土保持通报, 1999, 19(1): 10—15.
- [16] 杨开宝, 刘国彬, 李景林, 等. 陕北丘陵区农田蒸散规律及对土壤水环境的影响与防治对策[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2005, 33(4): 91—95.
- [17] 张宇清, 朱清科, 齐 实, 等. 梯田埂坎立地植物根系分布特征及其对土壤水分的影响[J]. 生态学报, 2005, 25(3): 500—506.
- [18] 张玉斌, 曹 宁, 武 敏, 等. 黄土高原南部水平梯田的土壤水分特征分析[J]. 中国农学通报, 2005, 21(8): 215—220.
- [19] 陈海滨, 孙长忠, 安 锋, 等. 黄土高原沟壑区林地土壤水分

特征的研究(I)——土壤水分的垂直变化和季节变化特征
[J].西北林学院学报,2003,18(4):13—16.

[20] 贺菊美,王一鸣.不同覆盖材料对春玉米土壤环境及产量效应的研究[J].中国农业气象,1996,17(3):33—36.

Comparison of soil moisture characteristics of terraced field and dammed land in Nianzhuanggou watershed of Yan'an

WANG Ji-xia, SUN Hu, WANG Zu-zheng

(College of Tourism and Environment, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, China)

Abstract: Taking the Nianzhuanggou watershed as a research field, the soil moisture characteristics of terraced field and dammed land were analyzed. The fact showed that the vertical distribution of the soil moisture in terraced field and dammed land has the similar characteristics. The vertical moisture variation of terraced field and dammed land could be divided into 4 layers: soil moisture drastic change layer, soil moisture activity layer, soil moisture low activity layer and soil moisture relatively stable layer. The soil moisture of dammed land was higher than that of terraced field, also the different crop types could causes soil moisture change and the change is extremely remarkable between different crop types.

Keywords: Nianzhuanggou watershed soil; terraced land and dammed land; moisture; vertical variation

(上接第 81 页)

[5] 邱泽森,朱庆森,刘建国,等.水稻在不同土壤水势下的生理反应[J].江苏农学院学报,1993,14(2):7—11.

[6] 张玉屏,李金株,黄义德.水分胁迫对水稻根系生长和部分生理特征的影响[J].安徽农业科学,2001,29(1):58—59.

[7] 邹琦.植物生理学实验指导[M].北京:中国农业出版社,2000.

[8] 冯瑞英.热乙醇快速提取叶绿素的方法[J].江苏农学院学报,1985,6(3):53—54.

[9] 张宪政.作物生理研究法[M].北京:农业出版社,1992.

[10] 蔡武城,袁厚积.生物物质常用化学分析法[M].北京:科技出版社,1982.15—16.

[11] 山东农学院,西北农学院.植物生理实验指导[M].济南:山东科技技术出版社,1980.183—186.

[12] 张宪政,谭桂茹,黄元极,等.植物生理学实验技术[M].沈阳:辽宁科学技术出版社,1989.

[13] 卢从明,张其德,匡延云,等.土壤水分胁迫下氮素营养对水稻光合作用及水分利用效率的影响[J].中国科学院研究生学报,1993,10(2):197—202.

[14] 杨惠敏,王根轩.干旱和CO₂浓度升高对干旱区春小麦气孔密度及分布的影响[J].植物学报,2001,25(3):312—316.

[15] 张殿忠,汪沛洪,赵会贤.测定小麦叶片游离脯氨酸含量的方法[J].植物生理学通讯,1990,17(4):262—265.

Effect of different nitrogen levels and water stress on qualities of rice seedling

CHEN Xin-hong^{1,2}, WANG Zhi-qin², YANG Jian-chang²

(1. Deparment of Agricultural, Huaiyin Institute of Technology, Huaiyin 223001, China;
2. Agronomy Department, college of Agriculture, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China)

Abstract: In order to study the effect of nitrogen and water stress on qualities of rice seedling the water planting and PEG imitated with water stress were carried out in greenhouse. The result showed: root/shoot, NR, root activity and root relative conductance were increased during short period and light water stress; with nitrogen enhancing, root/shoot was reduced. But NR and root activity were opposite; with extending of water stress, root/shoot trended to increase, NR and root activity were decreased. The effects of light water stress on content of chlorophyll, MDA of leaf, soluble sugar and N content of root, stem and leaf were not obvious.

Keywords: rice; qualities of seedling; nitrogen; water stress