

32-35

# 东北黑土区作物水分利用效率的研究\*

孟凯 张兴义

S181

(中国科学院黑龙江农业现代化研究所 哈尔滨 150040)

**摘要** 研究了不同作物栽培模式、耕作措施及养分水平对东北黑土区水分利用效率的影响。结果表明,改进耕作措施的小麦-玉米-大豆农田生态系统优化模式的水分利用效率最高;深松耕作水分利用效率高达 $1.42\text{kg}/\text{hm}^2 \cdot \text{mm}$ ;自然降水条件下高肥区水分利用效率最高,适宜水分条件下高肥区、中肥区与有机肥区的水分利用效率差异不大,充足水分条件下中肥区水分利用效率最高。

**关键词** 水分利用效率 黑土区 栽培模式 耕作 养分水平

农田生态系统

**Study on the crop water use efficiency in black soil region of Northeastern China.** Meng Kai, Zhang Xingyi (Heilongjiang Institute of Agricultural Modernization, CAS, Harbin 150040), *EAR*, 1999, 7(2): 32~35

**Abstract** Effects of plant-cultivated pattern, tillage and nutritional level on water use efficiency in black soil region of Northeastern China are researched. The results show that water use efficiency of optimized patterns on wheat-corn-soybean ecosystem is highest, that of zonal tillage is  $1.42\text{kg}/\text{hm}^2 \cdot \text{mm}$ , under natural precipitation, water use efficiency of high fertilizer region is highest under the suitable moisture, water use efficiency of high or middle fertilizer and organic manure region is approximate, and water use efficiency of middle fertilizer region is highest under sufficient water.

**Key words** Water use efficiency, Black soil region, Cultivated pattern, Tillage, Nutrient level

东北黑土区水分利用效率一般在 $0.5\sim 1.0\text{kg}/\text{hm}^2 \cdot \text{mm}$ 。黑土区土壤储水能力较强,但水分季节分布不均。沈善敏等<sup>[3]</sup>曾研究黑土区不同轮作方式下水分利用效率。目前对不同栽培模式、耕作、养分水平对水分利用效率影响的研究较少,本研究探讨了不同措施对水分利用效率的影响,指出提高东北黑土区作物水分利用效率的有效途径。

## 1 试验材料与方法

试验在黑龙江省海伦市中国科学院海伦农业生态实验站进行,试区为松嫩平原北部黑土区,属寒温带大陆性季风气候区,年均降水量530mm,88%降水量集中于5~8月,土壤物理性状见表1。

试验设计了2种黑土区农田生态系统优化模式和对照,模式I为小麦-玉米-大豆(采

\* “八五”中国科学院重大项目部分研究内容

收稿日期:1998-04-22 改回日期:1998-06-25

用改进耕作技术), 模式 I 为小麦-玉米间种草木樨-大豆; 对照为小麦-玉米-大豆(采用传统耕作栽培方式)。通过不同的种植方式、耕作措施及施肥水平探讨黑土区

表 1 海伦站土壤物理性状  
Tab. 1 Physical character of soil at Hailun Station

土壤深度 Depth	容重/ $g \cdot cm^{-3}$ Bulk density	田间持水量/% Field moisture capacity	饱和持水量/% Saturated moisture capacity	总孔隙度/% Total porosity	渗透速率/ $m \cdot d^{-1}$ Infiltration rate	萎蔫程度/% Wilting humidity
0~29cm	1.08	38.64	56.39	53.65	0.08	12.72
29~60cm	1.24	30.58	46.74	49.18	0.06	11.82
60~83cm	1.29	28.58	43.31	49.21	0.06	11.15
83~100cm	1.32	28.17	40.60	48.33	0.16	11.71

农牧结合种植系统优化模式的水分利用状况。在同一地块采用 5 种不同耕作措施, 包括旋松耕作(小麦麦收后旋松起垄, 玉米秋收后旋松起垄, 大豆秋收后旋松、耨平)、平翻耕作(小麦麦收后平翻、耙耨起垄, 玉米秋收后平翻、耙耨起垄, 大豆秋收后平翻、耙、耨)、深松耕作(小麦麦收后搅麦茬深松起垄, 玉米秋季垄沟深松、原垄越冬, 大豆秋耙茬、深松平地越冬)、现行耕作(该法农民常用, 即小麦麦收后平翻、耙耨起垄, 玉米原垄越冬, 大豆秋耙茬、耨平越冬)和组合耕作(即翻、耙、起垄、深松和旋松相结合法, 小麦平翻、耙耨起垄, 玉米夏季垄沟深松、秋收后原垄越冬, 大豆秋收后旋松、耨平)措施, 3 次重复。每年种 1 种指示作物, 除耕作措施不同外, 其余栽培方式相同, 分析作物产量、生物量及水分利用效率。设置 4 种养分水平, 即无肥区、中肥区(小麦施 N 肥  $48.0 kg/hm^2$ 、 $P_2O_5 48.0 kg/hm^2$ ; 玉米施 N 肥  $96.0 kg/hm^2$ 、 $P_2O_5 34.5 kg/hm^2$ ; 大豆施 N 肥  $13.5 kg/hm^2$ 、 $P_2O_5 34.5 kg/hm^2$ )、高肥区(小麦施 N 肥  $96.0 kg/hm^2$ 、 $P_2O_5 55.5 kg/hm^2$ , 玉米施 N 肥  $138.0 kg/hm^2$ 、 $P_2O_5 96.0 kg/hm^2$ , 大豆施 N 肥  $21.0 kg/hm^2$ 、 $P_2O_5 52.5 kg/hm^2$  和  $K_2O 19.5 kg/hm^2$ )、有机肥(施腐熟纯牛粪  $1.50 万 kg/hm^2$ ) + 高肥区。这 4 种养分水平分别对应 3 种水分处理, 即自然降水区、适宜水分区(土壤水分为田间持水量的 60%~75%)和充足水分区(土壤水分为田间持水量的 75%以上)。根据 1993 年种植小麦和 1994 年种植玉米试验结果分析不同养分水平下水分利用效率。

不同养分处理采用中子仪测定土壤水分, 耕作措施和优化模式采用烘干法测定土壤水分, 生育期间每 10d 测定 1 次, 0~100cm 土层每 10cm 为 1 层次, 3 次重复。根据水量平衡法计算作物耗水量和水分利用效率。

## 2 结果与分析

### 2.1 2 种优化模式对水分利用效率的影响

黑土区农田生态系统优化模式中水分利用效率模式 I > 模式 II > 对照(见表 2)。3 个处理小麦产量均相对较高, 且水分利用效率最高。1994 年玉米和大豆的水分利用效率最高。

表 2 不同种植模式作物水分利用效率  
Tab. 2 Water use efficiency of different planting pattern

项目 Item	年份 Year	大田 Farm field			模式 I Model I			模式 II Model II		
		小麦 Wheat	玉米 Maize	大豆 Soybean	小麦 Wheat	玉米 Maize	大豆 Soybean	小麦 Wheat	玉米 Maize	大豆 Soybean
籽粒水分利用效率/ $kg \cdot hm^{-2} \cdot mm^{-1}$	1992	0.48	0.85	0.21	0.48	0.97	0.27	0.48	0.97	0.26
	1993	0.56	0.84	0.30	0.66	1.05	0.31	0.64	0.89	0.31
	1994	0.49	1.03	0.35	0.60	1.11	0.42	0.61	1.01	0.42
水分利用效率 of grain	平均 Average	0.51	0.91	0.29	0.58	1.04	0.33	0.58	0.96	0.33
生物量水分利用效率/ $kg \cdot hm^{-2} \cdot mm^{-1}$	1992	1.19	2.69	0.97	1.30	2.97	1.13	1.28	3.66	1.33
	1993	1.61	2.67	1.20	1.89	3.11	1.22	1.85	3.02	1.20
	1994	1.90	3.52	1.31	2.32	3.82	1.52	2.37	3.86	1.59
生物量 of biomass	平均 Average	1.57	2.96	1.16	1.84	3.30	1.29	1.83	3.51	1.31

与单种玉米相比, 玉米间种草木樨方式玉米产量均低于模式 I 和对照, 3 年模式 I、模式 II 和对照玉米平均产量分别为  $7545 kg/hm^2$ 、 $6750$

kg/hm<sup>2</sup> 和 6915kg/hm<sup>2</sup>。3 年平均耗水量玉米间种草木樨方式为 449.5mm; 模式 I 玉米为 450mm; 对照玉米为 457.4mm, 差异不显著。

## 2.2 不同耕作措施对不同作物水分利用效率的影响

由表 3 可知, 深松耕作水分利用效率最高, 耗水量居中; 现行耕作耗水量最多, 水分利用效率相对较小。旋松耕作耗水量和水分利用效率次之; 平翻耕作耗水量少, 小麦水分利用效率较高, 玉米水分利用效率最低。

表 3 不同耕作作物生育期耗水量及水分利用效率

耕作 Tillage	小麦 Wheat		玉米 Maize	
	耗水量/mm Water consumption	水分利用效率/ kg·hm <sup>-2</sup> ·mm <sup>-1</sup> Water use efficiency	耗水量/mm Water consumption	水分利用效率/ kg·hm <sup>-2</sup> ·mm <sup>-1</sup> Water use efficiency
现行耕作 Normal	311.8	0.75	402.2	1.31
旋松耕作 Rotary	308.9	0.76	394.9	1.33
深松耕作 Zonal	304.8	0.78	380.2	1.42
平翻耕作 Plough	283.9	0.78	378.4	1.28
组合耕作 Component	301.6	0.74	379.3	1.31

用效率相对较小。旋松耕作耗水量和水分利用效率次之; 平翻耕作耗水量少, 小麦水分利用效率较高, 玉米水分利用效率最低。

故不同耕作措施、不同作物水分利用效率不同。由表 4 可知, 自然降水条件下养分水平越高水分利用效率也越高, 中肥区和有机肥区较接近; 适宜水分条件下 3 种养分水平的水分利用效率

基本接近; 充足水分条件下中肥区水分利用效率最高, 高肥区和有机肥区较接近, 均高于无肥区。综合分析小麦水分利用效率以中肥区最高, 其次为高肥区, 有机肥区比无肥区高 13%。玉米水分利用效率以无肥区最高, 中肥区次之, 有机肥区比无肥区高 23%。

表 4 不同养分、水分条件下作物耗水量及水分利用效率\*

Tab. 4 Water consumption and water use efficiency under different nutrient and water

项目 Item	自然降水 Nature rainfall				适宜水分 Adaptable water				充足水分 Sufficient water				
	无肥 No	中肥 Moderate	高肥 High	有机肥 Organic	无肥 No	中肥 Moderate	高肥 High	有机肥 Organic	无肥 No	中肥 Moderate	高肥 High	有机肥 Organic	
小麦 Wheat	总耗水量/mm Total water consumption	312.20	332.70	317.70	336.90	322.90	333.00	335.80	326.00	344.70	340.60	347.60	353.40
	水分利用效率/ kg·hm <sup>-2</sup> ·mm <sup>-1</sup> Water use efficiency	0.53	0.65	0.66	0.57	0.60	0.68	0.66	0.66	0.51	0.67	0.60	0.64
玉米 Maize	总耗水量/mm Total water consumption	377.70	409.60	392.80	392.80	394.00	392.80	411.30	422.80	371.20	392.70	409.60	439.10
	水分利用效率/ kg·hm <sup>-2</sup> ·mm <sup>-1</sup> Water use efficiency	1.09	1.34	1.47	1.39	1.13	1.48	1.48	1.46	1.24	1.49	1.45	1.37

\* 小麦和玉米生育期降水量分别为 219.0mm 和 375.1mm。

## 3 小结与讨论

东北黑土区农牧结合种植系统优化模式中玉米间种草木樨对水分条件变化影响不明显, 而玉米产量相对减少。深松耕作提高作物产量及水分利用效率均较明显, 旋松耕作对垄作作物表现较好, 平播作物水分利用效率低于平翻耕作。

自然降水状态下黑土区不同养分水平对水分利用起调节作用, 适宜的养分水平有利于提高水分利用效率, 增强水分对作物生长的有效性, 可减少水分亏缺时的无效耗水量, 发达的作物根系使作物吸水范围加大, 而水分较适宜和充足的条件下不同养分水平间的水分利用效率差异相对减少, 尤其在高肥情况下肥料利用率降低, 但黑土区主要以大气降水维持作物水分需求, 故选择适宜的施肥量可提高作物水分利用效率。

## 参 考 文 献

- 1 乔 楠等. 东北北部黑土水分状况之研究 I. 黑土水分状况的基本特征及成土过程的关系. 土壤学报, 1963, 11(2): 143~157
- 2 乔 楠等. 东北北部黑土水分状况之研究 II. 黑土农业水分状况及水分循环. 土壤学报, 1979, 16(4): 329~336
- 3 沈善敏等. 东北北部黑土水分状况之研究 III. 黑土农业水分特征评价及春旱预测预报. 土壤学报, 1980, 17(3): 203~215
- 4 沈善敏等. 东北北部黑土水分状况之研究 IV. 黑土区的抗旱保墒农业技术及改善农田水分状况的途径. 土壤学报, 1981, 18(3): 203~211
- 5 周有才, 赵洪书. 松嫩平原土壤水分动态研究. 土壤学报, 1979, 16(3): 302~305
- 6 孟 凯等. 农田黑土生态系统特征. 生态农业研究, 1993, 1(3): 63~68

## 陕西省延安市大力发展生态农业

陕西省延安市地处黄土高原腹地, 自然地理环境复杂, 丘陵、梁峁、河谷、山川、黄土塬、土石山地形各异, 农业坡耕地面积占 70%~80%, 旱地占耕地的 80%以上, 水资源贫乏, 降水量少且时空分布不均, 降水地表径流损失大, 水土流失严重. 坡耕地每年损失表土厚度达 1cm, 约比土壤形成速度快 400 倍, 生态环境十分脆弱, 极大地制约了该区域经济可持续发展. 为此, 延安市委、市人民政府提出“全面开发, 综合治理, 统一规划, 突出特色”的战略思想, 开展以水土保持、绿化荒山和发展主导产业三位一体的生态农业建设, 把林业建设作为改善生态环境的主体, 坚持工程措施与生物措施结合, 用材林与经济林结合, 种草与造林结合, 治理水土与产业开发结合, 实施阳坡经济林, 背坡用材林, 荒山荒坡绿化工程, 加快了小流域综合治理步伐. 目前累计造林 81.26 万  $\text{hm}^2$ , 森林覆盖率由建国初的 14.4% 提高到 42.9%; 治理水土流失面积 1.69 万  $\text{km}^2$ , 占总水土流失面积的 58.7%. 生态效益与经济效益兼顾, 重在开发林果产业, 种植面积由 20 年前的 1.46 万  $\text{hm}^2$  发展到 15.3 万  $\text{hm}^2$  (其中苹果种植面积达 9.46 万  $\text{hm}^2$ ), 产量达 38 万 t, 预计总收入达 7 亿多元, 人均收入 460 多元, 形成了以林促农, 以草养牧的农业新格局. 在防治水土流失治理中, 对 25° 以上的坡地实行退耕还林还草, 对 25° 以下的坡地实行基本农田改造. 20 年来退耕面积 4.67 万  $\text{hm}^2$ , 通过坡改梯、旱改水、荒沟造坝地等综合治理, 累计兴修基本农田 26 万  $\text{hm}^2$ , 实施良种、配方施肥、立体种植、地膜覆盖、节水灌溉、集雨窖灌等措施, 使农业生产实现 3 个转变: 一是由广种薄收向少种高产转变, 粮食产量由 1978 年 1114.5  $\text{kg}/\text{hm}^2$  增加到 1998 年的 3300  $\text{kg}/\text{hm}^2$ ; 二是由低效益向高效益转变, 农业总产值由 1978 年的 1.7 亿元增加到 1998 年的 24 亿元; 三是由单一的粮食生产转变为农林牧副全面发展, 粮经比例由 1978 年的 82:17 调为 1998 年的 50.1:49.9, 优化了农业经济结构. 延安市全面推进生态农业建设, 把扶贫攻坚、奔小康目标和基层组织整建有机结合, 每年抽调市县(区)各级干部(1998 年抽调干部 2400 多名)到基层包村挂点开展扶贫式开发, 农田基建工程扶贫贷款资金和脱贫产业项目优先向贫困乡、村、户倾斜, 使贫困人口由 1985 年的 67 万人降为 15.54 万人, 目前近 1/3 的农民实现了小康. 另外, 建立多元化投入机制, 积极引进世界联合项目, 努力争取国家项目, 大力筹措社会资金, 调动农民群众资金投入, 几年来治理点达 140 多个, 有 6 个县先后列入国家生态农业建设示范县. 推行治理与致富相结合的激励政策, 拍卖“四荒”地, 坚持土地产权制度 50~70 年不变的政策, 调动了广大农民买荒治荒的积极性, 重视长效投入, 使治理速度明显加快, 治理规模不断扩大, 治理质量越来越高, 取得了显著的经济和生态效益.

(钟 霖 陕西省延安市委政策研究室 延安 716000)