

黄土区农业种植模式的选择及优化

陈文庆¹, 李 鹏²

(1. 水利部万家寨水利枢纽工程有限责任公司, 山西 偏关 036412; 2. 中国科学院 水土保持研究所, 陕西 杨陵 712100)
水 利 部

摘 要: 通过对黄土区不同轮作方式下的作物产量、产值、地表径流量和土壤侵蚀量的调查研究, 结果表明, 谷子 黑豆 糜子 马铃薯 黄豆; 黑豆 春播荞麦 黑豆 谷子 黑豆; 和黄豆 谷子 春播荞麦 黄豆 谷子 三种轮作方式具有良好的经济效益和生态效益, 是一种合理的, 值得推广的种植模式。在各种不同的作物中, 黑豆、春播荞麦和谷子等农作物不仅具有较高经济价值, 同时可以更加有效的减少土壤侵蚀量, 应该作为主要的轮作作物。
关键词: 轮作; 产值; 水土流失; 轮作模式选择
中图分类号: S 344 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409(2003)01-0115-03

Selections and Improvements of Crop Rotation Patterns in North Shaanxi

CHEN Wen-qing¹, LI Peng²

(1. *Wanjiazhai Limited Liability Company of Hydrojunction Engineer, Pianguan 036412, Shaanxi, China*; 2. *Institute of Soil and Water Resources, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling 712100, Shaanxi, China*)

Abstract: Researches were carried out to investigate the crop production, production value, and runoff and soil erosion under different crop rotation patterns. The results indicated that the following three patterns: ① millet black soy bean broom corn millet potato soy bean, ④black soy bean buckwheat sewed in spring black soy bean millet black soy bean, and ④soy bean millet buckwheat sewed in spring soy bean millet, showed both better economic value and higher efficiency in reducing the runoff and erosion. They are the reasonable rotation patterns worthy of popularization. Among all the crop types, black soybean, buckwheat sewed in spring and millet not only had higher production value, but also better effect on reducing soil loss, and they are better types for local crop rotation.

Key words: crop rotation; crop production; soil and water loss; selection of crop rotation pattern

1 前 言

水土流失往往是人与环境之间冲突的结果, 是人与土地之间关系不协调和采取不恰当的、无效的手段来解决问题的结果^[1, 2]。西部大开发, 实现当地经济的可持续发展, 需要处理好生态环境建设与农业开发之间的矛盾, 仅仅靠国家的支持和投入是不能从根本上解决问题的。长期的不合理开发与破坏, 使当地的水土流失已经到了非治理不可的地步, 同时人口持续增长的压力又需要更多的土地生产更多的粮食, 要解决这一矛盾, 从水土保持工作者的角度出发, 需要增加土壤表土的深度并改善其质量, 利用生物学的方法降低雨滴冲击力和土壤侵蚀度, 减少水分和养分的流失, 维持并逐步提高土地的生产力水平。

因此在当地农业的发展过程中, 既要重视粮食单产的提高, 取得较好的经济效益, 同时也要注重发挥农作物的生态

效益。推广合理有效的轮作制度, 可以充分发挥农作物的经济效益和生态效益, 使其达到和谐统一。大量的生产实践证实^[1], 合理的轮作制度对改善土壤的理化性质, 保持养分平衡, 提高土壤肥力水平, 维持土地的可持续利用和改善当地的生态环境, 促进当地社会经济的发展具有重要的实践意义。轮作制度被认为是针对土壤侵蚀作用, 使表层土壤长期保持其质量和深度的有效措施。

本文研究了黄土区 1987 ~ 1991 年之间不同轮作方式下作物的产量、产值和水土流失等的状况, 对其经济效益和水土保持效益进行了分析研究, 并从中筛选出合理的农业轮作模式。研究内容结合当地农业生产的实际, 1987 ~ 1991 年期间, 从当地农民长期种植的农作物中选择了 9 种作物, 组成了 9 种轮作种植方式(轮作方式见表 1)进行实验。

* 收稿日期: 2002-12-05
基金项目: 国家科技攻关项目(2001BA508B18)。
作者简介: 陈文庆(1972-), 男, 山东潍坊人, 工程师, 主要从事水土保持的治理与规划等方面的工作。

表 1 不同轮作方式的组合

编号	1987 年	1988 年	1989 年	1990 年	1991 年
1	春播荞麦	黄豆	谷子	黑豆	春播荞麦
2	黄豆	谷子	春播荞麦	黄豆	谷子
3	黑豆	春播荞麦	黑豆	谷子	黑豆
4	谷子	黑豆	糜子	马铃薯	黄豆
5	黄豆+ 黄芥	夏播荞麦	黄豆+ 黄芥	夏播荞麦	黄豆+ 黄芥
6	夏播荞麦	黄豆+ 黄芥	夏播荞麦	黄豆+ 黄芥	夏播荞麦
7	糜子	马铃薯	黄豆	春播荞麦	糜子
8	马铃薯	糜子	马铃薯	糜子	马铃薯
9	小麦	小麦	小麦	小麦	小麦
10	CK 水	CK 水	CK 水	CK 水	CK 水
11	CK 裸	CK 裸	CK 裸	CK 裸	CK 裸

主要的研究调查内容包括: (1) 不同轮作条件下农作物的产量; (2) 不同轮作条件下农作物经济效益的分析; (3) 不同轮作条件下水土保持效益的分析; (4) 合理轮作方式的筛选。

2 结果与分析

2.1 不同轮作方式下农作物的产量

从表 2 中可以看出, 大多数轮作方式的产量均比单一种植小麦的产量大幅度提高。其中以 4, 8, 2 三种轮作方式年均粮食产量提高的幅度最大, 分别达 356%, 338. 21% 和 311. 34%。产量的提高是地上部分生长良好的表现, 生长良好的地上部分可以为地面提供良好的覆盖。豆科植物以其特有的固氮能力将空气中游离的氮转化为可以被植物直接利用的养分, 能够有效的改善和提高土壤理化性质和肥力水平, 这对于维持和提高土地的生产力水平是极其重要的。如果不考虑当地降水条件对作物产量的影响, 分析可以发现, 合理的轮作方式可以避免连茬种植对土地生产力产生的负面影响, 即作物的产量没有表现出连年降低的趋势。增产幅度最大的 4、8 两种轮作方式中, 各种作物的产量还表现出了稳定增加的趋势。小麦在连作的种植模式下, 产量较低且具有连年降低的趋势。在所有作物中, 黑豆、糜子、谷子和马铃薯等作物的产量水平是比较高的。

表 2 不同轮作方式下的产量状况 kg/hm ²							
轮作顺序	1987	1988	1989	1990	1991	5 年平均	较小麦轮作增加的百分比
1	1050	1950	2400	2062. 5	900	1672. 5	232. 84
2	1500	3397. 5	1140	2160	2137. 5	2070	311. 34
3	1800	1282. 5	1702. 5	3697. 5	1447. 5	1987. 5	295. 22
4	2047. 5	2100	2250	3742. 5	1335	2295	356. 72
5	1275	622. 5	1102. 5	562. 5	877. 5	885	76. 72
6	690	1155	750	1237. 5	450	855	70. 45
7	1402. 5	3615	1215	1200	1650	1815	261. 49
8	1860	2400	2452. 5	2550	1747. 5	2205	338. 21
9	502. 5	547. 5	607. 5	487. 5	352. 5	502. 5	

* 注: 马铃薯以 5 kg 折合 1 kg 粮食计算。

2.2 不同轮作方式下农作物产值效益分析

在市场经济条件下, 农作物的产值是与当时的市场需求, 即当时农产品的价格直接相关, 进而对农民经济收益的多少产生影响。在对上述作物产量进行调查的基础上, 根据

当年不同农作物的市场销售价格, 计算出不同轮作方式下, 不同作物的产值, 如表 3 所示。结果表明, 8 种轮作方式的平均年产值均比单一种植小麦的产值大幅度提高。在所有轮作方式中, 第 3, 4, 2, 1 等四种轮作方式的产值增加幅度是最大的。其中, 豆类作物(包括黑豆和黄豆) 由于具有较高的市场价格而表现出了较高的产值水平, 能够为农民带来更大的经济收益, 具有推广种植的价值。

表 3 不同轮作制度下作物的产值状况 元/hm ²							
轮作顺序	1987	1988	1989	1990	1991	平均	增加百分比
1	550. 2	2721	1152. 9	2791. 8	471. 6	1537. 5	346. 82
2	2092. 8	1644. 45	597. 3	3013. 65	1026. 9	1675. 05	386. 78
3	2436. 45	672	2304. 45	1776. 3	1959. 3	1829. 7	431. 73
4	983. 55	2842. 5	1207. 8	1691. 55	1862. 55	1717. 65	399. 15
5	1845. 9	326. 25	1613. 25	294. 75	1299. 3	1075. 95	212. 67
6	361. 5	1686. 45	393	1801. 65	235. 8	895. 65	160. 3
7	752. 85	1633. 95	1695. 15	628. 8	885. 75	1119. 3	225. 28
8	840. 75	1289. 7	1108. 15	1368. 9	789. 9	1079. 55	213. 73
9	346. 05	377. 1	418. 5	335. 85	242. 85	344. 1	

2.3 不同轮作方式下水土保持效益的分析

植被是防止和减少水土流失最有效的因素, 由于当地农业生产所需要的水分全部来自降雨, 地表径流的减少就意味着水分入渗的增加和土壤含水量的增加, 有利于降雨量的年际年内分配更加合理。因而作物覆盖下地表径流的减少在当地具有更加重要生态意义。从表 4 中可以看出, 第 3, 4, 5 等三种轮作方式能够更加有效的减少地表径流量, 其中以黑豆、春播荞麦和黄豆+ 黄芥三种作物减少地表径流量的效益更为明显。

表 4 不同轮作方式下的地表径流量 m ³ /km ²							
轮作顺序	1987	1988	1989	1990	1991	5 年平均	与 CK 水平沟相比
1	2990	72796	46850	6654	16645	29187	- 2. 61
2	3897	48266	45459	6373	27242	26247	7. 73
3	3235	48545	20980	7686	25178	21125	25. 73
4	3966	27302	46163	6799	27723	22391	21. 28
5	2634	53991	23564	7769	29954	23582	17. 09
6	3576	42946	44645	7598	39451	27643	2. 82
7	5129	68931	46197	7150	33262	32134	- 12. 97
8	3981	59191	46569	5510	34251	29900	- 5. 12
9	3391	69131	50133	17132	48804	37718	- 32. 60
10	2583	61427	47321	9116	21778	28445	
11	5583	78429	46327	15605	45471	38283	

在控制土壤侵蚀方面, 从表 5 中可以看出, 不同轮作方式都可以起到减少土壤侵蚀量是作用, 其中第 4, 3, 2, 6 等四种轮作方式的减沙效果最为明显。与其它作物相比, 黑豆、春播荞麦、糜子和谷子等作物能够更加有效的减少土壤侵蚀量。

大量的研究结果表明, 植被对于水土流失的影响机理是通过其冠层截留, 枯枝落叶层和根系抗冲以及综合作用而发挥减沙、减流作用的。因此作物的不同覆盖度, 或者其地上部分的不同伸展程度, 枯落物的多少等对于其水保效益的发挥具有重要的影响。同时由于当地的降雨量主要集中在 7, 8, 9 三个月, 因此如果作物的最大覆盖度能够与集中降雨时间一致, 则能够很好的发挥其水保作用; 否则极易加重水土流失, 如夏播荞麦的地上部分在降雨高峰期仍未达到较高的覆盖

度, 因此容易产生比较强烈的土壤侵蚀。

表 5 不同轮作条件下产生的土壤侵蚀量

轮作顺序	1987	1988	1989	1990	1991	5 年平均	与 CK 水平沟相比
1	53	4887	338	493	1230	1400	49. 78
2	135	1301	628	745	2614	1085	61. 10
3	42	411	813	1078	1244	718	74. 26
4	157	235	405	519	1873	638	77. 12
5	52	3187	1038	1345	1972	1519	45. 52
6	57	620	2065	2160	1740	1328	52. 35
7	133	5473	2102	2414	2998	2624	5. 88
8	166	2840	2361	2998	1801	2033	27. 07
9	331	3216	2291	2319	1759	1983	28. 87
10	66	4621	4985	1800	2468	2788	
11	244	18872	6677	2973	2952	6344	

2.4 合理轮作模式的选择

农业种植模式的推广需要有广大农民的参与和支持, 农民是农业生态系统的原型经管人。没有农民出自内心的热情改善境遇, 就不会有任何持久的重大改良。鼓励农民采用较好的作物生产方法(包括作为其必然结果的较好的地上覆盖), 其结果不仅能够提高作物生产, 而且也能够做好水土保持工作, 这正是我们期望的目的所在。目前最大的困扰是从属于解决土壤侵蚀问题的现行农业制度, 如果不能将侵蚀控制在母质生成土壤基本速率的水平, 在这种情况下, 一个看参考文献:

[1] 卢宗凡, 等. 中国黄土高原生态农业[M] . 西安: 陕西科学技术出版社, 1997.

(上接第 105 页)

随年份不同, 同一灌水量, 0 ~ 200 cm 土层土壤水分的垂直分布有所差异, 但每一年份内同一灌水量不论在冬小麦任何生育期一次补灌, 到收获期土壤水分的垂直分布规律相似, 因此地膜冬小麦在不同生育期一次补灌后, 收获期的土壤有效水分均基本耗竭。

同时, 在冬小麦的总耗水量组成中, 干旱年份 0 ~ 200 cm 土层土壤供水随供水量的增加而增大, 起身期供水 12, 24, 36, 48 mm 时土壤供水分别较 CK 增加 2. 01, 15. 45, 18. 99 和 25. 10 mm, 依次占总耗水量的 15. 7%、18. 8%、18. 9% 和 19. 7%。正常年份同样表现出随灌水量增大土壤供水增加, 但土壤供水占总耗水的百分率比干旱年份高出近一倍, 这与播前土壤贮水有关(1996 ~ 1997 年度 0 ~ 200 cm 土层播前土壤平均含水量较 1995 ~ 1996 年度高出 46. 5 g/ kg), 同时与降水分布特征有密切联系。正常年份降水基本满足作物阶段生长发育的需要, 冠层发育与光合同化产物积累分配正常, 促进土壤水分的吸收运转。

2.4 集雨补灌提高了地膜冬小麦蒸腾速率

旱地农田土壤水分的消耗主要有两个途径: 一是土壤水分的无效消耗, 二是可以带来干物质累积的有效消耗, 即作物蒸腾用水。研究结果表明, 冬小麦田土壤水分的无效消耗可以通过全生育期地膜覆盖穴播技术大大减轻, 使土壤水分参考文献:

[1] 李凤民, 等. 黄土高原半干旱地区春小麦农田有限灌溉对策初探[J] . 应用生态学报, 1995, 6(3) : 259- 264.
[2] 高世铭, 等. 半干旱区春小麦水分亏缺补偿效应研究[J] . 西北植物学报, 1995, 15(8) : 32- 39.

来暗淡的前景是, 土壤表土或根系层土壤或快或慢的流失, 而对土地的需要却在不断增加, 矛盾的冲突和恶化必将给当地的环境带来灾难。近年来有关混农林业, 复合农业, 生态农业以及农业可持续性发展等方面的研究都证实, 农民参与项目实施的积极性是当地开发与治理的关键。而农民参与开发的积极性是与其所能够获得的经济收入是直接相关的, 即与农产品的产值大小有直接的关系。因此, 在考虑农业种植模式生态效益的基础上, 应该把这种种植模式所能够产生的经济效益纳入选择种植模式的评价因子体系当中。

通过对不同轮作方式作物的产量、产值、地表径流量和土壤侵蚀量等项目的比较分析可以发现, 4, 3, 2 三种轮作方式, 即谷子 黑豆 糜子 马铃薯 黄豆; 黑豆 春播荞麦 黑豆 谷子 黑豆; 和黄豆 谷子 春播荞麦 黄豆 谷子三种轮作方式具有良好的经济效益和生态效益, 是一种合理的, 值得推广的种植模式。在各种不同的作物中, 黑豆、春播荞麦和谷子等农作物不仅具有较高的经济效益水平, 同时对土壤侵蚀量的减少具有较为明显的效果。因此, 根据不同作物的特点, 选择合理的作物种类进行轮作, 既可以带来较高的经济收益, 同时又可以较好的发挥其水土保持效益, 使二者达到和谐统一。

无效消耗由占总耗水量的 55. 98% 下降到 46. 73%, 降低 9. 25 个百分点。因此, 衡量有效消耗的水分利用效率也显著提高, 这主要是提高了蒸腾用水比率。进一步深入研究集雨补灌后作物有效用水变化表明, 集雨补灌提高土壤水分利用效率的关键是提高了蒸腾速率。干旱年份在地膜冬小麦灌浆期测定各补灌时期及每一时期不同补灌量蒸腾速率的结果表明, 随着一次补灌量的增加, 蒸腾速率明显提高。拔节期当补灌量为 12, 24, 36, 48 mm 时, 其蒸腾速率分别为 6. 36, 6. 64, 6. 84, 7. 35 $\mu\text{g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{s})$, 较不补灌蒸腾速率(5. 05 $\mu\text{g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{s})$) 提高 25. 94%、31. 48%、35. 45%、45. 54%; 从每一时期各供水量的平均值来看, 以拔节期最大, 在拔节期 24 mm 灌水量较其它时期补灌蒸腾速率提高 0. 31 ~ 1. 06 $\mu\text{g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{s})$ 。正常年份冬小麦扬花期测定灌水量 24 mm 处理, 拔节期蒸腾速率 3. 41 $\mu\text{g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{s})$ 较其它时期提高 0. 04 ~ 0. 11 $\mu\text{g}/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$ 。

3 结 论

旱地冬小麦集雨节灌具有显著的增产效果, 最佳补灌时期为拔节期, 其次为孕穗期。不同生育期补灌, 随供水量增大 WUE 提高。在拔节期 12, 24 mm 的低量供水较其它时期补灌 $IWUE$ 提高 2 ~ 6 倍, 表现出有限水分在作物需水关键期补灌的高效性。