

陕北坡耕地轮作方式对水保效应的影响

卢宗凡 张兴昌 苏敏 林和平

(中国科学院西北水土保持研究所 陕西杨陵 712100)

摘要 5年轮作试验表明,坡耕地合理轮作比CK小麦连作产量增加51~239 kg/亩,产值增加36.78~99.04元/亩;水土保持效益以3季里豆参与的轮作较明显,比小麦连作减少径流量43.99%,减少土壤侵蚀63.99%;土壤水分利用率提高0.507~0.409 kg/mm。

关键词 轮作方式;水保效益;土壤水分利用率

据调查杏子河流域水土流失面积达93%左右,土壤侵蚀模数高达1.4万 $\text{t}/\text{km}^2 \cdot \text{a}$,坡耕地90%以上水土流失严重。耕层土壤有机质含量仅0.2%~0.5%,全氮0.037%,碱解氮25.57 mg/kg,速效磷4 mg/kg,速效钾105 mg/kg,土壤氮磷俱缺。为了提高土壤肥力,我们在杏子河上游的纸坊沟开展了农作物轮作方式试验。

1 材料与方法

试验小区坡度23°,坡向北(仅小麦连作小区按需要种在阳坡),水平投影面积 $m: 20 \times 5$,四周用水泥板固埂,分上下两排,每排各5个小区,每小区下部与分流箱连接。共设11个处理: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→洋芋→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→洋芋→黄豆→春播荞麦→糜子;8)洋芋→糜子→洋芋→糜子→洋芋;9)(CK₁)小麦→小麦→小麦→小麦→小麦;10)(CK₂)水平沟→水平沟→水平沟→水平沟→水平沟;11)(CK₃)裸露地→裸露地→裸露地→裸露地→裸露地。轮作周期1987~1991年。

于每次降雨产生径流后,记录降雨量和土壤侵蚀模数。每年在土壤封冻前、解冻后、雨季前和雨季测定土壤水分,2 m以上土层,每10 cm为一层,2 m以下每20 cm为一层,重复2次。样品在105℃烘干,测定土壤水分含量。试验地管理同大田。

2 结果与分析

2.1 轮作方式对产量、产值的影响

• 系国家“七五”科技攻关项目

收稿日期 1992-09-26 修回日期 1992-11-05

由表 1 看出,与连作小麦 CK₁ 相比,处理 8 增产 227 kg/亩;处理 7 增产 175 kg/亩;处理 2 增产 209 kg/亩;处理 1 和 4 增产 166 kg/亩和 239 kg/亩;处理 5 和 6 增产幅度最小,增产 51 kg/亩和 47 kg/亩。不难看出有二、三季豆科作物参与的轮作,增产潜力均较大。

表 1 不同轮作方式对作物产量产值的影响

Table 1 The effect of different rotations on crop yield and value

处 理 Attribute	1	2	3	4	5	6	7	8	CK ₁
产量(kg/mu) Yield	233	276	265	306	118	114	242	94	67
产值(元/亩) Value(yuan/mu)	102.5	111.9	122.0	114.5	71.7	59.7	74.6	72.0	22.9

注:处理 1:一季黄豆一季黑豆参与轮作;处理 2:两季黄豆参与轮作;处理 3:三季黑豆参与轮作;处理 4:一季黄豆一季黑豆参与轮作;处理 5:三季黄豆间作黄芥参与轮作;处理 6:两季黄豆间作黄芥参与轮作;处理 7:一季黄豆参与轮作;处理 8:三季糜子两季黑豆轮作;处理 9 (CK₁) 小麦连作。以下表 2、表 3、表 4 同。作物产值以 1980 年不变价计算。

Note: Attribute: 1. 1 season soybean and black soybean; 2. 2 season soybean; 3. 3 seasons black soybean; 4. 1 season soybean and 1 season black soybean; 5. 3 seasons soybean intercropped by leaf mustard; 6. 2 seasons soybean intercropped by leaf mustard; 7. 1 season soybean; 8. 3 seasons millet and 2 seasons black soybean; 9. (CK₁) continuous growing wheat, similarly hereinafter. The output value is calculated on fixed value in 1980

作物产值,以 1980 年粮食不变价格将 5 年轮作周期不同作物的单产换算成产值列于表 2。表 2 表明与小麦连作 CK₁ 相比,三季黑豆参与轮作的处理。亩产值高达 121.98 元,比 CK₁ 小麦连作增加 99.04 元,无豆科作物参与轮作的处理 8 和黄豆+黄芥参与轮作的处理 5、6,增产值较小。表明在陕北黄土丘陵沟壑区,将豆科作物纳入轮作体系,是优化种植制度的一项重要措施。

2.2 轮作方式对径流量的影响

5 年轮作试验的结果(表 2)表明:有三季黑豆参与轮作的处理 3,平均径流量仅 21125 m³/km²·a,比 CK₁ 小麦连作减少 16593 m³/km²·a,减少幅度最大;有一季黄豆参与轮作的处理 7,年平均径流量达 32134 m³/km²·a 比 CK₁ 小麦连作减少 5584 m³/km²·a,减少幅度最小;处理 5、6,平均产量和产值虽然相对较低,但由于将黄豆与黄芥的间作纳入轮作体系,5 年平均径流量仅为 23582 m³/km²·a 和 27643 m³/km²·a,比 CK₁ 连作小麦减少 37.48%和 26.71%,径流减少幅度相对较高。三季黄豆+黄芥参与轮作的处理 5,平均径流量为 23582 m³/km²·a,比二季黄豆+黄芥参与轮作的处理 6 减少径流 4861 m³/km²·a,减少 14.69%。表明在黄土丘陵沟壑区坡耕地上,将豆科作物与油料作物黄芥纳入轮作体系,可以减少和防止径流,提高降雨的利用率。

表 2 不同轮作方式植被条件下降雨产生径流量的比较

Table 2 The runoff on different rotation systems

处 理 Attribute	1	2	3	4	5	6	7	8	CK ₁	CK ₂	CK ₃
径流量(m ³ /km ² ·a) Runoff	29187	26247	21125	22391	23582	27643	32134	29900	37718	28445	38283
比 CK ₁ 减少(%) Reduction than CK ₁	22.61	30.41	44.0	40.6	37.5	26.7	14.8	20.7	—	—	—
比 CK ₂ 减少(%) Reduction than CK ₂	-2.61	7.7	25.7	21.3	17.1	2.8	-13.0	-5.1	-32.6	—	—
比 CK ₃ 减少(%) Reduction than CK ₃	23.8	31.4	44.8	41.5	38.4	27.8	16.1	21.9	1.5	25.7	—

此外,从表 2 还可看出,同有一季黄豆一季黑豆参与轮作的处理 1 和 4,由于黑豆黄豆在轮作体系中安排的年份不同,5 年平均径流量差异也很大,与 CK₁ 小麦连作相比,径流量减少率相差 18.02%。其原因是 1988 年黄豆、黑豆生育期降雨量为 620.7 mm,其余年份生育期降

雨量均介于 400~500 mm 之间, 1988 年处理 1 黄豆小区径流量高达 $72796 \text{ m}^3/\text{km}^2 \cdot \text{a}$, 而黑豆小区仅为 $27302 \text{ m}^3/\text{km}^2 \cdot \text{a}$, 两者相差达 $45494 \text{ m}^3/\text{km}^2 \cdot \text{a}$ 。扣除 1988 年生育期降雨量影响, 则其余 4 年黄豆小区平均径流量为 $42095 \text{ m}^3/\text{km}^2 \cdot \text{a}$, 黑豆小区平均径流量 $14011 \text{ m}^3/\text{km}^2 \cdot \text{a}$, 两者差相 $28084 \text{ m}^3/\text{km}^2 \cdot \text{a}$ 。

需要指出的是, 无论哪种方式的轮作与间作, 与 CK_3 裸露地相比, 均能减少径流, 减少率介于 1.48%~44.82% 之间。但是, 与 CK_2 水平沟相比, 有的轮作方式不但没有减少径流, 反而增加径流。 CK_2 水平沟 5 年平均径流量为 $28445 \text{ m}^3/\text{km}^2 \cdot \text{a}$, 比 CK_3 裸露地 ($38283 \text{ m}^3/\text{km}^2 \cdot \text{a}$) 减少径流 $9838 \text{ m}^3/\text{km}^2 \cdot \text{a}$, 减少 25.70%, 说明水平沟的保水效果十分明显。

2.3 轮作方式对土壤侵蚀模数的影响

在 5 年轮作方式下土壤侵蚀模数资料 (表 3) 表明, 一季黄豆一季黑豆参与轮作处理 4, 三季黑豆参与轮作的处理 3, 土壤侵蚀模数仅为 $63 \text{ t}/\text{km}^2 \cdot \text{a}$ 和 $718 \text{ t}/\text{km}^2 \cdot \text{a}$, 比 CK_1 小麦连作依次减少侵蚀 67.82% 和 63.79%; 一季黄豆参与轮作的处理 7 与处理 8, 5 年平均土壤侵蚀模数达 $2624 \text{ t}/\text{km}^2 \cdot \text{a}$ 和 $2033 \text{ t}/\text{km}^2 \cdot \text{a}$, 与 CK_1 小麦连作侵蚀模数 $1983 \text{ t}/\text{km}^2 \cdot \text{a}$ 相比, 土壤侵蚀增加了 32.32% 和 2.52%。说明二季以上豆科作物参与轮作体系, 可以减少土壤侵蚀。

虽然, 在水平沟耕作条件下, 轮作及连作对防止降雨产生的径流作用不明显, 但对防止

表 3 不同轮作方法对土壤侵蚀模数比较

Table 3 The erosion modulus on different rotation system

处 理 Attribute	1	2	3	4	5	6	7	8	CK_1	CK_2	CK_3
侵蚀模数 ($\text{t}/\text{km}^2 \cdot \text{a}$) Erosion modulus	1400	1085	718	630	1519	1328	2624	2033	1983	2788	6344
比 CK_1 减少 (%) Reduction than CK_1	29.4	45.3	63.8	67.8	23.4	33.0	-32.3	-2.5	—	—	—
比 CK_2 减少 (%) Reduction than CK_2	49.8	61.1	74.5	77.1	45.5	52.4	5.8	27.1	28.9	—	—
比 CK_3 减少 (%) Reduction than CK_3	77.9	82.9	88.7	89.9	76.1	79.1	58.6	68.0	68.7	56.5	—

土壤侵蚀作用显著, 其土壤侵蚀减少率介于 5.88%~77.12% 之间。 CK_2 水平沟 5 年平均侵蚀模数为 $2788 \text{ t}/\text{km}^2 \cdot \text{a}$, CK_3 裸露地 5 年平均侵蚀模数为 $6344 \text{ t}/\text{km}^2 \cdot \text{a}$, 水平沟可减少土壤侵蚀 $3556 \text{ t}/\text{km}^2 \cdot \text{a}$, 减少率高达 56.05%。

综上所述, 以三季黑豆参与轮作的处理 3, 一季黑豆一季黄豆参与轮作的处理 1、4 及二季黄豆参与轮作的处理 2 的水土保持效益最优; 以 CK_1 小麦连作、无豆类作物参与轮作的处理 8 及有一季黄豆参与轮作的处理 7 的水土保持效益最低; 黄豆与黄芥间作参与轮作的处理 5 和 6, 虽产量、产值相对较低, 但抗冲蚀性能显著。因而, 如何将间作纳入粮豆轮作体系, 需进一步探讨。

2.4 轮作方式对土壤耗水量的影响

从表 4 看出, 由于小麦生育期较其它作物长 2 个多月, 因而, CK_1 小麦连作的土壤耗水量最大, 达到 499.4 mm; 而夏播荞麦生育期仅 3 个多月, 因此, 处理 5、6, 4 年平均耗水量仅为 373.1 mm 和 346.5 mm。经流系数 (R/P) 以小麦连作的 CK_1 最大, 为 13.07%; 处理 3

的径流系数最小, 仅为 5.13%。

表 4 不同轮作方式下土壤水分耗水量与土壤水分利用率的比较

Table 4 The soil water consumption and use rete on different rotation systemts

处 理	生育期 降水量 P (mm)	生育期 径流量 R (mm)	P-R mm 占 E%		径流系数 R/P (%)	土壤供水 量 Soil water supplement		土壤耗 水量 E (mm)	作物产 量 Y (kg/亩)	作物水 分利用 率 EY	比连作增 加 EY-EY 连作
Attribute	in growing season (mm)	in growing season (mm)			Runoff coefficient	mm 占 E%		Soil water consum- ption	Crop yield	Water use efficiency	Inereasing than continue cropping
1	498.9	35.7	463.2	105.39	7.16	-23.7	-5.39	439.5	243.0	0.555	0.409
2	498.9	31.0	467.1	107.38	6.37	-32.1	-7.38	435.0	294.5	0.627	0.531
3	498.9	25.6	473.3	99.14	5.13	4.1	0.86	477.4	271.0	0.568	0.422
4	498.9	27.0	471.9	99.14	5.41	4.1	0.86	476.0	314.3	0.660	0.514
5	363.5	28.0	334.7	89.71	7.92	38.4	10.29	373.1	105.5	0.283	0.137
6	385.3	33.7	351.6	101.47	8.75	-5.1	-0.47	346.5	119.8	0.346	0.200
7	498.9	38.9	460.0	97.66	7.30	11.0	2.34	471.0	256.0	0.544	0.398
8	498.9	36.4	462.5	99.01	7.30	4.6	0.89	467.1	305.0	0.653	0.507
9	353.5	46.3	307.2	61.47	13.07	192.2	38.53	499.4	73.0	0.146	

从表 4 还可看出, 合理轮作也有利于提高土壤水分利用率, 利用率介于 0.146%~0.653% 之间, 比连作小麦提高 0.507~0.409 kg/mm。尤以处理 2、4、8 最显著, 比小麦连作提高近 4 倍。

参 考 文 献

- 1 周会成等. 半干旱偏旱地区合理轮作农田水分效应的研究. 水土保持通报, 1990, (6);
- 2 赵学等. 糜子生育期土壤水分变化规律的研究. 水土保持通报, 1990, (6);

THE EFFECT OF ROTATION SYSTEM ON SOIL CONSENATION BENEFIT IN SLOPING FIELD OF NORTH SHAANXI

Lu Zongfan Zhang Xingchang Su Min Lin Heping

(Northwestern Institute of soil and water conservation, Chinese Academy of sciences and Ministry of water Resources)

ABSTRACT

The 5-year experiment showed that the rational rotation in sloping field could increase the crop yield of 51~239 kg/mu and output value of 36.78~90.04 yuan/mu than continuous growing wheat. The 3 seasons black soybean rotation had the signific soil conservation benefit which reduced runoff by 43.99%, erosion 63.99% and raised soil water use efficiency of 0.507~0.409kg/mu than continuous growing wheat.

Key words The main crop; Soil and water onservation effects; Water consumption of crop; Reasonable rotation