

# 黑土旱作农区高产高效轮作体系的研究<sup>\*</sup>

韩秉进 王占哲

(中国科学院黑龙江农业现代化研究所)

**摘要** 通过 1991~1995 年定位模拟试验研究,比较当前生产上运用的几种轮作体系的利弊、优劣。确定粮豆产量较高的轮作体系,经济效益较好的轮作体系,高产值、高效益的作物。明确不同轮作体系各作物养分投入产出情况及土壤养分变化。结果表明:生产上运用的轮作体系中,玉米—大豆—小麦—甜菜、亚麻是高粮豆产量型的轮作体系,玉米—大豆—甜菜、亚麻—大豆是高效益型的轮作体系。高效益作物是玉米、甜菜。通过试验中前茬后作产量、效益分析得出,最佳轮作体系是玉米—大豆—甜菜、亚麻,以及玉米—大豆—玉米—甜菜、亚麻。此两种轮作体系的粮豆产量比目前生产上高产量型的轮作体系高 20.3~36.5%。经济效益比目前生产上高效益型的轮作体系高 14.3~15.2%。

**关键词** 轮作体系 产量 产值 效益

**中图分类号** S344.13

为了解决生产实际问题,明确不同轮作体系的真正效益关系,正确指导生产,我们从 1991~1995 年结合国家“八五”科技攻关课题,开展了生产调查和定位模拟试验研究。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验设计

设计 4 种轮作体系处理,包含 5 种作物,3 个四区轮作,1 个三区轮作体系,同时铺设于田间,多年定位直接对比试验,除小麦、亚麻两作物平作外,其余作物均为垄作,垄距 0.7 米,16 垄区,区长 160 米,区宽 11.2 米,小区面积 0.1792 公顷,共计 15 个小区,试验地总面积 2.688 公顷。以 A<sub>1</sub>、A<sub>2</sub>、A<sub>3</sub>、A<sub>4</sub> 分别代表 4 种不同的轮作体系。

A<sub>1</sub>:玉米—大豆—甜菜、亚麻—大豆;A<sub>2</sub>:玉米—甜菜—大豆—小麦;A<sub>3</sub>:玉米—大豆—小麦—甜菜、亚麻;A<sub>4</sub>:其它—大豆—大豆。

### 1.2 试验地点

试验地点设置于黑龙江省海伦试验区,是我国东北粮豆主产区之一,典型中层黑土,质地为重壤,土壤有机质 4.49%,全氮 0.23%,全磷 0.15%,全钾 2.34%,速效氮 171.3 毫克/公斤,速效磷 44.7 毫克/公斤,速效钾 243.0 毫克/公斤,pH6.5,年降水量 500~600 毫米,有效积温 2 400~2 600℃。

### 1.3 施肥

试验地平均每年每公顷施优质有机肥 4 163 公斤,玉米施尿素 225 公斤,二铵 150 公斤,大豆施磷酸二铵 188 公斤,硫酸钾 53 公斤;小麦施尿素、磷酸二铵各 105 公斤,甜菜施尿素

<sup>\*</sup> 国家“八五”科技攻关项目一部分  
收稿日期 1995-10-18

188 公斤,磷酸二铵 150 公斤。

1.4 耕作

耕作采用旋松耙配套技术措施,秋整地。

1.5 取样及考种

每年秋季收获前每处理区按作物要求标准多点采样测产,考种。收获后按小区分别取耕层土样化验分析土壤养分变化情况。

2 试验结果与分析

2.1 产量

经过 1991~1995 年定位轮作试验,对一个轮作周期(4 年)各作物平均产量进行分析。详见表 1。由表 1 可以看出,粮豆产量最高的是 A<sub>3</sub> 轮作体系,平均产量 4 212.5 公斤/公顷,最低的是 A<sub>4</sub> 重迎茬大豆轮作体系,平均产量为 2 606.0 公斤/公顷。各轮作体系粮豆平均产量排列顺序为 A<sub>3</sub>>A<sub>2</sub>>A<sub>1</sub>>A<sub>4</sub>。其中正常轮作区大豆(A<sub>3</sub>、A<sub>2</sub>)平均产量为 2 702.1 公斤/公顷,较迎茬大豆 2 340.2 公斤/公顷(A<sub>1</sub>)增产 15.5%。较重迎茬混合轮作大豆 2 125.3 公斤/公顷(A<sub>4</sub>)增产 27.1%。

表 1 1992~1995 年各轮作体系作物平均产量比较 (kg/ha)

轮作作物	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	平均*
玉米	6751.9	6603.8	7156.5	6565.5( $\frac{1}{3}$ )	6810.5
大豆	2340.2(2)	2643.0	2761.2	2125.3(2)	2389.2
小麦	—	2777.7	2719.9	1560.0( $\frac{1}{3}$ )	2580.4
甜菜	31110.8( $\frac{1}{2}$ )	27134.3	25797.8( $\frac{1}{2}$ )	26851.5( $\frac{1}{3}$ )	27660.8
亚麻	5139.4( $\frac{1}{2}$ )	—	4973.3( $\frac{1}{2}$ )	—	5056.4
粮豆平均*	3810.8	4008.2	4212.5	2606.0	

\* 加权平均

2.2 产值及效益

由表 2 可以看出,各轮作体系平均产值顺序是 A<sub>1</sub>>A<sub>2</sub>>A<sub>3</sub>>A<sub>4</sub>,产值最高的 A<sub>1</sub>,平均每公顷产值 4 369.9 元,最低的是 A<sub>4</sub>,平均每公顷产值 3 762.2 元。除 A<sub>4</sub> 外,A<sub>1</sub>、A<sub>2</sub>、A<sub>3</sub> 粮豆产量与平均产值顺序完全相反,粮豆产量高,其产值却要低,说明作物产品价格因素在起主要作用。

表 2 1992~1995 年各轮作体系产值、效益比较 (元/ha)

轮作体系	项 目				轮作体系	项 目			
	产值	费用	效益	效益序号		产值	费用	效益	效益序号
A <sub>1</sub>	4369.9	2105.2	2264.7	1	A <sub>3</sub>	4097.2	2206.5	2090.7	3
A <sub>2</sub>	4349.5	2221.9	2127.6	2	A <sub>4</sub>	3726.2	1976.0	1750.2	4

注:本文效益是指产值—费用,而费用包括种子、化肥、农肥、机械、人工等,但未包含农业税、提留。各种生产资料及产品价格均按 1992~1995 年 4 年平均的市场价格计算。

效益分析:目前人们关注的不仅仅是产量高低,更注重的是产值和效益。随着市场经济的发展,关系到农民切身利益的是效益而不是产值,就效益本身所包含的内容也有不同的理解和解释。我们认为效益计算过程中的费用,应该包括人工费用,因市场经济因素不仅能使农用机械流向市场跑运输,也能使农村劳动力流动起来,农民可去城里打工,也可在本地去别人家农

田打工。因此原来活劳动不计入生产成本费用的做法,已难以真实反映效益关系。从表2的效益、序号栏可以看出,各轮作体系平均效益顺序是 $A_1 > A_2 > A_3 > A_4$ 。很显然,除 $A_4$ 外,这个顺序与粮豆平均产量的顺序完全相反,与平均产值的顺序相一致。这其中,效益最好的是 $A_1$ ,每公顷净收入2 264.7元,最低的是 $A_4$ ,每公顷净收入1 750.2元。说明在正规轮作体系( $A_3$ )中,去掉效益低的小麦,增加一区大豆比例后,大豆比例增加( $A_1$  迎茬大豆),效益也随之增加;但大豆比例继续增加,出现重茬大豆时( $A_4$  重迎茬大豆并存),效益就显著下降。

由表1各作物的平均产量对各作物的产值、效益进一步分析得出,目前价格体系下,各作物产值顺序为甜菜5 615.1>玉米4 937.7>大豆4 097.5>亚麻2 705.2>小麦2 386.9(元/公顷);效益顺序为玉米2 703.4>甜菜2 407.8>大豆2 266.7>亚麻1 045.1>小麦749.2(元/公顷)。高效益的作物是玉米、甜菜。

### 2.3 前茬后作关系

为了明确不同前茬对后茬作物产量的影响,将试验区 $A_1$ 、 $A_2$ 、 $A_3$ 、 $A_4$ 四种轮作体系中各作物不同前茬的平均产量列于表3进行直观比较。从表3可以看出,在本试验所采取的耕作、施肥等综合措施条件下,玉米最好的前茬为甜菜、亚麻茬;大豆最好的前茬为甜菜、亚麻茬,其次为玉米茬;甜菜、亚麻最好的前茬为大豆茬。由此分析各作物根据前茬后作对产量、效益的影响,优化组合后的最佳轮作体系应为:玉米—大豆—甜菜、亚麻,以及玉米—大豆—玉米—甜菜、亚麻。优化组合后的此两种最佳轮作体系,不仅粮豆产量更高,经济效益也更好,能大幅度提高粮豆产量和效益,与生产上高产量型、高效益型的轮作体系比较详见表3。

表3 不同前茬对后茬作物产量的影响 (kg/ha)

前 作 物 茬	玉米	大豆	小麦	甜菜	亚麻
玉米茬	—	2549.1	—	26687.0	—
大豆茬	7118.3	1886.3	2536.5	29576.3	5441.5
小麦茬	6988.0	2367.0	—	25847.0	5054.4
甜菜、亚麻茬	7583.5	2619.8	—	—	—

表4 最佳轮作体系产量、效益分析 (kg/ha、元/ha)

最佳轮作体系	比 $A_1$ 增加 数量	比 $A_1$ 增加 %	比 $A_3$ 增加 数量	比 $A_3$ 增加 %	最佳轮作体系	比 $A_1$ 增加 数量	比 $A_1$ 增加 %	比 $A_3$ 增加 数量	比 $A_3$ 增加 %
玉米—大豆—玉米—甜菜、亚麻					玉米—大豆—甜菜、亚麻				
粮豆平均产量 5750.3	1939.5	50.9	1537.8	36.5	粮豆平均产量 5066.3	1255.6	32.9	853.8	20.3
各区平均产值 4772.2	402.3	9.2	675.0	16.5	各区平均产值 4775.8	405.9	9.3	678.6	16.6
各区平均效益 2589.0	324.3	14.3	498.3	23.8	各区平均效益 2609.6	344.9	15.2	518.9	24.8

表4可以看出,最佳轮作体系玉米—大豆—甜菜、亚麻,比生产上高产量型的 $A_3$ 增加粮豆853.8公斤,增产20.3%,比高效益型的 $A_1$ 增加效益344.9元,增加15.2%;最佳轮作体系玉米—大豆—玉米—甜菜、亚麻,比生产上高产量型的 $A_3$ 增加粮豆1 537.8公斤,增产36.5%,比高效益型的 $A_1$ 增加效益324.3元,增加14.3%。

### 2.4 土壤养分变化

肥料养分的投入与产出情况分析详见表5。由表5可以看出:氮、五氧化二磷、氧化钾三种营养元素盈亏比较,各轮作体系土壤养分除五氧化二磷盈余外,氮、氧化钾均表现亏缺(尚未包

括田间损失部分);盈余较多五氧化二磷的是 A<sub>1</sub>、A<sub>1</sub> 轮作体系,其原因是该轮作体系中种植大豆比例大,大豆作物施磷酸二铵肥较多的缘故。

从土壤样品养分的化验分析表明,试验后比试验前土壤有机质含量各轮作体系都有所提高,其中提高较大的是 A<sub>4</sub>,增加 0.54%;其它养分指标 A<sub>4</sub> 也普遍增加,A<sub>1</sub> 除速效钾外,其它养分指标也都有增加(详见表 6)。可见扩大豆作面积后,对培肥土壤是有一定作用的。

表 5 肥料养分投入、产出情况分析 (kg/ha)

处理	肥料投入			产品产出			投入—产出		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
A <sub>1</sub>	76.9	78.7	59.0	89.7	41.8	109.0	-12.8	36.9	-50.0
A <sub>2</sub>	93.5	73.5	54.8	106.2	43.2	119.8	-12.7	30.3	-65.0
A <sub>3</sub>	85.3	69.2	52.4	98.5	39.8	104.8	-13.2	29.4	-52.4
A <sub>4</sub>	62.7	82.5	52.2	69.9	38.0	94.5	-7.2	44.5	-42.3
平均	79.6	76.0	54.6	91.1	40.7	107.0	-11.5	35.3	-52.4

表 6 土壤养分含量变化情况

项 目 \ 轮 作 体 系		A1	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>
有机质 (%)	试验前	4.57	4.37	4.38	4.54
	试验后	5.02	4.86	4.84	5.08
	试验后—试验前	0.45	0.49	0.46	0.54
全 氮 (%)	试验前	0.242	0.230	0.230	0.235
	试验后	0.246	0.234	0.236	0.247
	试验后—试验前	0.004	0.004	0.006	0.012
全 磷 (%)	试验前	0.156	0.150	0.145	0.146
	试验后	0.164	0.162	0.164	0.170
	试验后—试验前	0.008	0.012	0.019	0.024
全 钾 (%)	试验前	2.21	2.59	2.58	2.28
	试验后	2.39	2.35	2.38	2.37
	试验后—试验前	0.18	-0.24	-0.20	0.09
速效氮 (mg·kg <sup>-1</sup> )	试验前	169.2	162.1	179.5	161.3
	试验后	206.1	175.5	179.7	194.0
	试验后—试验前	36.9	6.4	0.2	32.7
速效磷 (mg·kg <sup>-1</sup> )	试验前	54.4	50.4	53.8	32.3
	试验后	65.6	54.3	49.3	65.6
	试验后—试验前	11.2	3.9	-4.5	33.3
速效钾 (mg·kg <sup>-1</sup> )	试验前	250.6	254.3	263.2	222.3
	试验后	225.5	214.7	230.6	243.7
	试验后—试验前	-25.1	-39.6	-32.6	21.4

3 结 语

3.1 由于粮食生产所采取开放性政策和农业技术的进步,农村对农作物经营由单纯高产量型

向高产值、高效益型发展。轮作体系也随之发生变化。生产实践和模拟试验表明,高产量不一定高效益。目前高产值,高效益的作物是玉米、甜菜。

3.2 围绕产量、效益为目标,正确地选择轮作体系,对实现预定目标会有很大帮助的。目前市场经济价格体系下,生产上运用的玉米—大豆—小麦—甜菜、亚麻轮作体系( $A_3$ )是粮豆产量型的;而玉米—大豆—甜菜、亚麻—大豆轮作体系( $A_1$ )才是效益型的;其它—大豆—大豆轮作体系( $A_4$ )的效益是最低的(1994年以前也不是最好的),生产上盲目扩大运用这一种植轮作方式并不能收到最大效益。

3.3 尽管生产上运用的轮作体系  $A_3$  是高产量型、 $A_1$  是高效益型的,但它们只是生产上存在、试验设计中较好的轮作体系,并不是最佳的轮作体系。通过 1992~1995 年 4 年定位模拟试验前茬后作的产量分析表明,最佳轮作体系应是(1)玉米—大豆—甜菜、亚麻;(2)玉米—大豆—玉米—甜菜、亚麻。这两种轮作体系,不仅粮豆产量更高,经济效益也更好,比生产上高效益型的  $A_1$  效益增加 14.3~15.2%,比生产上高粮豆产量型的  $A_3$  粮豆增加 20.3~36.5%,能大幅度提高这个地区的粮豆产量和效益。对实现全省新增粮食 75 亿公斤的宏伟战略目标,有着极其重要的作用,建议生产上的玉米—大豆—甜菜、亚麻—大豆( $A_1$ ; 1994 年以前较好的)轮作体系,玉米—大豆—小麦—甜菜、亚麻( $A_3$ )轮作体系,尽快向最佳的玉米—大豆—甜菜、亚麻轮作体系和玉米—大豆—玉米—甜菜、亚麻轮作体系转变,杜绝大豆重茬,尽可能减少大豆迎茬面积,扩大玉米种植面积。因眼下玉米、甜菜价格上扬幅度较大,玉米—玉米—甜菜、亚麻及玉米—大豆—玉米—甜菜轮作体系也可尝试。

3.4 施肥方面注意增施氮、钾肥(可通过增施优质农肥的方法),适当降低磷肥用量,能进一步提高整体效益。

## Study on High-production and High-benefit Rotating System in Black Soil Farming Region

Han Bingjin Wang Zhanzhe

(Heilongjiang Institute of Agricultural Modernization, Chinese Academy of Sciences)

**Abstract** From 1991 to 1995, advantages and disadvantages of various rotating systems were compared by site simulation experiments. High-production and high-benefit rotating system and high value crops have been determined; also, inputs and outputs as well as nutrient changes in rotating systems have been identified. The results show that rotation of corn—soybean—wheat—sugarbeet or flax belongs to high-production system; rotation of corn—soybean—sugarbeet or flax—soybean belongs to high-benefit system; corn and sugarbeet are high-benefit crops. The experiments also show that the best rotating systems are corn—soybean—sugarbeet or flax and corn—soybean—corn—sugarbeet or flax. The grain yield and economic benefit of the two systems are 20.3~36.5% and 14.3~15.2% higher than that of existing high-production system, respectively.

**Key words** Rotation system, Output, Output value, Benefit