

## 西北沿黄灌区不同作物间套作大豆产出效果分析

陈光荣, 张国宏, 王立明, 杨如萍

(甘肃省农业科学院 旱地农业研究所, 甘肃 兰州 730070)

**摘要:**为了客观地评价西北沿黄灌区不同作物间套作大豆的产出效果,进一步补充完善各栽培模式,应用土地当量比、产量当量、产值当量等不同量化指标对该区早熟马铃薯套作大豆、玉米间作大豆、小麦套作大豆、亚麻套作大豆及豌豆套作大豆的种植模式进行了分析,同时对5种模式的经济效益进行了评价。结果表明:与单作农田相比,早熟马铃薯套作大豆、玉米间作大豆、小麦套作大豆、亚麻套作大豆及豌豆套作大豆的种植模式土地利用效率分别提高了54%、34%、52%、52%、66%,单位面积产量分别为单作农田的1.39、1.28、1.48、1.55、1.64倍,单位面积产值分别为单作农田的1.43、1.31、1.54、1.53、1.69倍。从盈利看,依次为早熟马铃薯套作大豆、玉米套作大豆、豌豆套作大豆、小麦套作大豆及亚麻套作大豆模式,分别为20 033.48、11 786.85、11 312.02、9 941.03、9 748.05元·hm<sup>-2</sup>。

**关键词:**间套作;产出效果;经济效益;大豆

**中图分类号:**S565.1

**文献标识码:**A

**文章编号:**1000-9841(2013)05-0614-06

## Quantitative Evaluation and Analysis on Different Cropping Patterns of Soybean in Northwest Irrigation Districts along Yellow River

CHEN Guang-rong, ZHANG Guo-hong, WANG Li-ming, YANG Ru-ping

(Institute of Dryland Agriculture, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070, China)

**Abstract:** In order to quantitatively evaluate the benefits of different cropping patterns of soybean in Northwest irrigation districts along Yellow river, we adopted the concept of land equivalent ratio, yield equivalent and value of output equivalent, and analyzed the cropping patterns of early potato/soybean, wheat/soybean, corn//soybean, oil flax/soybean and pea/soybean. Compared with monoculture, land use efficiency of five patterns raised by 54%, 34%, 52%, 52% and 66%, unit area yield increased by 39%, 28%, 48%, 55% and 64%, unit area output value enhanced by 43%, 31%, 54%, 53% and 69%, respectively. The benefits of five cropping patterns in descending order were early potato/soybean, corn//soybean, pea/soybean, wheat/soybean and oil flax/soybean, the profit was 20 033.48, 11 786.85, 11 312.02, 9 941.03 and 9 748.05 yuan·ha<sup>-1</sup>, respectively.

**Key words:** Intercropping; Output efficiency; Economic benefits; Soybean

随着人们对食物与人体健康关系的深入研究,大豆的各项保健功能被逐渐认识和关注,从而使大豆身价倍增,成为21世纪的全球性健康食品。西北属于我国大豆非主产区,播种面积和总产量较小,远远低于该区域对大豆的需求量。因此,充分发挥西北沿黄灌区自然资源优势,利用现有的农业基础设施条件,把原有的丰富种植经验和现代科学技术有机结合起来,发展多种形式的高效多熟制种植方式来增加大豆种植面积,对实现西北地区食用大豆自给,缓解我国大豆供需矛盾将起到重要作用。

间套作被称为农村的“绿色工厂”,它能提高耕地的复种指数<sup>[1-6]</sup>;减少肥料投入,有效利用有限的资源<sup>[6-8]</sup>;防止水土流失<sup>[9-10]</sup>;抑制杂草滋生和防止病虫害蔓延,减少农药使用,起到生态防治的作

用<sup>[6,11-14]</sup>。近年来,国内外学者围绕间套作系统,尤其是豆科与禾本科构成的间套作系统地上部分光热资源的竞争、补偿,地下部水分、养分的吸收利用及转移进行了大量的研究<sup>[14,6-11]</sup>,为间套作的广泛应用奠定了坚实的理论基础。本研究针对西北沿黄灌区主要种植的马铃薯、玉米、小麦等作物与大豆间套作的模式,应用土地当量比、产量当量、产值当量等不同量化指标对各模式产出效果进行了对比分析,以期对不同作物生产的产量配置、最佳投入比例、种植比例提供指导性建议,为相关部门进行种植业结构的调整提供理论依据。

### 1 材料与方法

#### 1.1 研究地概况

试验在甘肃省会宁县郭城镇进行,地处N 36°

收稿日期:2013-04-02

基金项目:现代农业产业技术体系专项(CARS-04)。

第一作者简介:陈光荣(1980-),男,在读博士,主要从事作物高产高效栽培理论与技术研究。E-mail:chengr516@163.com。

通讯作者:张国宏(1963-),男,研究员,硕士生导师,主要从事作物遗传育种研究。E-mail:zhangguohong223@yahoo.com.cn。

21'、E 104°86',海拔 1 536 m,年平均气温 6.7℃,年均降雨量 320 mm,其中 7~9 月份占全年降雨量的 60%左右,年蒸发量达 1 600 mm,是平均降水量的 5 倍, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 有效积温 3 244℃,气候四季分明,日照充足,土壤为灰钙土和灌淤土。

## 1.2 试验设计

本研究是基于 2009~2012 年国家大豆产业体系甘肃镇原大豆综合试验站连续 4 年在沿黄灌区会宁县郭城镇开展大豆与不同作物间套作的试验示范研究的背景下进行的。大豆间套作种植模式主要有:

早熟马铃薯套作大豆:马铃薯选用早熟马铃薯克新 2 号,大豆选用冀豆 17,该栽培模式带幅是 150 cm,100 cm 起垄覆膜种 2 行马铃薯,起垄时,垄高 30 cm,垄面呈弧形。3 月 20 日种植马铃薯,密度 47 625 穴 $\cdot\text{hm}^{-2}$ ,行距 45 cm,穴距 33 cm。4 月 15 日种植大豆,50 cm 种 2 行大豆,密度为 15 万株 $\cdot\text{hm}^{-2}$ ,行距 40 cm。

春小麦套作大豆:春小麦选用当地广泛种植的宁春 4 号,大豆选用晚熟品种中黄 39,大豆套作春小麦带幅是 130 cm,80 cm 种 6 行小麦,播期是 3 月 16 日,密度 375 万株 $\cdot\text{hm}^{-2}$ ,行距 15 cm。50 cm 种 2 行大豆,4 月 15 日种植大豆,密度为 18 万株 $\cdot\text{hm}^{-2}$ ,行距 35 cm。

玉米间作大豆:玉米选用当地广泛种植的沈单 16,大豆选用晋豆 23,玉米间作大豆带幅是 200 cm,玉米宽窄行种植,宽行 160 cm,窄行 40 cm,宽行内间作 2 行大豆,大豆行距 40 cm,大豆距玉米 60 cm,玉米播期是 4 月 25 日,密度 50 025 株 $\cdot\text{hm}^{-2}$ 。4 月 15 日种植大豆,密度为 13.5 万株 $\cdot\text{hm}^{-2}$ 。

亚麻套作大豆:亚麻选用当地广泛种植的陇亚 10 号,大豆选用冀豆 12,大豆套作亚麻带幅是 120 cm,70 cm 种 4 行亚麻,播期是 3 月 20 日,密度 375 万株 $\cdot\text{hm}^{-2}$ ,行距 15 cm。50 cm 种 2 行大豆,4 月 15 日种植大豆,密度为 18 万株 $\cdot\text{hm}^{-2}$ ,行距 40 cm。

豌豆套作大豆:豌豆选用当地广泛种植的中豌 4 号,大豆选用中黄 39,豌豆套作大豆带幅是 120 cm,70 cm 种 4 行豌豆,播期是 3 月 15 日,密度 75 万株 $\cdot\text{hm}^{-2}$ ,行距 15 cm。50 cm 种 2 行大豆,4 月 15 日种植大豆,密度为 15 万株 $\cdot\text{hm}^{-2}$ ,行距 40 cm。

分别对各种种植模式中作物产量、种植面积、作物产值、种子投入、肥料投入、用工投入进行调查,

农业生产资料的价格数据来源于当地的市场调查和农户访问。

## 1.3 分析评价指标

### 1.3.1 间套作效果定量评价对照的构成分析

(1)对照的组成:间套作群体是充分利用不同作物生物学特性间的互补性,从空间上集约利用各种资源,实现农田的高产高效。评价间作产出效果应该以单作为对照,由于间套作群体由 2 种作物组成,因此,其对照也应该由构成间作群体的作物组成。

(2)对照的权重分析:间套作的各种作物播种面积不等,上位优势作物播种面积较大,下位劣势作物播种面积较小,作物间并不能以同等几率参与作物生产。为了客观准确地评价间作的产出效果,必须对这一因子赋予合理的权重。

间套作群体内不同作物占有耕地的差异一般用行比来体现,行比的变化能够客观地反映不同作物群体的权重。本文以间作群体的行比为基础,用占地系数作为评价不同作物群体的权重指标。在间套作群体中,某一作物的占地系数为其行比份额与全部作物行比份额总和的比值。

(3)间套作效果定量评价的方法:与单作相比,间套作群体是在熟制不变的基础上,通过调整各作物对以耕地为中心的农业资源的占有量,实施对空间的集约利用,剔除作物占地面积对间作产量或产值的影响,就能客观地反映间作的效果。本文应用土地当量比、产量当量、产值当量等不同量化指标,客观地反映间套作群体的效果。

### 1.3.2 间作效果定量评价的指标及其计算公式

土地当量比(the total land area of sole crop required to achieve the same yield as the intercrops, LER)是指获取与某种种植方式单位面积同等产量,同类农田相同作物单作所需的土地总面积。

土地当量比( LER)的计算公式为:

$$LER = \sum_{i=1}^n Y_i/Y_{i'} = Y_1/Y_{1'} + Y_2/Y_{2'} + \cdots + Y_n/Y_{n'} \quad (1)$$

式中: $Y_i$  为单位面积内复种农田各作物的产量或产值; $Y_{i'}$  为单位面积内与复种相应的各作物一熟时的产量或产值; $n$  为间套作农田种植或收获的次数; $i$  为间套种的各种作物。

间作当量(intercropping equivalent, IE)是指间作农田单位面积产量或产值与相同地块间作各作物单作产量或产值加权平均数的比值。

间作当量的计算公式为:

$$IE = \sum_{i=1}^n Y_i / \sum_{i=1}^n (Y'_i \times K_i) = (Y_1 + Y_2 + \cdots + Y_n) / (Y'_1 \times K_1 + Y'_2 \times K_2 + \cdots + Y'_n \times K_i) \quad (2)$$

式中:  $Y_i$  为单位面积内间作群体各作物产量或产值;  $Y'_i$  为单位面积内间作的各作物单作时产量或产值;  $K_i$  为间作的各作物的占地系数;  $n$  为间作各作物的种类或数量;  $i$  为间作群体中的各作物。间作当量可分为产量间作当量和产值间作当量。若以作物产量为比较参数, 则为产量间作当量; 若以作物产值为比较参数, 则为产值间作当量。

## 2 结果与分析

### 2.1 大豆间套作种植模式分析

2.1.1 早熟马铃薯套作大豆种植模式 在早熟马铃薯套作大豆模式下, 马铃薯的平均产量为  $39\,306.68\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 、大豆平均产量为  $2\,159.06\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ , 较马铃薯单作、大豆单作平均产量  $43\,087.76$ 、 $3\,370.35\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$  分别下降了  $8.78\%$ 、 $35.94\%$  (表 1)。马铃薯套作大豆可提高土地复种指数, 提高土地利用率, 具有良好的产出效果, 其单位面积产量、产值分别为单作的  $1.39$  和  $1.43$  倍。

表 1 早熟马铃薯套作大豆产出效果

Table 1 Output efficiency in early potato/soybean intercropping pattern

年份 Year	种植方式 Planting patterns	大豆产量 Yield of soybean / $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$	马铃薯产量 Yield of potato / $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$	土地当量比 LER	间作当量比 IE	
					产量 Yield	产值 Value
2009	大豆单作 Monoculture soybean	3214.05	—	—	—	—
	马铃薯单作 Monoculture potato	—	43189.50	—	—	—
	马铃薯/大豆 Potato/soybean	1910.85	38239.65	1.47	1.34	1.38
2010	大豆单作 Monoculture soybean	3562.65	—	—	—	—
	马铃薯单作 Monoculture potato	—	41920.35	—	—	—
	马铃薯/大豆 Potato/soybean	2239.35	39295.80	1.56	1.42	1.44
2011	大豆单作 Monoculture soybean	3259.65	—	—	—	—
	马铃薯单作 Monoculture potato	—	44614.65	—	—	—
	马铃薯/大豆 Potato/soybean	2123.85	40461.60	1.55	1.38	1.43
2012	大豆单作 Monoculture soybean	3445.05	—	—	—	—
	马铃薯单作 Monoculture potato	—	42626.55	—	—	—
	马铃薯/大豆 Potato/soybean	2362.20	39229.65	1.59	1.41	1.47
	平均 Mean	—	—	1.54	1.39	1.43

2.1.2 小麦套作大豆种植模式 在春小麦套作大豆模式下, 春小麦平均产量为  $5\,431.82\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 、大豆平均产量为  $2\,518.21\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ , 较春小麦单作、大豆单作平均产量  $6\,378.90$ 、 $3\,747.32\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$  分别

下降了  $14.85\%$ 、 $32.81\%$  (表 2)。大豆套作春小麦较单作土地利用效率提高  $52\%$ , 单位面积产量、产值分别为单作的  $1.48$  和  $1.54$  倍。

表 2 小麦套作大豆产出效果

Table 2 Output efficiency in wheat/soybean intercropping pattern

年份 Year	种植方式 Planting patterns	大豆产量 Yield of soybean / $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$	小麦产量 Yield of wheat / $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$	土地当量比 LER	间作当量比 IE	
					产量 Yield	产值 Value
2009	大豆单作 Monoculture soybean	3861.45	—	—	—	—
	春小麦单作 Monoculture wheat	—	6269.55	—	—	—
	小麦/大豆 Wheat/soybean	2621.85	5522.25	1.56	1.52	1.58
2010	大豆单作 Monoculture soybean	3922.35	—	—	—	—
	春小麦单作 Monoculture wheat	—	6655.65	—	—	—
	小麦/大豆 Wheat/soybean	2471.85	5391.60	1.44	1.40	1.45

续表 2

年份 Year	种植方式 Planting patterns	大豆产量 Yield of soybean /kg·hm <sup>-2</sup>	小麦产量 Yield of wheat /kg·hm <sup>-2</sup>	土地当量比 LER	间作当量比 IE	
					产量 Yield	产值 Value
2011	大豆单作 Monoculture soybean	3477.75	—	—	—	—
	春小麦单作 Monoculture wheat	—	6142.80	—	—	—
	小麦/大豆 Wheat/soybean	2369.55	5241.15	1.53	1.48	1.54
2012	大豆单作 Monoculture soybean	3727.80	—	—	—	—
	春小麦单作 Monoculture wheat	—	6447.60	—	—	—
	小麦/大豆 Wheat/soybean	2609.4	5572.35	1.56	1.51	1.57
	平均 Mean	—	—	1.52	1.48	1.54

2.1.3 玉米间作大豆种植模式 在玉米间作大豆模式下,玉米平均产量为 10 673.03 kg·hm<sup>-2</sup>,大豆的平均产量为 1 873.20 kg·hm<sup>-2</sup>,较玉米、大豆单作产量 13 442.18、3 431.78 kg·hm<sup>-2</sup> 分别下降了 20.6%、45.42% (表 3)。玉米间作大豆较单作土地利用效率提高 34%,单位面积产量、产值分别为单作的 1.28 和 1.31 倍。

表 3 玉米间作大豆产出效果

Table 3 Output efficiency in corn//soybean intercropping pattern

年份 Year	种植方式 Planting patterns	大豆产量 Yield of soybean /kg·hm <sup>-2</sup>	玉米产量 Yield of corn /kg·hm <sup>-2</sup>	土地当量比 LER	间作当量比 IE	
					产量 Yield	产值 Value
2011	大豆单作 Monoculture soybean	3269.40	—	—	—	—
	玉米单作 Monoculture corn	—	13265.55	—	—	—
	玉米//大豆 Corn//soybean	1912.35	10477.35	1.37	1.28	1.32
2012	大豆单作 Monoculture soybean	3594.15	—	—	—	—
	玉米单作 Monoculture corn	—	13618.8	—	—	—
	玉米//大豆 Corn//soybean	1834.05	10868.7	1.31	1.28	1.29
	平均 Mean	—	—	1.34	1.28	1.31

2.1.4 亚麻套作大豆种植模式 在亚麻套作大豆模式下,亚麻平均产量为 1 810.05 kg·hm<sup>-2</sup>、大豆平均产量为 2 402.70 kg·hm<sup>-2</sup>,较亚麻单作、大豆单作平均产量 2 260.35、3 354.90 kg·hm<sup>-2</sup> 分别下降了 19.92%、28.38% (表 4)。大豆套作亚麻较单作土地利用效率提高 52%,单位面积产量、产值分别为单作的 1.55 和 1.53 倍。

表 4 亚麻套作大豆产出效果

Table 4 Output efficiency in oil flax/soybean intercropping pattern

年份 Year	种植方式 Planting patterns	大豆产量 Yield of soybean /kg·hm <sup>-2</sup>	亚麻产量 Yield of oil flax /kg·hm <sup>-2</sup>	土地当量比 LER	间作当量比 IE	
					产量 Yield	产值 Value
2011	大豆单作 Monoculture soybean	3441.15	—	—	—	—
	亚麻单作 Monoculture oil flax	—	2159.10	—	—	—
	麻豆套作 Oil flax/soybean	2436.60	1759.65	1.52	1.56	1.54
2012	大豆单作 Monoculture soybean	3268.50	—	—	—	—
	亚麻单作 Monoculture oil flax	—	2361.45	—	—	—
	麻豆套作 Oil flax/soybean	2368.80	1860.45	1.51	1.54	1.52
	平均 Mean	—	—	1.52	1.55	1.53

2.1.5 豌豆套作大豆种植模式 在大豆套作豌豆这一模式下,豌豆平均产量是 3 627.75 kg·hm<sup>-2</sup>,大豆平均产量是 2 829.32 kg·hm<sup>-2</sup>,较单作豌豆、单作大豆平均产量 4 303.95、3 477.45 kg·hm<sup>-2</sup> 分别降

低了 15.72%、18.64% (表 5)。大豆套作豌豆较单作土地利用效率提高 66%,单位面积产量、产值分别为单作的 1.64 和 1.69 倍。

表 5 豌豆套作大豆产出效果  
Table 5 Output efficiency in pea/soybean intercropping pattern

年份 Year	种植方式 Planting patterns	大豆产量 Yield of soybean /kg·hm <sup>-2</sup>	豌豆产量 Yield of pea /kg·hm <sup>-2</sup>	土地当量比 LER	间作当量比 IE	
					产量 Yield	产值 Value
2011	大豆单作 Monoculture soybean	235.74	—	—	—	—
	豌豆单作 Monoculture pea	—	295.33	—	—	—
	豌豆/大豆 Pea/soybean	189.28	247.87	1.64	1.62	1.67
2012	大豆单作 Monoculture soybean	227.92	—	—	—	—
	豌豆单作 Monoculture pea	—	278.49	—	—	—
	豌豆/大豆 Pea/soybean	187.95	235.82	1.67	1.65	1.71
	平均 Mean	—	—	1.66	1.64	1.69

2.2 大豆不同间套作模式经济效益分析

根据试验示范数据和测产结果,各种农产品及农用生产资料的市价调查结果,机耕劳力折价的情况,计算出单位面积的成本、产值及盈利(表6),作为效益分析依据。从产值看,早熟马铃薯套作大豆模式最高,总产值和净产值平均可达 56 121.53, 39 592.20 元·hm<sup>-2</sup>;其次是玉米间作大豆模式,总产值和净产值平均为 34 185.45, 21 100.28 元·hm<sup>-2</sup>;小麦套作大豆、亚麻套作大豆及豌豆套作

大豆模式之间差异不大。从生产成本看,早熟马铃薯套作大豆最高,为 36 088.05 元·hm<sup>-2</sup>;其次是玉米间作大豆,为 22 398.60 元·hm<sup>-2</sup>;其他依次为小麦套作大豆、豌豆套作大豆及亚麻套作大豆,分别为 14 777.40, 12 479.33, 11 902.43 元·hm<sup>-2</sup>。从效益看,依次为早熟马铃薯套作大豆、玉米套作大豆、豌豆套作大豆、小麦套作大豆及亚麻套作大豆模式,分别为 20 033.48, 11 786.85, 11 312.02, 9 941.03, 9 748.05 元·hm<sup>-2</sup>。

表 6 大豆不同间套作模式经济效益分析  
Table 6 The analysis of economic benefits in various cropping patterns of soybean (yuan·hm<sup>-2</sup>)

年份 Year	种植方式 Planting patterns	总产值 Output value	人工费用 Labor cost	物质费用 Material cost	生产成本 Production cost	净产值 Net output value	效益 Profit
2011	马铃薯/大豆 Potato/soybean	54065.10	18877.05	16139.55	35016.60	37925.55	19048.50
	小麦/大豆 Wheat/soybean	23241.75	6419.10	8028.15	14447.25	15213.60	8794.50
	玉米//大豆 Corn//soybean	33122.55	9209.40	12981.45	22190.85	20141.10	10931.70
	亚麻/大豆 Oil flax/soybean	20818.80	4743.75	7023.75	11767.50	13795.05	9051.30
	豌豆/大豆/soybean	23189.85	5179.05	7004.55	12183.60	16185.30	11006.25
2012	马铃薯/大豆 Potato/soybean	58177.95	20240.40	16919.10	37159.50	41258.85	21018.45
	小麦/大豆 Wheat/soybean	26195.10	6478.35	8629.20	15107.55	17565.90	11087.55
	玉米//大豆 Corn//soybean	35248.35	9417.45	13188.90	22606.35	22059.45	12642.00
	亚麻/大豆 Oil flax/soybean	22482.15	4898.55	7138.80	12037.35	15343.35	10444.80
	豌豆/大豆 Pea/soybean	24392.85	5489.10	7285.95	12775.05	17106.90	11617.80
平均 Mean	马铃薯/大豆 Potato/soybean	56121.53	19558.73	16529.33	36088.05	39592.20	20033.48
	小麦/大豆 Wheat/soybean	24718.43	6448.73	8328.68	14777.40	16389.75	9941.03
	玉米//大豆 Corn//soybean	34185.45	9313.43	13085.18	22398.60	21100.28	11786.85
	亚麻/大豆 Oil flax/soybean	21650.48	4821.15	7081.28	11902.43	14569.20	9748.05
	豌豆/大豆 Pea/soybean	23791.35	5334.08	7145.25	12479.33	16646.10	11312.02

3 讨 论

西北沿黄灌区属于温带干旱、半干旱大陆性气候类型,≥10℃有效积温 3 244℃,日照充足,作物生长一季有余,两季不足,该区大豆种植主要以间套

作为主,间套种作物主要有小麦、亚麻、豌豆等,但该区大豆播种面积和总产量较小,远远低于该区域对大豆的需求量。近年来,随着产业结构的调整,马铃薯、玉米成为该区的主要粮食作物,种植面积逐年扩大,伴随着马铃薯及玉米产业的发展,其问题也日益突出,长期连作易造成马铃薯、玉米产量

降低,品质下降,生产上需要通过轮作来避免因连作障碍而产生的减产,这就妨碍了马铃薯及玉米种植面积的扩大且增加了基地建设成本。鉴于该区域马铃薯、玉米发展中存在的问题及大豆发展的迫切需要,国家产业体系甘肃镇原大豆综合试验站提出了早熟马铃薯套作大豆及玉米间作大豆的模式。马铃薯套作大豆及玉米间作大豆充分利用两种作物在光、热、水、肥上的空间生态位和时间生态位上的差异,实现马铃薯、玉米、大豆在资源上的时空互补利用,既能促进该区主要粮食作物马铃薯、玉米高产,又增种一季大豆,提高了资源利用效率和土地生产率,增加了农民收入,实现了资源的可持续利用和农业的可持续发展。

大豆间套作不同作物的模式之间不仅效益不同,投入结构也有较大的差异,需要具体分析。针对投入情况作进一步分析,早熟马铃薯套作大豆的模式盈利最高,但生产成本也最高,人工费、物质费分别为 19 558.73 和 16 529.33 元·hm<sup>-2</sup>,该模式实现了土地、劳动力、土壤养分和水热资源在时间和空间上的集约化利用,具有提高土地产出量及可持续利用性的优势,适宜在该区域大面积示范推广,但还需进一步加强农机农艺配套的深入研究。若资金、劳动力都相对缺乏可以选择小麦套作大豆、亚麻套作大豆及豌豆套作大豆模式,这些模式生产成本较低且差异不大,但从效益看,豌豆套作大豆模式相对较高,比小麦套作大豆、亚麻套作大豆模式分别提高 13.79%、16.04%。玉米间作大豆模式下,玉米间作大豆平均产值 34 185.45 元·hm<sup>-2</sup>,较玉米单作产值 32 203.80 元·hm<sup>-2</sup>仅提高了 6.15%,说明适宜该区的配套栽培技术尚未形成,有必要对间作大豆的品种、播期及行穴配置等关键因子进行进一步试验研究。

## 参考文献

- [1] Jurik T W, Van K. Microenvironment of a corn-soybean-oat strip intercropping system[J]. *Field Crops Research*, 2004, 90:335-349.
- [2] De Bruin J L, Pedersen P. Effect of row spacing and seeding rate on soybean yield[J]. *Agronomy Journal*, 2008, 100:704-710.
- [3] Sudmeyer R A, Speijers J. Influence of windbreak orientation, shade and rainfall interception on wheat and lupin growth in the absence of below-ground competition [J]. *Agroforestry Systems*, 2007, 71: 201-214.
- [4] Peng X B, Zhang Y Y, Cai J, et al. Photosynthesis, growth and yield of soybean and maize in a tree-based agroforestry intercropping system on the Loess Plateau [J]. *Agroforestry Systems*, 2009, 76: 569-577.
- [5] 常汝镇, 邱丽娟, 李向华. 我国大豆的生产和创新研究[J]. *中国农学通报*, 2001, 17(3):91-93. (Chang R Z, Qiu L J, Li X H. Production and innovative research of soybean in China[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2001, 17(3):91-93.)
- [6] 常汝镇, 王连铮. 大豆研究 50 年[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2010:32-35. (Chang R Z, Wang L Z. Soybean research for 50 years[M]. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 2010:32-35.)
- [7] Hauggaard-Nielsen H, Ambus P, Jensen E S. Interspecific competition, N use and interference with weeds in pea-barley intercropping [J]. *Field Crops Research*, 2001, 70:101-109.
- [8] Zhang F S, Li L. Using competitive and facilitative interactions in intercropping systems enhances crop productivity and nutrient-use efficiency[J]. *Plant and Soil*, 2003, 248:305-312.
- [9] Ainsworth E A, Yendrek C R, Skoneczka J A, et al. Accelerating yield potential in soybean: potential targets for biotechnological improvement[J]. *Plant, Cell & Environment*, 2012, 35:38-52.
- [10] Kamruzzaman M, Hasanuzzama M. Factors affecting profitability of sugarcane production as monoculture and as intercrop in selected areas of Bangladesh [J]. *Bangladesh Journal of Agricultural Research*, 2007, 32:433-444.
- [11] Bokhtiar S M, Hossain M S, Mahmud K, et al. Site specific nutrient management for sugarcane potato and sugarcane onion in intercropping systems [J]. *Asian Journal of Plant Sciences*, 2003, 2: 1205-1208.
- [12] Sangoi L, Gracietti M A, Rampazzo C, et al. Response of Brazilian maize hybrids from different eras to changes in plant density[J]. *Field Crops Research*, 2002, 79:39-51.
- [13] 董钻. 大豆产量生理[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000:20-25. (Dong Z. Soybean yield physiology [M]. Beijing: Agricultural Press, 2012:20-25.)
- [14] 韩天富, 常汝镇. 关于我国大豆产业发展途径的探讨[J]. *中国食物与营养*, 2007(8):11-13. (Han T F, Chang R Z. Discussion of approach to China's soybean industry development [J]. *Food and Nutrition in China*, 2007(8):11-13.)