

# 玉米大豆间作对大豆农艺、品质和产量性状的影响

赵小光<sup>1</sup>, 赵兴忠<sup>1</sup>, 刘颖萌<sup>1</sup>, 肖金平<sup>1</sup>, 张璞<sup>1</sup>, 张雅蕾<sup>2</sup>, 王丽萍<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>陕西省杂交油菜研究中心, 陕西杨凌 712100; <sup>2</sup>杨陵区高级中学, 陕西杨凌 712100)

**摘要:**为阐明玉米大豆间作模式下大豆品种的农艺性状、品质性状和产量性状的变化规律, 选取7个大豆品种与玉米品种‘陕单650’进行间作种植, 分析了间作和单作模式下大豆品种各性状的差异。结果表明: 间作大豆的株高、结荚高度和主茎节数比单作大豆高, 但单株荚数和结荚密度比单作大豆低, 间作大豆的生育期比单作大豆长; 间作大豆的粗脂肪和蛋白质比单作大豆高, 间作大豆的饱和脂肪酸的含量比单作大豆降低, 而亚油酸和亚麻酸含量比单作大豆高; 间作大豆的单株粒重、单株粒数、每荚粒数比单作大豆低, 百粒重在不同的品种间变化规律不一致, 7个大豆品种在间作模式下的产量比单作模式平均低49.88%。通过各性状的分析, 为我们在不同的区域筛选合适大豆品种进行玉米大豆复合种植提供了有力支持。

**关键词:**大豆; 玉米; 间作; 品质; 产量

中图分类号: S513

文献标志码: A

论文编号: cjas2023-0022

## Effects of Maize and Soybean Intercropping on Agronomic, Quality and Yield Traits of Soybean

ZHAO Xiaoguang<sup>1</sup>, ZHAO Xingzhong<sup>1</sup>, LIU Haomeng<sup>1</sup>, XIAO Jinping<sup>1</sup>, ZHANG Pu<sup>1</sup>,

ZHANG Yalei<sup>2</sup>, WANG Liping<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>Hybrid Rape Research Center of Shaanxi Province, Yangling 712100, Shaanxi, China;

<sup>2</sup>Yangling Middle School, Yangling 712100, Shaanxi, China)

**Abstract:** In order to expound the changing rules of agronomic traits, quality traits and yield traits of soybean varieties under maize and soybean intercropping mode, 7 soybean varieties and maize variety 'Shandan 650' were selected for intercropping, and the differences of various traits of soybean varieties under the intercropping and the monocropping modes were analyzed. The results showed that the plant height, pod height and nodes on main stem of intercropping soybeans were higher than that of monocropping soybeans, but the pod number per plant and pod density of intercropping soybeans were lower than that of monocropping soybeans, and the growth period of intercropping soybeans were longer than that of monocropping soybeans; the crude fat and protein of intercropping soybeans were higher than that of monocropping soybeans, the content of saturated fatty acid of intercropping soybeans were lower than that of monocropping soybeans, but the content of linoleic acid and linolenic acid of intercropping soybeans were higher than that of monocropping soybeans; the grain weight per plant, number of grains per plant and number of grains per pod of intercropping soybeans were lower than that of monocropping soybeans. The changing rules of 100-grain weight were not consistent among different varieties. The average yield of 7 soybean varieties under intercropping mode was 49.88% lower than that under monocropping mode. Through the analysis of various traits, it provided strong support for us to select suitable soybean varieties in different regions for maize and soybean compound planting.

**基金项目:** 陕西省农业协同创新与推广联盟2022年示范推广项目“优质高产大豆新品种‘秦豆2018’示范与推广”(LM202202)。

**第一作者简介:** 赵小光, 男, 1982年出生, 陕西西安人, 助理研究员, 硕士, 主要从事作物生理与高产栽培技术的研究。通信地址: 712100 陕西省杨凌示范区高干渠路西段6号 陕西省杂交油菜研究中心, Tel: 029-68259050, E-mail: scuzxg@126.com。

**通信作者:** 赵兴忠, 男, 1979年出生, 陕西安康人, 助理研究员, 本科, 主要从事大豆品种选育工作。通信地址: 712100 陕西省杨凌示范区高干渠路西段6号 陕西省杂交油菜研究中心, Tel: 029-68259050, E-mail: baidu25@126.com。

**收稿日期:** 2023-01-30, **修回日期:** 2023-04-21。

**Keywords:** soybean; maize; intercropping; quality; yield

## 0 引言

玉米是中国第一大粮食作物,2021年全国玉米总产量为2.725亿t,播种面积达 $43.3 \times 10^6$  hm<sup>2</sup>,其总产量和总面积在中国所有农作物中均居首位<sup>[1]</sup>,同时,玉米又是畜牧业、养殖业、水产业等的重要饲料来源,在中国农业经济发展中占据重要地位。大豆是中国第五大农作物和第二大油料作物,也是高蛋白饲料的主要来源,对畜牧业的发展至关重要。20世纪80年代,玉米和大豆套种是中国传统农业生产中一种重要的间作种植模式,有利于农产品均衡供给,该间作种植模式对当时的农产品生产及均衡供给做出了重要贡献<sup>[2]</sup>。近年来,随着农业机械化的普及,大豆相较于玉米等同生态区同季作物经济效益显著降低,从而导致其种植面积急剧减少<sup>[3]</sup>。自20世纪90年代中期以来,随着中国经济的快速发展,中国大豆进口量持续攀升,对国际大豆市场的依存度不断增加。尽管中国大豆产量近3年呈现快速增长趋势,2021年大豆总产为1640万t<sup>[4]</sup>,但是国内大豆供需比例仍然严重失衡,约85%的大豆需要从国外进口,中国如今已成为全球最大的大豆进口国<sup>[5-6]</sup>。因此,急需增加中国大豆的种植面积和总产量,近几年国家层面推出一系列新举措,通过多途径促进大豆产业的振兴。农业农村部种植业管理司会同全国农技中心和四川农业大学大豆研究人员,对原有的玉米大豆间作技术进行了改良和创新,提出开展大豆玉米带状复合种植是贯彻落实国家粮食安全的重要措施,是增加大豆生产的有效途径,很大程度上推动了国内玉米大豆间作新农艺与大豆产业的发展。

近年来,随着全球环境恶化和粮食危机等问题的加剧,一些传统种植模式再次引起农业科研人员的广泛关注<sup>[7]</sup>。间作模式是指在同一块土地上,根据一定行数比例,在同一时期以成行或成带(多行)的形式种植2种或以上相似生长期的作物<sup>[8]</sup>。通过不同作物间作能够协调作物间竞争与互补关系,从而高效利用光能和水分<sup>[9-10]</sup>、改善土壤肥力<sup>[11]</sup>、提高土地资源利用效率<sup>[12-13]</sup>,在等同的土地面积上提高群体总产量和经济效益<sup>[14-15]</sup>。据统计,在中国已有的100多种不同作物间作组合中,70%的组合都含有豆科作物,而禾本科与豆科间作是中国常见的种植模式,实际应用范围最为广泛<sup>[16]</sup>。目前,国内外学者关于玉米和大豆间作的研究重点主要集中在栽培技术的优化和产量的提升上<sup>[17-20]</sup>,对大豆的具体性状研究较少。在开展间作模式下大豆各性状的研究时,仅仅针对农艺性状<sup>[21]</sup>、品质性状<sup>[22]</sup>、

产量性状<sup>[23]</sup>等单一或部分性状进行分析,未能从整体上进行分析,可能导致筛选出的间作大豆品种出现产量和品质不能同步提升的情况,影响间作模式的推广。因此,本研究选取7个大豆品种开展玉米大豆间作试验,研究间作后大豆的农艺性状、品质性状和产量性状变化规律,评价大豆品种的丰产性与适应性,对陕西关中地区玉米大豆间作模式下大豆品种的选用,发挥玉米大豆间作模式下大豆品种的增产潜力具有重要意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

大豆品种分别为‘秦豆8号’(QD8)、“秦豆2014”(QD2014)、“秦豆2017”(QD2017)、“秦豆2018”(QD2018)、“安豆203”(AD203)、“圣育6号”(SY6)、“华豆10号”(HD10)。秦豆系列品种由陕西省杂交油菜研究中心提供,“AD203”、“SY6”、“HD10”及玉米品种“陕单650”(SD650)由陕西杨凌秦丰种业股份有限公司提供。

### 1.2 试验设计

实验于2021—2022年连续2年在陕西省杨凌示范区试验基地进行。2021年6月12日同期播种玉米和大豆,2021年10月10日同时收获,2022年6月15日同期播种玉米和大豆,2022年10月14日同时收获。采取单因素随机区组法种植小区,每个大豆品种分别设玉米大豆间作和大豆单作2个处理,另设玉米单作处理,各处理小区面积4.8 m×6 m,3次重复。玉米大豆间作每个处理种2带,带宽2.4 m,带长6 m,玉米和大豆播行按2:3种植,玉米行距为40 cm,大豆行距为30 cm,株距均为12 cm,玉米和大豆间距70 cm。玉米单作行距60 cm,株距22 cm,大豆单作行距40 cm,株距13 cm。所有田间管理措施均采用当地常规管理方法,施肥分别为尿素(含N 46%)、过磷酸钙(含P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 14%)和氯化钾(含K<sub>2</sub>O 52%),共施纯氮240 kg/hm<sup>2</sup>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 150 kg/hm<sup>2</sup>、K<sub>2</sub>O 225 kg/hm<sup>2</sup>。

### 1.3 试验指标

收获前一周在各小区随机取代表性大豆植株10株,考察株高、结荚高、主茎节数、有效分枝数、结荚密度等农艺性状,取平均数进行统计分析;大豆成熟时,每小区连续取10株大豆单株,统计单株荚数、单株粒数、单株粒重、每荚粒数和百粒重,然后取平均值进行统计分析;对每个小区进行单独收获测产,从混合样品抽取50 g大豆种子样品用于品质性状检测,按照

GB/T 17376—2008《动植物油脂脂肪酸甲酯制备》和GB/T 17377—2008《动植物油脂脂肪酸甲酯的气相色谱分析》规定的方法测定大豆脂肪酸组份<sup>[24]</sup>,利用德国BRUKER公司生产的核磁共振仪(NMR)对粗脂肪进行测定<sup>[25]</sup>,蛋白质含量测定参照GB/T 144892—2008凯氏定氮法<sup>[26]</sup>。

1.4 数据分析

试验数据利用Excel 2010进行初步整理,所有样品的数据按照以上的分类方法进行归类,然后求平均值,用SPSS 19.0数据统计软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同种植模式下大豆的农艺性状比较

从表1可以看出,7个大豆品种在间作模式下,株高比单作均有所增高,品种之间差异较大,‘QD8’株高增加了24.8 cm,而‘QD2014’和‘AD203’只增加了1.4 cm,间作的7个大豆品种株高比单作平均增加了9.6 cm。结荚高也表现为间作大豆高于单作大豆,增加的范围为0.7~6.6 cm,平均增加了2.7 cm。有效分

枝数表现为间作大豆低于单作大豆,7个间作大豆的有效分枝数变化为1.4~2.5个,单作大豆的有效分枝数变化为1.5~2.9个,间作大豆的有效分枝数比单作大豆平均少0.5个。主茎节数的变化规律与有效分枝数相反,间作大豆的主茎节数变化为15.4~19.3个,单作大豆的主茎节数变化为13.9~17.5个,间作大豆的主茎节数比单作大豆平均增加1.2个。结荚密度表现为间作大豆小于单作大豆,7个间作大豆的结荚密度变化为0.4~1.2个/cm,单作大豆的结荚密度变化为0.6~1.7个/cm,间作大豆的结荚密度比单作大豆平均少0.3个/cm。各大豆品种在间作模式下的生育期均比单作模式延长,间作大豆生育期比单作大豆平均多了4.1 d。不同种植模式下,农艺性状的差异主要是由于玉米的遮阴造成的,由于玉米植株比大豆高大,大豆为了接收更多的光照,植株向上生长明显,从而造成了间作大豆株高、结荚高度和主茎节数增加,而有效分枝数和结荚密度降低。在成熟期,叶片不能快速变黄,从而延长了生育期。

表1 间作和单作模式下大豆的农艺性状

品种	模式	株高/cm	结荚高/cm	有效分枝数	主茎节数	结荚密度/(个/cm)	生育期/d
QD8	间作	126.6±1.2a	15.9±0.3a	1.4±0.1a	18.1±0.3a	0.4±0.1a	105
	单作	101.8±0.9b	11.9±0.4b	1.5±0.1a	17.5±0.2b	0.7±0.1b	100
QD2014	间作	64.1±0.7a	19.2±0.2a	2.0±0.1a	16.2±0.3a	1.1±0.1a	113
	单作	62.7±0.5b	16.1±0.3b	2.2±0.2a	13.9±0.4b	1.3±0.1a	110
QD2017	间作	114.1±1.1a	11.1±0.5a	1.6±0.2a	19.3±0.2a	0.5±0.1a	114
	单作	104.4±1.3b	8.8±0.3b	2.3±0.1b	16.8±0.1b	0.6±0.1a	110
QD2018	间作	81.8±0.7a	23.0±0.2a	1.5±0.3a	17.5±0.2a	0.7±0.2a	108
	单作	72.2±0.9b	22.3±0.4b	2.9±0.2b	16.3±0.1b	1.4±0.1b	104
AD203	间作	68.2±0.4a	16.0±0.2a	2.5±0.1a	15.4±0.2a	1.0±0.1a	109
	单作	66.8±0.3b	15.2±0.3b	2.9±0.2b	15.1±0.3a	1.1±0.1a	105
SY6	间作	61.2±0.7a	17.5±0.3a	2.3±0.1a	15.6±0.2a	1.2±0.1a	113
	单作	48.4±0.9b	16.2±0.2b	2.7±0.1b	14.8±0.1b	1.7±0.2b	108
HD10	间作	88.8±1.2a	18.7±0.5a	1.9±0.2a	15.6±0.3a	0.6±0.1a	107
	单作	81.6±1.1b	12.1±0.3b	2.1±0.1a	15.2±0.3a	0.6±0.1a	103

注:同列数值后不同小写字母表示同一品种内不同处理之间差异显著(P<0.05)。下表同。

2.2 不同种植模式下大豆的品质性状比较

表2比较了玉米大豆间作和大豆单作模式下大豆品质性状的变化,可以看出,2种植模式下品质性状的各指标在7个大豆品种中表现出相同的规律。粗脂肪和蛋白质是大豆的重要品质性状,也是审定大豆新品种的主要指标。间作模式下大豆的粗脂肪含量均高于单作大豆,高出的范围为0.15%~1.03%,平均高出

0.53%。蛋白质含量也表现出相同的规律,间作模式下大豆的蛋白质含量比单作模式高出的范围为0.06%~2.21%,平均高出0.74%。棕榈酸和硬脂酸属于饱和脂肪酸,间作大豆的2种饱和脂肪酸含量均比单作大豆低,单作大豆的棕榈酸和硬脂酸分别比间作大豆平均高出0.46%和0.52%。油酸、亚油酸和亚麻酸属于不饱和脂肪酸,对人体健康有重要作用。油酸含量在不

表2 间作和单作模式下大豆的品质性状

品种	模式	粗脂肪/%	蛋白质/%	棕榈酸/%	硬脂酸/%	油酸/%	亚油酸/%	亚麻酸/%
QD8	间作	20.83±0.12a	43.21±0.06a	10.87±0.05a	2.95±0.03a	22.12±0.07a	52.48±0.11a	9.89±0.04a
	单作	20.23±0.07b	41.00±0.12b	11.38±0.10b	2.98±0.05a	23.04±0.08b	51.59±0.14b	9.72±0.03b
QD2014	间作	20.70±0.08a	41.82±0.07a	10.81±0.12a	2.40±0.05a	21.24±0.13a	55.73±0.21a	9.77±0.05a
	单作	19.67±0.05b	40.87±0.07b	11.09±0.14b	3.58±0.04b	24.21±0.16b	51.73±0.17b	9.64±0.07b
QD2017	间作	21.52±0.11a	40.24±0.05a	10.72±0.07a	2.26±0.05a	21.31±0.12a	54.45±0.06a	9.62±0.11a
	单作	21.10±0.13b	40.18±0.04a	10.73±0.05a	2.61±0.07b	23.14±0.11b	53.28±0.12b	8.87±0.09b
QD2018	间作	19.92±0.08a	41.46±0.06a	10.73±0.15a	2.64±0.11a	19.76±0.15a	54.99±0.04a	10.87±0.14a
	单作	19.77±0.07b	40.58±0.04b	11.44±0.12b	2.87±0.08b	20.48±0.13b	53.71±0.08b	9.84±0.07b
AD203	间作	20.44±0.15a	41.10±0.06a	10.83±0.07a	2.65±0.07a	22.04±0.07a	53.98±0.09a	10.20±0.13a
	单作	19.75±0.11b	40.73±0.12b	11.67±0.06b	3.52±0.04b	24.31±0.06b	52.06±0.08b	9.86±0.14b
SY6	间作	18.34±0.06a	43.89±0.07a	10.88±0.14a	2.88±0.13a	21.65±0.17a	52.77±0.14a	9.53±0.14a
	单作	18.00±0.04b	43.66±0.06b	11.41±0.11b	3.67±0.11b	26.22±0.19b	47.79±0.15b	8.76±0.07b
HD10	间作	19.57±0.07a	41.81±0.05a	10.73±0.07a	3.00±0.07a	25.04±0.12a	52.02±0.07a	8.34±0.17a
	单作	19.12±0.09b	41.35±0.03b	11.06±0.05b	3.17±0.06b	27.43±0.14b	51.49±0.05b	7.58±0.15b

同种植模式下表现为间作大豆低于单作大豆,而亚油酸和亚麻酸含量则表现为间作大豆高于单作大豆,单作大豆的油酸含量比间作大豆平均高出2.24%,而间作大豆的亚油酸和亚麻酸含量分别比单作大豆平均高出2.11%和0.56%。

2.3 不同种植模式下大豆的产量性状比较

从表3可以看出,7个品种在间作模式下的单株荚数比单作模式有明显的下降,品种之间差异较大,‘QD2017’在间作模式下的单株荚数比单作模式少了27.2个,而‘SY6’在间作模式下的单株荚数仅比单作模式少1.5个,7个品种在间作模式下的单株荚数比单作模式平均少了11.5个。单株粒数也表现出相同的规律,‘QD2017’在间作模式下的单株粒数比单作模式少了68.8个,而‘AD203’在间作模式下的单株粒数仅比

单作模式少0.5个,7个品种在间作模式下的单株粒数比单作模式平均少了29.5个。单株粒重是大豆产量的最直接衡量指标,从表中可以看出大豆品种在间作模式下的单株粒重均低于单作模式,7个品种在间作模式下的单株粒重比单作模式降低的范围为0.8~14.3 g,平均降低了5.0 g。百粒重在品种之间变化的规律不一致,‘QD2017’和‘AD203’在间作模式下的百粒重分别比单作模式下降了0.43 g和0.91 g,而其余4个品种在间作模式下的百粒重分别比单作模式增加了0.68~6.23 g。7个品种在间作模式下的每荚粒数比单作模式均有所下降,下降的范围为0.1~0.3个,平均下降了0.2个。从上面分析可以看出,间作种植模式对大豆产量性状影响比较明显,除了百粒重在个别品种上表现为增加,其余产量性状均有所下降。

表3 间作和单作模式下大豆的产量性状

品种	模式	单株荚数/个	单株粒数/个	单株粒重/g	百粒重/g	每荚粒数/个
QD8	间作	43.8±2.5a	75.7±5.3b	14.15±1.2a	18.69±0.4a	2.2±0.1a
	单作	63.5±1.8b	123.5±4.2b	20.05±1.4b	16.24±0.7b	2.4±0.2a
QD2014	间作	48.2±3.7	102.9±3.3a	23.60±1.5a	22.93±0.5a	2.5±0.2a
	单作	62.6±2.2b	128.2±2.5b	28.52±0.9b	22.25±0.4a	2.6±0.3a
QD2017	间作	40.4±3.7a	72.7±2.1a	14.44±0.9a	19.86±0.3a	2.3±0.1a
	单作	67.6±4.2b	141.5±2.3b	28.71±1.3b	20.29±0.5a	2.6±0.3b
QD2018	间作	47.2±2.3a	85.2±4.1a	19.09±1.6a	22.41±0.7a	2.3±0.1a
	单作	57.5±1.7b	122.2±3.7b	24.32±1.4b	19.90±0.6b	2.6±0.1b
AD203	间作	53.8±2.1a	82.5±1.2a	23.33±0.7a	28.27±0.5a	2.0±0.2a
	单作	56.1±1.3b	83.0±1.6a	24.22±0.5a	29.18±0.4b	2.0±0.1a



续表 3

品种	模式	单株荚数/个	单株粒数/个	单株粒重/g	百粒重/g	每荚粒数/个
SY6	间作	54.8±1.5a	111.5±1.3a	24.99±1.2a	25.10±0.7a	2.5±0.2a
	单作	56.3±1.7b	127.3±2.4b	27.02±1.3b	18.87±0.4b	2.8±0.1b
HD10	间作	39.1±2.7a	69.5±2.2a	17.06±1.4a	24.54±0.3a	2.2±0.1a
	单作	44.2±2.1b	80.6±1.9b	19.10±0.7b	23.70±0.4b	2.3±0.1a

2.4 不同种植模式下经济效益分析

从图 1 可以看出,玉米大豆间作后 2 种作物的产量均有下降,大豆的产量下降较为明显,7 个大豆品种的间作产量分别为 811.20~1638.79 kg/hm<sup>2</sup>,平均下降了 1162.47 kg/hm<sup>2</sup>。‘AD203’的产量下降幅度最小,间作模式下的产量比单作模式低了 40.71%,‘QD2017’的产量下降幅度最大,间作模式下的产量比单作模式低了 62.78%,7 个大豆品种在间作模式下的产量比单作模式平均低了 49.88%。玉米品种‘SD650’在单作和间作模式下的产量分别为 10053.45、9242.25 kg/hm<sup>2</sup>,间作模式的产量仅比单作模式下降了 8.07%。从上面分析可以看出,尽管大豆和玉米间作种植后,大豆的产量下降较为明显,但是玉米产量影响较小,单位面积上 2 种作物的产量总和比单一种植作物要高,基本达到了国家倡导的“玉米不减产,多收一料豆”的种植目的。

3 结论

通过不同种植模式下 7 个大豆品种的农艺性状、品质性状和产量性状的分析,可以得出间作大豆的株高、结荚高度和主茎节数比单作大豆高,但单株荚数和结荚密度比单作大豆低,间作大豆的生育期比单作大豆延长;间作大豆的粗脂肪和蛋白质比单作大豆高,间作大豆的硬脂酸和棕榈酸的含量比单作大豆低,而亚油酸和亚麻酸这两种不饱和脂肪酸含量则比单作大豆高;间作大豆的单株粒重、单株粒数、每荚粒数比单作大豆低;7 个大豆品种在间作模式下的产量比单作模式平均低 49.88%,‘QD2018’在单作和间作 2 种模式下的产量都分别高于其他大豆品种;百粒重在不同的品种间变化规律不一致,‘QD2017’和‘AD203’在间作模式下的百粒重分别比单作模式下降,而其余 4 个品种在间作模式下的百粒重分别比单作模式增加。

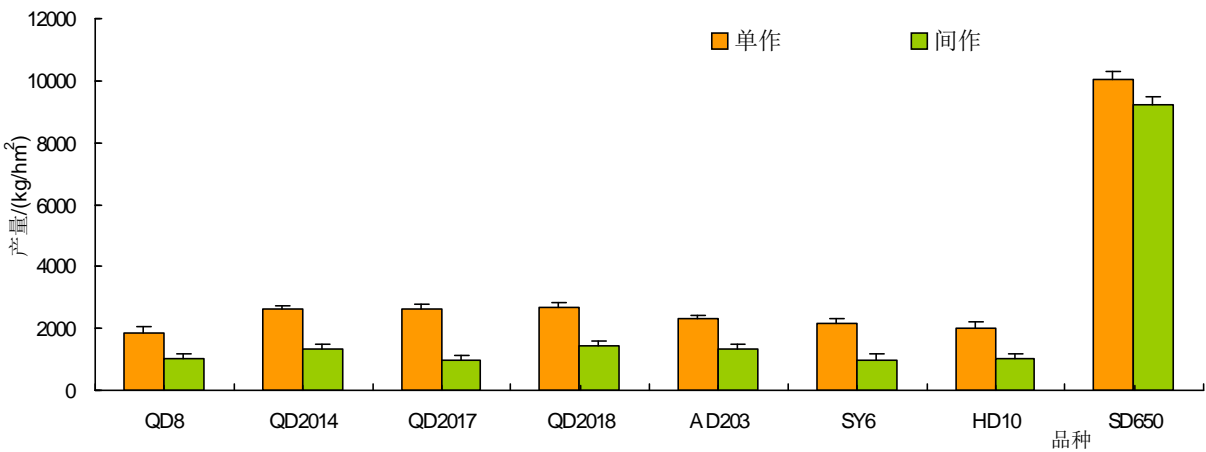


图 1 间作和单作模式下大豆和玉米的产量比较

4 讨论

不同作物进行间作种植既可以提高土地利用率,还能通过作物在不同空间的生长分配有效利用光能,提高单位面积粮食的产量。在目前中国优质耕地面积减小的局面下,间作是一项保证粮食稳产及增产的有效措施<sup>[27]</sup>。玉米大豆间作模式是在不影响玉米产量的前提下,通过在玉米田地套种大豆从而增加大豆种植面积和产量的种植技术<sup>[28]</sup>,合理配置玉米和大豆行数

及行距,筛选适合间作的大豆品种,对玉米大豆间作系统中的作物的生长、产量构成和群体效益均具有重要的作用<sup>[29]</sup>。

前人研究发现玉米和大豆进行间作后,玉米和大豆的籽粒产量均低于玉米或大豆的单作产量<sup>[30-31]</sup>,本研究通过玉米和大豆进行带状复合种植,在相同面积的耕地上,玉米产量较单作下降了 8%,大豆产量较单作平均下降了 50%,与前人结果一致。而前人的研究中,

间作模式下的作物总产主要取决于行大豆和玉米行数比<sup>[32]</sup>、水肥供给<sup>[33]</sup>、光照强度<sup>[34]</sup>等,合理的间作设计可以提高单位面积的总产。本实验采取玉米和大豆2:3的间作模式,结果表明7个大豆品种和玉米的总产均高于玉米单产或大豆单产,从而提高了单位面积作物的总产量,因此该模式比较适合在当地进行种植。合理的种植模式,能使间作模式下玉米的实际种植密度和单作模式保持一致,且玉米和大豆分别利用不同空间高度的光照,能够保证间作玉米光合能力不受影响;同时玉米、大豆间作能够提升玉米对氮、磷元素的吸收和积累量,所以玉米的产量变化较小。而大豆在生长后期受到玉米枝叶的遮光影响,光合能力降低以及对氮、磷吸收量也表现降低<sup>[35]</sup>,最终7个大豆品种的产量下降均比较明显。分析深层原因,玉米大豆间作模式使得种间竞争态势及效应发生变化,从而引起产量差异<sup>[36]</sup>。

玉米大豆间作对大豆的农艺性状影响较大,由于玉米和大豆的植株高度差异,大豆主要利用低层空间的光照,玉米主要利用中上层的光照。然而在生长后期,玉米枝叶茂盛,而大豆为了完成灌浆需要获得更多的光能来转化能量,所以与玉米竞争中层的生长空间,表现大豆植株的营养体生长旺盛,分枝较长,株高、结荚高度和主茎节数均有所增加,这与前人的研究一致<sup>[21,33]</sup>。由于光能的不足,导致间作大豆的营养体虽然变大,但是单株荚数和结荚密度比单作大豆有所降低,结实率较差;而在产量性状上,由于受到农艺性状的影响,间作大豆的单株粒重、单株粒数、每荚粒数均比单作大豆下降,从而导致产量下降比较明显。虽然间作大豆的产量比单作大豆降低,但品质性状却得到了提高,间作大豆的粗脂肪和蛋白含量均比单作大豆提高。梁英兰<sup>[22]</sup>研究发现,玉米大豆间作后,大豆的蛋白质含量提高,脂肪含量降低,两者之和与单作大豆无显著差异。而本研究发现,间作大豆的蛋白质和粗脂肪含量均高于单作大豆,这可能与各自选用的大豆材料特性及种植地域有关,还需进一步研究。间作大豆的饱和脂肪酸的含量比单作大豆降低,而亚油酸和亚麻酸含量则表现为间作大豆高于单作大豆。可以看出,玉米大豆间作后,虽然大豆产量有所降低,但是却收获了高品质的大豆。

### 参考文献

- [1] 张诗靓,文浩楠,杨艳涛.新形势下稳定中国玉米供给的影响因素研究——基于东北地区动态面板数据的实证分析[J].中国农业资源与区划,2019,40(12):214-219.
- [2] 牛永锋,咎凯,张莹莹,等.鲜食玉米播期对鲜食玉米-大豆间作群体产量和经济产值的影响[J].大豆科技,2022,179(4):18-22.
- [3] 田国强,何秀荣.国产大豆“量增价跌”现象的反思[J].大豆科技,2018,154(3):8-12.
- [4] 孙玲,单维民,李丙军.玉米大豆套种轮作的优势及机械化增产技术[J].特种经济动植物,2022,25(11):124-126.
- [5] 曹永强,王昌陵,王文斌,等.国内外大豆产业、科技现状浅析与我国大豆产业发展思考[J].辽宁农业科学,2019,310(6):44-48.
- [6] 王新刚,喻佳节,司伟.2021年大豆产业发展趋势与政策建议[J].大豆科技,2021,170(1):15-18.
- [7] 王静,苏东涛,李娜娜,等.黄土地区玉米大豆带状复合种植产量与收益分析[J].天津农业科学,2022,28(9):9-14.
- [8] NELSON W C D, HOFFMANN M P, VADEZ V, et al. Testing pearl millet and cowpea intercropping systems under high temperatures [J]. Field crops research,2018,217:150-166.
- [9] SAGAR M, JNANA B P, PILLI M, et al. Potential of intercropping system in sustaining crop productivity [J]. International journal of agriculture, environment and biotechnology,2019,12(1):39-45.
- [10] 王小林,徐伟洲,张雄,等.黄土地区夏玉米物质生产及水分利用对品种间作竞争的响应[J].中国生态农业学报,2018,26(3):377-387.
- [11] 但春风,王家豪,黄莉娟,等.玉米/紫花苜蓿间作对土壤化学性质的影响[J].黑龙江畜牧兽医,2020(14):97-102,107.
- [12] LI L, SUN J H, ZHANG F S. Intercropping with wheat leads to greater root weight density and larger below- ground space of irrigated maize at late growth stages [J]. Soil science and plant nutrition,2011,57:61-67.
- [13] GITARI H I, NYAWADE S O, KAMAU S. Revisiting intercropping indices with respect to potato- legume intercropping system [J]. Field crops research,2020,258:107957.
- [14] 柴强,杨彩红,黄高宝.交替灌溉对西北绿洲区小麦间作玉米水分利用的影响[J].作物学报,2011,37(9):1623-1630.
- [15] 程彬,刘卫国,王莉,等.种植密度对玉米-大豆带状间作下大豆光合、产量及茎秆抗倒的影响[J].中国农业科学,2021,54(19):4084-4096.
- [16] 林伟伟,李娜,陈丽珊,等.玉米与大豆种间互作对根际细菌群落结构及多样性的影响[J].中国生态农业学报(中英文),2022,30(1):26-37.
- [17] 封亮,黄国勤,杨文亭,等.江西红壤旱地玉米|大豆间作模式对作物产量及种间关系的影响[J].中国生态农业学报(中英文),2021,29(7):1127-1137.
- [18] 朱喜霞,郑玉珍,王海红,等.机械化条件下“豆玉”不同行距配置和减肥对作物产量及大豆光合特性的影响[J].中国农学通报,2022,38(29):16-21.
- [19] 曹曼君,王婧瑜,崔悦,等.不同玉米大豆间作行比对大豆光合特性及产量的影响[J].大豆科学,2023,42(1):48-54.
- [20] 舒泽兵,罗万宇,蒲甜,等.基于高产与高效条件下鲜食玉米鲜食大豆带状间作田间配置技术优化[J].作物学报,2023,49(4):1140-1150.
- [21] 梁建秋,于晓波,何泽民,等.不同熟期类型大豆品种在玉豆间作模式下农艺性状和产量的比较研究[J].中国油料作物学报,2021,43(6):1077-1086.
- [22] 梁英兰.玉米大豆间作行距对大豆生长及品质的影响[J].特种经济动植物,2023,26(2):38-40.
- [23] 汪宏伟,杜勇芝.间作种植模式对玉米和大豆干物质积累与产量

- 影响分析[J]. 种子科技,2022,40(17):25-27.
- [24] 陈文杰,赵兴中,王灏,等. 不同甘蓝型油菜高含油量种质资源的脂肪酸成分分析[J]. 现代生物医学进展,2009,9(1):46-49.
- [25] 湖北国家粮食质量监测中心.GB/T 14488.1—2008,植物油料含油量测定[S]. 北京:中国标准出版社,2008.
- [26] 赵卫国,王灏,穆建新,等. 甘蓝型油菜DH群体主要品质性状相关性主成分分析[J]. 中国农学通报,2019,35(14):18-24.
- [27] 何忠军,张秀英,龙德祥,等. 秦巴山地玉米套种条件下大豆品种丰产及稳产性分析[J]. 湖北农业科学,2022,61(16):47-51.
- [28] YANG F, HUANG S, GAO R C, et al. Growth of soybean seedlings in relay strip intercropping system in relation to light quantity and red: Far-red ratio [J]. Field crops research,2014,155:245-253.
- [29] 杨峰,娄莹,廖敦平,等. 玉米-大豆带状套作行距配置对作物生物量、根系形态及产量的影响[J]. 作物学报,2015,41(4):642-650.
- [30] 李易玲,彭西红,陈平等. 减量施氮对套作玉米大豆叶片持绿、光合特性和系统产量的影响[J]. 中国农业科学,2022,55(9):1749-1762.
- [31] 汪宏伟,杜勇芝. 间作种植模式对玉米和大豆干物质积累与产量影响分析[J]. 种子科技,2022,40(17):25-27.
- [32] 王贝贝,廖敦平,范元芳,等. 玉米大豆套作窄行距对作物竞争效应及物质分配的影响[J]. 中国油料作物学报,2020,42(5):734-742.
- [33] 肖特,崔阔澍,黄文娟,等. 玉米/大豆带状套作种间根系互作效应与水分利用效率[J]. 西南农业学报,2022,35(12):2758-2771.
- [34] 曹曼君,王婧瑜,崔悦等. 不同玉米大豆间作行比对大豆光合特性及产量的影响[J]. 大豆科学,2023,42(1):48-54.
- [35] 陈国栋,黄高宝,柴强. 不同带型及施氮条件下玉米间作豌豆的产量表现和氮肥利用率[J]. 中国土壤与肥料,2013(3):78-82.
- [36] 张向前,黄国勤,卞新民,等. 间作对玉米品质、产量及土壤微生物数量和酶活性的影响[J]. 生态学报,2012,32(22):7082-7090.