

木薯//大豆间距对间作作物农艺性状及品质的影响

高蕊¹, 龚颖婷¹, 李沛然¹, 李艳平¹, 年海^{1,2}, 程艳波^{1,2}, 连腾祥^{1,2}, 牟英辉^{1,2}

(1. 华南农业大学 农学院, 广东 广州 510642; 2. 华南农业大学 国家大豆改良中心广东分中心, 广东 广州 510642)

摘要:木薯间作短期作物是常见的栽培模式之一,本文以木薯南植 199 和大豆华春 8 号为试验材料,在不同间距处理下,记录和测定作物的农艺性状和品质,试图了解间作距离对其的影响,为两种作物合理配置获得高产高效提供理论和技术依据。结果显示:间距处理对大豆的有效分枝数、主茎节数和木薯的株高具有显著影响,而对两种作物的其它农艺性状无显著影响。当间作间距为 D30 时,大豆蛋白质、粗脂肪和 3 种脂肪酸含量显著提高,木薯淀粉含量高于其它处理,但低于单作木薯。此外,间距处理对木薯的单株产量有影响显著,单作和 D50 间距处理的木薯单株产量高于其它处理,但对大豆的单株产量无显著影响。结果表明 D30 的间距间作模式下,木薯和大豆的品质性状具有优势,而 D50 的间距间作模式下,木薯和大豆的产量性状具有优势。

关键词:木薯;大豆;间作;农艺性状;品质;产量

中图分类号:S565.1 **文献标识码:**A **DOI:**10.11861/j.issn.1000-9841.2018.01.0081

Effects of the Cassava and Soybean Spacing in an Intercropping System on the Agronomic Traits and Crop Quality

GAO Rui¹, GONG Ying-ting¹, LI Pei-ran¹, LI Yan-ping¹, NIAN Hai^{1,2}, CHENG Yan-bo^{1,2}, LIAN Teng-xiang^{1,2}, MU Ying-hui^{1,2}

(1. College of Agriculture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China; 2. Sub-center of National Soybean Improvement Center, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: The cassava intercropping short-term crop is one of the common cultivation patterns. In this paper, cassava Plantation 199 and soybean Huachun 8 were used as experimental materials. The agronomic traits and quality of the two crops were measured under different spacing treatments. This research was mean to reveal the impact of intercropping distance on the agronomic traits and quality, and to provide theoretical and technical basis of the rational allocation and high yield of the two crops. The results showed that the number of the effective branching,the main stem nodes of soybean and the plant height of cassava were significantly affected by the intercropping, while there was no significant effect on other agronomic traits of the two crops. With intercropping spacing D30 treatment, soybean protein content, fat content and three kind of fatty acid contents were significantly increased, cassava starch content of cassava was lower than mono-cropping treatment, although higher than other spacing treatments. Moreover, intercropping had the more significant effect on the cassava, the cassava yield was higher than other treatments, while there was no significant effect on the yield of soybean. In conclusion, the quality traits of cassava and soybean had an advantage under the D30 intercropping distance, while the yield traits of corp had advantages under the D50 intercropping distance.

Keywords: Cassava; Soybean; Intercropping; Agronomic traits; Quality; Yield

在农业生产中,间作系统会提高光的利用效率,使农业生产效率提高^[1-3]。研究表明木薯间作套种其它短期农作物的方式可以控制杂草^[4]。在华南 9 个省的木薯主产区,木薯间套作短期作物占木薯总种植面积的 50% 以上^[5]。大豆特别适合与其它作物间套作,发展间套作是增加大豆总产量的有效途径之一^[6-7]。因此,在农业系统中,木薯与大豆间作被广泛使用,被认为是一种有较高农业生产能力的潜在系统,木薯与大豆间作是一种高产高效的种植方式,可以提高光能和养分利用效率,提高单位面积的生产效率和经济效益^[8-14]。在玉米和大豆间作体系中,随着间距降低,大豆受隐蔽胁迫加大,其相关农艺性状和地上部的生物量都发生了相应改变,最终影响大豆产量^[15]。甘蔗与大豆的间作行距对大豆产量有显著影响,对甘蔗产量无显著影响,且不同的行距下各处理的蔗地总利润差异性也不相同^[16-17]。目前,木薯生产上一般沿用传统的间作模式,即在木薯常规行距下间种大豆,而对在此间种模式下收益是否最佳的研究较少。本研究通过木薯与大豆间作,分析不同的间作间距对木薯和大豆农艺性状、品质及产量的影响,为两种作物合理配置获得高产高效提供理论和技术依据。

收稿日期:2017-09-13
基金项目:国家现代农业产业技术体系建设专项(CARS-04-PS09)。
第一作者简介:高蕊(1993 -),女,硕士,主要从事大豆间套作栽培技术研究。E-mail:gaorui1993vip@163.com。
通讯作者:牟英辉(1975 -),男,副教授,主要从事大豆间套作栽培技术研究。E-mail:youthymoon@scau.edu.cn。

1 材料与方法

1.1 材料

试验于2016年4–12月在华南农业大学农场进行。供试木薯品种:南植199;供试大豆品种:华春8号。试验土壤肥力情况为:速效氮 $51.71\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,有效磷 $3.94\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,有效钾 $0.92\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。采用盆栽试验,栽培槽为不锈钢槽,长2.2 m,宽0.4 m,高0.3 m,底面设有直径10 cm的排水孔。沿栽培槽长度方向,用PVC板将栽培槽平均分隔为3份,用于种植木薯与大豆,木薯和大豆于4月6日同时播种。试验设置3种间作距离30(D30)、40(D40)和50(D50) cm,以大豆单作(SC1)和木薯单作(SC2)为对照,3次重复。在木薯间作大豆的整个生育期末对盆栽进行施肥处理。

1.2 测定项目与方法

用直尺和游标卡尺测定收获期单株木薯的最大薯长、最小薯长、最大薯径、最小薯径、地上部木薯株高、木薯茎宽,记录单株结薯条数、单株薯重。木薯淀粉用苯酚硫酸方法测定^[18]。从各小区连续取收获时期大豆植株5株,测定大豆植株的株高、主茎节总数、分枝数、有效荚、无效荚及产量。用凯氏

定氮法测定大豆蛋白质含量^[19],用索氏提取法测定脂肪含量^[20]、用气相色谱法测定3种脂肪酸含量^[21]。木薯和大豆产量在采收后现场用公斤秤直接进行称量记录。

1.3 数据分析

用Excel 2007对前期收集测量得到的数据进行前期处理;用SPSS 20分析软件对数据进行显著性分析,用Origin Pro 8.5软件作图。

2 结果与分析

2.1 不同间距对间作作物农艺性状的影响

如表1所示,间距处理对大豆的有效分枝数、主茎节数有极显著影响,大豆的主茎节数随间作间距的增加而增加。间距处理对株高、无效荚、有效荚和籽粒数无显著影响。间作条件下D50处理的主茎节数最多,为10.33个,但低于大豆单作的11.33个。间作条件下D40处理的有效分枝数最多,为3.33个,但低于单作大豆的3.84个。而大豆的主茎节数、有效分枝数和籽粒数均在单作处理下最大,说明与木薯间作抑制了大豆的生长,影响了大豆的产量构成。

表 1 间作行距对大豆农艺性状的影响
Table 1 Effects of intercropping spacing on soybean agronomic traits

处理 Treatment	株高 Plant height /cm	主茎总节数 Main stem nodes	有效分枝数 Effective branches	无效荚数 Invalid pod number	有效荚数 Effective pod number	单株粒数 Seeds number per plant
D30	33.69 ± 2.54 a	9.39 ± 0.11 cB	2.95 ± 0.19 bcAB	0.78 ± 0.19 a	38.37 ± 3.60 a	63.17 ± 5.68 a
D40	37.58 ± 0.67 a	10.17 ± 0.30 bcAB	3.33 ± 0.08 abAB	1.25 ± 1.00 a	37.00 ± 1.44 a	69.95 ± 6.29 a
D50	32.27 ± 1.43 a	10.33 ± 0.30 abAB	2.50 ± 0.14 cB	0.50 ± 0.29 a	31.00 ± 3.07 a	69.22 ± 7.70 a
SC1	35.95 ± 2.83 a	11.33 ± 0.33 aA	3.84 ± 0.34 aA	0.6 ± 0.31 a	33.86 ± 1.44 a	79.00 ± 8.32 a
ANOVA	NS	**	**	NS	NS	NS

大小写字母分别表示1%和5%水平下差异显著性; **表示 $P<0.01$ 水平相关,*表示 $P<0.05$ 水平相关;NS:不显著。下同。
Capital and lowercase represent a significant difference between 1% and 5%, respectively; * and ** indicate significant at $P<0.05$ and $P<0.01$ probability level, respectively; NS:Non-significant. The same below.

在各种间作距离下,D50和SC2处理在木薯的农艺性状上具有显著优势(表2)。间作间距对木薯的株高有显著的影响,木薯株高随间作间距的增加而增加,均小于单作木薯株高(102.67 cm)。最大薯径和结薯个数在各间距处理下有差异性,SC2处理的结薯个数最多,为7.00个,均高于间作处理。

间作间距处理对于木薯的顶部、中部、下部茎径以及结薯长度等农艺性状指标无显著影响。这说明与大豆间作,间距对木薯的生长影响较小;间作不影响木薯的结薯个数,但间距处理可以抑制木薯的结薯个数。其中,D40处理变化不大,为6.67个,D30处理被严重抑制,为4.67个。

表 2 间作行距对木薯农艺性状的影响

Table 2 Effects of intercropping spacing on cassava agronomic characters

间作行距处理 The treatment of intercropping row space	株高 Plant height /cm	顶部茎径 Stem diameter (top)/cm	中部茎径 Stem diameter (middle)/cm	底部茎径 Stem diameter (bottom)/cm	最大薯长 Tuber length (max.)/cm	最小薯长 Tuber length (min.)/cm	最大薯径 Tuber diameter (max.)/cm	最小薯径 Tuber diameter (min.)/cm	结薯个数 Number of tubers/个
D30	85.00±2.65 bB	0.68±0.15 a	0.92±0.01 a	1.13±0.04 a	34.33±4.25 a	14.67±2.40 a	4.13±0.37 ab	2.40±0.21 a	4.67±0.67 b
D40	89.00±2.08 bB	0.63±0.67 a	0.83±0.03 a	0.97±0.03 a	31.00±2.88 a	9.67±1.20 a	3.17±0.37 b	1.93±0.23 a	6.67±0.33 a
D50	100.67±2.90 aA	0.75±0.19 a	1.05±0.08 a	1.32±0.08 a	38.00±1.15 a	11.33±1.20 a	4.77±0.42 a	2.57±0.32 a	6.33±0.88 ab
SC2	102.67±4.06 aA	0.75±0.12 a	1.07±0.03 a	1.27±0.08 a	37.67±2.60 a	12.00±1.15 a	4.20±0.51 ab	2.60±0.10 a	7.00±1.00 a
ANOVA	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

2.2 不同间距对间作作物品质的影响

2.2.1 蛋白质和粗脂肪含量 如图 1 所示,间作间距对大豆的粗脂肪含量有显著影响。各处理中,D30 处理下大豆的蛋白质含量略低于 D40 处理且差异不显著,但该处理下大豆的粗脂肪含量显著高于其它处理。间距处理影响大豆的蛋白质含量,D40 大豆的蛋白质含量最高,为 37.27%,D30 大豆的蛋白质含量次之,为 36.93%。这表明木薯与大豆间作可以提高大豆的蛋白质和粗脂肪含量。

2.2.2 脂肪酸含量 如图 2 所示,间作间距对大豆的亚油酸和亚麻酸含量具有显著影响。3 种脂肪酸均在 D30 间距处理下含量最高;D50 间距处理下含量次之,且与 D30 处理差异性不显著。这表明木薯

与大豆间作系统中,D30 间距和 D50 间距处理都具有优势,D30 间距的大豆 3 种脂肪酸含量最高。

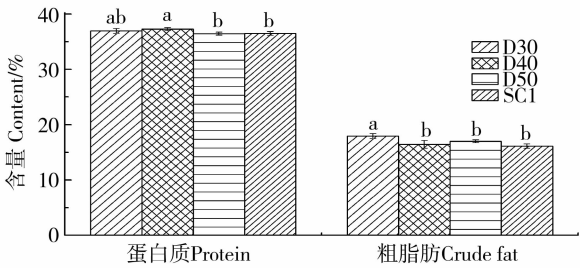


图 1 不同间距对大豆蛋白质和粗脂肪含量的影响

Fig. 1 Effects of different spacing on soybean protein and crude fat content

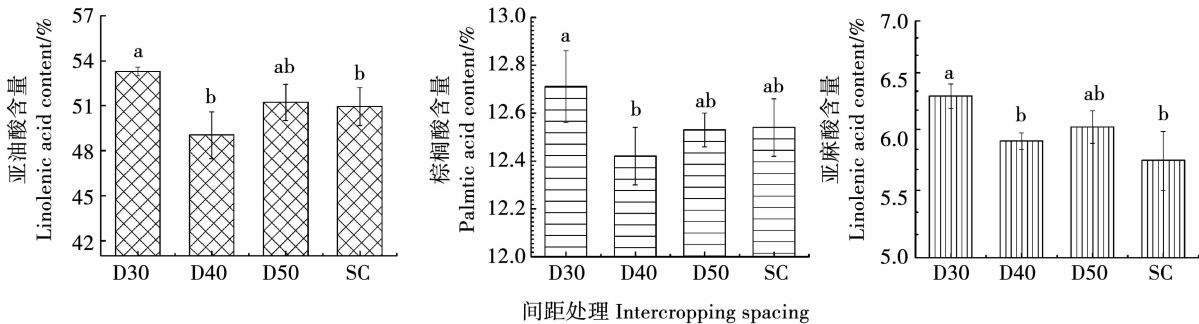


图 2 不同间距对大豆 3 种脂肪酸含量的影响

Fig. 2 Effects of different spacing on the content of three fatty acids in soybean

2.2.3 木薯淀粉含量 如图 3 所示,间作间距对木薯的淀粉含量无显著影响。D30、D40 和 D50 处理下,木薯的淀粉含量略低于 SC2 处理,但差异不显著。与 D40 和 D50 处理相比,D30 处理下木薯的淀粉含量最高,为 42.33%,且随间作间距的增大,淀粉含量呈下降趋势。说明,间距处理抑制木薯的淀粉的形成,但其含量与单作处理的差异不显著。综合来看,间作系统中的 D30 间距处理,使木薯和大豆的品质性状表现最优质。

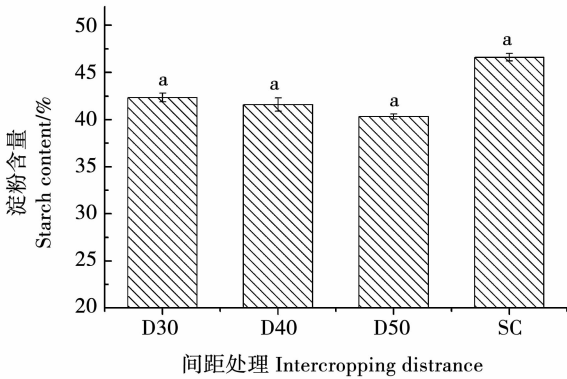


图 3 不同间距对木薯淀粉含量的影响

Fig. 3 Effects of different spacing on cassava starch content

2.3 间距处理对间作作物产量的影响

间距处理对木薯的单株产量和大豆的单株病虫害粒重有显著影响,对大豆的单株产量无显著影响(表3)。其中,D40处理和SC1处理的大豆单株病虫害粒重最大,分别为0.58和0.57 g,D50处理最小,为0.40 g。与SC1相比,D50处理下单株病虫害粒数也最少,为5.87个。D50处理下,大豆的单株病虫害粒数和粒重均最小,可见间作栽培在一定程度上减

少了大豆病虫害的发生。木薯的单株产量随着间作距离的增加呈先降低后升高的趋势,SC2处理最大,为1.33 kg,D50处理次之,为1.27 kg,且与SC2处理差异不显著。大豆的单株产量在各间距处理下无显著差异性,D50处理下大豆单株产量最大,为8.44 g,略高于其它处理。在木薯间作大豆栽培模式中,D50间距处理下,作物的群体产量较高。

表3 间作行距对木薯和大豆产量的影响
Table 3 Effects of intercropping spacing on the yield of cassava and soybean

间距处理 Treatment	大豆 Soybean				木薯 Cassava
	单株完好粒数	单株病虫害粒数	单株病虫害粒重	单株产量	单株产量
	Good seeds per plant	Bad seeds per plant	Bad yield per plant /g	Yield per plant /g	Yield per plant /kg
D30	52.6 ± 33.29 a	6.33 ± 11.89 a	0.49 ± 0.13 ab	8.36 ± 8.44 a	0.88 ± 0.12 b
D40	53.53 ± 28.85 a	6.33 ± 11.33 a	0.58 ± 0.14 a	7.78 ± 0.75 a	0.72 ± 0.04 b
D50	52.53 ± 8.11 a	5.87 ± 2.67 a	0.40 ± 0.11 c	8.44 ± 2.18 a	1.27 ± 0.09 a
SC1	51.33 ± 27.09 a	8.00 ± 9.85 a	0.57 ± 0.11 a	8.37 ± 4.18 a	—
SC2	—	—	—	—	1.33 ± 0.92 a
ANOVA	NS	NS	**	NS	**

3 讨论

大豆在与玉米等高秆作物间作栽培时,由于处于空间生态位劣势,产量均低于单作^[22-28]。但与木薯、甘蔗间作时,由于木薯、甘蔗苗期较长,大豆的纵向空间生态位劣势并不明显,所受影响表现各异^[28-31],其主要决定因素在于大豆的水平空间生态位——间作间距。

本研究发现,在各种间作距离下,D50和SC2处理在木薯的农艺性状上具有显著优势,这表明间作促进木薯的生长,其中50 cm的间距距离为最佳。在各间作条件下,大豆的主茎节总数和有效分枝数均极显著低于单作($P < 0.05$),其中节数与间作距离呈正相关。然而,刘卫国等^[32]研究发现玉米和大豆套作条件下,套作大豆的单株产量仅与主茎节数呈显著正相关。这可能是因为套作条件下,前作玉米对后作大豆产生荫蔽影响,而本研究中,木薯株高较低,对大豆的荫蔽影响并不显著,大豆未出现徒长现象,相反大豆株高随间作间距的减小而降低。间作条件下的3种间距均可以给大豆生长发育提供良好的光环境,并不影响大豆的形态建成和产量建成。这也可能是本试验中间作和单作处理下,大豆的单株产量无显著差异性的原因之一。刘连生等^[13]和韦民政等^[28]在木薯与大豆间套种模式研究中,同样发现木薯与大豆间作间距为50 cm时,大豆的单株产量最高,且随间距减小而减少。这些研

究结果,与本研究结果十分相似。由此可见,间作间距越大,木薯对大豆的影响越小,有利于提高大豆单株产量。

大豆的蛋白质含量和粗脂肪含量等品质性状的表现既受品种自身遗传特性影响,也受到外界环境因素的调控,由于生育期间外界环境因子的变化,品质必然发生变化^[33]。甘蔗间作大豆系统中,间作间距对大豆的品质无显著影响^[30]。而本试验结果表明,大豆的品质受间距作用影响显著。其中,D30处理下大豆的品质具有显著优势,SC处理处于劣势,说明间作处理可以提高大豆的品质,且D30的间距下大豆的品质性状具有优势。间作系统中取得优质大豆,D30的间距处理最为合理。D40和D30间距处理的大豆蛋白质含量高于其它处理,另外,D30间距处理的大豆粗脂肪含量最高。这表明,D30间距处理对大豆蛋白质和粗脂肪有积极影响。本试验在间作模式下,3种脂肪酸含量与百粒重呈正相关,与年海等^[34]、刘桂梅等^[33]的研究结果相同。说明本间作和间距虽然均对3种脂肪酸的含量有影响,但同样遵循大豆自身的遗传特点,其中D30间距处理的大豆3种脂肪酸在所有处理中均具有优势。间作对木薯的淀粉含量无显著影响,且各处理之间无显著差异性。综上分析,D30间距可以获得最好的作物品质。

间距处理对木薯的株高和单株产量有显著影响,对其它农艺性状无显著影响。木薯单株产量随

间作间距减小而降低。但 D50 处理与单作处理相比差异不显著,且高于其它处理。彭坚等^[35]认为,在木薯和大豆间作的共生期间,由于木薯苗期植株矮小,易与大豆发生争光争肥现象,尤其是在肥料不足的情况下,大豆的争肥现象必然会减少木薯对肥料养分的吸收量,从而影响木薯的生长,降低产量。本试验在整个生育期未对盆栽进行施肥,且木薯与大豆间作增加了单位面积上作物的营养需求量,可能会导致养分供应不足,从而减少了间作处理下的木薯单株产量的优势。说明在未施肥情况下,D50 处理下大豆和木薯可以获得较高的群体产量,有利于实施间作栽培。而 Tijani-eniola 等^[29]发现,在木薯与大豆共生期,木薯出现黄化现象,受到大豆的影响。但当大豆收获后,黄化现象消失,间作并未影响木薯的农艺性状,并且提高了木薯产量。另外,本试验仅为一年的盆栽试验,仅能为筛选出合适的间作距离提供理论依据,探索木薯间作大豆的优质高产栽培模式还需进一步深入研究。

4 结 论

本文通过木薯//大豆的盆栽试验,发现近距离间作有利于提高大豆品质和产量,而会降低木薯的单株产量,但对木薯的淀粉含量影响不显著。因此,获得优质作物时,30 cm 的间作距离最佳;保证作物产量时,50 cm 的间作距离最佳。

参考文献

[1] 方佳,濮文辉,张慧坚. 国内外木薯产业发展近况[J]. 中国农学通报, 2010, 26(16): 353-361. (Fang J, Pu W H, Zhang H J. The development status of cassava industry at home and abroad[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2010, 26(16): 353-361.)

[2] 黄洁,李开绵,叶剑秋,等. 中国木薯产业化发展研究与对策[J]. 中国农学通报, 2006, 22(5): 421-421. (Huang J, Li K M, Ye J Q, et al. The developing countermeasure for cassava commercialization in China[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2006, 22(5): 421-421.)

[3] 李开绵,林雄,黄洁. 国内外木薯科研发展概况[J]. 热带农业科学, 2001, 89(1): 56-60. (Li K M, Li X, Huang J. Current situation of cassava research and development at home and abroad[J]. Chinese Journal of Tropical Agriculture, 2001, 89(1): 56-60.)

[4] 陈雄庭,江柏萱. 间种和施肥对木薯和玉米的表现及杂草控制的影响[J]. 世界热带农业信息, 1996(2): 17. (Chen X T, Jiang B X. Effects of intercropping and fertilization on the performance of cassava and maize and weed control[J]. Journal of Tropical Agriculture, 1996(2): 17.)

[5] 黄洁,周建国. 木薯间套作与高效利用技术[M]. 海口:海南出版社, 2015: 2. (Huang J, Zhou J G. Cassava intercropping

and efficient use of technology [M]. Haikou: Hainan Press, 2015: 2.)

[6] 万灼,吴雨珊,雍太文,等. 玉米-大豆带状套作中荫蔽及光照恢复对大豆生长特性与产量的影响[J]. 中国油料作物学报, 2015, 37(4): 475-480. (Gong W Z, Wu Y S, Yong T W, et al. Effects of shade and lighting recovery on growth and yield of soybean in maize- soybean relay strip intercropping[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2015, 37(4): 475-480.)

[7] 雍泰文,刘小明,宋春,等. 种植方式对玉米-大豆套作体系中作物产量、养分吸收和种间竞争的影响[J]. 中国生态农业学报, 2015, 23(6): 659-667. (Yong T W, Liu X M, Song C, et al. Effect of planting patterns on crop yield, nutrients uptake and interspecific competition in maize-soybean relay strip intercropping system[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2015, 23(6): 659-667.)

[8] 陈显双. 浅谈木薯的间作和套种[J]. 农业研究与应用, 2003 (3): 36-37. (Chen X S. Talking about intercropping and relay cropping of cassava[J]. Agricultural Research and Application, 2003(3): 36-37.)

[9] 周新安,年海,杨文钰,等. 南方间套作大豆生产发展的现状与对策(I) [J]. 大豆科技, 2010(3): 1-2. (Zhou X A, Nian H, Yang W Y, et al. Status and countermeasures of soybean production and development intercropping with other crops in south China(I) [J]. Soybean Science & Technology, 2010(3): 1-2.)

[10] 陈玉祥. 山地春大豆套种木薯技术[J]. 福建农业科技, 1996 (2): 34. (Chen Y X. Spring soybean intercropping cassava technology in mountain[J]. Fujian Agricultural Science and Technology, 1996(2): 34.)

[11] 刘连生,吴新增,林琼,等. 高蛋白春大豆套种木薯的种植方式研究[J]. 大豆科技, 2010(3): 14-15. (Liu L S, Wu X Z, Lin Q, et al. Report on high-protein spring soybean intercropping cassava[J]. Soybean Science & Technology, 2010(3): 14-15.)

[12] 肖庆泉. 木薯套种不同作物栽培技术初探[J]. 福建农业科技, 2010(1): 27-28. (Xiao Q Q. Preliminary study on cultivation techniques of cassava intercropping with different crops[J]. Fujian Agricultural Science and Technology, 2010(1): 27-28.)

[13] 焦念元. 玉米花生间作复合群体中氮磷吸收利用特征与种间效应研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2006: 22-23. (Jiao N Y. Studies on the characters of N&P utilization and interspecific interaction in the maize // peanut intercropping [D]. Tai'an: Shandong Agricultural University, 2006: 22-23.)

[14] 余常兵,孙建好,李隆. 种间相互作用对作物生长及养分吸收的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2009, 15(1): 1-8. (Yu C B, Sun J H, Li L. Effect of interspecific interaction on crop growth and nutrition accumulation[J]. Plant Nutrition & Fertilizer Science, 2009, 15(1): 1-8.)

[15] 高仁才,杨峰,廖敦,等. 行距配置对套作大豆冠层光环境及其形态特征和产量的影响[J]. 大豆科学, 2015, 34(4): 611-615. (Gao R C, Yang F, Liao D, et al. Effects of different row spacings of mazze on light environment, morphological characteristics and yield of soybean in a relay intercropping system[J]. Soybean Science, 2015, 34(4): 612-615)

[16] 韦贵剑,梁景文,陆文娟,等. 甘蔗间种大豆最佳模式探讨 [J]. 南方农业学报, 2013, 44(1): 49-53. (Wei G J, Liang J

- W, Lu W J, et al. Preliminary report on the optimal model for sugarcane intercropped with soybean[J]. Journal of Southern Agriculture, 2013, 44(1): 49-53.)
- [17] 韦开军, 周忠凤, 阳康春, 等. 甘蔗不同种植行距间套种大豆试验[J]. 中国糖料, 2013(1): 12-13. (Wei K J, Zhou Z F, Yang K C, et al. Soybean test between different planting rows of sugarcane[J]. Sugar Crops of China. 2013(1): 12-13.)
- [18] 张青. 苯酚—硫酸比色法测定多糖含量[J]. 山东食品科技, 2004, 6(11): 56-56. (Zhang Q. Determination of polysaccharide by phenol - sulfuric acid colorimetry[J]. Shandong Food Science and Technology, 2004, 6(11): 56-56.)
- [19] 张春迎. 大豆食品中蛋白质含量的测定[J]. 化学教学, 2000(2): 48-49. (Zhang C Y. Determination of protein content in soybean food[J]. Education in Chemistry, 2000(2): 48-49.)
- [20] 方敏, 丁小霞, 李培武, 等. 索氏抽提测定含油量的方法改良及其应用[J]. 中国油料作物学报, 2012, 34(2): 210-214. (Fang M, Ding X X, Li P W, et al. Modification of oilseeds soxhlet extraction for determination of oil content [J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2012, 34(2): 210-214.)
- [21] 范胜棚, 李斌, 孙君明, 等. 气相色谱法方法定量检测大豆5种脂肪酸[J]. 中国油料作物学报, 2015, 37(4): 548-553. (Fan S X, Bin L I, Sun J, et al. A quantitative gas chromatographic method for determination of soybean seed fatty acid components[J]. 2015, 37(4): 548-553.)
- [22] 李秀平, 李穆, 年海, 等. 甘蔗/大豆间作对甘蔗和大豆产量与品质的影响[J]. 东北农业大学学报, 2012, 43(7): 42-46. (Li X P, Li M, Nian H, et al. Effect of sugarcane/soybean intercropping on growth, yield and quality of sugarcane and soybean [J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2012, 43(7): 42-46.)
- [23] 赵建华, 孙建好, 樊廷录, 等. 玉米行距对大豆/玉米间作产量及种间竞争力的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2015, 33(3): 159-163, 183. (Zhao J H, Sun J H, Fan Y L, et al. Effect of row spacing of maize on yield and interspecific competition of crops in soybean/maize intercropping system[J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2015, 33(3): 159-163, 183.)
- [24] 高阳, 段爱旺, 刘祖贵, 等. 间作种植模式对玉米和大豆干物质积累与产量组成的影响[J]. 中国农学通报, 2009, 25(2): 214-221. (Gao Y, Duan A W, Liu Z G, et al. Effect of intercropping patterns on dry matter accumulation and yield components of maize and soybean[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2009, 25(2): 214-221.)
- [25] 孟凡凡, 王博, 刘宝泉, 等. 玉米-大豆带状间作下玉米品种产量和主要农艺性状比较分析[J]. 作物杂志, 2014(3): 101-105. (Meng F F, Wang B, Liu B Q, et al. Analysis of yield and main agronomic traits of maize in maize and soybean strip intercropping system[J]. Crops, 2014(3): 101-105.)
- [26] 刘洋, 孙占祥, 白伟, 等. 玉米大豆间作对辽西地区作物生长和产量的影响[J]. 大豆科学, 2011, 30(2): 224-228. (Liu Y, Sun Z X, Bai W, et al. Effect of maize and soybean interplanting on crop growth and yield in western Liaoning province[J]. Soybean Science & Technology, 2011, 30(2): 224-228.)
- [27] 范元芳, 刘沁林, 王锐, 等. 玉米-大豆带状间作对大豆生长、光合荧光特性及产量的影响[J]. 核农学报, 2017, 31(5): 972-978. (Fan Y F, Liu Q L, Wang R, et al. Effects of shading on growth, photosynthetic fluorescence characteristics and yield of soybean in maize-soybean intercropping systems [J]. Journal of Nuclear Agricultural Sciences, 2017, 31(5): 972-978.)
- [28] 韦民政, 熊军, 唐秀桦, 等. 木薯与大豆间套种模式研究与效益分析[J]. 广东农业科学, 2015(3): 11-14. (Wei M Z, Xiong J, Tang X H, et al. Study on models of cassava intercropped soybean and its economic benefits analysis[J]. Guangdong Agricultural Sciences, 2015(3): 11-14.)
- [29] Tinani-eniola H, Akinnifesi F K. On-farm evaluation of soybean and cassava intercropping in south-west Nigeria[J]. African Crop Science Journal, 1997, 5(2): 151-158.
- [30] 汤复跃, 梁江, 陈文杰, 等. 不同蔗豆间作复合群体对其农艺性状和产量的影响[J]. 安徽农业科学, 2016, 44(17): 27-29. (Tang F Y, Liang J, Chen W J, et al. Effects of different sugarcane/soybean intercropping on their yield and agronomic traits[J]. Journal of Anhui Agricultural Science, 2016, 44(17): 27-29.)
- [31] 杨春杰, 谭春燕, 陈佳琴, 等. 间作玉米对大豆鼓粒期产量与农艺性状及干物质积累的影响[J]. 贵州农业科学, 2015, 43(11): 38-42. (Yang C J, Tan C Y, Chen J Q, et al. Effects of corn and soybean interplanting on yield, agronomic traits and dry matter accumulation of soybean during seed filling period [J]. Guizhou Agricultural Sciences, 2015, 43(11): 38-42.)
- [32] 刘卫国, 邹俊林, 袁晋, 等. 套作大豆农艺性状研究[J]. 中国油料作物学报, 2014, 36(2): 219-223. (Liu W G, Zou J L, Yuan J, et al. Research on the agronomic traits of relay cropping soybean[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2014, 36(2): 219-223.)
- [33] 刘桂梅. 南方春大豆品质性状间及其与产量和地理因素间的相关分析[J]. 中国油料作物学报, 1990, 12(4): 43-45. (Liu G M. Analysis of correlation between quality traits and yield and geographical factors in southern spring soybean[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 1990, 12(4): 43-45.)
- [34] 年海, 王金陵, 杨庆凯, 等. 大豆脂肪酸与主要农艺和品质性状的相关分析[J]. 大豆科学, 1996, 15(3): 213-221. (Nian H, Wang J L, Yang Q K, et al. Correlation analysis of soybean fatty acids with main agronomic and quality traits [J]. Soybean Science, 1996, 15(3): 213-221.)
- [35] 彭坚, 黄桂花, 程健超. 木薯间套种春大豆不同品种筛选试验初报[J]. 广西农学报, 2012, 27(6): 9-13. (Liu W G, Zou J L, Yuan J C, et al. Report on variety selection experiment of spring cassava-soybean intercropping[J]. Journal of Guangxi Agriculture, 2012, 27(6): 9-13.)