



不同宽窄行木薯 || 大豆对间作体系产量和品质的影响

宁德娇¹, 郭小红², 汤复跃², 陈文杰², 梁江², 谢丽萍¹, 陈渊², 韦清源²

(1. 广西壮族自治区农业科学院 农产品质量安全与检测技术研究所, 广西 南宁 530007; 2. 广西壮族自治区农业科学院 经济作物研究所, 广西 南宁 530007)

摘要:为探讨不同宽窄行木薯 || 大豆对间作体系产量和品质的影响,采用随机区组设计,木薯设置 4 个宽行(1.6, 1.8, 2.0 和 2.2 m)和 3 个窄行(0.5, 0.6 和 0.7 m)处理,在宽行内统一种植 4 行大豆,以清种木薯、清种大豆为对照,分析了木薯 || 大豆不同宽窄行配置下大豆的主要农艺性状及间作体系的产量。结果表明:在保持作物种植密度不变的情况下,木薯(1.2 万株·hm⁻²)、大豆(22.5 万株·hm⁻²)间作模式下的产量均极显著低于清种。随着木薯宽、窄行距的增加,大豆的株高和倒伏指数随之升高;茎粗、分枝数、产量和产量构成因素均呈下降的趋势;蛋白质含量降低,脂肪含量上升,其中宽行为 1.6 和 1.8 m 时,边行大豆的蛋白质含量低于中行、而脂肪含量高于中行;当宽行为 2.0 和 2.2 m 时,边行大豆蛋白质含量高于中行、而脂肪含量低于中行。木薯的单株薯数和鲜薯产量随其宽、窄行距的增加呈先增后减的趋势,宽行 2.0 m、窄行 0.6 m 时的鲜薯产量达最高,为 39.03 t·hm⁻²。综上所述,在木薯宽窄行种植条件下,其宽行 2.0 m、窄行 0.6 m 时,在宽行内间作 4 行大豆,为宽窄行木薯 || 大豆的最佳田间配置。此研究结果可为广西发展木薯间作大豆机械化种植群体构成提供理论依据。

关键词:木薯;大豆;间作;宽窄行;产量

Effect of Different Wide-narrow Rows of Cassava-Soybean Intercropping System on Yield and Quality

NING Dejiao¹, GUO Xiaohong², TANG Fuyue², CHEN Wenjie², LIANG Jiang², XIE Liping¹, CHEN Yuan², WEI Qingyuan²

(1. Agro-products Quality Safety and Testing Technology Research Institute, Guangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanning 530007, China; 2. Cash Crops Research Institute, Guangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanning 530007, China)

Abstract: In order to explore the effects of different wide-narrow rows of cassava-soybean intercropping system on the yield and quality. Cassava was planted with four wide (1.6, 1.8, 2.0 and 2.2 m) and three narrow rows (0.5, 0.6 and 0.7 m) treatments, and net cassava and soybean as the control with randomized block design. Four rows of soybeans were uniformly planted in the wide row of cassava. The main agronomic traits and yield of intercropping system were analyzed under different wide and narrow rows of cassava-soybean patterns. The result showed that the yield of cassava and soybean under the intercropping mode was significantly lower than that of monocropping when the density remained the same in different modes. The plant height and lodging score of soybean increased, stem diameter, branch number, yield and yield components showed a downward trend, and the protein content decreased and the fat content increased with the raise of cassava wide and narrow row spacing. When the spacing of wide row was 1.6 and 1.8 m, the protein content of side row soybean was lower than that of middle row, but the fat content was higher than that of middle row. When the spacing of wide row was 2.0 and 2.2 m, the protein content of side row soybean was higher than that of middle row, while the fat content was lower than that of middle row. The tubers per plant and yield of fresh tuber increased first and then down with the rise of wide and narrow row spacing. The highest fresh tuber yield was 39.03 t·ha⁻¹ when the spacing of wide row was 2.0 m and the narrow row was 0.6 m. In conclusion, when the wide row of cassava was 2.0 m and narrow row was 0.6 m, intercropping 4 rows of soybean in wide row was the best field distribution of wide-narrow-row cassava-soybean mode, and this result could provide a theoretical basis for the intercropping population under mechanized planting in Guangxi.

Keywords: cassava; soybean; intercropping; wide-narrow row; yield

大豆是植物蛋白和食用油的主要来源,其蛋白质含量约 40%、脂肪含量约 20%^[1],但国内大豆供需矛盾尤为突出,对外进口依存度大,产业形势严

峻^[2]。因此在不影响其他作物产量的条件下,采用间套作种植方式来扩展大豆种植面积,是增加大豆总产量的有效途径之一。木薯是全球第六大粮食

收稿日期:2023-04-26

基金项目:现代农业产业技术体系建设专项(CARS-04-CES30);广西自然科学基金项目(2019GXNSFBA185007);广西农业科学院稳定资助科研团队项目(桂农科 2021YT055);广西农业科学院基本科研业务专项(桂农科 2019M24);广西农业科学院科技发展基金(桂农科 2022JM08)。

第一作者:宁德娇(1971—),女,技师,主要从事农产品质量安全检测和玉米大豆育种工作。E-mail:467565189@qq.com。

通讯作者:韦清源(1979—),男,硕士,副研究员,主要从事大豆育种研究。E-mail:794162225@qq.com;

陈渊(1971—),男,学士,研究员,主要从事大豆育种和栽培研究。E-mail:chenyuan500@126.com。

作物,亦是酒精、淀粉和副食产品的主要原材料,素有地下粮仓和淀粉之王的美称^[3]。在中国,木薯主要种植于热带、亚热带地区,其中 70% 收获面积在广西,栽培面积约 20 万 hm^2 ^[4-5]。木薯生育期较长,且生育前期生长缓慢,其幼苗期与华南春大豆全生育期基本相同^[6]。同时,木薯种植密度相对较小(约 1.5 万株 $\cdot\text{hm}^{-2}$),株距和行距较宽,若清种其地表裸露面积大且时间长,杂草滋生严重。当木薯与大豆间作时,在共生期间彼此遮光不明显,可控制杂草和防止水土流失,从而增加光能和养分的利用效率,具有较好的经济和生态效益^[7]。研究表明,在适宜的间套作模式下,木薯与大豆间作不仅对木薯的生长发育无影响,还对木薯具有增产促进作用^[8-9]。高蕊等^[10]在盆栽条件下证明木薯间作大豆时的距离会影响两种作物的农艺性状,当间作间距为 0.3 m 时,木薯和大豆的品质性状具有优势,而 0.5 m 时的总产量最高。因此,大豆十分适宜与木薯间套作,既可解决耕地面积紧缺的局面,还可以调整作物种植结构,对农业增效和农民增收起着积极地促进作用。在木薯 || 大豆的传统种植模式下(木薯行距约 1 m,在其行间种植 2 行大豆,大豆行距为 0.4 m),由于木薯被大豆包围,且两者的间距较小,大豆易对木薯产生遮蔽,冠层和根系的种间竞争较为激烈,往往导致木薯产量偏低,并且此种间作模式的田间管理复杂。现阶段,木薯宽窄行可

进行机械化种植^[11],在此条件下,木薯间作大豆可进行统一机械化管理从而提高种植效益。本研究通过设置不同宽窄行的木薯与大豆间作,研究其对间作系统下产量和品质的影响,探索木薯 || 大豆最优田间配置方式,为该模式的推广应用提供理论和技术支撑。

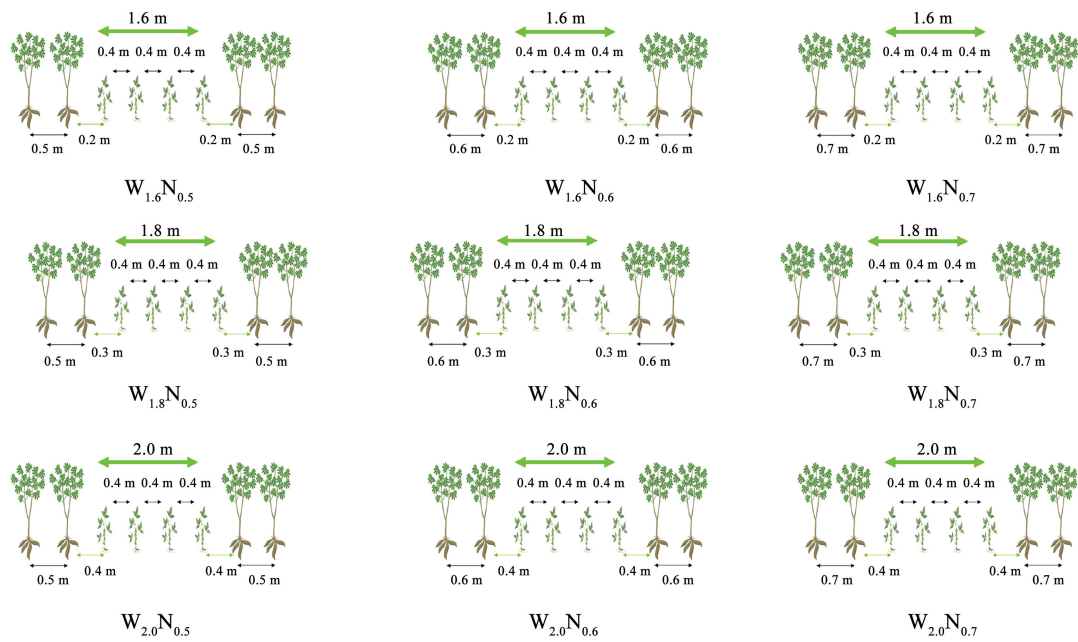
1 材料与方法

1.1 材料

大豆品种:桂春 18 号(产量高、适应性广,适合与甘蔗、木薯、玉米间作种植)。
木薯品种:华南 205(植株直立且不分枝或分枝极少)。

1.2 试验设计

试验于 2021 年广西农业科学院明阳基地进行。采用宽窄行木薯间作大豆模式,木薯宽行设 1.6, 1.8, 2.0 和 2.2 m 共 4 个水平,窄行设 0.5, 0.6 和 0.7 m 3 个水平,种植密度为 1.2 万株 $\cdot\text{hm}^{-2}$,木薯芽向统一朝窄行。在木薯宽行内播种 4 行大豆,大豆间的行距为 0.4 m,大豆密度为 22.5 万株 $\cdot\text{hm}^{-2}$,每穴留苗 2 株。以木薯清种(行距 1.0 m、株距 0.83 m)、大豆清种(行距 0.4 m、穴距 0.22 m)为对照。随机区组设计,每小区 3 个宽窄行,行长 5 m,每小区间隔 1 m,3 次重复。各处理的田间配置如图 1 所示,具体株、行距详见表 1。



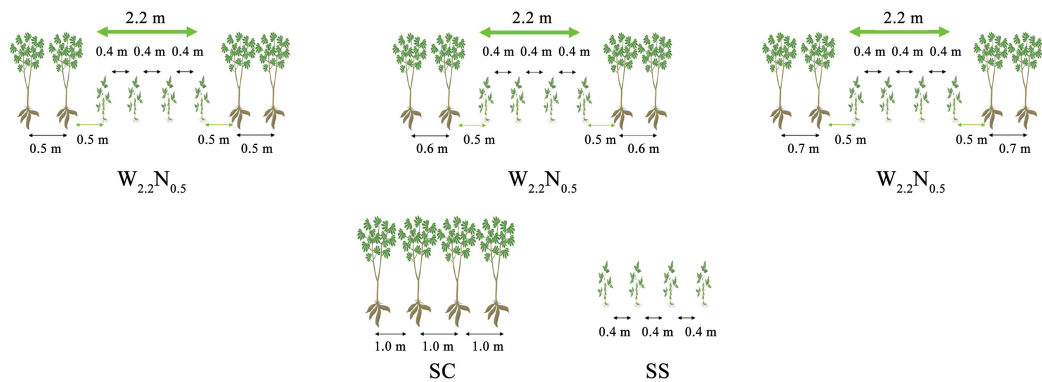


图 1 不同宽窄行木薯 || 大豆种植模式田间试验设计图

Fig.1 Design of field experiment with different bandwidths

表 1 不同宽窄行木薯 || 大豆种植模式的株、行距设置

Table 1 Plant and row spacing of soybean intercropping with cassava in different width and narrow rows

处理 Treatment	木薯宽行 Cassava wide row/m	木薯窄行 Cassava narrow row/m	木薯株距 Cassava plant spacing/cm	大豆行距 Soybean line spacing/cm	大豆穴距 Soybean hole distance/cm	木薯-大豆间距 Cassava-soybean spacing/cm
W _{1.6} N _{0.5}	1.6	0.5	79.4	40	16.9	20
W _{1.6} N _{0.6}		0.6	75.8	40	16.2	20
W _{1.6} N _{0.7}		0.7	72.5	40	15.5	20
W _{1.8} N _{0.5}	1.8	0.5	72.5	40	15.5	30
W _{1.8} N _{0.6}		0.6	69.4	40	14.8	30
W _{1.8} N _{0.7}		0.7	66.7	40	14.2	30
W _{2.0} N _{0.5}	2.0	0.5	66.7	40	14.2	40
W _{2.0} N _{0.6}		0.6	64.1	40	13.7	40
W _{2.0} N _{0.7}		0.7	61.7	40	13.2	40
W _{2.2} N _{0.5}	2.2	0.5	61.7	40	13.2	50
W _{2.2} N _{0.6}		0.6	59.5	40	12.7	50
W _{2.2} N _{0.7}		0.7	57.5	40	12.3	50
SC	1.0	1.0	83.0	/	/	/
SS	/	/	/	40	22.0	/

1.3 测定项目及方法

1.3.1 大豆农艺性状 在大豆成熟期,按 Morrison 等^[12]的方法测定每小区的倒伏级别。成熟后,在每小区中间宽行的每行大豆中均连续取 10 株代表性的植株,区分边行和中行进行室内考种。测定指标包括株高、茎粗、分枝数、单株荚数、单株粒数、单株粒重和百粒重。

1.3.2 大豆产量 在大豆成熟期收获每小区中间宽行的 4 行大豆,每行取中间 3 m,脱粒自然风干后称重,计算小区产量,然后折算成每公顷产量。

1.3.3 大豆品质 采用 DA7200 多功能近红外分

析仪分别测定边行和中行成熟籽粒的蛋白质和脂肪含量。

1.3.4 木薯产量 木薯收获期,每小区考察中间 4 行木薯的结薯数(除去两端的单株),同时称量薯块的鲜重,以小区实收的木薯块鲜质量换算每公顷鲜薯产量。

1.4 数据分析

采用 WPS 2019 进行原始数据的处理,用 SPSS19.0 数据处理软件进行显著性检验,利用 Origin Pro2021 作图。

2 结果与分析

2.1 不同宽窄行木薯 ‖ 大豆种植模式对大豆农艺性状的影响

宽窄行木薯 ‖ 大豆种植模式下,与清种相比较(大豆清种时株高 59.7 cm,茎粗 5.47 mm,分枝数 4.6 个和倒伏指数为 2.2),大豆的株高增加,茎秆变细,分枝数减少和倒伏指数增加(图 2)。随着木薯宽窄行距的增加,间作大豆植株的株高呈升高,茎粗降低,分枝数下降和抗倒能力减弱的趋势。

相同宽行,不同窄行间比较,宽行为 1.6 m 时,窄行 0.7 m 模式下的 大豆株高极显著高于窄行 0.6 和 0.5 m 模式下的 大豆株高;宽行为 1.8 m 时,窄行 0.6 和 0.7 m 模式下的 大豆株高显著高于窄行 0.5 m 模式下的 大豆株高;当宽行为 2.2 m 时,3 个窄行间的株高差异均达显著水平,且随着窄行距的增大而升高。宽行为 1.6 和 2.2 m 时,窄行 0.7 m

模式下的 大豆茎粗显著变小,且倒伏指数显著大于窄行 0.5 m 模式下的倒伏指数。

相同窄行,不同宽行间比较,4 个宽行间的大豆株高差异均达显著水平,且随着宽行距的增加而增加。当宽行为 2.2 m 时的大豆茎粗和分枝数都显著小于宽行 1.6 和 1.8 m 模式下的 大豆茎粗和分枝数,倒伏指数显著高于宽行 1.6 和 1.8 m 模式下的倒伏指数。

2.2 不同宽窄行木薯 ‖ 大豆种植模式对大豆产量及其构成因素的影响

与清种相比较(大豆清种时单株荚数 41.1 个,单株粒数 85.9 粒,百粒重 20.91 g,单株粒重 16.52 g 和产量 3 340.21 kg·hm⁻²),宽窄行木薯 ‖ 大豆种植模式下,大豆产量和产量构成因素极显著降低(图 3)。随着宽、窄行距的增加,大豆的单株荚数、单株粒数、百粒重、单株粒重和产量均呈下降趋势。

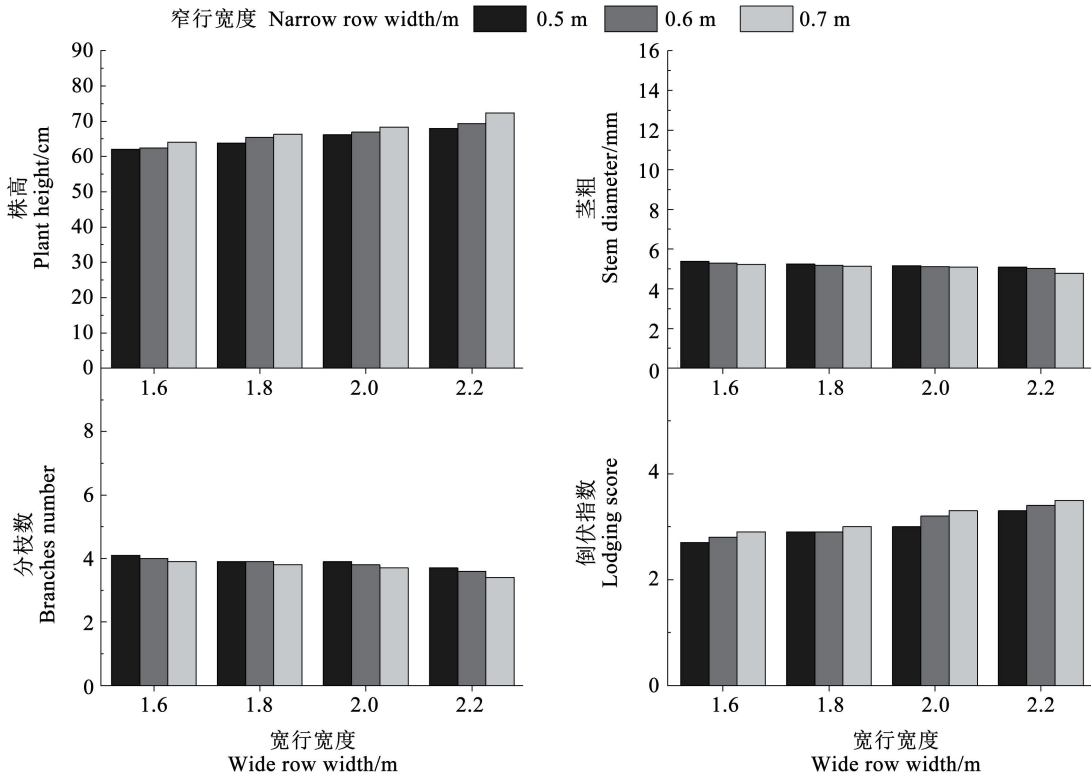


图 2 不同宽窄行木薯 ‖ 大豆模式下大豆的农艺性状
Fig.2 Agronomic characteristics of soybean under different wide and narrow rows of cassava-soybean intercropping patterns

相同宽行,不同窄行间比较。宽行 1.6 m 时,在窄行 0.5 m 种植模式下的单株荚数、单株粒数、百粒重、单株粒重和产量均显著高于窄行 0.7 m 的种植模式。宽行 2.2 m 时,在窄行 0.7 m 种植模式下的百粒重显著低于窄行 0.5 和 0.6 m 的种植模式。

相同窄行,不同宽行间比较。窄行 0.5 m 时,在宽行 1.6 m 的种植模式下的单株荚数、单株粒数、百粒重和产量均显著高于宽行 1.8,2.0 和 2.2 m 的种

植模式。窄行 0.6 m 时,在宽行 1.6 和 1.8 m 种植模式下的单株荚数、单株粒数、百粒重和产量显著高于宽行 2.0 和 2.2 m 的种植模式。窄行 0.7 m 时,在宽行 1.6 和 1.8 m 种植模式下的单株荚数、单株粒数和百粒重极显著高于宽行 2.0 和 2.2 m 的种植模式,且宽行 2.0 与 2.2 m 间差异极显著;以及宽行 2.2 m 种植模式下的产量显著低于宽行 1.6,1.8 和 2.0 m 的种植模式。

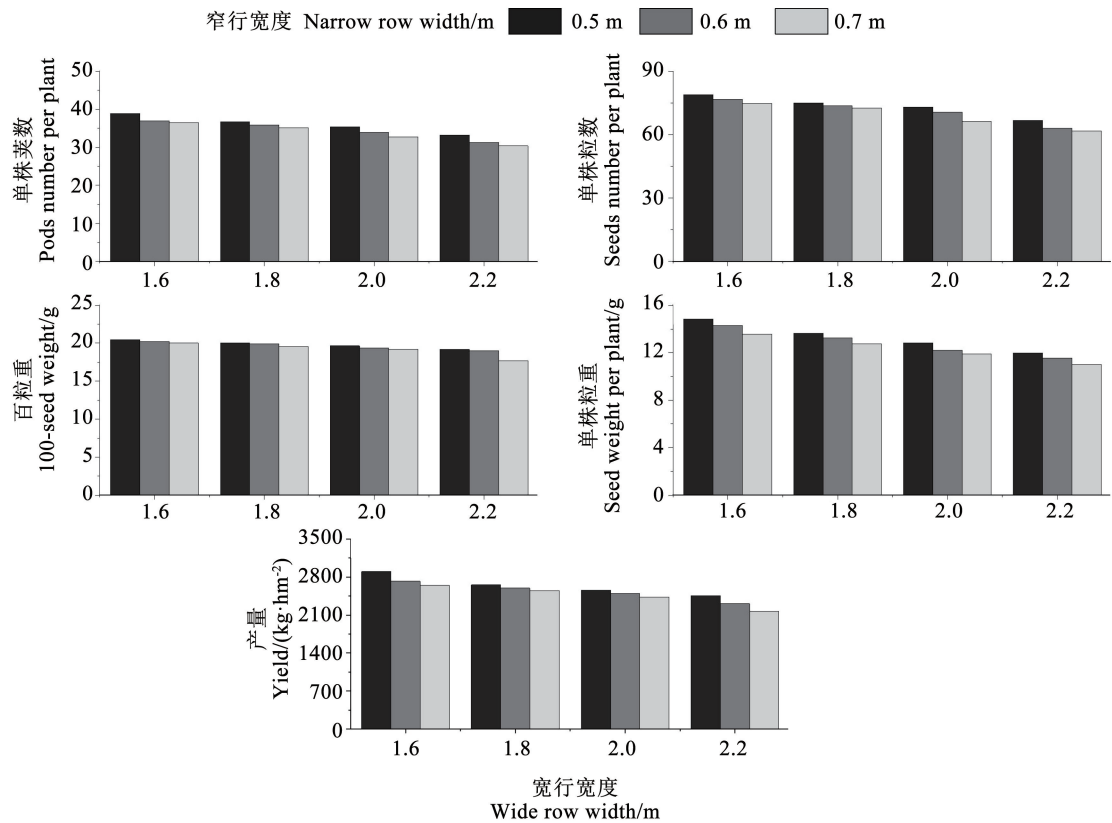


图 3 不同宽窄行木薯 || 大豆模式下大豆的产量及其构成因素

Fig. 3 Yield and yield factors of soybean under different wide and narrow rows of cassava-soybean intercropping patterns

2.3 不同宽窄行木薯||大豆模式对大豆品质的影响

宽窄行木薯/大豆种植模式下,与清种相比(大豆清种时蛋白质含量 44.71%、脂肪含量 20.54%),

大豆的蛋白质含量下降,脂肪含量增加(图 4)。随宽、窄行距的增加,大豆的蛋白质含量呈降低趋势,脂肪含量呈上升趋势。

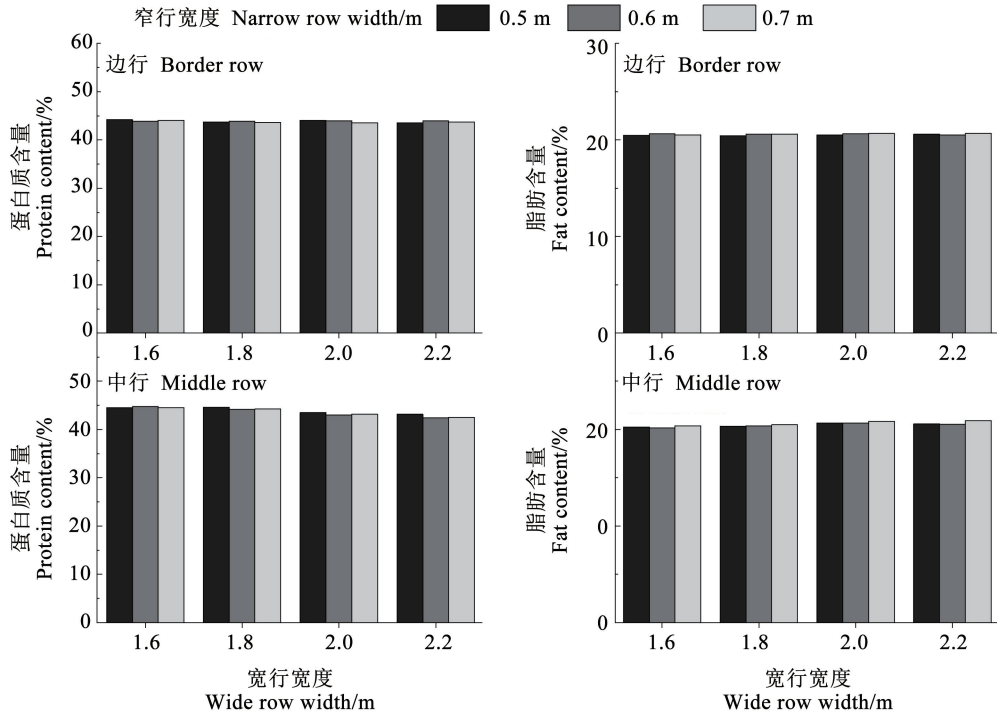


图 4 不同宽窄行木薯 || 大豆模式下大豆的品质

Fig. 4 Quality of soybean under different wide and narrow rows of cassava-soybean intercropping patterns

相同宽行,不同窄行间比较。宽行 1.6 和 1.8 m 时,窄行间大豆蛋白质和脂肪含量无显著差异,而边行大豆的蛋白质含量显著小于中行大豆蛋白质含量,边行脂肪含量显著高于中行脂肪含量。宽行 2.0 和 2.2 m 时,边行大豆的蛋白质含量显著高于中行大豆蛋白质含量,边行脂肪含量显著低于中行脂肪含量。

相同窄行,不同宽行间比较,宽行 1.6 和 1.8 m 种植模式的大豆平均蛋白质含量显著高于宽行 2.2 m 种植模式下的大豆平均蛋白质含量,且宽行 1.6 和 1.8 m 种植模式的中行大豆蛋白质含量显著高于宽行 2.0 和 2.2 m 种植模式的中行大豆蛋白质含量,其中宽行 2.0 m 显著高于宽行 2.2 m 种植模式下的中行大豆蛋白质含量。当窄行为 0.5 和 0.6 m 时,不同宽行种植模式下的中行大豆平均脂肪含量无显著差异,但宽行 1.6 m 种植模式下的中行脂

肪含量显著小于宽行 2.0 m 种植模式下的中行脂肪含量;窄行为 0.7 m 时,宽行 1.6 m 种植模式下的平均脂肪含量显著低于宽行 2.2 m 种植模式下的平均脂肪含量,其中宽行 1.6 和 1.8 m 种植模式下的中行脂肪含量显著低于宽行 2.0 和 2.2 m 种植模式下的中行脂肪含量。

2.4 不同宽窄行木薯 || 大豆模式对木薯产量的影响

宽窄行木薯 || 大豆种植模式下,与清种相比(木薯清种时单株薯数 9.8 条,单薯鲜重 418.1 g 和鲜薯产量 49.25 t·hm⁻²),木薯单株薯数和鲜薯产量均极显著下降(图 5)。随着木薯宽、窄行距的增加,木薯的单株薯数和鲜薯产量呈先增后降的趋势。

相同宽行,不同窄行间比较,窄行 0.6 m 的单薯鲜重、鲜薯产量最高。木薯宽行 1.6 和 1.8 m 时,窄行 0.6 m 种植模式下,单薯鲜重和鲜薯产量显著高于窄行 0.5 和 0.7 m 的种植模式。

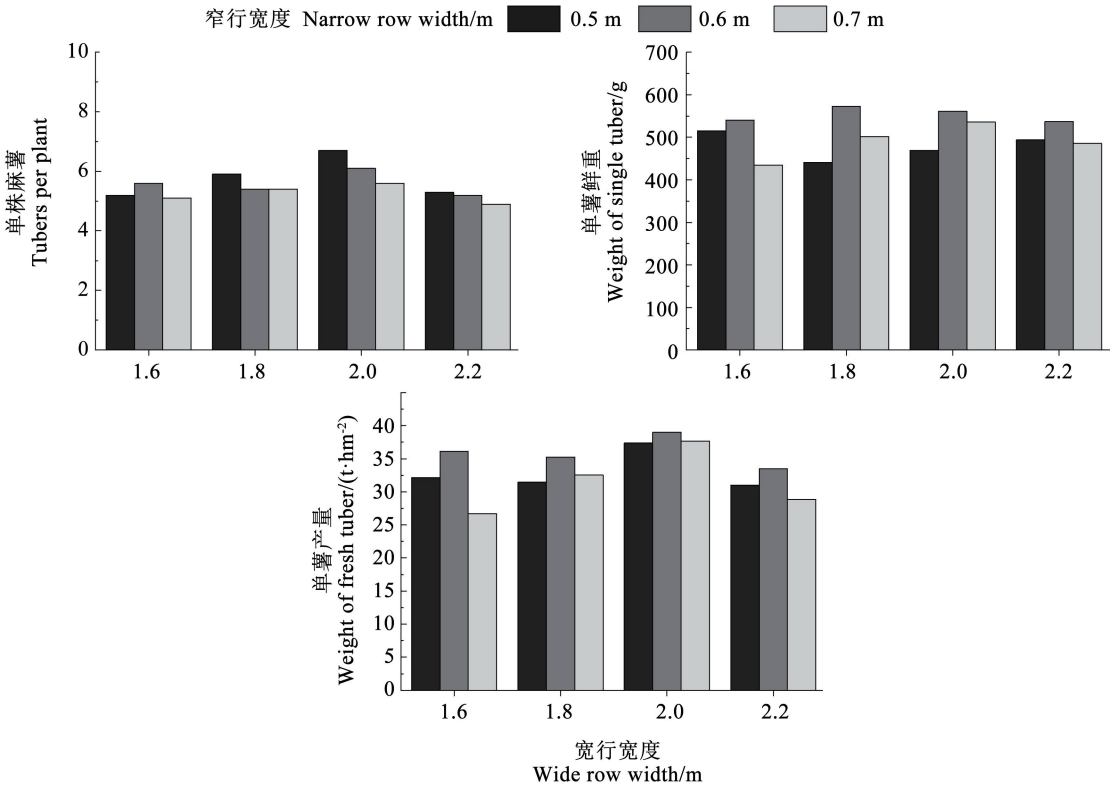


图5 不同宽窄行木薯 || 大豆模式下木薯的产量

Fig.5 Yield of cassava under different wide and narrow rows of cassava-soybean intercropping patterns

相同窄行、不同宽行间比较,宽行 2.0 m 时鲜薯产量最高。窄行 0.5 m 时,宽行 1.6 和 2.2 m 种植模式下的单株薯数显著小于宽行 1.8 和 2.0 m 的单株薯数,且宽行 1.8 m 的单株薯数显著小于宽行 2.0 m 种植模式;宽行 1.6, 1.8 和 2.2 m 的鲜薯产量显著低于宽行 2.0 m 的鲜薯产量。窄行为 0.6 m

时,宽行 2.0 m 的单株薯数显著多于宽行 2.2 m 的单株薯数,宽行 2.0 m 的鲜薯产量显著高于宽行 2.2 m 的鲜薯产量。窄行为 0.7 m 时,宽行 2.0 m 的单薯鲜重显著高于宽行 1.6 m 的单薯鲜重,宽行 2.0 m 的鲜薯产量显著高于宽行 1.6, 1.8 和 2.2 m 的鲜薯产量。

3 讨论

华南大豆生产以间套作模式为主^[13-14],与单作相比,间套作系统内高低位作物的株型差异能形成时间和空间上的合理互补^[15-16],能够充分利用水分、养分、光热和土地资源^[17-18],进而提高单位面积产出。木薯的生育期约为10个月,而春大豆仅为90 d左右,春大豆整个生育期基本与木薯苗期重叠,因此在木薯行间十分适宜间套作春大豆,是华南地区大豆生产的主要模式之一。本研究采用木薯宽窄行田间设置方式,即扩大木薯带间距以增加大豆生长空间,缩小作物株距以保证间作木薯和间作大豆的种植密度与单作相等或相近。随着木薯宽、窄行距的增加,在保持宽行内大豆种植行数和行距相同且密度不变的情况下,大豆的株距不断缩小,从而导致大豆株高增加,茎粗变细、分枝数减少和倒伏指数增加,以及产量构成因素不断降低,且产量显著低于清种。木薯与大豆共生期间,大豆的产量主要受种内竞争的影响。大豆是适应能力较强的作物,在一定范围内的密度条件下,可以调整自身的生长形态和营养面积,通过个体株型来调整群体冠层结构,使得产量变化幅度不大^[19]。但不同品种的株型有所差异,所以对密度的调整能力不尽相同^[20]。因此选育适合宽窄行木薯||大豆种植模式的大豆新品种对华南大豆产业发展至关重要。

在高产条件下,木薯和大豆均对肥料需求较高,当大豆处于低肥高密环境中,其蛋白质和脂肪含量均会发生下降^[21]。在本研究中,在相同施肥管理条件下,宽窄行木薯||大豆种植模式时大豆的蛋白质和脂肪含量较清种降低,木薯和大豆之间的间距会影响大豆的品质。当木薯宽行为1.6和1.8 m时,边行大豆的蛋白质含量显著低于中间行大豆,而脂肪含量显著高于中间行大豆。当木薯宽行为2.0和2.2 m时,边行大豆的蛋白质含量显著高于中间行大豆,而脂肪含量显著低于中间行大豆。这与高蕊等^[10]的研究结果相一致,即木薯与大豆的间距越小,边行大豆不仅受到较强的种间竞争,同时受到中行的种内竞争,而中行大豆仅存在种内竞争。随着间距的增加,木薯和大豆间的种内竞争弱化,大豆边行优势占主导地位,使得边行的蛋白质含量高于中间行。

不同作物在间作系统中,存在不同程度的竞争和促进作用,包括冠层和根系两部分的相互影响作用^[2]。在木薯间作大豆系统中,共生期间大豆生长速率相对较快,当宽行为1.6和1.8 m时,木薯与大豆的间距分别为0.2和0.3 m,大豆对木薯会产生

一定的遮蔽现象。Okoli等^[22]研究表明,在混合种植和间作系统中,木薯在其早期生长和发育期间受到相关作物的遮荫,且随着遮荫率的增加,产量逐级下降。与此同时,木薯与大豆间距小,会加大作物间的种内竞争,其中大豆属于强势地位,主要原因是华南春大豆株高约50 cm左右。当木薯宽行增加至2.0 m时,大豆与木薯间距0.4 m,大豆地上部分基本不会对木薯产生影响。随着木薯宽、窄行距的不断增加,窄行内木薯间距缩小,为抢夺有限的生长空间,其种内竞争不断增加。黄洁等^[23]研究表明,密植有利于提高木薯鲜薯产量,但以0.8 m株行距最佳。另外,当木薯宽行为2.2 m时,后期木薯无法封行,即宽行内存在严重的漏光现象。

采用传统间作种植模式,即木薯行间(1.0~1.2 m)种植1~3行大豆。在固定木薯株行距情况下,间作条件的木薯产量均较清种下降^[8];随着大豆密度增加,大豆的产量有所提升,但木薯产量下降^[24]。当间作大豆密度适当且进行合理肥料施用时,传统间作木薯的产量较清种升高^[9]。与木薯常规行距间作相比,宽窄行木薯间作大豆的单株产量能够显著提高。由于大豆种植密度的差异,宽窄行间作大豆的单位面积产量低于常规间作。但适当优化木薯宽窄行比例以及大豆种植密度,仍然可以达到与常规间作相同的产量水平。同时,宽窄行栽培能够显著提高木薯产量^[25]。在本研究中,不同宽窄行种植下,间作体系中木薯和大豆的产量均较清种下降。大豆产量降低的主要原因为种植密度较大,且株距随木薯宽、窄行距的加大而不断缩小。木薯为一年生作物,由于其生长前期和大豆的发育,消耗土壤大量养分,而本研究未对间作体系进行相应的营养补充和管理,导致间作木薯产量较清种降低。

4 结论

在木薯宽窄行||大豆的种植模式下,当木薯宽行为2.0 m,窄行为0.6 m,且宽行内间作4行大豆,大豆行距为0.4 m,大豆与木薯间距为0.4 m时,间作体系内的种内和种间竞争达到合理配置,且适宜机械化种植。为充分利用光热和土壤资源,使群体产量达到更高,还需优化木薯和大豆的种植密度,以及加强木薯的施肥管理措施。

致谢:本文承蒙华南农业大学农学院程艳波副教授、年海教授提供宝贵修改意见,谨致谢意。

参考文献

- [1] 魏荷,王金社,卢为国.大豆籽粒蛋白质含量分子遗传研究进展[J].中国油料作物学报,2015,37(3):394-410.(WEI H, WANG J S, LU W G. Molecular genetic advances in soybean seed

- protein [J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2015, 37 (3): 394-410.)
- [2] 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. (YANG F, LOU Y, LIAO D P, et al. Effects of row spacing on crop biomass, root morphology and yield in Maize-Soybean relay strip intercropping system [J]. Acta Agronomica Sinica, 2015, 41 (4): 642-650.)
- [3] 刘丽娟, 黄洁, 魏云霞, 等. 我国木薯的食用与休闲利用现状及其发展对策[J]. 江西农业学报, 2020, 32(5): 145-150. (LIU L J, HUANG J, WEI Y X, et al. Current situation and development countermeasures of edible cassava and its leisure utilization in China [J]. Acta Agriculturae Jiangxi, 2020, 32 (5): 145-150.)
- [4] 曹升, 陈江枫, 黄富宇, 等. 广西木薯产业现状分析及其发展建议[J]. 南方农业学报, 2021, 52(6): 1468-1476. (CAO S, CHEN J F, HUANG F Y, et al. Development status and countermeasures of cassava industry in Guangxi [J]. Journal of Southern Agriculture, 2021, 52 (6): 1468-1476.)
- [5] 曹升, 尚小红, 陈会鲜, 等. 广西地方面包木薯种质资源调查及表型性状分析和品质评价[J]. 西南农业学报, 2021, 34(11): 2318-2325. (CAO S, SHANG X H, CHEN H X, et al. Investigation and collection of local bread-cassava germplasm resources in Guangxi and their phenotypic trait analysis and quality evaluation [J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2021, 34 (11): 2318-2325.)
- [6] 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. (PENG J, HUANG G H, CHENG J C. Report on variety selection experiment of spring cassava-soybean intercropping [J]. Journal of Guangxi Agriculture, 2012, 27 (6): 9-13.)
- [7] 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. The current situation and countermeasures for the development of soybean intercropping in south China (I) [J]. Soybean Science & Technology, 2010(3): 1-2.)
- [8] 汤复跃, 陈渊, 梁江, 等. 大豆、木薯播期对间作大豆产量和主要农艺性状的影响[J]. 大豆科学, 2012, 31(3): 395-398. (TANG F Y, CHEN Y, LIANG J, et al. Effect of sowing dates on soybean yield and main agronomic characters under soybean intercropping with cassava [J]. Soybean Science, 2012, 31 (3): 395-398.)
- [9] 闫庆祥, 魏云霞, 黄洁, 等. 木薯/大豆不同间作模式对木薯光合生理特性、产量的影响研究[J]. 热带农业科学, 2017, 37(12): 10-15. (YAN Q X, WEI Y X, HUANG J, et al. Effect of different intercropping patterns of cassava / soybean on photosynthesis, physiology and yield of cassava [J]. Chinese Journal of Tropical Agriculture, 2017, 37 (12): 10-15.)
- [10] 高蕊, 龚颖婷, 李沛然, 等. 木薯//大豆间距对间作物农艺性状及品质的影响[J]. 大豆科学, 2018, 37(1): 81-86. (GAO R, GONG Y T, LI P R, et al. Effects of the cassava and soybean spacing in an intercropping system on the agronomic traits and crop quality[J]. Soybean Science, 2018, 37 (1): 81-86.)
- [11] 邓干然, 何晓明, 吕以志, 等. 木薯宽窄双行起垄栽培模式及机械化种植技术研究[J]. 广东农业科学, 2019, 46(5): 142-148. (DENG G T, HE X M, LYU Y Z, et al. Study on wide and narrow double-row ridging cultivation mode and mechanized planting of cassava [J]. Guangdong Agricultural Science, 2019, 46 (5): 142-148.)
- [12] MORRISON M J, VOLDENG H D, COBER E R. Agronomic changes from 58 years of genetic improvement of short-season soybean cultivars in Canada [J]. Agronomy Journal, 2000, 92 (4): 780-784.
- [13] 汤复跃, 韦清源, 陈文杰, 等. “春玉米 || 春大豆/夏大豆”群体产量、效益及其种间竞争力的评定[J]. 西南农业学报, 2019, 32(7): 1518-1523. (TANG F Y, WEI Q Y, CHEN W J, et al. Evaluation on yield, benefit and interspecific competitiveness of ‘spring maize || spring soybean / summer soybean’ intercropping [J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2019, 32 (7): 1518-1523.)
- [14] 卢杉杉, 高水练, 陈倩洁, 等. 套种大豆对茶园化肥需求量的影响[J]. 西南农业学报, 2019, 32(12): 2776-2782. (HU S S, GAO S L, CHEN Q J, et al. Effect of interplanting soybean on fertilizer demand in tea garden [J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2019, 32 (12): 2776-2782.)
- [15] 陈远学, 彭丹丹, 胡斐, 等. 玉米不同株型及种植密度对间作大豆产量和养分吸收利用的影响[J]. 草业科学, 2021, 38(1): 136-146. (CHEN Y X, PENG D D, HU F, et al. Effects of different plant types and planting densities of maize on the yield, nutrient uptake, and utilization of intercropped soybean [J]. Pratacultural Science, 2021, 38(1): 136-146.)
- [16] ECHARTE L, MAGGIORA A D, GONZALEZ V H, et al. Yield response to plant density of maize and sunflower intercropped with soybean[J]. Field Crops Research, 2011, 121(3): 423-429.
- [17] 张霞. 玉米-大豆带状套作的物质产出、养分积累及经济效益研究[D]. 雅安: 四川农业大学, 2014: 2-6. (ZHANG X. Study on material production, nutrient accumulation and economic benefit in maize-soybean relay strip intercropping system [D]. Ya'an: Sichuan Agricultural University, 2014: 2-6.)
- [18] 金晶, 余常兵, 庞静, 等. 不同带宽行比对湖北西南山区玉米/大豆套作体系干物质积累及产量的影响[J]. 中国油料作物学报, 2021, 43(5): 914-922. (JIN J, YU C B, PANG J, et al. Effects of different bandwidth and row ratios of maize/soybean intercropping system on dry matter accumulation and yield in Southwest Mountain Area of Hubei Province [J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2021, 43 (5): 914-922.)
- [19] 杨梦平, 潘丽丽, 张勇, 等. 株距对不同株型大豆农艺性状及产量的影响[J]. 大豆科学, 2017, 36(3): 377-384. (YANG M P, PAN L L, ZHANG Y, et al. Effect of plant spacing on agronomic trait and yield of different plant type soybean [J]. Soybean Science, 2017, 36 (3): 377-384.)
- [20] 张子娇. 不同耐密型大豆品种增密减肥的效果研究[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2020: 34-35. (ZHANG Z J. Study on the effects of increasing planting density and decreasing fertilizer application of different dense-resistant soybean varieties [D]. Shenyang: Shenyang Agricultural University, 2020: 34-35.)
- [21] 张艳, 佟斌, 吴晓秋, 等. 肥密处理对不同大豆品种产量和品质的影响[J]. 大豆科学, 2010, 29(3): 444-447. (ZHANG Y, TONG B, WU X Q, et al. Effects of different fertilizer level and planting density on yield and quality of soybean [J]. Soybean Science, 2010, 29 (3): 444-447.)
- [22] OKOLI P S O, WILSON G F. Response of cassava (Manihot esculenta Crantz) to shade under field conditions[J]. Field Crops Research, 1986, 14: 349-359.
- [23] 黄洁, 王萍, 许瑞丽, 等. 株行距和施肥量对木薯产量及生长的影响[J]. 热带作物学报, 2009, 30(9): 1271-1275. (HUANG J, WANG P, XU R L, et al. Effect of planting density and fertilization on yield and growth of cassava [J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2009, 30 (9): 1271-1275.)
- [24] 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. 大豆科技, 2010(3): 14-15. (LIU L S, WU X Z, LIN Q, et al. Study on interplant of high protein spring soybean and cassava[J]. Soybean Science & Technology, 2010(3): 14-15.)
- [25] 高蕊. 木薯宽窄行间作大豆体系的研究[D]. 广州: 华南农业大学, 2018. (GAO R. Study on wide/narrow intercropping system of cassava and soybean[D]. Guangzhou: South China Agricultural University, 2018.)