

玉米间作绿豆或红小豆的经济效益分析

门洪文, 郭守鹏, 朱利, 康振强, 王宝国 (济南市农业科学研究院, 山东济南 250316)

摘要 [目的]研究玉米与绿豆或红小豆间作对玉米、绿豆、红小豆产量、主要农艺性状和经济效益的影响,筛选出适宜济南及周边地区玉米、绿豆、红小豆的最优种植模式。[方法]设置玉米间作绿豆、玉米间作红小豆、玉米单作、绿豆单作、红小豆单作共8个处理,分别以玉米单作、绿豆单作和红小豆单作为对照,分析不同种植模式下的经济效益。[结果]玉米6.75万株/hm²+绿豆5.55万株/hm²为最优处理,收获玉米产量为6567.0 kg/hm²,收获绿豆产量为583.5 kg/hm²,经济效益为18384.0元/hm²,比绿豆单作增效12.3%,比玉米单作增效26.9%。通过缩小株距,将玉米密度固定在6.75万株/hm²能使玉米产量水平降低不显著。绿豆在间作条件下较绿豆单作产量降低59.1%;红小豆在间作条件下,玉米和红小豆产量均显著降低,经济效益低于玉米单作或红小豆单作。[结论]在该试验条件下,济南及周边地区最适宜的间作方式为2行玉米6.75万株/hm²+2行绿豆5.55万株/hm²。

关键词 玉米;间作;产量;农艺性状;经济效益

中图分类号 S344.2 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)12-0045-03

Economic Benefits Analysis of Maize Intercropping with Mung Bean or Adzuki Bean

MEN Hong-wen, GUO Shou-peng, ZHU Li et al (Ji'nan Academy of Agricultural Sciences, Ji'nan, Shandong 250316)

Abstract [Objective] To study the effects of maize intercropping with mung bean or adzuki bean on the yield, main agronomic characters and economic benefits of maize, mung bean and adzuki bean, and to screen out the optimal cropping patterns of corn, mung bean and adzuki bean of Jinan and surrounding areas. [Method] A total of eight treatments were designed, including interplanting of maize and mung bean, interplanting of maize and adzuki bean, maize monoculture, mung bean single monoculture, and adzuki bean monoculture. Taking maize, mung bean and adzuki bean monocultures as the controls, economic benefits of different planting patterns were analyzed. [Result] The optimal treatment was maize 67 500 plants/hm² + mung bean 55 500 plants/hm². Under this condition, the yield of maize and mung bean were 6 567.0 and 583.5 kg/hm², respectively. Its economic benefit was 18 384.0 Yuan/hm², which was 12.3% more than the mung bean monoculture and 26.9% more than maize monoculture. By narrowing the plant spacing, the density of maize was fixed at 67 500 plants/hm², which could made the reduction of maize yield not obviously. Yield of interplanting of maize and mung bean reduced by 59.1% compared with that of mung bean monocropping. Under the condition of adzuki bean intercropping, yields of maize and adzuki bean significantly reduced, and the economic benefits were lower than those of maize monocropping and adzuki bean monocropping. [Conclusion] Under the experimental conditions, the most suitable intercropping method in Jinan and the surrounding area was 2 rows of maize 67 500 plants/hm² + 2 rows of mung bean 55 500 plants/hm².

Key words Maize; Intercropping; Yield; Agronomic characters; Economic benefits

间套作是我国传统农业生产中常用的一种种植方式。间套作系统通过合理配置作物群体,使作物高矮分层、相间成行,改善作物的通风透光条件,提高对光、热、水、肥的利用率,以实现最佳的经济和生态效益。玉米与绿豆或红小豆间作是我国常见的一种种植模式。在我国农业生产中发挥了重要作用。

玉米与绿豆、红小豆间作时,产量与农艺性状均会互相影响。马秀杰^[1]研究表明,绿豆与玉米间作单株荚数和荚粒数均少于绿豆单作,单株产量减少20.6%。李培等^[2]研究表明,红小豆株高、主茎分枝、主茎节数、荚长、荚粒数以及百粒重变化均不大,而单株荚数和产量随着种植密度增加呈抛物线变化。蔡丽丽^[3]通过6个不同处理的绿豆和玉米间作试验,得到了绿豆和玉米间作最大经济效益的间作比例是2:1。闫峰等^[4]研究表明,绿豆与玉米的间作比例为6:4时复合群体的总经济效益最高;绿豆与玉米间作,边际效应使玉米的一些农艺性状得到改善,而绿豆的一些性状减弱。刘振兴等^[5]认为小豆玉米间作最佳的种植模式为2行玉米4行小豆,小豆的种植密度为13.5万株/hm²。张春明等^[6]研究表明,5:3的小豆-玉米间作模式收益最高,达31378元/hm²。

李少明等^[7]认为,玉米、豆类间作模式下玉米能从豆类作物的根际中获得部分氮。李淑敏等^[8]认为玉米菌根所形成的菌丝桥有利于豆类作物对磷的吸收。田耀加等^[9]认为间作生境中捕食性天敌蜘蛛和瓢虫类群的个体数量均明显增加,间作绿豆对甜玉米田具有一定的控害增益作用。房增国^[10]研究表明间作能显著增加蚕豆籽粒产量,促进蚕豆对氮、磷的吸收,对成熟期玉米氮、磷吸收影响不大。党晶晶等^[11]认为豆科植物通过与杂草的空间竞争,对玉米田中经常发生的杂草马唐、牛筋草、反枝苋、马齿苋等具有明显的控制效果,并对玉米有一定的增产作用。

长期以来,玉米与豆科作物,尤其是大豆等的间作受到高度重视,但是对玉米与绿豆、红小豆在相同条件下间作的研究较少。为了研究比较玉米与绿豆或红小豆在相同种植模式下的经济效益,笔者于2017年进行了玉米与绿豆、玉米与红小豆不同种植模式的对比试验,以期筛选出适宜山东内陆地区玉米与绿豆或红小豆的最佳间作模式,使农民实现增收。

1 材料与方法

1.1 试验地概况 试验于2017年夏季在山东省济南市农业科学研究院试验地进行,该地年平均气温14.7℃,年平均降水量671.1 mm,年日照时数2616.8 h。6—9月降雨量为509.4 mm。土壤类型为壤土,土壤有机质含量19.21 g/kg,全氮含量1.20 g/kg,水解氮243 mg/kg,速效磷0.155 mg/kg, pH 7.5。

基金项目 济南市农业科技创新计划项目(201401);山东省农业科学院地科技合作引导计划项目(2015YDHZ10);济南市农业科学研究院科研项目(ZY201706)。

作者简介 门洪文(1986—),男,山东平阴人,助理研究员,硕士,从事玉米育种与栽培技术研究工作。

收稿日期 2018-02-06

1.2 试验材料 玉米品种选择郑单 958, 购买于北京德农种业有 限 公 司; 绿 豆 品 种 选 择 潍 绿 7 号, 引 自 潍 坊 市 农 业 科 学 研 究 院; 红 小 豆 品 种 为 冀 红 16, 引 自 河 北 省 农 林 科 学 院。

1.3 试验设计与田间管理 试验采用随机区组设计, 小区面积为 8.0 m×2.4 m, 行距 60 cm, 每个小区播种 4 行作物, 间作处理 2 个边行播种玉米, 中间 2 行播种绿豆或红小豆, 每个处理设 3 个重复。为了便于机械化播种及收获, 所有处理均设置等行距播种, 行距 60 cm。试验地的田间管理均与大田生产相同。试验共设 8 个处理如下:

处理①: 玉米 6.75 万株/hm² + 绿豆 5.55 万株/hm²。玉米株距 12.5 cm, 绿豆株距 15 cm, 2 行玉米之间播种 2 行绿豆, 60 cm 等行距种植。

处理②: 玉米 3.375 万株/hm² + 绿豆 5.550 万株/hm²。玉米株距 25 cm, 绿豆株距 15 cm, 2 行玉米之间播种 2 行绿豆, 60 cm 等行距种植。

处理③: 玉米 6.75 万株/hm² + 红小豆 5.55 万株/hm²。玉米株距 12.5 cm, 红小豆株距 15 cm, 2 行玉米之间播种 2 行红小豆, 60 cm 等行距种植。

处理④: 玉米 3.375 万株/hm² + 红小豆 5.550 万株/hm²。玉米株距 12.5 cm, 红小豆株距 15 cm, 2 行玉米之间播种 2 行红小豆, 60 cm 等行距种植。

处理⑤: 玉米 6.75 万株/hm²。株距 25 cm, 60 cm 等行距种植。

处理⑥: 玉米 13.50 万株/hm²。株距 12.5 cm, 60 cm 等行距种植。

处理⑦: 绿豆 11.10 万株/hm²。株距 15 cm, 60 cm 等行

距种植。

处理⑧: 红小豆 11.10 万株/hm²。株距 15 cm, 60 cm 等行距种植。

在玉米收获期从每小区选取 10 株玉米, 调查株高、穗位高、基部节间粗等指标, 并按小区收获计产。在绿豆和红小豆成熟期从每小区选取 10 株绿豆, 调查株高、主茎分枝、单株荚数、荚长、荚粒数、产量。

1.4 数据处理 采用 SPSS 和 Microsoft Excel 2007 进行数据统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同种植模式对玉米农艺性状及产量的影响 合理间作和适当的种植密度是间作复合体系获得高产的前提。由表 1 可知, 在不同的种植模式下, 处理②基部节间最粗, 而处理⑥基部节间最细, 其余处理基部节间差异不显著。从穗位高度和株高来看, 处理②和④均低于其他处理, 处理⑥最高, 为 111.4 和 235.7 cm, 无论何种种植模式, 玉米株高和穗位高度均随密度增加而升高。从千粒重来看, 处理①和⑤千粒重最高, 其他处理千粒重较低且各处理之间差异不显著。从产量来看, 处理⑤产量最高, 达到 7 243.5 kg/hm², 而处理⑥产量为 6 931.5 kg/hm², 低于处理⑤, 但二者差异不显著, 分析原因可能是在 6.75 万株/hm² 的密度条件下, 玉米田间通风透光条件较好, 而在 13.50 万株/hm² 的密度下玉米生长郁闭, 导致植株较高且茎秆细弱, 植株较空棵率和倒伏率上升, 产量下降。在间作处理的条件下, 处理①产量最高, 达 6 567.0 kg/hm², 其余 3 个间作处理均显著低于处理①。

表 1 不同种植模式对玉米产量及农艺性状的影响
Table 1 Effects of different planting patterns on yield and agronomic characters of maize

处理编号 Treatment code	基部节间粗 Base internode width//mm	穗位 Ear height cm	株高 Plant height cm	叶片数 Leaf number 片	千粒重 1 000-grain weight//g	产量 Yield kg/hm ²
①	23.8±0.9 b	107.7±2.1 ab	233.8±1.4 ab	6.6±0.2 a	340.0±8.2 a	6 567.0±208.5 b
②	28.4±2.0 a	97.4±3.8 c	225.3±0.9 c	5.5±0.2 bc	332.3±4.0 b	4 560.0±145.5 d
③	23.3±0.3 b	105.6±0.4 ab	227.6±2.4 c	5.3±0.1 c	332.9±6.2 b	5 419.5±124.5 c
④	23.6±0.2 b	101.8±6.4 bc	226.5±5.7 c	5.5±0.3 bc	329.8±3.3 b	5 368.5±84.0 c
⑤	24.5±0.6 b	104.5±1.5 b	230.0±1.0 bc	5.7±0.3 b	339.3±1.4 a	7 243.5±375.0 a
⑥	19.1±1.3 c	111.4±4.8 a	235.7±2.3 a	5.6±0.2 bc	332.7±2.3 b	6 931.5±543.0 ab

注: 同列数据后不同小写字母表示处理间在 0.05 水平差异显著
Note: Different lowercases in the same column indicated significant differences at 0.05 level

2.2 不同种植模式对绿豆、红小豆农艺性状及产量的影响 由表 2 可知, 从株高上看, 红小豆显著高于绿豆, 与玉米间作之后, 绿豆株高显著增加; 且玉米密度越大, 绿豆株高增加越多, 而红小豆株高随玉米密度增加呈上升趋势。绿豆和红小豆单作时, 分枝最多, 单株荚数最多, 豆荚最长, 荚粒数也最多, 红小豆与玉米间作时, 主茎分枝、单株荚数显著减少, 而荚长和荚粒数相差不大; 绿豆与玉米间作时, 主茎分枝、单株荚数略有降低, 各处理之间荚长和荚粒数差距不明显。处理⑦单作时, 绿豆产量最高, 达到 1 819.5 kg/hm², 显著高于间作时的绿豆产量。处理⑧单作时, 红小豆产量最高, 达到 1 408.5 kg/hm², 显著高于间作时红小豆的产量。

2.3 不同种植模式的经济效益分析 农业生产在满足人类食物需求的同时, 对农民增收起到至关重要的作用。通过对不同间作模式的产出效益进行分析, 能有效的为农业生产提供借鉴。随着农业供给侧结构的改革, 普通玉米价格维持在较低价位, 而杂粮生产逐步受到重视, 通过查询市场上玉米、绿豆以及红小豆的价格, 得出了不同种植模式的经济效益。由表 3 可知, 按 2017 年玉米 2 元/kg、绿豆 9 元/kg, 红小豆 9 元/kg 的价格来分析各种种植模式的经济效益, 结果表明无论是玉米单作或者是绿豆、红小豆单作其经济效益均不是最高的。通过计算可得, 玉米 6.75 万株/hm² + 绿豆 5.55 万株/hm² 的经济效益最高, 较玉米单作增效 26.9%, 较绿豆单作增效

12.3%。在玉米与绿豆间作模式中,虽然玉米的产量以及相关农艺性状有所下降,但通过复合群体结构的合理布局与调整,增收绿豆的产量弥补了玉米产量降低造成的经济损失,在整体上提高了单位面积的经济效益。在玉米与红小豆间

作模式下,玉米产量显著低于玉米单作的产量,而且红小豆在间作模式下产量极低,可能原因是红小豆冀红 16 茎秆较长,间作造成田间通风透光条件急剧恶化,导致营养生长旺盛、生殖生长受到影响。

表 2 不同种植模式对绿豆、红小豆产量及农艺性状的影响
Table 2 Effects of different planting patterns on the yields and agronomic characters of mung bean and adzuki bean

处理编号 Treatment code	株高 Plant height cm	主茎分枝 Branches of main stem//个	单株荚数 Pod number per plant//个	荚长 Pod length cm	荚粒数 Seeds per pod//粒	产量 Yield kg/hm ²
①	65.5±8.3 c	4.8±0.4 b	20.9±2.9 bc	8.3±0.5 a	10.0±1.1 ab	583.5±9.0 c
②	58.9±2.3 c	4.5±0.6 b	20.4±2.7 bc	8.1±0.2 a	9.7±0.8 b	744.0±33.0 c
③	135.7±20.7 a	1.9±0.2 c	10.7±4.4 c	6.2±0.4 c	6.4±0.7 c	75.0±31.5 d
④	95.3±5.9 b	2.2±0.2 c	13.6±4.5 c	6.5±0.1 bc	6.7±0.9 c	192.0±3.0 d
⑦	49.8±2.9 c	5.4±0.2 a	25.6±4.5 b	8.5±0.2 a	11.3±0.2 a	1 819.5±267.0 a
⑧	106.4±20.1 b	4.8±0.2 b	37.1±7.6 a	6.8±0.4 b	6.8±1.1 c	1 408.5±231.0 b

注:同列数据后不同小写字母表示处理间在 0.05 水平差异显著
Note: Different lowercases in the same column indicated significant differences at 0.05 level

表 3 不同种植模式经济效益对比
Table 3 Comparison of economic benefits of different planting patterns

处理 Treatment code	玉米 Maize		绿豆或红小豆 Mung bean or adzuki bean		经济效益 Economic benefit 元/hm ²	较玉米 6.75 万株/hm ² 单作 Compared with maize monoculture 67 500 plants/hm ² // ± %		较绿豆(红小豆)11.10 万株/hm ² 单作 Compared with mung bean (adzuki bean) 111 000 plants/hm ² monoculture // ± %	
	单价 Price 元/kg	产量 Yield kg/hm ²	单价 Price 元/kg	产量 Yield kg/hm ²		产量 Yield	经济效益 Economic benefit	产量 Yield	经济效益 Economic benefit
①	2	6 567.0	9	583.5	18 384.0	-9.3	26.9	-67.9	12.3
②	2	4 560.0	9	744.0	15 816.0	-37.0	9.2	-59.1	-3.4
③	2	5 419.5	9	75.0	11 512.5	-25.2	-20.5	-94.7	-9.2
④	2	5 368.5	9	192.0	12 465.0	-25.9	-14.0	-86.4	-1.7
⑤	2	7 243.5	—	—	14 487.0	—	—	—	—
⑥	2	6 931.5	—	—	13 864.5	-4.3	-4.3	—	—
⑦	—	—	9	1 819.5	16 375.5	—	13.0	—	—
⑧	—	—	9	1 408.5	12 676.5	—	-12.5	—	—

3 结论与讨论

与玉米、绿豆单作的种植模式相比,玉米间作绿豆的种植模式通过牺牲部分玉米的产量为代价,增加一茬绿豆,从而在整体上达到了增效的目的。在玉米与绿豆、红小豆间作的种植模式中,玉米减产程度显著低于绿豆、红小豆的减产程度,这是因为玉米在间作种植模式中,通过合理增加株距维持了玉米生产的适宜密度,且玉米根系较发达,株高为绿豆株高的 4~6 倍,为红小豆株高的 2~3 倍,在对光、热、水、肥等因素的吸收中处于优势地位。由于玉米对绿豆、红小豆植株的生长产生严重的阴蔽作用,极大影响了绿豆和红小豆的光合作用,导致绿豆和红小豆茎秆徒长、细弱,分枝少,结荚少。红小豆对光照的敏感度更高,因此间作导致红小豆产量急剧降低,间作效果低于玉米、红小豆单作的效果。

绿豆、红小豆与玉米间作是山东省内陆地区玉米和绿豆、红小豆生产中一种典型的种植方式。该研究是在总结了多年来玉米与绿豆、红小豆间作的经验进而开展的。试验结果表明,在相同的地理条件及合理的田间管理措施下,玉米间作绿豆的种植模式能够通过合理配置复合群体的结构,充分挖掘出绿豆和玉米各自的生产力,进而实现较高的综合效益。随着我国种植业结构调整,玉米单作效益越来越低,玉

米间作豆类作物能有效提高经济效益、保障农民收入。由于试验条件限制,该试验对玉米间作绿豆、红小豆进行了初步探索,对玉米间作绿豆、红小豆的一些适宜品种、适宜密度以及大田管理技术仍需要不断地完善和细化。

参考文献

[1] 马秀杰. 间作对绿豆生物性状、产量和品质的影响[J]. 核农学报,2014, 28(3):546-551.
[2] 李培,杨小龙,邓洪庚,等. 玉米/红小豆间作模式中红小豆种植适宜密度研究[J]. 耕作与栽培,2015(3):41-42,38.
[3] 蔡丽丽. 洮南市“绿豆—玉米”间作覆膜模式的农业气候研究[D]. 成都:成都信息工程大学,2015.
[4] 闫锋,崔秀辉,王成,等. 玉米绿豆间作效应分析[J]. 安徽农业科学, 2013,41(27):10931-10932.
[5] 刘振兴,周桂梅,陈健. 小豆玉米间作行比与密度研究[J]. 耕作与栽培,2012(1):27-28.
[6] 张春明,张耀文,郭志利,等. 间作模式下小豆光合特征及产量效益研究[J]. 中国农学通报,2014,30(3):226-231.
[7] 李少明,赵平,范茂攀,等. 玉米大豆间作条件下氮素养分吸收利用研究[J]. 云南农业大学学报,2004,19(5):572-574.
[8] 李淑敏,李隆,张福锁. 蚕豆/玉米间作接种 AM 真菌与根瘤菌对其吸磷量的影响[J]. 中国生态农业学报,2005,13(3):136-139.
[9] 田耀加,梁广文,曾玲,等. 间作对甜玉米田主要害虫与天敌动态的影响[J]. 植物保护学报,2012,39(1):1-6.
[10] 房增国. 豆科/禾本科间作的氮铁营养效应及对结瘤固氮的影响[D]. 北京:中国农业大学,2004.
[11] 党晶晶,张越,霍静倩,等. 间作豆类作物对玉米田中杂草防控作用的研究[J]. 玉米科学,2017,25(5):136-140.