

间作对鲁西北地区高蛋白大豆农艺性状·产量及经济效益的影响

田艺心, 曹鹏鹏, 高凤菊 (德州市农业科学研究院, 山东德州 253015)

摘要 [目的] 为高蛋白大豆品种间作种植及推广应用提供理论依据。[方法] 以黄淮海地区优质高蛋白大豆品种菏豆 12、冀豆 12、冀豆 21、齐黄 34 为研究对象, 采用玉米-大豆间作种植技术, 研究间作模式对高蛋白大豆农艺性状、产出效果及经济效益的影响。[结果] 齐黄 34 和冀豆 12 在分枝、节数、有效荚、单株粒数、单株粒重等方面稳定性效果好、耐荫性强, 间作产量和纯利润较高, 齐黄 34 间作产量和纯利润分别为 1 268.90 kg/hm²、为 11 908.12 元/hm², 冀豆 12 间作产量和纯利润值为 1 285.70 kg/hm²、11 125.34 元/hm²。[结论] 高蛋白大豆品种齐黄 34 和冀豆 12 与登海 605 间作下, 农艺性状稳定性好, 间作大豆产量及纯利润较高, 适宜鲁西北地区玉米/大豆间作种植。

关键词 间作; 高蛋白大豆; 农艺性状; 产量; 经济效益

中图分类号 S 565.1 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2020)16-0042-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2020.16.010



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Effects of Intercropping on Agronomic Characters, Yield and Economic Benefit of High-protein Soybean in Northwest of Shandong Province

TIAN Yi-xin, CAO Peng-peng, GAO Feng-ju (Dezhou Academy of Agricultural Sciences, Dezhou, Shandong 253015)

Abstract [Objective] To provide theoretical basis for intercropping and extension of high-protein soybean varieties. [Method] The high-quality and high protein soybean varieties Hedou 12, Jidou 12, Jidou 21 and Qihuang 34 in Huang-Huai-Hai region were used as the research objects, and the effects of intercropping patterns on agronomic characters, yield and economic benefits of high-protein soybean were studied by using maize-soybean intercropping techniques. [Result] Qihuang 34 and Jidou 12 had good stability and strong sprout resistance in the aspects of branching, node number, effective pod, seed number per plant, seed weight per plant, and intercropping yield and net profit were higher, the yield and net profit of Qihuang 34 intercropping were 1 268.90 kg/hm² and 11 908.12 yuan/hm² respectively. The yield and net profit of Jidou 12 intercropping were 1 285.70 kg/hm² and 11 125.34 yuan/hm² respectively. [Conclusion] Under the intercropping with Denghai 605, the high protein soybean Qihuang 34 and Jidou 12 had good stability of agronomic characters, and the higher soybean yield and net profit, which were suitable for intercropping corn/soybean in northwest of Shandong.

Key words Intercropping; High protein soybean; Agronomic characters; Yield; Economic benefit

2015 年, 国家发布《关于加快转变农业发展方式的意见(国办发[2015]59)》文件中明确指出“要大力推广轮作和间作套作, 重点在黄淮海及西南地区推广玉米-大豆间作套作”, 并在 2017 年中央 1 号文件中进一步指出, 调减非优势区籽粒玉米, 增加优质食用大豆、薯类、杂粮杂豆^[1]。因此, 推广玉米-大豆间作套作技术对推动我国政策实施、促进农业供给侧结构性改革、缓解玉米和大豆供需矛盾、激励农民种植积极性、提高现代化农业种植水平具有重要意义。近年来, 由于我国国产油用大豆商品量逐渐减少, 食用大豆需求量稳步增加, 大豆食品蛋白在国际市场上正以 10% 的速度增长, 出口量已占世界市场份额的 50% 以上, 高蛋白大豆种植已成为我国大豆产业重点发展方向之一^[2]。黄淮海地区是我国高蛋白大豆主要优势产区, 常年种植高蛋白大豆 73.33 万 hm² 以上, 蛋白质含量超 45% 的高蛋白创新种质已超过 230 份, 如何充分利用这些优势种质资源, 突出高蛋白大豆产业优势, 已成为当前大豆研究热点之一。

近年来, 众多学者在玉米-大豆间作套作种植等相关领域已进行了研究, 主要集中在品种筛选^[3-4]、间作模式^[5-6]、栽培技术^[7-8]、光合特性^[9-10]、肥料减施^[11-12]、产量效益^[13-14]

等, 但专门集中于高蛋白大豆的间作研究鲜有报道。鲁西北地区地处黄淮海平原地带, 是我国玉米、大豆主要产区之一, 玉米-大豆间作套作技术鲁西北地区此具有悠久种植历史。鉴于此, 笔者以黄淮海地区优质高蛋白大豆品种为研究对象, 采用玉米-大豆间作种植技术, 对高蛋白大豆农艺性状、产出效果及经济效益进行比较分析, 旨在明确间作种植对鲁西北地区高蛋白大豆品种的影响, 为高蛋白大豆品种的大面积推广应用和玉米-大豆间作种植提供进一步的理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况 试验于 2017—2018 年在山东省德州市农业科学研究院科技园内(37°45'N, 116°29'E)进行。试验区属于温带大陆性季风气候, 年日照时数为 2 592.7~2 603.5 h, 太阳辐射总量为 124.8 kJ/cm², 平均气温 12.5~13.6 °C, 平均降水量为 547.5~556.8 mm, 约 75% 降水集中在 7—9 月份。供试土壤为壤土, pH 6.92, 有机质含量 11.30 g/kg, 全氮 0.48 g/kg, 有效氮 46.25 mg/kg, 有效磷 22.12 mg/kg, 速效钾 85.58 mg/kg。前茬为冬小麦, 麦收后秸秆还田。

1.2 供试材料 以高蛋白大豆品种菏豆 12、冀豆 12、冀豆 21、齐黄 34 为供试材料。菏豆 12 经母本跃进 5 号和父本菏 7513-1-3 有性杂交系谱选育而成, 籽粒平均蛋白质含量为 44.26%, 脂肪含量 20.59%, 由菏泽市农业科学研究院作物研究所提供; 冀豆 12 经母本油 83-14 和父本晋大 7826 远缘杂交选育而成, 籽粒平均蛋白质含量为 46.48%, 脂肪含量为 17.07%, 由河北省农林科学研究院粮油作物研究所提供; 冀豆 21 通过轮回方法培育而成, 籽粒平均蛋白质含量 45.38%,

基金项目 山东省农业良种工程项目(2019LZGC004); 山东省农业重大应用技术创新项目(2017-粮经饲); 中央财政农业生产发展基金资助项目(Z175070020002); 山东省现代农业产业技术体系杂粮创新团队建设(SDAIT-5-01)。

作者简介 田艺心(1986—), 女, 山东德州人, 副研究员, 博士, 从事大豆及杂粮杂豆栽培生理及育种研究。

收稿日期 2020-01-20

脂肪含量 17.97%,由河北省农林科学研究院粮油作物研究所提供;齐黄 34 由母本诱处 4 号和父本 8657-16 有性杂交系谱选育而成,籽粒平均蛋白质含量 43.94%,脂肪含量 20.22%,属蛋白脂肪双高品种,由山东省农业科学院作物研究所提供。供试玉米品种为登海 605,紧凑型株型,由母本 DH351 和父本 DH382 选育而成,由山东省登海种业有限公司提供。

1.3 试验设计 试验采用玉米/大豆间作复合带状种植方式,玉米大豆间作行比设置为 2:4,即 2 行玉米间作 4 行大豆种植模式(即为 1 个玉米/大豆带)。每个试验小区长 5 m、宽 8 m,面积 40 m²。每个小区均包含 3 个玉米/大豆带,其中玉米行距为 40 cm、株距为 15 cm,大豆行距为 30 cm、株距为 16 cm,玉米大豆带间距为 65 cm,折合大豆种植密度 9.92 万株/hm²,玉米种植密度 5.28 万株/hm²。大豆单作种植采用 6 行区,行长 5m,株距为 16 cm,行距为 50 cm,密度 12.9 万株/hm²。田间试验随机区组设计,3 次重复。重复试验 2 年(2017、2018 年),试验期间充分供水,施肥及作物管理措施均按常规生产进行。

1.4 测定项目及方法 成熟后分别对在各小区收取 10 株大豆,考察株高、底荚高、分枝、节数、有效荚数、单株粒数、单株粒重、百粒重等主要农艺性状。分别对各处理收取大豆完整带(即大豆 4 行)进行测产,脱粒、自然晒干,称量籽粒产量然后折合成公顷产量。

玉米/大豆间作产量即为大豆产量和玉米产量之和(kg/hm²);大豆/玉米组合经济效益=大豆产量(kg/hm²)×大

豆市场价格(元/kg)+玉米产量(kg/hm²)×玉米市场价格(元/kg),其中玉米市场价格以近 2 年来玉米价格均值 2.0 元/kg 计算,大豆市场价格以近 2 年来大豆价格均值 4.0 元/kg 计算。总成本为各处理下种子、化肥、农药、人工等费用总和(元)。

1.5 数据分析 采用 Microsoft Excel 2007 和 DPS 软件数据处理系统进行数据整理分析、相关作图及显著性分析($P<0.05$)。

2 结果与分析

2.1 间作对高蛋白大豆农艺性状的影响 从表 1 可以看出,供试 4 个高蛋白大豆品种在间作情况下,株高、底荚高相比单作均明显增加,株高增加幅度为 8.79%~18.14%,不同品种增幅由高到低依次为冀豆 21>齐黄 34>冀豆 12>菏豆 12,底荚高增加幅度为 26.40%~59.27%,不同品种增幅由高到依次为菏豆 12>冀豆 21>冀豆 12>齐黄 34。其他农艺性状相比单作均降低,其中分枝降低幅度为-16.67%~-55.00%,品种降幅表现为冀豆 21>齐黄 34>冀豆 12、菏豆 12;节数降低幅度为 0~-0.75%,不同品种表现为冀豆 12>(菏豆 12、齐黄 34)>冀豆 21;有效荚降低幅度为-19.54%~-47.53%,不同品种表现为冀豆 21>菏豆 12>齐黄 34>冀豆 12;单株粒数降低幅度为-28.43%~-47.41%,不同品种均表现为冀豆 21>菏豆 12>冀豆 12>齐黄 34;百粒重降低幅度为-8.05%~-12.28%,不同品种表现为菏豆 12>齐黄 34>冀豆 12>冀豆 21;单株粒重降低幅度为-39.12%~-41.56%,不同品种降幅表现为冀豆 21>菏豆 12>齐黄 34>冀豆 12。

表 1 间作对高蛋白大豆农艺性状的影响

Table 1 Effects of intercropping on agronomic characters of high-protein soybean

品种名称 Variety name	株高 Plant height cm	底荚高 Bottom pod height cm	分枝数 Branches	节数 Node numbers	有效荚数 Available pods	单株粒数 Grain number per plant	百粒重 Hundred-grain weight g	单株粒重 Grain weight per plant g
J 菏豆 12 Hedou 12	118.83	22.33	1.50	14.70	28.73	58.69	22.21	12.60
M 菏豆 12 Hedou 12	109.23	14.02	1.80	14.80	36.67	87.42	25.32	21.56
J 冀豆 12 Jidou 12	74.81	11.54	1.50	13.30	30.93	65.74	24.03	14.33
M 冀豆 12 Jidou 12	63.75	9.13	1.80	13.40	38.44	91.85	26.53	23.54
J 冀豆 21 Jidou 21	76.34	14.32	0.90	13.00	16.70	38.53	22.85	8.78
M 冀豆 21 Jidou 21	64.62	9.56	2.00	13.00	31.83	73.27	24.85	18.16
J 齐黄 34 Qihuang 34	86.17	20.11	1.10	14.70	28.77	67.34	25.74	15.21
M 齐黄 34 Qihuang 34	73.05	15.92	1.60	14.80	36.45	90.63	28.42	25.67

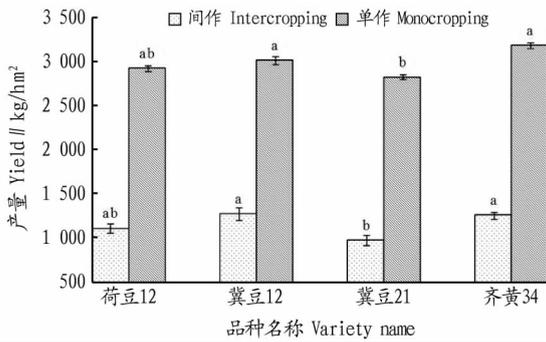
注:J 表示大豆间作,M 表示大豆单作;降幅表示与单作大豆相比,间作大豆的降低幅度

Note:J indicated soybean intercropping, M indicated monocropping;decreasing amplitude was the decreasing proportion of soybean intercropping compared with monocropping

2.2 间作对高蛋白大豆产量的影响 从图 1 可以看出,单作情况下,4 个高蛋白大豆品种产量为 2 831.25~3 188.85 kg/hm²,其中齐黄 34 和冀豆 12 产量较高,分别为 3 188.85、3 018.90 kg/hm²,两者之间产量无显著差异,且均较显著高于菏豆 12,显著高于冀豆 21。间作情况下,4 个高蛋白大豆品种产量在 981.95~1 285.70 kg/hm²,产量大小表现趋势与单作表现相一致,均以齐黄 34 和冀豆 12 较高,其间作产量分别为 1 268.90、1 285.70 kg/hm²,菏豆 12 和冀豆 21 产量较低。此外,相比单作,间作后 4 个高蛋白大豆品种产

量均显著降低,降低幅度为 57.41%~65.32%,其中菏豆 12 降低幅度为 61.70%、冀豆 12 降低幅度为 57.41%、冀豆 21 降低幅度为 65.32%、齐黄 34 降低幅度为 60.21%。冀豆 21 产量降低幅度最大,受玉米间作影响较大,其次为菏豆 12,齐黄 34 和冀豆 12 降低幅度较小,受玉米间作较小,这表明齐黄 34 和冀豆 12 总体耐荫性要强一些。

2.3 间作对高蛋白大豆产出效果及经济效益的影响 从表 2 可以看出,同一玉米品种与不同高蛋白大豆品种间作组合后,玉米产量明显不同,其中与齐黄 34 和冀豆 12 间作下玉



注:不同小写字母表示在同一耕作方式下在 0.05 水平差异显著
 Note: Different lowercases indicated significant difference at 0.05 level under the same tillage method

图 1 间作和单作高蛋白大豆产量的比较

Fig.1 Comparison of the yields of high-protein soybeans under intercropping and monocropping

表 2 高蛋白大豆品种间作模式产出效果比较

Table 2 Comparison of output effects of high-protein soybean under intercropping pattern

耕作方法 Tillage method	品种名称 Variety name	玉米产量 Maize yield kg/hm ²	大豆产量 Soybean yield kg/hm ²	总产值 Total value 元/hm ²	总成本 Total cost 元/hm ²	纯利润 Pure profit 元/hm ²
间作 Intercrop- ping	荷豆 12	8 785.23 b	1 122.05 ab	22 058.66 b	13 100.32 a	8 958.34 b
	冀豆 12	9 686.65 a	1 285.70 a	24 516.10 a	13 390.56 a	11 125.54 a
	冀豆 21	9 456.32 ab	981.95 b	22 840.44 b	13 222.15 a	9 618.29 ab
	齐黄 34	9 968.77 a	1 268.90 a	25 013.14 a	13 105.02 a	11 908.12 a
单作 Monocrop- ping	荷豆 12	—	2 929.80 ab	11 719.20 b	6 400.29 a	5 318.91 b
	冀豆 12	—	3 018.90 a	12 075.60 a	6 353.26 a	5 722.34 b
	冀豆 21	—	2 831.25 b	11 325.00 b	6 243.76 ab	5 081.24 c
	齐黄 34	—	3 188.85 a	12 755.40 a	6 150.52 b	6 604.88 a

注:同列不同小写字母表示在同一耕作方式下在 0.05 水平差异显著

Note: Different lowercases in the same column indicated significant difference at 0.05 level under the same tillage method

3 结论与讨论

与单作大豆相比,玉米和大豆间作后大豆农艺性状会发生变化,该试验供试 4 个高蛋白大豆品种在间作情况下,株高、底荚高相比单作均增加,分枝、节数、有效荚、无效荚、单株粒数、百粒重、单株粒重等农艺性状均降低,其中节数和百粒重降低幅度分别为 0~-0.75%、-8.05%~-12.28%,降低幅度比其他性状小,表明间作对大豆节数和百粒重影响较小。杨明颜等^[15]对玉米/大豆复合带状种植的大豆植株遮阴性进行了研究,发现在高位作物玉米的遮蔽下,大豆植株会出现主茎伸长、节数减少、茎秆纤细等性状,表明大豆的生长在遮阴下发生了明显的避阴反应,并且节间伸长是导致大豆植株高度在遮阴下增加的主要原因,这与该研究结果相似,并且从各个品种性状表现来看,冀豆 21 和荷豆 12 在分枝、节数、有效荚、单株粒数、单株粒重等方面均比齐黄 34 和冀豆 12 变化幅度要高,表明在玉米遮阴情况下,齐黄 34 和冀豆 12 品种性状稳定性效果要好于冀豆 21 和荷豆 12,这 2 个品种耐荫性更强一些。

4 个高蛋白大豆品种产量在单间作情况下表现趋势相一致,均表现为齐黄 34 和冀豆 12 显著高于冀豆 21 和荷豆

米产量较高,显著高于与冀豆 21 和荷豆 12 间作下的玉米产量。另外,玉米/大豆总产值结果显示,玉米登海 605 与齐黄 34 和冀豆 12 间作总产值两者之间无显著差异,均显著高于登海 605 与荷豆 12 和冀豆 21 间作的总产值。去掉总成本后,玉米与不同高蛋白大豆间作纯利润表现也有所不同。登海 605 与齐黄 34 间作纯利润最高,为 11 908.12 元/hm²,其次与冀豆 12 间作纯利润值为 11 125.34 元/hm²,与冀豆 21 和荷豆 12 间作纯利润较低,分别为 9 618.29 和 8 954.34 元/hm²。另外,单作大豆成本要明显低于玉米/大豆间作成本,这主要与玉米/大豆间作下人工费用产生较多有关。总体计算来看,玉米/大豆间作情况下纯利润均比大豆单作纯利润要高,相比单作,登海 605 与荷豆 12 利润增幅 68.42%,登海 605 与冀豆 12 间作利润增幅 94.42%,登海 605 与冀豆 21 间作利润增幅 89.89%,登海 605 与齐黄 34 间作利润增幅 80.29%,玉米/大豆间作模式利润增幅均在 80.00% 以上。

12,这与大豆品种本身遗传特性有很大关系。相比单作,间作后 4 个高蛋白大豆品种产量均显著降低,降低幅度为 57.41%~65.32%,这主要与大豆种植面积缩减有关,其中齐黄 34 和冀豆 12 降低幅度较小,这也进一步表明齐黄 34 和冀豆 12 受玉米间作影响较小,总体耐荫性较强。另外,相比单作,登海 605 与 4 个高蛋白大豆间作模式利润增幅均在 80.00% 以上,其中与齐黄 34 间作纯利润最高,为 11 908.12 元/hm²,其次与冀豆 12 间作纯利润值为 11 125.34 元/hm²,这表明登海 605 与齐黄 34 和冀豆 12 间作下,大豆产量和间作经济效益较高,可作为玉米/大豆间作模式品种优势组合。

总体来看,由于玉米/大豆间作模式中,玉米属于高秆优势作物,大豆属于矮秆劣势作物,为减弱玉米高生态位势对大豆产生的遮阴影响,玉米应选择株高较矮、株型紧凑型品种,大豆应选用耐阴、抗倒伏、农艺性状及产量等综合性状较高的品种。该研究结果表明,高蛋白大豆品种齐黄 34 和冀豆 12 与登海 605 间作下,农艺性状稳定性好,间作大豆产量、总体经济效益及纯利润较高,适宜在鲁西北地区玉米/大豆间作种植。

(下转第 115 页)

和刚毛怪柳为次优势种,芦苇是主要伴生种,胡杨、灰胡杨、藜子朴、刺儿菜、灰绿藜为偶见种。主要原因是假苇拂子茅兼具有性繁殖和无性繁殖两种方式,在恶劣气候来临之前,形成大量的种子,且种子可以随风传播到很远的地方,条件合适就可以萌发,保证了后代的存活,同时又因为是多年生的草本植物,又可以以根蘖的方式产生新的个体,因此是该群落的优势种。多枝怪柳和刚毛怪柳可以产生大量的种子,且个体相对高大,本身又是泌盐植物,耐盐耐旱,且为木本植物,因此为次优势种。藜子朴、刺儿菜、灰绿藜多数个体相对较小,在群落中不占优势。因为心叶水柏枝随水而居,其分布位置常常随着河岸的波动或者湿地位置迁移,种群数量也随之发生变化,在这样的环境下,胡杨和灰胡杨的定居也有诸多的不确定性,在该群落中胡杨和灰胡杨的个体相对较小,数量少,盖度和频度都不占优势,因此为偶见种。但是心叶水柏枝群落中,沟灌草植物均有分布,从群落发展的角度考虑,该群落是进展演替群落。

对其种子萌发率的研究表明,心叶水柏枝在黑暗光照交替条件下萌发率最高。心叶水柏枝种子萌发时不耐低温,在 5℃ 时其萌发率较低,为 4.67%,当温度为 10℃ 时其萌发率则大幅提高,在 25℃ 时其萌发率最高。这个温度在其开花结果的 8—9 月较为符合,但大量的种子萌发后常遭受河水断流、盐碱化严重等影响。在 NaCl 浓度高于 100 mmol/L 时,种子萌发受到抑制,在干旱胁迫试验中,PEG-6000 浓度为 0~10% 时,心叶水柏枝种子能较好萌发,在 PEG-6000 浓度高于 10% 时,种子萌发被明显抑制,PEG-6000 浓度高于 24% 时,种子发芽率大幅降低。说明轻微的干旱胁迫并不影响种子萌发,但是 PEG 浓度较高时其萌发受到抑制。塔里木河为季节性内陆河,夏季气温较高时河水流量较大,进入秋季,河流逐渐进入枯水期,其河水矿化度即可超出盐碱地区标准,且河床变得异常干旱,这些因素致使其遭受干旱胁迫、高

温胁迫与盐胁迫,幼苗及其当年生植株难以长久存活,导致其种群的数量和密度均逐渐变小,面临濒危。

塔里木盆地年平均降水量为 53 mm,年平均蒸发量达 1 969 mm,气候干燥,虽然其生存环境大多为河滩,在夏季水分较充足,但秋、冬、春三季河床较干旱,且分布区为盐碱地,土壤表层盐分较高,因此该植物常受盐、高温、干旱胁迫,导致部分或多数植株枯死。

综上所述,为保护其植物资源的永续利用,首先,通过宣传,加强人们对濒危物种的认知程度,并强调保护濒危物种的重要性;其次,将现代基础设施建设与环境保护相结合,强调保护环境的重要性,在水利方面的建设应当充分考虑是否会对植物生长造成影响;再次,对心叶水柏枝的分布区进行保护,尽量减少人类对其生长的影响,对牧民进行普及教育,划分放牧区,减少对其的破坏。

参考文献

- [1] 党荣理,潘晓玲.西北干旱荒漠区植物区系的特有现象分析[J].植物研究,2001,21(4):519-526.
- [2] 冯纛,严成,尹林克.新疆植物特有种及其分布[J].西北植物学报,2003,23(2):263-273.
- [3] 王勇,刘义飞,刘松柏,等.中国水柏枝属植物的地理分布、濒危状况及其保育策略[J].武汉植物学研究,2006,24(5):455-463.
- [4] 韩路,陈家力,王家强,等.塔河源荒漠河岸林群落物种组成、结构与植物区系特征[J].植物科学学报,2019,37(3):324-336.
- [5] 宋永昌.植被生态学[M].上海:华东师范大学出版社,2001.
- [6] 谢宗强.中国特有植物银杉及其研究[J].生物多样性,1995,3(2):99-103.
- [7] 陈山.不同利用方式土壤团聚体稳定性及其与有机质和铁铝氧化物的关系[D].武汉:华中农业大学,2012.
- [8] 赵震锡,苏斯思.不同水分胁迫下胡杨种子活力测定分析[J].种子科技,2016,34(6):119-121.
- [9] 刘有军,刘世增,康才周,等.中国特有植物沙地云杉的濒危机制[J].水土保持通报,2018,38(3):60-65,73.
- [10] 马克平,刘玉明.生物群落多样性的测度方 I α 多样性的测度方法(下)[J].生物多样性,1994,2(4):231-239.
- [11] 钱迎倩,马克平.生物多样性研究的原理与方法[M].北京:中国科学技术出版社,1994.

(上接第 44 页)

参考文献

- [1] 贺洪军,高凤菊,田艺心.玉米-大豆高效复合种植模式调研报告[J].黑龙江农业科学,2018(6):112-115.
- [2] 张岩.中国大豆发展现状分析[J].天津农林科技,2018(6):39-41.
- [3] 曹鹏鹏,任自超,高凤菊,等.鲁西北地区大豆/玉米间作适宜品种组合筛选[J].山东农业科学,2019,51(12):31-35,39.
- [4] 赵银月,黄国贤,詹和明,等.云南省适宜与玉米间作大豆品种的筛选与鉴定[J].大豆科学,2018,37(1):75-80.
- [5] 王静,林治安,李志杰,等.鲁西北地区夏玉米间作大豆适宜模式研究[J].安徽农业科学,2019,47(8):24-26.
- [6] 周颖,陈平,杜青,等.不同间套作模式对大豆农艺性状及系统经济效益的影响[J].四川农业大学学报,2018,36(6):745-750.
- [7] 马艳玮,蒲甜,李丽,等.玉米-大豆带状套作高产玉米品种的形态特征[J].玉米科学,2019,27(4):93-99.
- [8] 汤飞跃,陈文杰,韦清源,等.不同行比配置和玉米株型对玉米大豆间种

产量及效益影响[J].大豆科学,2019,38(5):726-732.

- [9] 杨小琴,王洋,齐晓宁,等.玉米间作体系的光合生理生态特征[J].土壤与作物,2019,8(1):70-77.
- [10] 任永福,陈国鹏,蒲甜,等.玉米-大豆带状种植中套作高光效玉米窄行穗位叶光合特性对弱光胁迫的响应[J].作物学报,2019,45(5):728-739.
- [11] 田艺心,曹鹏鹏,高凤菊,等.减氮施肥对间作玉米-大豆生长性状及经济效益的影响[J].山东农业科学,2019,51(11):109-113.
- [12] 李立坤,左传宝,于福兰,等.肥料减施下玉米-大豆间作对作物产量和昆虫群落组成及多样性的影响[J].植物保护学报,2019,46(5):980-988.
- [13] 徐长帅,高伟,冯雪梅,等.玉米大豆间作田间配置经济效益研究[J].种子科技,2015,33(11):44-46.
- [14] 任媛媛,王志梁,王小林,等.黄土塬区玉米大豆不同间作方式对产量和经济收益的影响及其机制[J].生态学报,2015,35(12):4168-4177.
- [15] 杨明颜,陈慧欢,孙歆,等.大豆植株对单侧遮阴的形态响应特征[J].中国油料作物学报,2017,39(1):60-64.