

原垄卡种对春大豆生长发育及产量的影响

宋秋来¹,冯延江¹,王 麒¹,孙 羽¹,曾宪楠¹,卞景阳¹,来永才^{1,2},赵恩龙³

(1. 黑龙江省农业科学院 耕作栽培研究所,黑龙江 哈尔滨 150086; 2. 黑龙江省农业科学院博士后科研工作站,黑龙江 哈尔滨 150086; 3. 哈尔滨天顺生态农业投资有限公司,黑龙江 哈尔滨 150078)

摘 要:在大田条件下系统地比较了大豆全生育期玉米茬原垄卡种大豆与大豆连作两种耕作方式下,叶面积、株高、干物质积累及产量上的差异。结果表明:由于玉米秸秆的存在,原垄卡种处理在大豆苗期生长缓慢,其叶面积、株高、干物质积累量较大豆连作处理低 6.76%、27.78%、16%。随着后期原垄卡种处理大豆生长迅速,二者之间的差距逐渐缩小,鼓粒期原垄卡种处理叶面积、干物质积累量超过大豆连作处理,二者株高相同。至成熟期原垄卡种处理的干物质积累量较大豆连作处理高 7.6%,前者较后者增产 9%。
关键词:原垄卡种;叶面积;株高;干物质;产量
中图分类号:S565.1 **文献标识码:**A **DOI:**10.11861/j.issn.1000-9841.2015.02.0228

Effects of Original Ridge Tillage on the Growth and Yield of Spring Soybean
SONG Qiu-lai¹,FENG Yan-jiang¹,WANG Qi¹,SUN Yu¹,ZENG Xian-nan¹,BIAN Jing-yang¹,ZHAO En-long²
(1. Crop Tillage and Cultivation Institute, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, China; 2. Harbin Skyway Ecological Agriculture Investment Co. Ltd, Harbin 150078, China)

Abstract: This study systematically compared the differences of soybean leaf area, plant height, dry matter accumulation and yield with the two farming methods of intercropping maize and soybean and soybean continuous cropping in the whole growth period. The result showed the intercropping soybean grew slowly in seedling period due to the presence of corn stalks. Its leaf area, plant height, dry matter accumulation respectively decreased 6.76%, 27.78%, 16% comparing with soybean continuous cropping treatment. As the the intercropping soybean developed rapidly in late stage, the gap between the two treatments was gradually reduced. Leaf area, dry matter accumulation of intercropping maize and soybean treatment were higher than soybean continuous cropping treatment, the heights of the above two treatments were the same in the filling period. The dry matter accumulation of intercropping maize and soybean treatment was higher than soybean continuous cropping treatment of 7.6% in the mature period. The yield of intercropping maize and soybean treatment was higher than soybean continuous cropping treatment of 9%.
Keywords: Original ridge tillage; Leaf area; Plant height; Dry matter; Yield

黑龙江省是我国最重要的大豆生产基地。近年来,受种植业结构调整的影响,大豆由于单产低、比较效益差,黑龙江省大豆播种面积已由 2009 年的 486.3 万 hm²^[1], 迅速下降至 2012 年的 260 万 hm²^[2], 严重威胁国家的粮食安全和国民对非转基因大豆油的需求。在黑龙江省大豆主产区,大豆重迎茬现象普遍,大豆抗病灾能力低,致使大豆单产水平下降。据报道,每年黑龙江省大豆重迎茬面积一般为 40%~50%, 个别地区已达 60%~90%^[3-4]。众多研究表明,重、迎茬大豆均较正茬大豆减产,不同生态区减产程度不同^[5-7]; 严重可减产 70%~80%, 甚至绝产,给大豆生产带来巨大损失^[8]。与连作相比,合理轮作能够显著增产^[9],是大豆增加单产的重要方式。

原垄卡种栽培技术是一种省工、节本、增效的保护性耕作栽培技术。它是在不翻动土壤的免耕

情况下,配合前茬作物秸秆还田,在原垄上直接播种的一项栽培技术措施,具有保护耕作层、抗旱保墒、省工省时、节本增效等优点^[10-13]。此外秸秆覆盖还可增加有机物料还田量,提高土壤有机质含量,改善土壤物理、化学及生物性状,促进团聚体的形成,提高土壤持水性和透气性,从而增加微生物活性、多样性和生物质量保持力,最终改善农田生态环境^[14-16]。玉米茬“原垄卡种”大豆能充分利用玉米前茬残肥,减少机械整地作业和化肥投入,降低生产成本,是实现节本增收的栽培模式^[17]。目前,对于玉米茬原垄卡种大豆增产的报道较多,但对于原垄卡种对大豆生长发育的影响缺乏系统研究。本研究以大豆品种合丰 55 为试验材料,在大田生产条件下,系统地比较了原垄卡种与大豆连作两种耕作方式下,大豆叶面积、株高、干物质积累及产量的差异,旨在为寻找大豆生产中合理的轮作方式

提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于 2011 ~ 2013 年在黑龙江省八五三农场进行,采用大田试验方式,土壤为黑土,其基础肥力为有机质 24. 80 g·kg⁻¹,铵态氮 8. 63 mg·kg⁻¹,硝态氮 34. 15 mg·kg⁻¹,速效磷 35. 12 mg·kg⁻¹,速效钾 206. 39 mg·kg⁻¹。

设计两种耕作模式:玉米茬原垄卡种大豆(以下简称“原垄卡种”)和大豆连作。原垄卡种:玉米秋季收获后,秸秆粉碎还田越冬,弃年春季沿原垄免耕播种。大豆连作:秋季大豆收获后,茎秆和荚皮移除田间,旋耕起垄越冬,次年春季垄上播种。

小区面积为 667 m²,每个处理 3 次重复。供试大豆品种为合丰 55,黑龙江省农业科学院佳木斯分院选育,5 月中旬播种,保苗 28 万株·hm⁻²;施肥量:尿素(N:46%)20 kg·hm⁻²,磷酸氢二铵(N:18%,P₂O₅:46%)150 kg·hm⁻²,硫酸钾(K₂O:50%)30 kg·hm⁻²,3 种肥料作为种肥一次性施入。

1.2 取样方法

分别于苗期(V3)、始花期(R1)、结荚盛期(R4)、鼓粒期(R6)、成熟期(R8),随机选取 50 株长势一致的大豆,自子叶痕处取下,测定其叶面积、株

高,之后 80℃ 烘干累计 48 h,称其干重;成熟期测产,每个处理随机选择 5 个点(每个点 10 m²)测定大豆籽粒重量。

1.3 数据分析

采用 SPSS 19.0 和 Excel 2007 进行数据统计分析。

2 结果与分析

2.1 原垄卡种对大豆叶面积的影响

从表 1 可以看出,随着生育进程的推进,大豆的叶面积逐渐增加,至鼓粒期(R6)叶面积指数达到最大值。两种耕作方式比较,苗期(V3)大豆连作处理的叶面积均大于原垄卡种处理,2011 年和 2012 年达到差异显著水平,3 年平均叶面积大豆连作处理为 47. 4 cm²、原垄卡种处理为 44. 4 cm²,前者较后者高 6. 76%,这可能是由于原垄卡种处理春季土壤温度略低于大豆连作处理,造成出苗慢,叶片生长缓慢。随着生长发育的进行,始花期(R1)原垄卡种处理叶片生长较快,与大豆连作处理叶面积大小基本一致。而在结荚盛期(R4)和鼓粒期(R6)的叶面积均表现为原垄卡种高于大豆连作,这两个时期三年平均叶面积原垄卡种较大豆连作分别高出 3. 39% 和 3. 00%,二者之间未达到差异显著水平。

表 1 原垄卡种对大豆各生育期叶面积的影响
Table 1 Effect of original ridge tillage on leaf area at different growth stage(cm²)

年份 Year	耕作方式 Tillage methods	V3	R1	R4	R6
2011	大豆连作 Continuous cropping	46. 3 ± 1. 2 a	319. 8 ± 10. 5 a	1 185. 5 ± 90. 0 a	1 864. 8 ± 100. 8 a
	原垄卡种 Original ridge tillage	37. 9 ± 2. 1 b	322. 7 ± 12. 1 a	1 210. 9 ± 40. 5 a	1 955. 4 ± 105. 0 a
2012	大豆连作 Continuous cropping	45. 5 ± 5. 2 a	350. 3 ± 5. 6 a	1 256. 5 ± 30. 6 a	2 000. 5 ± 45. 8 a
	原垄卡种 Original ridge tillage	43. 1 ± 1. 5 b	348. 2 ± 15. 2 a	1 300. 5 ± 39. 4 a	2 009. 6 ± 120. 5 a
2013	大豆连作 Continuous cropping	50. 3 ± 6. 3 a	333. 5 ± 15. 6 a	1 395. 8 ± 88. 2 a	1 875. 5 ± 133. 5 a
	原垄卡种 Original ridge tillage	52. 2 ± 4. 8 a	330. 2 ± 14. 7 a	1 456. 6 ± 100. 2 a	1 947. 9 ± 59. 8 a
平均 Average	大豆连作 Continuous cropping	47. 4 ± 1. 5 a	334. 5 ± 8. 8 a	1 279. 3 ± 61. 8 a	1 913. 6 ± 43. 6 a
	原垄卡种 Original ridge tillage	44. 4 ± 4. 2 a	333. 7 ± 7. 6 a	1 322. 7 ± 71. 8 a	1 971. 0 ± 19. 4 a

不同小写字母表示两种耕作方式在 0. 05 水平上差异显著,下同。
Different lowercase letters denote two tillage differences significant at the 0. 05 level, the same below.

2.2 原垄卡种对大豆株高的影响

随着大豆生长发育的进行,大豆的株高逐渐增加,鼓粒期(R6)株高大豆株高最高(表2)。在苗期(V3)大豆连作处理株高显著高于原垄卡种处理,株

高3年平均值连作处理为23.0 cm,较原垄卡种处理高27.78%,而随着生长发育的进行,原垄卡种处理株高增长迅速,始花期(R1)之后两个处理的株高无显著差异。

表2 原垄卡种对大豆各生育期株高的影响

Table 2 Effect of original ridge tillage on plant height at different growth stage (cm)

年份 Year	耕作方式 Tillage methods	V3	R1	R4	R6
2011	大豆连作 Continuous cropping	20.5 ± 0.5 a	49.4 ± 1.2 a	73.3 ± 2.2 a	104.3 ± 2.9 a
	原垄卡种 Original ridge tillage	15.8 ± 0.7 b	46.8 ± 1.5 a	73.8 ± 1.0 a	103.6 ± 1.4 a
2012	大豆连作 Continuous cropping	23.5 ± 0.8 a	47.3 ± 0.9 a	74.2 ± 1.8 a	114.1a ± 2.5 a
	原垄卡种 Original ridge tillage	18.8 ± 0.4 b	44.1 ± 1.0 a	74.9 ± 1.7 a	113.9a ± 3.1 a
2013	大豆连作 Continuous cropping	25.0 ± 0.7 a	50.2 ± 0.9 a	71.0 ± 2.5 a	110.5 ± 2.5 a
	原垄卡种 Original ridge tillage	19.3 ± 0.7 b	46.9 ± 1.5 a	69.9 ± 1.3 a	110.6 ± 0.9 a
平均 Average	大豆连作 Continuous cropping	23.0 ± 1.3 a	49.0 ± 1.9 a	72.8 ± 1.0 a	109.6 ± 2.9 a
	原垄卡种 Original ridge tillage	18.0 ± 1.1 b	45.9 ± 1.2 a	72.9 ± 1.5 a	109.4 ± 3.0 a

2.3 原垄卡种对大豆干物质积累的影响

由表3可以看出,成熟期(R8)积累的干物质最多,苗期(V3)大豆连作处理的干物质积累量三年均高于原垄卡种处理,2011年和2012年达到差异显著水平;连作处理的积累量较原垄卡种高16%。始

花期至结荚盛期(R1 ~ R4)二者差异不显著。鼓粒期(R6)之后,原垄卡种处理的干物质积累量高于连作处理,至成熟期原垄卡种处理的干物质积累量较大豆连作处理高7.6%,但二者差异不显著。

表3 原垄卡种对大豆各生育期单株干物质积累的影响

Table 3 Effect of original ridge tillage on dry matter per plant at different growth stage (g)

年份 Year	耕作方式 Tillage methods	V3	R1	R4	R6	R8
2011	大豆连作 Continuous cropping	2.8 ± 0.1 a	11.5 ± 0.5 a	14.6 ± 0.6 a	20.4 ± 0.7 a	27.0 ± 0.5 b
	原垄卡种 Original ridge tillage	2.3 ± 0.1 b	11.3 ± 0.2 a	14.8 ± 0.7 a	21.7 ± 0.6 a	28.8 ± 0.4 a
2012	大豆连作 Continuous cropping	3.0 ± 0.1 a	12.5 ± 0.1 a	15.3 ± 0.2 a	20.9 ± 0.5 b	27.1 ± 0.5 b
	原垄卡种 Original ridge tillage	2.5 ± 0.1 b	12.5 ± 0.2 a	15.9 ± 0.6 a	22.7 ± 0.2 a	29.8 ± 0.4 a
2013	大豆连作 Continuous cropping	2.8 ± 0.1 a	13.8 ± 0.3 a	16.3 ± 0.3 a	21.8 ± 0.2 b	29.1 ± 0.6 a
	原垄卡种 Original ridge tillage	2.6 ± 0.2 a	12.9 ± 0.4 a	16.9 ± 0.2 a	23.7 ± 0.3 a	30.8 ± 0.7 a

续表 3

年份 Year	耕作方式 Tillage methods	V3	R1	R4	R6	R8
平均 Average	大豆连作 Continuous cropping	2.9 ±0.1 a	12.6 ±0.7 a	15.4 ±0.5 a	21.0 ±0.4 a	27.7 ±0.7 a
	原垄卡种 Original ridge tillage	2.5 ±0.1 b	12.2 ±0.5 a	15.9 ±0.6 a	22.7 ±0.6 a	29.8 ±0.9 a

2.4 原垄卡种对大豆产量的影响

产量数据结果(表 4)显示,大豆有效荚数、单株粒数及产量三年均表现一致的规律,即原垄卡种处理大于大豆连作处理,但百粒重三年均没有表现出明显差异。三年平均数据比较,原垄卡种处理有效

荚数比大豆连作处理多 5.6%,而单株粒数前者较后者多 16.8%;原垄卡种处理三年平均产量为 2 651.5 kg·hm⁻²,较大豆连作处理显著增产 9%。由此可以看出,原垄卡种明显促进了大豆产量形成。

表 4 原垄卡种对大豆产量及产量构成因素的影响
Table 4 Effect of original ridge tillage on yield and yield composition factors at different growth stage

年份 Year	耕作方式 Tillage methods	百粒重 The weight of 100-seed weight/g	单株有效荚数 Effective pods per plant	单株粒数 Seed number per plant	产量 Yield/ kg·hm ⁻²
2011	大豆连作 Continuouscropping	20.9 ±0.5 a	24.0 ±2.7 a	52.8 ±10.5 a	2 499.0 ±80.2 b
	原垄卡种 Original ridge tillage	21.1 ±1.6 a	25.3 ±1.8 a	58.3 ±5.9 a	2 707.5 ±96.5 a
2012	大豆连作 Continuous cropping	21.0 ±0.8 a	23.3 ±1.6 a	46.7 ±6.8 b	2 394.0 ±98.9 b
	原垄卡种 Original ridge tillage	21.1 ±1.0 a	25.3 ±2.5 a	60.8 ±10.5 a	2 632.5 ±102.3 a
2013	大豆连作 Continuous cropping	20.8 ±0.6 a	24.0 ±1.9 a	57.6 ±6.5 a	2 407.5 ±95.0 a
	原垄卡种 Original ridge tillage	20.7 ±0.7 a	24.7 ±2.2 a	64.1 ±8.9 a	2 614.5 ±69.3 a
Average	大豆连作 Continuous cropping	20.9 ±0.9 a	23.8 ±3.5 a	52.3 ±9.0 a	2 433.5 ±33.0 b
	原垄卡种 Original ridge tillage	21.0 ±1.0 a	25.1 ±2.9 a	61.1 ±10.2 a	2 651.5 ±28.5 a

3 结论与讨论

罗奥等^[18]认为,原垄卡处理提高了大豆的叶面积指数。而也有研究认为不同耕作处理叶面积在不同生育期表现不尽相同,张玉先等^[19]研究表明,R1 期叶面积指数的高低为深松>秋旋>春旋>原垄卡,R5 期开始叶片开始衰退,各耕作处理叶面积指数原垄卡<春旋<秋旋<深松。本研究 3 年的数据结果指出,苗期大豆连作处理的叶面积大于原垄卡种处理 6.76%;始花期原垄卡种处理与大豆连作处理叶面积大小基本一致;在结荚盛期和鼓粒期的叶面积均表现为原垄卡种高于大豆连作。

不同的耕作方式对大豆株高影响明显,台莲梅等^[20]和薛兰兰等^[21]均认为,秸秆还田等农业措施能够显著提高大豆株高,叶志明等^[22]认为原垄卡种方式的株高高于耙后起垄和旋耕卡种。而也有学者有不同的结果,罗奥等^[18]对秋旋、深松、春旋和原垄卡 4 种耕作方式全生育期株高进行了比较,发现原垄卡处理的株高在全生育期始终最低;王丽学等^[23]等认为,各生育时期内免耕大豆株高都低于传统耕作株高,与本研究的结果类似,本研究中两种轮作方式比较,苗期大豆连作处理的株高均显著均高于原垄卡种处理,随着生长发育的进行,原垄卡种处理株高增长迅速,与大豆连作处理差距逐渐缩小,结荚盛期以后原垄卡种与大豆连作处理的株高

基本一致。

许艳丽等^[24]认为连作可导致大豆生长发育期间干物质积累总量和速率降低,随着连作年限加长而降低幅度加大;而台莲梅等^[20]研究认为,秸秆还田等农业措施能够减轻重茬的危害,使干物积累增加。本研究中大豆植株干物质积累在生长发育前期(苗期和始花期)连作处理高于原垄卡种处理,而在结荚盛期之后原垄卡种处理的干物质积累量超过了大豆连作处理,且差距逐渐增大,至成熟期原垄卡种处理的干物质积累量较大豆连作处理高7.6%。产量与成熟期干物质积累规律一致,原垄卡种处理3年平均产量为2 651.5 kg·hm⁻²,较大豆连作(2 433.5 kg·hm⁻²)增产9%。众多学者也得到了类似的结论,王丽君等^[25]研究指出,大豆重迎茬种植使产量分别降低36.56%和18.91%,而麦/玉/豆轮作较大豆连作具有显著的增产效果^[26]。

综上,要保持大豆的高产就必须进行合理轮作,而在合理轮作的基础上采用原垄卡种技术,减少了秋整地环节,节约了生产成本,玉米秸秆还田还能够提高大豆田的土壤肥力、减少秸秆焚烧等对环境的污染。最终获得较高的经济和环境效。

参考文献

[1] 黑龙江省统计局,国家统计局黑龙江调查总队. 黑龙江统计年鉴2010[M]. 北京:中国统计出版社,2010:383. (Heilongjiang Provincial Bureau of Statistics,NBS Survey Office in Heilongjiang. Heilongjiang statistical yearbook 2010[M]. Beijing:China Statistics Press,2010:383.)

[2] 黑龙江省统计局,国家统计局黑龙江调查总队. 黑龙江统计年鉴2013[M]. 北京:中国统计出版社,2013:349. (Heilongjiang Provincial Bureau of Statistics,NBS Survey Office in Heilongjiang. Heilongjiang statistical yearbook 2013[M]. Beijing:China Statistics Press,2013:349.)

[3] 刘佩印. 黑龙江省大豆重迎茬问题的研究概况[J]. 黑龙江农业科学,2001(3):31-35. (Liu P Y. A survey of continuous and every other cropping of soybean in Heilongjiang province[J]. Heilongjiang Agricultural Science,2001(3):31-35.)

[4] 刘爱群,许艳丽,韩晓增,等. 黑龙江省大豆重迎茬现状及对策[J]. 辽宁农业科学,2001(3):51-52. (Liu A Q,Xu Y L,Han X Z,et al. Continuous cropping soybean situation and countermeasures in Heilongjiang[J]. Liaoning Agricultural Science,2001(3):51-52.)

[5] 杨庆凯,马占峰,李季文. 黑龙江省大豆重迎茬问题及对策[J]. 大豆科学,1994,13(2):157-163. (Yang Q K,Ma Z F,Li J W. The problem and countmeasures of soybean follows soybean or follows nextcrop in Heilongjiang province[J]. Soybean Science,1994,13(2):157-163.)

[6] 刘忠堂,何志鸿,祖伟,等. 重迎茬对大豆产量影响及机理的研究[J]. 大豆科学,2001,20(2):153. (Liu Z T,He Z H,Zu W,et al. Effect and mechanism of continuous and every other one year

cropping soybean on grain yields[J]. Soybean Science,2001,20(2):153.)

[7] Crookston R K,Kurle J E,Copeland P J,et al. Rotational cropping sequence affects yield of corn and soybean[J]. Agronomy Journal,1991,83(1):108-113.

[8] 李国桢,杨兆英,王守义,等. 抗大豆孢囊线虫病育种的进展[J]. 大豆通报,1993(Z1):27-29. (Li G Z,Yang Z Y,Wang S Y,et al. Advance on soybean breeding for resistance to soybean cyst nematode[J]. Soybean Bulletin,1993,(Z1):29-31.)

[9] 龚振平,马春梅. 耕作学[M]. 北京:中国水利水电出版社,2013:109-112. (Gong Z P,Ma C M. Science of farming system[M]. Beijing:China Water Power Press,2013:109-112.)

[10] 孙占祥,刘武仁,来永才. 东北农作制[M]. 北京:中国农业出版社,2010:345-346. (Sun Z X,Liu W R,Lai Y C. Northeast farming system[M]. Beijing:China Agriculture Press,2010:345-346.)

[11] 闫成勇,马麟. 黑龙江垦区原垄卡种技术应用[J]. 农业机械,2012(26):83-84. (Yan C Y,Ma L. Heilongjiang reclamation original technology applications ridge cards[J]. Farm Machinery,2012(26):83-84.)

[12] 祝殿凯,吕显龙,潘永亮,等. 原垄卡种的机理及效益分析[J]. 现代化农业,1999(3):10. (Zhu D K,Lyu X L,Pan Y L,et al. Mechanism of the original species ridge cards and benefit analysis[J]. Modernizing Agriculture,1999(3):10.)

[13] Al-Kaisi M M,Yin X. Stepwise time response of corn yield and economic return to no tillage[J]. Soil and Tillage Research,2004,78(1):91-101.

[14] 刘爽,张兴义. 保护性耕作下黑土水热动态研究[J]. 干旱地区农业研究,2010,28(6):15-22. (Liu S.Zhang X Y. Dynamics of soil water and temperature under conservational soil tillage[J]. Agricultural Research in the Arid Areas,2010,28(6):15-22.)

[15] 张彬,白震,解宏图,等. 保护性耕作对黑土微生物群落的影响[J]. 中国生态农业学报,2010,18(1):83-88. (Zhang B,Bai Z,Xie H T,et al. Effect of conservation tillage on microbial community in Chinese mollisol[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture,2010,18(1):83-88)

[16] López-Fando C,Dorado J,Pardo M T. Effects of zone-tillage in rotation with no-tillage on soil properties and crop yields in a semi-arid soil from central Spain[J]. Soil and Tillage Research,2007,95(1):266-276.

[17] 宋晓慧,张代平,滕占林,等. 玉米茬原垄卡种大豆节本增效分析[J]. 黑龙江农业科学,2011(4):37-38. (Song X H,Zhang D P,Teng Z L,et al. Analysis of low input but high output on planting soybean by technology of no-tillage with maize stubble[J]. Heilongjiang Agricultural Science,2011(4):37-38.)

[18] 罗奥. 不同耕作措施对土壤理化生物性状和大豆产量的影响[D]. 大庆:黑龙江八一农垦大学,2009:26-27. (Luo A. Effect of different tillage on soil physical chemistry and biology character and yield of soybean[D]. Daqing: Heilongjiang Bayi Agricultural University,2009:26-27.)

[19] 张玉先,罗奥,祁倩倩,等. 不同耕作措施对大豆光合特性和产量影响[J]. 土壤通报,2010,41(3):672-677. (Zhang Y X,Luo A,Qi Q Q,et al. Effect of different tillages on photosynthesis characteristics and yield of soybean[J]. Chinese Journal of Soil Science,2010,41(3):672-677.)

tensive utilization, yield and quality in intercropping or relay cropping systems[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin,2007,23(4):159-163.)

[3] Watson C A, Atkinson D, Gosling P, et al. Managing soil fertility in organic farming systems[J]. Soil Use and Management, 2002, 18:239-247.

[4] 李川东,李建农,沈益新. 收获时间对饲用高粱和野生大豆单、混表贮品质的影响[J]. 中国草地学报,2008,30(5):75-79. (Li C D, LI J N, Shen Y X. Influence of harvest date on quality of direct and mixed silage of forage sorghum and wild soybean[J]. Chinese Journal of Grassland,2008,30(5):75-79.)

[5] 彭秋,雷文权,何庆才,等. 高粱-大豆间作对高粱螟虫发生的影响[J]. 农技服务,2008,25(9):69. (Peng Q, Lei W Q, He Q C, et al. Effect on sorghum borer of sorghum and soybean intercropping pattern [J]. Agricultural Technology Service, 2008, 25(9):69.)

[6] 于晓波,张明荣,吴海英,等. 净套作下不同耐阴性大豆品种农艺性状及产量分布的研究[J]. 大豆科学,2012,31(5):757-761. (Yu X B, Zhang M R, Wu H Y, et al. Agronomic characters and yield distribution of different shade tolerance soybean under monoculture and relay strip intercropping systems[J]. Soybean Science, 2012,31(5):757-761.)

[7] 张正翼. 不同密度和田间配置对套作大豆产量和品质的影响[D]. 雅安:四川农业大学,2008:31-35. (Zhang Z Y. Effects of different density and field distribution on yield and quality of relay-cropping soybean[D]. Yaan: Sichuan Agricultural University, 2008:31-35.)

[8] 王竹,杨继芝,杨文钰. 套作模式下玉米播期和密度对后作大豆茎叶形态及产量的影响[J]. 西南农业学报,2014,27(2):549-554. (Wang Z, Yang J Z, Yang W Y. Effect of maize sowing time and density on stem and leaf morphological characters of soybean in relay-cropping system[J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2014,27(2):549-554.)

[9] 陈颖,邹超亚. 玉米大豆间作复合群体优化配置与生产力研究[J]. 资源科学,1999,21(4):75-79. (Chen Y, Zou C Y. Study on optimum structure disposition of intercropping of maize/soybean complex and its productivity [J]. Resources Science, 1999,21(4):75-79.)

[10] 雍太文,杨文钰,向达兵,等. 玉/豆套作模式下玉米播期与密度对大豆农艺性状及产量的影响[J]. 大豆科学,2009,28(3):439-444. (Yong T W, Yang W Y, Xiang D B, et al. Effect of maize sowing time and density on the agronomic characters and yield of soybean in relay-planting system of maize and soybean [J]. Soybean Science,2009,28(3):439-444.)

[11] 丁国祥,赵甘霖,刘天朋,等. 种植密度对高粱国窖红1号生育及产量的影响研究[J]. 中国种业,2010(2):43-44. (Ding G X, Zhao G L, Liu T P, et al. Effects of different planting density on the growth and yield in Guojiaohong No. 1[J]. Seed Industry, 2010(2):43-44.)

[12] 赵甘霖,丁国祥,刘天朋,等. 宽窄行和等行距栽培条件下高粱种植密度与产量的关系研究[J]. 农学学报,2013,3(8):11-13. (Zhao G L, Ding G X, Liu T P, et. Studied on relationship on the sorghum density and yield under different width row space with narrow row space and same row space culture[J]. Journal of Agriculture,2013,3(8):11-13.)

[13] 张明荣,何泽民,吴海英,等. 玉米套作大豆模式复合群体高产高效优化配置技术研究[J]. 大豆科学,2012,31(4):575-578. (Zhang M R, He Z M, Wu H Y, et al. Optimal allocation technology for compound population of relay-intercropping maize with soybean[J]. Soybean Science,31(4):575-578.)

[14] 朱星陶,陈佳琴,谭春燕,等. 玉米与大豆“1:2”间作种植的株行距优化配置研究[J]. 大豆科学,2014,33(1):35-40. (Zhu X T, Chen J Q, Tan C Y, et al. Optimization on plant row and spacing configuration of maize and soybean under 1:2 intercropping planting model [J]. Soybean Science,2014,33(1):35-40.)

(上接第 232 页)

[20] 台莲梅,郭永霞,林纯刚,等. 不同农业措施对重茬大豆根腐病及大豆生育的影响[J]. 大豆科学,2002,21(4):298-300. (Tai L M,Guo Y X,Lin C G,et al. Effect on agronomic practices to soybean root rot and soybean growth in condition of continuous cropping[J]. Soybean Science,2002,21(4):298-300.)

[21] 薛兰兰. 秸秆覆盖保护性种植的土壤养分效应和作物生理生化响应机制研究[D]. 重庆:西南大学,2011. (Xue L L. The effect of straw mulch conservative cultivation on soil nutriens and crop physio-biochemical mechanisms[J]. Chongqing:Southwest University,2011.)

[22] 叶志明,李志强,张宝龙. 不同耕作方式对大豆产量的影响[J]. 现代化农业,2011(7):43. (Ye Z M,Li Z Q,Zhang B L. Effects of different tillage on soybean yield[J]. Modernizing Agriculture, 2011(7):43.)

[23] 王丽学,高园园. 保护性耕作对土壤含水率、大豆生长发育及产量的影响研究[J]. 中国农村水利水电,2013(9):37-40. (Wang L X,Gao Y Y. Reserch on the influence of conservation tillage on soil moisture content,soybean growth and yield[J]. Chi-na Rural Water and Hydropower,2013(9):37-40.)

[24] 许艳丽,刘晓冰,韩晓增,等. 大豆连作对生长发育动态及产量的影响[J]. 中国农业科学,1999,32(S1):64-68. (Xu Y L,Liu X B,Han X Z,et al. Effect of continuous-cropping on yield and growth-development of soybean [J]. Scientia Agricultura Scinica, 1999,32(S1):64-68.)

[25] 王丽君,王佐魁. 大豆轮作方式与生育性状及病虫害发生的关系[J]. 内蒙古农牧学院学报,1997,18(4):107-111. (Wang L J,Wang Z K. Study on relationship of rotation regime and growth character with plant disease and insect pests on soybean[J]. Journal of Inner Mongolia Institute of Agriculture and Animal Husbandry,1997,18(4):107-111.)

[26] 王孟雪,张玉先. 麦/玉/豆轮作制度下不同施肥措施对大豆产量的影响[J]. 大豆科学,2009,28(6):1040-1043. (Wang M X, Zhang Y X. Fertilization measures affects soybean yield under wheat-maize- soybean rotation cropping [J]. Soybean Science, 2009,28(6):1040-1043.)