

麦/玉/豆轮作制度下不同施肥措施对大豆产量的影响

王孟雪, 张玉先

(黑龙江八一农垦大学 农学院, 黑龙江 大庆 163319)

**摘 要:**在麦/玉/豆轮作制度下,通过在不同年份改变施肥量,研究前茬作物的肥料残效和不同施肥措施对大豆产量和农艺性状的影响。结果表明:麦/玉/豆轮作与大豆连作相比具有显著的增产效果。各处理平均株高较连作处理增加 25.6%,单株荚数增加 90.2%,单株粒数增加 158.2%,茎粗增加 10.5%。不同施肥水平间产量差异极显著。同样在轮作制度下,年际间调整化肥施用量,可以获得较好的作物产量。

**关键词:**大豆;麦/玉/豆轮作;连作;产量;农艺性状

**中图分类号:**S565.1      **文献标识码:**A      **文章编号:**1000-9841(2009)06-1040-04

Fertilization Measures Affects Soybean Yield under Wheat-Maize-Soybean Rotation Cropping

WANG Meng-xue, ZHANG Yu-xian

(College of Agronomy, Heilongjiang August first Land Reclamation University, Daqing 163319, Heilongjiang, China)

**Abstract:** Rotation is an important measure to overcome continuous cropping obstacle in soybean. A three year field trail of wheat-corn-soybean rotation with different amount of nitrogen, phosphorous and potassium fertilizer among years was conducted, with continuous cropping soybean under normal fertilization as control. Results showed rotation cropping significantly increased soybean yield, and the average plant height, pods per plant, seeds per plant and stem diameter increased 25.6%, 90.2%, 158.2% and 10.5%, respectively, compared with control. Under wheat/corn/soybean rotation system, soybean yield varied significantly among different fertilizer treatment in the third year, and adjustment of fertilizer amount among years could obtain desirable soybean yield.

**Key words:** Soybean; Wheat/corn/soybean rotation; Yield; Agronomic traits

黑龙江省是一年一熟大豆主产区。近年来,由于大豆连作现象严重,多年的重、迎茬加上不平衡施肥,使产量和品质均有下降的趋势,而合理轮作和平衡施肥是提高大豆品质和产量的关键<sup>[1]</sup>。采取有效的耕作与施肥技术,改良、培肥土壤,提高肥料效益和肥料利用率,减轻施肥对环境的污染具有重要的现实意义。

大面积种植大豆必然导致大豆连作现象普遍存在,连作减产已为生产上所证实。长期连作,作物对土壤中某种元素消耗过多,易造成土壤营养失衡,产生缺素症,影响作物正常生长发育<sup>[2]</sup>。因此,必须实行合理的轮作制度。轮作的优势已经被大量的试验研究所证实,有些学者认为轮作大豆产量的提高,是水分利用效率改变引起的,有些则认为是大豆根

系生长状况的变化引起的,大豆根系生长状况的改善主要还是受土壤养分状况的影响<sup>[3-5]</sup>。有研究表明,在轮作制度下,配合长期均衡施用化肥,不仅持续增产,也不会对土壤肥力带来不利影响<sup>[6-7]</sup>。

国内对大豆轮作制度下地下部根系间的相互作用及其对养分的转化、吸收和利用虽然也有一些研究<sup>[8-9]</sup>,但对轮作制度配合平衡施肥的研究较少。国外学者研究种植制度对土壤肥力的影响较为广泛,其中对土壤有机质、氮和磷的研究较多。美国中西部大豆主产区黑土层深厚,有机质 5% 左右,实行玉米/玉米/大豆轮作,在前茬玉米地上大量施肥,种大豆不再施肥,玉米秸秆还田,大豆产量并没有降低,土壤有机质含量保持在较高的水平<sup>[10]</sup>。而对土壤钾、pH 值、水分及结合耕作制度对土壤培肥的影

收稿日期:2009-06-05  
基金项目:黑龙江省高校骨干教师创新能力资助项目(HNKXY02-03-06);教育部科学技术研究资助项目(地方 205046)。  
第一作者简介:王孟雪(1978-),女,讲师,硕士,研究方向为作物耕作与栽培技术。E-mail:wangmengxue1978@163.com。  
通讯作者:张玉先,教授,博士。E-mail:zyx\_lxy@126.com。

响研究较少。

轮作对土壤养分的影响较大,各种作物的秸秆、残茬、根系和落叶是补充土壤有机质和养分的重要来源。在轮作周期中,由于品种、生长季的气象条件以及根系的特点,不同作物对各种肥料的效应是有差异的。而且施于前茬作物的肥料残效对后茬作物的施肥又有影响<sup>[11-13]</sup>。既要考虑当季作物的肥料施用问题,也应考虑在一定轮作周期中各季的合理分配问题。现通过对麦/玉/豆的3 a轮作,结合不同的施肥量,对大豆产量进行比较研究,为建立合理的施肥体系提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

大豆品种为垦农4号(双高品种),玉米为垦玉4号,小麦为克旱九。

### 1.2 试验设计

试验于2002~2004年在黑龙江八一农垦大学

密山试验地进行,地处黑龙江省东南部,东经131°17′~133°10′,北纬45°03′~45°50′。属温带半湿润季风气候。年平均气温3.1℃,1月平均气温-18℃,7月平均气温21℃,年平均降水量522 mm,无霜期为149 d。供试土壤为白浆土,测定耕层(0~20 cm)土样。其中pH值为6.56,有机质含量3.62%,碱解氮223.48 mg·kg<sup>-1</sup>,有效磷26.0 mg·kg<sup>-1</sup>,速效钾114.8 mg·kg<sup>-1</sup>,全氮含量1.46 mg·kg<sup>-1</sup>,全磷含量0.59 g·kg<sup>-1</sup>,全钾含量17.41 g·kg<sup>-1</sup>。

设置麦/玉/豆的3 a轮作试验,年际间调肥,即每个处理在不同年份内改变施肥量。2004年共设13个处理(表2)。处理1为大豆连作对照(CK)。前茬作物施肥量不同,使土壤呈现4种肥力水平,设为4个因素A1、A2、A3、A4。每个因素上设有3种不同施肥量,分别为B1(肥量零水平)、B2(肥量1/2水平)、B3(肥量正常水平)。14行小区,行长3 m,行距65 cm,种植密度30万株·hm<sup>-2</sup>,3次重复。常规田间管理。

表1 施肥方案  
Table 1 Program of fertilization/kg·hm<sup>-2</sup>

处理号 Treatment	2002				2003				2004			
	尿素		磷酸二铵	硫酸钾	尿素		磷酸二铵	硫酸钾	尿素		磷酸二铵	硫酸钾
	Urea	Diammonium	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		Urea	Diammonium	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		Urea	Diammonium	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	
1	豆 Soybean	71.7	26.1	12.1	豆 Soybean	71.7	26.1	12.1	豆 Soybean	71.7	26.1	12.1
2												
3	麦 Wheat	51.7	99.6	37.9	玉 Maize	148.3	105.2	43.9	豆 Soybean	0(B1)	0	0
4										35.85(B2)	13.05	6.05
5	麦 Wheat	34.5	132.8	37.9	玉 Maize	197.7	70.1	43.9	豆 Soybean	(A1)	71.7(B3)	26.1
6										0(B1)	0	0
7	麦 Wheat	17.2	166.0	37.9	玉 Maize	247.2	35.1	43.9	豆 Soybean	(A2)	71.7(B3)	26.1
8										35.85(B2)	13.05	6.05
9	麦 Wheat	0	199.2	37.9	玉 Maize	296.6	0	43.9	豆 Soybean	(A3)	71.7(B3)	26.1
10										0(B1)	0	0
11	麦 Wheat	0	199.2	37.9	玉 Maize	296.6	0	43.9	豆 Soybean	35.85(B2)	13.05	6.05
12										(A4)	71.7(B3)	26.1
13	麦 Wheat	0	199.2	37.9	玉 Maize	296.6	0	43.9	豆 Soybean	35.85(B2)	13.05	6.05
13												

### 1.3 测定项目和方法

2004年对大豆产量及农艺性状进行测定,农艺性状调查按农业试验记载标准设置调查样段,实取样段内大豆考查、记载。每个小区采取3点取样,测量样点面积0.65 m<sup>2</sup>。每个样点随机取样10株,考查单株荚数、单株粒数和百粒重。产量按小区实测

产量计算,然后折算成公顷产量。

数据采用DPS数据处理系统进行分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同施肥措施对大豆产量的影响

同年度施肥量水平相同时,年际间调肥各处理

大豆产量见图 1。

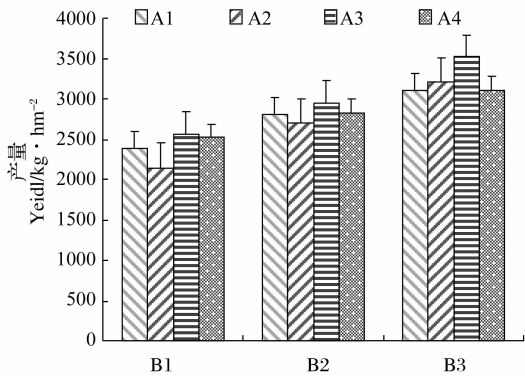


图 1 不同处理的大豆产量

Fig.1 Yield of soybean under different treatment

年际间调肥对大豆产量影响较大,前茬玉米施肥量较多时,大豆产量较高。其中,同年度施肥量相同时,处理 A3 的大豆产量最高;大豆施肥水平正常与施肥量为 0 的情况下,产量变化较为明显;前茬玉米施肥量继续增大后,大豆产量均呈下降趋势。

年际间调肥可以平衡土壤养分,在大豆正常施肥时,适当调节年际间施肥量,可以增加大豆产量,但调肥量过大或过小,又会使产量下降。麦/玉/豆轮作制和年际间调肥对大豆起到明显的增产作用,大豆正常施肥时,A3 处理的大豆产量比连作增加了 59.9%。

年际间调肥量一定时,同年度大豆产量差异主要表现在当年施肥量水平上,产量明显随着施肥量变化。年际间调肥量为 A3 时,各施肥量水平间大豆产量差异最为明显,B3 处理比 B1 处理增产 42.8%。年际间大剂量调肥,有效的补充了土壤中的养分,对大豆产量产生较大影响。

连续 3 a 试验大豆产量结果(表 2)表明,不同处理间大豆产量存在差异。

表 2 方差分析表  
Table 2 ANOVA form

变异来源 Source of variation	平方和 SS	自由度 DF	均方 MS	F 值 F level	显著水平 Significant level
A 因素间 A factors	2335.923	3	778.641	4.509	0.05563
B 因素间 B factors	18395.771	2	9197.885	53.264	0.00015
A × B	1036.101	6	172.683	0.437	0.84610
误差 Error	8691.716	22	395.078		
总变异 Total variance	31402.003	35			

方差分析结果表明,因素 A(年际间调肥)及因素 B(施肥量水平)对大豆产量均有显著影响,A × B 对产量结果没有显著影响。进一步用 SSR 法检验处理间的差异,结果(表 3)表明,因素 A(年际间调肥)中 A2、A3 之间达到了 5% 的显著水平,处理 A1、A4 之间没有差异;因素 B(施肥量水平)各施肥水平之间差异极显著。

表 3 SSR 检验  
Table 3 SSR examination

A 因素 A factor		B 因素 B factor	
处理 Treatment	产量 Yield/kg · hm <sup>-2</sup>	处理 Treatment	产量 Yield/kg · hm <sup>-2</sup>
A3	3013.100aA	B3	3235.675aA
A4	2817.550abA	B2	2822.712bB
A1	2770.683abA	B1	2405.113cC
A2	2683.333bA		

同列标以不同小写和大写字母的值分别在 0.05 和 0.01 水平差异显著。

Values followed by different letters in the same column are significantly different at the 0.05 (lowercase letter) and 0.01 (capital letter) probability levels, respectively.

2.2 不同施肥措施对大豆农艺性状的影响

各处理的大豆农艺性状如表 4 所示。在肥料用量零水平情况时,年际间调肥对大豆农艺性状产生的影响较小,只有单株粒数具有一些差异性。调肥量较大的 A4 处理单株粒数明显增加,比 A1 处理增加 28.3%。2003 年 A4 处理施用氮肥量较高,大豆单株粒数产生了较大波动。年际间调肥措施平衡了土壤养分,因此在 2004 年不施肥的情况下,各处理的大豆农艺性状没有出现明显变化。

2004 年肥料 1/2 水平用量下,处理 A1、A2 的大豆农艺性状均好于其他处理。单株粒数波动最为明显,处理 A1 比处理 A3 增加 94.4%;在 2004 年中等施肥量水平下,年际间调肥对大豆农艺性状影响较为明显。

肥料用量正常水平下,A4 处理的大豆单株粒数明显高于其他处理。年际间大剂量调肥,对大豆农艺性状影响显著。A4 处理虽然在 2002 年没有施用氮肥,2003 年没有施用磷肥,但并没有影响大豆性状,不同作物对各种养分的吸收能力不同,平衡了土壤中的养分含量。

轮作制度下大豆农艺性状均好于连作,甚至轮作制度下肥料零水平处理的大豆农艺性状也明显好于连作处理。轮作制度各处理平均株高较连作处理

增加 25.6% ,单株荚数增加 90.2% ,单株株粒数增加 158.2% ,茎粗增加 10.5% 。

表 4 各处理的大豆农艺性状

Table 4 Agronomic characters of soybean under different treatment					
同年度施肥		株高 Plant height /cm	单株荚数 Pods per plant	单株粒数 Grains per plant	茎粗 Stem diameter /mm
前期施肥量	水平				
Previous fertilization	Level of fertilization in a year				
A1	B1	68.8	22	46	5.6
	B2	69.7	30	70	5.6
	B3	74.5	34	84	6.1
A2	B1	67.9	24	45	5.4
	B2	75.0	24	60	6.6
	B3	80.8	42	67	6.7
A3	B1	70.9	26	49	5.3
	B2	72.7	14	36	5.9
	B3	83.4	44	78	7.2
A4	B1	77.3	26	59	6.2
	B2	71.7	24	51	6.2
	B3	80.0	42	107	6.2
连作	Continuous cropping	59.37	16	30	6.07

3 结论与讨论

麦/玉/豆轮作与大豆连作相比具有显著的增产效果,要保持大豆的高产优质就必须进行合理轮作、平衡施肥这两个关键措施。

在麦/玉/豆轮作制度下,年际间调肥试验对大豆产量具有一定影响,但效果不明显,年际间施肥量调整,可以有效平衡土壤养分,使大豆产量不存在明显差异。当年大豆施肥量水平不同,大豆产量存在极显著差异。

农作物的产量是气候、土壤、肥料、品种、灌溉、植保等要素综合作用的结果。从施肥角度看,年际间肥量调整,应该在适宜的范围内,施肥量的调整应同时计算经济效益,适当减少施肥量而获得较高的产量。在保证作物高产的同时,既要考虑作物养分吸收规律,又要考虑环境的承受能力。

参考文献

[1] 李春梅. 合理轮作平衡施肥是提高大豆品质和产量的关键[J]. 农业与技术,2007,27(4):66. ( Li C M. The key of improving the soybean quality and the output are rational rotation of crops and balanced fertilization [J]. Agriculture & Technology, 2007,27(4):66. )

[2] 田秀平,缪亚振,韩晓日. 施肥与耕作对白浆土地区农作物产量的影响[J]. 作物杂志,2007(4):43-45. ( Tian X P, Miao Y

Z, Han X R. Effects of fertilization and farming on yield of crops in Albic soil [J]. Crops,2007(4):43-45. )

[3] 张广娜,陈利军,陈振华,等. 大豆轮作与连作对黑钙土酶活性和动力学特性的影响[J]. 大豆科学,2008,27(5):795-800. ( Zhang G N, Chen L J, Chen Z H, et al. Effects of different cropping system s of soybean on Chernozem Enzyme activities and K in-etic parameters[J]. Soybean Science,2008,27(5):795-800. )

[4] 李志宏,王兴仁,曹一平. 冬小麦—夏玉米轮作条件下氮肥后效的定量研究[J]. 北京农业大学学报,1995,21(增刊):29-32. ( Li Z H, Wang X R, Cao Y P. Quantitative study of nitrogen fertilizer late effects under the winter wheat/summer maize rotation system [J]. Journal of Beijing Agricultural University, 1995, 21 (Supplement ):29-32. )

[5] 张兴梅,张之一,王法清. 不同施肥处理对作物产量和土壤肥力的影响[J]. 黑龙江八一农垦大学学报,2003,15(2):4-7. ( Zhang X M, Zhang Z Y, Wang F Q. Effect of various fertilization on crop yields and soil properties[J]. Journal of Heilongjiang Au-gust First Land Reclamation University,2003,15(2):4-7. )

[6] 向春阳,田秀萍. 耕作、培肥措施对大豆产量的影响[J]. 大豆科学,2001,20(2):116-119. ( Xiang C Y, Tian X P. Effect of cul-ture and fertilization practices on yield of soybean [J]. Soybean Science,2001,20(2):116-119. )

[7] 郭胜利,吴金水,党廷辉. 轮作和施肥对半干旱区作物地上部生物量与土壤有机碳的影响[J]. 中国农业科学,2008,41(3):744-751. ( Guo S L, Wu J S, Dang Y H. Effects of crop rotation and fertilization on aboveground biomass and soil organic C in semi-arid region [J]. Scientia Agricultura Sinica,2008,41(3):744-751. )

[8] 侯雪坤,翟瑞常,朱桂华,等. 轮作、连作及不同耕法对氮、磷肥料利用率的影响[J]. 黑龙江八一农垦大学学报,1995,8(2):44-52. ( Hou X K, Zhai R C, Zhu G H, et al. Effect of crop pota-tion continuous cropping and different cultivation methods on fertil-izer utilization ratio of nitrogen and phosphorus [J]. Journal of Hei-longjiang August First Land Reclamation University, 1995, 8 (2):44-52. )

[9] 常汝镇,邱丽娟,许占友,等. 国内外大豆科研现状及走势[J]. 大豆通报,2004(2):26-28. ( Chang R Z, Qiu L J, Xu Z Y, et al. Scientific research present situation and trend of soybean in domes-tic and foreign [J]. Soybean Bulletin,2004(2):26-28. )

[10] 陈子明, T R Peek, C W Boast. 美国玛洛试验地的种植制度和施肥措施对土壤理化性状和产量的影响[J]. 土壤学报,1987,24(1):86-87. ( Chen Z M, T R Peek, C W Boast. Effects of crop-ping system and fertilization on the chemical and physical proper-ties of the soils of Morrow plots [J]. Acta Pedologica Sinica, 1987, 24(1):86-87. )

[11] 赵营. 冬小麦/夏玉米轮作体系下作物养分吸收利用与累积规律及优化施肥[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2006. ( Zhao Y. Nutrients uptake, utilization, accumulation and optimize fertilization under the winter wheat/summer maize rotation system [D]. North-west Sci-Tech Ayriculture and Forestry University, 2006. )

24(5):3-10. ( Zhuang B C. Researches on wild soybean( *Glycine soja*) in China for twenty years[ J]. *Jilin Agricultural Sciences*, 1999,24(5):3-10. )

[12] Yang X B, Ruff R L, Meng X Q, et al. Races of *Phytophthora sojae* in Iowa soybean fields[ J]. *Plant Disease*, 1996, 80:1418-1420.

[13] 左豫虎, 臧忠婧, 刘锡若. 影响大豆疫霉菌游动孢子产生的条件[ J]. *植物病理学报*, 2001, 31(3):241-245. ( Zuo Y H, Zang Z J, Liu T R. Studies on production condition of zoospores of *Phytophthora sojae* [ J]. *Acta Phytopathologica Sinica*, 2001, 31(3):241-245. )

[14] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[ M]. 北京: 高等教育出版社, 2000. ( Li H S. Principle and experimental technology of plant biochemistry[ M]. Beijing: Higher Education Press, 2000. )

[15] 郝再彬. 植物生理学实验[ M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2004, 24-38. ( Hao Z B. Plant physiology experiment[ M]. Harbin: Harbin Institute of Technology Press, 2004, 24-38. )

[16] 吴岳轩, 曾宝华, 王容臣. 杂交稻对白叶枯病菌的诱导抗性与细胞内防御酶关系的初步研究[ J]. *植物病理学报*, 1996, 26(2):127-131. ( Wu Y X, Zeng B H, Wang R C. A Preliminary study on the relationship between induced resistance to bacterial blight and defense enzymes in hybrid rice seedlings[ J]. *Acta Phytopathologica Sinica*, 1996, 26(2):127-131. )

[17] 贺字典, 高增贵, 庄敬华, 等. 玉米丝黑穗病菌对寄主防御相关酶活性的影响[ J]. *玉米科学*, 2006, 14(2):150-155. ( He Z D, Gao Z G, Zhuang J H, et al. Effect of maize head smut pathology ( *Sphacelotheca reiliana*) on the major defensive enzymes of host [ J]. *Journal of Maize Sciences*, 2006, 14(2):150-155. )

[18] 曾永三, 王振中. 豇豆与锈菌互作中的多酚氧化酶和过氧化物酶活性及其与抗病性的关系[ J]. *植物保护学报*, 2004, 31(2):145-150. ( Zeng Y S, Wang Z Z. Relationships between activities of polyphenol oxidase and peroxidase, and resistance of cowpea to *Uromyces vignae* [ J]. *Journal of Plant Protection*, 2004, 31(2):145-150. )

[19] 崔彦玲, 张环. 番茄叶霉病抗性与苯丙氨酸解氨酶的相关性[ J]. *华北农学报*, 2003, 18(1):79-82. ( Cui Y L, Zhang H. Correlation analyses between resistance to *cladosporium fulvum* and PAL activity in tomato [ J]. *Acta Agriculturae Boreall - Sinica*, 2003, 18(1):79-82. )

(上接第 1043 页)

[12] 任瑞娴, 王瑞卿, 许恩怀, 等. 冬小麦-夏玉米轮作区动态平衡施肥配方的研究[ J]. *天津农学院学报*, 2006, 13(2):1-6. ( Ren R X, Wang R Q, Xu N H, et al. Dynamically balanced fertilization with formulations in winter wheat- summer maize rotation system [ J]. *Journal of Tianjin Agricultural University*, 2006, 13(2):1-6. )

[13] 杜伟. 不同施肥制度土壤生物肥力特征研究[ D]. 中国农业科学院, 2006. ( Du W. Study on soil biological fertility of different fertilization systems[ D]. Chinese Agriculture Academy of Science, 2006. )

[14] 刘恩科. 不同施肥制度土壤团聚体微生物学特性及其与土壤肥力的关系[ D]. 中国农业科学院, 2007. ( Liu E K. Microbiological features of soils under different fertilization systems and their related soil fertility[ D]. Chinese Agriculture Academy of Science, 2007. )

[15] Berndtsson R, Bahri A, Jinno K. Spatial dependence of geochemical elements in a semiarid agricultural field II Geostatistical properties [ J]. *Soil Science Society of America Journal*, 1993, 57:1323-1329.

## 2010 年《黑龙江农业科学》征订启事

《黑龙江农业科学》是黑龙江省农业科学院主办的综合性科技期刊。是全国优秀期刊、黑龙江省优秀期刊。现已被中国科学引文数据库、中国核心期刊(遴选)数据库、CNKI 系列数据库、万方数据库、重庆维普中文科技期刊数据库和华艺电子出版事业群等多家权威数据库收录。

2010 年《黑龙江农业科学》将由双月刊改为月刊,届时,内容、栏目将更加丰富、新颖,更具时效性和可读性。每月 10 日出版,国内外公开发行。国内邮发代号 14-61,每期定价 5.00 元,全年 60.00 元;国外发行代号 BM8321,每期定价 8.00 美元,全年 96.00 美元。

热忱欢迎广大农业科研工作者、农业院校师生、国营农场及农业技术推广人员、管理干部和广大农民群众踊跃订阅。全国各地邮局均可订阅。漏订者可汇款至本刊编辑部补订。汇款写明订购份数、收件人姓名、详细邮寄地址及邮编。

另外,编辑部现有少量 2007~2008 年合订本珍藏版。2007 年每册 80.00 元,2008 年每册 90.00 元,邮费各 10.00 元,售完为止。

地址:哈尔滨市南岗区学府路 368 号《黑龙江农业科学》编辑部  
邮编:150086 电话:0451-86668373 电子信箱:nykx13579@sina.com