

黑龙江省中部地区大豆主栽品种有效株行距解析

韩秉进¹,金 剑¹,中嶋 博²

(1. 中国科学院东北地理与农业生态研究所,黑土生态重点实验室,哈尔滨 150081;2. 日本北海道大学北方生物圈フィールド科学センター,札幌 060-0811)

摘要 运用作物有效营养面积理论,对大豆主产区黑龙江省中部垄作主栽大豆品种的有效株行距进行了试验研究与理论解析。研究表明黑龙江省中部地区的大豆有效株行距为 47.0~63.0 cm。据此阐明目前生产上广泛采用 67~70 cm 的垄作,已超过了大豆的有效株行距,造成了土壤资源的浪费。采用 55 cm 左右的垄距种植大豆,将会更有利于大豆群体产量的提高。该理论为目前黑龙江省北部地区栽培面积逐渐增大的大豆窄行垄栽培提供了有力的理论根据。

关键词 有效株行距;大豆;品种;单株产量

中图分类号 S565.1 **文献标识码** A **文章编号** 1000-9841(2007)03-0327-05

STUDY ON EFFECTIVE PLANT AND ROW SPACING OF SOYBEAN IN CENTRAL OF HEILONGJIANG PROVINCE

HAN Bing-Jin¹,JIN Jian¹,NAKASHIMA Hiroshi²

(1. Key Laboratory of Black Soil Ecology,Northeast Institute of Geography and Agroecology,Chinese Academy of Sciences,Harbin 150081;2. Field Science Center for Northern Biosphere,Hokkaido University,Sapporo 060-0811,Japan)

Abstract With the theory of crop's effective nutrient area,an experiment was conducted to identify whether effective plant and row spacing(EPRS) was suitable for soybean production. The results showed that EPRS of soybean was 47.0~63.4 cm in the central of Heilongjiang province. Therefore the 67~70 cm of ridge width in the present farming system has exceeded EPRS,which could waste soil resources. It was suggested that 55 cm of the row width of soybean should be benefit for the increase of population yield,especially in the central and south of Heilongjiang province. This theory provided a scientific evidence for the increasing area of narrow ridge farming system in the north of Heilongjiang province.

Key words Effective plant and row spacing;Soybean;Cultivar;Individual yield

为了探讨大豆产量形成的限制因素,可以通过摘除部分大豆叶和荚,研究保留叶和去荚叶的同化物的运转和分配,分析源库调节对光合产物的影响^[1,2];通过不同气象条件下研究大豆的施肥水平^[3];有人利用 70 cm 的垄进行不同断条距离的产量试验,阐明不同类型大豆对断条的产量补偿能力。结果表明尽管大豆具有很强的调节能力,但调节能力并不是无限的,断条 50 cm 就无法补偿产量损

收稿日期:2007-02-06

基金项目:国家重点基础研究发展计划(2005CB121101,2003CCB001)资助

作者简介:韩秉进(1957-),男,研究员,博士,主要从事作物高产栽培理论与技术研究。

失^[4]。为了创建良好的大豆群体结构,窄行种植受到重视。窄行距种植大豆产量显著高于 75 cm 行距种植^[5,6]。分析窄行密植增产的原因是缩小了行距,扩大了株距使植株分布更均匀合理,增加了绿色面积,改善了受光条件^[7,8]。相同密度下株行距愈接近,则产量愈高^[9]。大豆根系干重 85% 分布在水平方向的 0 ~ 12 cm,垂直方向的 0 ~ 10 cm,获得高产的最适宜株行距为 12.7 cm × 12.7 cm^[10];为了获得更高的的大豆产量,改变大豆固有垄作的研究越来越受到人们的关注^[11,12]。

针对作物产量影响较大的垄距问题,已往关于改进土地利用方式的作物密度、栽培方式的研究报告有很多,毫无疑问,这对提高作物产量和发展高产栽培理论,做出了很大的贡献。同时这些结果也表明目前生产上广泛采用 67 ~ 70 cm 的行距,不是最佳的种植方式,窄行种植能够增产。但是以往试验更多的是在现行垄作(垄距过大)条件下建起的高产群体结构^[13~15],是适应现有农机具的习惯土地利用方式。即使有栽培方式的试验,也没有涉及到作物个体的生产潜力。因此,这些研究对作物株行距上限的问题,理论解析的不够充分,尚没有人揭示在某产区作物行距要控制在多大范围内是合理的问题。今后随着机械性能的提高,根据作物自身需求,灵活改进作物栽培方式已成为可能,对产量影响较大的垄距问题,从理论上深入研究是十分必要的。

本项研究运用作物有效营养面积理论,2001 年 ~ 2004 年对大豆主产区黑龙江省中部地区 3 个主栽品种的有效株行距进行了试验研究与理论解析。作物生长需要一定的空间,表现在占据一定的土壤面积。作物个体产量达到最高时,植株个体占据的临界土壤面积叫做作物的有效营养面积。作物单位面积产量达到最高时,植株个体所占的土壤面积叫做作物的最佳营养面积^[16,17]。为了充分发挥耕地资源潜力和肥料营养的作用,各种作物都应种植在其有效土壤营养面积范围内,否则就会造成耕地资源的人为浪费。理论上的作物株、行距都不应大于有效土壤营养面积半径 R 的 2 倍,即 $2R =$ 有效株行距,是行、株距的上限(图 1)。

R:有效营养面积的半径
R:Radius of effective nutrient area
图 1 作物有效土壤营养面积
Fig. 1 Crop's effective nutrient soil area

1 材料与方法

1.1 试验地点及处理

试验设在中国科学院海伦农业生态实验站(北纬 47°26',东经 126°38')。海伦市是我国重要的商品粮生产基地之一,位于黑龙江省中部,是大豆主产区,无霜期 125 d,年降水量 550 mm,年平均温度 1.5 ℃,有效积温 2500 ℃,年日照时数 2500 h。试验地土壤为中层黑土,土壤肥力较高,是松嫩平原中代表性很强的土类,有机质 53.12 g · kg⁻¹、全氮 2.27 g · kg⁻¹、全磷 2.27 g · kg⁻¹、全钾 19.55 g · kg⁻¹、速效氮 191.18 mg · kg⁻¹、速效磷 17.58 mg · kg⁻¹、速效钾 221.60 mg · kg⁻¹。

2001 年 ~ 2004 年期间,选用 3 个主栽品种参试。合丰 25 号(亚有限结荚习性、株高 63 ~ 70 cm)、黑农 35 号(亚有限结荚习性、株高 80 ~ 85 cm)、垦丰 11 号(亚有限结荚习性、株高 80 ~ 90 cm)。

2001 年:合丰 25 号,设置单株土壤营养面积为 ①169 cm²;②256 cm²;③361 cm²;④529 cm²;⑤676 cm²5 个处理,株行距处理按正方形等距离布置。即

在平作区株行距为 13 cm × 13 cm;②16 cm × 16 cm;③19 cm × 19 cm;④23 cm × 23 cm;⑤26 cm × 26 cm (cm²)5 个处理。小区面积为 2.8m × 8m = 22.4 m²。随机区组,3 次重复。

2003 年:黑农 35 号,设置单株土壤营养面积为①169 cm²;②400 cm²;③900 cm²;④1600 cm²;⑤2500 cm²;⑥3600 cm²6 个处理,即在平作区株行距为 13 cm × 13 cm,20 cm × 20 cm,30 cm × 30 cm,40 cm × 40 cm,50 cm × 50 cm,60 cm × 60 cm。小区面积 5.4 m × 10 m = 54 m²。随机区组,3 次重复。

2004 年:黑农 35 号和垦丰 11 号,每个品种设置单株土壤营养面积为①400 cm²;②900 cm²;③1600 cm²;④2500 cm²;⑤3600 cm²5 个处理,株行距处理按正方形等距离布置。即在平作区株行距为 20 cm × 20 cm,30 cm × 30 cm,40 cm × 40 cm、50 cm × 50 cm、60 cm × 60 cm。小区面积 6 m × 4.2 m = 25.2 m²。随机区组,3 次重复。

1.2 主要栽培措施

施肥采用当地最佳施肥配方和用量。每公顷施 N 33 kg、P₂O₅52 kg,播种前用 24 行播种机一次性全量均匀施入田中。播种方法是按设计人工拉线开沟摆籽。

1.3 调查项目及方法

调查记载不同处理的出苗期、分枝期、开花期、结荚期、鼓粒期、成熟期。生育时期定期采样测定株高、叶片数、生物重、叶面积等指标。叶面积采用打孔称重法^[18]。

2 结果与分析

2.1 单株产量

由图 2、3、4 可以看出,随着营养面积的增大各品种单株产量增高,这表明大豆产量的调节能力强、生产潜力大;尽管同一品种在不同年际间也表现出了很大的产量差别(图 3、4),但是,在同一年里单株营养面积 2500 cm²和 3600 cm²两个处理的产量差异不大,说明试验设计已经接近或包含了大豆个体植株产量最大时所需的临界土壤面积。

2.2 产量方程及有效株行距的解析

大豆单株产量随着营养面积的增大而升高,虽然任何时候也不会下降,但却必定会有一个最高点。利用 2 次函数曲线最大值以前部分,模拟推断出不同品种大豆所需最大土壤营养面积值,即有效营养

图 2 不同营养面积与大豆的单株产量(2001 年)

Fig. 2 Effect of different nutrient area treatments on individual yield in soybean (2001)

图 3 不同营养面积与大豆的单株产量(2003 年)

Fig. 3 Effect of different nutrient area treatments on individual yield in soybean(2003)

图 4 不同营养面积与不同品种大豆的单株产量(2004 年)

Fig. 4 Effect of different nutrient area treatments on individual yield in soybean cultivars(2004)

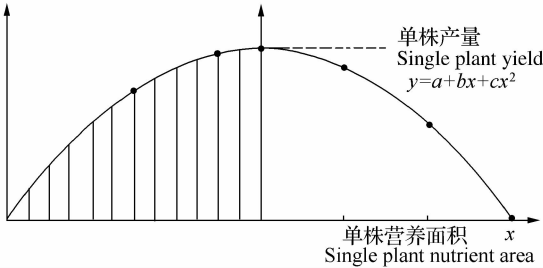


图 5 二次函数曲线与大豆单株产量的模拟

Fig. 5 Simulation of the quadratic and soybean grain yield per plant

面积(图 5)。本项试验根据单株产量与土壤营养面积
的回归方程,优化解析^[19~21]出中部地区的大豆有
效营养面积为 $x_{\max} = b/(-2c) = 3421 \sim 4025 \text{ cm}^2$,

表 1 不同品种大豆的单株产量与营养面积的回归方程及其优化解析

Table 1 Regress function between individual yield and effective nutrient
area and its optimization for different cultivar

年份 Year	品种 Cultivars	产量方程 Yield function	决定系数 r^2	有效营养面积 Effective nutrient area(cm^2)	有效株行距 Effective plant and row spacing(cm)
2001	合丰 25 号 Hefeng 25	$y = -1.23820 + 0.02750x - 0.000006x^2$	0.9998	2209.9	47.0
2003	黑农 35 号 Heinong 35	$y = 0.053 + 0.0227x - 0.000004x^2$	0.9924	2837.5	53.3
2004	黑农 35 号 Heinong 35	$y = -6.1262 + 0.0479x - 0.000007x^2$	0.9994	3421.4	58.5
2004	垦丰 11 号 Kenfeng 11	$y = -4.5614 + 0.0483x - 0.000006x^2$	0.9997	4025.0	63.4

注 1:方程式中 y :表示单株产量(g), x :表示单株营养面积(cm^2)

Note1: y represents individual yield (g) and x represents nutrient area for individual plant (cm^2).

2.3 窄行垄栽培对比试验示范产量验证

为了验证大豆有效营养面积理论的真实性和在
黑龙江省中部地区海伦市设置了不同规格垄作的 3
次重复小区对比试验。结果表明在相同条件(主要
是密度、施肥等)下,55 cm 规格垄作区大豆产量达
到 2 766.7 kg/hm⁻²,比生产常规 67 cm 垄作区
2 466.7kg/hm⁻²平均增产 12.2%。这表明按照作
物有效土壤营养面积理论配置株行距,即缩小垄距,
加大株距,使每个植株占据土壤的营养面积(包含
空间、光能)都在有效范围内,较充分利用了耕地资
源(包含土壤养分、水分等)、光能,进一步发挥了作
物个体的生产潜力,使群体产量得到显著的提高。
这一结果与以前众多学者关于窄行种植高产的结论
相一致^[5~8,11~14]。

3 讨论

黑龙江省中部的大豆有效营养面积在 2 210 ~
4 025 cm²,即有效株行距为 47.0 ~ 63.0 cm。北部
地区主栽品种多属早熟矮秆类型,有效营养面积将
会更小。而中、北部地区大豆生产上广泛采用 67 ~
70 cm 的垄种植大豆,已造成土壤资源的浪费,适当
缩小垄距至 55 cm 左右能更加充分利用耕地资源,
从而大幅度地提高大豆产量。该理论为目前黑龙江

即有效株行距为 $\sqrt{3421} \sim \sqrt{4025} = 58.5 \sim 63.4 \text{ cm}$
(表 1)。

省北部地区大豆生产逐渐被接受的窄行垄栽培提供
了有力的理论根据。

从环境条件分析,干旱年份有效营养面积减小,
土壤肥力低有效营养面积减小^[22]。这与陈新红等
人^[14]在低肥力条件下适当增加大豆种植密度,可提
高产量的研究结果一致;从品种特性分析,就长叶型
品种而言,株高与有效营养面积正相关,植株株高较
高的长叶型品种有较大的有效营养面积,株高较矮
的品种有较小的有效营养面积。较高的株高增加光
能截获率的同时,也增大了底部叶片的遮光程度,要
求有更大的通风透光空间,才能充分发挥个体的生
产潜力。

作物有效营养面积理论,虽然不是生产上的实
用技术,但是解决作物栽培中株行距上限问题的有
效方法,是作物栽培学理论的延伸,可以为优化植株
配置提供更为准确(量化)的指标。只有在作物的
有效营养面积内设计密度试验、肥料试验等,才更为
科学;在有效营养面积范围内获得的最佳营养面积,
才是最理想的高产群体结构^[23,24]。

作物有效土壤营养面积是普遍存在的,影响作
物有效土壤营养面积的因素虽然很多,但主要是同
优良品种和栽培技术一样,表现出一定的区域性。
影响作物有效土壤营养面积大小的要素是作物种
类、品种和环境条件(气候、施肥等)。因此,在当地

气候条件下,选择主栽作物的主要品种以及当地施肥水平进行试验研究是十分必要的。

参 考 文 献

[1] 李新民. 大豆群体结构的研究[J]. 大豆科学,1990,9(3): 185-190.

[2] 傅金民,张庚灵,苏方,等. 大豆籽粒形成期¹⁴C同化物的分配和源库调节效应的研究[J]. 作物学报,1999,25(2):169-173.

[3] 孟军,冷志杰,邓华玲,等. 不同的气象条件下对大豆施肥水平的研究[J]. 生物数学学报,1998,13(1):80-83.

[4] 王德亮,杨丹霞,姜玉久,等. 大豆群体断条状况与单株产量补偿的关系[J]. 大豆科学,2001,20(2):105-109.

[5] Bowers G R, Rabb J L, Ashlock L O, et al. Row spacing in the early soybean production system [J]. Agronomy Journal,2000,92(3):524-531.

[6] Cooper R L. Response of soybean cultivars to narrow rows and planting rates under weed free conditions [J]. Agronomy Journal, 1977,69:89-92.

[7] 刘忠堂,何志宏,魏冀西,等. 大豆窄行密植高产栽培技术引进试验与嫁接Ⅱ平作窄行密植高产栽培技术的增产效果[J]. 黑龙江农业科学,1998,(1):27-29.

[8] 刘忠堂. 大豆窄行密植高产栽培技术的研究[J]. 大豆科学, 2002,21(2):117-122.

[9] 宋启建,吴天侠,邱家驯,等. 夏大豆群体结构对不同类型品种产量及农艺性状的影响[J]. 大豆科学,1995,14(1):40-46.

[10] 孙广玉,张荣华,黄忠文. 大豆根系在土层中分布特点的研究

究[J]. 中国油料作物学报,2002,24(1):45-47.

[11] 刘丽君,祖伟,张瑞忠. 大豆窄行平播密植条件下的干物质积累规律[J]. 东北农业大学学报. 2000,31(1):26-31.

[12] 郑天琪,王成,连成才,等. 大豆大垄窄行密植数学模型的初步研究[J]. 黑龙江农业科学,2000,(5):26-28.

[13] 王晓梅,崔坤,房正,等. 大豆不同密度对群体结构的影响[J]. 吉林农业科学,1996,(4):39-41.

[14] 陈新红,章建新,闫晓红,等. 北疆冷凉地区大豆密度试验[J]. 新疆农业大学学报,2001,25(1):5-8.

[15] 周宝库,张秀英,李庆荣. 松嫩平原黑土大豆施肥模式及最佳氮磷用量的研究[J]. 黑龙江农业科学,1992,(3):17-20.

[16] 韩秉进,陈渊,赵殿忱,等. 作物有效土壤营养面积研究[J]. 土壤学报,2003,40(5):711-716.

[17] 韩丙进. 作物的有效营养面积および最適营养面积の栽培学的研究[D]. 北海道大学博士学位論文,2004.

[18] 赵增煜. 常用农业科学试验法[M]. 北京:农业出版社,1986.

[19] 陶勤南. 回归分析与回归设计[J]. 北京农业科学(专集), 1984,1-55.

[20] 马育华. 试验统计[M]. 北京:农业出版社,1982,513-554.

[21] 韩秉进. 松嫩平原黑土区玉米生产氮磷配合肥效优化模型的研究[J]. 土壤学报,1998,35(3):392-397.

[22] 韩秉进. 作物有效营养面积及最佳营养面积研究[J]. 土壤通报,2002,33(1):66-70.

[23] 韩秉进,金剑,中嶋 博. 黑农35大豆有效营养面积的研究[J]. 中国生态农业学报,2005,13(4):77-81.

[24] 韩秉进,陈渊,金剑. 大豆有效营养面积研究[J]. 中国油料作物学报,2002,24(4):33-37.