

## 大豆垄上三行窄沟密植栽培群体生理研究

李瑞平<sup>1</sup>, 李志刚<sup>1</sup>, 马日亮<sup>2</sup>, 王贵平<sup>2</sup>, 包凤利<sup>3</sup>

(<sup>1</sup>内蒙古民族大学农学院, 内蒙古 通辽 028043; <sup>2</sup>内蒙古农业技术推广站, 内蒙古 呼和浩特 010011; <sup>3</sup>北京德农种业有限公司通辽分公司, 内蒙古 通辽 028000)

**摘要:**为探讨垄上三行窄沟密植栽培对大豆群体生理的影响, 选择垦丰 16 为材料, 在 4 个密度(分别为  $30 \times 10^4$ 、 $33 \times 10^4$ 、 $36 \times 10^4$ 、 $39 \times 10^4$  株·hm<sup>-2</sup>)栽培条件下, 测定了大豆株高、叶面积指数、光合势、单株干物质积累及产量指标。结果表明:株高和叶面积指数随密度的增加而增加, 出苗后 66 d 株高达最高;而单株干物质积累随密度的增加而降低;在鼓粒期各处理光合势均达最高。结果显示:单株籽粒重随密度的增加而降低, 而群体产量随密度的增加呈先增加后降低的趋势, 密度为  $36 \times 10^4$  株·hm<sup>-2</sup>下, 产量最高(4364 kg·hm<sup>-2</sup>)。

**关键词:**垄上三行;大豆;密度;群体生理

中图分类号:S565.1

文献标识码:A

文章编号:1000-9841(2009)01-0081-04

## Effect of Narrow Trenches and Compact Planting of Three Lines of Ridge on Population Physiology in Soybean

LI Rui-ping<sup>1</sup>, LI Zhi-gang<sup>1</sup>, MA Ri-liang<sup>2</sup>, WANG Gui-ping<sup>2</sup>, BAO Feng-li<sup>3</sup>

(<sup>1</sup>College of Agriculture of the Inner Mongolia University for Nationalities, Tongliao 028043; <sup>2</sup>Agriculture Technologies Popularizing Station of the Inner Mongolia, Hhhot 010011; <sup>3</sup>Beijing Doneed Limited Tongliao Branch, Tongliao 028000, Inner Mongolia, China)

**Abstract:** The effect of narrow trenches and compact planting of three lines of ridge on population physiology were studied under four cultivating densities ( $30 \times 10^4$ ,  $33 \times 10^4$ ,  $36 \times 10^4$ ,  $39 \times 10^4$  plants·ha<sup>-1</sup>, respectively), with Kenfeng16 as material. The plant height, leaf area index, leaf area duration, dry matter accumulation and distribution and yield were investigated. The results showed that plant height and leaf area index increased with the increase of density and plant height maximized 66 days after emergence; plant dry matter accumulation were decreased with the increase of density; leaf area duration of each density reached the highest at seed-filling. Seed weight of single plant decreased with the increase of density, but populations yield increased first and then decreased with the density increased. The highest yield of 4364 kg·ha<sup>-1</sup> was obtained under the density of  $36 \times 10^4$  plants·ha<sup>-1</sup>.

**Key words:** Three lines of ridge; Soybean; Density; Population physiology

大豆在美国、巴西、阿根廷和印度等国家广泛种植, 在中国大豆的种植面积近十年来徘徊在 800 ~ 980 万 hm<sup>2</sup><sup>[1]</sup>。内蒙古大豆播种面积 70 ~ 80 万 hm<sup>2</sup>, 主要分布在内蒙古东部地区, 是我国重要的大豆生产基地<sup>[2]</sup>。近年来内蒙古研制成一套新型的大豆栽培模式“大豆垄上三行窄沟密植栽培模式”, 增产率达 20% 以上<sup>[3-4]</sup>。大豆产量不仅取决于单株, 更决定于群体结构的影响, 而适当的密度是保证合理群体结构的基础<sup>[5-6]</sup>。前人在密度对大豆生长、生理研究较多<sup>[7-9]</sup>, 但对垄上三行窄沟密植栽

培研究较少。系统地研究了在不同密度条件下, 垄上三行窄沟密植栽培对大豆群体的影响, 以期为内蒙古大豆生产提供理论依据。

### 1 材料与方法

#### 1.1 供试材料

供试品种垦丰 16(黑龙江省农业科学研究院提供)。

#### 1.2 试验设计

试验于 2007 年在内蒙古民族大学试验农场进

收稿日期:2008-08-25

基金项目:内蒙古教育厅资助项目(NJzy08086)。

作者简介:李瑞平(1984-)男, 硕士研究生, 研究方向为作物营养与逆境生理。E-mail:ruipinghappy@126.com。

通讯作者:李志刚, 博士, 副教授, 硕士生导师。E-mail:lizhigang70@126.com。

行,试验地土壤类型为灰色草甸土,pH 8.3,有机质  $15\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (下同),碱解氮  $62\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,速效磷  $35\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,速效钾  $140\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。

试验地区 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 年有效积温为  $2\ 500\sim 3\ 200^{\circ}\text{C}$ 之间。无霜期为  $110\sim 130\text{ d}$ 属温带大陆性气候,春季干旱多风,夏季短促温热,降水集中,秋季凉爽,冬季干冷,年降雨量  $350\sim 450\text{ mm}$ 。

设  $30$ 、 $33$ 、 $36$  和  $39$  万株 $\cdot\text{hm}^{-2}$  4 个密度处理(分别用 M1、M2、M3、M4 表示),3 次重复,随机区组排列。每小区 5 垄,垄长  $3\text{ m}$ ,垄宽  $65\text{ cm}$ ,小区面积  $3.25\times 3=9.75\text{ m}^2$ ,两边行苗带间距为  $22\sim 24\text{ cm}$ ,各苗带间距为  $11\sim 12\text{ cm}$ 。 $30$  万株 $\cdot\text{hm}^{-2}$  两边行苗带株距为  $15\text{ cm}$ ,中间行苗带株距为  $15.8\text{ cm}$ ;  $33$  万株 $\cdot\text{hm}^{-2}$  两边行苗带株距为  $13.6\text{ cm}$ ,中间行苗带株距为  $15\text{ cm}$ ;  $36$  万株 $\cdot\text{hm}^{-2}$  两边行苗带株距为  $12.5\text{ cm}$ ,中间行苗带株距为  $14.2\text{ cm}$ ;  $39$  万株 $\cdot\text{hm}^{-2}$  两边行苗带株距为  $11.11\text{ cm}$ ,中间行苗带株距为  $13.6\text{ cm}$ 。5 月 11 日播种,9 月 6 日收获。

### 1.3 测定方法

从出苗后 10 起每隔  $7\text{ d}$  取样一次样,每小区取 5 株,将子叶节以上部分各器官分开烘干称重,叶面积测定采用 LI-3000A 叶面积测量仪测定。按小区实收面积计产,然后再折算成公顷产量,同时每小区随机取 10 株考种。

## 2 结果与分析

### 2.1 垄上三行窄沟密植栽培对大豆株高的影响

株高是大豆植株的重要性状之一,株高与始荚高度和产量关系密切。在不同密度条件下株高生长

趋势一致(图 1),生长初期不同处理间差异很小,出苗 38 d 后株高生长加快,随着密度的加大,株高显著增加,株高与密度呈极显著相关( $r=0.994^{**}$ )。M4 株高比 M1 株高增加了  $12.72\%$ 。

■ 密对大豆叶面积指数的影响

■ cultivation on soybean LAI

### 2.2 垄上三行窄沟密植栽培对大豆叶面积指数的影响

不同密度条件下大豆叶面积指数变化过程呈抛物线型变化(图 2)。生育前期不同密度植株叶面积指数基本一致,叶面积指数相差不大,随着生育进程的推进,密度对叶面积指数影响呈现显著差异。群体的密度越低,群体的叶面积指数就越小,其中以 M1 叶面积指数最小,随着密度的增加,叶面积指数呈显著增加趋势。M1 叶面积指数在出苗后 73 d 达最大值  $4.57$ ; M2 叶面积在出苗后 66 d 达最大值  $4.83$ ; M3 叶面积在出苗后 66 d 达最大值  $5.13$ ; M4 叶面积在出苗后 59 d 达最大值  $5.23$ 。叶面积指数的最高值有随着群体密度的增加而有提前的趋势。

### 2.3 垄上三行窄沟密植栽培对大豆光合势的影响

光合势的强弱是决定大豆产量高低的重要因素。由图 3 可以看出,由于开花期 LAI 尚未达到最大,光合势有随密度而增加的趋势,随着生育进程的推进,光合势逐渐增加,到鼓粒期达最大值,光合势随密度增加而增加, M3 处理光合势达最高为  $86\ 693.12\text{ m}^2\cdot\text{d}$ ,以后逐渐降低。说明结荚鼓粒期较强的光合积累是大豆高产的保证。

### 2.4 垄上三行窄沟密植栽培对大豆干物质积累的影响

在不同密度条件下大豆单株干物质积累动态变化(图 4),各生育阶段的单株干物质积累见表 1,随密度的增加单株干物质积累呈减小趋势。生育前期干物质积累量较少,积累速率也较低。随着生育进程的推进,干物质积累速率逐渐加快, M1 在成熟期干物质积累达最大值为  $37.45\text{ g}\cdot\text{株}^{-1}$ 。阶段最大积累量和最大日积累量有随密度增加而减小的趋势,随密度的增加,阶段最大积累量和最大日积累量均降低了  $29.2\%$ 。M1 和 M2 二处理成熟期干物质积累量占全生育期总积累量的比例大于 M3 和 M4。

### 2.5 垄上三行窄沟密植栽培对大豆干物质分配的影响

对不同生育时期大豆干物质的分配进行了统计

NT-  
CPTL  
:  
narrow  
trenches  
and  
compact  
planting  
of  
three  
lines  
on  
ridge  
■ 栽培对大豆株高的影响  
■ cultivation on soybean plant height

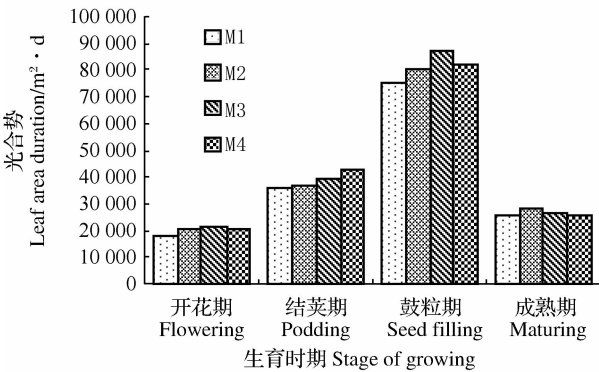


图3 垄上三行窄沟密植栽培对大豆光合势的影响  
Fig.3 Effects of NTCPTL cultivation on soybean leaf area duration

表2 密植对大豆干物质积累的影响  
NTCPTL cultivation on soybean dry matter accumulation

(表2)。生育前期密度对各器官干物质积累量的影响差异不明显,开花后,各器官干物质积累量随密度增加而减小。苗期、开花期干物质主要分配给叶片,M1叶片所占比例高达70.06%;结荚期表现出了大豆植株生长中心的转移,营养物质分配由茎、叶片和叶柄开始转移到荚;鼓粒期叶片、茎、叶柄所占比率均大幅度下降,而荚所占比重大幅上升,显示该时期的物质分配中心已经转移到荚上,主要用于荚果的生长。开花期以前,垄上三行窄沟密植栽培密度对单株干物质在植株不同部位分配比率影响不大。结荚期以后,随着密度的增加,单株叶片所占比率有减小的趋势,茎及叶柄所占比重有增大的趋势,荚粒所占比率也有减小的趋势。

表1 垄上三行窄沟密植栽培大豆单株干物质积累状况

Table 1 The dry matter accumulation under the NTCPTL cultivation/g·plant<sup>-1</sup>

生育时期 Growth stage	积累指标 Accumulation index	密度 Density			
		M1	M2	M3	M4
苗期 Seedling	阶段积累 PA	0.324	0.356	0.3	0.32
	占总量 PG	0.87	1.05	0.93	1.08
	日积累 APD	0.015	0.017	0.014	0.015
开花期 Flowering	阶段积累 PA	2.224	1.990	1.846	1.656
	占总量 PG	5.939	5.871	5.747	5.585
	日积累 APD	0.159	0.142	0.132	0.118
结荚期 Podding	阶段积累 PA	6.130	5.890	5.136	4.689
	占总量 PG	16.369	17.377	15.993	15.815
	日积累 APD	0.438	0.421	0.367	0.335
鼓粒期 Seed-filling	阶段积累 PA	20.030	17.160	15.886	14.550
	占总量 PG	53.488	50.625	49.466	49.074

成熟期 Maturity	日积累 APD	0.715	0.613	0.567	0.520
	阶段积累 PA	8.740	8.500	8.947	8.434
	占总量 PG	23.339	25.077	27.860	28.446
	日积累 APD	0.312	0.304	0.320	0.301

表2 垄上三行窄沟密植栽培大豆单株各生育时期干物质分配

Table 2 The dry matter distribution in different stages under the NTCPTL cultivation/g·plant<sup>-1</sup>

生育时期 Growth stage	干物质分配 Dry matter distribution	密度 Density			
		M1	M2	M3	M4
苗期 Seedling	总量 Total	0.324	0.351	0.300	0.320
	叶 Leaf	0.227	0.246	0.210	0.224
	叶柄 Petiole	0.032	0.035	0.030	0.032
	茎 Stem	0.065	0.070	0.060	0.064
开花期 Flowering	总量 Total	2.548	2.341	2.146	1.976
	叶 Leaf	1.535	1.410	1.293	1.191
	叶柄 Leaf stalk	0.346	0.317	0.291	0.268
	茎 Stem	0.667	0.613	0.562	0.518
结荚期 Podding	总量 Total	8.678	8.236	7.282	6.665
	叶 Leaf	4.214	3.999	3.536	3.237
	叶柄 Leaf stalk	1.669	1.584	1.400	1.282
	茎 Stem	2.882	2.735	2.418	2.213
鼓粒期 Seed-filling	荚 Pod	0.087	0.082	0.073	0.067
	总量 Total	28.450	25.400	24.990	24.780
	叶 Leaf	8.316	7.424	7.305	7.243
	叶柄 Leaf stalk	3.801	3.393	3.339	3.311
成熟期 Maturity	茎 Stem	7.246	6.469	6.365	6.311
	荚 Pod	9.087	8.113	7.982	7.915
	总量 Total	37.450	33.900	32.120	29.650
	茎 Stem	6.576	5.953	5.640	5.207
	荚皮 Pod	9.467	8.570	8.120	7.496
	粒 Seed	21.406	19.377	18.360	16.948

2.5 垄上三行窄沟密植栽培对大豆产量及构成因素的影响

密度对垄上三行窄沟密植栽培大豆产量性状的影响见表3。M1个体指标均明显高于其它处理,高密度处理M4最低,随着密度的增加,单株有效荚数、单株粒数、单株粒重和单株荚皮重均呈下降的趋势,4项指标总的减少幅度分别为24.28%、16.9%和17.38%和23.53%;而始荚高度有增加的趋势,M4始荚高度比M1增加了34.86%,始荚越高越有利于机械收割,垄上三行窄沟密植栽培适合高密度的同时,保证了机械收割,提高效益。在试验条件下,百粒重与种植密度关系不显著。随种植密度的增加,籽粒产量逐渐增加,到M3达到最大值为4364 kg·hm<sup>2</sup>,而后随密度的增加又逐渐减小,M4产量比M3产量减少了6.51%;而且M3产量与M1、M2和M4都达到极显著水平。

表3 垄上三行窄沟密植栽培密度对大豆产量性状的影响

Table 3 The effect of soybean yield characters under the NTCPTL cultivation

密度 Density	单株荚数 Pods number per plant	单株籽粒数 Grains number per plant	单株籽粒重 Grains weight per plant/g	单株荚皮重 Pods weight per plant/g	百粒重 100 Seeds weight/g	始荚高度 Height of the first pod/cm
M1	32.12aA	70.23aA	12.66aA	6.12aA	18.02a	17.50cC
M2	29.48bAB	67.5abA	12.28aA	5.68bB	17.95a	19.32bcBC
M3	27.45cB	67.23bA	12.12aA	5.15cC	18.03a	21.03bAB
M4	24.32dC	58.35cB	10.46bB	4.68dD	17.93a	23.60aA

新复极差法,表中大写字母表示达到 0.01 显著水平,小写字母表示达到 0.05 显著水平。

Duncan method, capital letter and lowercase letter indicate significant at 0.01 and 0.05 levels, respectively.

3 结论与讨论

不同密度下,垄上三行窄沟密植栽培影响株高、叶面积指数、光合势等的动态变化,进而影响到单株的干物质积累和最终的产量形成。在垄上三行窄沟密植栽培条件下,随着密度增加,株高、叶面积指数和光合势均呈现增加趋势;单株干物质积累随密度增加而下降。产量随着密度的增加而增加,M3 产量最高为 4 364 kg·hm<sup>-2</sup>,而 M4 产量低于 M3。从理论上讲,大豆群体产量最高时,其单株在田间的分布应该是处于最佳状态;说明 M3 是最适合单株生长,进一步增加密度会使单株间存在竞争。

垄上三行窄沟密植栽培密度对大豆干物质积累分配的影响主要体现在生育中后期,随着种植密度的增加,个体生长空间减少,田间小气候变劣,植株间通风透气不良;其次,种植密度越大封垄越提前,植株叶片相互遮蔽越严重,中下层叶片越早枯黄脱落;另外,种植密度过大常常会出现倒伏现象。正因为密度过大表现的多种不利因素,结果导致密度过大产量有所降低的趋势。

参考文献

[1] 王连铮. 国内外大豆生产的现状和大豆品种创新问题[J]. 中国食物与营养,2007(7):6-9. (Wang L Z. Production conditions and problems of new soybean varieties in civil and abroad [J]. Food and Nutrition in China,2007(7):6-9. )

[2] 代海涛,杨露丹. 内蒙古大豆产业发展现状及对策分析[J]. 商业经济,2007(12):80-82. (Dai H T, Yang L D. Present situation

and developing strategies of Inner Mongolia soybean industry [J]. Business Economy,2007;(12):80-82. )

[3] 马日亮,李志峰,孟德. 内蒙古大豆垄上三行窄沟密植栽培技术规范[J]. 现代农业,2006(2):8-9. (Ma R L, Li Z F, Meng D. Cultivated technology regulation of narrow trenches and compact planting of three lines of ridge in the Inner Mongolia [J]. Modern Agriculture,2006(2):8-9. )

[4] 刘承军,曲贵才. 大豆垄上三行栽培及机具改装[J]. 现代化农业,2007(8):5. (Liu C J, Qu G C. Soybean three-ridge cultivation and tools refitting [J]. Modernized Agriculture,2007(8):5. )

[5] 刘金印,张恒善,王大秋,等. 大豆种植密度和群体结构指标的研究[J]. 大豆科学,1987,6(1):1-9. (Liu J Y, Zhang H S, Wang D Q, et al. Study on planting density and populations structure indicators of soybean [J]. Soybean Science,1987,6(1):1-9. )

[6] Carpenter A C, Board J E. Growth dynamic factors controlling soybean yield stability across plant populations [J]. Crop Science,1997,37(5):1520-1526. )

[7] 翟云龙,章建新,薛丽华,等. 密度对超高产春大豆农艺性状的影响[J]. 中国农学通报,2005,21(2):109-111. (Zhai Y L, Zhang J X, Xue L H, et al. Study on the effect of plant density on the agronomic characters of super- high yield spring soybean [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin,2005,21(2):109-111. )

[8] 杜吉到,丁希武,郑殿峰,等. 不同密度下大豆叶部性状生长发育规律的研究[J]. 黑龙江农业科学,2006(5):40-42. (Du J D, Ding X W, Zhen D F, et al. Studies on the regulation of growth and development for soybean leaf characters under different densities [J]. Heilongjiang Agricultural Sciences,2006,(5):40-42. )

[9] 章建新,翟云龙,薛丽华. 密度对高产春大豆生长动态及干物质积累分配的影响[J]. 大豆科学,2006,5(1):1-5. (Zhang J X, Zhai Y L, Xue L H. Effect of plant density of growth tendency, dry matter accumulation and distribution in high yield spring soybean [J]. Soybean Science,2006,5(1):1-5. )