



# 不同种植密度对饲用大豆品系 15 农艺性状及产量的影响

索荣臻<sup>1</sup>,王明玖<sup>1</sup>,王 娜<sup>1</sup>,赵天启<sup>1</sup>,王连生<sup>2</sup>

(1. 内蒙古农业大学 草原与资源环境学院,内蒙古 呼和浩特 010018; 2. 绿源植物生物质研究所,内蒙古 通辽 028000)

**摘 要:**为探讨不同种植密度对饲用大豆品系 15 草产量、农艺性状及籽粒产量的影响,筛选出品系 15 在通辽产区的最佳种植密度,为品系 15 的栽培及生产提供理论依据,试验采用行距(A)和株距(B)双因素裂区设计,研究不同种植密度对品系 15 产量及农艺性状的影响。结果表明:种植密度对品系 15 的鲜草产量和干草产量均有显著影响,在种植密度(行距×株距)为 60 cm×40 cm 时,草产量最高。不同种植密度对品系 15 的农艺性状有显著影响,在种植密度为 60 cm×30 cm 时,品系 15 株高较高,分枝较多,主茎较粗,单株地上生物量较大。主茎粗和单株地上生物量与鲜草产量及干草产量呈极显著正相关关系。在种植密度为 60 cm×30 cm 时,品系 15 的单株粒重及籽粒产量最大。若品系 15 作为牧草应用,行距×株距为 60 cm×40 cm 是最佳的密度设置,若品系 15 作为籽实饲料或繁殖种子,行距×株距为 60 cm×30 cm 是最佳的密度设置。

**关键词:**饲用大豆;种植密度;产量;农艺性状

## Effects of Different Planting Densities on Agronomic Traits and Yield of Feeding Soybean Strain 15

SUO Rong-zhen<sup>1</sup>, WANG Ming-jiu<sup>1</sup>, WANG Na<sup>1</sup>, ZHAO Tian-qi<sup>1</sup>, WANG Lian-sheng<sup>2</sup>

(1. College of Grassland, Resources and Environment, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010018, China; 2. Lyuyuan Plant Biomass Development and Utilization Institute, Tongliao 028000, China)

**Abstract:** In order to investigate the effects of different planting densities on the yield, agronomic traits and seed yield of feeding soybean, the best planting density of Strain 15 in Tongliao was screened to provide a theoretical basis for the cultivation and production of Strain 15. The test used the line spacing (A) and the plant spacing (B) two-factor splitting zone design and the effects of different planting densities on yield and agronomic traits of Strain 15 were studied. The results showed that planting density had a significant effect on fresh grass yield and dry yield of Strain 15, and grass yield was highest when planting density (Line distance × Plant distance) was 60 cm×40 cm. Different planting densities had significant effects on the agronomic traits of Strain 15. When the planting density was 60 cm×30 cm, the Strain 15 plant height were higher, the branches were more, the main stem was thicker, and the biomass above the single plant was larger. There was a significant positive correlation between the main stem diameter and the above ground biomass of fresh plants and fresh grass yield and dry yield. When the planting density was 60 cm×30 cm, the seed weight per plant and the seed yield of the Strain 15 were the largest. If the Strain 15 is used as grass, the line distance × plant distance of 60 cm × 40 cm is the best density setting. If the Strain 15 is used as feeding seed or breeding seed, the line distance × plant distance of 60 cm × 30 cm is the best density setting.

**Keywords:** Feeding soybean; Planting density; Yield; Agronomic traits

由于我国农业产业结构调整以及畜牧业的快速发展,导致饲料作物的需求量逐年增加。豆科牧草与其它科牧草相比具有蛋白质和矿物质含量高的特点,作为饲草更具优势。野生大豆(*Glycine soja*)是一种品质优良的野生牧草种质资源<sup>[1]</sup>,因其适口性好、利用率及产草量高,常作为优质饲料加以利用<sup>[2]</sup>。但茎秆柔嫩、直立性差、易裂荚、种子颗粒小等特性造成其难以栽培。大豆生产是群体生产,其产量是品种在环境与栽培措施综合作用下形成

的,而合理的种植密度是关键<sup>[3]</sup>。众多关于种植密度对大豆产量影响的研究均表明种植密度对大豆产量及农艺性状有显著影响<sup>[4-6]</sup>。张永强等<sup>[7-8]</sup>研究指出,大豆籽粒产量随着密度的增加呈先增后降的趋势,中等密度下大豆产量最高。杜青等<sup>[9]</sup>研究表明大豆农艺性状受环境影响较大。目前,有关大豆种植密度的研究很多,但大多是关于粮用籽实型大豆<sup>[10-12]</sup>和菜用型大豆<sup>[13]</sup>,对饲用型大豆种植密度的研究极少,所以适宜饲用型大豆的种植密度尚不

收稿日期:2019-04-26

基金项目:国家重点研发计划(2016YFC0500605);内蒙古农业大学动植物新品种选育专项(YZGC2017010)。

第一作者简介:索荣臻(1994-),女,博士,主要从事牧草种质资源研究与创新研究。E-mail:suorongz@163.com。

通讯作者:王明玖(1961-),男,博士,教授,博导,主要从事草地资源管理和草地生态学研究。E-mail:wangmj\_0540@163.com。

明确,且关于种植密度对大豆植株营养体产量的影响研究极少。

目前对于内蒙古畜牧业而言,合理的栽培与利用适合内蒙古地区豆科牧草,加大优良豆科牧草的推广种植力度,有利于推动其良性发展。本试验选用以内蒙古通辽地区栽培大豆大白眉为母本,通辽地区野生大豆为父本,进行人工杂交,经多年繁育,从杂交后代中筛选出具有野生大豆优良性状且易于栽培的饲用大豆品系 15。通过设计不同种植密度水平,筛选出合理的种植密度,为内蒙古饲用大豆高产栽培提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于通辽市科左后旗查金台牧场,地处 42°40'N~43°42'N,121°30'E~123°42'E,为温带大陆性季风气候区,四季分明。年平均气温在为 5.3~5.9℃,无霜期自东向西为 138~148 d,初霜在 9 月下旬出现,终霜出现在 5 月上旬。年平均降水为 358~483 mm,主要集中在 6~8 月份,7 月最多,雨量集中,强度大,年际降水变率为 10%~15%,全年蒸发量最大为 2 055.7 mm。

1.2 材料

试验材料选用内蒙古通辽地区当地栽培品种大白眉和草甸草原野生大豆杂交后代中拟登记的饲用大豆品系 15。

1.3 试验设计

于 2018 年 5 月 15 日将饲用大豆品系 15 种植于内蒙古通辽科左后旗查金台牧场,试验采用行距(A)和株距(B)双因素裂区设计,主区为行距 A1、A2 和 A3 处理,分别为 40、50 和 60 cm;副区为株距 B1、B2 和 B3 处理,分别为 20、30 和 40 cm。小区面积为 5 m×5 m,3 次重复。播种时施用氮磷钾复合肥,用量为 150 kg·hm<sup>-2</sup>,适时浇水。各小区管理条件、水肥一致。

1.4 测定项目与方法

1.4.1 群体鲜草、干草产量及农艺性状的测定 各小区于播种后 2 个月,即花期,选取小区 1/2 面积植株进行刈割,称量群体鲜草产量。

从中取 5 株,调查其分枝数、株高(地面以上至植株顶端生长点的长度)和主茎粗(自子叶痕向上第三节与第四节之间直径),而后带回实验室,在 105℃烘箱中杀青 30 min,70℃烘干至恒重,称取单株地上生物量。

将刈割后的植株带回实验室,烘干处理同上,称取群体干草产量。

1.4.2 单株粒重及籽粒产量的测定 成熟期收取小区剩余植株,选取 5 株测量单株粒重,其余植株自然风干后收获籽粒,测定籽粒产量。

1.5 数据分析

使用 Excel 2013 整理数据,数据分析均采用 R 语言统计软件完成,由 Sigmaplot 12.5 完成图形可视化处理。通过双因素方差分析(Two-way ANOVA)、单因素方差分析(ANOVA)和 Duncan 多重比较判定不同种植密度下饲用大豆产量和农艺性状是否存在差异。

2 结果与分析

2.1 种植密度对饲用大豆品系 15 鲜草及干草产量的影响

本研究表明:行距对品系 15 鲜重及干重的影响均达到极显著水平,株距对其影响未达到显著水平,但两者交互效用显著(表 1)。在相同株距条件下,品系 15 不同行距的平均群体鲜草和干草产量均表现为 A3>A1>A2,且 A3 与 A2 间具有显著差异(表 2)。其中,品系 15 在行距为 60 cm(A3)时的平均群体鲜草产量及干草产量较行距为 50 cm(A2)处理平均显著增产 51.7%,较行距为 40 cm(A1)处理平均增产 11.9%。在相同行距条件下,品系 15 平均群体鲜草和干草产量表现为 B3>B1>B2。株距为 40 cm(B3)时,群体鲜草和干草产量较株距为 20 cm(B1)平均增产 3.7%,较株距为 30 cm 平均增产 4.4%。说明品系 15 在种植密度较小时,群体草产量较高。在种植密度 A3B3 处理时,品系 15 的鲜草产量及干草产量均最大,分别达 47 500 和 11 240 kg·hm<sup>-2</sup>,较种植密度最大处理(A1B1)平均增产 67.8%(表 2)。

表 1 行株距与品系 15 草产量相关性分析

Table 1 Correlation analysis between planting distance and yield of Strain 15

差异源	鲜草产量	干草产量
Source of difference	Fresh grass yield	Hay yield
行距 Line distance	8.426 **	8.426 **
株距 Plant distance	0.489	0.489
行距×株距		
Line distance × Plant distance	67.562 **	67.562 **

\* 表示 P<0.05 水平存在显著相关性,\*\* 表示 P<0.01 水平存在极显著相关性,× 表示交互作用。下同。

\* indicates there is significant relation at P<0.05 level,\*\* indicates there is extremely significant relation at P<0.01 level,× indicates interaction. The same below.

表 2 种植密度对大豆品系 15 鲜草及干草产量的影响

Table 2 Effect of planting density on fresh grass and dry yield of Strain 15

(kg·hm<sup>-2</sup>)

		B1	B2	B3	均值 Average
鲜草产量	A1	28300 ± 2309 bc	30200 ± 692 b	28500 ± 894 bc	29000 ab
Fresh yield	A2	31100 ± 404 b	24000 ± 1241 cd	9100 ± 2424 e	21400 c
	A3	22600 ± 923 d	27300 ± 952 bc	47500 ± 2020 a	32466 a
	均值 Average	27333	27166	28366	
干草产量	A1	6697 ± 546 bc	7146 ± 163 b	6744 ± 211b c	6862 ab
Dry yield	A2	7359 ± 95 b	5679 ± 293 cd	2153 ± 573 e	5064 c
	A3	5348 ± 218 d	6460 ± 225 bc	11240 ± 478 a	7683 a
	均值 Average	6468	6429	6712	

不同小写字母表示  $P < 0.05$  水平差异显著。下同。  
Different lowercase indicates there is significant difference at  $P < 0.05$  level. The same below.

2.2 种植密度对品系 15 农艺性状的影响

研究表明:行距对品系 15 的农艺性状均无显著影响,株距对分枝数有显著影响,对单株地上生物量有极显著影响(表 3)。行距与株距的交互作用对单株地上生物量有极显著影响,说明二者交互作用会使品系 15 的单株地上生物量产生差异。

如表 3 所示,在不同种植密度条件下,大豆品系 15 的农艺性状表现出不同程度的差异:A1B3 处理和 A3B3 处理株高较高,分别达到 191.25 和 182 cm, A1B1 处理株高最小,仅为 129 cm,说明种植过密时

会限制品系植株生长,导致植株矮小。A3B2 处理和 A1B3 处理品系 15 的分枝数最多,平均为 14.25 个, A2B1 处理和 A1B1 处理分枝数最少,平均为 8 个分枝。主茎粗在 A3B2 处理下最粗,为 9.75 mm,显著高于其它处理。单株地上生物量表现为 A3B2 处理最高,为 122.67 g, A1B1 处理最小,为 39.36 g,且 A3B2 处理且显著高于其它处理,说明品系 15 在密度较小时,植株生长较为高大粗壮,密度较大时植株生长较为矮小细弱。

表 3 种植密度对品系 15 农艺性状的影响

Table 3 Effect of planting density on agronomic traits of Strain 15

行距	株距	株高	分枝数	主茎粗	单株地上生物量
Line distance	Plant distance	Plant height/cm	Branching number	Main stem/mm	Aboveground biomass per plant/g
A1	B1	129.00 ± 2.08 b	8.00 ± 1.15 b	6.37 ± 0.62 c	39.36 ± 3.36 d
	B2	156.00 ± 15.89 ab	10.75 ± 1.44 ab	7.55 ± 0.09 bc	61.87 ± 4.42 cd
	B3	191.25 ± 15.59 a	14.25 ± 1.79 a	8.12 ± 0.69 b	91.95 ± 12.66 b
A2	B1	149.33 ± 21.98 ab	8.00 ± 1.00 b	6.59 ± 0.64 c	59.64 ± 12.75 cd
	B2	177.25 ± 9.87 ab	12.25 ± 0.25 ab	6.98 ± 0.36 bc	76.34 ± 3.22 bc
	B3	141.75 ± 13.49 ab	9.25 ± 1.03 b	6.32 ± 0.14 c	47.42 ± 5.09 d
A3	B1	147.75 ± 13.49 ab	10.00 ± 1.22 ab	7.74 ± 0.27 bc	60.92 ± 5.46 cd
	B2	158.00 ± 18.16 ab	14.25 ± 1.25 a	9.75 ± 0.48 a	122.67 ± 4.16 a
	B3	182.00 ± 3.05 a	11.33 ± 2.60 ab	7.58 ± 0.18 bc	82.07 ± 8.79 bc
行距 Line distance		0.537	0.540	1.985	2.640
株距 Plant distance		3.541	5.265 *	2.901	11.572 **
行距 × 株距 Line distance × Plant distance		2.597	2.345	2.652	7.216 **

2.3 农艺性状与产量相关性分析

由农艺性状和草产量相关性分析可知,株高、分枝数、主茎粗与鲜草及干草产量为正相关关系,其中主茎粗和单株地上生物量与鲜草及干草产量呈极显著正相关(表 4),进一步说明主茎粗壮且单

株地上生物量高有利于群体产量的提高。大豆株高、分枝数虽与鲜草及干草产量的相关性未达到显著水平,但与单株地上生物量呈极显著正相关关系,所以植株高大且分枝数较多的大豆植株其单株地上生物量也较大。

表 4 农艺性状与草产量相关性分析

Table 4 Correlation analysis between agronomic traits and grass yield

	鲜草产量 Fresh yield	干草产量 Dry yield	株高 Plant height	分枝数 Number of branches	主茎粗 Main stem	单株地上生物量 Aboveground biomass per plant
鲜草产量 Fresh yield	1					
干草产量 Dry yield	0.999 **	1				
株高 Plant height	0.183	0.202	1			
分枝数 Branching number	0.231	0.243	0.242	1		
主茎粗 Main stem	0.488 **	0.504 **	0.330 *	0.699 **	1	
单株地上生物 Aboveground biomass per plant	0.387 **	0.413 **	0.483 **	0.686 **	0.818 **	1

2.4 种植密度对品系 15 籽粒产量及单株粒重的影响

对大豆品系 15 籽粒产量及单株粒重的研究可知:行距对品系 15 的单株粒重及籽粒产量的影响并未达到显著水平,株距对单株粒重的影响达到极显著显著水平,且两者的交互效用对单株粒重有显著影响,并对籽粒产量有极显著影响(表 5)。在不同种植密度下,品系 15 的单株粒重和籽粒产量有很大

差异,A3B2 处理的单株粒重和籽粒产量最大,分别为 54.4 g 和3 033.56 kg·hm<sup>-2</sup>,且显著高于其它处理。A1B1 单株粒重显著低于其它处理,说明密度过大并不适宜于品系 15 的单株生长。籽粒产量最小的密度处理为 A2B3,而不是密度最大的 A1B1 处理,是因为 A1B1 处理单株籽粒虽少但植株数量多,所以并不是籽粒产量最小的处理。

表 5 种植密度对品系 15 籽粒产量及单株粒重的影响

Table 5 Effect of planting density on seed yield and seed weight per plant of Strain 15

行距 Line distance	株距 Plant distance	单株粒重 Seed weight per plant/g	籽粒产量 Seed yield/(kg·hm <sup>-2</sup> )
A1	B1	16.35 ± 0.29 c	2050.83 ± 66.76 bc
	B2	28.73 ± 3.94 bc	2511.76 ± 199.99 ab
	B3	39.46 ± 8.11 b	2520.83 ± 187.04 ab
A2	B1	26.54 ± 6.55 bc	2320.66 ± 266.07 b
	B2	37.17 ± 1.83 b	2478.19 ± 122.13 ab
	B3	24.46 ± 2.78 bc	1223.16 ± 139.31 d
A3	B1	28.07 ± 2.82 bc	2341.93 ± 218.02 b
	B2	54.4 ± 5.04 a	3022.56 ± 280.22 a
	B3	36.22 ± 4.00 b	1509.28 ± 166.99 cd
行距 Line distance		1.97	0.70
株距 Plant distance		6.50 **	1.92
行距 × 株距 Line distance × Plant distance		3.81 *	6.36 **

3 讨 论

3.1 种植密度对农艺性状的影响

谭娟等<sup>[14]</sup>认为种植密度对大豆产量及相关农艺性状有显著影响,王文斌等<sup>[15]</sup>研究表明,大豆株高有随着密度增加而增加的趋势。本研究结果表明:不同密度下品系 15 的株高差异并不明显,在密度最大时品系 15 的株高最小。造成此现象的原因可能是品系 15 过密种植会导致田间可利用资源不能满足植株所需,致使植株都比较矮小。同时本研究还发现种植过密处理的分枝较少。株高、分枝数、主茎粗和单株地上生物量之间有显著正相关,高密度下较低的株高和分枝数会导致单株地上生物量减小,继而影响到群体草产量。单株粒重是决定籽粒产量的重要因素,武新艳等<sup>[16]</sup>的研究表明,随着种植密度的增加,单株粒重呈下降趋势,与本研究结果相似。同时本研究还发现单株粒重大的密度处理下群体产量不一定大,因为植株数量的差距并不能被单株生产完全弥补。不同密度设置下农艺性状的表现对判断产量有一定的指导意义,因此若注重草产量要多关注与草产量相关的农艺性状,若注重籽粒产量可重点观测与之相关的农艺性状。

3.2 种植密度对产量的影响

已有研究表明,作物产量是个体和群体共同协作的结果,受多种因素综合调控,包括品种、密度、播期等<sup>[17-19]</sup>。种植密度是通过影响群体内光、温、水、热、气、肥等微环境,最终影响着群体农艺性状和产量。合理的种植密度能有效协调作物群体与个体之间矛盾,是促进个体性状与群体产量均衡发展的有效举措,更是增产保质的保证<sup>[20]</sup>。所以构建合理的群体结构对于保证大豆群体产量有着重要的意义。翟云龙等<sup>[21]</sup>研究表明,随着密度的增大,春大豆的籽粒产量呈先增后减的趋势,茎秆产量一直增加。本研究中品系 15 的籽粒产量的变化趋势基本一致,中密度的籽粒产量高,但草产量的变化趋势与翟云龙等的研究结果并不相同,具体表现为品系 15 在密度最小时(行距×株距为 60 cm×40 cm),草产量最大。可能是因为密度小时,植株数量较少,但是植株对光、水、肥等生存资源的竞争压力小,导致大豆单株高大粗壮,且过密种植处理的单株生产力极低,株数的增多并不能补偿单株生产力的减小,所以低密度条件下的草产量仍能超越高密度下的草产量。密度通过影响大豆植株生长性状、

生物量积累等进而影响到最终产量的形成,只有二者处于最佳状态,才能获得高产<sup>[22-23]</sup>。在收获对象的应用方向不同时,最适的种植密度也是不同的。本研究表明品系 15 作为牧草应用时,60 cm×40 cm 是最佳的密度设置,若品系 15 作为籽实饲料或需要繁殖种子,60 cm×30 cm 是最佳的密度设置。品系 15 的草产量和籽粒产量均在密度较小时较高,说明品系 15 在通辽地区适宜在低密度条件下种植。

4 结 论

本研究表明品系 15 在种植密度(行距×株距)为 60 cm×40 cm 时鲜草产量及干草产量最大,达 47 500和11 240 kg·hm<sup>-2</sup>。在种植密度为 60 cm×30 cm 时,品系 15 的单株粒重及籽粒产量最大,且株高较高,分枝较多,主茎较粗,单株地上生物量较大。饲用大豆品系 15 的主茎粗和单株地上生物量与鲜草产量及干草产量呈极显著正相关关系。品系 15 的干、鲜草产量及籽粒产量较低密度条件下均最高,所以适宜低密度种植。

参考文献

[1] 周芬,陈胜,李杨. 合肥市野生大豆的饲用价值研究[J]. 安徽农业科学,2014, 42(4): 1066-1067. (Zhou F, Chen S, Li Y, et al. Study on the *Glycine soja* feeding value in Hefei[J]. Journal of Anhui Agriculture Science, 2014, 42(4): 1066-1067. )

[2] 吴立新. 新型饲料源——野大豆[J]. 中国畜牧兽医文摘, 2006(4): 43. (Wu L X. New feed source-*Glycine soja*[J]. Chinese Animal Husbandry and Veterinary Abstracts, 2006(4): 43. )

[3] 张智猛,戴良香,慈敦伟,等. 种植密度和播种方式对盐碱地花生生长发育、产量及品质的影响[J]. 中国生态农业学报, 2016, 24(10): 1328-1338. (Zhang Z M, Dai L X, Ci D W, et al. Effects of planting density and sowing method on growth, development, yield and quality of peanut in saline alkali land[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2016, 24(10): 1328-1338. )

[4] 杨新田. 不同种植密度对夏大豆周豆 21 号农艺性状及产量的影响[J]. 现代农业科技, 2018(8): 10-11. (Yang X T. Effects of different planting densities on agronomic traits and yield of summer soybean Zhoudou 21 [J]. Modern Agricultural Technology, 2018(8): 10-11. )

[5] 黄天宝,吴艳,肖国滨,等. 江西红壤旱地鲜食大豆不同种植密度研究[J]. 现代农业科技, 2018(8): 7-8. (Huang T B, Wu Y, Xiao G B, et al. Study on planting density of vegetable soybeans in red soil upland of Jiangxi[J]. Modern Agricultural Technology, 2018(8): 7-8. )

[6] 张旭丽,邢宝龙,王桂梅,等. 密度对晋北区大豆农艺性状、经济性状及产量的影响[J]. 作物杂志, 2017(3): 127-131. (Zhang X L, Xing B L, Wang G M, et al. Effects of planting density on agronomic traits, economic traits and yield of soybean in

- north of Shanxi province[J]. *Crops*,2017(3): 127-131.)
- [7] 张永强,张娜,王娜,等. 种植密度对夏大豆光合特性及产量构成的影响[J]. *核农学报*,2015, 29(7): 1386-1391. (Zhang Y Q, Zhang N, Wang N, et al. Effects of plant population on photosynthetic characteristics and yield components of summer soybean [J]. *Journal of Nuclear Agricultural Sciences*, 2015, 29(7): 1386-1391.)
- [8] 张永强,张娜,王娜,等. 种植密度对北疆复播大豆光合特性及产量的影响[J]. *西北植物学报*,2015, 35(3): 571-578. (Zhang Y Q, Zhang Na, Wang N, et al. Effects of planting density on photosynthetic characteristics and yield of summer soybean in north Xinjiang [J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2015, 35(3): 571-578.)
- [9] 杜青,陈平,付智丹,等. 不同结瘤品种与根系分隔对大豆光合特性、生物量及产量的影响[J]. *大豆科学*,2016, 35(3): 428-435. (Du Q, Chen P, Fu Z D, et al. Effects of different nodulation varieties and root barriers on photosynthetic characteristics, biomass and yield of soybean [J]. *Soybean Science*,2016, 35(3): 428-435.)
- [11] 林太赞,张胜,刘伟明. 秋大豆不同播种期与种植密度对植株生长及其产量的关系模型[J]. *科技通报*,2016, 32(4): 84-86. (Lin T Y, Zhang S, Liu W M. The relationship model of sowing date and planting density on growth and yield of autumn soybean [J]. *Technology Bulletin*,2016, 32(4): 84-86.)
- [12] 邱强,石一鸣,闫晓艳,等. 不同株型大豆品种的不同种植密度对产量的影响[J]. *吉林农业科学*, 2008(3): 11-13. (Qiu Q, Shi Y M, Yan X Y, et al. Effect of different planting densities of different plant type soybeans on yield [J]. *Journal of Jilin Agricultural Sciences*,2008(3): 11-13.)
- [13] 王伟,丁桔,丁峰,等. 不同施肥水平和种植密度对‘浙鲜9号’菜用大豆产量和主要农艺性状的影响[J]. *中国农学通报*,2016, 32(3): 43-47. (Wang W, Ding J, Ding F, et al. Effects of different fertilization levels and planting densities on yield and main agronomic characters of vegetable soybean ‘Zhexian No. 9’ [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*,2016, 32(3): 43-47.)
- [14] 谭娟,吕晓丽,蔡鑫鑫,等. 不同密度和栽培方式对大豆品种黑河50产量及相关农艺性状的影响[J]. *黑龙江农业科学*, 2013(10): 20-23. (Tan J, Lyu X L, Cai X X, et al. Effects of density and cultivation method on yield and agronomic traits of soybean variety Heihe 50 [J]. *Heilongjiang Agricultural Science*,2013(10): 20-23.)
- [15] 王文斌,张力军,王昌陵. 种植密度对辽宁省主栽大豆品种主要性状及产量的影响[J]. *杂粮作物*,2009, 29(3): 212-215. (Wang W B, Zhang L B, Wang C L. Effects of planting density on main characters and yield of main soybean varieties in Liaoning province [J]. *Multigrain Crop*,2009, 29(3): 212-215.)
- [16] 武新艳,张振晓,张小虎. 种植密度对大豆产量及农艺性状的影响[J]. *农业科技通讯*,2014(4): 103-104. (Wu X Y, Zhang Z X, Zhang X H. Effects of planting density on soybean yield and agronomic traits [J]. *Agricultural Technology Communication*,2014(4): 103-104.)
- [17] 王彦丽,邱喜阳,朱云集,等. 施氮量和施氮时期对冬小麦幼穗小花发育及产量的影响[J]. *西北农业学报*,2011, 20(7): 82-87. (Wang Y L, Qiu X Y, Zhu Y J, et al. Effect of rate and period of nitrogen application on the floret development and grain yield of winter wheat [J]. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*,2011, 20(7): 82-87.)
- [18] Grassini P, Thorburn J, Burr C, et al. High-yield irrigated maize in the Western US Corn Belt: I. On-farm yield, yield potential, and impact of agronomic practices [J]. *Field Crops Research*, 2011, 120(1): 142-150.
- [19] 蒋会利. 播期密度对不同小麦品种群体茎数及产量的影响[J]. *西北农业学报*,2012, 21(6): 67-73. (Jiang H L. Effects of sowing date and density on stem number and yield of different wheat variety [J]. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 2012, 21(6): 67-73.)
- [20] 马文彬,杨淑艳,张军云,等. 不同种植密度对除虫菊产量及构成因子的影响[J]. *中国农学通报*, 2019, 35(7): 69-76. (Ma W B, Yang S Y, Zhang J Y, et al. Effects of different planting densities on yield and its component factors of pyrethrum cinerarifolium [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*,2019, 35(7): 69-76.)
- [21] 翟云龙,章建新. 种植密度对春大豆茎秆饲用营养价值的影响[J]. *安徽农业科学*,2008,36(7): 2697-2698. (Zhai Y L, Zhang J X. Study on the influence of planting density on the forage nutritive value of spring soybean stalk [J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2008,36(7): 2697-2698.)
- [22] Baloch M S, Shah I, Nadim M A, et al. Effect of seeding density and planting time on growth and yield attributes of wheat [J]. *The Journal of Animal and Plant Sciences*,2010, 20(4): 239-240.
- [23] Jahanzad E, Jorat M, Moghadam H, et al. Response of a new and a commonly grown forage sorghum cultivar to limited irrigation and planting density [J]. *Agricultural Water Management*,2013, 117: 62-69.