

养分调控与栽培模式对大豆干物质积累及产量的影响

韩利萍, 孙磊, 田静媛, 张泽钰, 邵枫, 毕诗婷, 刘元英

(东北农业大学 资源与环境学院, 黑龙江 哈尔滨 150030)

摘要: 本研究以垦农 23 为试验材料, 探讨养分调控与栽培模式对大豆干物质积累及产量的影响。采用二因素裂区试验设计, 主区为养分调控处理, 设置优化施肥(D) 和对照施肥(N) 2 个水平; 副区为栽培模式处理, 在 130 cm 的大垄上分别设置垄上 4 行、垄上 5 行和垄上 6 行 3 种模式。结果表明: 大豆生育期内叶面积指数和干物质积累过程均呈单峰曲线, 其峰值出现在结荚期至鼓粒盛期之间。鼓粒期干物质积累与产量呈极显著正相关。优化施肥(D) 处理通过提高叶面积指数和干物质积累量, 在不同栽培模式下的产量均高于对照施肥(N) 处理, 其中 D-4 比 N-4 提高 4.3%, D-5 比 N-5 提高 17.1%, D-6 比 N-6 提高 29.5%。本试验条件下, 优化施肥技术与 130 cm 垄上 6 行栽培模式, 在 34 万株·hm⁻² 的种植密度下是当地大豆高产优质合理种植模式。

关键词: 大豆; 养分调控; 栽培模式; 干物质积累; 产量

中图分类号: S565.1

文献标识码: A

DOI: 10.11861/j.issn.1000-9841.2016.04.0593

Effects of Cultivation Patterns and Nutrient Regulation on Dry Matter Accumulation and Yield in Soybean

HAN Li-ping, SUN Lei, TIAN Jing-xuan, ZHANG Ze-yu, TAI Feng, BI Shi-ting, LIU Yuan-ying

(College of Resources and Environmental Science, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

Abstract: In order to study the effects of cultivation patterns and nutrient regulation on dry matter accumulation and yield of soybean, the plot experiment was conducted with Kennong 23. The optimized fertilization(D) and compared fertilization(control, N) were the main plots, while cultivation patterns treatments, 4, 5 lines and 6 lines on the ridge of 130 cm in width, were the secondary plots. The results showed that dry matter accumulation of the whole plant followed a single peak curve and the peak appeared from pod stage to seed filling stage. Seed yield was positively correlated with the dry matter accumulation in the seed filling stage. The treatment with optimized fertilization(D) had higher leaf area index and dry matter accumulation than control. Compared with the control(N), the yield of D-4 increased by 4.3%, D-5 increased by 17.1% and D-6 increased by 29.5%. The treatment with the density of 340 000 plants·ha⁻¹ combined with optimized fertilization and 6 lines on the 130 cm ridge was the most reasonable planting pattern for high yield and good quality for local soybean production.

Keywords: Soybean; Nutrient regulation; Cultivation patterns; Dry matter accumulation; Yield

黑龙江省垦区土壤类型多样,大豆栽培主要集中在白浆土上,而白浆土因其土层浅,养分和水分的库容量极小,表现为既不抗旱又不抗涝,属于低产土壤。配套栽培措施为大垄密植+矮秆型主茎结荚品种。为实施大豆振兴计划,黑龙江省 852 农场选用大豆品种垦农 23 作为攻关品种,采用大垄密植,实现了大豆的增产,与常规的三垄栽培方式相比,大垄密增产率高达 20% 以上^[1]。垦农 23 土壤肥沃宜稀植,土壤瘠薄宜密植,保苗数 25 万~32 万株·hm⁻²。大垄密种植条件下通过增加种植密度,使植株在垄上的分布更加合理,并且通过垄作保持地温,改善土壤的透气性,有利于根系深扎,对于抵御黑龙江省春旱现象具有重要意义^[2]。研究表明,前期施用少量启动氮肥,后期再施用适量的氮肥,有利于提高大豆产量^[3-4],但在大规模生产中难以

避免由追肥所造成的落花、落荚。从这一点上讲,施用缓释氮肥可能比追肥效果更好^[5]。通过对试验区样品测试发现,土壤存在轻度酸化趋势,对微量元素测定发现,土壤中中度缺锌。因此,本研究以大豆品种垦农 23 为试验材料,大田栽培条件为基础,采用优化施肥处理,即以缓释氮肥为核心且在施肥过程中有针对性地添加部分碱性肥料和微量元素肥料,改善土壤条件,探讨大豆栽培模式和养分管理配套措施效果,为大豆的优质高产、合理密植提供理论和实践依据。

1 材料与方法

1.1 材料

试验于 2014 年在黑龙江农垦总局红兴隆管局 852 农场进行,该地区位于三江平原中南部(E132°

收稿日期: 2016-04-01

基金项目: 国家“十二五”科技支撑计划(2013BAD20B04)。

第一作者简介: 韩利萍(1989-),女,硕士,主要从事作物养分调控研究。E-mail: hlp0609@163.com。

通讯作者: 孙磊(1974-),女,副教授,主要从事作物养分调控研究。E-mail: sunleilee@163.com。

18'~132°54', N46°06'30"~46°37'30") 地处中纬度大陆性季风气候区,冬季严寒,夏季炎热,四季分明,雨热同期,常年以偏西风为主。全年平均气温 3.6℃,平均降水量 525 mm。全年日照数为 2 276.9 h,年平均无霜期 133 d。前茬作物为玉米。试验所用土壤为白浆土,有机质含量为 30.47 g·kg⁻¹,全氮 1.57 g·kg⁻¹,碱解氮 121.45 mg·kg⁻¹,速效磷 23.37 mg·kg⁻¹,速效钾 104.43 mg·kg⁻¹,缓效钾 239.62 mg·kg⁻¹,有效锌 0.78 mg·kg⁻¹,pH5.93。供试大豆品种为垦农 23(中熟品种,株高 80 cm,亚有限结荚习性)。供试肥料为:缓释尿素 I(N 44%),缓释尿素 II(N 46.2%),二铵(N 16.6%,P₂O₅ 46.7%),氯化钾(K₂O 60%),钙镁磷肥(Ca 12%,Mg 18%,P₂O₅ 15%),硫酸锌(Zn 3.0%)。

1.2 试验设计

试验采用二因素裂区设计,主区为养分调控,设置优化施肥(D)和对照施肥(N)2个水平,各处理氮肥均为缓释尿素与普通尿素混施,其中D处理采用配方缓释尿素I,N处理采用农场自购缓释尿素II(两种施肥方式都采用了缓释尿素,但是由于缓释期的不同以及缓释尿素与普通尿素的比例不同,不同施肥措施在大豆不同生育时期氮的供应强度不同。优化施肥技术通过调整不同生育时期的养分供应强度,合理分配各生育时期的养分供应);副区为栽培模式,垄宽 130 cm 的基础上,分别设置垄上 4 行(密度 30 万株·hm⁻²)、垄上 5 行(密度 32 万株·hm⁻²)、垄上 6 行(密度 34 万株·hm⁻²) 3 种模式(表 1),共设 6 个处理,分别记为 D-4、D-5、D-6、N-4、N-5、N-6,3 次重复。采用随机区组排列,各处理面积均为 0.67 hm²,所有肥料在播种时作底肥一次性施入,各处理所用肥料种类及用量见表 2。

播种前,为预防地下害虫和大豆根腐病,用大豆专用拌种剂进行拌种,自然晾干后播种。5月21日机械播种,田间管理同常规大田。

表 1 试验处理栽培模式

Table 1 The cultivation patterns of the experiment

处理 Treatment	密度 Density /plant·hm ⁻²	栽培模式 Cultivation patterns	垄宽 Ridge width/cm
D-4	30	垄上 4 行	130
D-5	32	垄上 5 行	130
D-6	34	垄上 6 行	130
N-4	30	垄上 4 行	130
N-5	32	垄上 5 行	130
N-6	34	垄上 6 行	130

表 2 养分施用量

Table 2 Nutrient application rate/kg·hm⁻²

处理 Treatment	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	Zn
D-4	54	60	60	14	18	1
D-5	54	60	60	14	18	1
D-6	54	60	60	14	18	1
N-4	55	70	30	-	-	-
N-5	55	70	30	-	-	-
N-6	55	70	30	-	-	-

1.3 测定项目与方法

分别于 R2、R4、R6 和 R8 期取样,每个处理选取长势一致、具代表性植株 4 株,3 次重复,带土取出。将植株的茎、叶柄、叶、荚果分开,清洗擦干,称取各器官鲜重后,于 85℃ 杀青 30 min,70℃ 烘干至恒重后称取各器官的干物重。

R8 期在每个处理平行 2 垄取 5 个点,每个点取 2 m² 进行考种测产,调查大豆植株的自然株高、底荚高度、第一节间长、第二节间长、总株节数、有效株节数、结荚数、有效结荚数、瘪荚数、株粒数、测定百粒重等。

叶面积测定,分别在 R2、R4、R6 期采用打孔器法测定叶面积。

叶面积指数 = 单位土地上的总叶面积 / 单位土地面积。

1.4 数据分析

采用 Excel 2003 和 SPSS 19.0 进行数据处理和统计分析。

2 结果与分析

2.1 养分调控与栽培模式对大豆叶面积指数的影响

叶面积指数是群体的总绿叶面积与该群体所占据的土地面积的比值,其大小和变化动态与籽粒产量的高低有密切关系^[6]。如图 1 所示,整个生育期内大豆叶面积指数呈单峰曲线变化,R2~R4 期是叶面积指数增长较快时期,至 R4 期达到最大值,且优化施肥处理叶面积指数显著高于对照,其中 D-5 比 N-5 提高 17.2%,D-6 比 N-6 提高 23.4%,处理间差异显著(P<0.05)。同一施肥水平下,叶面积指数随种植密度的增加而增加,表现为垄上 6 行(密度 34 万株·hm⁻²)>垄上 5 行(密度 32 万株·hm⁻²)>垄上 4 行(密度 30 万株·hm⁻²)。R6 期是大豆籽粒建成与充实的关键时期,此时期保持较高的叶面积指数是大豆高产的保证。同一施肥水平条件下,种植密度越高,叶面积指数降低越小,表现为垄上 6 行(密

度 34 万株·hm⁻²) > 垄上 5 行(密度 32 万株·hm⁻²) > 垄上 4 行(密度 30 万株·hm⁻²) ; 同一栽培模式下, 优化施肥处理的叶面积指数显著高于对照施肥处理, 其中 D-4 比 N-4 提高 12.9% ,D-5 比 N-5 提高 37.2% ,D-6 比 N-6 提高 58.8% ,处理间差异显著

(*P* < 0.05)。优化施肥在密度 > 32 万株·hm⁻² 时叶面积指数始终保持较高水平, 说明该调控方式延长了大豆叶片的功能期并增加了功能叶片的数量, 有利于光合产物的积累, 且随着种植密度的增加, 效果更为明显。

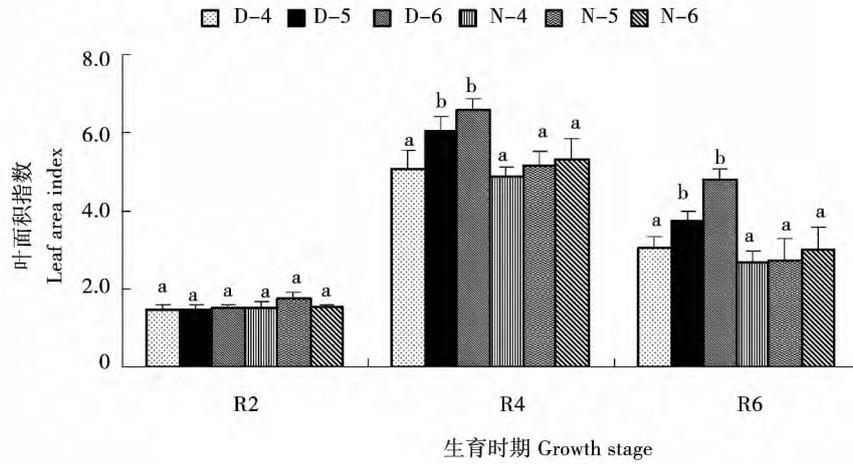


图 1 养分调控与栽培模式对大豆叶面积指数的影响

Fig. 1 Effects of cultivation patterns and nutrient regulation on LAI of soybean

2.2 全株干物质积累量的动态变化

生物产量是获得经济产量的基础, 大豆干物质积累水平决定最终籽粒产量的高低^[7]。大豆全株干物质积累动态变化呈典型的“S”型曲线^[8](图 2) 并在 R6 期达到最大值。同一施肥水平下, 干物质积累量随种植密度的增加而增加。同一栽培模式下, 优化施肥处理的干物质积累量自 R6 期开始显著高于对照施肥处理, D-4 比 N-4 提高了 28.3% (R6 期) 和 90% (R8 期); D-5 比 N-5 提高了 37.2%

(R6 期) 和 16% (R8 期); D-6 比 N-6 提高 7.6% (R6 期) 和 43.1% (R8 期), 各处理间差异达到显著水平(*P* < 0.05)。在养分调控与栽培模式交互作用下, 优化施肥 + 垄上 6 行 (D-6) 栽培模式干物质积累量始终保持较高水平, 这说明通过调整不同生育时期的养分供应数量, 保证大豆生长后期对养分的需求, 有利于防止大豆植株早衰, 保持较高的生物产量, 为获得大豆高产提供物质基础。

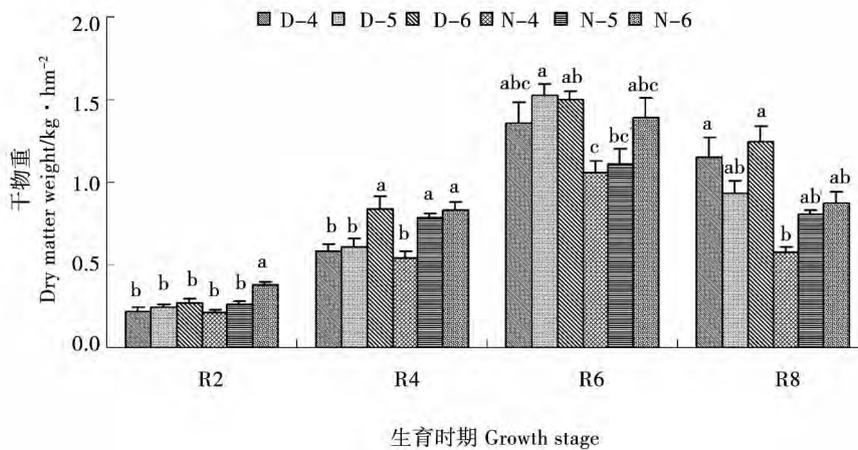


图 2 不同生育时期全株干物质积累动态

Fig. 2 Dynamic accumulation of dry matter for whole plant at different growth stages

2.3 养分调控与栽培模式对大豆全株干物质分配比例的影响

干物质在营养器官与收获器官间的运转和分配与产量密切相关。由表 3 可见, R2 ~ R4 期茎叶

等营养器官是主要的干物质分配器官, 同一施肥水平下茎叶干物质分配比例随种植密度的增加而增加, 表现为垄上 6 行(密度 34 万株·hm⁻²) > 垄上 5 行(密度 32 万株·hm⁻²) > 垄上 4 行(密度 30 万株·hm⁻²)。

随着生育时期的推进,茎叶所占比例减少,荚皮和籽粒所占比例逐渐提升,干物质分配中心转移到荚果上,至 R8 期籽粒中干物质分配比例占全株干物重的 50%~60%。同一栽培模式下,优化施肥处理籽粒的干物质分配比例显著高于对照,其中 D-4 比 N-4 提高 13.5% (R6 期) 和 8.9% (R8 期),D-5 比

N-5 提高 17%,D-6 比 N-6 提高 10.8% (R6 期) 和 19% (R8 期),处理间差异显著 ($P < 0.05$)。在养分调控与栽培模式交互作用下,优化施肥+垄上 6 行 (D-6) 栽培模式籽粒干物质分配比例始终保持较高水平,说明通过养分调控促进了营养器官中的干物质向籽粒中转移。

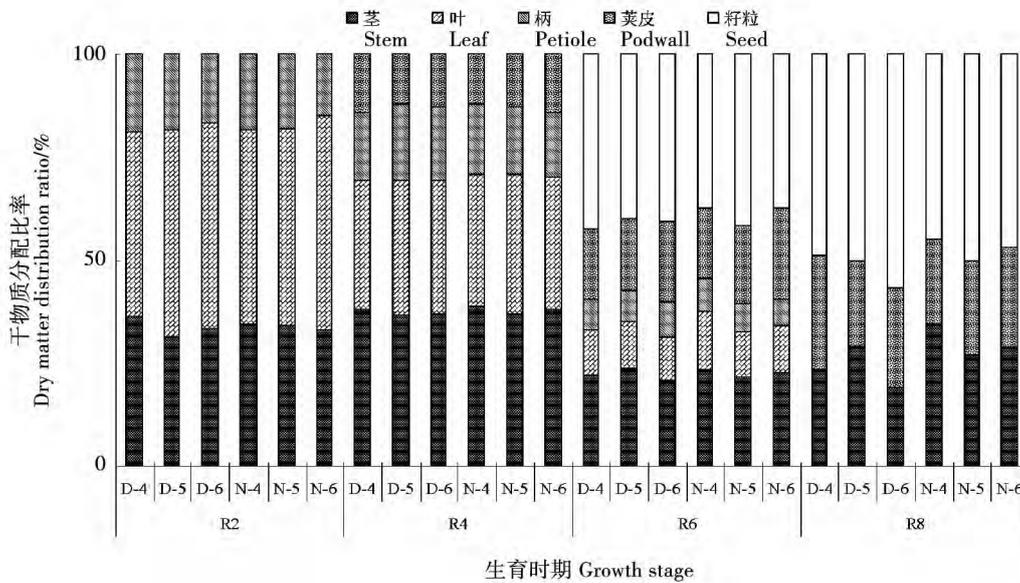


图 3 大豆各器官干物质分配比例

Fig. 3 Dry matter distribution ratio of different organs

2.4 养分调控与栽培模式对大豆产量构成因子的影响

采用 LSD 法检验处理间差异程度(表 3),同一施肥水平下,随着种植密度的增加,单株荚数、单株粒数逐渐减少,但百粒重在两种施肥模式下,均在 32 万株·hm⁻² 密度时达到最高值。优化施肥处理下产量随密度的增加而升高,即垄上 6 行(34 万株·hm⁻²) > 垄上 5 行(32 万株·hm⁻²) > 垄上 4 行(30 万株·hm⁻²)。对

照施肥处理下表现为产量随密度的升高而下降,即垄上 6 行(34 万株·hm⁻²) < 垄上 5 行(32 万株·hm⁻²) < 垄上 4 行(30 万株·hm⁻²)。同一栽培模式下,优化施肥(D)的产量均高于对照(N),但增产比例不同,其中 D-4 比 N-4 处提高 4.3%,D-5 比 N-5 提高 17.1%,D-6 比 N-6 提高 29.5%,D-6 和 N-6 处理间达到 5% 差异显著水平。

表 3 养分调控与栽培模式对大豆产量构成因子的影响

Table 3 Effects of cultivation patterns and nutrients regulation on yield components of soybean (n=3)

处理 Treatment	密度 Density 1.0 × 10 ⁴ /plant·hm ⁻²	单株荚数 Pods per plant	单株粒数 Seeds per plant	百粒重 100-seed weight/g	产量 Yield /t·hm ⁻²	增产率 Yield increased rate/%
D-4	30	31.64 a	74.86 a	16.62 b	3.67 bc	4.3
D-5	32	31.68 a	69.13 a	16.99 ab	3.70 ab	17.1
D-6	34	24.35 c	55.50 b	16.64 ab	3.95 ab	29.5
N-4	30	31.05 ab	70.65 a	16.25 ab	3.52 bc	-
N-5	32	28.54 abc	62.17 ab	16.51 a	3.16 c	-
N-6	34	26.24 bc	52.15 b	16.29 b	3.05 c	-

同列数据小写字母不同者表示在 0.05 水平上显著。

Different lowercase letters with in the same column indicate the significant difference at $P < 0.05$ level.

3 讨 论

大豆生产中合理的群体结构是提高大豆产量的基础,栽培模式和施肥技术的合理搭配是调节群体结构的重要措施。合理的种植密度能较好地协调个体与群体间的矛盾,密度增加,单株产量下降,但如能充分发挥个体和群体的生产潜力,适当增加密度仍是提高大豆产量的有效措施^[9]。植物地上部 90%~95% 的干物质来源于光合作用^[10],种植密度通过影响群体内光、温、水、热、气、肥等微环境最终影响大豆群体叶面积指数来影响群体的干物质积累和最终的产量形成^[11-14],在一定密度范围内叶面积指数和干物质积累量随着密度的增加而增加^[15-17]。结荚至鼓粒期是大豆光合产物积累及籽粒形成的关键时期,此时期保持较大的叶面积指数有利于干物质积累与产量的形成^[18-20],但是叶面积指数也不是越大越好,植株过于繁茂,会影响后期干物质向籽粒转移,不利于产量的形成^[21]。研究发现不同株行距配置会改变个体的局部生境,进而使植株个体形态发生变化。密度与行株距配置能够显著影响大豆产量,主要是由于缩小行距,扩大株距使植株分布更均匀合理,有利于改善单株生育状况,提高单株生产力^[22]。本试验中通过设置不同的栽培模式,即不同行距配置,使群体分布更加合理,生长过程中截获更多的光能,进而提高大豆叶面积指数,提高大豆全株干物质积累量。优化施肥与常规施肥相比,延长了氮素的供应时间,保证了生育期内充足的氮素供应^[23]。不同的施肥水平和种植密度主要是通过影响单株有效荚数,进而影响大豆产量^[24]。优化施肥通过施用缓释氮肥控制大豆前期氮素供应,增加了开花后氮的供应量,保证大豆生育后期氮素供应充足;通过调整钾肥用量,促进了籽粒充实,增加了百粒重;通过施用钙镁肥,调节土壤 pH,提高土壤养分有效性;通过施用微量元素,消除了养分限制因子,因而最终获得较高的产量,且随着密度的增加,调节效果越显著。

4 结 论

本试验结果显示,R6 期,D-6 较 N-6 的叶面积指数提高 58.8%,干物质积累量提高 7.6%,R8 期干物质积累量提高 43.1%,最终产量提高 29.5%。随种植密度增加,单株的荚数、粒数和粒重逐渐减少。同一施肥水平下,优化施肥处理表现为产量随着密度的升高而升高,对照施肥处理表现为产量随着密度的升高而降低。大豆品种垦农 23,垄三栽培条件下保苗 25 万~32 万株·hm⁻²,本试验中采用大垄

密种植方式,适当增加种植密度,使植株分布更均匀,克服了三垄栽培植株分布不匀的缺点,个体与群体生长更为协调,优化施肥处理下产量相应增加。但常规施肥处理随着密度增加,产量出现下降趋势。大豆 130 cm 垄上 6 行密植栽培由于增加了保苗株数而增加了产量^[25]。本研究结果表明,在适当增加种植密度条件下即 34 万株·hm⁻² 的种植密度下,采用优化施肥与垄上 6 行栽培模式适于当地的高产优质栽培模式。但由于大豆产量受土壤类型、种植密度、施肥及品种等因素的影响,合理的密度范围内,产量会随密度的增加而增加,但是密度过大,产量和品质反而会下降,大豆品种垦农 23 适宜的最大种植密度还有待于进一步深入具体的研究。

参考文献

- [1] 史坚,马学涛,万学臣. 黑龙江农垦系统规模化大豆栽培技术和管理模式[J]. 大豆科技,2009(5): 1-3. (Shi J, Ma X T, Wan X C. Soybean cultivation technology and management patterns in Heilongjiang agricultural reclamation[J]. Soybean Science and Technology, 2009(5): 1-3.)
- [2] 丁乔,杨广林,杨悦乾,等. 大豆窄行平播密植栽培模式及配套机器系统的研究[J]. 东北农业大学学报,2005,36(2): 222-224. (Ding Q, Yang G L, Yang Y Q, et al. Research on narrow path horizontal seed close planting mode and whole mechanize production system of soybean[J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2005, 36(2): 222-224.)
- [3] Gan Y B, Stulen I, Posthumus F, et al. Effects of N management on growth, N₂ fixation and yield of soybean[J]. Nutrient Cycling in Agro-Ecosystems, 2002, 62: 163-174.
- [4] 孙文相,张明聪,刘元英,等. 启动氮加追氮对不同密度大豆氮素吸收的影响[J]. 大豆科学,2013,32(4): 506-511. (Sun W X, Zhang M C, Liu Y Y, et al. Effects of starter-N plus top-dressing N on nitrogen absorption of soybean plants under different densities[J]. Soybean Science, 2013, 32(4): 506-511.)
- [5] 刘学生,田艳洪,张文钊,等. 硫包膜尿素对大豆干物质积累及产量的影响[J]. 东北农业大学学报,2010,41(3): 17-20. (Liu X S, Tian Y H, Zhang W Z. Effects of sulfur-coated urea on dry matter accumulation and yield of soybean[J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2010, 41(3): 17-20.)
- [6] 韩锋,凌以禄,诸培新. 大豆干物质积累动态及其与产量的关系[J]. 江苏农业科学,1990(4): 14-17. (Han F, Ling Y L, Zhu P X. Relationship of dry matter accumulation dynamic and yield in soybean[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 1990(4): 14-17.)
- [7] 董钻. 大豆产量生理[M]. 北京: 中国农业出版社,2012: 56-57. (Dong Z. Soybean yield and physiological[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2012: 56-57.)
- [8] Hanway J J, Weber C R. Dry matter accumulation in eight soybean varieties[J]. Agronomic Journal, 1997, 63: 227-230.
- [9] 王程,刘兵,金剑,等. 密度对大豆农艺性状及产量构成因素

- 空间分布特征的影响[J]. 大豆科学, 2008, 27(6): 936-942. (Wang C, Liu B, Jin J, et al. Influences of planting density on agronomic traits and spatial distribution of yield components across main stem in soybean[J]. Soybean Science, 2008, 27(6): 936-942.)
- [10] Speech J E, Hume D J, Koumanidis S V. Soybean yield potential agented and physiological perspective [J]. Crop Science, 1999, 39: 1560-1570.
- [11] 付春旭. 种植密度对绥农 22 大豆产量及品质影响的研究[J]. 黑龙江农业科学, 2011(7): 29-32. (Fu C X. Research of planting density on yield and quality of Suinong 22 [J]. Heilongjiang Agricultural Sciences, 2011(7): 29-32.)
- [12] 陈海山, 姜忠君. 不同栽培密度对高蛋白大豆黑农 48 产量的影响[J]. 大豆科技, 2008(8): 15-17. (Chen H S, Jing Z J. Effect of different planting density on the high protein and yield in soybean Pinong 48 [J]. Soybean Science and Technology, 2008(8): 15-17.)
- [13] 杜长玉, 胡兴国, 何忠仁, 等. 不同密度对大豆产量和生理指标影响的研究[J]. 内蒙古农业科技, 2006(2): 35-36. (Du C Y, Hu X G, He Z R, et al. Different densities and physiological indicators of the impact on the soybean yield [J]. Inner Mongolia Agricultural Science and Technology, 2006(2): 35-36.)
- [14] 章建新, 王红波, 张佩玲, 等. 密度对覆膜菜用大豆干物质积累及产量的影响[J]. 大豆科学, 2008, 27(3): 402-408. (Zhang J X, Wang H B, Zhang P L, et al. Effect of plant density on dry matter accumulation and yield of vegetable soybean with film mulching [J]. Soybean Science, 2008, 27(3): 402-408.)
- [15] 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. (Liu L J, Zu W, Zhang R Z. Dry matter accumulation of soybean under the condition of war-row row solid-seeding [J]. Journal of North-east Agricultural University, 2000, 31(1): 26-31.)
- [16] 刘玉平, 李瑞平, 李志刚. 栽培模式与密度对大豆冠层结构及产量的影响[J]. 大豆科学, 2010, 29(5): 796-803. (Liu Y P, Li R P, Li Z G. Effects of cultivation patterns and density on canopy structure and yield of soybean [J]. Soybean Science, 2010, 29(5): 796-803.)
- [17] 章建新, 薛丽华, 邢永峰, 等. 大豆粒、荚物质积累分配规律研究[J]. 新疆农业大学学报, 2008, 31(1): 22-24. (Zhang J X, Xue L H, Xing Y F, et al. Study on regulation of accumulation and distribution of seed and pod of soybean [J]. Journal of Xinjiang Agricultural University, 2008, 31(1): 22-24.)
- [18] 曹金峰, 赵双进, 卢思慧, 等. 大豆不同群体叶面积指数及干物质积累与产量的关系[J]. 河北农业科学, 2009, 13(5): 1-3. (Cao J F, Zhao S J, Lu S H, et al. Dry matter accumulation and yield under the different groups of soybean leaf area index [J]. Hebei Agricultural Sciences, 2009, 13(5): 1-3.)
- [19] Board J E. Soybean cultivar differences on light interception and leaf area index during seed filling [J]. Agronomy Journal, 2004, 96: 305-310.
- [20] 张晓艳, 杜吉到, 郑殿峰, 等. 密度对大豆群体叶面积指数及干物质积累分配的影响[J]. 大豆科学, 2011, 30(1): 96-100. (Zhang X Y, Du J D, Zheng D F, et al. Effect of density on leaf area index, dry matter accumulation and distribution in soybean population [J]. Soybean Science, 2011, 30(1): 96-100.)
- [21] 陈艳秋, 宋书宏, 张立军, 等. 夏播菜用大豆生长动态及干物质积累分配的研究[J]. 大豆科学, 2009, 28(3): 468-471. (Chen Y Q, Song S H, Zhang L J, et al. Growth tendency, dry matter accumulation and distribution of summer sowing vegetable soybean [J]. Soybean Science, 2009, 28(3): 468-471.)
- [22] 周勋波, 杨国敏, 孙淑娟, 等. 不同株行距配置对夏大豆群体结构及光截获的影响[J]. 生态学报, 2010, 30(3): 691-697. (Zhou X B, Yang G M, Sun S J, et al. Effect of different plant-row spacing on population structure and PAR interception in summer soybean [J]. Acta Ecologica Sinica, 2010, 30(3): 691-697.)
- [23] 付长峰, 孙超, 董彦明. 养分调控对大豆氮磷钾吸收及产量的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2011(10): 33-35. (Fu C F, Sun C, Dong Y M. Effects of nutrient management on NPK uptake and yield of soybean [J]. Heilongjiang Agricultural Sciences, 2011(10): 33-35.)
- [24] 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 9’ [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2016, 32(3): 43-47.)
- [25] 尹晓娟, 吴显峰, 边辉. 大豆 130 cm 大垄高台密植试验研究[J]. 现代农业科技, 2010(19): 57-58. (Yin X J, Wu X F, Bian H. Experimental study on high ridge planting soybean 130 cm wide [J]. Modern Agriculture Science Technology, 2010(19): 57-58.)