

栽培措施对高油大豆光合生理及产量的影响

朱洪德¹,冯丽娟²,于洪久³,王春凤¹,宋伟¹,刘敏¹,高中利¹
(¹黑龙江八一农垦大学植物科技学院,黑龙江 大庆 163319; ²黑龙江垦丰种业有限公司,黑龙江 哈尔滨 150088; ³黑龙江省农科院农村能源研究所,黑龙江 哈尔滨 150086)

摘要:采用 4 因素 4 水平正交试验,研究了品种、密度、施肥水平、播期对高油大豆光合生理及产量的影响。结果表明:品种、密度、施肥水平、播期 4 因素通过影响高油大豆的叶面积指数、光合势、叶绿素含量的动态变化,进而影响高油大豆的产量。其中叶面积指数和光合势随着密度和施肥水平的升高呈上升趋势,随着播期的延迟而下降,而叶绿素含量则随着密度的升高而降低,但随着施肥水平的升高和播期的延迟呈上升趋势;施肥水平对高油大豆的产量影响最大,其中农大 15751 在 5 月 3 日播种,施肥量为 300 kg·hm⁻²,密度为 45×10⁴ plants·hm⁻² 时产量最高,达 3788 kg·hm⁻²。
关键词:高油大豆;密度;施肥水平;播期;产量
中图分类号:S565.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-9841(2008)06-0966-07

Effect of Cultivation Practice on Photosynthetic Physiology and Yield of High-Oil Soybean

ZHU Hong-de¹, FENG Li-juan², YU Hong-jiu³, WANG Chun-feng¹, SONG Wei¹, LIU Min¹, GAO Zhong-li¹
(¹Heilongjiang August First Land Reclamation University, Daqing 163319; ²Heilongjiang Ken Feng Seed Co., Ltd, Harbin 150088; ³The Energy Resources Institute of Country of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, Heilongjiang, China)

Abstract: The effect of variety, planting density, fertilizer level and sowing date on photosynthetic physiology and yield of high-oil soybean was studied by field experiment. Results showed variety, density, fertilizer level and sowing date affected the yield of high-oil soybean by influencing the dynamics leaf area index (LAI), leaf area duration (LAD) and chlorophyll content. LAI and LAD showed increase trend with increasing of density and fertilizer, while showed decrease trend with the delaying of sowing date. Chlorophyll content decreased with the increasing of density, while increased with the increasing of fertilizer and the delaying of sowing date. Among the four factors, fertilizer levels affected the yield of high-oil soybean greatly. For example, Nongda 15751 got highest yield of 3788 kg·ha⁻¹ when planted on May 3 with the fertilizer level of 300 kg·ha⁻¹ at the planting density of 45×10⁴ plants·ha⁻¹.
Key words: High-oil soybean; Planting density; Fertilizer level; Sowing date; Yield

作物生产的实质是光能驱动的一种生产体系。产量的影响,明确最佳因子组合,为高油大豆优质高产栽培及配套技术体系提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计
试验于 2006 年在黑龙江八一农垦大学密山校区试验田进行,土质为白浆土,耕层 0~20 cm 有机质含量为 1.94%,碱解氮 122.5 mg·kg⁻¹,有效磷 21.76 mg·kg⁻¹,速效钾 110.0 mg·kg⁻¹, pH5.96。采用 L₁₆

(4⁵) 正交表设计,取 4 个因素,分别为密度(A)、施肥水平(B)、品种(C)、播期(D),每个因素设 4 个水平,共 16 个处理,处理组合及因素水平见表 1,每个处理 3 次重复,小区按随机区组排列,3 行区,行长 10 m,垄距 45 cm,小区面积为 13.5 m²,以生产上大豆田常用的三种肥料(尿素、磷酸二铵、氯化钾)作为参试肥料,N:P₂O₅:K₂O = 1:2:0.5,生育期内田间管理与常规生产田相同,成熟后小区实收测产。

表 1 试验设计
Table 1 Trial design

处理 Treatment	密度 Density/ $\times 10^4$ plants \cdot hm ⁻²	施肥水平 Fertilizer level/kg \cdot hm ⁻²	品种 Variety	播期 Sowing date/m \cdot d
1	45(A1)	300(B1)	农大 15751 Nongda 15751(C1)	5.3(D1)
2	45(A1)	225(B2)	农大 25898 Nongda 25898(C2)	5.10(D2)
3	45(A1)	150(B3)	农大 15067 Nongda 15067(C3)	5.17(D3)
4	45(A1)	75(B4)	农大 96065 Nongda 96065(C4)	5.24(D4)
5	37.5(A2)	300(B1)	农大 25898 Nongda 25898(C2)	5.17(D3)
6	37.5(A2)	225(B2)	农大 15751 Nongda 15751(C1)	5.24(D4)
7	37.5(A2)	150(B3)	农大 96065 Nongda 96065(C4)	5.3(D1)
8	37.5(A2)	75(B4)	农大 15067 Nongda 15067(C3)	5.10(D2)
9	30(A3)	300(B1)	农大 15067 Nongda 15067(C3)	5.24(D4)
10	30(A3)	225(B2)	农大 96065 Nongda 96065(C4)	5.17(D3)
11	30(A3)	150(B3)	农大 15751 Nongda 15751(C1)	5.10(D2)
12	30(A3)	75(B4)	农大 25898 Nongda 25898(C2)	5.3(D1)
13	22.5(A4)	300(B1)	农大 96065 Nongda 96065(C4)	5.10(D2)
14	22.5(A4)	225(B2)	农大 15067 Nongda 15067(C3)	5.3(D1)
15	22.5(A4)	150(B3)	农大 25898 Nongda 25898(C2)	5.24(D4)
16	22.5(A4)	75(B4)	农大 15751 Nongda 15751(C1)	5.17(D3)

1.2 测定项目与方法

分别于 R1、R2、R3、R4、R5 和 R6 进行田间测定。叶绿素测定时间在上午 9:00 ~ 11:00,使用 SPAD-502 叶绿素仪进行测定,测定叶位选取主茎最上位第 3 ~ 4 片完全展开叶,叶片被测部位均在叶片的基部最宽处,并且避开中脉,相同叶位叶片各测定项目重复 3 次,以叶绿素含量的相对值(SPAD 值)表示。叶面积指数及光合势均由测得的叶面积换算得出,即用直尺量出各片叶(15 片)的叶宽(x,即叶片上与主脉垂直方向上的最宽处),再将各片叶(15 片)用经典的方格法^[7]测得出叶面积(Y),代入回归方程^[8] $Y = a + b(x)^2$,求得截距 a 和回归系数 b,从而建立测定相应叶面积的回归方程,将测得的植株各片叶的叶宽代入回归方程求得全株叶面积。

2 结果与分析

2.1 高油大豆光合生理指标分析

2.1.1 叶面积指数(LAI)的动态变化 叶面积指数是指某一生育时期绿叶面积占土地面积的比率,

是源的主要特征。适宜的叶面积指数动态是大豆高产稳产的主要生理基础^[9]。由图 1 可见,在密度效应下,R1 ~ R6 各处理的平均叶面积指数为 A1 > A2 > A3 > A4,且 R3 期之前增长速度比较快,R3 期以后 A1 处理平均叶面积指数迅速下降,而 A2、A3、A4 处理随着密度的降低逐渐趋于平缓下降趋势;由图 2 可见,在施肥水平效应下,各处理的平均叶面积指数变化趋势较为一致,即 B1 > B2 > B3 > B4,说明高肥有利于叶面积指数的提高;由图 3 可见,品种效应中以 C1 处理即农大 15751 各时期的平均叶面积指

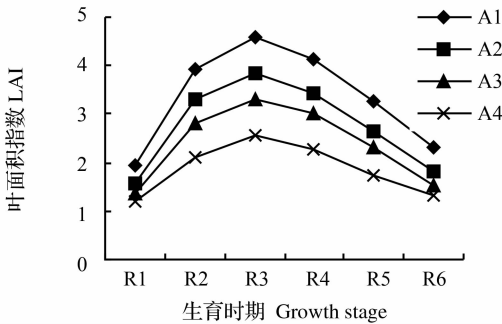


图 1 不同密度下叶面积指数的动态变化
Fig. 1 LAI dynamics under different densities

数最高,其次为 C2、C4 和 C3 处理即农大 25898、农大 96065 和农大 15067;由图 4 可见,在播期效应下,随着播期的延迟,各处理叶面积指数呈下降趋势,其中 D1 处理各时期叶面积指数最高,并且在 R3 ~ R4 期明显高于其它处理,说明适时早播可促进植株营养生长,从而提高结荚期叶面积指数的积累,利于大豆的鼓粒灌浆。

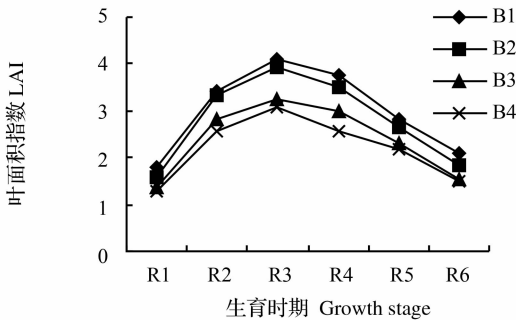


图 2 不同施肥水平下叶面积指数的动态变化
Fig. 2 LAI dynamics under different fertilizer levels

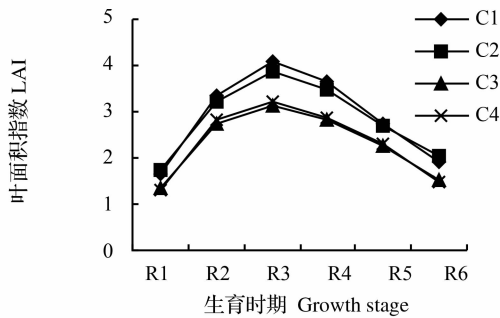


图 3 不同品种叶面积指数的动态变化
Fig. 3 LAI dynamics under different varieties

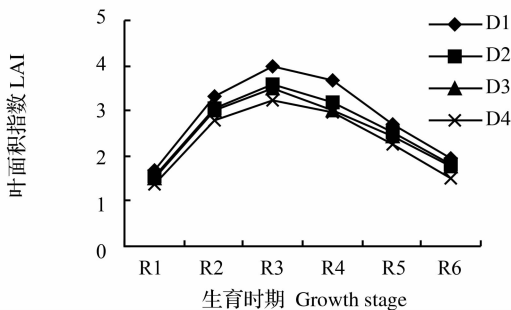


图 4 不同播期下叶面积指数的动态变化
Fig. 4 LAI dynamics under different sowing dates

2.1.2 光合势(LAD)的动态变化 不同因素效应下,大豆全生育期光合势的动态变化(图 5、6、7、8)。光合势是表示群体光合性能的重要参数,在一定范围内,大豆群体的总光合势越大,说明光合面积和光合时间越长,因而群体干物质积累量也越多,经济产

量也越高。由图 5、6、7、8 可见,不同因素效应处理下,大豆全生育期群体的光合势均呈低-高-低的单峰曲线变化,各处理的峰值均出现在结荚至鼓粒期。在密度效应下, A1 > A2 > A3 > A4,表明低密度群体不存在个体间激烈竞争,但由于个体数量过少,群体叶面积小,光合面积小,因此各生育阶段光合势均小;而高密度处理下群体的总光合势则比较大,其干物质积累量增加,促进经济产量的提高。在施肥水平效应下, B1 > B2 > B3 > B4,说明,适量的增加施肥量可促进大豆营养生长和生殖生长,有利于光合产物的形成和积累,是大豆取得高产和优质的前提条件;施肥量不足,总光合势与峰值明显降低,使光合产物积累减少,经济产量降低。在品种效应中,以 C1 即农大 15751 的总光合势最大,峰值最高;其次是 C2 和 C4 即农大 25898 和农大 96065;C3 即农大 15067 最低。在播期效应下, D1 > D2 > D3 > D4,说明适时早播有利于总光合势的积累和各生育阶段光合势的提高。

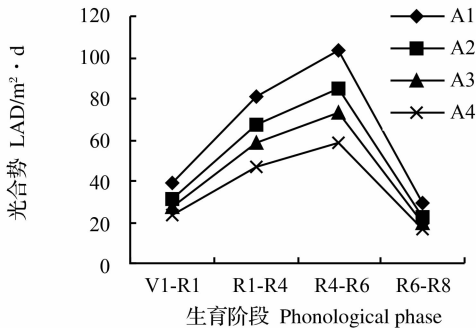


图 5 不同密度下光合势的动态变化
Fig. 5 LAD dynamics under different densities

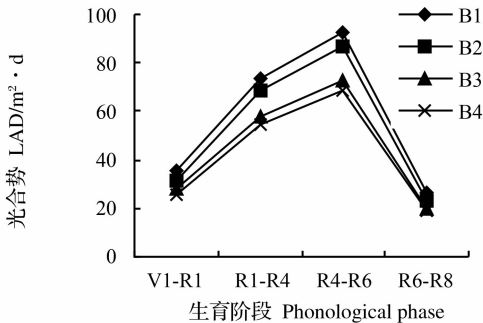


图 6 不同施肥水平下光合势的动态变化
Fig. 6 LAD dynamics under different fertilizer levels

2.1.3 叶绿素含量的动态变化 叶绿素是作物吸收太阳光能进行光合作用的重要物质。在一定范围内,叶绿素含量的高低与光合速率及大豆产量密切相关^[10-12],因此,叶绿素含量可作为光合器官对大

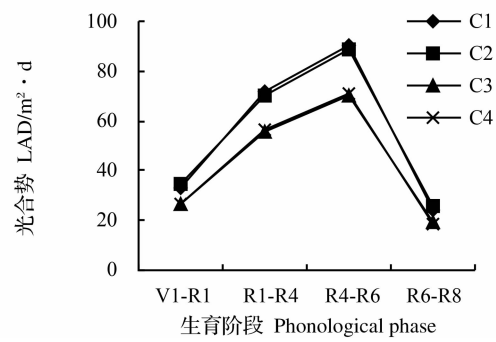


图 7 不同品种下光合势的动态变化
Fig. 7 LAD dynamics under different varieties

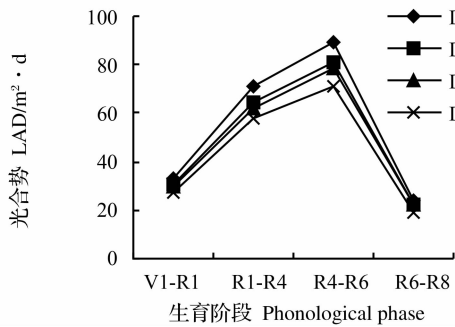


图 8 不同播期下光合势的动态变化
Fig. 8 LAD dynamics under different sowing dates

豆籽粒贡献大小的重要依据。由图 9、10、11、12 可见,在 4 种因素效应下,高油大豆叶片叶绿素含量随生育进程的推进呈逐渐上升趋势,在 R6 期达最大。在密度效应下, $A1 < A2 < A3 < A4$, 即低密度处理叶绿素含量高,为 49.89;在施肥水平效应下,随着施肥水平的增加,叶绿素含量也逐渐增加,高肥下叶绿素含量最高,为 49.80;在品种效应下, C1 即农大 15751 叶绿素含量最高,为 49.49;在播期效应下,随着播期的延迟,叶绿素含量呈升高趋势,即 $D1 < D2 < D3 < D4$, 最高含量为 49.69。由此说明,在农业生产上,通过合理的栽培措施,保持大豆生育后期较高

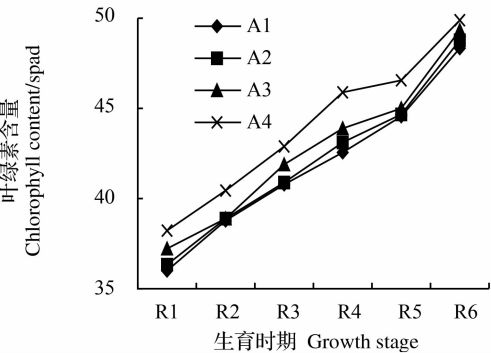


图 9 不同密度下叶绿素含量的动态变化
Fig. 9 Chlorophyll content dynamics under

的叶绿素含量,增强其光合能力,对增加籽粒干物质积累具有重要作用。

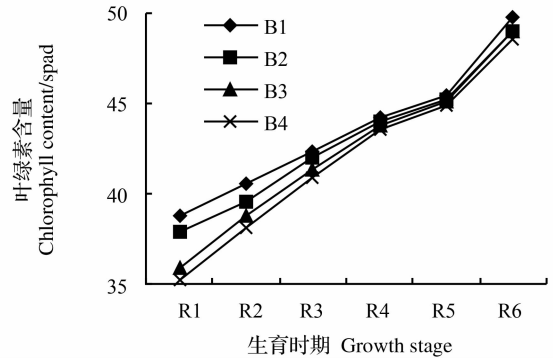


图 10 不同施肥水平下叶绿素含量的动态变化
Fig. 10 Chlorophyll content dynamics under different densities different fertilizer levels

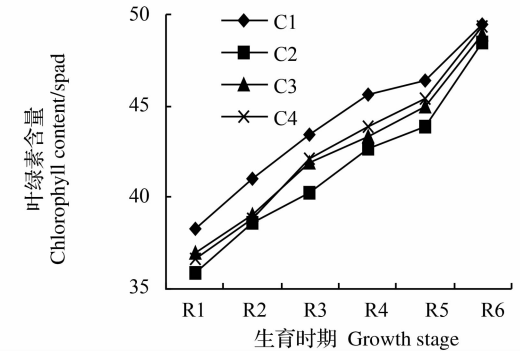


图 11 不同品种下叶绿素含量的动态变化
Fig. 11 Chlorophyll content dynamics under different varieties

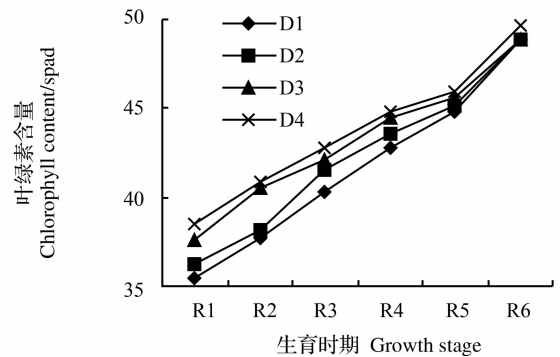


图 12 不同播期下叶绿素含量的动态变化
Fig. 12 Chlorophyll content dynamics under different sowing dates

2.2 不同处理对高油大豆植株性状的影响

由表 2 可知,不同处理间在株高、结荚高度、主茎节数上均存在显著差异 ($P < 0.05$),且均以处理 2 (A1B2C2D2) 显著高于其它处理,说明处理 2 各因素水平有利于高油大豆的生长发育。

表2 不同处理下高油大豆植株性状比较
Table 2 Plant character comparison of high-oil soybean under different treatments

处理 Treatment	株高 Plant height/cm	结荚高度 Height of lowest pod/cm	主茎节数 Main stem node number
1	68.20a	13.58ABCD	16.87abc
2	70.44a	15.57A	17.73a
3	52.78bcd	11.13ABCDE	14.87de
4	51.22cd	9.85BCDE	14.27ef
5	54.43bc	6.86E	15.00de
6	49.94cd	10.14BCDE	13.27f
7	58.15bc	15.03AB	16.27bc
8	55.94bc	15.03AB	15.87cd
9	55.04bc	7.19E	16.27bc
10	54.60bc	8.59DE	14.93de
11	54.02bcd	14.04ABC	15.87cd
12	51.21cd	13.72ABCD	16.93abc
13	55.02bc	9.78BCDE	16.73abc
14	61.70ab	12.47ABCD	17.20ab
15	44.25d	6.61E	15.00de
16	49.77cd	9.22CDE	14.33ef

小写字母标记 0.05 显著水平,大写字母标记 0.01 显著水平,下同。
Different letters represent significance at 0.05 or 0.01 probability levels.

从表3的结果可以看出,影响大豆株高、结荚高度和主茎节数的因素主要是播期,随着播期的延迟,株高、结荚高度和主茎节数均呈下降趋势,不同处理间达到极显著水平($P<0.01$);对株高和结荚高度影响其次的是密度和施肥水平,随着密度和施肥水平的提高,大豆的株高和结荚高度升高,而密度对主茎节数的影响不明显,但随着施肥水平的提高,主茎节数增多。说明大豆的株高、结荚高度和主茎节数可适当通过栽培措施来调节。

表4 不同处理下高油大豆产量及其构成因素比较

Table 4 Comparison of yields and factors on high-oil soybean under different treatment

处理 Treatment	单株荚数 Pods number per plant	单株粒数 Seeds number per plant	单株粒重 Seeds weight per plant/g	百粒重 100-seed weight/g	产量 Yield/ kg · hm ⁻²
1	45.27cde	103.00bcd	21.81ab	22.54a	3788a
2	52.73abc	120.27abc	21.94ab	19.41bcd	3577ab
3	32.87fg	83.40def	14.07cdef	18.32cde	2271c
4	29.20g	74.20ef	10.57f	15.98fg	2245c
5	56.73a	115.60abc	21.61ab	17.22efg	3028abc
6	31.60fg	70.47f	13.43ef	17.26efg	2863abc
7	36.33efg	77.33ef	13.59def	17.58def	2880abc
8	37.00defg	73.47ef	15.12cdef	20.02bc	2283c
9	39.27def	95.80cde	16.88bcde	17.64def	2682bc
10	45.53cde	113.40abc	17.73bcde	15.57g	2838abc
11	34.27fg	83.40def	19.34abcd	20.74b	2907abc
12	46.73bcd	110.33abc	19.71abc	18.34cde	2600bc
13	55.80ab	134.67a	21.39ab	16.55efg	2710bc
14	52.60abc	122.80ab	24.39a	20.54b	2793bc
15	49.93abc	113.80abc	18.66abcde	16.94efg	2472c
16	38.53defg	98.07bcde	16.76bcde	17.65def	2200c

表3 不同因素水平对高油大豆植株性状的影响
Table 3 Effects of different factors plant character on high-oil soybean

因素 Factor	株高 Plant height/cm	结荚高度 Height of lowest pod/cm	主茎节数 Main stem node number
A1	60.66A	12.53a	15.93A
A2	54.61B	11.77a	15.10B
A3	53.72B	10.88ab	16.00A
A4	52.69B	9.52b	15.82AB
B1	58.17A	9.35b	16.22A
B2	59.17A	11.69a	15.78AB
B3	52.3B	11.70a	15.50AB
B4	52.03B	11.96a	15.35B
C1	55.48a	11.75a	15.08B
C2	55.08a	10.69a	16.17A
C3	56.37a	11.45a	16.05A
C4	54.75a	10.81a	15.55AB
D1	59.81A	13.70a	16.82A
D2	58.86A	13.61a	16.55A
D3	52.90B	8.95b	14.78B
D4	50.11B	8.45b	14.70B
RA	7.97	3.01	0.90
RB	7.14	2.60	0.87
RC	1.62	1.05	1.08
RD	9.7	5.25	2.12

2.3 不同处理对高油大豆产量及其构成因素的影响

由表4可以看出,不同处理间产量及其构成因素均达到显著水平($P<0.05$),其中,单株荚数以处理5(A2B1C2D3)最高,单株粒数以处理13(A4B1C4D2)最高,单株粒重以处理14(A4B2C3D1)最高,百粒重和产量均以处理1(A1B1C1D1)为最高,说明处理1是高油大豆高产栽培的最佳处理组合。

由表 5 可见,影响单株荚数的主要因素是品种,不同品种间单株荚数达到极显著水平,其次是施肥水平,由 B1 > B2 > B3 > B4 可知,适当的增加施肥量可提高单株荚数,密度和播期对其影响则相对较小。单位面积粒数是衡量大豆产量高低的重要性状之一,由表 5 可知,对单株粒数影响最大的是密度,随着密度的升高,单株粒数呈明显的下降趋势,但单位面积粒数是增加的,此外,施肥水平和遗传因素对单株粒数也有较大的影响,施肥水平升高,单株粒数增加,而不同品系间单株粒数差异极显著。密度、施肥水平、品种、播期 4 因素对单株粒重均有显著影响,

表 5 不同因素水平对高油大豆产量及其构成因素的影响

Table 5 Effects of different factors on yield traits high-oil soybean

因素	单株荚数	单株粒数	单株粒重	百粒重	产量
Factor	Pods number per plant	Seeds number per plant	Seeds weight per plant/g	100-seeds weight/g	Yield/kg·hm ⁻²
A1	40.02B	95.22BC	17.10AB	19.06a	2970a
A2	40.42B	84.22C	15.94B	18.02b	2764a
A3	41.45B	100.73B	18.42AB	18.07b	2757a
A4	49.22A	117.33A	20.30A	17.92b	2544a
B1	49.27A	112.27A	20.42A	18.49a	3052a
B2	45.62A	106.73A	19.37AB	18.19a	3018a
B3	38.35B	89.48B	16.42BC	18.40a	2633ab
B4	37.87B	89.02B	15.54C	18.00a	2332b
C1	37.42B	88.73B	17.84AB	19.55A	2940a
C2	51.53A	115.00A	20.48A	17.98B	2919a
C3	40.43B	93.87B	17.62AB	19.13AB	2668a
C4	41.72B	99.90B	15.82B	16.42C	2507a
D1	45.23A	103.37a	19.88A	19.75A	3015a
D2	44.95A	102.95a	19.45A	19.18A	2869a
D3	43.42A	102.62a	17.54AB	17.19B	2584a
D4	37.50B	88.57b	14.88B	16.96B	2566a
R _A	9.20	33.12	4.36	1.14	426.50
R _B	11.40	23.25	4.88	0.49	720.00
R _C	14.12	26.27	4.66	3.13	432.25
R _D	7.73	14.80	5.00	2.79	449.75

3 结论与讨论

光合生产是作物有机质的唯一来源,从生理学的观点讲,子实中任何组织成分都是光合作用的初级产物碳水化合物转化而来的,只有大量碳水化合物的积累才有大量的各组分的形成^[13]。因此,光合作用是决定作物产量的最重要因素,光合能力大小直接影响作物产量的高低^[14]。凌启鸿^[15]认为,作物经济产量 = 花后光合积累量 + 花前贮藏物质 × 花前物质的再分配率,揭示了作物产量主要决定于花后光合生产积累能力的本质。因此,从 R1 期开始,从大豆群体叶面积指数,光合势和叶绿素的动态变化出发,研究高油大豆群体的光合性能,可以深入地揭示光合源与籽粒库的关系,从而为高油大豆优质高产提供适宜的光合生理指标。各因素效应结果表

其中以播期对单株粒重的影响相对较大,随着播期的延迟,单株粒重降低,可能是由于晚播导致大豆秕粒率提高的缘故。百粒重是大豆产量构成因素之一,从表 5 可以看出,对百粒重影响最大的是品种,其次的是播期,影响最小的是施肥水平,由此说明大豆的百粒重主要是受品种本身的遗传因素控制的,环境因素对其影响较小。对高油大豆产量影响的主要因素是施肥水平,密度、品种和播期三因素的影响不显著,方差分析表明,不同施肥水平间高油大豆的产量差异达显著水平($P < 0.05$),其中 B1 > B2 > B3 > B4。

明,高油大豆的叶面积指数和光合势随着密度和施肥水平的升高呈上升趋势,随着播期的延迟而下降,其中以农大 15751 的叶面积指数和光合势最高;而高油大豆的叶绿素含量则随着密度的升高而降低,随着施肥水平的升高和播期的延迟而升高,其中农大 15751 叶绿素含量最高。

植株性状是大豆的重要性状,其与结荚习性、生育期等关系较为密切,因此也受到地域的影响,国内外有关大豆植株性状的研究较多,由于受地域的影响,得出不同的结论。研究表明,在密度、施肥水平、品种和播期四因素中,影响高油大豆株高、结荚高度和主茎节数的主要因素是播期,随着播期的延迟,株高、结荚高度和主茎节数均呈下降趋势;其中株高和结荚高度还随密度和施肥水平的升高而上升,而主茎节数受密度影响不明显,这与陈新红等^[16]的结论相一致。

任何优质措施都是在保证产量的基础上进行的,因此,高产一直是栽培和育种工作者追逐的目标。研究表明,各产量构成因素对密度、施肥水平、播期、品种四因素的敏感程度是不同的,单株荚数和百粒重主要受品种的遗传因素影响,其中单株荚数以处理 5(A2B1C2D3 即农大 25898 在 5 月 17 日播种,施肥量为 $300\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,密度为 $37.5\times 10^4\text{ plants}\cdot\text{hm}^{-2}$)最高,百粒重以处理 1(A1B1C1D1 即农大 15751 在 5 月 3 日播种,施肥量为 $300\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,密度为 $45\times 10^4\text{ plants}\cdot\text{hm}^{-2}$)最高,单株粒数主要受密度的影响,以处理 13(A4B1C4D2 即农大 96065 在 5 月 10 日播种,施肥量为 $300\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,密度为 $22.5\times 10^4\text{ plants}\cdot\text{hm}^{-2}$)最高,单株粒重主要受播期的影响,以处理 14(A4B2C3D1 即农大 15067 在 5 月 3 日播种,施肥量为 $225\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,密度为 $22.5\times 10^4\text{ plants}\cdot\text{hm}^{-2}$)最高,影响高油大豆产量的主要因素是施肥水平,以处理 1(A1B1C1D1 即农大 15751 在 5 月 3 日播种,施肥量为 $300\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,密度为 $45\times 10^4\text{ plants}\cdot\text{hm}^{-2}$)最高。

参考文献

[1] 李晓燕,杜维广,满为群,等. 高油大豆优质高产同步旱作栽培体系的研究[J]. 大豆科学,2007,26(6):89-95. (Luan X Y, Du W G, Man W Q, et al. Integrated technique system for good-quality and high-yield cultivation of high-oil soybean in arid area[J]. Soybean Science,2007,26(6):89-95.)

[2] 许海涛,许波,王友华. 不同播期和优化施肥对高油大豆产量及品质的影响[J]. 山西农业科学,2007(5):51-53. (Xu H T, Xu B, Wang Y H. Effects of different planting dates and optimum fertilization to yield and quality of high oil soybean[J]. Shanxi Agricultural Sciences,2007(5):51-53.)

[3] 杨加银,徐海斌,徐海风. 栽培因子对高油大豆产量及品质性状的影响[J]. 中国农学通报,23(5):196-199. (Yang J Y, Xu H B, Xu H F. Effects of cultural factors on seed yield and quality characters of high-oil soybean[J]. Agricultural Science Bulletin, 2007,23(5):196-199.)

[4] 苗兴芬,陈庆山,刘春燕,等. 不同种肥对高油大豆籽粒蛋白质、油分含量的动态影响[J]. 大豆科学,2005,24(3):50-53 (Miao X F, Chen Q S, Liu C Y, et al. Dynamic effects of different kinds of seed fertilizers on protein and oil content of soybean[J]. Soybean Science,2005,24(3):50-53.)

[5] 王英,窦新田,李伟群,等. 优化施肥和化控对提高大豆油分和抗旱性的影响[J]. 大豆科学,2005,24(1):57-61. (Wang Y, Dou X T, Li W Q, et al. Effects on optimum fertilization and chemical control to oil content and drought resistance of soybean[J].

Soybean Science,2005,24(1):57-61.)

[6] 袁明. 高油大豆种质资源的创新及利用[J]. 中国农学通报, 2007,23(5):368-370. (Yuan M. Creation and utilization of high oil germplasm resource[J]. China Agricultural Science Bulletin, 2007,23(5):368-370.)

[7] 卢美英,潘介春. 枇杷叶面积测定方法的研究[J]. 福建果树 2003,124(3):1-3. (Lu M Y, Pan J C. Research of loquat leaf area determination method[J]. Fujian Fruit Trees,2003,124(3): 1-3.)

[8] 张宪政. 作物生理研究法[M]. 北京:农业出版社,1992:39-41. (Zhang X Z. Crops Physiology Methodology[M]. Beijing: Agriculture Publishing Company,1992:39-41.)

[9] 张荣贵,宋宇. 大豆叶面积、净光合速率与产量的相关性[J]. 中国农业科学,1979,1(2):40-46. (Zhang R G, Song Y. The relativity among leaf area and pure photosynthetic rate to yield of soybean[J]. Acta Agricultura Sinica,1979,1(2):40-46.)

[10] 苗以农,姜彦秋,黄剑,等. 大豆光合生理生态的研究 第7报, 大豆不同节位叶片叶绿素含量的变异性[J]. 大豆科学,1987, 6(1):21-25. (Miao Y N, Jiang Y Q, Huang J, et al. Study on physio-ecology of photosynthesis in soybean 7 The chlorophyll content of soybean leaves at different node [J]. Soybean Science, 1987,6(1):21-25.)

[11] 巴特瑞,巴留尔. 光合速率和叶绿素含量之间关系[M]. 赵福洪译. 北京:农业出版社,1979:72-75. (Buttery B R, Buzzell R I. The relation between photosynthetic rate and the content of chlorophyll [M]. Translating By Fuhong Zhao. Beijing: Agriculture Publishing Company,1979,72-75.)

[12] Buttery B R, Buzzell R I, Finalay W I. Relation among photosynthetic rate, bean yield and other characters in field growth cultivars of soybean [J]. Canadian Journal of Plant Science, 1981, 61: 191-198.

[13] 苍晶,王学东,崔琳,等. 大豆豆荚与叶片的光合特性比较[J]. 中国农学通报,2005,21(2):85-87. (Cang J, Wang X D, Cui L, et al. Studies on photosynthetic characters of soybean pods and blades[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin,2005,21(2): 85-87.)

[14] 刘忠堂. 高油大豆高产栽培技术的基本特点[J]. 大豆通报, 2005(5):7-8. (Liu Z T. Basic characters of high oil soybean's high yield cultivation technique[J]. Soybean Bulletin,2005(5): 7-8.)

[15] 凌启鸿. 作物群体质量[M]. 上海:上海科学技术出版社, 2000:11-16. (Ling Q H. The crop colony quality[M]. Shanghai: Science Technique Publishing Company,2000:11-16.)

[16] 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,2002,25(1):5-8. (Chen X H, Zhang J X, Yan X H, et al. Density experiment of soybean in the Cold North Region of Xinjiang[J]. Journal of Xinjiang Agricultural University,2002,25(1):5-8.)