

不同大豆品种出苗后子叶面积及生理指标的变化

曹晓宁^{1,2}, 孙石^{2§}, 张守伟², 吴存祥², 韩天富^{2*}, 杨文钰^{1*}

(1. 四川农业大学农学院, 四川 雅安, 625014;
2. 中国农业科学院作物科学研究所, 农业部北京大豆生物学重点实验室, 北京, 100081)

摘要:运用嫁接体系,以黄淮海地区不同年代生产上大面积种植的品种做砧木,大豆新品种中黄 39 为接穗。嫁接时砧木处于出苗期(V_C),保留子叶;接穗处于单叶展开期(V_1),去除子叶和第 1 对真叶(单叶)。接穗插接于砧木子叶之间。嫁接体成活后至第一三出复叶展开(V_2)期间,分期测定子叶面积的变化。同时以百粒重不同的 3 个大豆品种为材料,设置子叶遮光与正常光照处理,研究了大豆出土后子叶的生长动态及子叶对植株幼苗生长发育的影响。结果表明,不同大豆品种出苗后子叶面积均有增加,但增加幅度不同,最高的可达 209.29%,最低的仅有 65.61%; V_C-V_2 期子叶面积的增加幅度与 V_C 期子叶面积负相关;不同年代大豆品种子叶面积在出苗后的增幅随育成年代推后呈现下降趋势。出苗 9d 后子叶面积、子叶中叶绿素 a 含量、叶绿素总量、子叶干重随着出苗后天数的增加不断下降;叶绿素 b 含量则呈现先上升后下降的趋势,而可溶性糖含量先下降后上升,继而随着子叶衰老逐渐下降。对子叶进行遮光处理后,子叶面积、干重、叶绿素 a 含量、叶绿素 b 含量、可溶性糖含量的变化幅度变大,表明子叶的“源”功能受限时,其叶绿素的合成与降解、可溶性糖的合成、降解与转运、子叶面积及干重均受到影响。去除子叶使得株高变矮、发育进程变慢、幼苗干重下降,其对幼苗生长发育的影响随子叶摘除时间的推后逐渐减小。说明大豆出苗后子叶是植株的重要营养器官,在栽培管理中应加以保护和利用。

关键词:大豆;子叶面积;品种;审定年代

中图分类号:S565.101 文献标识码:A 文章编号:1007-9084(2013)06-0665-09

Post-emergence changes of cotyledonary area and physiological indices in various soybean cultivars

CAO Xiao-ning^{1,2}, SUN Shi^{2§}, ZHANG Shou-wei², WU Cun-xiang², HAN Tian-fu^{2*}, YANG Wen-yu^{1*}

(1. College of Agronomy, Sichuan Agriculture University, Ya'an 625014, China; 2. MOA Key Laboratory of Soybean Biology (Beijing), Institute of Crop Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract: In this study, the grafting method was used to create composite plants material with the same scion but different cotyledons and the parts below cotyledons. The cut-in grafting method was used to study the changes of cotyledon area from cotyledon stage (V_C) to second-node (V_2) stage. The widely-planting soybean varieties over the years in Huanghuaihai Plains of China were used as stock genotypes, and Zhonghuang 39 was as scion. 3 soybean varieties with different 100-seed weight were selected as test materials, and the post-emergence changes of cotyledons area and physiological indices and their effects on seedling growth and development in soybean by setting the shading and normal sunshine treatments were studied. The results showed that cotyledon area increased during the seedling period from V_C to V_2 among all the tested varieties, with the increment range from 65.61% to 209.29%. The increment of cotyledon area from V_2 to V_C was negatively correlated with the cotyledon area at V_C stage. The cotyledon area increment from V_C to V_2 decreased with the releasing years of the varieties. Beginning from Day 9 after emergence, the cotyledon area constantly declined in all varieties, and the contents of chlorophyll

收稿日期:2013-04-02
基金项目:农业部财政部现代农业产业技术体系建设专项(CARS-04)
作者简介:曹晓宁(1985-),男,博士研究生,研究方向大豆发育生理,E-mail:caoxiaoning2008@163.com
§ 孙石,男,副研究员,研究方向为作物遗传育种,E-mail:sunshi73@163.com
* 通讯作者:杨文钰,男,教授,博士生导师,研究方向为作物栽培生理,E-mail:wenyu.yang@263.net
韩天富,男,研究员,博士生导师,研究方向为作物遗传育种,E-mail:hantianfu@caas.cn

a, total chlorophylls and the dry weight of cotyledons decreased along with the seedling growth, the chlorophyll b content increased first and then decreased. Cotyledon soluble sugar content decreased for some days and then increased gradually, and finally decreased with aging cotyledons. After the shading, the changes of cotyledon area, dry weight, chlorophyll a, b and soluble sugar contents became more prominent than those in normal sunshine treatment, indicating that limiting the cotyledon "source" functions could affect the synthesis, degradation and transport of chlorophylls and soluble sugars in cotyledons, and the changes of cotyledon area and their dry weight. Removing cotyledons had impacts on seedling growth and development, with shorter seedling height, slower development process, and lower seedling dry weight. It was concluded that cotyledon is one of the important vegetative organs of soybean at seedling stage. Cotyledons should be protected and effectively utilized in soybean management.

Key words: Soybean; Cotyledon area; Cultivar; Year of release

子叶是植物重要的贮藏器官,其贮存的营养物质为种子萌发、幼苗生长提供氮源、碳源和能源。种子出苗后,子叶逐渐变绿成为光合器官^[1~3]。汤浩茹等^[4]研究发现去除子叶可以影响豌豆幼苗高度、节长、鲜重及不定根的形成。徐锦海^[5]发现去除子叶后可以明显降低扁豆株高。孙广玉等^[6]研究表明,去除子叶后大豆单叶伸出速度变慢且叶片重量、面积明显降低。可见,子叶的状态对大豆幼苗的生长发育非常重要。

在大豆幼苗生长过程中,子叶作为叶片的一种,其本身具有由黄转绿、不断展开进而变黄萎蔫的发育过程^[7,8],并伴随着复杂的物质代谢过程^[9~12]。不同基因型大豆出苗后子叶大小与种子大小有直接关系。百粒重与籽粒大小显著相关^[13],因此研究中一般用百粒重作为种子大小的综合指标。在生产实践中,大粒种子发芽能力低、出苗率低,但植株健壮;小粒种子活力低、但发芽率和出苗率均较高^[14~16],这些都直接影响着幼苗期幼苗形态的建成。同一品种不同粒重的种子对幼苗生长发育的影响也不同^[17]。可见,研究不同大豆品种出苗后子叶发育状态的差异对大豆育种和栽培均有重要意义。

在关于大豆品种演化的研究中,多注重于比较不同年代大豆品种节数、株高、每荚粒数、百粒重、抗倒伏能力等农艺性状的演变规律^[18],而对出苗后子叶发育状态的研究较少。随着大豆遗传改良工作的推进,不同年代品种的植株形态发生一定变化。研究大豆出苗后子叶性状的演变趋势,便于解析不同年代大豆品种的芽期和苗期发育特点和环境适应性。

研究不同大豆品种子叶发育状态的难点在于,出苗后子叶的生长发育伴随着根冠互作。利用幼苗期嫁接方法可以解决这一难题^[19]。大豆子叶展开后,在保留砧木子叶的状态下,利用相同接穗进行嫁接,可以创造出接穗一致而砧木不同的复合植株,从而建立研究子叶变化的平台^[19]。由于接穗一致,影

响大豆子叶生长发育的因素主要是砧木本身。本文利用上述嫁接方法研究不同年代黄淮海地区生产上大面积种植的大豆品种幼苗期子叶发育状态的差异,以期认识不同年代大豆品种子叶生长发育状态的差别及变化规律,深入解析大面积种植品种生态适应性较强的内在原因。同时以百粒重不同的3个大豆品种为材料,设置遮光与正常光照两种处理,通过观察子叶面积、叶绿素含量、可溶性糖含量、子叶干物质重量的变化,以及子叶对幼苗生长发育的影响来研究子叶的“库”、“源”作用,对正确认识子叶的生物学特性有重要意义。

1 材料与方法

1.1 材料

大豆(*Glycine max* (L.) Merrill) 品种共22个,其中21个黄淮海地区不同年代大面积种植的品种^[20]做砧木(具体名称和育成年代见表1),新品种中黄39做接穗。播种前称量各品种的百粒重(g)。

1.2 方法

1.2.1 嫁接方法 嫁接试验和子叶遮光与正常光照试验在中国农业科学院作物科学研究所人工气候室进行。试验采用插接法。砧木分别种于9×9cm的营养钵内,子叶展开后,用竹签剔除生长点,并用竹签在两个子叶中间插入2cm左右,形成空穴。接穗削为楔形,楔形部分的长度在1.5~2cm之间。嫁接时保留砧木的子叶,将接穗插入砧木子叶之间的空穴,用封口膜固定嫁接部位。

人工气候室光照强度为400μmol·m⁻²·s⁻¹ PAR,每日光照时间为16h,室内温度24℃,相对湿度90%。嫁接成活后移栽至中国农业科学院作物科学研究所昌平试验基地大田。

1.2.2 子叶面积的测量 采用长×宽系数法测定子叶面积。在子叶基部将其最长处测量数值记为子叶长,将子叶最宽处测量结果记为子叶宽。将子叶

固定在纸上,用铅笔描绘其形状,剪下待用。取一张质地相同的纸张,称出其重量 W_1 ,并测量长与宽,计算出纸张面积,然后换算出每克纸所对应的面积 S_1 。测量剪下来的子叶性状纸的重量 W_2 ,将其换算成相应的面积,换算出子叶面积(S_2), $S_2 = W_2 \times S_1$ 。

用每片子叶的面积除以叶片的长 $\times$ 宽便得到子叶面积校正系数 K , $K = \text{子叶实际面积} / \text{子叶的长} \times \text{宽}$ 。逐叶求出其 K 值,并求出其平均值。试验过程中,只需要用直尺测量出每个子叶的长与宽,即可计算出其面积。

表 1 供试大豆品种
Table 1 Soybean cultivars in grafting experiments

品种 Cultivar	年代 Decade of release	品种 Cultivar	年代 Decade of release
海阳爬蔓青 Haiyang Pamanqing	1940s	冀豆 4 号 Jidou 4	1980s
平顶式 Pingdingshi	1940s	鲁豆 4 号 Ludou 4	1980s
菏泽牛毛黄 Heze Niumaohuang	1950s	科丰 6 号 Kefeng 6	1980s
益都平顶黄 Yidu Pingdinghuang	1950s	鲁豆 11 Ludou 11	1990s
新黄豆 Xinhuangdou	1950s	冀豆 7 号 Jidou 7	1990s
莒选 23 Juxuan 23	1960s	豫豆 22 Yudou 22	1990s
齐黄 10 Qihuang 10	1960s	冀豆 12 Jidou 12	2000s
兗黄 1 号 Yanhuang 1	1960s	中黄 13 Zhonghuang 13	2000s
丰收黄 Fengshouhuang	1970s	郑 92116 Zheng 92116	2000s
文丰 7 号 Wenfeng 7	1970s	邯豆 5 号 Handou 5	2000s
跃进 5 号 Yuejin 5	1970s	中黄 39 Zhonghuang 39	2000s

表 2 供试大豆品种苗期 ($V_C - V_2$) 子叶面积的变化
Table 2 Change of cotyledon area of soybean cultivars from V_C to V_2 periods

品种 Cultivar	V_C 期子叶面积/ cm^2 Cotyledon area at V_C	V_2 期子叶面积/ cm^2 Cotyledon area at V_2	$V_C - V_2$ 期子叶面积的增幅 Percent of cotyledon area increment from V_C to V_2
海阳爬蔓青 Haiyang Pamanqing	1.83	3.79	106.95%
平顶式 Pingdingshi	1.37	3.25	138.09%
菏泽牛毛黄 Heze Niumaohuang	1.16	3.49	201.61%
益都平顶黄 Yidu Pingdinghuang	1.98	3.98	101.44%
新黄豆 Xinhuangdou	1.44	3.78	161.46%
莒选 23 Juxuan 23	1.45	4.23	191.89%
齐黄 10 Qihuang 10	1.16	3.59	209.29%
兗黄 1 号 Yanhuang 1	1.74	3.57	104.80%
丰收黄 Fengshouhuang	1.54	3.44	123.49%
文丰 7 号 Wenfeng 7	1.68	4.41	162.99%
跃进 5 号 Yuejin 5	1.52	2.88	89.88%
冀豆 4 号 Jidou 4	1.70	3.81	124.46%
鲁豆 4 号 Ludou 4	1.08	3.21	197.97%
科丰 6 号 Kefeng 6	1.85	3.09	67.06%
鲁豆 11 Ludou 11	1.47	3.28	122.79%
冀豆 7 号 Jidou 7	1.66	2.75	65.61%
豫豆 22 Yudou 22	1.40	3.33	138.72%
冀豆 12 Jidou 12	1.84	4.01	118.32%
中黄 13 Zhonghuang 13	1.71	4.05	136.38%
郑 92116 Zheng 92116	1.39	3.73	168.46%
邯豆 5 号 Handou 5	1.76	3.92	123.12%
中黄 39 Zhonghuang 39	1.79	3.13	75.32%

所有砧木品种初始子叶面积在大豆子叶展开期(简称子叶期, V_C)进行测量,测得其面积 S_3 ;在第一三出复叶展开期(V_2)统一对砧木的子叶面积进行测量,得到 S_4 。计算出子叶面积增加的幅度 SI , $SI = (S_4 - S_3) / S_3 \times 100\%$ 。每个品种测量 10 株,求算平均值。

1.2.3 遮光处理方法 待子叶展开后,用锡箔纸从

大豆子叶基部将其遮住。
1.2.4 叶绿素及可溶性糖含量测定方法 叶绿素含量采用分光光度计法进行测量^[31],实验所用分光光度计仪为 Unicam UV300。
可溶性糖含量测定采用蒽酮比色法测量^[31]。取标准糖溶液将其稀释成不同浓度(0、20、40、60、80、100、120 $\mu\text{g}/\text{mL}$)的溶液,分别测定 OD 值,并绘

制标准曲线。从标准曲线上得到提取液中糖的含量。

1.3 数据统计

数据采用 Excel 2003 进行分析和统计。

2 结果与分析

2.1 出苗后大豆子叶面积的变化

2.1.1 V_C 期子叶面积及 $V_C - V_2$ 期子叶面积的变化 从表 2 可以看出,不同大豆品种单个子叶的初始面积(S_3)不同,最高的达到 1.98 cm^2 ,最低只有 1.08 cm^2 ,差异明显。这与大豆品种种子的大小有直接关系。 V_2 期大豆子叶面积差异也较大。与大豆子叶初始面积(S_3)相比, V_2 期不同大豆品种子叶面积均有增加,说明出苗后子叶有一个生长过程。不同品种子叶面积增加的幅度不同,说明出苗后不同大豆品种子叶的生长速度有差异。在接穗(中黄 39)一致的条件下,作为砧木的 21 个品种中以齐黄 10 的子叶面积增幅最大,达 209.29%,菏泽牛毛黄为 201.61%,而冀豆 7 号仅有 65.61%。由于接穗相同,可认为子叶面积增加幅度的不同由砧木自身的差异所致,即由大豆品种(砧木)基因型决定。

2.1.2 V_C 期大豆子叶面积与百粒重的关系 不同大豆品种子叶展开后(V_C 期)子叶面积的大小有明显差异。分析发现, V_C 期大豆子叶面积与百粒重正相关(图 1),但相关不显著。

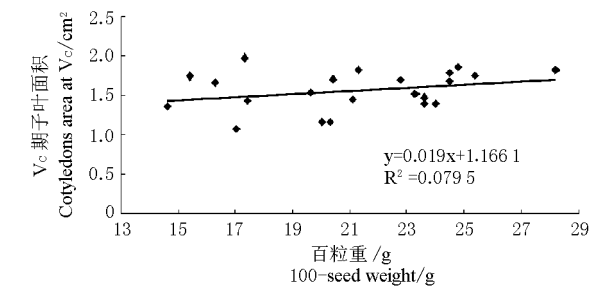


图 1 V_C 期子叶面积与百粒重的关系
Fig. 1 Correlation between cotyledon area at V_C and 100 – seed weight in soybean

2.1.3 不同大豆品种子叶面积增加幅度与 V_C 期子叶面积的关系 对不同年代大豆品种子叶面积增长幅度和 V_C 期子叶面积的关系进行分析发现,子叶面积增加幅度与子叶初始面积(S_3)负相关,达到显著水平(图 2),说明不同大豆品种子叶在生长发育过程中面积增加的能力是不同的,百粒重小的大豆品种子叶面积增加幅度更大。

2.1.4 V_2 期子叶面积增加幅度与百粒重的关系 V_C 至 V_2 期子叶面积的增加幅度与百粒重负相关(图 3),但相关不显著。

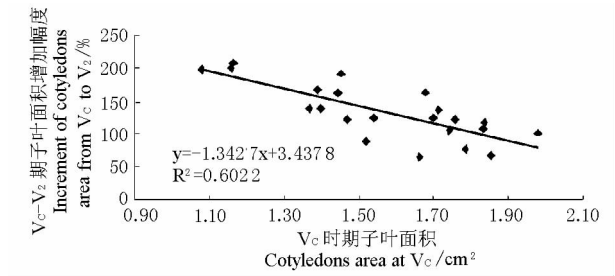


图 2 V_C 至 V_2 期大豆子叶面积增加幅度与 V_C 期子叶面积的关系
Fig. 2 Correlation between increment of soybean cotyledon area from V_C to V_2 and cotyledon area at V_C

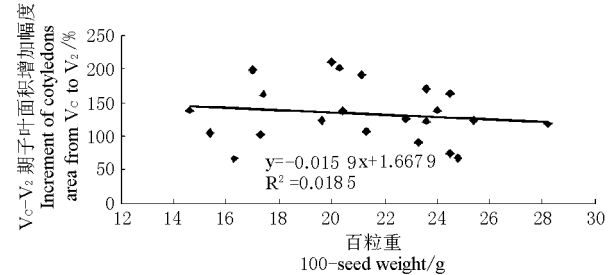


图 3 大豆 $V_C - V_2$ 期子叶面积增加幅度与百粒重的关系
Fig. 3 Correlation between increment of cotyledon area from V_C to V_2 and 100 – seed weight in soybean

2.2 不同年代大豆子叶面积增加幅度的变化趋势

当地上部一致(接穗为中黄 39)时,不同年代大豆品种 $V_C - V_2$ 期子叶面积的增加幅度随着育成年代的变化呈下降趋势(图 4)。从 20 世纪 40 年代到 60 年代,大豆育成品种 $V_C - V_2$ 期子叶面积增加幅度逐渐上升,60 年代达到最高,之后开始下降,从 70 年代开始趋于平缓。这一趋势可能与百粒重的变化有关。

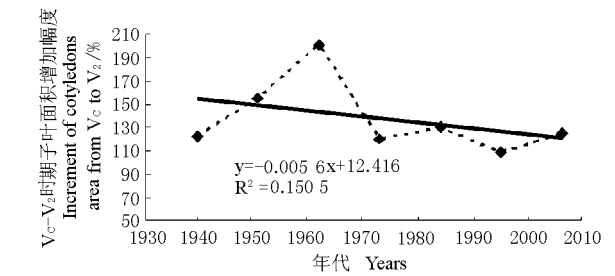


图 4 大豆 V_C 至 V_2 期子叶面积的增加幅度与品种育成年代的关系
Fig. 4 Correlation between cotyledon area increment from V_C to V_2 and release year of soybean cultivars

2.3 出苗后子叶生理指标的变化

2.3.1 叶绿素 a 含量 由图 5 可以看出,在遮光和正常光照处理中,冀豆 4 号和中黄 39 叶绿素 a 含量均呈不断下降的趋势,而冀豆 12 子叶叶绿素 a 含量先增加,出苗第 9d 后逐渐下降,这是由于子叶衰老所致。在遮光处理中,叶绿素 a 含量下降速度比正常光照处理更快,原因是遮光影响叶绿素的合成,加

速子叶衰老。

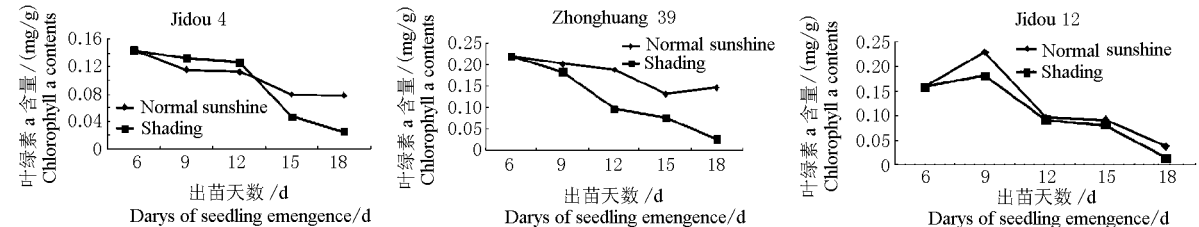


图5 不同大豆品种子叶叶绿素 a 含量的变化
Fig. 5 Changes of chlorophyll a contents in soybean cotyledons

2.3.2 叶绿素 b 含量 由图6可以看出,在正常光照处理中,子叶叶绿素 b 含量的变化随着幼苗发育时间的延长呈先上升后下降的变化。在遮光处理中,冀豆 4 号子叶叶绿素 b 含量也呈现出相同的变

化规律,而中黄 39 和冀豆 12 子叶叶绿素 b 含量则呈不断下降的趋势,这可能是由于大豆品种差异所致。同时可以看出,遮光处理中叶绿素 b 含量的下降速率更快。

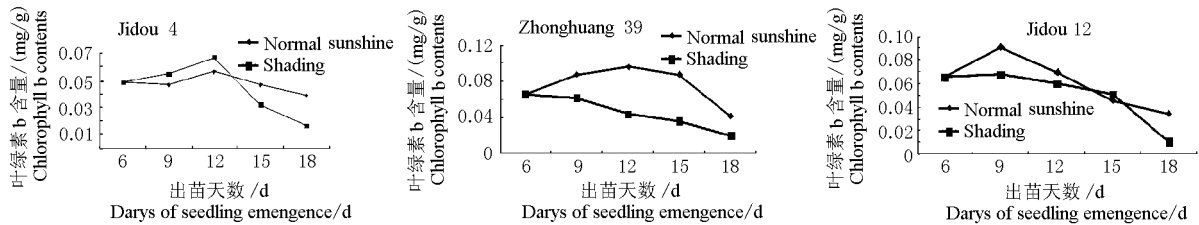


图6 不同大豆品种子叶叶绿素 b 含量的变化
Fig. 6 Changes of chlorophyll b contents of soybean cotyledons

2.3.3 叶绿素总量的变化 由图7可以看出,不论在遮光还是正常光照处理中,冀豆 4 号和中黄 39 子叶叶绿素总含量均随着幼苗发育时间的推移不断下

降,且遮光后叶绿素含量的变化幅度较大。这可能由遮光后子叶叶绿素迅速降解引起。

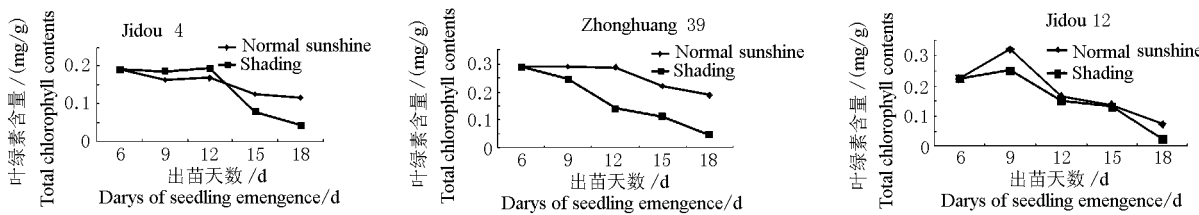


图7 不同大豆品种子叶叶绿素总量的变化
Fig. 7 Change of total chlorophyll contents in soybean cotyledon

2.3.4 可溶性糖含量 由图8可以看出,在正常光照处理中,供试的 3 个品种子叶中可溶性糖含量均呈先下降、后上升、继而缓慢下降的趋势。而在遮光处理中,可溶性糖基本呈现不断下降的趋势,只是在

出苗后 12d 时,冀豆 4 号和中黄 39 的可溶性糖含量略有上升。在正常光照条件下,子叶中可溶性糖含量的增加应该来自于其自身的光合作用。可见,在大豆苗期,子叶是重要的光合器官。

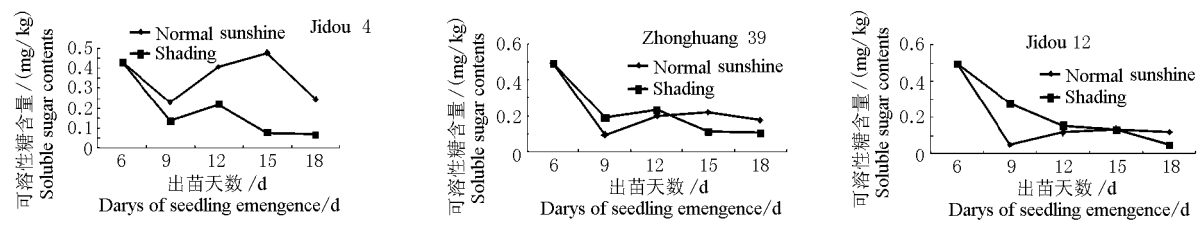


图8 不同大豆品种子叶可溶性糖含量的变化
Fig. 8 Change of soluble sugar contents of soybean cotyledons

2.4 子叶干重的变化

由图9可以看出,在遮光和正常光照处理中,冀豆 4 号、中黄 39 和冀豆 12 子叶的干重均随着发育

时间的推进而不断减少。值得注意的是,出苗后第 9d 时,正常光照处理的子叶干重比遮光处理的小,这可能是正常光照处理中物质的输出较快。此后,

正常光照处理各个时期大豆子叶干重均比遮光处理 光照下子叶干重的减少放缓。
的大豆子叶重,说明光合作用积累一定物质,使正常

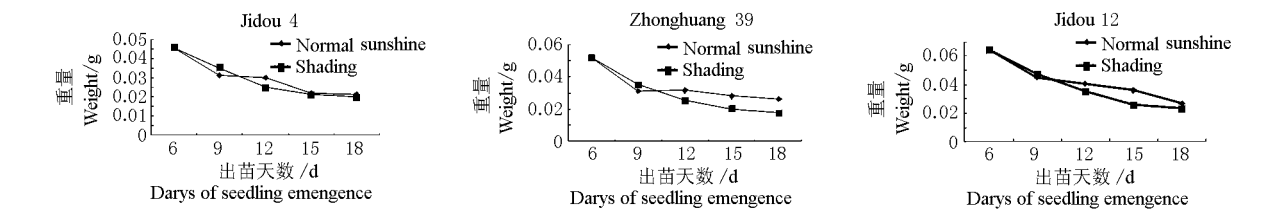


图9 不同大豆品种子叶干物质重量的变化
Fig.9 Change of dry weight of soybean cotyledon

2.5 不同大豆品种子叶对幼苗生长发育的影响

2.5.1 遮光与去除子叶对大豆幼苗株高的影响

由表3可以看出,遮光与正常光照处理中,冀豆4号、中黄39、冀豆12子叶去除时间越早,对大豆幼苗株高的影响越大,幼苗株高越低。正常光照处理中,与CK相比,冀豆4号的株高分别降低55.57%、22.96%、8.36%、6.67%、5.45%;中黄39的株高

分别降低35.06%、33.68%、16.68%、11.30%、3.42%;冀豆12的株高分别降低43.15%、17.86%、11.31%、8.93%、2.38%。遮光处理中去除子叶对大豆幼苗株高的影响也得到了相似的结果。同时可以看出,遮光处理中不同时期冀豆4号、中黄39、冀豆12的株高均比正常光照处理低,说明对子叶遮光影响幼苗的株高。

表3 遮光与去子叶对幼苗株高的影响

Table 3 Effect of shading and cotyledon removal on plant height of soybean seedling/cm		子叶去除时间 Date of cotyledon removal					
品种 Cultivar	遮光处理 Shading treatment	5月5日	5月8日	5月11日	5月14日	5月17日	CK
冀豆4号 Jidou 4	正常光照 Normal sunshine	17.92	31.78	37.80	38.50	39.00	41.25
	遮光 Shading	17.92	27.22	33.13	34.13	37.25	40.25
中黄39 Zhonghuang 39	正常光照 Normal sunshine	31.33	32.00	40.20	42.80	46.60	48.25
	遮光 Shading	31.33	34.25	38.86	44.00	46.50	47.25
冀豆12 Jidou 12	正常光照 Normal sunshine	23.88	34.50	37.25	38.25	41.00	42.00
	遮光 Shading	23.88	25.20	38.60	40.00	40.75	40.75

注:CK:未摘除子叶;测量时间:6月20日,下同
Note:CK;Non - cotyledon removal. Measuring time: June 20. Same as below

2.5.2 遮光与去除子叶对大豆幼苗叶片生长的影响 大豆三出复叶的数量可以反映幼苗的发育速度。由表4可以看出,正常光照处理中冀豆4号、中黄39和冀豆12去除子叶可以对幼苗的三出复叶的数量产生影响,且子叶去除时间越早,三出复叶的叶

片数越少,遮光处理中也得到了相似的结果。说明去除子叶影响幼苗叶片的展开速度,进而对幼苗的发育进程产生影响。与正常光照处理相比,遮光处理中大豆三出复叶的数目较少,说明子叶遮光影响幼苗的三出复叶的展开速度。

表4 遮光与去子叶对幼苗叶片生长的影响

Table 4 Effect of shading and cotyledon removal on leaf growth of soybean seedling		子叶去除时间 Date of cotyledon removal					
品种 Cultivar	处理 Treatment	5月5日	5月8日	5月11日	5月14日	5月17日	CK
冀豆4号 Jidou 4	正常光照 Normal sunshine	1.0	1.8	2.0	2.1	2.4	2.5
	遮光 Shading	1.0	1.3	1.8	2.2	2.2	2.4
中黄39 Zhonghuang 39	正常光照 Normal sunshine	1.4	1.8	2.1	2.3	2.4	2.4
	遮光 Shading	1.4	1.2	1.9	2.2	2.3	2.3
冀豆12 Jidou 12	正常光照 Normal sunshine	1.6	2.6	2.9	3.0	3.1	3.1
	遮光 Shading	1.6	1.7	2.6	2.8	3.0	3.1

2.5.3 遮光与去除子叶对幼苗干物质重量的影响

由表5可以看出,正常光照处理与遮光处理中冀豆4号、中黄39和冀豆12去除子叶影响幼苗的干重,且去除子叶时间越早对幼苗的株高影响越大。在正常光照处理中,冀豆4号幼苗干重与CK相比分别下降55.80%、31.67%、12.5%、7.08%和

2.08%,可以看出子叶去除时间越早幼苗的干重越低,中黄39分别降低48.22%、31.87%、24.51%、18.27%和10.16%,冀豆12分别降低50.71%、41.53%、23.39%、10.79和4.84%。在遮光处理中也得到了相同的结果,冀豆4号分别下降了51.89%、44.09%、29.09%、11.36%和5.45%,中

黄 39 分别下降了 42.36%、30.21%、27.08%、12.5% 和 6.55%,冀豆 12 分别下降了 43.55%、41.53%、23.39%、10.79% 和 4.84%。说明去除子叶影响幼苗的干物质积累。同时可以看出,遮光处

理的幼苗干重比正常光照处理的幼苗干重均有所减少,其中,冀豆 4 号分别下降 25.00%、25.71%、12.55%、11.49% 和 8.33%。说明遮光对幼苗的生长产生重大不利影响。

表 5 遮光与去子叶对幼苗干物质重量的影响
Table 5 Effect of shading and cotyledon removal on dry weight of soybean seedling/g

品种 Cultivar	处理 Treatment	子叶去除时间 Date of cotyledon removal					
		5 月 5 日	5 月 8 日	5 月 11 日	5 月 14 日	5 月 17 日	CK
冀豆 4 号	正常光照 Normal sunshine	0.106	0.164	0.210	0.223	0.235	0.240
Jidou 4	遮光 Shading	0.106	0.123	0.156	0.195	0.208	0.220
中黄 39	正常光照 Normal sunshine	0.138	0.182	0.202	0.218	0.240	0.267
Zhonghuang 39	遮光 Shading	0.138	0.168	0.175	0.210	0.224	0.240
冀豆 12	正常光照 Normal sunshine	0.140	0.171	0.212	0.246	0.266	0.284
Jidou 12	遮光 Shading	0.140	0.145	0.190	0.221	0.236	0.248

3 讨论

大豆出苗后,子叶不仅可释放在种子阶段储存的营养物质供幼苗生长,而且具有光合能力,制造新的同化产物^[3,7],因而对幼苗形态建成乃至植株最终产量均有重要作用。过去对大豆出苗后子叶的生长动态及对其植株生长发育的作用虽有一些研究,但由于子叶在出土到脱落的过程中,和真叶存在共生期,因而难以准确评估子叶作用,子叶本身在出苗后的生长发育动态及品种差异也不甚清楚。

本试验采用幼苗期嫁接的方法创造出真叶相同而子叶不同的复合植株,来研究不同大豆品种出苗后子叶发育状态及对植株生长发育贡献大小的差异。嫁接时去除砧木上尚未完全展开的单叶,而接穗也不带任何同化器官(含子叶和真叶),因而,嫁接复合体植株生长初期主要依赖于砧木的子叶提供营养,从而将子叶生长发育状态的研究变为一个单因素试验,排除外部因素的干扰,从而提高了研究子叶发育状态的可靠性。

出苗后大豆子叶生长发育状态的最直观表现是其面积的变化。本研究的结果表明,不同大豆品种的子叶不仅在出苗时的面积不同,而且随后面积增加的幅度也有很大差异,因此,本研究将子叶在 $V_c - V_2$ 期间面积的增加幅度作为子叶生长状态的衡量指标。

不同大豆品种子叶面积的增加幅度与子叶初始面积和百粒重呈负相关。在本研究所用的黄淮海地区不同年代大面积种植品种中,菏泽牛毛黄的子叶在 $V_c - V_2$ 期间面积的增加幅度达 201.61%,而冀豆 7 号仅有 65.61%,差异十分明显。这可能与其进化程度高低和生长环境有关。菏泽牛毛黄属农家品种,分枝多,植株繁茂,抗倒伏性差,其原产地菏泽

地区为沙质土壤,地力条件较差,出苗后子叶面积能迅速增长的品种适合菏泽条件。冀豆 7 号籽粒较大,茎秆粗壮,适合中高肥力地块种植,要求土壤条件好以利出苗,而对出苗后子叶面积的增加能力要求不严。

在大豆育种中,籽粒大小一直被认为是十分重要的生态适应性状^[21]。吕世霖等^[22]认为小粒品种有较强的抗逆性,子叶小的大豆对环境的适应能力更强。发芽期吸水少、出苗过程中顶土能力强、出苗后子叶面积增加幅度大可能是小粒大豆适应能力强的重要原因。随着生产条件的改善,对籽粒大小和出苗后子叶面积增幅的要求可能有所降低。在本研究中,不同年代黄淮海地区生产上大面积种植的大豆品种出苗后子叶面积的增幅随年代推进呈下降趋势,其中 20 世纪 40 年代到 60 年代逐渐增加,60 年代达到峰值,从 70 年代开始趋于平缓。这与不同年代特定环境下的品种需求、品种改良进度和栽培条件有关。1950 - 1957 年间,大豆生产处于恢复发展期,各地加大良种推广力度,田间管理水平提高,对品种子叶出土能力的要求降低。1958 年以后粮食供应紧张,单产较低的大豆被排挤到条件较差的地块,管理粗放,导致大豆生长条件欠佳,适应性强的的小粒品种更受青睐,子叶面积的增加幅度也变大。1978 年以后实行包产到户,农民种植大豆的积极性提高,土壤条件改善^[18],大豆在良好的田间环境状态下生长,对子叶适应性的要求降低,故 20 世纪 70 年代后期以来推广的品种出苗后子叶面积的增加幅度变小。近年来,黄淮海地区大力推广麦茬免耕机械化播种,土壤条件不佳,中小粒、出苗后子叶面积增加幅度大的品种应成为大豆育种的方向。

子叶作为重要的储藏器官和同化器官,具有“源”和“库”的作用,对幼苗的形态建成及产量形成

产生了影响,以往关于大豆子叶的研究大都侧重于对子叶“库”的研究,而忽略了“源”的作用。本试验设置遮光和正常光照 2 个处理,正常光照处理中子叶具备“源”和“库”的功能,遮光处理中子叶由于无法进行光合作用只具备“库”的功能,因而通过研究两种条件子叶生长过程中生理的变化及对幼苗生长发育的影响,可以提高研究子叶的准确性,对正确认识子叶的生物学特性有重要意义。

从本试验结果可以看出,在遮光和正常光照处理中,供试品种子叶的干物质重量均随着发育时间的延长不断减少,这是子叶中储存营养物质不断消耗的结果。同时,除出苗后第 9d 外,正常光照处理各个时期大豆子叶干重均比遮光处理的大豆子叶重,说明子叶正常光照处理中子叶进行光合作用可以积累部分营养物质,维持自身功能并供应幼苗生长。可见,子叶的存在和功能维持对大豆幼苗生长发育有重要作用。

种子萌发后经历了从异养到自养的复杂生理代谢变化^[7]。吴沿友等^[3]研究发现,在幼苗生长的 3~7d,大豆子叶处于生理旺盛期,叶绿素、类胡萝卜素不断合成,进行光合作用,7d 后,大豆子叶处于不可逆衰落期,光合色素逐渐分解,光合作用减弱,本试验得出了相似的结果。从本试验结果可以看出,在正常光照条件下,子叶叶绿素 a、叶绿素总量随着出苗天数的增加逐渐下降,而遮光处理中下降速率更快,可能原因是遮光后子叶叶绿素 a 合成受阻。正常光照处理中叶绿素 b 含量则先上升后下降,遮光处理中叶绿素 b 含量总体上呈现不断下降的趋势,且下降幅度比正常光照处理大,这是因为遮光导致叶绿素 b 分解。说明子叶“源”功能受限对子叶叶绿素的合成与降解产生影响。

大豆子叶在幼苗期可以进行光合作用,并以淀粉的形式暂时贮存在子叶中^[32]。在幼苗生长的过程中,子叶输送的营养物质以可溶性糖的形式被利用^[1]。其在功能叶片中的多少可以在一定程度上反映光合产物的积累和转运情况^[32]。本试验研究发现在正常光照处理中,供试 3 个品种子叶中可溶性糖含量均呈先下降后逐渐上升,继而逐渐下降的趋势,而在遮光处理中可溶性糖含量总体上呈持续下降趋势。

本研究发现,去除子叶可以影响大豆幼苗的发育速度及干重,使大豆幼苗株高、叶片展开速度和干物重均下降。这与汤浩茹等关于豌豆幼苗子叶对幼苗生长的研究结果一致^[4]。遮光处理中幼苗的株高、三出复叶叶片数、幼苗干物质重比非遮光处理要

低,这是因为子叶“源”功能受到抑制引起。因此在大豆生长发育过程中必须加强对子叶的保护。

大豆子叶营养丰富,且与胚轴的连接十分脆弱,在种子形成过程中和发芽、出苗后都易受内外因子的影响,导致其损坏、功能弱化乃至丧失。不少病菌和虫害^[23,24]对大豆种子的萌发和苗期发育造成危害^[25,26],其中,细菌性病害^[27]、灰斑病^[28]、炭疽病^[29]等可直接危害子叶,因此,在大豆鼓粒、收获季节和储藏过程中要重视病虫害防治,保证种子质量。大豆苗期的机械损伤、病虫害^[30]和药害等都会伤及子叶,故应该适当延迟中耕培土、注意防治苗期病虫害、合理施用农药,以减轻对子叶的掩埋和伤害,延长子叶功能期,充分发挥子叶在大豆幼苗期生长发育中不可替代的作用。在大豆育种中,应选育子叶抗病虫性强和大小适宜的品种。

4 结论

大豆出苗后子叶面积的大小及增加幅度均存在明显的品种差异。不同大豆品种子叶期(V_c)子叶面积的大小与百粒重正相关, V_c 至 V_2 (第一三出复叶展开)期间子叶面积的增加幅度与 V_c 期的子叶面积和百粒重负相关。随育种年代的推进,大豆品种 V_c 至 V_2 期间子叶面积的增加幅度呈下降趋势。从出苗后第 9d 起,大豆子叶的面积、干物质重量、叶绿素总量、可溶性糖含量等均随出苗后日数的增加而呈下降趋势,遮光处理会加速上述生理指标的下降。研究说明,在大豆生产中,应保护好子叶,延长其功能期,充分发挥子叶的光合效能,以培育壮苗。在大豆育种中,应选育子叶抗病虫性强和大小适宜的品种。

参考文献:

[1] Saito G Y, Chang Y C, Walling L L, et al. Chloroplast development and nuclear gene expression in cotyledons of soybean seedlings[J]. New Phytol,1990,114:547-554.
[2] 苏金为,王湘平. 大豆种子萌发过程中子叶细胞超微结构和 ATP 酶活性动态研究[J]. 电子显微学报, 2002,21(2):114-117.
[3] 吴沿友,吴德勇,张红萍,等. 大豆子叶中的碳酸酐酶活性和光合特性研究[J]. 河南农业科学,2007(2):43-45.
[4] 汤浩茹,王乔春,周光蓉. 子叶与外施蔗糖对豌豆幼苗生长及插条生根的影响[J]. 四川农业大学学报, 1994,12(4):458-463.
[5] 徐锦海. 扁豆子叶对其幼苗形成的生理效应研究[J]. 西江大学学报,1997,35(3,4):53-54.

- [6] 孙广玉,张荣华,张代平,等.大豆子叶对植株生长发育及产量的作用[J].中国油料,1993,15(4):19-20.
- [7] 高扬,赵耕春,郑易之,等.萌发大豆种子中子叶细胞内质体发育与解体的变化[J].大豆科学,1994,13(3):225-231.
- [8] 石洪凌,马超颖,陈超,等.大豆子叶衰老的细胞学观察[J].西北植物学报,2010,30(3):519-523.
- [9] 庄炳昌,徐豹,张明,等.萌发过程中不同进化类型大豆蛋白质及其组份的变化[J].大豆科学.1990,9(4):341-346.
- [10] 郑易之.大豆子叶发育过程中子叶细胞内造粉质体分化和脱分化过程的电镜观察[J].大豆科学,1992,11(3):214-220.
- [11] 张莉萍,苗以农.大豆种子萌发过程中不同器官同工酶的变化[J].中国油料,1991,13(2):29-31.
- [12] Goldraij A, Polacco J C. Arginine degradation by arginase in mitochondria of soybean seedling cotyledons[J]. Planta,2000,210:652-658.
- [13] 牛远,徐宇,李广军,等.大豆籽粒大小和粒形的驯化研究[J].大豆科学,2012,31(4):522-528.
- [14] Hoy D J, Gamble E. The effects of seed size and seed density on germination and vigor in soybean (*Glycine max* (L.) Merr.)[J]. Can J Plant Sci,1985,65:1-8.
- [15] 许东河,李东艳,程舜华.大豆百粒重与抗旱性及产量的关系[J].中国油料,1991,13(3):64-66.
- [16] Hojjat S S. Effect of seed size on germination and seedling growth of some lentil genotypes (*Lens culinaris* Medik)[J]. Inter J Agri Crop Sci,2011,3(1):1-5.
- [17] 杜吉到,陈德祥,韩毅强,等.大豆种子分级播种对田间保苗及产量的影响[J].大豆科学.2010,29(5):804-807.
- [18] 王连铮,韩天富,周新安.大豆研究50年[M].北京:中国农业科学技术出版社,2010.90,409.
- [19] 曹晓宁,孙石,吴存祥,等.用于大豆根冠关系研究的嫁接方法[J].中国油料作物学报,2013,35(5):579-583.
- [20] 王彩洁,孙石,吴宝美,等.20世纪40年代以来中国大面积种植大豆品种的系谱分析[J].中国油料作物学报,2013,35(3):246-252.
- [21] 王连铮,王金陵.大豆遗传育种学[M].北京:科技出版社,1992:59.
- [22] 吕世霖,程舜华.大豆籽粒性状生态分布与育种[J].大豆科学,1984,3(3):201-207.
- [23] Bowers G R, Jr, Goodman R M. Soybean mosaic virus: Infection of soybean seed parts and seed transmission[J]. Eco Epide,1979,69(6):569-572.
- [24] 周肇蕙,严进.大豆疫病种子带菌和传病研究[J].中国农业大学学报,1998,3(增刊):54-60.
- [25] Mandhare V K, Gawade S B. Effect of seed borne soybean mosaic virus infection on quality and yield parameters in soybean[J]. Legume Res,2010,33(1):43-49.
- [26] Hoffman D D, Hartman G L, Mueller D S, et al. Yield and seed quality of soybean cultivars infected with *Sclerotinia sclerotiorum*[J]. Plant Disease,1998,82(7):826-829.
- [27] 王芳.大豆细菌性病害的识别与综合防治[J].大豆通报,2007(5):21-22.
- [28] 朱敏.大豆灰斑病的发生与防治[J].现代农业科技,2010(15):198-203.
- [29] 陈须文,周志勇.晚大豆苗期炭疽病发生和防治研究初报[J].江西植保,1985(1):1-2.
- [30] 韩天富.大豆优质高产栽培技术指南[M].北京:中国农业科学技术出版社,2005.126.
- [31] 陈建勋,王小峰.植物生理学实验指导[M].广州:华南理工大学出版社,2006.
- [32] 冯亚楠,李臻,冯乃杰,等.不同植物生长调节剂浸种对大豆幼苗子叶碳代谢的影响[J].大豆科学,2009,28(6):1 016-1 020.

(责任编辑:王丽芳)