

不同年代大豆品种产量与叶片气体交换参数的关系

刘国宁¹, 李大勇², 崔菁菁², 郑洪兵³, 刘冰², 白子裕², 张治安²

(1. 白城师范学院, 吉林 白城 137000; 2. 吉林农业大学 农学院, 吉林 长春 130118; 3. 吉林省农业科学院, 吉林 长春 130124)

摘要:为促进大豆新种改良,以1923-2005年选育审定并在生产中推广的38个有代表性的大豆品种为试验材料,在鼓粒期测定其叶片气体交换参数,成熟期测其籽粒产量,并分析大豆品种在多年的遗传改良环境下其产量和叶片气体交换参数之间的相互关系。结果表明:籽粒产量与净光合速率(Pn)、蒸腾速率(Tr)和表观叶肉导度(AMC)之间皆呈现为显著的正相关关系(相关系数 $r=0.610\ 2^{**}$ 、 $0.631\ 6^{**}$ 和 $0.521\ 1^{*}$),而籽粒产量与叶片的水分利用效率(WUE)之间则呈现为显著的负相关关系($r=-0.536\ 5^{*}$),由此说明,大豆的遗传改良使得籽粒产量提高的同时,也提高了Pn和AMC,可以将鼓粒期叶片的Pn、AMC和WUE作为衡量籽粒产量的育种参考指标。

关键词:大豆;籽粒产量;气体交换参数;遗传改良

中图分类号:S565.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-2767(2017)09-0019-04 DOI:10.11942/j.issn1002-2767.2017.09.0019

随着大豆品种的遗传改良和配套栽培措施的不断进步与完善,大豆产量、农艺性状和生理性状均有大幅度的提升。1999年Specht^[1]和2001年Ustun^[2]等皆报道,大豆籽粒产量在过去的几十年里随着育成年代推进呈现出增加趋势。Kumudini等^[3]和Wilcox等^[4]的研究结果也表明,随着遗传改良,大豆品种产量以每年增加0.5%~1.0%的速度递增。Morrison等^[5]的研究也表明,在产量随育成年代增加的同时,其相关生理指标均得到了不同的改善。

光合作用是形成作物产量的关键因素^[6],大豆叶片与光合作用相关的气体交换参数的高低往往决定着其产量水平或者预示着产量潜力。近年来,新育成大豆品种的籽粒产量增加幅度不大,产量的再提高似乎已经形成“瓶颈”,难以再进一步创造新的高产。这可能与在大豆选育新品种的过程中,并没有把与产量相关密切的生理指标作为育种目标有关。所以,在以后的大豆新品种选育时,将叶片光合相关参数作为选育指标具有重要意义。尽管大豆产量与叶片光合性状的研究已有一些报道,而针对于不同年代的大豆品种其产量与光合相关气体交换参数的变化及相互关系仍未

明确。本研究以自1923-2005年,在吉林省生产上主推,具代表性的38个大豆栽培品种为材料,探讨籽粒产量与光合相关的气体交换参数关系,以为大豆新品种选育策略制定和品种改良提供一定的理论参考。

1 材料与方法

1.1 材料

选择1923-2005年,在吉林省生产上主推的38个大豆品种(见表1)。供试品种由吉林农业大学大豆研究所、吉林省农业科学院大豆资源中心和吉林市农业科学院大豆所提供。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 试验于2011年在吉林省长春市(N43°31'48",E125°6')吉林农业大学科学试验田中进行。试验地区作物每年生长季在5-9月,年均降雨量是645 mm,≥10℃的有效积温为2880℃,无霜期一般在140 d左右。试验田的土壤是黑壤土,前茬作物为玉米。试验地土壤的全氮含量是1.645 g·kg⁻¹,全磷含量是0.86 g·kg⁻¹,碱解氮含量120 mg·kg⁻¹,速效磷和速效钾分别为26.9 mg·kg⁻¹和122 mg·kg⁻¹,pH为6.8。试验采用的是随机区组设计,重复次数3次,各小区均种植5行,每行的长度都是5 m,行之间的距离是0.65 m,各个小区的面积是16.25 m²,在出苗以后保苗20万株·hm⁻²,田间管理同大田。

1.2.2 测定项目及方法 在大豆生长至结荚鼓粒期时,用Li-6400型便携式光合测定系统,选择晴天9:00-11:00,采用LI-6400-02B型人工红蓝

收稿日期:2017-08-18

基金项目:国家自然科学基金资助项目(31171459)

第一作者简介:刘国宁(1974-),男,吉林省长春市人,博士,副研究员,从事作物生理生态研究。E-mail: lgn66@126.com。

通讯作者:张治安(1964-),男,吉林省长春市人,博士,教授,博士生导师,从事作物生理与高产栽培理论研究。E-mail: zhangzhan6412@163.com。

表 1 试验材料名称、育成年代、生育期
天数及选育单位

Table 1 Name, year of release, maturity
days and origin of 38 soybean cultivars

品种名称 Cultivars	育成年份 Year of release	生育期/d Growth period	选育单位 Origin
黄宝珠	1923	140	JAAS
满仓金	1929	135	JAAS
元宝金	1929	131	JAAS
金元 1 号	1941	133	JAAS
吉林 5 号	1956	134	JAAS
吉林 1 号	1963	140	JAAS
吉林 3 号	1963	135	JAAS
吉林 4 号	1963	135	JAAS
吉林 5 号	1963	145	JAAS
吉林 6 号	1963	140	JAAS
吉林 8 号	1971	134	JAAS
吉林 9 号	1971	135	JAAS
吉林 10 号	1971	128	JAAS
吉林 12	1971	130	JAAS
吉林 15	1978	128	JAAS
吉林 16	1978	142	JAAS
吉林 18	1982	125	JAAS
吉林 20	1984	123	JAAS
吉林 22	1989	116	JAAS
吉林 23	1990	120	JAAS
吉林 26	1991	118	JAAS
吉农 4 号	1992	128	JLAU
吉林 30	1995	132	JAAS
吉林 35	1995	126	JAAS
九农 21	1995	129	AASJC
吉林 36	1996	131	JAAS
吉林 38	1998	135	JAAS
吉林 43	1998	116	JAAS
吉林 47	1999	115	JAAS
吉农 7 号	1999	129	JLAU
吉林 45	2000	128	JAAS
吉林 55	2001	119	JAAS
吉林 58	2001	115	JAAS
吉农 11	2002	132	JLAU
吉农 12	2002	130	JLAU
吉育 66	2002	126	JAAS
吉农 15	2004	130	JLAU
吉农 16	2005	132	JLAU

JAAS:吉林省农业科学院;JLAU:吉林农业大学;AASJC:吉林
市农业科学院
JAAS: Jilin Academy of Agricultural Sciences; JLAU: Jilin
Agricultural University; AASJC: Academy of Agricultural
Sciences of Jilin City

光源控光,光照强度设置为 1 800 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,测定功能(上数第 4 节)叶片三出复叶的中间小叶片的气体交换参数,包括净光合速率(P_n)、蒸腾速率(T_r)、气孔导度(G_s)和胞间二氧化碳浓度(C_i)等。

气孔限制值用 C_i/C_a 计算,表观叶肉导度(AMC)用 P_n/C_i 计算,水分利用效率(WUE)用 P_n/T_r 计算,气孔限制值(L_s)用 C_i/C_a 计算。

在大豆成熟期取每个小区中间 3 行测定籽粒产量,然后换算为公顷产量。

1.2.3 数据处理与分析 采用 Excel 2003 和 SPSS ver. 11.5 软件进行数据处理,并采用 Sigmaplot 10.0 软件作图。显著性差异采用 LSD 检验。

2 结果与分析

2.1 不同年代大豆品种净光合速率(P_n)与产量的关系

由图 1 可知,在大豆品种改良过程中,籽粒的产量与其叶片的净光合速率(P_n)呈极显著的正相关关系($r=0.6102^{**}$),籽粒产量随叶片 P_n 的增加则呈现为递增的趋势变化,说明在进行大豆品种改良的过程中,使籽粒产量得以提高的同时,其叶片的 P_n 也得到了明显改善,叶片 P_n 的提高促进了叶片有效光合能力增强,从而又使光合产物的积累能力得以增加,这是品种遗传改良过程中大豆籽粒产量增加的一个重要原因。

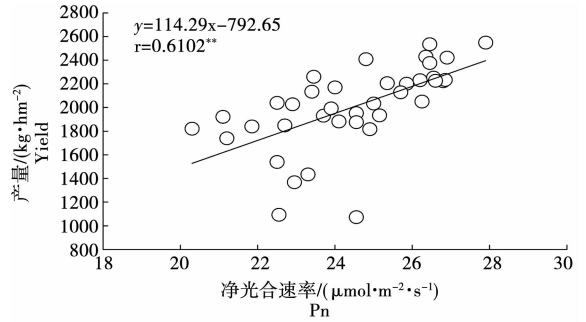


图 1 不同年代大豆品种籽粒产量与叶片净光合速率的相关性
Fig. 1 Correlation between grain yield and net
photosynthetic rate of soybean cultivars in different years

2.2 不同年代大豆品种气孔导度(G_s)与产量的关系

气孔导度(G_s)是用来代表光合过程中底物 CO_2 在气相中传输的能力。郑殿君等^[7]研究表明,大豆高产品种叶片的 G_s 高于低产的大豆品种的 G_s 。通过对吉林省不同年代大豆品种籽粒产量与叶片 G_s 相关分析(见图 2),结果表明,籽粒产量随其叶片 G_s 的增加而呈增加变化,相关系数为 0.161 2,尚未能达到显著水平。

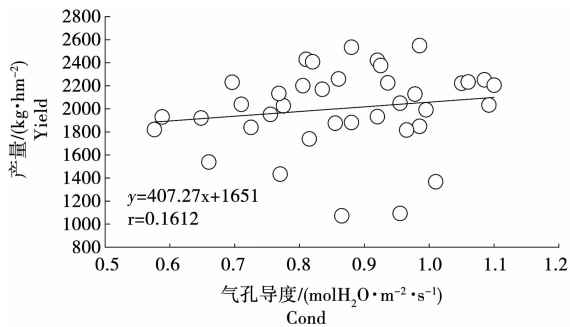


图2 不同年代大豆品种籽粒产量与叶片气孔导度的相关性

Fig. 2 Correlation between grain yield and leaf

Gs of soybean cultivars in different years

2.3 不同年代大豆品种胞间二氧化碳浓度(Ci)与产量的关系

通过对不同年代大豆品种籽粒产量与其叶片胞间二氧化碳浓度(Ci)进行相关分析(见图3),结果表明,产量随其叶片Ci增加而呈现出降低的变化,相关系数 $r = -0.0090$,显著分析表明尚未能够达到显著水平。

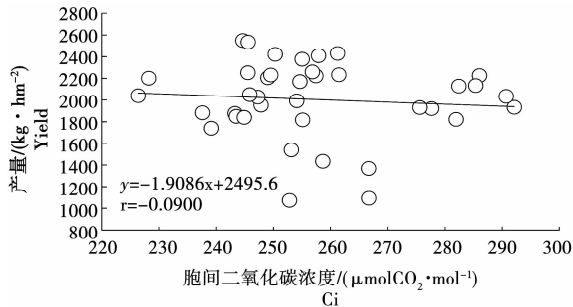


图3 不同年代大豆品种籽粒产量与叶片胞间二氧化碳浓度的相关性

Fig. 3 Correlation between grain yield and leaf

Ci of soybean cultivars in different years

2.4 不同年代大豆品种蒸腾速率(Tr)与产量的关系

叶片蒸腾作用的强与弱可用蒸腾速率(Tr),即蒸腾强度表示。通过对不同年代品种籽粒产量与叶片蒸腾速率作相关分析(见图4),结果表明,产量随其叶片的Tr增加而呈现出显著增加变化,相关系数 $r = 0.6316$,显著性分析表明达到了极显著水平。

2.5 不同年代大豆品种水分利用效率(WUE)与产量的关系

水分利用效率(WUE)是衡量植物对水分利用状况指标^[8]。通过对不同年代品种产量与其叶片WUE相关分析(见图5),结果表明,产量随与其叶片WUE呈显著负相关,相关系数达 -0.5165 ,显著性分析表明达到了显著水平。这与Frederick等^[10]的研究结果基本一致。因此,

这一研究结果可推测出现代品种比较适应于较好的水分条件,其对于水分胁迫可能更为敏感。

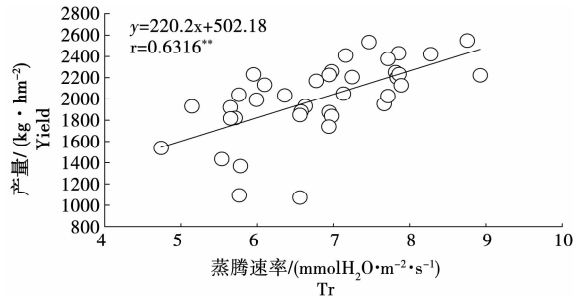


图4 不同年代大豆品种籽粒产量与叶片蒸腾速率的相关性

Fig. 4 Correlation between grain yield and leaf

Tr of soybean cultivars in different years

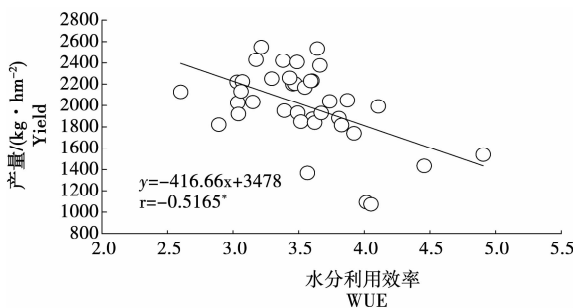


图5 不同年代大豆品种籽粒产量与叶片水分利用效率的相关性

Fig. 5 Correlation between grain yield and leaf

WUE of soybean cultivars in different years

2.6 不同年代大豆品种表观叶肉导度(AMC)与产量的关系

表观叶肉导度(AMC)是光合作用底物 CO_2 从气孔下腔传导到叶肉细胞的叶绿体的液相中传导能力。通过对不同年代品种籽粒产量与其叶片AMC之间的相关分析(见图6),结果表明,籽粒产量随着叶片AMC的增加而增加,相关系数 $r = 0.5211$,显著性分析表明达到了显著正相关水平。可见,通过遗传改良可以改善大豆生理代谢功能,进而影响叶肉细胞Rubisco羧化酶活性,使叶片Pn得到升高,使大豆叶片保持着较高的光合速率。

2.7 不同年代大豆品种气孔限制值(Ls)与产量的关系

通过对不同年代品种籽粒产量与其叶片气孔限制值(Ls)相关分析(见图7),结果表明,籽粒产量随其叶片Ls的增加而呈现出降低变化,相关系数 $r = -0.3492$,但显著性分析表明,尚未能达到显著水平。说明,现代品种叶片的Ls的减小,叶片吸收 CO_2 的能力加强,在提高光合速率方面有较大潜力。

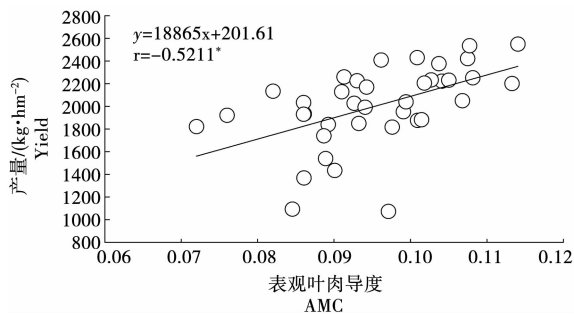


图6 不同年代大豆品种籽粒产量与叶片表观叶肉导度的相关性

Fig. 6 Correlation between grain yield and leaf AMC of soybean cultivars in different years

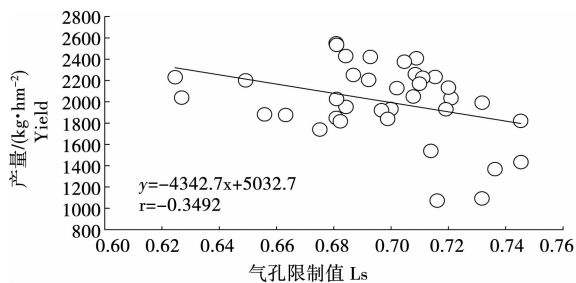


图7 不同年代大豆品种籽粒产量与叶片气孔限制值的相关性

Fig. 7 Correlation between grain yield and leaf Ls of soybean cultivars in different years

3 结论与讨论

在1988年Cox等^[9]研究表明,在一致的生长环境条件下,通过对遗传改良进行评价是比较不同品种间差异的有效手段。也有研究表明,大豆籽粒产量随育成年代呈现出显著增加的趋势变化^[10-11]。在品种的遗传改良中,产量^[12-13]、生长特性^[3]、农艺性状^[2]和生物学特性^[5]都表现为规律性变化。

光合作用中产生的干物质是产量增加的物质基础^[14]。1990年和1991年Frederick等^[15-16]通过对新品种及老品种分别在灌溉和干旱胁迫的条件下,研究其WEU表明,低产和老品种WEU明显高于新品种,其对于提高WEU有较好的适应性。本研究表明,籽粒产量提高的同时,Pn、Gs、MAC和Tr均随品种育成年代的推进而提高,但叶片WUE则随育成年代推进而降低。同时,叶片Pn和AMC随着育成年代的推移呈增加趋势,而Ls呈下降趋势变化。这一结果表明,近代的品种虽然具有较高Gs,但叶片仍然尚具有气孔限制,进而会影响到光合作用,制约产量的提高。

由于遗传改良的应用以及相应栽培措施的完善,使得大豆产量以及产量性状随着育成年代的推移而逐渐增加。研究表明在品种的改良中,大豆产量增加了,其叶片的光合能力也随之得到增强^[17-18]。郑殿君等^[7]比较了3个产量水平下各品

种净光合速率的变化,得出高产大豆品种的光合指标均优于低产大豆品种。李大勇等^[12]研究表明,新品种的叶片光合强度高于老品种的。

本研究通过对籽粒产量与叶片气体交换参数的相关性分析表明,籽粒产量与Pn和AMC正相关达到极显著水平,而叶片的WUE与籽粒产量呈显著负相关,Pn、AMC和WUE可以作为衡量籽粒产量的育种参考指标。

参考文献:

- [1] Specht J E, Hume D J, Kumudini S V. Soybean yield potential—A genetic and physiological perspective[J]. Crop Science, 1999, 39(6): 1560-1570.
- [2] Ustun A, Allen F L, English B C. Genetic progress in soybean of the U. S. Midsouth[J]. Crop Science, 2001, 41(4): 993-998.
- [3] Kumudini S, Hume D J, Chu G. Genetic improvement in short season soybeans; I. Dry matter accumulation, partitioning, and leaf area duration[J]. Crop Science, 2001, 41(42): 141-145.
- [4] Wilcox J R. Sixty years of improvement in publicly developed elite soybean lines[J]. Crop Science, 2001, 41(6): 1711-1716.
- [5] Morrison M J, Voldeng H D, Cober E R. Agronomic changes from 58 years of genetic improvement of short-season soybean cultivars in Canada[J]. Agronomy Journal, 2000, 91(4): 685-9.
- [6] 许大全. 光合作用及有关过程对长期高CO₂浓度的响应[J]. 植物生理学报, 1994(2): 81-87.
- [7] 郑殿君, 张治安, 姜丽艳, 等. 不同产量水平大豆叶片气体交换特性的比较[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(1): 111-113.
- [8] 周欣, 郭亚芬, 魏永霞, 等. 水分处理对大豆叶片净光合速率、蒸腾速率及水分利用效率的影响[J]. 农业现代化研究, 2007, 28(3): 374-376.
- [9] Cox T S, Shroyer J P, Liu B H, et al. Genetic improvement in agronomic traits of hard red winter wheat cultivars 1919 to 1987[J]. Crop Science, 1988, 28(5): 756-760.
- [10] Karmakar P G, Bhatnagar P S. Genetic improvement of soybean varieties released in India from 1969 to 1993[J]. Euphytica, 1996, 90(1): 95-103.
- [11] Luedders V D. Genetic improvement in yield of soybeans[J]. Crop Science, 1977, 17(6): 971-972.
- [12] 李大勇, 徐克章, 张治安, 等. 新老大豆品种叶片光合特性的比较[J]. 中国油料作物学报, 2007, 29(3): 281-285.
- [13] Voldeng H D, Cober E R, Hume D J, et al. Fifty-eight years of genetic improvement of short-season soybean cultivars in Canada[J]. Crop Science, 1997, 37(2): 428-431.
- [14] 张玉姣, 徐克章, 陈展宇, 等. 不同年代大豆品种根系伤流液含氮化合物的变化[J]. 中国油料作物学报, 2014, 36(4): 469-472.
- [15] Frederick J R, Woolley J T, Hesketh J D, et al. Water deficit development in old and new soybean cultivars[J]. Agronomy Journal, 1990, 82(1): 76-81.
- [16] Frederick J R, Woolley J T, Hesketh J D, et al. Seed yield and agronomic traits of old and modern soybean cultivars under irrigation and soil water-deficit[J]. Field Crops Research, 1991, 27(1): 71-82.
- [17] Ashley D A, Boerma H R. Canopy photosynthesis and its association with seed yield in advanced generations of a soybean cross[J]. Crop Science, 1989, 29(4): 1042-1045.
- [18] Buttery B R, Buzzell R I, Findlay W I. Relationships among photosynthetic rate, bean yield and other characters in field-grown cultivars of soybean[J]. Canadian Journal of Plant Science, 1981, 61(2): 190-197.

承德冷凉山区燕麦和荞麦种植结构及开发情况

盖颜欣¹,王艳芝¹,季志强¹,郭玉炜¹,李春宁²,冀大富³,孙瑞臣⁴

(1.承德市农林科学院,河北 承德 067000;2.丰宁满族自治县农牧局,河北 丰宁 068359;3.围场县满族蒙古族自治县农牧局,河北 围场 068450;4.承德市国营鱼儿山牧场,河北 丰宁 068359)

摘要:为了进一步开发和利用燕麦和荞麦资源,针对承德气候带的Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ三个类型区进行燕麦和荞麦的种植结构研究和适宜品种划分。结果表明:根据承德山区农业生态特点,分别划分为坝上极早熟、接坝早熟、北部早熟三个类型燕麦、荞麦种植区;通过燕麦、荞麦品种引进、筛选试验,确定了适宜不同类型区种植的新品种;创造了燕麦单产 5 383.5 kg·hm⁻²,甜荞 2 670 kg·hm⁻²的产量水平;苦荞产量最高记录 4 870.5 kg·hm⁻²。有效填补了承德市品种结构缺失的空白,加快了品种更新的步伐。承德冷凉山区燕麦、荞麦产业发展具有历史、旅游和资源等优势,有着很好的发展前景。

关键词:承德冷凉山区;燕麦;荞麦;种植结构;开发

中图分类号:S512.6;S517 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-2767(2017)09-0023-06 DOI:10.11942/j.issn1002-2767.2017.09.0023

承德坝上由于位于渤海湾、华北平原和内蒙古高原之间,气候区域隶属于寒冷类大陆性季风

气候的温带地区。属波状高原,内陆水系,农牧交错带,气候冷凉、生育期短、干旱,气候变化较为复杂。以丰宁满族自治县和围场满族蒙古族自治县北部的伊肯坝、牛圈子坝、塞罕坝为界,是“远看是山,近看是滩”的坝上高原,面积为 4 135.2 km²,占河北省高原面积的 25.9%,平均海拔 1 200~1 500 m,年均气温 1~3℃,降雨 250~400 mm,具有发展燕麦、荞麦良好的地理优势,并且有较早

收稿日期:2017-07-19
基金项目:2015 年承德市科学技术研究与发展计划(第二批)资助项目(20152028);2017 年度河北省重点研发计划绿山富民科技工程专项资助项目(17236405D)
第一作者简介:盖颜欣(1964-),男,辽宁省朝阳市人,研究员,从事作物育种与栽培研究。E-mail: gaiyanxin@163.com.

Relationship Between Yield and Leaf Gas Exchange Parameters of Soybean Cultivars Released in Different Years

LIU Guo-ning^{1,2}, LI Da-yong², CUI Jing-jing², ZHENG Hong-bing³, LIU Bing², BAI Zi-yu², ZHANG Zhi-an²

(1. Baicheng Normal University, Baicheng, Jilin 137000; 2. Agricultural College, Jilin Agricultural University, Changchun, Jilin 130118; 3. Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun, Jilin 130124)

Abstract: In order to promote variety improvement of soybean, the 38 soybean cultivars released in 1923 to 2005 bred in Jilin province were used as test materials, the leaf gas exchange parameters at soybean seed filling period, and the grain yield in the mature period were measured, the relationship between yield and leaf gas exchange parameters of soybean cultivars released in different years was analyzed. The results showed that the net photosynthetic rate(Pn) and transpiration rate(Tr) and apparent mesophyll conductance(AMC) were highly significant positive correlation with grain yield($r=0.6102^{**}$, 0.6316^{**} and 0.5211^{*}), and water use efficiency(WUE) was significantly negative correlation($r=-0.5365^{*}$), which showed that the genetic improvement of soybean makes the grain yield increase at the same time, also improved the net photosynthetic rate(Pn) and apparent mesophyll conductance(AMC), and in the seed filling period, photosynthetic rate(Pn) and apparent mesophyll conductance(AMC) and water use efficiency(WUE) can be used as a reference index measuring grain yield breeding.

Keywords: soybeans; grain yield; gas exchange parameter; genetic improvement