

引文格式: 杨学乐, 王素华, 张璐, 等. 不同绿豆品种(系)的光合特性及综合评价[J]. 云南农业大学学报(自然科学), 2024, 39(1): 18–25. DOI: [10.12101/j.issn.1004-390X\(n\).202303043](https://doi.org/10.12101/j.issn.1004-390X(n).202303043)

不同绿豆品种(系)的光合特性及综合评价*

杨学乐, 王素华, 张璐, 李基光, 王艳兰, 胡丽琴, 何录秋**
(湖南省作物研究所, 湖南长沙 410125)

摘要:【目的】筛选光合能力强、产量高的绿豆品种(系)。【方法】在绿豆花荚期, 系统研究 32 个品种(系)的光合性状, 结合产量相关性状, 分析绿豆光合性状间及光合性状与产量间的关系。【结果】光合性状在不同绿豆品种(系)之间存在显著差异; 主成分分析中, 前 2 个主成分的累计贡献率达 91.361%, 第 1 主成分主要反映蒸腾速率(T_r)、气孔导度(G_s)、胞间 CO_2 浓度(C_i)和水分利用率(WUE)的信息, 第 2 主成分主要反映净光合速率(P_n)的信息; 聚类分析将 32 个绿豆品种(系)聚为 3 类, 第 II 类群的 6 份材料具有较高的 P_n 、 G_s 、 C_i 和 T_r 。【结论】绿豆品种(系)吉绿 3 号和冀绿 2 号的光合性状和产量性状表现较好, 适于在生产中推广应用。

关键词: 绿豆; 光合性状; 产量性状; 主成分分析; 聚类分析

中图分类号: S522.01

文献标志码: A

文章编号: 1004-390X(2024)01-0018-08

Photosynthetic Characteristics and Comprehensive Evaluation of Different Mung Bean Varieties (Lines)

YANG Xuele, WANG Suhua, ZHANG Lu, LI Jiguang, WANG Yanlan, HU Liqin, HE Luqiu
(Crops Research Institute of Hunan Province, Changsha 410125, China)

Abstract: [Purpose] To select the mung bean varieties (lines) with strong photosynthetic ability and high yield. [Methods] The photosynthetic characteristics of 32 mung bean varieties (lines) were investigated at the flowering and pod stage. The correlations among photosynthetic characteristics and between photosynthetic characteristics and yield were analyzed, combining with yield-related traits. [Results] There were significant differences in photosynthetic characteristics among different mung bean varieties (lines). Principal component analysis showed that: the cumulative contribution rate of the first two principal components was 91.361%, the first principal component mainly reflected the information of transpiration rate (T_r), stomatal conductance (G_s), intercellular carbon dioxide concentration (C_i) and water use efficiency (WUE), and the second principal component mainly reflected the information of net photosynthetic rate (P_n). The 32 mung bean varieties (lines) were clustered into three groups by cluster analysis, six materials from group II with higher P_n , G_s , C_i and T_r . [Conclusion] The mung bean varieties (lines) of Jilyu No.3 and Jilyu No.2 show better photo-

收稿日期: 2023-03-22

修回日期: 2024-02-27

网络首发日期: 2024-03-15

*基金项目: 湖南省农业种质资源普查保护利用(湘财农指〔2022〕23号); 湖南省旱粮产业技术体系项目(湘农发〔2019〕105号); 湖南省农科院创新基金(2022CX60)。

作者简介: 杨学乐(1989—), 女, 河南南阳人, 硕士, 助理研究员, 主要从事特色旱杂粮作物育种与栽培研究。E-mail: 1103301542@qq.com

**通信作者 Corresponding author: 何录秋(1965—), 男, 湖南郴州人, 学士, 研究员, 主要从事特色旱杂粮作物育种与栽培研究。E-mail: HLQ4692102@163.com

网络首发地址: <https://link.cnki.net/urlid/53.1044.S.20240314.1728.002>



synthetic characteristics and yield traits, and they are suitable for popularization and application in production.

Keywords: mung bean; photosynthetic characteristics; yield traits; principal component analysis; cluster analysis

绿豆是中国的主要杂粮之一, 在全国各地都有种植, 其中内蒙古、吉林、山西、河南、黑龙江、安徽、广西、四川、湖南和重庆的种植面积占全国总面积的 88.5%^[1]。绿豆品种改良与选育工作始于 20 世纪 80 年代中期, 包括农家品种提纯复壮、优异品种引进和系统选育, 到 20 世纪末选育出绿豆品种 22 个, 大部分为系统选育品种; 进入 21 世纪后, 至 2007 年育成绿豆新品种 34 个, 其中杂交育成品种占比达到 61.76%; 2008 年国家食用豆产业技术体系正式启动, 绿豆新品种培育进入快车道; 至 2020 年, 共培育出绿豆新品种 85 个, 其中杂交品种 63 个、辐照品种 7 个, 育成品种解决了绿豆生产中存在的生育期长、蔓生倒伏、产量低、抗性和适应性差等问题^[2]。然而在绿豆生产中, 由于受诸多因素的影响, 绿豆品种的产量、品质、抗性 etc 表现不稳定。因此, 探索绿豆生长特性、提高绿豆产量和抗性、提升绿豆品质成为绿豆生产亟待解决的问题。

光合作用是植物生长发育和产量形成的基础, 是反映作物产量的重要指标, 改善作物的光合能力对于提高作物产量至关重要。水稻^[3-4]、玉米^[5]、小麦^[6-7]、大豆^[8-9]、马铃薯^[10]等作物的光

合性状已有诸多报道, 近年来, 部分学者对绿豆的光合性状也做了一些研究。高小丽等^[11]对 4 个绿豆品种进行了综合研究, 结果表明: 在绿豆开花结荚期间, 保持较高的叶绿素含量和功能叶片的光合生产能力, 延缓叶片衰老, 对籽粒产量形成具有重要作用。绿豆是中国主要的食用豆之一, 不仅具有较高的食用价值, 还具有较高的药用价值和保健功能。随着种植业结构调整和人们饮食结构的改变, 绿豆在生产和生活中的地位逐步提高, 如何提高绿豆产量以满足大众的需求问题亟待解决。本研究选取 32 份绿豆材料, 对其光合性状和产量性状进行综合评价, 旨在筛选光合能力强、产量性状好的绿豆品种, 为绿豆优良品种的选育工作提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

选用 32 个来自不同生态区的绿豆品种 (系) (表 1), 其中, 浏阳河 1 号为湖南省作物研究所自主选育品种, 安黄绿 1 号由安阳市农业科学院引进, 其余品种 (系) 均由中国农业科学院作物科学研究所引进。

表 1 参试绿豆品种 (系)

Tab. 1 Mung bean varieties (lines) for test

编号 number	种质名称 germplasm name	编号 number	种质名称 germplasm name	编号 number	种质名称 germplasm name	编号 number	种质名称 germplasm name
LD-01	潍绿4号 Weilyu No.4	LD-09	白绿6号 Bailyu No.6	LD-17	吉绿6号 Jilyu No.6	LD-25	保绿942 Baolyu 942
LD-02	潍绿5号 Weilyu No.5	LD-10	白绿8号 Bailyu No.8	LD-18	苏绿08-7 Sulyu 08-7	LD-26	辽绿8号 Liaolyu No.8
LD-03	潍绿7号 Weilyu No.7	LD-11	白绿9号 Bailyu No.9	LD-19	苏绿04-23 Sulyu 04-23	LD-27	南阳绿豆 Nanyang mung bean
LD-04	潍绿8号 Weilyu No.8	LD-12	白绿10号 Bailyu No.10	LD-20	绿珍珠2号 Lyuzhenzhu No.2	LD-28	安黄绿1号 Anhuanglyu No.1
LD-05	潍绿9号 Weilyu No.9	LD-13	白绿11号 Bailyu No.11	LD-21	鄂绿4号 Elyu No.4	LD-29	湘绿1号 Xianglyu No.1
LD-06	中绿5号 Zhonglyu No.5	LD-14	白绿522 Bailyu 522	LD-22	冀绿2号 Jilyu No.2	LD-30	浏阳河1号 Liuyanghe No.1
LD-07	中绿8号 Zhonglyu No.8	LD-15	吉绿3号 Jilyu No.3	LD-23	张家口鹦哥绿 Zhangjiakou Yinggelyu	LD-31	冀绿7号 Jilyu No.7
LD-08	中绿11号 Zhonglyu No.11	LD-16	吉绿4号 Jilyu No.4	LD-24	榆林绿豆 Yulin mung bean	LD-32	苏绿09-8 Sulyu 09-8

1.2 试验方法

1.2.1 试验地概况

试验地位于湖南省作物研究所试验大田(28°12'30"N, 113°4'54"E, 海拔 50 m), 年平均气温 17.2 °C, 年平均降水量 1361.6 mm。试验地土壤为壤土, 地势平坦, 排灌方便, 前茬无作物, 为冬闲田。

1.2.2 田间试验设计

采用随机区组设计, 3 次重复, 小区面积 10 m² (2 m×5 m), 10 行区, 行距×株距为 50 cm×33 cm。穴播, 每穴播 5~6 粒种子, 待绿豆长势稳定后, 每穴定苗 2 株, 每小区留苗 120 株, 折合每公顷留苗约 12 万株。其他栽培管理方式同大田。

1.2.3 光合指标测定

在绿豆花荚期, 利用便携式光合仪测定植株的光合性状。每个小区选取中间行连续 5 株长势一致的植株进行测定, 每株连续测定 3 个有效数据, 测定部位为主茎中部三出复叶的中间小叶, 测定指标包括净光合速率 (net photosynthetic rate, P_n)、气孔导度 (stomatal conductance, G_s)、胞间 CO₂ 浓度 (intercellular carbon dioxide concentration, C_i) 和蒸腾速率 (transpiration rate, T_r), 并按照公式 $P_n/T_r \times 100$ 计算水分利用率 (water use efficiency, WUE)。

1.2.4 产量相关性状测定

绿豆考种参照《绿豆种质资源描述规范和数据标准》^[12]进行。于成熟期每小区随机取 5 株绿豆带回实验室考种, 考种项目包括单株荚数、单荚粒数、荚长、百粒质量和单株产量共 5 个性状。

1.3 数据统计与分析

利用 Excel 2007 对试验数据进行方差分析。利用 SPSS 21.0 进行相关性分析、主成分分析和聚类分析。将 32 个绿豆品种 (系) 光合性状的原始数据进行标准化处理后再进行主成分分析, 根据各主成分的特征值及其标准值计算不同材料的各主成分分值, 进而以各主成分的贡献率为权重, 对各主成分进行线性加权, 以计算各绿豆品种 (系) 的综合得分; 以综合得分为依据, 以欧氏距离为遗传距离进行系统聚类分析。

2 结果与分析

2.1 不同绿豆品种 (系) 的光合性状

由表 2 可知: 32 个绿豆品种 (系) 的 P_n 、 G_s 、

C_i 、 T_r 和 WUE 均存在显著差异, 且各性状的变异程度不同, 其中 G_s 的变异系数最大, 为 17.94%; C_i 的变异系数最小, 为 7.87%。 P_n 、 G_s 、 C_i 、 T_r 和 WUE 的最大值和最小值之间分别相差 1.40 倍、2.40 倍、1.53 倍、2.10 倍和 1.75 倍, 说明不同绿豆品种 (系) 的光合性状遗传变异较大, 遗传信息丰富。

2.2 不同绿豆品种 (系) 光合性状的相关性

由表 3 可知: P_n 与 G_s 、 T_r 呈极显著正相关, 相关系数分别为 0.700 和 0.620; G_s 与 C_i 、 T_r 呈极显著正相关, 与 WUE 呈极显著负相关, 相关系数分别为 0.857、0.793 和 -0.552; C_i 与 T_r 呈极显著正相关, 与 WUE 呈极显著负相关, 相关系数分别为 0.731 和 -0.765; T_r 与 WUE 呈极显著负相关, 相关系数为 -0.841。表明绿豆品种 (系) 的光合指标间相关性较强, 不同指标间存在信息重叠, 因此有必要采用综合分析方法对光合性状进行评价。

2.3 不同绿豆品种 (系) 光合性状的主成分分析

由表 4 可知: 在所有主成分中, 前 2 个主成分的累计贡献率为 91.361%, 说明这 2 个主成分所包含的成分信息可以反映 4 个光合性状的大部分遗传信息。其中, 第 1 主成分的贡献率达 71.746%, 在该主成分中, G_s 、 C_i 和 T_r 有较强的正载荷, WUE 有较强的负载荷, 故该主成分主要反映 G_s 、 C_i 、 T_r 和 WUE 的信息; 第 2 主成分的贡献率为 19.614%, 在该主成分中, P_n 有较强的正载荷, 故该主成分主要反映 P_n 的信息。

由表 5 可知: LD-22 (冀绿 2 号)、LD-28 (安黄绿 1 号) 和 LD-25 (保绿 942) 的综合表现较好, 其中 LD-22 (冀绿 2 号) 的第 1 主成分及综合得分均排名第 1, 表明其光合性状最好。

2.4 不同绿豆品种 (系) 的聚类分析

由图 1 可知: 在遗传距离为 12 时, 可将 32 个绿豆品种 (系) 聚为 3 类。其中第 I 类群包括 22 个绿豆品种 (系), 该类群的 P_n 、 G_s 、 C_i 、 T_r 和 WUE 排名居中; 第 II 类群包括 6 个绿豆品种 (系), 该类群的 P_n 、 G_s 、 C_i 和 T_r 较高, 但 WUE 较低, 综合排名靠前; 第 III 类群包括 4 个绿豆品种 (系), 该类群 P_n 、 G_s 、 C_i 和 T_r 均较低, 但 WUE 较高, 综合排名靠后。

2.5 不同绿豆品种 (系) 的产量性状

由表 6 可知: 32 个绿豆品种 (系) 间的单株

表 2 32 个绿豆品种 (系) 的光合性状

Tab. 2 Photosynthetic characteristics of 32 mung bean varieties (lines)

编号 number	净光合速率/ ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) P_n	气孔导度/ ($\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) G_s	胞间 CO_2 浓度/ ($\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$) C_i	蒸腾速率/ ($\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) T_r	水分利用率/ ($\mu\text{mol}\cdot\text{mmol}^{-2}$) WUE
LD-01	31.46±2.22 ab	0.44±0.09 ab	220.79±15.14 ab	5.95±0.71 bc	5.32±0.29 b
LD-02	25.68±1.25 c	0.22±0.02 c	158.16±14.78 c	3.91±0.28 d	6.59±0.38 a
LD-03	27.35±0.79 bc	0.37±0.05 bc	223.01±10.99 ab	5.94±0.64 bc	4.65±0.38 cd
LD-04	27.68±2.84 bc	0.30±0.06 bc	191.84±9.59 b	5.42±0.79 c	5.14±0.24 bc
LD-05	32.78±1.31 ab	0.41±0.04 ab	205.24±14.21 b	6.80±0.30 b	4.83±0.30 bc
LD-06	31.26±1.29 ab	0.48±0.03 ab	231.35±2.81 ab	7.41±0.22 ab	4.22±0.06 cd
LD-07	31.47±0.69 ab	0.41±0.03 ab	211.29±8.23 b	6.63±0.46 bc	4.76±0.27 bc
LD-08	29.92±0.81 b	0.36±0.02 bc	206.68±6.14 b	5.81±0.23 bc	5.16±0.19 bc
LD-09	27.69±2.63 bc	0.39±0.10 b	223.07±18.90 ab	5.98±1.03 bc	4.71±0.45 bc
LD-10	24.31±1.41 c	0.25±0.01 c	194.82±14.64 b	4.65±0.14 cd	5.24±0.37 bc
LD-11	30.73±2.69 ab	0.39±0.08 b	208.44±9.05 b	6.10±0.78 bc	5.06±0.20 bc
LD-12	29.00±3.70 bc	0.42±0.14 ab	217.66±29.12 ab	6.20±1.56 bc	4.87±0.77 bc
LD-13	29.10±0.83 bc	0.44±0.06 ab	231.27±10.58 ab	6.64±0.50 bc	4.40±0.23 cd
LD-14	29.64±2.79 bc	0.42±0.06 ab	226.80±8.50 ab	6.08±0.55 bc	4.88±0.25 bc
LD-15	30.29±1.22 ab	0.50±0.07 ab	239.38±8.96 ab	7.02±0.16 ab	4.31±0.09 cd
LD-16	32.58±0.55 ab	0.46±0.03 ab	221.24±4.26 ab	6.99±0.28 ab	4.66±0.12 c
LD-17	27.94±1.02 bc	0.41±0.07 ab	230.94±17.04 ab	6.21±0.68 bc	4.55±0.48 cd
LD-18	32.21±0.71 ab	0.44±0.05 ab	217.88±9.62 ab	6.19±0.43 bc	5.22±0.25 bc
LD-19	30.63±1.68 ab	0.45±0.04 ab	229.01±4.62 ab	6.90±0.30 b	4.44±0.06 cd
LD-20	28.46±1.16 bc	0.45±0.06 ab	237.99±8.81 ab	7.14±0.53 ab	4.00±0.21 d
LD-21	29.30±2.64 bc	0.40±0.11 ab	214.77±21.08 b	7.11±1.39 ab	4.23±0.55 cd
LD-22	31.05±1.64 ab	0.52±0.04 a	241.52±1.42 a	7.81±0.36 ab	3.97±0.03 d
LD-23	29.99±0.14 b	0.43±0.04 ab	223.18±12.51 ab	7.18±0.32 ab	4.19±0.18 cd
LD-24	25.23±1.13 c	0.27±0.02 bc	195.24±5.96 b	5.46±0.28 c	4.63±0.08 cd
LD-25	32.40±0.86 ab	0.47±0.03 ab	222.89±4.70 ab	8.07±0.55 ab	4.03±0.21 d
LD-26	27.71±1.18 bc	0.37±0.02 bc	220.54±10.46 ab	6.82±0.30 b	4.07±0.29 cd
LD-27	25.77±1.96 c	0.37±0.02 bc	231.51±17.46 ab	6.88±0.30 b	3.76±0.43 d
LD-28	30.99±1.41 ab	0.49±0.03 ab	235.44±2.19 ab	8.21±0.17 a	3.77±0.09 d
LD-29	26.00±4.42 c	0.33±0.06 bc	216.02±14.73 b	6.44±0.79 bc	4.03±0.36 d
LD-30	33.98±2.35 a	0.36±0.13 bc	203.92±13.79 b	7.77±0.96 ab	4.41±0.29 cd
LD-31	29.64±2.34 bc	0.47±0.06 ab	236.09±6.02 ab	7.77±0.47 ab	3.82±0.18 d
LD-32	27.67±1.78 bc	0.34±0.07 bc	207.77±19.41 b	6.47±0.90 bc	4.32±0.39 cd
平均值 mean	29.37	0.40	217.99	6.56	4.57
F值 F-value	3.19	2.53	3.67	4.35	7.02
变异系数/% coefficient of variation	8.26	17.94	7.87	14.41	12.87

注: 同列不同字母表示在0.05水平上差异显著; 下同

Note: P_n . net photosynthetic rate, G_s . stomatal conductance, C_i . intercellular carbon dioxide concentration, T_r . transpiration rate, WUE. water use efficiency; different letters in the same column indicate significant differences at 0.05 level; the same as below.

表 3 绿豆品种 (系) 光合性状的相关性

Tab. 3 Correlation of photosynthetic characteristics of mung bean varieties (lines)

	净光合速率 P_n	气孔导度 G_s	胞间 CO_2 浓度 C_i	蒸腾速率 T_r
气孔导度 G_s	0.700**			
胞间 CO_2 浓度 C_i	0.321	0.857**		
蒸腾速率 T_r	0.620**	0.793**	0.731**	
水分利用率 WUE	-0.136	-0.552**	-0.765**	-0.841**

注: “***”表示极显著相关 ($P<0.01$)。

Note: “***” indicates extremely significant correlation ($P<0.01$).

表 4 主成分分析的特征向量和特征值

Tab. 4 Eigenvectors and eigen values of principal component analysis

参数 parameter	主成分 principal component	
	PC1	PC2
净光合速率 P_n	0.630	0.758
气孔导度 G_s	0.926	0.219
胞间CO ₂ 浓度 C_i	0.890	-0.259
蒸腾速率 T_r	0.947	-0.018
水分利用率 WUE	-0.802	0.540
特征值 eigen value	3.587	0.981
贡献率/% contribution rate	71.746	19.614
累计贡献率/% cumulative contribution rate	71.746	91.361

荚数、单荚粒数、荚长、百粒质量和单株粒质量均存在显著差异。相关性分析表明： P_n 、 G_s 、 C_i 、 T_r 与产量呈正相关 (相关系数分别为 0.082、0.036、0.038 和 0.217)，WUE 与产量呈负相关 (相关系数为-0.201)，且相关性均不显著。第Ⅰ类群中，LD-18 的单株荚数、单株粒质量位居前列，而荚长和百粒质量处于较低水平；LD-05 的单株荚数、单荚粒数、荚长和单株粒质量排名靠后，而百粒质量处于中等水平。第Ⅱ类群中，LD-15 和 LD-22 的单株荚数、单荚粒数和单株粒质量排名靠前，而百粒质量排名靠后；LD-06 的单荚粒数、荚长、单株粒质量和百粒质量排名均靠前，而单株荚数排名居中。第Ⅲ类群中，LD-04 和 LD-10 的单荚粒数、荚长和百粒质量排名靠前，其中 LD-10 的百粒质量位于第一。综合来看，32 个绿豆品种 (系) 的产量性状与光合性状有一定的关系，光合性状表现好的品种 (系) 其产量性状大部分表现较好，而光合性状差的品种 (系) 其产量性状表现并不一定差，其中 LD-15 (吉绿 3 号) 和 LD-22 (冀绿 2 号) 的光合性状和产量性状表现较好。

3 讨论

同一种作物不同品种间光合性状差异越大，说明种质资源间遗传范围越广，遗传信息越丰富^[11, 13]。赵鹏涛等^[14]对不同类型小麦生育后期的光合性状进行分析，结果表明：不同材料间的 P_n 、 G_s 、 C_i 、 T_r 和 WUE 差异显著；苏春桃等^[15]研究表明：不同甘薯种质间的 P_n 、 G_s 、 C_i 和 T_r

表 5 32 个绿豆品种 (系) 主成分得分及综合排序

Tab. 5 Principal component score and comprehensive ranking of 32 mung bean varieties (lines)

编号 number	主成分得分 principal component score		综合得分 comprehensive score	综合排名 comprehensive ranking
	PC1	PC2		
LD-01	-0.22	1.47	0.15	17
LD-02	-6.23	1.12	-4.65	32
LD-03	-0.75	-0.73	-0.74	25
LD-04	-2.65	0.10	-2.05	29
LD-05	0.13	1.55	0.43	13
LD-06	1.84	0.29	1.51	5
LD-07	0.03	0.96	0.23	16
LD-08	-1.31	0.79	-0.86	27
LD-09	-0.57	-0.50	-0.55	24
LD-10	-3.82	-1.04	-3.22	31
LD-11	-0.76	1.00	-0.38	23
LD-12	-0.35	0.22	-0.23	22
LD-13	0.72	-0.35	0.49	12
LD-14	-0.06	0.32	0.02	18
LD-15	1.80	0.01	1.42	6
LD-16	1.10	1.24	1.13	7
LD-17	0.05	-0.63	-0.10	19
LD-18	-0.02	1.64	0.34	14
LD-19	1.10	0.26	0.92	9
LD-20	1.48	-0.98	0.95	8
LD-21	0.43	-0.31	0.27	15
LD-22	2.80	-0.03	2.19	1
LD-23	0.99	-0.18	0.74	11
LD-24	-2.71	-1.30	-2.40	30
LD-25	2.20	0.56	1.85	3
LD-26	0.12	-1.13	-0.15	21
LD-27	0.41	-2.21	-0.15	20
LD-28	2.77	-0.25	2.12	2
LD-29	-0.68	-1.76	-0.91	28
LD-30	0.74	1.39	0.88	10
LD-31	2.16	-0.71	1.54	4
LD-32	-0.77	-0.79	-0.78	26

差异极显著。本研究中，32 个绿豆品种 (系) 的 P_n 、 G_s 、 C_i 、 T_r 和 WUE 均存在显著差异，说明其光合性状可选择的范围较广，遗传基础丰富。

P_n 是反应植物光合作用强弱的重要指标之一，对不同作物的光合性状研究表明：光合速率与其他光合参数之间存在不同程度的相关性。如：牛宁等^[16]对黄淮海地区不同大豆材料的光合性状

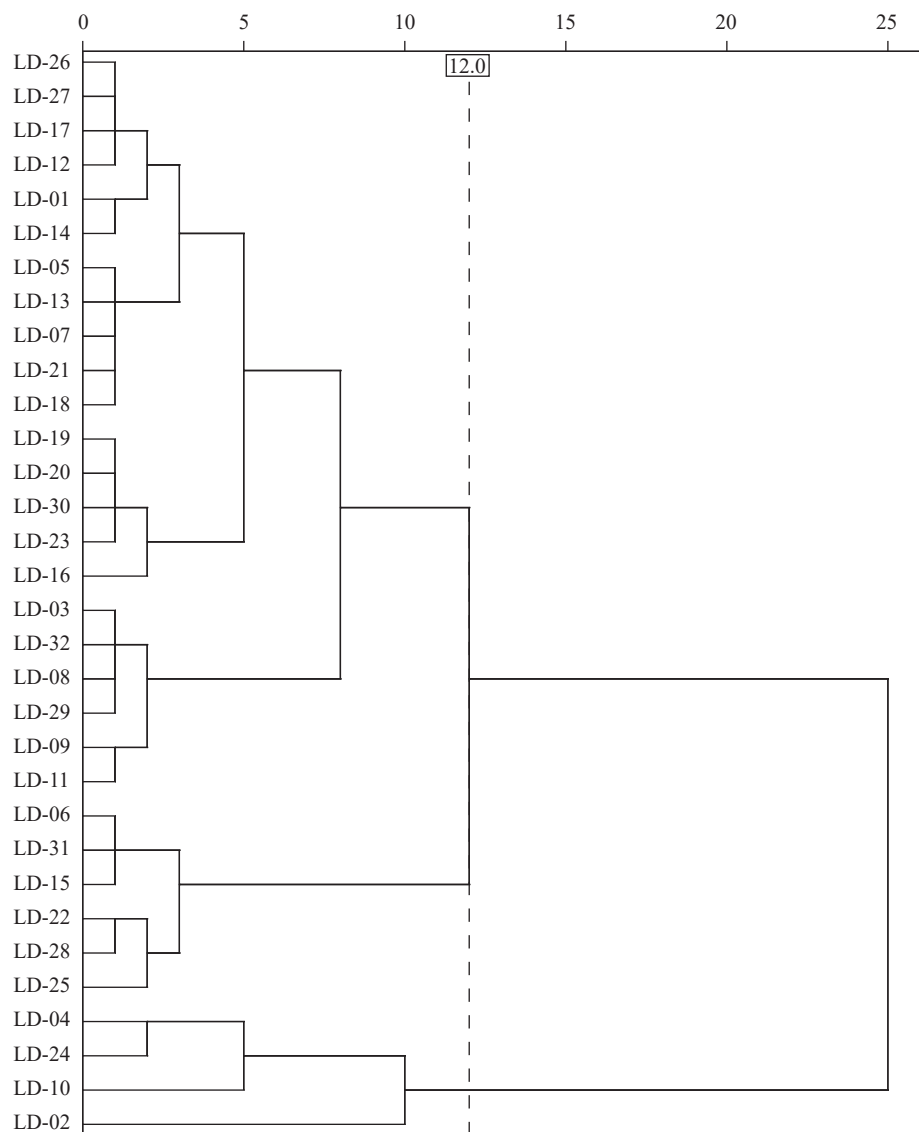


图 1 基于综合评价值的 32 个绿豆品种 (系) 聚类图

Fig. 1 Cluster diagram of 32 mung bean varieties (lines) based on comprehensive evaluation value

进行测定, 结果表明: P_n 与 G_s 、WUE 极显著正相关, 与 C_i 、 T_r 负相关; 张一中等^[17]研究表明: 不同高粱种质资源的 P_n 与 T_r 、 G_s 、WUE 极显著正相关, 与 C_i 极显著负相关。在本研究中, P_n 与 G_s 、 T_r 极显著正相关, 这与高小丽等^[11]和申慧芳等^[18]的研究结果一致, 说明 G_s 和 T_r 对绿豆的 P_n 有较大影响。

主成分分析和聚类分析是分析和评价种质材料的常用方法。郭欢乐等^[19]利用主成分分析和聚类分析对湖南玉米地方种质进行评价, 结果表明: 主要遗传信息集中在前 4 个主成分, 其累积贡献率达 68.0103%, 聚类分析将所有品种聚为 3 个类群, 可分别用于早熟耐密、稀植大穗及专

用爆裂玉米育种研究。王营营等^[20]研究表明: T_r 和 WUE 对绿豆光合性状划分起主要作用, 并通过聚类分析将 18 个绿豆品种聚为 3 类, 并筛选出 3 个光合性状较优的绿豆品种。本研究显示: 32 个绿豆品种 (系) 的光合性状中, 前 2 个主成分的累计贡献率达 91.361%, 第 1 主成分主要反映 G_s 、 C_i 、 T_r 和 WUE 的信息, 第 2 主成分主要反映 P_n 的信息; 聚类分析将 32 个绿豆品种 (系) 聚为 3 类, 其中第 II 类群的 6 份材料具有较高的 P_n 、 G_s 、 C_i 和 T_r , 可为绿豆的高效育种提供借鉴。

前人对产量与光合性状关系的研究结果不尽相同。唐玉劼等^[21]对 16 份高粱材料光合性状和产量之间的关系进行研究, 结果表明: P_n 、 G_s 、

表 6 32 个绿豆品种 (系) 产量构成因素

Tab. 6 Yield components of 32 mung bean varieties (lines)

编号 number	单株荚数 pod number of per plant	单荚粒数 seed number of per pod	荚长/cm pod length	单株粒质量/g seed weight of per plant	百粒质量/g 100-seed weight
LD-01	36.40 b	12.80 ab	9.84 bc	11.88 bc	5.15 g
LD-02	36.00 b	11.80 bc	9.64 c	11.15 bc	5.40 f
LD-03	35.40 b	13.20 ab	9.60 c	12.56 bc	5.60 e
LD-04	35.20 b	13.80 ab	11.24 ab	11.78 bc	5.71 e
LD-05	25.60 bc	9.80 c	8.60 cd	8.73 c	5.95 d
LD-06	31.40 bc	13.20 ab	10.48 bc	13.26 bc	6.52 b
LD-07	25.20 bc	13.00 ab	10.52 bc	9.76 bc	6.19 c
LD-08	40.20 bc	12.00 bc	10.48 bc	13.01 bc	5.87 de
LD-09	33.80 bc	12.20 b	10.08 bc	13.70 b	5.41 f
LD-10	18.60 c	14.00 ab	11.88 ab	8.50 c	6.71 a
LD-11	32.80 bc	13.80 ab	9.84 bc	14.16 ab	5.38 f
LD-12	29.40 bc	11.00 bc	11.08 b	11.18 bc	5.60 e
LD-13	42.40 ab	13.00 ab	7.92 d	11.14 bc	3.89 j
LD-14	33.00 bc	12.20 b	10.55 bc	11.47 bc	5.78 de
LD-15	43.00 ab	12.60 ab	10.92 bc	18.96 a	5.53 ef
LD-16	21.60 bc	12.20 b	11.56 ab	9.14 bc	6.05 cd
LD-17	30.60 bc	14.00 ab	9.60 c	12.60 bc	5.16 g
LD-18	52.60 a	12.40 ab	9.40 c	18.76 a	4.52 i
LD-19	41.60 ab	12.00 bc	9.92 bc	12.76 bc	4.90 h
LD-20	27.20 bc	13.50 ab	9.42 c	9.05 bc	5.60 e
LD-21	25.20 bc	10.20 c	9.96 bc	9.74 bc	5.36 f
LD-22	51.00 ab	13.40 ab	9.60 c	15.10 ab	4.33 i
LD-23	39.40 ab	13.20 ab	8.88 cd	11.07 bc	4.71 h
LD-24	20.00 c	12.40 ab	12.64 a	8.54 c	6.48 b
LD-25	14.40 c	10.80 bc	9.56 c	5.78 c	6.04 cd
LD-26	26.80 bc	12.20 b	9.88 bc	10.58 bc	5.26 fg
LD-27	34.60 bc	14.20 a	10.52 bc	11.12 bc	4.89 h
LD-28	34.60 bc	11.00 bc	9.72 bc	12.00 bc	5.60 e
LD-29	32.60 bc	13.40 ab	10.96 bc	11.19 bc	6.03 cd
LD-30	38.20 ab	13.00 ab	10.40 bc	14.68 ab	6.39 b
LD-31	23.80 bc	12.40 ab	10.40 bc	10.02 bc	5.85 de
LD-32	27.60 bc	12.00 bc	8.64 cd	7.67 c	5.15 g

C_i 、 T_r 和 WUE 与产量无显著相关性; 刘庆芳等^[22]对冬小麦不同时期旗叶光合特性与产量之间的关系进行研究, 结果表明: 开花期、灌浆前期、灌浆后期和灌浆末期, 冬小麦旗叶的 P_n 与产量呈显著或极显著正相关。本研究中, P_n 、 G_s 、 C_i 、 T_r 与产量呈正相关, WUE 与产量呈负相关, 但相关性都不显著, 结合聚类分析的结果可知: 绿豆品种 (系) 的产量性状与光合性状有一定的关系, 光合性状表现好的其产量性状大部分表现较好, 而光合性状差的其产量性状表现并不一定差。

4 结论

不同绿豆品种 (系) 的光合性状存在显著差异, 且不同绿豆品种 (系) 的产量性状与光合性状有一定的关系。吉绿 3 号和冀绿 2 号的光合性状和产量性状表现较好, 适于在生产中推广应用。

[参考文献]

- [1] 刘勇, 叶鹏盛, 韦树谷, 等. 中国绿豆生产现状[J]. 四川农业科技, 2022(12): 89. DOI: [10.3969/j.issn.1004-1028.2022.12.026](https://doi.org/10.3969/j.issn.1004-1028.2022.12.026).

- [2] 田静,程须珍,范保杰,等.我国绿豆品种现状及发展趋势[J].作物杂志,2021(6):15. DOI: 10.16035/j.issn.1001-7283.2021.06.003.
- [3] 陈林,王芬.水稻光合特性研究综述[J].高原山地气象研究,2010,30(4):89. DOI: 10.3969/j.issn.1674-2184-2010.04.016.
- [4] 童平,杨世民,马均,等.不同水稻品种在不同光照条件下的光合特性及干物质积累[J].应用生态学报,2008,19(3):505. DOI: 10.13287/j.1001-9332.2008.0133.
- [5] 宁堂原,焦念元,赵春,等.不同品种春夏玉米套作模式中夏玉米光合特性与产量的关系[J].中国生态农业学报,2009,17(3):459. DOI: 10.3724/SP.J.1011.2009.00459.
- [6] 姜丽娜,王珍珠,张凯,等.不同品种小麦光合和产量性状的比较研究[J].中国农学通报,2012,28(36):171. DOI: 10.3969/j.issn.1000-6850.2012.36.029.
- [7] 张玲丽,王辉,孙道杰,等.不同类型高产小麦品种的光合特性研究[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2005,33(3):53. DOI: 10.13207/j.cnki.jnwafu.2005.03.012.
- [8] 张伟,宋显军,谢甫绶,等.不同大豆品种光合特性的比较[J].大豆科学,2008,27(3):391. DOI: 10.11861/j.issn.1000-9841.2008.03.0391.
- [9] 张瑞鹏,杨德忠,傅连舜,等.不同来源大豆品种光合速率日变化及其影响因子的研究[J].大豆科学,2007,26(4):490. DOI: 10.3969/j.issn.1000-9841.2007.04.008.
- [10] 张贵合,郭华春.马铃薯不同品种(系)的光合特性比较与聚类分析[J].作物学报,2017,43(7):1067. DOI: 10.3724/SP.J.1006.2017.01067.
- [11] 高小丽,孙建敏,高金峰,等.不同基因型绿豆叶片光合性能研究[J].作物学报,2007,33(7):1154. DOI: 10.3321/j.issn:0496-3490.2007.07.017.
- [12] 程须珍,王素华,王丽侠.绿豆种质资源描述规范和数据标准[M].北京:中国农业出版社,2006.
- [13] 刘怀年,李平,邓晓建.水稻种质资源单叶光合速率研究[J].作物学报,2006,32(8):1252. DOI: 10.3321/j.issn:0496-3490.2006.08.025.
- [14] 赵鹏涛,苟升学,赵小光,等.不同小麦进化材料生育后期的光合特性及其对环境因子响应的比较[J].麦类作物学报,2019,39(3):299. DOI: 10.7606/j.issn.1009-1041.2019.03.07.
- [15] 苏春桃,杨浩,高秀梅,等.高光效甘薯种质筛选及光合特性分析[J].热带作物学报,2020,41(12):2462. DOI: 10.3969/j.issn.1000-2561.2020.12.013.
- [16] 牛宁,李振侠,金素娟,等.黄淮海地区大豆光合特性及高光效种质筛选[J].中国油料作物学报,2018,40(4):524. DOI: 10.7505/j.issn.1007-9.84.2018.04.009.
- [17] 张一中,周福平,张晓娟,等.高粱种质材料光合特性和水分利用效率鉴定及聚类分析[J].作物杂志,2018(5):45. DOI: 10.16035/j.issn.1001-7283.2018.05.008.
- [18] 申慧芳,郭峰.不同基因型绿豆光合特性分析[J].山西农业科学,2021,49(11):1274. DOI: 10.3969/j.issn.1002-2481.2021.11.05.
- [19] 郭欢乐,汤彬,李涵,等.湖南省玉米地方品种表型性状综合评价及类群划分[J].作物杂志,2022(6):33. DOI: 10.16035/j.issn.1001-7283.2022.06.005.
- [20] 王营营,封朝晖,曹卫东,等.粮肥兼用绿豆不同品种光合特性比较及其聚类分析[J].中国土壤与肥料,2011(6):58. DOI: 10.3969/j.issn.1673-6257.2011.06.011.
- [21] 唐玉劫,郭荣秋,王甯,等.高粱光合特性、水分利用效率鉴定及产量综合性分析[J].分子植物育种,2023,21(13):4486. DOI: 10.13271/j.mpb.021.004486.
- [22] 刘庆芳,李小康,刘保华,等.冬小麦籽粒灌浆特性和旗叶光合特性对产量的影响[J].江苏农业科学,2022,50(19):61. DOI: 10.15889/j.issn.1002-1302.2022.19.009.

责任编辑:何馨成