

关中西部不同绿豆品系的产量和光温水特性

屈 洋<sup>1,2</sup>, 高小丽<sup>1</sup>, 任慧莉<sup>1</sup>, 高金锋<sup>1</sup>, 王鹏科<sup>1</sup>, 王可珍<sup>2</sup>, 康军科<sup>2</sup>, 冯佰利<sup>1</sup>

(1. 旱区作物逆境生物学国家重点实验室/西北农林科技大学, 陕西 杨凌 712100;

2. 宝鸡市农业科学研究院, 陕西 岐山 722400)

**摘 要:** 分析不同绿豆品系的产量和光、温反应, 确定不同绿豆品系对光、温反应的敏感性。以 2012—2014 年国家绿豆区域试验 14 个参试品系为试验材料, 于全生育期记录各品系平均温度、平均降水和光照时间, 并于成熟期分期采摘, 全区计产, 分析不同绿豆品系对产量和气象因子的敏感性。试验结果表明, 不同品系的产量高稳系数存在差异, 品系 10(维绿 8 号)高稳系数最高, 较对照品系增加 54.3%; 不同绿豆品系的光、温、水反应特性差异显著, 其中有 9 个品系(品系 1, 2, 3, 6, 7, 8, 10, 11, 12)的光稳系数高于对照 ( $P < 0.05$ ), 7 个品系(品系 1, 2, 3, 6, 7, 8, 11)的温稳系数高于对照 ( $P < 0.05$ ), 8 个品系(品系 1, 2, 3, 6, 7, 8, 10, 11)的水稳系数高于对照 ( $P < 0.05$ ); 以光稳系数、温稳系数和水稳系数为基础对 14 个绿豆品系进行划分, 其中对环境反应稳定的品系 4 个、敏感的品系有 4 个和中间类型的有 6 个。夏播绿豆不同品系对环境反应的敏感程度分为稳定型、中间类型、敏感型, 其中属于中间类型的绿豆品系 10 能够获得更高更稳定的产量。

**关键词:** 绿豆; 品系; 光、温、水特性; 产量; 关中西部  
**中图分类号:** S522      **文献标志码:** A

Characteristics of yield and climate factors response to different mungbean (*Vigna radiate* (L.) Wilczek) varieties in Guanzhong west-region

QU Yang<sup>1,2</sup>, GAO Xiao-li<sup>1</sup>, REN Hui-li<sup>1</sup>, GAO Jin-feng<sup>1</sup>, WANG Peng-ke<sup>1</sup>,  
WANG Ke-zhen<sup>2</sup>, KANG Jun-ke<sup>2</sup>, FENG Bai-li<sup>1</sup>

(1. State Key Laboratory of Crop Stress Biology for Arid Areas, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;  
2. Baoji Research Institute of Agricultural Science, Qishan, Shaanxi 722400, China)

**Abstract:** In order to obtain the responses of different mungbean varieties to climate factors, we analyzed the relationship between the factors, including light, temperature, rainfall, and yields of different mungbean varieties. Mungbean varieties from region test in 2012—2014 were used as test materials in the present study. We recorded average temperature, average rainfall, and light time every day during the entire growing season, harvested and analyzed their yields at different stages during the maturation period in all plots. The results indicated that YHSCs of different varieties were different; YHSC of the variety 10 was the highest with the increase by 54.3% compared to the CK. The responses of different mungbean varieties to climatic factor were different; Light stalilization coefficient( $LSC_i$ ) of 9 varieties(1, 2, 3, 6, 7, 8, 10, 11, 12) were much higher than that of CK ( $P < 0.05$ ); Temperature stabilization coefficient( $TSC_i$ ) of 7 varieties(1, 2, 3, 6, 7, 8, 11) were much higher than that of the CK ( $P < 0.05$ ); Rainfall stabilization coefficient( $RSC_i$ ) of 8 varieties(1, 2, 3, 6, 7, 8, 10, 11) were also much higher than that of CK ( $P < 0.05$ ). According to the factors inclusive of LSC, TSC and RSC, different mungbean varieties responding to environment change can be divided into 3 categories, such as stability response, intermediate response, and sensitivity response. To the tested varieties, 4, 6, and 4 varieties belong to stable response, intermediate response, and sensitive response, respectively. In addition, the variety 10, as an intermediate response, had high and stable yield.

**Keywords:** mungbean; varieties; character of climatic factor; yield; Guanzhong west-region

收稿日期: 2016-03-27  
基金项目: 国家自然科学基金项目(31371529); 国家谷子·糜子产业技术体系项目(CARS-07-12.5-A9); 陕西省小杂粮产业技术体系资助  
作者简介: 屈 洋(1983—), 男, 辽宁锦州人, 助理农艺师, 主要从事小杂粮高产栽培和新品种选育研究。E-mail: man2019@163.com。  
通信作者: 冯佰利(1966—), 男, 陕西耀县人, 教授, 博士生导师, 主要从事作物高产生理生态技术及小杂粮栽培育种研究。E-mail: 7012766@163.com。

绿豆(*Vigna radiate* (L.) Wilczek), 豆科蝶形花亚科菜豆族豇豆属, 古名菜豆, 在我国有 2000 多年的栽培历史<sup>[1]</sup>。光、温、水对不同作物的生长和发育均有影响, 高温能促进大豆生育日数减少, 而温度过低可以促进生育日数增加<sup>[2]</sup>; 费志宏等<sup>[3]</sup>研究表明随着温度的升高, 短日照促进大豆发育的效应有所加强, 随着日照的缩短, 高温加快发育的作用也有所加大; 在干旱少雨地区降水有利于夏玉米产量增加, 而在湿润多雨的地区降水则有副作用<sup>[4]</sup>; 陈冠文等<sup>[5]</sup>认为温度和光照对促进棉铃发育具有同等和互补作用, 张新新等<sup>[6]</sup>认为温、光互作对棉花纤维品质尤其是马克隆值最为敏感, 其次为纤维比强度、纤维长度, 同时光、温互作在推进大豆生长发育进程中作用明显<sup>[7-9]</sup>。光、温、水作为综合环境因子共同影响作物的产量和适应性, 绿豆属短日照作物, 喜温、耐旱, 对光、温、水的变化比较敏感, 北方的绿豆品种在南方种植一般比较早熟和器官变小, 而南方的绿豆品种在北方种植多生育期延长、器官变大和成熟期偏晚<sup>[10]</sup>。王丽侠等<sup>[11]</sup>通过不同环境下的表型变异来评价不同绿豆种质资源的生态适应性, 筛选综合农艺性状均具有一定环境稳定性的种质资源。通过对不同夏播绿豆光、温、水反应特性的研究, 确定不同绿豆品系的光、温、水反应类型, 明确不同光温反应类型对不同绿豆品系产量的影响, 对于加快筛选适合关中西部的夏播区绿豆品种(系)效率, 提高夏

播绿豆产量具有重要意义。目前, 光、温、水特性对作物的影响主要集中在大豆、玉米和棉花等作物上, 绿豆的适应性评价还是以不同地区的表型数据变异为主来确定不同绿豆品系的稳定性, 而针对光、温、水综合气象因子评价绿豆的反应特性尚不明确。本研究以不同年份夏播绿豆品系的产量和气象因子相结合, 研究不同绿豆品系的产量稳定性和气象因子反应的稳定性, 评价不同绿豆品系对气象因子的综合反应特性, 研究结果将为关中西部地区夏播绿豆的新品种筛选和适应性评价提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试验区概况

试验品种(系)、名称及来源见表 1。试验在陕西省宝鸡市农业科学研究院试验站进行。该试验站处于陕西关中平原西部, 北纬 34.44°, 东经 107.56°, 海拔高度 669.6 m, 土壤为瘠土, 肥力中等, 年降水量 643.4 mm, 年平均温度 11.9℃, 极端最高温度 36℃, 极端最低温度 -4℃左右, 日照 2 000 h。

### 1.2 试验设计

试验于 2012—2014 年进行, 随机区组设计, 3 次重复; 小区面积 10 m<sup>2</sup>(5 m×2 m), 行距 50 cm, 株距 10 cm。基肥随翻地施入土壤, 尿素 10 kg·hm<sup>-2</sup>, 磷酸二铵 225 kg·hm<sup>-2</sup>; 播种后一个月进行追肥, 尿素 75 kg·hm<sup>-2</sup>, 磷酸二铵 150 kg·hm<sup>-2</sup>, 硫酸钾 120 kg·

表 1 参试品种(系)及来源  
Table 1 Origin and name of different mungbeans

| 品种(系)编号<br>Varieties code | 品种(系)名称<br>Name          | 来源<br>Origin                                                                    |
|---------------------------|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| XLD06-01                  | 安绿 7 号 Anlv 7            | 河南省安阳市农业科学院 Anyang Institute of Agricultural Science                            |
| XLD06-02                  | 苏绿 2 号 Sulv 2            | 江苏省农业科学院蔬菜研究所<br>Vegetable Institute, Jiangsu Institute of Agricultural Science |
| XLD06-03                  | 苏绿 11-8 Sulv 11-8        | 江苏省农业科学院蔬菜研究所<br>Vegetable Institute, Jiangsu Institute of Agricultural Science |
| XLD06-04(CK)              | 保绿 942(CK) Baolv 942(CK) | 河北省保定市农科院 Baoding Institute of Agricultural Science                             |
| XLD06-05                  | 赤绿 5 号 Chilv 5           | 内蒙古赤峰市农牧科学研究院 Chifeng Institute of Agricultural Science                         |
| XLD06-06                  | 保 200330 Bao 200330      | 河北省保定市农科所 Baoding Institute of Agricultural Science                             |
| XLD06-07                  | 保 200319 Bao 200319      | 河北省保定市农科所 Baoding Institute of Agricultural Science                             |
| XLD06-08                  | 冀绿 0308 Jilv 0308        | 河北省农科院作物所 Crop Institute, Hebei Institute of Agricultural Science               |
| XLD06-09                  | 冀绿 0312 Jilv 0312        | 河北省农科院作物所 Crop Institute, Hebei Institute of Agricultural Science               |
| XLD06-10                  | 维绿 8 号 Weilv 8           | 山东省潍坊市农科院 Huaifang Institute of Agricultural Science                            |
| XLD06-11                  | 品绿 08106 Pinlv 08106     | 中国农业科学院作物科学研究所<br>Crop institute, Chinese Academy of Agricultural Science       |
| XLD06-12                  | 郑绿 07-70 Zhenglv 07-70   | 河南省农科院粮作所 Crop Institute, Henan Institute of Agricultural Science               |
| XLD06-13                  | 吉绿 0106 Jilv 0106        | 江西省吉安农科所 Jian Institute of Agricultural Science                                 |
| XLD06-14                  | 兴丰绿 1 号 Xingfenglv 1     | 内蒙古兴丰种业有限公司 Xingfeng Seed Industry Co., Ltd, Inner Mongolia                     |

hm<sup>-2</sup>;全生育期进行三次病虫害防治。

1.3 测定项目与方法

于绿豆成熟期进行分期采收,全部收获后全区计产。全生育期逐日记载光照、温度、降雨等气象因子。

以参试品系的平均产量( $YX$ )和标准差( $YS$ )与比对照增产 10% 的目标产量( $1.1X_{ck}$ )计算高稳系数( $YHSC_i$ );高稳系数越大表示参试品系的高产稳产性越高。各品种的产量高稳系数法参照温振民提出的计算方法,计算公式如下:

$$YHSC_i = [(YX_i - YS_i)/1.1YX_{ck}] \times 100\%$$

式中, $YHSC_i$ 表示第*i*个参试品种的高稳系数; $YX_i$ 表示第*i*个参试品系的年平均产量; $YS_i$ 表示第*i*个参试品系的标准差; $1.1YX_{ck}$ 表示比目标品种的稳产产量  $YX_{ck}$  增产 10%。

不同绿豆品系全生育期的光照( $LSC_i$ )、温度( $TSC_i$ )和降雨( $RSC_i$ )的稳定系数计算的基本原理是利用不同品系年际间完成生活史所需要的气象要素消除年际间气象要素变化产生的误差作为不同品系完成生活史所需要的气象因子量,然后用对照品系年际间需要的平均气象因子量作参照,评价不同品系的气象因子稳定系数,这里不考虑各气象因子的损失,其计算公式如下:

$$LSC_i = [(LX_i - LS_i)/LX_{ck}] \times 100\%$$

$$TSC_i = [(TX_i - TS_i)/TX_{ck}] \times 100\%$$

$$RSC_i = [(RX_i - RS_i)/RX_{ck}] \times 100\%$$

式中, $LX_i$ 、 $TX_i$ 和 $RX_i$ 分别表示第*i*个参试品系的平

均光照时间、平均累积温度和平均降雨量, $LS_i$ 、 $TS_i$ 和 $RS_i$ 分别表示第*i*个参试品系的光照时间标准差、累积温度标准差和降雨标准差, $LX_{ck}$ 、 $TX_{ck}$ 和 $RX_{ck}$ 分别表示对照品系的平均光照时间、平均累积温度和平均降雨量。参试品系的光稳系数( $LSC_i$ )、温稳系数( $TSC_i$ )和水稳系数( $RSC_i$ )越小表示参试品系受光、温和水变化影响越小。

1.4 数据处理与分析

所有数据用 Excel 2007 进行整理和分析,利用 SPSS Statistics 17.0 的 Turkey 法( $P < 0.05$ )进行多重比较、绘图和 K - means 聚类分析。

2 结果与分析

2.1 不同绿豆品系的高稳系数分析

不同夏播绿豆品系的产量和高稳系数见表 2。不同绿豆品系的产量存在一定的差异,年际间变化较大。2012 年品系 11 获得最高的产量( $P < 0.05$ ),其次是品系 10;2013 年品系 9 产量最高( $P < 0.05$ ),其次是品系 11;2014 年品系 10 的产量最高( $P < 0.05$ ),其次是品系 1。夏播绿豆的高稳系数中品系 10 最高,其高稳系数比对照增加 54.3%,具有较好的高产稳产性,其次是品系 1,其高稳系数比对照增加 40.8%,品系 14 高稳系数较低,高产稳产性能较差。在不同降水年型条件下,各品系产量和高稳系数差异较大,可能与不同绿豆品系对年际间光、温、水反应特点存在一定的关系。

表 2 不同夏播绿豆品系的产量和高稳系数  
Table 2 Yield characteristics of different mungbeabs

| 品系<br>Varieties | 2012                                    |                              | 2013                                    |                              | 2014                                    |                              | 高稳系数<br>YHSC<br>/% |
|-----------------|-----------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------|--------------------|
|                 | 小区产量<br>Yield<br>/(kg·m <sup>-2</sup> ) | 标准差<br>Standard<br>deviation | 小区产量<br>Yield<br>/(kg·m <sup>-2</sup> ) | 标准差<br>Standard<br>deviation | 小区产量<br>Yield<br>/(kg·m <sup>-2</sup> ) | 标准差<br>Standard<br>deviation |                    |
| XLD06-01        | 1.69ab                                  | 0.24                         | 2.67cde                                 | 0.04                         | 1.32ab                                  | 0.22                         | 63.2               |
| XLD06-02        | 1.38abc                                 | 0.17                         | 2.81abcd                                | 0.08                         | 0.87cd                                  | 0.10                         | 36.0               |
| XLD06-03        | 1.23bcd                                 | 0.21                         | 2.64cde                                 | 0.21                         | 0.8d                                    | 0.10                         | 31.4               |
| XLD06-04(CK)    | 1.42abc                                 | 0.12                         | 2.7cde                                  | 0.09                         | 1.04abcd                                | 0.15                         | 44.9               |
| XLD06-05        | 1.02cde                                 | 0.20                         | 2.37e                                   | 0.15                         | 0.82cd                                  | 0.09                         | 29.6               |
| XLD06-06        | 1.39abc                                 | 0.35                         | 2.83abcd                                | 0.25                         | 1.12abcd                                | 0.13                         | 45.5               |
| XLD06-07        | 1.44abc                                 | 0.03                         | 2.84abcd                                | 0.12                         | 0.78d                                   | 0.08                         | 33.5               |
| XLD06-08        | 1.4abc                                  | 0.08                         | 2.79bcde                                | 0.10                         | 0.93bcd                                 | 0.08                         | 39.1               |
| XLD06-09        | 1.55abc                                 | 0.18                         | 3.22a                                   | 0.07                         | 1.25abc                                 | 0.21                         | 50.0               |
| XLD06-10        | 1.77ab                                  | 0.08                         | 2.66cde                                 | 0.12                         | 1.42a                                   | 0.12                         | 69.3               |
| XLD06-11        | 1.86a                                   | 0.14                         | 3.15ab                                  | 0.16                         | 0.96bcd                                 | 0.23                         | 47.0               |
| XLD06-12        | 1.57abc                                 | 0.38                         | 2.97abc                                 | 0.12                         | 1.27abc                                 | 0.26                         | 54.4               |
| XLD06-13        | 0.59e                                   | 0.14                         | 2.5de                                   | 0.08                         | 0.95bcd                                 | 0.16                         | 17.5               |
| XLD06-14        | 0.67de                                  | 0.13                         | 2.46de                                  | 0.21                         | 0.83cd                                  | 0.04                         | 17.4               |

注:不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ ),下同。Note: Different lowercase letters indicate significant difference at 0.05 level. The same as below.

2.2 不同绿豆品系的光照特性

各品系的光照反应表现出一定的差异,同一品系不同年际间对光照时间的反应不同(表 3)。各品系三年平均光照时间高于对照的有 7 个品系,低于对照的 6 个品系。与其它品系比较,品系 3 成熟期获得的光照时间最长( $P < 0.05$ ),较对照品系增加 7.3%,其次是品系 2,较对照品系增加 6.0%,品系 9 获得成熟的光照时间最短,比对照降低 2.4%。高于对照光稳系数的有 9 个品系,低于对照光稳系数的有 4 个品系,其中品系 2 光稳系数最大( $P < 0.05$ ),比对照增加 12.5%,其次是品系 3,较对照增加 11.3%,品系 5 光稳系数最小,较对照降低 5.2%。

各品系对光反应的敏感性存在差异,可能与不同品系的光反应特性存在关联。

2.3 不同绿豆品系的温度特性

不同绿豆对全生育期积温的反应见表 4。不同绿豆品系对年际间的温度反应比较敏感,同一品系不同年份需要的累积温度也存在一定的差异。温稳系数中高于对照的有 7 个,低于对照的有 6 个。品系 3 获得成熟的累积温度最高( $P < 0.05$ ),较对照增加 9.9%,其温稳系数最大,比对照增加 11.7%,其次是品系 2,获得成熟需要的累积温度较对照增加 7.9%,温稳系数较对照增加 6.8%;品系 9 完成生活史的累积温度最小,其温稳系数最低,比对照降低 9.5%。

| 表 3 不同绿豆品系全生育期的光照反应                                                                     |       |       |       |                               |                              |                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------------------------------|------------------------------|-------------------|
| Table 3 Characteristics of different mungbeans response to light during growing seasons |       |       |       |                               |                              |                   |
| 品系<br>Varieties                                                                         | 2012  | 2013  | 2014  | 平均光照时间<br>Average light<br>/h | 标准差<br>Standard<br>deviation | 光稳系数<br>LSC<br>/% |
| XLD06-01                                                                                | 647.0 | 459.2 | 509.2 | 538.5abc                      | 97.3                         | 83.4c             |
| XLD06-02                                                                                | 673.7 | 470.7 | 539.6 | 561.3ab                       | 103.2                        | 86.6a             |
| XLD06-03                                                                                | 693.7 | 470.7 | 539.6 | 568.0a                        | 114.2                        | 85.7b             |
| XLD06-04(CK)                                                                            | 660.3 | 419.0 | 509.2 | 529.5bc                       | 121.9                        | 77.0g             |
| XLD06-05                                                                                | 673.7 | 419.0 | 471.2 | 521.3c                        | 134.5                        | 73.0j             |
| XLD06-06                                                                                | 667.0 | 470.7 | 509.2 | 549.0abc                      | 104.0                        | 84.0b             |
| XLD06-07                                                                                | 660.3 | 470.7 | 509.2 | 546.7abc                      | 100.2                        | 84.4b             |
| XLD06-08                                                                                | 660.3 | 459.2 | 494.0 | 537.8abc                      | 107.5                        | 81.3e             |
| XLD06-09                                                                                | 660.3 | 419.0 | 471.2 | 516.8c                        | 127.0                        | 73.6i             |
| XLD06-10                                                                                | 627.0 | 459.2 | 471.2 | 519.1c                        | 93.6                         | 80.4de            |
| XLD06-11                                                                                | 667.0 | 470.7 | 494.0 | 543.9abc                      | 107.2                        | 82.5cd            |
| XLD06-12                                                                                | 647.0 | 459.2 | 471.2 | 525.8c                        | 105.1                        | 79.4f             |
| XLD06-13                                                                                | 673.7 | 419.0 | 494.0 | 528.9bc                       | 130.9                        | 75.1hi            |
| XLD06-14                                                                                | 660.3 | 419.0 | 494.0 | 524.4c                        | 123.5                        | 75.7h             |

| 表 4 不同绿豆对生育期积温的反应特性                                                                                       |        |        |        |                                              |                              |                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|----------------------------------------------|------------------------------|-------------------|
| Table 4 Characteristics of different mungbeans response to accumulated temperature during growing seasons |        |        |        |                                              |                              |                   |
| 品系<br>Varieties                                                                                           | 2012   | 2013   | 2014   | 平均积温<br>Average accumulated<br>temperature/℃ | 标准差<br>Standard<br>deviation | 温稳系数<br>TSC<br>/% |
| XLD06-01                                                                                                  | 2347.7 | 1985.9 | 1086.9 | 1806.8abcd                                   | 649.2                        | 67.0e             |
| XLD06-02                                                                                                  | 2409.9 | 2033.6 | 1151.2 | 1864.9ab                                     | 646.1                        | 70.5b             |
| XLD06-03                                                                                                  | 2449.2 | 2033.6 | 1219.2 | 1900.7a                                      | 625.7                        | 73.7a             |
| XLD06-04(CK)                                                                                              | 2272.3 | 1810.4 | 1103.9 | 1728.9cd                                     | 588.5                        | 66.0f             |
| XLD06-05                                                                                                  | 2409.9 | 1810.4 | 1082.8 | 1767.7bcd                                    | 664.6                        | 63.8h             |
| XLD06-06                                                                                                  | 2396.8 | 2033.6 | 1120.8 | 1850.4abc                                    | 657.4                        | 69.0c             |
| XLD06-07                                                                                                  | 2272.3 | 2033.6 | 1137.8 | 1814.6abcd                                   | 598.1                        | 70.4b             |
| XLD06-08                                                                                                  | 2272.3 | 1984   | 1088.7 | 1781.7abcd                                   | 617.2                        | 67.3e             |
| XLD06-09                                                                                                  | 2272.3 | 1810.4 | 980.9  | 1687.9d                                      | 654.4                        | 59.7j             |
| XLD06-10                                                                                                  | 2293.7 | 1984   | 980.9  | 1752.9bcd                                    | 686.2                        | 61.7i             |
| XLD06-11                                                                                                  | 2396.8 | 2033.6 | 1105.6 | 1845.3abc                                    | 665.9                        | 68.2d             |
| XLD06-12                                                                                                  | 2347.7 | 1984   | 980.9  | 1770.9abcd                                   | 707.9                        | 61.5i             |
| XLD06-13                                                                                                  | 2409.9 | 1810.4 | 1105.6 | 1775.3abcd                                   | 652.9                        | 64.9g             |
| XLD06-14                                                                                                  | 2272.3 | 1810.4 | 1105.6 | 1729.4cd                                     | 587.5                        | 66.0f             |

2.4 不同绿豆品系的水分特性

不同绿豆品系对生育期的降雨反应特性见表 5。不同绿豆品系对水分的反应存在差异,同一绿豆品系不同年份对水分的反应也不同。各绿豆品系的水稳系数高于对照的有 8 个(分别是品系 1,2,3,6,7,8,10,11),低于对照的有 5 个;品系 3 获得成熟所

需要的降水量最大( $P < 0.05$ ),较对照增加 7.5%,其次是品系 2,较对照增加 6.2%;品系 9 完成生活史所需要的降雨量最低,较对照降低 2.1%;品系 2 的水稳系数最大( $P < 0.05$ ),较对照增加 11.4%,品系 3 的水稳系数次之,较对照增加 10.2%,品系 9 水稳系数最低。

| 表 5 不同绿豆对生育期降雨的反应特性                                                                     |       |       |       |                                   |                              |                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-----------------------------------|------------------------------|-------------------|
| Table 5 Characteristics of different mungbeans response rainfall during growing seasons |       |       |       |                                   |                              |                   |
| 品系<br>Varieties                                                                         | 2012  | 2013  | 2014  | 平均降雨量<br>Average rainfalls<br>/mm | 标准差<br>Standard<br>deviation | 水稳系数<br>RSC<br>/% |
| XLD06-01                                                                                | 317.2 | 249.6 | 209.0 | 258.6abc                          | 54.6                         | 80.4d             |
| XLD06-02                                                                                | 330.3 | 255.8 | 221.5 | 269.2ab                           | 55.6                         | 84.3a             |
| XLD06-03                                                                                | 340.1 | 255.8 | 221.5 | 272.5a                            | 61.0                         | 83.4b             |
| XLD06-04(CK)                                                                            | 323.7 | 227.8 | 209.0 | 253.5bc                           | 61.5                         | 75.7gh            |
| XLD06-05                                                                                | 330.3 | 227.8 | 193.4 | 250.5c                            | 71.2                         | 70.7k             |
| XLD06-06                                                                                | 327.0 | 255.8 | 209.0 | 264.0abc                          | 59.4                         | 80.7cd            |
| XLD06-07                                                                                | 323.7 | 255.8 | 209.0 | 262.9abc                          | 57.7                         | 81.0c             |
| XLD06-08                                                                                | 323.7 | 249.6 | 202.8 | 258.7abc                          | 61.0                         | 78.0f             |
| XLD06-09                                                                                | 323.7 | 227.8 | 193.4 | 248.3c                            | 67.5                         | 71.3j             |
| XLD06-10                                                                                | 307.4 | 249.6 | 193.4 | 250.1c                            | 57.0                         | 76.2g             |
| XLD06-11                                                                                | 327.0 | 255.8 | 202.8 | 261.9abc                          | 62.3                         | 78.8e             |
| XLD06-12                                                                                | 317.2 | 249.6 | 193.4 | 253.4bc                           | 62.0                         | 75.6h             |
| XLD06-13                                                                                | 330.3 | 227.8 | 202.8 | 253.6bc                           | 67.6                         | 73.4i             |
| XLD06-14                                                                                | 323.7 | 227.8 | 202.8 | 251.4c                            | 63.8                         | 74.0i             |

2.5 光、温、水对不同绿豆品系的影响

光、温、水是绿豆生长的必备要素,以光稳系数为  $X$  轴,温稳系数为  $Y$  轴,水稳系数为  $Z$  轴,其综合作用对不同品系的影响见图 1。以对照品种品系 4 作为参照,其品系 5,9,13,14 处于图中的下半区;品系 8,10,11,12 处于中部;品系 1,2,3,6,7 处于上半区。进一步的聚类分析表明(表 6),不同绿豆品系对光、温、水反应特性可以分为三类:第一类包括品系 1,4,8,10,11,12,与对照具有类同的光、温、水反应特性,对环境变化的反应属于中间类型;第二类有品系 5,9,13,14,位于对照以下,对环境变化的反应属于稳定型;第三类有品系 2,3,6,7,位于对照品系以上,对环境变化的反应属于敏感型。

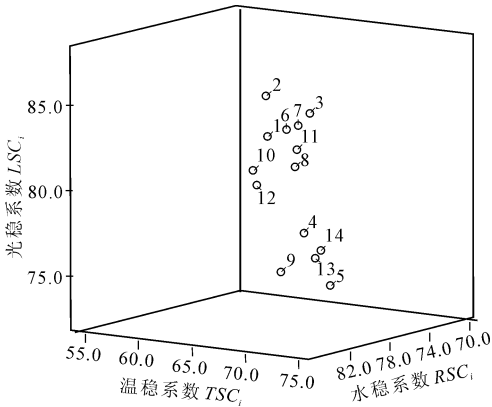


图 1 光、温、水对不同绿豆品系的影响

Fig.1 Effect of different mungbeans on environment change

3 讨论和结论

3.1 不同绿豆品系的产量高稳系数

由于绿豆成熟期不尽一致,必须进行分期采摘,全区计产。对绿豆产量性状的评价以温振民<sup>[12]</sup>提出的高稳系数法分析,此方法通过参试品系的平均产量和标准差形成新的统计参数来消除环境变化对品系造成的影响,然后用不同品系的遗传基础产量与目标品种的产量百分比来反映不同品系的高产稳产性能<sup>[13]</sup>,具有一定的适用性并容易掌握<sup>[14]</sup>。本

| 表 6 不同绿豆品系对光、温、水反应的类别                                                      |                                        |       |        |                 |
|----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-------|--------|-----------------|
| Table 6 The clusters of different mungbeans response to environment change |                                        |       |        |                 |
| 类别<br>Clusters                                                             | 类别中心间距离<br>Distance of clusters center |       |        | 品系<br>Varieties |
|                                                                            | 1                                      | 2     | 3      |                 |
| 1                                                                          | —                                      | 8.291 | 8.711  | 1,4,8,10,11,12  |
| 2                                                                          | —                                      | —     | 16.466 | 5,9,13,14       |
| 3                                                                          | —                                      | —     | —      | 2,3,6,7         |

研究计算不同品系的高稳系数来评价高产和稳产性能,其中品系 10 具有高产稳产优势,其次是品系 1,与平均产量的表现基本一致,但也存在一定的差异,说明高稳系数法体现了高产与稳产的结合<sup>[15]</sup>。

3.2 光、温、水对不同绿豆品系的反应

绿豆喜温、耐旱,属于短日照作物<sup>[16]</sup>,对光、温、水反应敏感<sup>[17]</sup>。不同绿豆品系不同年份全生育期需要的光照、累积温度 and 水分存在差异(表 3,表 4,表 5),说明不是光、温、水三因素中某个单独的因子起作用,而是各气象因子的综合作用影响绿豆的生长和发育。本研究综合不同年份不同绿豆品系全生育期的光照、累积温度和降水来综合评价不同绿豆品系对环境变化反应的敏感类型,并将参试绿豆品系分为环境反应稳定型(4 个品系)、中间型(6 个品系)和敏感型(4 个品系),可以作为区域试验中不同绿豆品系对环境适应性评价的依据。

3.3 不同绿豆品系的环境特性与产量

不同绿豆品系的产量受环境影响较大<sup>[18-19]</sup>,不同的光、温和水等气象因子的变化可以直接影响绿豆品系的生长发育,尤其是叶片的组织结构<sup>[20]</sup>和植株的生长速率<sup>[21]</sup>,从而影响产量<sup>[22]</sup>。对环境反应比较稳定的绿豆品系,受光、温、水等气象因子的变化比较稳定,产量波动较小;对环境反应比较敏感的绿豆品系,受光、温、水等气象因子的变化比较敏感,产量波动较大;中间型的绿豆品系,其产量随环境因子的变化范围不大。本研究中,品系 10 高产稳产性最好,其生态类型处于中间类型,与对照品种 4 处于同一类型,表明不同参试绿豆品系的生长发育一方面需要稳定的环境因子,另一方面还需要对环境因子的变化既不能过于稳定也不能过于敏感,才能获得更高更稳定的产量。

目前对环境因子的分析还存在一定的局限,其环境因子的变化以及不同绿豆品系对环境因子的净利用率还需要进一步的量化和精确化,下一步将继续研究不同生态区域的环境因子对参试品系的综合作用、不同品系对水分和光照的利用率和各品系对气象因子变化的稳定系数,划分不同参试品系的环境反应特性,对筛选适应性广、高产、稳产的品种具有重要意义。

3.4 结 论

关中西部参试的夏播绿豆品系对光、温、水反应特性分为三种生态类型:其中品系 2,3,6,7 属于环境反应敏感型,品系 1,4,8,10,11,12 属于环境反应中间型,品系 5,9,13,14 属于环境反应稳定型。结合产量和不同品系的光、温、水特性,品系 10 处于环境反应中间类型,具有较高的高产和稳产性能,利于

在关中西部进行推广和示范。

参 考 文 献:

[1] 郑卓杰.中国食用豆类品种资源目录(Ⅰ)[M].北京:中国农业科技出版社,1987:453.

[2] 孙培乐,宁海龙,陈东升,等.春大豆不同播期的光温生态特性[J].大豆科学,2010,29(6):983-958.

[3] 费志宏,吴存祥,孙洪波,等.以光周期处理与分期播种试验综合鉴定大豆品种的光温反应[J].作物学报,2009,35(8):1525-1531.

[4] 陆伟婷,于 欢,曹胜男,等.近 20 年黄淮海地区气候变暖对夏玉米生育进程及产量的影响[J].中国农业科学,2015,48(16):3132-3145.

[5] 陈冠文,余 渝.棉铃发育温光效应的初步研究[J].棉花学报,2001,13(1):63-64.

[6] 张新新,陈 吉,刘敬然,等.温光互作对棉花不同空间部位纤维品质的影响[J].中国农业科学,2015,48(5):861-871.

[7] Câmara G M S, Sediya T, Dourado - Neto D, et al. Influence of photoperiod and air temperature on the growth, flowering and maturation of soybean[J]. Sci Agric,1997,54:149-154.

[8] Cober E R, Stewart D W, Voldeng H D. Photoperiod and temperature responses in early-maturing, near-isogenic soybean lines[J]. Crop Sci, 2001,41:721-727.

[9] Agele S O, Adenawoola A R, Doherty M. Growth response of soybean lines contrasting photothermal and soil moisture regimes in a Nigerian tropical rainforest[J]. Intl J Biotronics, 2004,33:49-64.

[10] 郑卓杰.中国食用豆类学[M].北京:中国农业出版社,1997:141.

[11] 王丽侠,程须珍,王素华,等.中国绿豆核心种质资源在不同环境下的表型变异及生态适应性评价[J].作物学报,2014,40(4):739-744.

[12] 孟宪欣.应用高稳系数法分析小豆品种高产稳定性[J].安徽农学通报,2006,12(12):79-80.

[13] 李世平,张哲夫,安林利,等.品种稳定性参数和高稳系数在小麦区试中的应用与分析[J].小麦研究,1999,20(3):31-35.

[14] 温振民,张永科.用高稳系数法估算玉米杂交种高产稳产性的探讨[J].作物学报,1994,20(4):508-512.

[15] 张增善,刘志生.应用高稳系数法分析小麦新品种的高产稳产性[J].麦类作物学报,1998,18(2):21-23.

[16] 胡家蓬,程须珍,王佩芝.中国食用豆类品种资源目录(Ⅲ)[M].北京:中国农业出版社,1996:562.

[17] 王丽侠,程须珍,王素华.绿豆种质资源、育种及遗传研究进展[J].中国农业科学,2009,42(5):1519-1527.

[18] 高小丽,孙健敏,高金锋,等.绿豆区试品种综合分析与评价[J].西北农业学报,2005,14(1):167-171.

[19] 高小丽,孙健敏,高金锋,等.不同绿豆品种花后干物质积累与转运特性[J].作物学报,2009,35(9):1715-1721.

[20] 高小丽,高金锋,冯佰利,等.不同绿豆品种的叶片解剖结构[J].作物学报,2012,38(1):181-185.

[21] 武荣盛,吴瑞芬,侯 琼,等.内蒙古河套灌区春玉米苗期光温指标[J].应用生态学报,2015,26(1):241-248.

[22] 周鸿凯,郭建夫,黎华寿,等.光温因子与杂交水稻生态群体的产量和品质性状的典型相关分析[J].应用生态学报,2006,17(4):663-667.