

# 自然高温条件下黄瓜耐热性成株期鉴定技术研究

聂文娟, 孟焕文, 程智慧, 王明钦

(西北农林科技大学 园艺学院, 陕西 杨凌 712100)

**摘要:** 为筛选黄瓜耐热成株期鉴定的形态指标, 建立耐热性预测方程, 以 6 个已知耐热性的黄瓜品种为试材, 以春茬黄瓜为对照, 以夏茬为处理, 测定自然高温条件下黄瓜成株期主要形态指标的变化。结果表明: 在夏季自然高温条件下黄瓜耐热品种有徒长趋势, 而热敏感品种的生长被显著抑制; 茎粗的加粗均被抑制, 叶面积、株节数因品种耐热性的不同, 表现出不同的变化趋势。株高( $X_1$ )、茎粗( $X_2$ )、叶面积( $X_3$ )、株节数( $X_4$ )、根瓜节位( $X_5$ )、化瓜数( $X_6$ )、主茎雌花数( $X_7$ )与耐热性显著相关, 可作为筛选耐热种质的指标。通过逐步回归分析得出株高( $X_1$ )可作为黄瓜苗期耐热性鉴定的简易指标, 采用回归方程  $Y = -0.7958 + 1.0028X_1$  可以预测黄瓜品种资源的耐热性。

**关键词:** 黄瓜; 形态指标; 耐热性; 预测方程

**中图分类号:** S 642.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2010)20-0022-04

近年来, 南北各地夏季的温度越来越高, 并时常伴有干旱和强日照, 致使植物发生热害。如在春末夏初, 棚内温度可达  $50^{\circ}\text{C}$  以上<sup>[1]</sup>。高温已给黄瓜生产造成较大损失<sup>[2-3]</sup>。而解决高温热害的途径除了选择适当的栽培措施外, 选育耐热品种也是有效方法之一。因此, 建立一套实用、准确的耐热性鉴定标准与方法是当前亟待解决的问题之一。以自然高温为胁迫温度, 直接测定黄瓜的结实率、产量或生长状况并评价不同品种的耐热性的方法与生产实际相近, 结果不仅准确而且适合对大量的育种材料进行鉴定、筛选<sup>[4]</sup>。而通过此方法筛选出来的技术, 或限于未量化的单一指标, 或限于复杂不易操作的生理生化指标, 难以在生产中应用<sup>[5-6]</sup>。现对黄瓜成株期的多项形态指标进行测定, 综合评价黄瓜品种的耐热性, 以期筛选出实用、准确、直观的黄瓜耐热性鉴定指标, 为生产上筛选耐热材料提供有效途径, 为黄瓜耐热性育种材料鉴定方法的筛选奠定基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验材料为西北农林科技大学黄瓜研究室鉴定并提供的 3 个热敏感品种 A-1、A-2、A-3 和 3 个耐热品种

B-1、B-2、B-3。其中 B-1 耐热性最强, A-2 对高温最敏感。

### 1.2 试验设计

试验于 2008 年在西北农林科技大学园艺学院园艺场进行。设置 2 个播种期, 分别为 2 月中旬(使整个生育期基本处在常温条件下)、6 月中旬(使整个生育期基本处在高温条件下), 直播栽培 随机区组设计, 每小区 15 株, 3 次重复, 常规管理。高温季节应适当增加灌溉次数并采取虫害防治措施以减少土壤水分和虫害的影响。当成苗后每隔 10 d 进行 1 次数据统计, 每小区选 10 株测定有关指标。

### 1.3 试验方法

植株成株期测定包括营养生长指标、生殖生长指标和霜霉病发病情况。营养生长指标有: 株高(Shoot height, 简称 SH)、茎粗(Stem diameter, 简称 SD, 用游标卡尺采用“十”字法测定生长点以下第 5 节和第 10 节的茎粗, 求其平均值)、叶面积(Leaf area, 简称 LA): 取生长点以下第 5、10、15 片叶子的面积, 以其平均值来代替整株的叶面积、株节数(Node number of plant, 简称 NNP)、节间长(Node length, 简称 NL, 采用株高与株节数的比值作为平均节间长)、侧枝数(Number of lateral branch, 简称 NLB)。其中, 侧枝数是统计侧枝的绝对发生量, 即每次试验之后将侧枝摘除, 处理数据时统计侧枝的总数; 可作为生殖生长指标的有: 根瓜节位(First fruit, 简称 FF)、化瓜数(Aborted gourd, 简称 AG)、主茎雌花数(Female flower of main stem, 简称 FFMS)、侧枝雌花数(Female flower of lateral branch, 简称 FFLB)。各指标的

第一作者简介: 聂文娟(1984), 女, 在读硕士, 研究方向为蔬菜栽培生理生态。E-mail: maonv0722@163.com。

通讯作者: 孟焕文(1961-), 女, 副教授, 研究方向为蔬菜栽培生理生态。E-mail: menghw2005@163.com。

基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划资助项目(2006BAD01A7-5-05)

收稿日期: 2010-07-19

相对值=高温胁迫下某项指标的值/25℃下该项指标的  
值。相对值采用 DPS 7.05 对数据进行统计分析,其它  
数据采用 Excel 软件进行计算绘图。

2 结果与分析

2.1 自然条件下的高温持续时间及强度

由表 1 可知 2008 年 6~9 月,大棚内的最高温已达

到 48.5℃,最低气温基本处于 15~20℃,6、7 月份 10 d  
内大于 30℃高温的累计时数基本在 70 h 左右,8、9 月份  
是雨季,累计时数平均在 40 h 左右。而黄瓜整个生育期  
白天的生长适温为 20~32℃,夜间的生长适温为 15~  
18℃。由此可知,6~9 月份大棚内的气温已经对黄瓜的  
正常生长造成了胁迫。

表 1 2008 年大棚内温度统计

| 月份<br>Month              | 6 月(日) June (date) |       |       | 7 月(日) July (date) |       |       | 8 月(日) August (date) |       |       | 9 月(日) September (date) |       |       |
|--------------------------|--------------------|-------|-------|--------------------|-------|-------|----------------------|-------|-------|-------------------------|-------|-------|
|                          | 1~10               | 11~20 | 21~30 | 1~10               | 11~20 | 21~31 | 1~10                 | 11~20 | 21~31 | 1~10                    | 11~20 | 21~30 |
| 最高温度 Highest temperature | 44.5               | 48.5  | 42.8  | 38.9               | 39.6  | 41.8  | 31.8                 | 34.4  | 35.4  | 33.1                    | 36.2  | 42.4  |
| 最低气温 Lowest temperature  | 12.4               | 15.6  | 16.5  | 17.0               | 18.7  | 19.7  | 16.1                 | 18.5  | 17.7  | 16.9                    | 16.2  | 19.1  |
| ≥30℃时数 ≥30℃ hour         | 73                 | 47    | 74    | 79                 | 70    | 41    | 16                   | 50    | 56    | 24                      | 39    | 54    |

表 2 自然高温下黄瓜成株期营养生长的相对值

| 品种<br>Cultivars | 株高<br>SH | 茎粗<br>SD | 叶面积<br>LA | 株节数<br>NNP | 节间长<br>NL | 侧枝数<br>NLB |
|-----------------|----------|----------|-----------|------------|-----------|------------|
| A-2             | 0.847 c  | 0.649 c  | 0.868 c   | 0.735 b    | 0.935 a   | 0.667 a    |
| A-3             | 0.931 c  | 0.792 b  | 1.033 b   | 0.842 b    | 0.967 a   | 1.358 a    |
| A-1             | 1.343 bc | 0.876 ab | 1.235 ab  | 1.426 ab   | 1.225 a   | 0.791 a    |
| B-2             | 1.483 b  | 0.884 ab | 1.404 a   | 1.495 ab   | 1.030 a   | 1.005 a    |
| B-3             | 1.556 b  | 0.935 a  | 1.419 a   | 1.505 a    | 0.842 b   | 0.926 a    |
| B-1             | 1.745 a  | 0.966 a  | 1.512 a   | 1.633 a    | 1.349 a   | 1.152 a    |

2.2 自然高温下不同耐热性黄瓜材料的综合表现分析

2.2.1 植株营养生长状况 由表 2 可知,自然高温胁迫  
对黄瓜各指标的影响不同,且株高、茎粗、叶面积、株节  
数的相对值在不同耐热性的品种间有差异。其中 B-1、  
B-3、B-2、A-1 的株高均为大于 1,表明处理(夏茬)的株高  
有徒长趋势,而此时的高温抑制了 A-2、A-1 的伸长。高  
温条件抑制了各品种茎粗的增长,表现为各个相对值均  
小于 1,且高温对热敏感品种的影响显著高于耐热品种。  
高温条件下各品种的叶面积均有增大(除 A-2)。方差分  
析表明,A-1、A-2、A-3 的相对值与 B-1、B-2、B-3 的相对  
值有显著差异。高温对株节数在各品种间有不同的影  
响,耐热、相对耐热品种的株节数在高温下相对于对照  
有所增加(相对值大于 1),而热敏感品种则表现出减少  
(相对值小于 1)。高温对节间长与侧枝数的影响在各黄

瓜品系间未表现出规律性的差异。

2.2.2 植株生殖生长状况 由表 3 可知,高温使根瓜节  
位有所提升,表现为各品种根瓜节位的相对值都大于 1,  
且耐热品种 B-1、B-2、B-3 的节位较热敏感品种 A-1、  
A-2、A-3 更高并且表现出了差异水平。高温使黄瓜的  
化瓜严重,热敏感品种表现的尤为突出(A-2 化瓜数的相  
对值已经达到了 3.436),且与耐热品种比较已达到显著  
水平。主茎雌花的数量在高温影响下也减少,各品种的  
相对值均小于 1,A-3 雌花数减少最多,相对值为 0.571。  
耐热品种相对于热敏感品种雌花数减少的幅度要小,且  
达到显著差异,表明主茎雌花可作为耐热性鉴定的指标  
之一。侧枝雌花数在高温的影响下,变化不稳定,有增  
加也有减少,在耐热与热敏感品种间未表现出差异性,  
不适合作为耐热性鉴定指标。

表 3 自然高温下黄瓜成株期生殖生长的相对值

| 品种<br>Cultivars | 根瓜节位<br>FF | 化瓜数<br>AG | 主茎雌花数<br>FFMS | 侧枝雌花数<br>FFLB |
|-----------------|------------|-----------|---------------|---------------|
| A-2             | 1.056 c    | 3.436 bc  | 0.625 bc      | 1.153 ab      |
| A-3             | 1.254 bc   | 4.558 c   | 0.571 c       | 0.768 b       |
| A-1             | 1.200 bc   | 2.675 b   | 0.714 b       | 1.356 a       |
| B-2             | 1.334 b    | 2.019 ab  | 0.833 a       | 0.747 b       |
| B-3             | 1.933 a    | 1.644 a   | 0.761 ab      | 1.268 ab      |
| B-1             | 1.558 ab   | 1.214 a   | 0.857 a       | 0.892 b       |

## 2.3 黄瓜耐热性成株期鉴定指标

黄瓜成株期不同组织、器官受高温的影响比较复杂, 有对营养生长方面的影响, 也有对生殖生长方面的影响。综合表2、3可得出, 在自然高温胁迫下, 黄瓜成株期的株高、茎粗、叶面积、株节数、根瓜节位、化瓜数及主茎雌花数可作为耐热性鉴定的指标。

## 2.4 成株期耐热指标的主成分分析

利用 DPS 7.05 软件对筛选出的耐热性鉴定指标的

表 4

各综合指标的系数及贡献率

Table 4

Coefficients of comprehensive index [CI(x)] and proportion(P)

| 指标<br>Index | 株高<br>SH | 茎粗<br>SD | 叶面积<br>LA | 株节数<br>NNP | 根瓜节位<br>FF | 化瓜数<br>AG | 主茎雌花数<br>FFMS | 贡献率<br>P/% |
|-------------|----------|----------|-----------|------------|------------|-----------|---------------|------------|
| CI(1)       | 0.4033   | 0.3802   | 0.4002    | 0.3955     | 0.3048     | 0.2208    | 0.3754        | 87.12      |
| CI(2)       | -0.0721  | 0.2037   | 0.0153    | -0.1496    | 0.8299     | -0.3773   | -0.4396       | 8.14       |

表 5

品种综合指标值、权重IW、 $\mu(x)$ 、D值、预测值(P)

Table 5

The value of comprehensive index [CI(x)], index weight (IW),  $\mu(x)$ , D prediction (P)

| 品种 Variety | CI(1)  | CI(2)  | U(1)   | U(2)   | D      | P      |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| A-2        | 0.4865 | 1.3348 | 0.0791 | 0.4030 | 0.1064 | 0.0536 |
| A-3        | 0.2998 | 1.7801 | 0.0000 | 1.0000 | 0.0845 | 0.1378 |
| A-1        | 1.5574 | 1.1598 | 0.5327 | 0.1685 | 0.5014 | 0.5510 |
| B-2        | 2.0449 | 1.0577 | 0.7392 | 0.0316 | 0.6787 | 0.6914 |
| B-3        | 2.4007 | 1.5075 | 0.8899 | 0.6345 | 0.8675 | 0.7646 |
| B-1        | 2.6605 | 1.0341 | 1.0000 | 0.0000 | 0.9145 | 0.9541 |
| 权重 IW      |        |        | 0.9145 | 0.0845 |        |        |

## 2.5 耐热性鉴定指标的隶属函数分析及权重的确定

每一品种综合指标得分的隶属函数值用以下公式<sup>[7]</sup>计算:

$$U(x_j) = \frac{(x_j - x_{\min})}{(x_{\max} - x_{\min})}, \quad j = 1, 2, \dots, n.$$

式中,  $x_j$  表示第  $j$  个综合指标,  $x_{\min}$  表示第  $j$  个综合指标的最小值,  $x_{\max}$  表示第  $j$  个综合指标的最大值。

如果为负相关, 则用反隶属函数进行转换, 计算公式为:

$$U(x_j) = 1 - \frac{(x_j - x_{\min})}{(x_{\max} - x_{\min})}, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (1).$$

求出所有品种的综合指标的隶属函数值见表4。对于同一综合指标而言, 根据各品种隶属函数值的大小, 可以对其耐热性进行分级。

根据综合指标贡献率的大小(分别为 89.03%、9.86%)用公式(2)可求出各综合指标的权重。

$$w_j = P_j / \sum_{j=1}^n P_j, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (2).$$

式中,  $w_j$  表示第  $j$  个综合指标的相对重要程度,  $p_j$  表示了各品种第  $j$  个综合指标的贡献率。经计算, 2 个综合指标的权重分别为 0.9003、0.0997(表4)。

## 2.6 耐热性成株期鉴定方程的建立及其验证

把 4 个品种的耐热性综合评价(D值)作为因变

相对值进行主成分分析(表4)。前 2 个综合指标的贡献率分别为 87.12%、8.14%, 则前 2 个综合指标的累计贡献率达 95.26%, 其余可忽略不计。这样把原来的 7 个指标转换为了 2 个新的相互独立的综合指标, 这 2 个综合指标代表了原来 7 个单项指标的 95.26% 的信息, 根据贡献率的大小可知各综合指标的相对重要性。根据各综合指标的指标系数(表4)及各单项指标的相对值(表2、3), 求出每个黄瓜品种 2 个综合指标的值(表5)。

量(Y), 各单项指标的相对值作为自变量(全鲜重( $X_1$ )、去子叶鲜重( $X_2$ )、根鲜重( $X_3$ )、下胚轴长( $X_4$ )、活力指数( $X_5$ ), 采用逐步回归方法建立最优回归方程, 计算结果为:

$$Y = -0.7958 + 1.0028X_1.$$

式中,  $X_1$  代表了去子叶鲜重及种子的活力指数, 方程的决定系数为  $R=0.9845$ ,  $F=125.89$ , 方程极显著。由方程可知, 在 7 个单项指标中, 株高对黄瓜成株期耐热性有显著影响, 在鉴定中可以选择株高进行测定, 使工作简单化。用该回归方程对芽期耐热性进行预测, 其预测值(表4)与综合评价(D)在各品种间的大小次序完全一致, 二者高度相关( $r=0.98$ ), 达极显著水平。

## 3 讨论

杨凌示范区位于东经  $108^{\circ} \sim 108^{\circ}7'$ , 北纬  $34^{\circ}12' \sim 34^{\circ}20'$ , 属暖温带半湿润大陆性季风气候, 夏季高温多雨。试验对 2008 年杨凌地区大棚的试验基地的高温进行了统计, 包括当地最高气温、最低气温及大于  $30^{\circ}\text{C}$  的气温状况, 作为高温胁迫温度研究的参考。结果表明, 2008 年夏季, 杨凌大棚内从 6 月初到 9 月末, 极端最高温为  $48.5^{\circ}\text{C}$ , 最低温为  $12.4^{\circ}\text{C}$ , 6 月份每 10 d 大于  $30^{\circ}\text{C}$  的时数相对较多, 最长达 79 h。由于黄瓜整个生育期白天的生长适温为  $20 \sim 32^{\circ}\text{C}$ , 夜间的生长适温为  $15 \sim$

18℃, 因此, 6~9 月的大棚温度已给黄瓜的正常生长造成了胁迫。

有研究表明, 高温逆境可能导致植株徒长或生长缓慢或停止<sup>[8]</sup>。试验中, 耐热品种及较耐热品种有徒长趋势, 但热敏感品种的生长被显著抑制, 黄瓜植株茎粗的加粗均被抑制。叶面积、株节数因品种耐热性的不同, 表现出不同的变化趋势, 但总体来说耐热品种及较耐热品种受热害的程度不及热敏感品种严重, 而对于 B-1 这样耐热性良好的品种来说, 大田的温度对植株的生长未造成胁迫。以后的育种工作中, 应多选育此类优秀品种。通过高温胁迫对黄瓜成株期营养生长指标和生殖生长指标做方差分析得出, 株高、茎粗、叶面积、株节数、根瓜节位、化瓜数及主茎雌花数可作为耐热性鉴定的指标。但这些指标之间存在一定相关性, 它们所提供的逆境反映的信息也会发生交叉与重叠, 且各指标在综合评价时的重要性(权重)也不同<sup>[9]</sup>。因此, 采用主成分分析将原来 7 个指标转换为 2 个新的综合指标, 通过逐步回归分析建立方程  $Y = -0.7958 + 1.0028X_1$  ( $X_1$  代表株高), 可在相同逆境条件下测定其它品种出苗 80 d 后的

株高, 利用该方程则可预测所测品种抗性的强弱, 所得值越接近于 1 则代表耐热性越强。

### 参考文献

- [1] 孟令波, 秦智伟, 李淑敏. 高温胁迫对黄瓜幼苗根系生长的影响[J]. 园艺学报, 2003, 30(6): 694.
- [2] 顾兴芳, 张圣平, 王烨. 我国黄瓜育种研究进展[J]. 中国蔬菜, 2005(12): 1-7.
- [3] 孟令波, 秦智伟, 李淑敏, 等. 高温胁迫对黄瓜产量和品质的影响[J]. 中国蔬菜, 2004(5): 4-6.
- [4] 陈庆全, 万丙良. 水稻耐热性的人工气候室鉴定方法研究[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(14): 6350, 6360.
- [5] 李敏, 马均, 傅泰露, 等. 杂交水稻灌浆期耐热性生理生化鉴定指标的筛选[J]. 贵州农业科学, 2009, 37(5): 31-34.
- [6] 张朝阳, 许桂芳. 利用隶属函数法对 4 种地被植物的耐热性综合评价[J]. 草业科学, 2009, 26(2): 57-60.
- [7] 余家林. 农业多元试验统计[M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1993: 141-192.
- [8] 孟令波, 秦智伟, 刘宏宇. 高温对黄瓜不同品种产量及形态指标的影响[J]. 北方园艺, 2004(3): 52-53.
- [9] 许桂芳, 张朝阳, 向佐湘. 利用隶属函数法对 4 种珍珠菜属植物的抗寒性综合评价[J]. 西北林学院学报, 2009, 24(3): 24-26.

## Research on Technique of Heat Tolerance Identification in Seedling Stage of Cucumber under Natural High Temperature

NIE Wen-juan, MENG Huan-wen, CHENG Zhi-hui, WANG Ming-qin

(College of Horticulture Northwest Agriculture and Forestry University, Yangling, Shaanxi 712100)

**Abstract:** In order to screen morphological indexes of cucumber for heat tolerance in adult stage and establish forecast equation, 6 varieties of heat resistant cucumber was taken as testing examples, we determined the change of main morphological indexes of cucumber under natural high temperature condition in summer while taking spring cucumber as CK. The results showed that the plants of heat resistant grew excessively while the height of heat sensitive was constrained significantly, and the stem diameter was decreased. Due to the different heat-resistant varieties, leaf area, plants sessions showed different trends. Plant height ( $X_1$ ), stem diameter ( $X_2$ ), leaf area ( $X_3$ ), node number of plant ( $X_4$ ), first fruit ( $X_5$ ) and aborted gourd ( $X_6$ ), female flower of main stem showed a significant correlation with the heat-resistant, which were suggested as reliable screening standards to identify heat tolerance variety. According to step regression, the height ( $X_1$ ) could be taken as simple indexes under the condition of natural high temperature, to forecast the heat tolerance of other varieties in adult stage by using the regressive equation  $Y = -0.7958 + 1.0028X_1$ .

**Key words:** cucumber; adult stages; heat tolerance; forecast equation