

2000, 28(3)

① 1-6

第 28 卷 第 3 期  
2000 年 6 月西北农业大学学报  
Acta Univ. Agric. Boreali-occidentalisVol. 28 No. 3  
Jun. 2000

[文章编号] 1000-2782(2000)03-0001-06

# 黄瓜发芽期耐低温性鉴定方法与指标的研究

于拴仓, 崔鸿文<sup>△</sup>, 孟焕文

S642.203.4

(西北农林科技大学 园艺系, 陕西 杨陵 712100)

**[摘要]** 选用耐低温性不同的 4 个黄瓜品种, 研究了黄瓜发芽期耐低温性鉴定的方法与指标。在室温(25±0.5)℃及低温(15±0.5)℃条件下, 发芽高峰后各品种超弱发光值与其耐低温性强弱相一致; 低温条件下胚根相对伸长率可反映品种间的耐低温性差异; 浸种后 36~48 h 为耐低温性鉴定的适期; 浸种 36 h 的种芽经(2.5±0.5)℃处理 24 h, 恢复期的胚根伸长率可以区别品种间的低温耐受性; 用种子活力综合指标、超弱发光指标及胚根伸长指标构建的黄瓜芽期低温鉴定指标体系可以全面、准确地反映黄瓜的低温耐受性。

**[关键词]** 黄瓜; 发芽期; 耐冷性; 鉴定指标; 抗逆育种

**[中图分类号]** S642.2

**[文献标识码]** A

抗病、抗逆(特别是低温弱光)育种成为 90 年代黄瓜(*Cucumis sativus* L.)育种的热点。近些年, 全国多个研究单位重点在黄瓜耐低温上展开了研究。不同作物品种在低温下的发芽能力有显著差异, 基因型在很大程度上决定着种子发芽过程的耐冷性<sup>[1]</sup>。利用种子低温发芽鉴定材料的耐低温性, 不仅简便、可靠, 而且周期性短, 可以进行耐低温种质资源的筛选。加拿大、独联体等国通过低温发芽, 并根据发芽率、根和芽的生长速度来评价种子萌发期的耐冷性。许勇等<sup>[2]</sup>认为, 黄瓜低温发芽能力与苗期低温耐受性鉴定指标的相关性达到了极显著水平。这些结果为黄瓜耐低温性早期鉴定提供了理论依据。

已有的萌发期耐低温性鉴定多以发芽试验或某一生理生化指标为依据进行评定, 其稳定性、准确性、可靠性有待进一步研究。本试验对黄瓜发芽期低温耐受性作了系统研究, 提出简单易测、直观可靠的黄瓜低温耐受性早期鉴定方法与指标, 以期丰富黄瓜耐低温育种的基础理论, 为育种工作服务。

## 1 材料与方 法

试验选用了耐低温性不同的 4 个黄瓜品种, 其中平利和西农 145 耐低温性较强, 津四(津研四号)和 7742 耐低温性较差。

### 1.1 黄瓜种子发芽试验

本试验在光照培养箱中严格控制温度的条件下进行。设 2 个处理, 即(25±0.5)℃和(15±0.5)℃。每重复取 50 粒种子, 暗中发芽。每 24 h 调查 1 次发芽数。第 8 天测定胚根及下胚轴长度。计算发芽率、发芽指数、活力指数及其相对值。其中活力指数=发芽率×S (S=胚根长+下胚轴长, 单位为 cm)。

**[收稿日期]** 1999-06-14

**[基金项目]** 国家“九五”科技攻关项目(96-002-02)

**[作者简介]** 于拴仓(1971-), 男, 助研。现在国家蔬菜工程技术研究中心工作, 北京 100089。

## 1.2 超弱发光测定

选取正在处理的发芽整齐一致的 5 粒种子作为测样。经充分暗适应(>1 h)后测定超弱发光, (25±0.5) °C 条件下处理的籽粒连续测 3 d, 第 4 天子叶已转绿, 绿色对发光有猝灭作用, 停止测定; (15±0.5) °C 处理的籽粒连续测 6 d。用单位鲜质量的发光强度表示超弱发光值。测定装置使用美国 BECKMAN 公司生产的 LS-9800 型液体闪烁记数仪。

## 1.3 非胁迫低温下胚根伸长指标测定

种子经(25±0.5) °C, 12 h 吸涨后转入(15±0.5) °C 处理, 用玻璃垂直发芽板培养种芽, 逐日测定胚根长, 以(25±0.5) °C 为对照。计算胚根伸长率及胚根相对伸长率。每重复测 8 株取平均值。

## 1.4 胁迫低温下胚根伸长指标测定

分别在(25±0.5) °C 浸种, 催芽 24, 36, 48, 60 h 后, 进行(2.5±1) °C 的低温处理 3 d, 转入(25±0.5) °C 条件下恢复。观测恢复前及恢复 4 d 后胚根长度, 计算胚根平均伸长率, 确定黄瓜的低温敏感时期。每重复测 8 株, 取平均值。

胚根平均伸长率=(期末胚根长-期初胚根长)/间隔时间

在以上确定的低温敏感时期, 取种芽进行(2.5±1) °C 低温处理, 种芽经处理 0(CK), 12, 24, 36, 48, 66, 72, 84, 96 h 后, 分别转入(25±0.5) °C 培养, 逐日测定胚根长度, 连续测定 6 d。以上试验均为 3 次重复, 取平均值。采用下述(1)和(2)式分别计算与耐低温性正相关和负相关指标的隶属函数值。

$$\hat{y}_{ij} = (y_{ij} - y_{rmin}) / (y_{imax} - y_{rmin}) \quad (1)$$

$$\hat{y}_{ij} = 1 - (y_{ij} - y_{rma}) / (y_{imax} - y_{rmin}) \quad (2)$$

式中,  $y_{ij}$  为  $i$  品种  $j$  指标值;  $y_{rmin}$  为  $j$  指标最小值;  $y_{imax}$  为  $j$  指标最大值;  $\hat{y}_{ij}$  为  $i$  品种  $j$  指标耐低温隶属值。

## 2 结果与分析

### 2.1 黄瓜种子活力综合指标

由表 1 可见, (15±0.5) °C 下各品种发芽参数值均低于(25±0.5) °C 下的相应值。不同品种在低温下的发芽能力有明显差异, 耐低温性最强的平利, 其低温发芽率、发芽指数、活力指数均最高; 耐低温性最差的津四则相反。低温条件下各参数相对值在品种间差异明显, 可以用其隶属函数值表示黄瓜不同品种的耐低温能力。为了更准确地表示黄瓜种子的活力, 可以用相对发芽率、相对发芽指数、相对活力指数三者构建综合活力指标, 用三者隶属函数平均值表示种子活力及生活力大小, 其值反映了黄瓜种子在低温条件下发芽的快慢、发芽率的高低, 以及幼芽的生长势, 用以鉴定黄瓜萌发期耐低温性将更准确可靠。

表 1 黄瓜种子发芽参数相对值及其隶属函数值

材 料	发芽率/%				发芽指数				活力指数				平均隶属值
	25 °C	15 °C	相对值	隶属值	25 °C	15 °C	相对值	隶属值	25 °C	15 °C	相对值	隶属值	
平利	100.0	95.33	95.33	1.00	25.33	8.74	34.50	1.00	13.01	2.16	16.60	1.00	1.00
西农 145	98.67	86.87	88.02	0.60	25.00	8.42	33.68	0.89	14.20	2.14	15.07	0.85	0.78
7742	97.33	85.33	87.67	0.58	24.83	7.98	32.14	0.69	13.92	2.11	15.16	0.77	0.68
津四	96.67	74.67	77.24	0.00	28.33	7.60	26.83	0.00	13.71	1.42	10.36	0.00	0.00

### 2.2 黄瓜种子萌发过程的超弱发光及其与黄瓜萌发期耐低温性

植物对各种环境条件非常灵敏, 在不同的环境条件下超弱发光(Ultra-Weak Luminescence, 简写 UWL)表现不同。在(25±0.5)℃及(15±0.5)℃条件下, 各黄瓜品种萌发过程中的 UWL 动态变化如图 1 所示。

由图 1 可见, 干种子的超弱发光甚微, 且品种之间无差异; 吸水萌动时发光剧增, 随着种子的发芽, 代谢活动增强, 发光强度逐渐增强。(15±0.5)℃条件下培养的各个品种的种芽表现的超弱发光低于(25±0.5)℃下培养的种芽, 表现出了低温对发光的抑制作用。在(25±0.5)℃、(15±0.5)℃条件下, 种子萌发高峰期 UWL 在品种间表现明显差异。

由表 2 可以看出, (25±0.5)℃发芽 3 d, (15±0.5)℃发芽 6 d 的黄瓜种芽所表现的超弱发光在品种间差异明显, 其值大小与由种子活力综合指标表示的耐低温性强弱相一致, 耐低温性最强的平利在(25±0.5)℃和(15±0.5)℃条件下的超弱发光值均为最高, 耐低温性最差的津四则相反。超弱发光的隶属函数值可以对黄瓜萌发期耐低温性强弱做出比较可靠的估计。

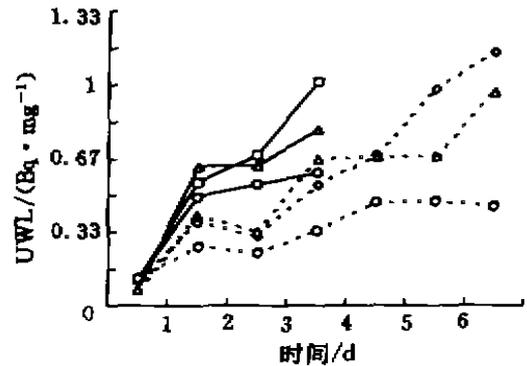


图 1 黄瓜种子萌发过程中超弱发光的动态变化  
—□—平利(室温); —○—津四(室温); —△—西农 145(室温);  
--□--平利(低温); --○--津四(低温); --△--西农 145(室温)

表 2 黄瓜种芽的超弱发光及其隶属值

材 料	(25±0.5)℃ (3 d)		(15±0.5)℃ (6 d)		种子活力综合指标
	UWL 值/(Bq · mg <sup>-1</sup> )	隶属值	UWL 值/(Bq · mg <sup>-1</sup> )	隶属值	
平利	1.01	1.00	0.98	1.00	1.00
西农 145	0.80	0.48	0.68	0.41	0.78
7742	0.70	0.23	0.51	0.06	0.68
津四	0.60	0.00	0.47	0.00	0.00

### 2.3 非胁迫低温下胚根伸长指标

胚根随时间的伸长均符合方程  $y=A+Bx$ , 经检验达极显著水平, 据此可以计算胚根出现时间及胚根伸长率, 结果见表 3。

表 3 不同温度下胚根相对伸长率及相对伸长率的隶属值

材料	(25±0.5)℃			(15±0.5)℃			胚根相对伸长率/%	
	回归方程	r	伸长率/(cm · d <sup>-1</sup> )	回归方程	r	伸长率/(cm · d <sup>-1</sup> )	I	I
平利	$y=-0.836+1.867t$	0.996 6**	1.867	$y=-0.485+0.327t$	0.995 2**	0.327	17.51	1.00
西农 145	$y=-1.324+2.305t$	0.996 6**	2.305	$y=-0.491+0.365t$	0.996 2**	0.365	15.84	0.68
7742	$y=-1.572+2.450t$	0.998 6**	2.450	$y=-0.418+0.333t$	0.999 3**	0.333	13.59	0.24
津四	$y=-2.738+2.651t$	0.997 5**	2.651	$y=-0.582+0.328t$	0.996 2**	0.328	12.37	0.00

注: 1.  $y$  表示胚根长/cm,  $t$  表示时间/d; 2. 胚根相对伸长率=(15±0.5)℃胚根伸长率/(25±0.5)℃胚根伸长率×100%; 3. I 表示实测结果, I 表示隶属函数值。

由表 3 可知,各品种胚根相对伸长率之间存在着明显的差异,耐低温性强的平利、西农 145 的胚根相对伸长率明显高于耐低温性较差的 7742 和津四。因而,可用胚根相对伸长率作为黄瓜芽期耐低温性鉴定指标,用胚根相对伸长率的隶属值表示耐低温性的强弱。

#### 2.4 胁迫低温对黄瓜种芽生长的影响

2.4.1 黄瓜芽期低温敏感性变化 低温胁迫处理后测定胚根的长度,用胚根的平均伸长率表示种芽的耐低温能力。恢复期胚根平均伸长率越小,则表示该时期种芽对低温的敏感性越强。

不同时期的低温处理对黄瓜胚根的伸长产生了不同程度的影响(图 2)。由图 2 可见,芽龄不同,低温敏感性不同。图 2 表明,不同品种黄瓜芽期的低温敏感性均表现为先升后降的趋势。平利、西农 145、7742 芽期对低温最敏感的阶段在浸种后 36 h,而津四在浸种后 48 h。由此初步得出结论,黄瓜芽期的低温敏感期在浸种后 36~48 h,黄瓜芽期的低温耐受性应在此期间进行。

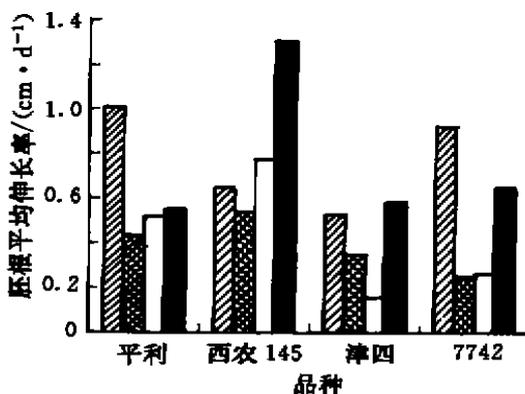


图 2 不同芽期低温处理对胚根平均伸长率的影响

■ 24 h, ▨ 36 h, □ 48 h, ■ 60 h

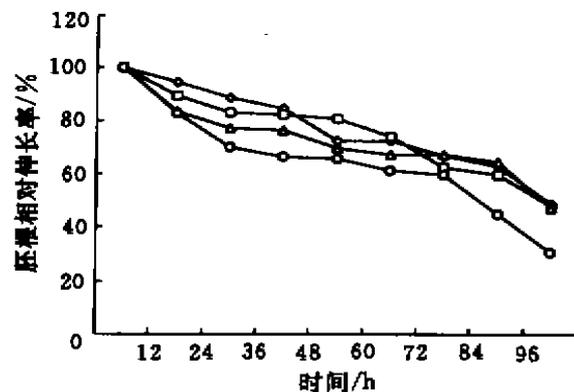


图 3 不同品种黄瓜种芽胚根相对伸长率随低温处理时间的变化

—◇—平利; —□—西农 145; —△—7742; —○—津四

2.4.2 胁迫低温下胚根伸长指标  $(25 \pm 0.5)^\circ\text{C}$  浸种 36 h 后的黄瓜种芽经过不同时间的低温处理,恢复期间不同品种胚根的恢复生长能力表现出了明显的差异。低温胁迫后恢复期间胚根伸长与时间之间存在着直线相关关系,经检验达到极显著水平。其回归方程为  $y = A + Bt$ ,可推知,胚根伸长率  $= dy/dt = B$ 。

胚根相对伸长率  $= (25 \pm 0.5)^\circ\text{C}$  胁迫低温处理后胚根伸长率 / 未经低温处理种芽胚根伸长率  $\times 100\%$ 。

从图 3 可以看出,随低温处理时间的延长,不同品种的黄瓜种芽胚根相对伸长率均下降,即低温处理时间愈长,恢复期间胚根相对伸长率愈小。低温胁迫处理 12~36 h,恢复期间胚根相对伸长率在品种间差异明显,且耐低温性强的品种平利、西农 145 的胚根相对伸长率较大,胚根相对伸长率大小与品种的耐低温性强弱相一致。因此,36 h 的种芽经  $(2.5 \pm 1)^\circ\text{C}$  胁迫低温处理 12~36 h (以 24 h 为佳),转入室温  $(25 \pm 0.5)^\circ\text{C}$  下的胚根相对

伸长率可以用来鉴定品种的耐低温性。

## 2.5 黄瓜发芽期低温耐受性鉴定方法与指标体系的建立

为了使鉴定结果更加准确、可靠,可以用种子活力综合指标、种子萌发期 UWL、胚根伸长指标构建一综合指标,用三者隶属值的平均值表示黄瓜发芽期低温耐受性的强弱。试验结果列于表 4。其中萌发期 UWL 隶属值由(25±0.5)℃发芽 3 d 种芽的 UWL 隶属值,和(15±0.5)℃发芽 6 d 种芽的 UWL 隶属值的平均值表示;胚根伸长指标隶属值由非胁迫低温(15±0.5)℃下胚根相对伸长率隶属函数值,及胁迫低温处理(36 h 种芽,(2.5±1)℃处理 24 h)后胚根恢复生长期间胚根相对伸长率隶属函数值平均而获得。

表 4 黄瓜发芽期低温耐受性鉴定指标隶属函数值

材 料	种子活力 综合指标	UWL 值/(mBq·mg <sup>-1</sup> )			胚根相对伸长率/%			芽期低温耐受 性综合指标
		(25±0.5)℃	(15±0.5)℃	平均	非胁迫低温	胁迫低温	平均	
平利	1.00	17	17	17	1.00	1.00	1.00	1.00
西农 145	0.78	8	7	7.5	0.68	0.71	0.70	0.64
7742	0.68	4	1	2.5	0.24	0.40	0.32	0.38
津四	0.00	0	0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00

由表 4 可以看出,芽期低温耐受性综合指标隶属值在品种间差异明显,耐低温性强的品种平利和西农 145,其综合指标隶属值明显高于耐低温性较差的 7742 和津四,可以断定此综合指标能反映品种的低温耐受性,用以鉴定黄瓜发芽期低温耐受性是比较可靠的。

## 3 讨 论

### 3.1 黄瓜萌发期耐低温性综合评价

种子活力综合指标反映了种子生活力、活力,种子萌发期 UWL 是种子内部生命信息的反映;胚根伸长指标是种芽抗逆或对逆境适应能力的反映。三者均与黄瓜萌发期耐低温性密切相关,因而,用三者构建黄瓜萌发期耐低温性综合指标,用其隶属值的平均值表示黄瓜萌发期低温耐受性的强弱。此外,本研究采用了模糊数学隶属法对黄瓜低温耐受性进行综合评定,将各特征函数推广到[0,1]区间上连续取值,同一元素(品种)的数种性状隶属值平均,使性状效应得到了缓解和弥补,因而评定结果可能更接近实际。

### 3.2 黄瓜萌发期低温敏感阶段性

不同作物、作物的不同器官及作物的不同发育阶段对低温敏感性变化有一定的规律。本研究发现,芽期低温敏感性呈先升后降的趋势,浸种后 36~48 h 的种芽对低温最为敏感。这一结果与 Paul 等人<sup>[3]</sup>的研究结果基本一致,Paul 和 Abdur 等<sup>[3,4]</sup>均认为,由于某些耐冷因子(chilling tolerance factor)在胚芽中的消长造成了低温敏感性的变化。Christine 等<sup>[5]</sup>在辣椒上的研究表明,胚根长度在 0~8.6 mm 时,种芽的低温敏感性随胚根增长而增强,认为随着胚根的增长,有大量组织处于旺盛代谢状态,贮藏物质减少,造成低温敏感性增强。对这种现象,目前还没有一致的认识。

### 3.3 超弱发光及其与黄瓜的耐低温性

植物的发光分析是 70 年代发展起来的植物超微量分析技术。植物的超弱发光是指发

生在植物体内的与其生命活动相耦联的超微弱光子辐射,大量的研究<sup>[6,7]</sup>已证明,超弱发光可以作为抗性鉴定的指标,其用于玉米的抗冷性鉴定已被试验所证实。陈有君<sup>[8]</sup>对马铃薯的研究表明,无论是干种子或萌发的种子其超弱发光均与种子活力呈正相关。本研究表明,黄瓜干种子的超弱发光与种子的活力指标之间似乎不存在相关关系。这可能因作物种类不同而存在着差异。本研究还发现,萌发的黄瓜种子(低温或室温)在发芽高峰期出现后,超弱发光在品种之间存在着明显差异,且耐低温性强的品种表现较强的超弱发光。超弱发光的测定具有简单方便、单次进样多、适于大批量筛选等优点。因此,超弱发光有望成为黄瓜发芽期耐低温性鉴定、筛选的有力工具。

#### [参考文献]

- [1] Haskell G, Singleton W R. Use of controlled low temperature in evaluating the cold hardness of inbreds and hybrid maize[J]. J Amer Soc Agn, 1949, 41: 34—40.
- [2] 许 勇,王永健. 黄瓜耐低温研究中几个问题的讨论[A]. 中国科协第二届青年学术年会,北京,1995. 439—444.
- [3] Paul J, Mikal E S. Temperature effects on imbibition and germination of cucumber (*Cucumis sativus*) seeds[J]. J Amer Soc Hort Sci, 1994, 119(3): 464—467.
- [4] Abdur R, Mikal E S. Sensitivity of seedling radicles to chilling and heat-shock-induced chilling tolerance[J]. J Amer Soc Hort Sci, 1996, 12(4): 711—715.
- [5] Christine C I, Huge C P. The relationship of radicle length to chilling sensitivity of pregerminated pepper seed [J]. J Amer Soc Hort Sci, 1983, 108(3): 484—486.
- [6] 杨起简. 玉米籽粒超弱发光及其抗冷性研究[J]. 生物化学与生物物理学进展, 1984, 16(2): 37—41.
- [7] 李俊明,耿庆汉. 玉米种子吸水萌动过程中超弱发光的变化[J]. 河北农业大学学报, 1990, 13(4): 97—98.
- [8] 陈有君. 萌发马铃薯实生种子超弱发光与种子活力的相关分析[J]. 生物物理学报, 1995, 11(1): 125—126.

## Appraisal methods and indexes for low-temperature tolerance in cucumber (*Cucumis sativus* L.) at seed germination stage

YU Shuan-cang, CUI Hong-wen, MENG Huan-wen

(Department of Horticulture, Northwest Science and Technology University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** Four varieties were used to study the appraisal methods and indexes at seed germination stage for cucumber low-temperature tolerance. The results showed that the Ultra-Weak Luminescence (UWL) value both at low temperature ( $15 \pm 0.5$ ) °C and at room temperature ( $25 \pm 0.5$ ) °C after the germinating peak corresponded well with their ability of low-temperature tolerance. The relative elongation rate of radicle under low-temperature could show the difference in low-temperature tolerance among varieties. The optional identification stage was during 36—48 h after seed soaking. The application of 36 h germinating seeds suggested that the relative elongation rate of radicle during resuming period after 24 h ( $2.5 \pm 1$ ) °C treatment well reflected the variety's ability of low-temperature tolerance. Seed vigor comprehensive index, UWL and radicle elongation index in the test constituted an appraisal system that could explore cucumber low-temperature tolerance correctly.

**Key words:** cucumber; germination stage; low-temperate tolerance; appraisal index