

黄瓜耐热性芽苗期鉴定指标筛选及 预测方程的建立

程智慧, 聂文娟, 孟焕文, 王明钦

(西北农林科技大学 园艺学院, 陕西 杨凌 712100)

【摘要】 【目的】研究高温胁迫下黄瓜芽苗期的主要生物学性状, 筛选芽苗期黄瓜耐热鉴定的形态指标。【方法】以 25℃ 为对照(CK)温度, 以 4 个已知耐热性的黄瓜品系种子为试材, 在不同高温(35, 38, 42℃)下发芽 6 d 后, 测定芽苗形态指标, 并进行主成分分析和回归分析。【结果】38℃ 高温发芽条件下, 黄瓜幼苗的全鲜质量(X_1)、去子叶鲜质量(X_2)、根鲜质量(X_3)、下胚轴长(X_4)、活力指数(X_5)与黄瓜品系耐热性的相关性比 35 和 42℃ 下更密切, 可作为耐热种质筛选的指标; 主成分分析表明, 第一、二主成分对耐热性评价的贡献率分别为 89.03% 和 9.86%; 通过回归分析建立了黄瓜耐热性预测方程。【结论】在 38℃ 高温条件下发芽后 6 d 测定的 X_2 和 X_5 , 可作为黄瓜耐热性芽苗期鉴定的简易指标, 利用回归方程 $Y = -0.3473 + 0.2450X_2 + 0.0735X_5$, 可以预测黄瓜品种资源的耐热性。

【关键词】 黄瓜; 耐热性; 芽苗期鉴定; 形态指标; 预测方程

【中图分类号】 S642.203.7

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2011)04-0121-06

Screening of identification indexes at seed germination stage and establishment of the forecast equation for cucumber hot tolerance

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

(College of Horticulture, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: 【Objective】The biological characteristics at germination and sprouting stage were studied to screen hot tolerance identification morphologic indexes for cucumber. 【Method】Taking the 4 hot-tolerance known strains of cucumber as the test material and 25℃ as the temperature control, the main morphological indexes of cucumber were investigated under different high temperature (35℃, 38℃, 42℃) conditions 6 days after germination. The principal component analysis and regression analysis were made according to these indexes. 【Result】The whole-plant fresh weight (X_1), fresh weight of plant without cotyledon (X_2), root fresh weight (X_3), hypocotyl length (X_4) and vigor index (X_5) showed significant correlations with hot-tolerance, which were suggested to be the reliable screening indexes to identify hot tolerance variety. The first and second principal component contributed 89.03% and 9.86% to the hot tolerance of cucumber, respectively. A regressive equation was established to access cucumber hot tolerance. 【Conclusion】The indexes X_2 and X_5 of cucumber germinated at 38℃ for 6 days are thought to be the simple indexes and the regressive equation $Y = -0.3473 + 0.2450X_2 + 0.0735X_5$ is selected to forecast the hot tolerance of cucumber germplasm at germination and sprouting stage.

* [收稿日期] 2010-09-25

[基金项目] 陕西省西安市科技计划项目农业应用技术研究(NC09041-2); 国家“十一五”科技支撑计划项目(2006BAD01A7-5-05); 西北农林科技大学唐仲英育种基金项目

[作者简介] 程智慧(1958—), 男, 陕西兴平人, 教授, 博士, 博士生导师, 主要从事蔬菜生理生态研究。

[通信作者] 孟焕文(1961—), 女, 陕西蒲城人, 副教授, 主要从事蔬菜栽培生理和黄瓜育种研究。E-mail: menghw2005@163.com

Key words: cucumber; hot tolerance; identification at germination stage; morphological index; forecast equation

环境因子胁迫是导致农作物产量和品质下降的重要因素,其中以温度逆境的影响最大,特别是近年来,伴随着新技术推动经济发展的同时,生态环境平衡遭到更加严重的破坏,温室效应日益加剧,大气温度逐年升高,并使粮食作物、花卉、蔬菜及一些经济作物的生产损失进一步加大^[1-2]。

高温会引起植物花器官发育不良,致使其不能正常授粉、受精而发生落花落果现象;果实发育后期遭遇高温常会引起果实的“日灼病”等^[3]。黄瓜是我国主栽蔬菜之一,因其富含维生素 A、维生素 C 以及多种有益矿物质而深受人们喜爱^[4]。因此,黄瓜的耐热性逐渐引起了研究者的重视,并已从多个角度探讨了高温对黄瓜的影响,且已获得了一些有益的结论。如高温使黄瓜幼苗的叶绿素含量降低,光合能力下降,植株体内蛋白质降解,可溶性蛋白质含量增加^[4]等。由于黄瓜栽培主要采用育苗移栽方式,所以研究黄瓜芽苗期耐热性较研究其他生长发育时期更为重要^[5]。

种子萌发是植物发育的最初阶段,不仅直接影响幼苗生长,还可能影响作物产量。黄瓜种子萌发的适宜温度为 25~30℃,最高极限温度为 40℃^[6]。高温对耐热性较强品种的种子萌发能力影响不大,但却能显著降低耐热性较弱品种的发芽速度,超高温将使这种差距进一步加大^[7]。高温下不同耐热性黄瓜品种的胚根生长表现基本相似,如孟焕文等^[8]研究表明,38℃条件下胚根生长最快,28℃条件下次之,42℃条件下长时间的高温胁迫将使胚根伸长受到抑制。虽然前人已在黄瓜耐热性方面做了较多工作,并积累了许多宝贵经验,但目前关于黄瓜耐热性鉴定的研究主要集中在生理生化指标和生物技术方法上,而品种资源和育种实践中亟待建立简便、直观、准确的耐热性评价体系。为此,本试验通过测定分析不同耐热性黄瓜品系芽苗的多项形态指标,以期从中筛选出简便、准确、实用的黄瓜耐热性早期鉴定指标,并基于简便指标建立耐热性预测方程,为黄瓜耐热性育种中的材料鉴定提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 供试材料

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

B-1、B-3,以及 8 个验证品系(编号依次为 1~8)。4 个试验品系中,B-1 的耐热性最强,A-1 对高温最敏感;8 个验证品系的耐热性由强到弱依次为 1、2、7、8、4、5、6、3。所用种子均于 2007 年春季采收,挑选饱满和整齐一致的种子用于试验。

1.2 试验方法

1.2.1 种子预处理 将种子置于 55℃水浴中浸种 10 min,期间不断搅拌以达到消毒效果,之后待水温逐渐下降至室温继续浸种 12 h。

1.2.2 种子发芽 采用纸卷发芽法。取 60 cm×20 cm 的长方形滤纸,沿长边折出 1 条宽 2.5 cm 的纸槽,在纸槽上均匀摆放 30 粒种子,种子下方要剪出一个大小合适的缺口,用于下胚轴的伸长。在滤纸下铺一层保鲜膜,之后将其卷成筒状,竖直插入底部盛水的小瓶内以供不同的温度处理(此法既可以给种子提供充足的水分和湿润的微环境,又不至于使种子因泡水缺氧而烂死)。

1.2.3 高温处理 将灭菌后的种子采用纸卷发芽法包装并置于人工气候培养箱内进行高温处理。以 25℃为对照,高温处理设 35,38 和 42℃3 个处理,重复 3 次,每小区 15 苗。温度处理期间空气湿度保持在 70%~80%。处理 6 d 后测定芽苗有关形态指标。

1.2.4 测定指标 温度处理期间统计种子发芽情况,处理 6 d 后每小区取芽苗 10 株,分别测定下胚轴长(Hypocotyl length,简称 HL)、根长(Root length,简称 RL)和地上部鲜质量(Shoot fresh weight,简称 SFW)、根鲜质量(Root fresh weight,简称 RFW)、全鲜质量(Whole-plant fresh weight,简称 WFW)、去子叶鲜质量(Fresh weight of plant without cotyledon,简称 FW)、侧根数(Lateral root number,简称 LRN)等形态指标,计算各指标的平均值,并按以下公式计算发芽率、发芽指数和活力指数^[9]。

发芽率(Germination rate,简称 GR)=(全部发芽的种子数/供试种子数)×100%;

发芽指数(Germination index,简称 GI)= $\sum Gt/Dt$;

活力指数(Vigor index,简称 VI)= $S \times \sum Gt/Dt = S \times GI$ 。

式中: Gt 指在时间 t (d) 的发芽数, Dt 指相应的发

芽天数, *S* 指芽苗的全鲜质量。

1.2.5 数据统计分析 各指标的相对值按下式计算:

相对值=某项指标高温胁迫下的数值/25 ℃对照的数值。

所得相对值采用 DPS7.05 软件分别进行方差和差异显著性分析、主成分分析及回归分析。

2 结果与分析

2.1 高温对不同耐热性黄瓜芽苗形态指标的影响

从表 1 可以看出,35,38 和 42 ℃高温对 4 个不同耐热性黄瓜品系各发芽指标相对值的影响不同。发芽率受高温的影响不明显,各品系相对发芽率均

接近于 1,且耐热品系与热敏感品系间没有出现规律性的差异。高温对相对发芽指数的影响比较显著,且温度越高影响越大。35 ℃条件下,各品系相对发芽指数均介于 1~4;在 42 ℃条件下,除 B-1 外,其他品系相对发芽指数均大于 12,表明在此温度下黄瓜的发芽速度显著加快,但在耐热品系与热敏感品系间仍没有规律性差异。比较 4 个供试黄瓜品系的相对活力指数可见,在 38 ℃表现为 B-1、B-3 与 A-1、A-2 有显著性差异,热敏感品系的活力指数在高温下受到了显著抑制,因此该温度下的相对活力指数可作为耐热性鉴定的指标之一。

表 2 是不同耐热性黄瓜品系在不同温度下各项形态指标的相对值。

表 1 不同温度下黄瓜种子发芽指标的相对值

Table 1 Relative value of the germination indexes under different temperatures at sprout stage

温度/℃ Temperature	品系 Cultivars	发芽率 GR	发芽指数 GI	活力指数 VI
35	B-1	0.932 5 a	2.565 3 b	2.132 1 b
	B-3	0.100 0 a	2.884 2 ab	3.156 3 ab
	A-2	0.100 0 a	3.024 5 ab	3.364 5 ab
	A-1	0.977 6 a	3.639 7 a	3.884 7 a
38	B-1	0.932 7 b	3.722 5 c	4.513 7 c
	B-3	0.932 7 b	6.799 6 b	7.144 3 b
	A-2	0.900 0 b	6.387 2 b	8.715 4 ab
	A-1	1.000 0 a	10.907 8 a	11.840 5 a
42	B-1	0.866 7 b	8.443 5 b	5.312 5 c
	B-3	0.958 2 a	12.451 2 ab	7.869 2 bc
	A-2	0.987 5 a	13.005 6 ab	9.639 8 b
	A-1	0.925 6 a	15.331 8 a	14.228 0 a

注:同列数据后标不同字母者表示差异显著($P<0.05$)。下表同。

Note: Different letters in the same column stand for significant difference ($P<0.05$). The same as below.

表 2 不同温度下黄瓜芽苗期各项指标的相对值

Table 2 Relative value of the indexes under different temperatures at sprout stage

温度/℃ Temperature	品系 Cultivars	全鲜质量 FWF	去子叶鲜质量 FW	地上部鲜质量 SFW	根鲜质量 RFW	下胚轴长 HL	根长 RL	侧根数 LRN
35	B-1	1.305 5 a	1.312 5 a	1.923 5 a	1.102 8 a	3.998 6 b	1.337 1 a	1.044 7 b
	B-3	1.252 4 ab	1.264 7 ab	1.989 2 a	0.995 3 b	3.874 8 b	1.274 6 a	1.038 9 b
	A-2	1.231 1 b	1.250 1 b	1.957 1 a	0.876 9 b	4.212 6 a	1.355 7 a	1.035 6 b
	A-1	1.224 6 b	1.223 5 b	2.102 0 a	0.724 6 b	4.226 1 a	1.248 2 a	1.224 8 a
38	B-1	1.293 8 a	1.293 8 a	1.615 6 b	0.810 3 a	2.794 4 b	1.123 3 a	0.942 4 b
	B-3	1.190 9 ab	1.190 9 a	1.448 9 b	0.759 2 a	2.410 0 c	1.041 1 a	0.851 2 bc
	A-2	1.150 5 b	1.172 1 ab	1.642 6 b	0.569 7 b	3.427 4 a	1.140 2 a	0.709 2 c
	A-1	1.129 5 b	1.033 9 b	1.880 3 a	0.409 0 b	3.508 0 a	1.098 1 a	1.122 1 a
42	B-1	1.003 4 a	1.114 8 a	1.505 0 b	0.605 5 a	1.659 1 ab	1.078 2 a	1.124 5 a
	B-3	0.993 4 a	0.940 1 b	1.321 8 c	0.523 9 a	1.423 8 b	0.954 8 ab	1.049 6 b
	A-2	0.982 5 a	0.937 5 b	1.534 2 b	0.452 5 ab	1.862 4 ab	0.906 5 b	0.887 5 c
	A-1	0.947 7 a	0.821 2 c	1.659 1 a	0.369 5 b	2.054 8 a	0.874 6 c	1.191 8 a

由表 2 可以看出,短期高温能加速黄瓜芽苗生长,各指标的相对值基本大于 1,但根的鲜质量明显受到抑制,表现为各温度下(35 ℃下 B-1 除外)根鲜质量的相对值均小于 1。在 35 ℃条件下,全鲜质

量、去子叶鲜质量、下胚轴长 3 个指标在耐热与热敏感黄瓜品系间表现出较大的差异,相对于 A-1 和 A-2, B-1、B-3 的全鲜质量和去子叶鲜质量更大,下胚轴生长更健壮。在 42 ℃条件下,4 个供试品系的去

子叶鲜质量、地上部鲜质量、根鲜质量、下胚轴长、根长和侧根数都有显著差异,但热敏感与耐热黄瓜品系间差异较小,规律性也不强。在 38 ℃ 条件下,除 35 ℃ 时表现出差异性的 3 个指标外,热敏感与耐热性黄瓜品系间的根鲜质量差异显著,热敏感品系的下胚轴伸长也较耐热品系快。

综合表 1 和表 2 分析结果可知,在 35 ℃ 条件下,黄瓜芽苗受受害不明显,且短期高温对黄瓜发芽有促进作用;42 ℃ 高温对黄瓜芽苗影响大,大部分形态指标的相对值小于对照;38 ℃ 高温对芽苗的影响介于 35 ℃ 和 42 ℃ 之间,更适合于黄瓜芽苗期耐热性鉴定。38 ℃ 条件下发芽的活力指数、芽苗全鲜质量、去子叶鲜质量、根鲜质量和下胚轴长,均可作

为黄瓜芽苗期耐热性鉴定指标。

2.2 黄瓜芽苗期耐热性鉴定指标的主成分分析

利用 DPS7.05 软件对筛选出的耐热性鉴定指标的相对值进行主成分分析,结果见表 3。由表 3 可知,前 2 个综合指标(主成分)的贡献率分别为 89.03%和9.86%,累积贡献率达 98.89%,其余可忽略不计,这样就将原来的 5 个指标转换成了 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 5 个单项指标 98.89%的信息;同时,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 3)及各单项指标的相对值(表 1、表 2),可求出每个黄瓜品系 2 个综合指标的值,结果如表 4 所示。

表 3 黄瓜各综合指标的系数及贡献率

Table 3 Coefficients of comprehensive index [CI(x)] and proportion

指标 Index	全质量 WFW	去子叶鲜质量 FW	根鲜质量 RFW	下胚轴长 HL	活力指数 VI	贡献率/% Proportion
CI(1)	0.476 7	0.514 8	0.500 9	0.393 8	-0.318 9	89.03
CI(2)	0.385 1	0.166 4	0.303 2	-0.517 8	0.618 8	9.86

表 4 各黄瓜品系综合指标值、权重(IW)、U(x)、D 值及预测值(P)

Table 4 Value of comprehensive index [CI(x)],index weight(IW),U(x),D and prediction (P)

品系 Variety	CI(1)	CI(2)	U(1)	U(2)	D	P
B-1	-2.670 0	-0.086 3	1	0.563 3	0.956 5	0.676 8
B-3	-1.451 9	0.008 1	0.752 6	0.515 7	0.729 0	0.553 9
A-2	2.252 7	-0.951 1	0	1	0.099 7	0.437 0
A-1	1.869 2	1.029 3	0.077 9	0	0.070 1	0.378 2
权重 IW			0.900 3	0.099 7		

2.3 黄瓜芽苗期耐热性鉴定指标的隶属函数分析及权重确定

每个黄瓜品系综合指标得分的隶属函数值用以下公式计算:

$$U(x_j)=\frac{(x_j-x_{\min})}{(x_{\max}-x_{\min})},j=1,2,\cdots,n。$$
 (1)

式中:U(x_j)为第 j 个综合指标的隶属函数值,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:

$$U(x_j)=1-\frac{(x_j-x_{\min})}{(x_{\max}-x_{\min})},j=1,2,\cdots,n。$$
 (2)

求得所有黄瓜品系综合指标的隶属函数值如表 4 所示。对于同一综合指标而言,根据各品系隶属函数值的大小,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%和 9.86%),用公式(3)求出各综合指标的权重,即:

$$\omega_j=P_j/\sum_{j=1}^n P_j,j=1,2,\cdots,n。$$
 (3)

式中:ω_j 表示第 j 个综合指标的相对重要程度,P_j

表示各品系第 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 0.900 3 和 0.099 7(表 4)。

2.4 黄瓜芽苗期耐热性鉴定方程的建立和验证

将 4 个供试黄瓜品系的耐热性综合评价值(D 值)作为因变量(Y),各单项指标全鲜质量(X₁)、去子叶鲜质量(X₂)、根鲜质量(X₃)、下胚轴长(X₄)、活力指数(X₅)的相对值作为自变量,采用逐步回归方法建立最优回归方程,剔除不显著的变量,拟合结果为:

$$Y=-0.347\ 3+0.245\ 0X_2+0.073\ 5X_5,$$
$$R^2=0.994\ 5。$$

对方程进行检验,F=548.409 9,表明方程极显著。由方程可知,在 5 个单项指标中,去子叶鲜质量和活力指数 2 个指标对黄瓜芽苗期耐热性有显著影响,在鉴定中可以选择性地测定这些指标,使工作简单化。用芽苗期形态指标和该回归方程对黄瓜耐热性进行预测,其预测值与综合评价值(D 值)在各品系间的大小次序一致(表 4),两者高度相关(r=

0.999),相关性达极显著水平。

采用 8 个耐热性已知的黄瓜验证品系对最优回归方程进行验证,结果见表 5。从表 5 可以看出,验证品系的实际耐热性次序与最优方程判定的结果基本一致,说明此方程可以用于黄瓜品系耐热性的芽苗期预测。

表 5 基于 2 个评价指标相对值的不同黄瓜品系耐热性综合评价预测值

Table 5 Prediction value of two accession indexes of cucumber varieties with different hot tolerance			
品系序号 Code of variety	去子叶鲜质量 FW	活力指数 VI	预测值 Predictive value
1	1.423 5	9.601 3	0.707 1
2	1.167 8	8.699 9	0.578 3
3	1.305 5	7.828 1	0.547 9
8	1.108 6	6.898 8	0.431 4
6	1.663 6	4.915 7	0.421 6
4	1.011 2	6.510 1	0.379 0
5	1.115 3	5.464 3	0.327 6
7	1.227 3	4.435 4	0.279 4

3 讨 论

高温对植物的危害是一个复杂的生理过程,植物对高温胁迫的应对过程又是一个多系统的综合生理反应,高温发生时期、强度及持续时间不同,会使植物表现出不同的耐热特性^[10-12]。本研究通过对 3 个不同热胁迫温度(35,38 和 42 ℃)下黄瓜芽苗生长状况的分析认为,38 ℃高温对黄瓜芽苗生长有胁迫作用,在此温度下不同耐热性黄瓜品系各指标的相对值与 35 和 42 ℃时的相应指标有显著差异。因此,38 ℃可作为耐热性鉴定的适宜温度。

评价作物抗逆性的指标比较多,指标之间经常存在着一定的相关性,所以,它们所提供的作物对逆境反映的信息会发生交叉与重叠,且各指标在综合评价时的重要性(权重)也不同。主成分分析可将原来个数较多的指标转换为新的个数较少且彼此独立的综合指标,同时根据各自贡献率的大小,可知各综合指标的相对重要性^[7]。本研究从较多的形态等指标中筛选出有显著影响的 5 个主要指标(全鲜质量、去子叶鲜质量、根鲜质量、下胚轴长、活力指数)进行综合分析判断,表明这些指标可作为黄瓜耐热性鉴定的稳定指标。本研究在分析数据时,采用的是各指标的相对值,消除了品系间固有差异的影响,因此可以准确比较出各品系耐热性的大小。

利用逐步回归所建立的最优回归方程,包含了对因变量有显著影响的自变量,未包含对因变量无显著影响的自变量^[13]。用逐步回归方程筛选出一

些对抗逆性有显著影响的指标后,可在相同逆境条件下测定其他品系的这些指标,然后利用该方程便可预测所测品系抗性的强弱。本研究通过回归分析,从 5 个指标中筛选出去子叶鲜质量和种子活力指数 2 个对黄瓜耐热性有显著影响的指标,利用它们对验证品系的耐热性进行综合评价,其结果与黄瓜的田间表现基本一致,说明可以将其作为黄瓜品系芽苗期耐热性强弱的筛选鉴定指标。本研究所建立的回归方程使黄瓜耐热性的鉴定与利用研究更有预见性,也可为抗逆栽培、育种及资源的鉴定与筛选提供依据。

[参考文献]

[1] 杨寅贵,李为观,娄群峰,等. 黄瓜苗期热害症状及其发生发展规律研究 [J]. 中国瓜菜,2007(5):1-3.
Yang Y G,Li W G,Lou Q F,et al. Occurrence and development of heat injure symptom in cucumber at seedling stage [J]. China Cucurbits and Vegetables,2007(5):1-3. (in Chinese)

[2] 艾 青,牟同敏. 水稻耐热性研究进展 [J]. 湖北农业科学,2008,47(1):107-111.
Ai Q,Mou T M. Progress in rice heat tolerance [J]. Hubei Agricultural Sciences,2008,47(1):107-111. (in Chinese)

[3] 张俊环,黄卫东. 植物对温度逆境的交叉适应性及其机制研究进展 [J]. 中国农学通报,2003,1(2):95-100.
Zhang J H, Huang W D. Research advances on mechanism of cross-adaptation to temperature stresses in plants [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin,2003,1(2):95-100. (in Chinese)

[4] 梁肇均,林毓娥,黄河勋. 黄瓜的高温伤害及耐热性研究进展 [J]. 广东农业科学,2006(1):21-23.
Liang Z J,Lin Y E,Huang H X. Advances in high temperature injury and heat tolerance of cucumbers [J]. Guangdong Agricultural Sciences,2006(1):21-23. (in Chinese)

[5] 董志刚,孟焕文,程智慧. 黄瓜品种资源芽苗期和幼苗期耐盐性及其评价指标研究 [J]. 干旱地区农业研究,2008,26(4):156-161.
Dong Z G,Meng H W,Cheng Z H. Salt tolerance and appraisalment indices of cucumber in sprout stage and seedling stage [J]. Agricultural Research in the Arid Areas,2008,26(4):156-161. (in Chinese)

[6] 程智慧. 蔬菜栽培学各论 [M]. 北京:科学出版社,2010.
Cheng Z H. Vegetable cultivation [M]. Beijing: Science Press, 2010. (in Chinese)

[7] 杨寅桂,娄群峰,李为观,等. 不同温度对黄瓜种子发芽的影响及耐热性比较 [J]. 中国瓜菜,2007(6):5-7.
Yang Y G,Lou Q F,Li W G,et al. Effects of temperature on seed germination and comparison of heat tolerance in cucumber [J]. China Cucurbits and Vegetables,2007(6):5-7. (in Chinese)

[8] 孟焕文,张彦峰,程智慧,等. 黄瓜幼苗对热胁迫的生理反应及耐热鉴定指标筛选 [J]. 西北农业学报,2000,9(1):96-99.

Meng H W,Zhang Y F,Cheng Z H,et al. The physiological re-
action to hot stress and screening of hot tolerance index in cu-
cumber [J]. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica,
2000,9(1):96-99. (in Chinese)

[9] 李雅华,崔 平,王艳玲. 甜菜种质芽期耐盐性及鉴定方法的研
究 [J]. 中国糖料,2000(1):5-8.
Li Y H,Cui P,Wang Y L. A study on the salt tolerance and
certified method of sugarbeet germplasm in germinating stage
[J]. Sugar Crops of China,2000(1):5-8. (in Chinese)

[10] 胡永红,蒋昌华,秦 俊. 植物耐热常规生理指标的研究进展
[J]. 安徽农业科学,2006,34(1):192-195.
Hu Y H,Jiang C H,Qin J. Research on the index of heat re-
sistance of plants [J]. Journal of Anhui Agri Sci,2006,34(1):
192-195. (in Chinese)

[11] 黄希莲,宋丽莎. 植物耐热生理生化指标研究进展 [J]. 黔南
民族师范学院学报,2007(3):23-26.
Huang X L,Song L S. Research on the physiological and bio-
chemical indexes of heat resistance of plant [J]. Journal of
Qiannan Normal College for Nationalities,2007(3):23-26. (in
Chinese)

[12] 田学军. 植物耐热性研究进展 [J]. 红河学院学报,2007,5
(5):7-9.
Tian X J. Heat stress and plant thermo tolerance [J]. Journal
of Honghe University,2007,5(5):7-9. (in Chinese)

[13] 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.
Yu J L. Multivariate test statistics of agriculture [M]. Bei-
jing:Beijing Agricultural University Press,1993:141-192. (in
Chinese)

(上接第 120 页)

[9] 鲍士旦. 土壤农化分析 [M]. 3 版. 北京:中国农业出版社,
2003.
Bao S D. Soil agriculturalization analysis [M]. 3rd edition. Bei-
jing:China Agriculture Press,2003. (in Chinese)

[10] 单秀枝,魏由庆,严慧峻,等. 土壤有机质含量对土壤动力学参
数影响 [J]. 土壤学报,1998,35(1):1-9.
Shan X Z,Wei Y Q,Yan H J,et al. Influence of organic matter
content on soil hydrodynamic parameter [J]. Acta Pedologica
Sinica,1998,35(1):1-9. (in Chinese)

[11] 马 成. 有机质含量对土壤几项物理性质的影响 [J]. 土壤通
报,1994,25(2):65-67.
Ma C. The effect of organic substance content on several soil
physical properties [J]. Chinese Journal of Soil Science,1994,
25(2):65-67. (in Chinese)

[12] 于忠范,于建海,姜学玲. 胶东果园土壤养分变化趋势及施肥
对策 [J]. 烟台果树,2008(2):3-4.
Yu Z F,Yu J H,Jiang X L. Variation trend and fertilizing
remedy about soil nutrient of orchard in Jiaodong area [J].
Yantai Fruits,2008(2):3-4. (in Chinese)

[13] 李白云,刘旭峰,金会翠,等. 陕西眉县部分猕猴桃园土壤主要
养分状况分析 [J]. 西北农业学报,2008,17(3):215-218.
Li B Y,Liu X F,Jin H C,et al. Analysis on soil nutrition of
kiwifruit orchards in Meixian County of Shaanxi Province
[J]. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica,2008,17
(3):215-218. (in Chinese)

[14] 黄宏文. 猕猴桃高效栽培 [M]. 北京:金盾出版社,2001.
Huang H W. Kiwifruit efficient production [M]. Beijing:Jind-
un Press,2001. (in Chinese)

[15] 韩礼星. 猕猴桃标准化生产技术 [M]. 北京:金盾出版社,
2008.
Han L X. Kiwifruit standardization production technology
[M]. Beijing:Jindun Press,2008. (in Chinese)

[16] 王留好,同延安,刘 剑. 陕西渭北地区苹果园土壤有机质现
状评价 [J]. 干旱地区农业研究,2007,11(6):189-192.
Wang L H,Tong Y A,Liu J. Assessment on current situation
of soil organic matter of apple orchards in Weibei areas [J].
Agricultural Research in the Arid Areas,2007,11(6):189-
192. (in Chinese)