

茄子苗期耐热性的模糊综合评判

林俊芳^{1,2}, 钟凤林^{1,2}, 胡海非^{1,2}, 许茹¹, 林义章^{1,2}, 黄碧琦¹

(¹福建农林大学园艺学院, 福州 350002; ²福建农林大学蔬菜研究所, 福州 350002)

摘要: 确定客观、合理的耐热性评价指标, 评价不同品种蔬菜的耐热性强弱, 对其耐热性机制的研究及耐热性品种的选育具有重要的意义。以不同耐热性的茄子品种为材料, 测定苗期耐热性相关的生理生化指标, 采用层次分析法(AHP)确定各耐热性指标的权数, 通过模糊数学原理对茄子的耐热性进行综合评价分析。结果表明: 热害指数、恢复指数、MDA含量、SOD活性、POD活性对耐热性影响较大, 其权重依次为: 0.2500、0.2500、0.1092、0.1092、0.1092。综合评价结果为茄子品种友谊一号耐热性最强, F-762茄子耐热性居中, 古田紫长茄耐热性最弱, 与田间自然高温鉴定结果一致, 表明此方法对茄子苗期耐热性进行综合评价有较好的适用性, 可用于大批量品种的耐热性鉴定。

关键词: 茄子; 苗期; 耐热性; 层次分析法; 模糊综合评判

Fuzzy Comprehensive Evaluation on Heat Tolerance in Eggplant Seedling Stage

LIN Jun-fang^{1,2}, ZHONG Feng-lin^{1,2}, HU Hai-fei^{1,2}, XU Ru¹, LIN Yi-zhang^{1,2}, HUANG Bi-qi¹

(¹College of Horticulture, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002;

²Vegetable Research Institute, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002)

Abstract: Determining objective, reasonable heat tolerance evaluation indexes, and evaluating heat tolerance of different cultivars vegetables, which are of great significance to the research on heat tolerance mechanism and the breeding of heat tolerance. Different heat tolerance eggplant cultivars were used to determine physiological and biochemical indexes in seeding stage. The heat tolerance of eggplant seeding was comprehensively evaluated by using fuzzy mathematics theory. Using the analytic hierarchy process(AHP) to determine the weights of heat tolerance indexes. The results showed that heat injury index, recovery index, MDA content, SOD activity and POD activity had the greatest effect on heat tolerance. The weights were 0.2500, 0.2500, 0.1092, 0.1092 and 0.1092. According to the result of comprehensive evaluation, the heat tolerance of YouYiYiHao was the strongest, followed by F-762, and GuTianZiChangQie was the weakest. The results were consistent with those assessed in open field of natural high temperature. It showed that this method had a better applicability of comprehensive evaluation on eggplant seeding heat tolerance, which can be used for identification of heat tolerance in mass cultivars.

Key words: eggplant; seeding stage; heat tolerance; analytic hierarchy process; fuzzy comprehensive evaluation

茄子(*Solanum melongena* L.)是茄科茄属一年生草本植物,是一种重要的果菜类蔬菜,在我国南北各地广泛种植。茄子性喜温,最适生长温度为22~30℃。当温度超过35℃时,表现出明显的高温伤

害症状,引起一系列形态结构和生理生化的变化,最终影响茄子的产量和品质^[1-3]。由于全球性温室效应不断加剧,蔬菜栽培面临着严重挑战。近年来福建省夏季田间温度常超过40℃,严重影响茄子的生

收稿日期:2014-04-15 修回日期:2014-05-26 网络出版日期:2015-02-06

URL: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20150206.1519.004.html>

基金项目:福建省大宗蔬菜产业体系(2012K83139294);福建省自然科学基金(2012J01082);福建农林大学校重点建设项目(6112c0409)

第一作者研究方向为蔬菜生理生化和生物技术研究。E-mail: linjunfang1990@163.com

通信作者:钟凤林,研究方向为蔬菜生理与分子生物学研究。E-mail: ZFL10305@126.com

长发育,已成为制约福建省夏季茄子生产的重要因素^[4]。茄子生长周期较长,若能在苗期进行耐热性鉴定,将有助于大大缩短育种进程。因此,确定客观的耐热性鉴定方法和适宜的评价指标,评价不同品种耐热性的强弱,对耐热性机制的研究及耐热性品种的选育具有重要意义。

目前,在茄子苗期耐热性鉴定方面已经进行了一些研究,认为热害指数、细胞膜相对电导率、脯氨酸含量等可以作为不同茄子品种耐热性的鉴定指标,但不同研究者看法不同^[5-8]。而且,影响茄子耐热性的指标很多,不同的研究者和研究对象有不同的鉴定和评价方法。其中,基于层次分析法(AHP, analytic hierarchy process)的模糊综合评判是应用模糊数学理论,将理论与实践经验结合起来的对多指标性状进行全面评估^[9-10]。AHP将人的主观判断通过数量形式表达和处理,是一种定性与定量相结合的、层次化、系统化的分析方法^[11]。该方法直观、可靠,能使复杂问题简单化且突出重点,广泛应用于各个领域^[12-14]。因此,建立一套基于AHP的科学、可量化、操作性强的综合评价体系,具有较大的现实意义。

本试验以不同耐热性的茄子品种为材料,测定各品种苗期的热害指数、恢复指数、细胞膜相对电导率、脯氨酸含量、可溶性蛋白含量、抗氧化酶活性等指标。通过模糊数学原理,采用AHP确定茄子苗期各耐热性指标的权重值,对不同品种苗期耐热性的强弱进行综合评判分析,以期对茄子苗期耐热性指标的筛选和耐热性品种的选育提供一个有效的判断依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

本课题组从1990年开始收集国内外茄子种质资源,已收集32份种质资源,并获得8个优良亲本。本研究以田间耐热性表现差异较明显的茄子品种友谊一号、古田紫长茄和F-762(自交系)为试验材料。

1.2 试验方法

1.2.1 田间高温胁迫 试验于2013年7-8月在福建农林大学蔬菜基地进行,参试品种先浸种催芽、大棚育苗。利用夏季自然高温对各品种进行田间高温胁迫,观察高温对茄子生长发育的影响,统计其花器质量、果实性质等指标。试验完全随机区组排列,每个品种种植3个小区。

1.2.2 苗期耐热性室内鉴定 试验在福建农林大学

园艺学院实验室进行。采用穴盘育苗,育苗基质为草炭土、珍珠岩、蛭石混合基质。各品种的种子经催芽后,播于穴盘中。出苗前浇清水,出苗后根据苗情浇灌1/4剂量的营养液^[15]。当幼苗长至4~6片真叶时,选取长势一致的幼苗置于人工气候箱中预处理1d,昼夜温度为28℃/20℃、光强为72 μmol/m²·s、光周期为昼夜12h/12h。预处理后进行高温胁迫处理,每处理3次重复,每个重复18株,具体方法为:10:00-12:00为38℃,12:00-15:00为42℃,15:00-18:00为38℃,18:00至次日10:00为28℃,光强和光周期不变,培养3d。再进行恢复处理:昼夜温度为28℃/20℃、光强为72 μmol/m²·s、光周期为昼夜12h/12h。培养箱内相对湿度控制在70%~80%。

1.3 测定项目

从7月1日至8月10日,记录每日刚开放的花朵,对主花的花柱类型进行统计,计算长、中、短3种类型的比例;果实性状调查时间为上述已调查的花长至商品果为止,包括坐落率、畸形果数、果皮色泽以及病害情况;将达到生产采收标准的果实分批采下,累计重量,直到最后观测花长至商品果为止,计算小区产量并估算每667m²产量。

热害指数、恢复指数的测定参照贾开志等^[16]的方法。细胞膜相对电导率、脯氨酸含量、可溶性蛋白质含量、可溶性糖含量、蒸腾速率、丙二醛(MDA)含量、超氧化物歧化酶(SOD)活性、过氧化物酶(POD)活性的测定方法参照文献^[17],^[18]。

以上测定的指标均重复3次,试验数据用DPS软件分析。

1.4 模糊综合评价法的分析步骤与方法

筛选出对茄子苗期耐热性影响比较重要的指标,组成比较全面的评价指标集;建立各层次结构模型;构建各层次中的判断矩阵并进行一致性检验,计算选取指标的权重;构建模糊矩阵R,计算综合评价集。

1.4.1 指标权重的确定及判断矩阵的构造 茄子苗期各耐热性指标权重确定的合理性直接影响综合评价的结果。本研究采用层次分析法确定各指标权重。依据系统的特点和基本原则,采用1-9比率标度法构造出各层次中的所有判断矩阵,利用Matlab软件,计算出该矩阵的最大特征值 λ_{\max} 以及对应的特征向量 W_0 , $W_0 = [W_{01}, \dots, W_{0n}]^T$;对 W_0 进行归一化: $W_i = W_{0i} / \sum_{i=1}^n W_{0i}$,得到特征向量 $W = [W_1, \dots,$

$W_n]^T$,即为各评价指标的单排序权重,再由线性加权法得到各评价指标总体权重。

1.4.2 一致性检验 根据公式 $CI = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1)$ 和 $CR = CI / RI$ 计算一致性比例 CR (其中,平均随机一致性指标 RI 参考 Saaty 给出的值^[19])。当 $CR < 0.1$ 时,认为判断矩阵的一致性是可以接受的;否则需要进行调整和修改,直至满足一致性条件。利用层次分析法计算评价指标的权数,能够较大幅度地减少主观因素。若主观判断偏离客观实际,则 CR 的值会显示出这种差别,以便对判断矩阵做出相应调整。

1.4.3 数据处理,构建模糊矩阵 R 对原始数据进行无量纲化处理,以具可比性。常采用均值化方法^[20]。恢复指数、脯氨酸、可溶性糖、可溶性蛋白、蒸腾速率、SOD 活性采用性状值/平均值;热害指数、细胞膜相对电导率、MDA 含量、POD 活性因其测量值越小耐热性越好,所以用平均值/性状值。

1.4.4 综合评价集 B 的计算 根据前面计算所得

各指标的 W 可知,权重集 $A(a_1, \dots, a_{10}) = W_0$,因此模糊关系式 R 与 A 的综合评判集 $B = A \circ R$,在 Matlab 软件上进行运算。

2 结果与分析

2.1 田间耐热性表现

由表 1 可知,田间试验中当昼夜温度在 $32\text{ }^\circ\text{C}/22\text{ }^\circ\text{C} \sim 35\text{ }^\circ\text{C}/25\text{ }^\circ\text{C}$ 时,友谊一号能正常生长、开花(花柱类型为长、中柱花)、坐果,果实光泽度好,产量高;F-762 生长受到影响,花器发育不良,多为中、短柱花,坐果率较低,果实光泽度一般,产量不高;古田紫长茄表现出高温伤害症状,生长缓慢,花发育异常,坐果率低,果实光泽度较差,僵果较多,产量低。昼夜温度在 $30\text{ }^\circ\text{C}/20\text{ }^\circ\text{C} \sim 32\text{ }^\circ\text{C}/22\text{ }^\circ\text{C}$ 时,友谊一号、F-762 能正常生长、开花、坐果;古田紫长茄的高温伤害症状突出,生长、开花、结果都不正常,且黄枯萎病等病害较多。因此,田间鉴定友谊一号为耐热品种,古田紫长茄为不耐热品种,F-762 为耐热性中等品种。

表 1 供试品种田间自然高温下的耐热性表现

Table 1 Heat tolerance response to high temperature of testing in open field of natural high temperature

品种 Cultivar	正常花率(%) Long-styled flower rate	坐果率(%) Fruit setting rate	果实色泽 Fruit color	畸形果数(个) No. of malformed fruit	病株率(%) Diseased plant rate	产量(kg/hm ²) Yield
友谊一号	100.00	68.13	好	0	0	783.75
F-762	96.78	59.93	一般	21.00	13.72	481.53
古田紫长茄	87.56	30.78	较差	58.00	78.00	236.47

长花柱花和中花柱花归为正常花

Long-styled and middle-styled flowers are classified normal flowers

2.2 模糊综合评判结果

2.2.1 建立层次结构模型 将选取的茄子苗期耐热性相关指标按性质和级别分层次,按隶属排列,最上层是目标层,即茄子苗期耐热性的综合评价;中间层是衡量是否达到目标的各个要素,即茄子苗期的形态指标和生理生化指标;最下层是方案层,即不同耐热性品种的茄子。建立层次结构如图 1 所示。

2.2.2 构造判断矩阵,进行层次排序 在本课题组长期试验结果基础上,根据各指标对茄子苗期耐热性的贡献和重要程度,结合模糊数学的分析方法进行评分,构造判断矩阵并进行一致性检验,得出相应指标的权重值,结果见表 2、表 3。其中,判断矩阵中因子的取值 1、3、5、7、9 分别代表一个因素对另一个

因素的重要性相同、稍强、强、很强、绝对强;2、4、6、8 表示上述相邻判断的中间值。

表 3 中,总权重 = 一级指标权重值 \times 二级指标权重值。表 2 中各 CR 值均小于 0.1,即各矩阵的阶数 n 与矩阵的最大特征根 λ_{\max} 之差在允许的范围之内,说明该判断矩阵具有满意的一致性,说明 $W = (0.2500, 0.2500, 0.0730, 0.0357, 0.0140, 0.0140, 0.0357, 0.1092, 0.1092, 0.1092)$ 作为权数向量是合理的。

2.2.3 构建模糊矩阵 R,计算综合评价集 B 试验中各指标之间由于计量单位和数量级不尽相同,从而使得各指标间不具可比性。因此首先要对表 4 中热害指数等 10 个指标进行无量纲化处理。其次构建好模糊矩阵 R ,见表 5。

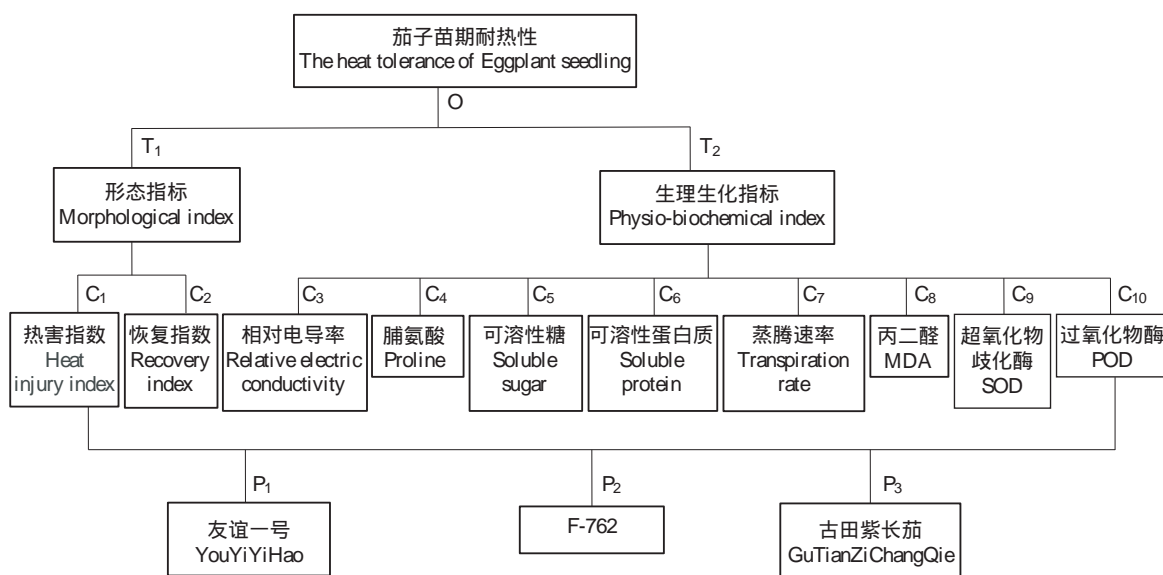


图 1 茄子苗期耐热性层次结构图

Fig. 1 The hierarchy diagram of eggplant seedling heat tolerance

表 2 判断矩阵及一致性检验

Table 2 Judgment matrix and consistency examination

O - (T ₁ , T ₂)			T ₁ - (C ₁ , C ₂)		
O	T ₁	T ₂	T ₁	C ₁	C ₂
T ₁	1	1	C ₁	1	1
T ₂	1	1	C ₂	1	1

λ₁ = 2, CR₁ = 0

λ₂ = 2, CR₂ = 0

T ₂ - (C ₃ ...C ₁₀)									
T ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉	C ₁₀	
C ₃	1	3	5	5	3	1/2	1/2	1/2	
C ₄	1/3	1	3	3	1	1/3	1/3	1/3	
C ₅	1/5	1/3	1	1	1/3	1/7	1/7	1/7	
C ₆	1/5	1/3	1	1	1/3	1/7	1/7	1/7	
C ₇	1/3	1	3	3	1	1/3	1/3	1/3	
C ₈	2	3	7	7	3	1	1	1	
C ₉	2	3	7	7	3	1	1	1	
C ₁₀	2	3	7	7	3	1	1	1	

λ₃ = 8.0918, CR₃ = 0.0093

表 3 茄子苗期耐热性各层权重值

Table 3 Weights of each layer about the heat tolerance of Eggplant seedling

一级指标 Fir-indicators	形态指标 Morphological index(T ₁)					生理生化指标 Physio-biochemical index(T ₂)				
权重值 Weight	0.5					0.5				
二级指标 Sec-indicators	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₇	C ₇	C ₈	C ₉	C ₁₀
权重值 Weight	0.5000	0.5000	0.1460	0.0714	0.0280	0.0280	0.0714	0.2184	0.2184	0.2184
总权重值 Total weight	0.2500	0.2500	0.0730	0.0357	0.0140	0.0140	0.0357	0.1092	0.1092	0.1092

在 Matlab 上运算得: 综合评判集 $B = (b_1, b_2, b_3) = (1.4408, 1.0604, 0.6145)$ 。根据最大隶属度原则, 在综合考虑以上指标时, 3 个品种的耐热性排序为: $P_1 > P_2 > P_3$ 。本试验运用层次分析法提出 10 个与茄子苗期耐热性指标有关的评价权数, 从大到小依次为热害指数 0.2500、恢复指数 0.2500、MDA 含量 0.1092、SOD 活性 0.1092、POD 活性 0.1092、细胞膜相对电导率 0.0730、脯氨酸含量 0.0357、蒸腾速率 0.0357、可溶性糖含量 0.0140、可溶性蛋白质含量 0.0140。应用模糊综合评判法对茄子 3 个品种幼苗耐热性进行综合评价, 结果表明友谊一号茄子的耐热性最强, 其次是 F-762, 古田紫长茄的耐热性最弱。

3 讨论

3.1 茄子耐热性鉴定指标的筛选

夏季高温严重影响茄子的生长发育, 已成为制约夏季茄子生产的重要因素。茄子耐热性鉴定指标

表 4 不同品种茄子苗期耐热性相关指标

Table 4 Different cultivars of eggplant seedling heat tolerance indexes

品种 Cultivar	热害 指数 Heat injury index	恢复指数 Recovery index	相对电 导率(%) Relative electric conductivity	脯氨酸含量 (mg/g·FW) Proline content	可溶性 糖含量 (mg/g·FW) Soluble sugar	可溶性 蛋白含量 (mg/g·FW) Soluble protein	蒸腾速率 (g/m ² ·h) Transpiration rate	MDA 含量 (nmol/g·FM) MDA content	SOD 活性 (U/mg·FW) SOD activity	POD 活性 (OD ₄₇₀ /mg·min) POD activity
P ₁	0.28c	0.61a	28.90b	50.40a	1.94a	10.45a	121.36a	301.00b	26.80a	0.79c
P ₂	0.41b	0.35b	26.40b	37.30b	1.81a	7.62b	119.62a	405.10a	26.30a	0.86b
P ₃	0.59a	0.00c	58.20a	29.60c	1.79a	7.91c	114.93b	412.30a	22.10b	0.92a

同列数据不同字母表示在 0.05 水平上的差异显著性

Different letters in the same column mean significant at $P < 0.05$ level

表 5 茄子耐热性指标对应模糊评价关系矩阵 R

Table 5 The indexes corresponding fuzzy evaluation relation matrix R

品种 Cultivar	热害指数 Heat injury index	恢复指数 Recovery index	相对电导率 Relative electric conductivity	脯氨酸 Proline content	可溶性糖 Soluble sugar	可溶性蛋白 Soluble protein	蒸腾速率 Transpiration rate	丙二醛 MDA content	SOD 活性 SOD activity	POD 活性 POD activity
P ₁	1.5357	1.9063	1.3080	1.2890	1.0486	1.2067	1.0229	1.2385	1.0677	1.0886
P ₂	1.0488	1.0938	1.4318	0.9540	0.9784	0.8799	1.0083	0.9203	1.0478	1.0000
P ₃	0.7288	0	0.6495	0.7570	0.9676	0.9134	0.9687	0.9042	0.8805	0.9348

有很多,生产上农民常用田间自然高温鉴定。田间自然高温鉴定侧重于茄子的生殖生长阶段,而茄子生长周期较长,需要长时间观察、记录相关性状值,工作费时且繁琐。因此,有必要寻找更加简便且可靠的方法。若能在苗期进行耐热性鉴定,将有助于大大缩短育种进程。确定客观的苗期耐热性鉴定方法和适宜的评价指标,评价不同品种耐热性的强弱,对耐热性机制的研究及耐热性品种的选育具有重要意义。本试验结果表明,茄子苗期热害指数、恢复指数、MDA 含量、SOD 活性、POD 活性等可以明显区分不同材料的耐热性,可作为茄子苗期耐热性快速鉴定的指标。

3.2 茄子苗期耐热性鉴定的模糊综合评判

对蔬菜耐热性进行评价,是耐热性机制研究和耐热性品种选育的基础。目前,已有不少关于蔬菜耐热性指标筛选的研究。苏小俊等^[21]把大白菜的结球率作为耐热指标;董灵迪等^[22]把坐果率和产量等作为番茄耐热性的评价指标。以外部形态的变化和经济性状变化作为依据来鉴定蔬菜的耐热性,是一种直观且容易的方法。高温下植物的细胞排列、气孔开度、叶肉细胞等将会发生一些变化^[23-24],因此也可以将其作为耐热性强弱的评价指标。但茄子耐热性鉴定筛选指标较多,且缺乏一个定量、全面、

系统、标准的评价体系。

模糊数学综合评价广泛应用于各个领域,且各具特色^[25-29]。植物耐热性是一个复杂的综合性状,单一的耐热性指标难以判断植物对高温的综合适应能力。AHP 分析提供了一种在多指标测定的基础上对茄子苗期耐热性进行综合评价的途径。该方法对各因子进行 $n(n-1)/2$ 次比较,通过各种不同角度的反复比较,从而导出一个合理的排序。本试验选择了 8 个对耐热性影响较大的指标,采用 AHP 确定了茄子苗期各耐热性指标的权数。结果表明,热害指数和恢复指数对耐热性评价影响最大,可溶性糖、可溶性蛋白影响最小。同时对茄子不同品种苗期的耐热性进行了综合评价分析,结果表明,友谊一号耐热性最强,F-762 耐热性居中,古田紫长茄耐热性最弱。本试验结果与田间自然高温鉴定结果一致,说明采用 AHP 对不同品种的耐热性进行评价是合理有效的。该方法易于实现程序化,可用于大批量品种的耐热性鉴定。

蔬菜耐热性评价所依据的指标有很多,且同一蔬菜不同品种的耐热表现不同。为了对蔬菜耐热性做出更加科学、准确的评价,今后应完善评价指标,将蔬菜的外部形态及经济性状指标、微观结构指标、生理生化指标、分子生物学指标等有机结合,筛选出

适宜的指标,采用 AHP 进行评价,为获得耐热性品种奠定良好的基础。

参考文献

- [1] 张雅,傅鸿妃. 高温胁迫对茄子幼苗抗氧化系统和叶绿素荧光参数的影响[J]. 浙江农业科学,2010(2):246-250
- [2] 李植良,孙保娟,黎振兴. 高温胁迫下茄子的耐热性表现及其鉴定指标的筛选[J]. 植物遗传资源学报,2009,10(2):244-248
- [3] 李荣冲,沈亮余,梁晶龙,等. 高温高湿胁迫下茉莉酸甲酯对紫苏种子萌发及生理特性的影响[J]. 西北植物学报,2012,32(2):312-317
- [4] 张志忠,黄碧琦. 23个茄子品种抗热性鉴定及其抗热机理的初步研究[J]. 热带作物学报,2011,32(1):61-65
- [5] 孙保娟,李植良,黎振兴,等. 茄子耐热性苗期鉴定研究[J]. 广东农业科学,2007(2):27-29
- [6] Maxwell K, Johnson G N. Chlorophyll fluorescence-a practical guide[J]. J Exper Bot,2000,51(345):659-668
- [7] 张志忠,吴善华,黄碧琦,等. 茄子耐热性苗期筛选指标的研究[J]. 中国蔬菜,2004(2):4-7
- [8] 张雅,何勇,朱祝军. 不同茄子品种幼苗耐热性研究[J]. 中国蔬菜,2009(24):30-35
- [9] 陈贤,杨荣萍,赵雁,等. 运用层次分析法和排序法综合评价番茄果实商品性[J]. 贵州农业科学,2008,36(6):135-138
- [10] 韩利,梅强,陆玉梅,等. AHP-模糊综合评价方法的分析与研究[J]. 中国安全科学学报,2004,14(7):86-89
- [11] 熊德国,鲜学福. 模糊综合评价方法的改进[J]. 重庆大学学报,2003,26(6):93-95
- [12] 蒲玉琳,谢德体,倪九派,等. 紫色土区坡耕地植物篱模式综合生态效益评价[J]. 中国农业生态学报,2014,22(1):44-51
- [13] 郑子成,杨玉梅,李廷轩. 不同退耕模式下土壤抗蚀性差异及其评价模式[J]. 农业工程学报,2011,27(10):199-205
- [14] 黎建强. 三峡库区植物篱生态效益分析与评价[D]. 北京:北京林业大学,2011
- [15] 郭世荣. 无土栽培学[M]. 北京:中国农业出版社,2003:111-116
- [16] 贾开志,陈贵林. 高温胁迫下不同茄子品种幼苗耐热性研究[J]. 生态学杂志,2005,24(4):398-401
- [17] 王学奎. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社,2006
- [18] 朱广廉,钟海文,张爱琴. 植物生理学实验[M]. 北京:北京大学出版社,1990:242-245
- [19] 郝志龙,金心怡,范春梅,等. 模糊综合评判法在乌龙茶做青叶品质化学分析中的应用[J]. 热带作物学报,2011,32(11):2157-2162
- [20] 韩胜娟. SPSS 聚类分析中数据无量纲化方法比较[J]. 科技广场,2008(3):229-231
- [21] 苏小俊,袁希汉,徐海. 大白菜田间耐热性的鉴定方法[J]. 江苏农业学报,2007,23(1):78-80
- [22] 董灵迪,石琳琪,焦永刚,等. 不同番茄品种耐热性及耐热机理研究[J]. 华北农学报,2009,24(Z2):126-129
- [23] 韩笑冰,利容千,王建波. 热胁迫下萝卜不同耐热性品种细胞组织结构比较[J]. 武汉植物学研究,1997,15(2):173-178
- [24] 王冬梅,许向阳,李景富,等. 热胁迫对番茄叶肉细胞叶绿体超微结构的影响[J]. 园艺学报,2004,31(6):820-821
- [25] 赵威军,张福耀,常玉卉,等. 甜高粱品系的抗倒伏性质评价及相关分析[J]. 植物遗传资源学报,2013,14(1):53-60
- [26] 张巧凤,陈宗金,吴纪中,等. 小麦种质芽期和苗期的耐盐性鉴定评价[J]. 植物遗传资源学报,2013,14(4):620-626
- [27] 于平福,朱建华,黄凤珠,等. 广西龙眼种质资源果实性质的 AHP-FUZZY 综合评判[J]. 植物遗传资源学报,2006,7(3):284-288
- [28] Kosfeld R, Lauridsue J. Factor analysis regression [J]. Stat Papers,2008,49:653-667
- [29] Mahler C F, Lima G S. Applying value analysis and fuzzy logic to select areas for installing waste fills [J]. Env Mon Ass,2003,84:129-140
- [5] 孙苏阳,王永军,李海军,等. 小麦冬春轮回选择育种方法研究进展[J]. 中国农学通报,2013,29(36):15-20
- [6] 陆光远,张学昆,李桂英,等. 应用群体改良法选育高产优质抗病油菜新品种[J]. 中国油料作物学报,2012,34(6):575-581
- [7] Meredith W R, Bridge R R. Recurrent select ion for lint percent within a cultivar of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) [J]. Crop Sci,1973,13:698-701
- [8] 张凤鑫,梅选明,蒋新河. 在棉花育种中保持基因流动性的种质库建设的研究[J]. 西南农业大学学报,1987(3):32-36
- [9] Paterson A H, Brubaker C, Wendel J F. A rapid method for extraction of cotton (*Gossypium* spp.) genomic DNA suitable for RFLP or PCR analysis[J]. Plant Mol Biol Rep,1993,11(2):122-127
- [10] Wu M Q, Zhang X L, Nie Y C, et al. Localization of QTLs for yield and fiber quality traits of tetraploid cotton cultivar[J]. Acta Genet Sin,2003,30(5):443-452
- [11] 白静,聂以春,林忠旭,等. 棉花杂交种 SSR 核心引物的筛选与评价[J]. 棉花学报,2012,24(3):207-214
- [12] 王沛政,陈爱民,阿布来提,等. 不同来源陆地棉数量性状主成分及聚类分析[J]. 西北农业学报,1999,8(4):50-52
- [13] 别墅,孔繁玲,周有耀,等. 中国 3 大主产棉区棉花品种遗传多样性的 RAPD 及其与农艺性状关系的研究[J]. 中国农业科学,2001,34(2):597-603
- [14] 刘文欣,孔繁玲,郭志丽,等. 建国以来我国棉花品种遗传基础的分子标记分析[J]. 遗传学报,2003,30(6):560-570
- [15] 匡猛,杨伟华,许红霞,等. 中国棉花主栽品种 DNA 指纹图谱构建及 SSR 标记遗传多样性分析[J]. 中国农业科学,2011,44(1):20-27
- [16] 武耀廷,张天真,殷剑美. 利用分子标记和形态学性状检测的陆地棉栽培品种遗传多样性[J]. 遗传学报,2001,28(11):1040-1050

(上接第 388 页)