

黄瓜种子脂肪酸含量与耐低温性关系的研究

张建军, 闫世江, 王浩, 司龙亭*, 马志国, 杨佳明

(辽宁省鞍山市园艺科学研究所, 辽宁鞍山 114015; 2. 沈阳农业大学园艺学院, 辽宁沈阳 110161)

摘要 [目的] 探讨黄瓜种子脂肪酸含量、种类与耐低温性的关系。[方法] 对15份不同来源的黄瓜材料进行白天12℃, 晚上8℃的低温处理, 每天光照7.5 h, 处理14 d, 对黄瓜的耐寒性进行分级, 并计算耐寒指数, 测定供试黄瓜种子的含油量、脂肪酸成分及含量。[结果] 黄瓜种子的脂肪酸主要有棕榈酸(16:0)、棕榈烯酸(16:1)、硬脂酸(18:0)、油酸(18:1)、亚油酸(18:2)和亚麻酸(18:3), 与其耐寒指数进行相关分析发现, 耐寒指数与亚油酸、亚麻酸含量、种子含油量IUA(不饱和度)达显著正相关, 与棕榈酸含量、棕榈烯酸含量、硬脂酸含量相关系数很小, 各材料的油酸含量基本相同。[结论] 黄瓜的亚油酸、亚麻酸、种子含油量IUA与黄瓜的耐低温性有密切的关系。

关键词 黄瓜; 种子; 脂肪酸; 耐低温性

中图分类号 S642.2 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2008)12-04859-03

Study on the Relationship between the Contents of Fatty Acids and Low Temperature Tolerance in Cucumber Seeds

ZHANG Jian-jun et al (Anshan Institute of Horticultural Science in Liaoning Province, Anshan, Liaoning 114015)

Abstract [Objective] The purpose was to discuss the relationship between the contents and kinds of fatty acids and low temperature tolerance in cucumber seeds. [Method] Fifteen cucumber materials from different sources were treated for 14 d with low temperature of 12℃ in day and 8℃ in night and illumination for 7.5 h per day. The cold tolerances of cucumber were graded, the cold tolerance indices were calculated out and the oil content, fatty acid composition and content in the tested cucumber seeds were determined. [Result] The fatty acids in cucumber seeds mainly included 6 kinds of palmitic acid (16:0), palmitoleic acid (16:1), stearic acid (18:0), oleic acid (18:1), linoleic acid (18:2) and linolenic acid (18:3), etc. It was found through correlation analysis on the mean and the cold tolerance index that the cold tolerance index reached significantly positive correlation with the contents of linoleic acid and linolenic acid, oil content in seed, IUA (index of unsaturated fatty acid), had very small correlation coefficient with the contents of palmitic acid, palmitoleic acid and stearic acid and the contents of oleic acid in various materials were basically same. [Conclusion] The linoleic acid and linolenic acid, oil content in seed and IUA of cucumber had close relationship with its low temperature tolerance.

Key words Cucumber; Seed; Fatty acid; Low temperature tolerance

黄瓜是一种喜温蔬菜, 对低温十分敏感, 由于栽培面积日益扩大, 其耐低温机理的研究也逐渐受到重视。有学者研究低温下种子的发芽能力和幼苗的生长量如叶面积和发芽指数^[1-3]或发芽能力、胚根相对伸长率^[4]、苗期冷冻指数、根系活力、干物重^[5]等。也有学者对低温下硝酸还原酶活性^[6-7], 黄瓜对水分与矿质营养的吸收和运转^[8], POD、CAT、SOD等酶的活性^[9-10], 叶片类囊体中不饱和脂肪酸含量及单半乳糖甘油二酸酯和双半乳糖二酸酯的脱酰化程度^[11], 叶绿素荧光^[12-13]等生理指标进行研究。而黄瓜种子脂肪酸种类与耐低温性关系的研究则未见报道。笔者研究黄瓜种子含油量、种子脂肪酸成分与耐低温性之间的关系, 旨在探讨黄瓜耐低温的机理, 摸索黄瓜耐低温鉴定方法, 为黄瓜的耐低温性筛选及亲本鉴定提供理论依据。

1 材料与方

1.1 材料 试验于2006年3~6月, 在沈阳农业大学园艺学院科研基地和教学实验室进行。供试黄瓜材料9504、9507、9524、9508、9512、9518、9511、9514、9521、9506、9510、9517为经多代纯合的自交系, 对照品种永昌9618、津优1号、津研4号。以上材料均由沈阳农业大学园艺学院黄瓜育种课题组提供。

使用日本SANYO公司产MLR-350H型人工光照培养箱对瓜苗进行低温处理。

1.2 测定项目与方法

1.2.1 种子含油量的测定。先将约2g黄瓜种子在120℃下烘2h, 趁热用研钵研碎, 装入事先已烘干称重的滤纸袋中,

并称重。将滤纸袋装入索氏回流提取器, 加入石油醚, 回流提取8h。将滤纸袋风干, 在120℃下烘2h, 称重。3次重复。种子含油量按下式计算:

$$\text{种子含油量} = \frac{\text{浸提前重量} - \text{浸提后重量}}{\text{浸提前重量} - \text{滤纸袋重量}}$$

1.2.2 脂肪酸成分及含量的测定。种子脂肪酸的测定参照苏维埃等方法进行膜脂脂肪酸的提取和纯化, 利用岛津GC-9A型气相色谱仪分析组分。气相色谱检测条件:FID型检测器, N₂流速60 ml/min, H₂流速55 ml/min, 空气流速500 ml/min, 色谱柱:DEGS(柱长2.6 m, 内径3.2 mm), 柱温210℃, 检测器250℃, 进样口250℃。3次重复。测定所需标准品从美国Sigma公司购买。

数据分析采用DPS软件进行。

1.2.3 各材料耐低温性的鉴定。2006年3月初将黄瓜自交系种子播于温室; 待其长至2~3片真叶时分苗; 将苗分到营养钵(10 cm×10 cm)中, 然后放进人工光照培养箱中, 每份材料5钵, 每天光照处理7.5 h, 强度为30 μmol/(m²·s), 白天12℃, 晚上8℃, 共处理14 d, 3次重复, 然后进行耐低温性调查。耐低温性分级标准如下:0级, 全株受冻死亡或接近死亡;1级, 秧苗各叶片普遍受冻, 其中3~4叶受冻面积>50%;2级, 秧苗3~5叶受冻, 其中2~3叶受冻面积>50%;3级, 秧苗2~4叶受冻, 其中1~2叶受冻面积>50%;4级, 秧苗1~2叶受冻, 面积约20%~30%;5级, 秧苗生长正常, 无任何受冻症状。耐寒指数按下式计算:

$$\text{耐寒指数} = \frac{S_1 + 2S_2 + 3S_3 + 4S_4 + 5S_5}{\text{调查总株数} \times 5}$$

式中, S表示受低温伤害后相应级别的黄瓜株数。

2 结果与分析

经测定表明, 供试黄瓜种子的含油量(粗脂肪)在250~322 mg/g(表1), 在材料间有差别, 脂肪酸主要的成分有棕榈

基金项目 辽宁省“十五”科技攻关项目(2002215004)。

作者简介 张建军(1978-), 男, 辽宁鞍山人, 硕士, 助理农艺师, 从事黄瓜耐低温性遗传研究。* 通讯作者, 博士生导师, 教授, E-mail: silongting@hotmail.com。

收稿日期 2008-02-22

酸(16:0)、棕榈烯酸(16:1)、硬脂酸(18:0)、油酸(18:1)、亚油酸(18:2)和亚麻酸(18:3)6种,约占总脂肪酸含量的95%以上,其余为其他物质。所有材料的脂肪酸主要组成成分相同,只是含量有所不同。亚麻酸含量最高,油酸的含量最低,棕榈酸、硬脂酸的含量在10 ng/g以下,棕榈烯酸、亚油酸的含量在10~20 ng/g。

经方差分析表明,除油酸含量外,所有材料的耐寒指数、种子含油量、主要脂肪酸含量在材料间的差异均达极显著的水平,因此进一步计算IUFA(指不饱和度, $IUFA = \text{油酸含量} + \text{亚油酸含量} \times 2 + \text{亚麻酸含量} \times 3$),并分析除油酸外的其余性状与黄瓜耐寒指数,即耐低温性的关系。

表1 黄瓜种子脂肪酸含量

Table 1 The content of fatty acids in cucumber seeds

材料 Materials	主要脂肪酸含量 ng/g Main fatty acids content							种子含油量 ng/g Oil content in seed	所占比例 % Proportion
	棕榈酸 ng/g Palmitic acid	棕榈烯酸 ng/g Palmitic olefinic acid	硬脂酸 ng/g Stearic acid	油酸 ng/g Oleic acid	亚油酸 ng/g Linoleic acid	亚麻酸 ng/g Linolenic acid	总和 ng/g Total		
永昌9618 Yongchang 9618	6.1	13.0	6.3	3.5	17.0	260.0	305.9	322.0	95
津优1号Jinyou 1 9504	5.9	12.4	6.2	3.5	16.0	253.0	297.0	310.4	96
9507	5.7	11.9	5.7	3.6	15.9	242.3	285.1	300.0	95
9524	5.7	11.3	5.9	3.8	15.1	243.2	285.0	300.0	95
9524	6.0	14.5	6.0	3.5	15.0	255.0	300.0	310.4	97
9508	5.5	12.6	5.6	3.6	13.0	235.2	275.5	290.7	95
9512	5.7	15.2	5.8	3.6	12.5	242.3	285.1	300.1	95
9518	5.2	12.3	5.3	3.5	12.2	221.5	260.0	270.7	96
9511	5.7	15.6	5.2	4.0	12.3	242.3	285.1	300.0	95
9514	5.4	13.0	5.2	3.8	12.8	227.8	268.0	275.8	97
9521	5.3	12.3	5.3	3.5	11.2	228.4	266.0	280.0	95
9506	5.1	13.4	5.1	3.7	11.1	218.0	256.4	270.1	95
9510	4.8	12.0	4.8	3.5	10.0	202.5	237.6	250.2	95
9517	4.8	12.7	4.8	3.6	10.1	204.0	240.0	250.0	96
津研4号Jinyan4	5.0	13.6	5.0	3.6	10.5	214.0	251.7	265.8	95

脂肪酸成分与耐寒指数的相关分析见表2,由于偏相关更具有客观性,因此主要考虑偏相关,由表2可知,耐寒指数与其他几个性状的偏相关均为正相关,其中与亚油酸、亚麻酸、种子含油量IUFA的偏相关为显著正相关,也就是说,随

着上述4个性状的升高,黄瓜耐低温性增强。

耐寒指数与棕榈酸、棕榈烯酸、硬脂酸等饱和脂肪酸含量的偏相关未达显著水平。说明黄瓜耐低温性与这些性状间的关系不大。

表2 脂肪酸成分与耐寒指数的相关分析

Table 2 Correlation analysis on fatty acid components and chilling tolerance index

项目 Item	棕榈酸含量 Palmitic acid	棕榈烯酸含量 Palmitic olefinic acid	硬脂酸含量 Stearic acid	亚油酸含量 Linoleic acid	亚麻酸含量 Linolenic acid	种子含油量 Oil content in seed	耐寒指数 IUFA	耐寒指数 Chilling tolerance index
棕榈酸含量 Palmitic acid		0.624**	0.003	0.291	0.293	0.417	-0.279	0.084
棕榈烯酸含量 Palmitic olefinic acid	0.244		-0.192	-0.212	-0.197	0.374	0.191	0.050
硬脂酸含量 Stearic acid	0.027	0.002		-0.701**	-0.689**	-0.033	-0.695**	0.354
亚油酸含量 Linoleic acid	0.903**	-0.128	-0.926**		0.910**	0.166	0.999**	0.669**
亚麻酸含量 Linolenic acid	0.998**	0.229	-0.935**	0.900**		0.179	0.998**	0.650**
种子含油量 Oil content in seed	0.991**	0.239	0.932**	0.892**	0.995**		0.167	0.538*
IUFA	0.998**	0.203	-0.941**	0.914**	0.999**	0.994**		0.657**
耐寒指数 Chilling tolerance index	0.851**	-0.154	0.946**	0.949**	0.851**	0.854**	0.864**	

注:左三角为单相关,右三角为偏相关。

Note: Numbers in the left triangle and the right triangle are simple correlation and partial correlation, respectively.

在这些脂肪酸成分之间,棕榈酸与棕榈烯酸的偏相关达显著正相关,说明棕榈酸与棕榈烯酸的合成、代谢关系紧密,其含量变化相同,硬脂酸与亚油酸、亚麻酸、IUFA 的偏相关达显著负相关,说明种子的含油量总量恒定,在硬脂酸含量增加的情况下,其他的不饱和脂肪酸含量必然下降。亚油酸与亚麻酸的偏相关达极显著正相关,可能是因为两者合成的前体或代谢的产物类似,亚油酸、亚麻酸与IUFA 的偏相关达显著正相关,这是由于IUFA 的定义决定的。除硬脂酸外,其余的脂肪酸含量与种子含油量均呈正相关,硬脂酸与种子含油量的偏相关系数很小,说明其变化规律不明显。其他性状间的偏相关未达显著水平。

3 结论与讨论

3.1 种子含油量与耐低温性的关系 低温对黄瓜造成伤害,首先是破坏膜的结构和机能。朱其杰等认为,低温胁迫下生物膜发生由液晶相向凝胶相的变化,膜流动性降低,通透性增加,造成细胞内溶质外渗,细胞受到损伤^[2]。而植物细胞膜的组成成分之一是脂肪酸,增加脂肪酸可降低脂质的相变温度以提高抗冷性^[14]。Levitt 认为,增加脂肪酸提高耐低温性可能是保持了膜脂的流动态^[15]。李育军的试验表明,大豆粗脂肪含量与抗冷性呈显著正相关或极显著正相关^[16]。龚顺良等报道,适合在高海拔冷凉地区栽培的玉米种子粗脂肪含量较高^[17];另外何天祥等对在攀西高寒山区试种的春油菜^[18],李秀萍等对青海省白菜型春油菜^[19],张敏琴等对培育的油研9号油菜^[20]等均有相同的报道。从该试验结果看,与上述学者的观点相同,说明黄瓜种子有较高的含油量(粗脂肪),可维持细胞膜的稳定性,使黄瓜在低温下减轻伤害,耐低温性增强。

但高等植物中也有不相一致的例子,如耶路撒冷朝鲜蓟块根在休眠开始时线粒体的相变温度由22和3降至9和-5,但其脂肪酸的含量未变^[21];冷敏的菜豆叶片在25和40%相对湿度下干旱锻炼,其磷脂和糖脂的含量未变,但抗冷性却提高到与经过低温锻炼(12、85%相对湿度)的叶片一样。在该试验中,9512、9511的种子含油量也较高,但耐低温性居中,出现的情况与上述的类似,这说明脂肪酸的含量不是控制抗冷性的唯一因子。但从总体上看对耐低温性仍有指导意义。

3.2 脂肪酸成分及含量与耐低温性的关系 关于黄瓜种子脂肪酸成分及含量与耐低温性关系的研究未见报道,但有学者研究在低温逆境下叶片脂肪酸成分及含量的变化。杨玲报道,低温下黄瓜叶片不饱和脂肪酸含量升高,使不饱和度也升高^[22];代玉华等对黄瓜类囊体^[23],夏明等对低温下苜蓿叶片^[24],余泽宁对龙眼叶片^[25]、杨广东等对青椒^[26]也有类似报道。该试验测定了常温下的种子脂肪酸含量,其结果与上述结果对比,基本相同。究其原因,是不饱和脂肪酸含量升高可降低脂质的相变温度以维持细胞膜的稳定性,提高抗冷性。John 等报道,棉花幼苗在低温下提高抗冷性的同时,

其极性脂的亚麻酸含量增加^[27]。说明不饱和脂肪酸与植物的耐低温性有密切的关系。

该试验研究了常温条件下的黄瓜种子脂肪酸成分及其含量,发现亚油酸、亚麻酸、种子含油量、IUFA 与黄瓜的耐低温性有密切的关系,初步认为这些可作为鉴定黄瓜耐低温性的指标。

参考文献

- [1] 王永健,姜亦巍,曹宛虹,等.低温对不同品种黄瓜种子萌发、过氧化物酶及同工酶的影响[J].华北农学报,1995,10(2):72-76.
- [2] 朱其杰,高守云,蔡洙湖,等.黄瓜耐冷性鉴定及遗传规律的研究[C]//中国主要蔬菜抗病育种进展.北京:科学出版社,1995:474-462.
- [3] 马德华,庞金安,霍振荣.黄瓜耐低温研究进展[J].天津农业科学,1997,3(4):1-8.
- [4] 刘剑辉.黄瓜耐低温性鉴定方法[J].北方园艺,2005(4):62-63.
- [5] 顾三军,王冰,孙小镭.黄瓜耐低温弱光鉴定方法的初步研究[J].山东蔬菜,1996(1):32-36.
- [6] 沈文云,马德华.黄瓜幼苗耐低温指标研究初报[J].天津农业科学,1998,4(2):53-56.
- [7] AVO PEKE PRIMAK, KAO INNA LEE MAS. Effect of cold-resistant cucumber forms and the adoption of energy conservation cultivation technologies [J]. Vestnik Sd'skokhozyaistvenni Nauki, 1987, 8:51-55.
- [8] LABANASEE TACH. Effect of root temperature on the rate of water and nutrient absorption in cucumber cultivars and figleaf gourd [J]. J of the Jan Soc for Hort Sci, 1987, 55:461-467.
- [9] SEDNER DROZDOV. Methods of evaluating cold resistance in cucumber plants [J]. Fiziologiya Rasteni, 1980, 27(3):653-656.
- [10] GAK PER ARRON. Superoxide dismutase in mitochondria from *Rhizoglyphus solani* and *Neurospora crassa* [J]. Biochem Soc Trans, 1976, 4:618-620.
- [11] VOVO SACZYNSKA. Chilling susceptibility of *Cucumis sativus* species [J]. Phytochemistry, 1993, 33(1):61-67.
- [12] 李智军.叶绿素荧光在温度逆境分析中的应用[J].农业与园艺,1995,70(5):30-38.
- [13] RET MACKSMILLIE. Screening for stress tolerance by chlorophyll fluorescence [C]// HASHIMOTO Y. Measurement techniques in plant science. San Diego: Academic Press, 1990:229-261.
- [14] 余肇福.作物冷害[M].北京:中国农业出版社,1994.
- [15] LEVITT J. Responses of plants to environmental stress [J]. 2nd. New York, London: Academic Press, 1992.
- [16] 何若韞.植物低温逆境生理[M].北京:中国农业出版社,1995.
- [17] 龚顺良,周玉萍.高寒山区海拔高度对不同生态类型玉米籽粒营养成分的影响[J].贵州农业科学,2005,33(6):35-37.
- [18] 何天祥,毛昌伟,刘永安,等.攀西高海拔地区试种春油菜初报[J].农业与技术,2005,25(8):115-120.
- [19] 李秀萍,刘青元,杜德志.青海省白菜型春油菜的主要特性[J].青海农林科技,1995,10(1):39-41.
- [20] 张敏琴,韩宏仕.油研9号在安徽省种植的产量表现及特征特性[J].贵州农业科学,2006,34(2):90-91.
- [21] CHAPMAN E, WRIGHT L C, RAISON J K. Seasonal changes in the structure and function of mitochondrial membranes of potato tubers: a requisite for surviving low temperatures during dormancy [J]. Plant Physiol, 1979(63):363-366.
- [22] 杨玲.不同低温处理对黄瓜子叶极性脂组成的影响[J].园艺学报,2001,28(1):36-40.
- [23] 代玉华,刘训言,孟庆伟,等.低温弱光处理及恢复期间黄瓜叶片的光抑制与类囊体膜中脂肪酸组成的变化[J].植物生理学通讯,2004,40(1):14-18.
- [24] 夏明,刘亚学,阿拉木斯,等.低温下苜蓿叶片膜脂脂肪酸组分的研究[J].中国草地,2002,24(6):28-42.
- [25] 余泽宁.龙眼叶片膜脂脂肪酸组分含量与龙眼耐寒性的关系[J].广西园艺,2003(3):4-5.
- [26] 杨广东,张战备,郭瑜敏,等.脂肪酸与青椒苗期和花期抗冷性关系[J].北方园艺,1999(4):1-2.
- [27] JOHN J B, CHRISTIANSEN M N. Inhibition of lipoic acid synthesis and modification of chilling resistance in cotton seedling [J]. Plant Physiol, 1976, 57(7):257-260.