

野生棘瓜砧木对黄瓜生长及抗逆性的影响

张圣平 顾兴芳 王 烨

(中国农业科学院蔬菜花卉研究所, 北京 100081)

摘 要: 以瓜类野生种(棘瓜)和黑籽南瓜为砧木、‘中农 21 号’黄瓜为接穗,研究了棘瓜嫁接对黄瓜植株生长发育、耐寒性、光合速率、产量、抗病性以及果实品质的影响。结果表明,棘瓜嫁接可使‘中农 21 号’黄瓜的第 1 雌花开放期和始收期提前,对根瓜质量、20 节内的雌花数、株高、最大叶面积、叶片数、茎粗和节数的影响小于‘黑籽南瓜’嫁接处理;前者的抗寒能力、净光合速率强于后者和自根苗;棘瓜嫁接对黄瓜具有增产、抗枯萎病、抗根结线虫的作用,并且果实品质显著优于以黑籽南瓜嫁接的。

关键词: 棘瓜; 黄瓜; 嫁接; 生长生理; 抗逆性

中图分类号: S 642.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 0513-353X (2006) 06-1231-06

Effect of Bur Cucumber (*Sicyos angulatus* L.) as Rootstock on Growth Physiology and Stress Resistance of Cucumber Plants

Zhang Shengping, Gu Xingfang, and Wang Ye

(Institute of Vegetables and Flowers, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract: Grafting was made to study the effects of bur cucumber (*Sicyos angulatus* L.) as rootstock on the growth physiology and stress resistance of cucumber plants, using bur cucumber and black seed pumpkin (*Cucurbita ficifolia* Bouche) as rootstocks and Zhongnong 21 cucumber (*Cucumis sativus* L.) as scion. The results showed that the florescence date of the first female flower and first harvest date of the cucumber plants grafted on bur cucumber rootstock were ahead of the plants grafted on black seed pumpkin rootstock and self-rooted cucumber. The effects of bur cucumber as rootstock on the mass of the first fruit, the number of female flowers on the main stem in 20 nodes, plant height, area of the biggest leaf, number of leaves, stem diameter, number of nodes were in the middle of the effects of black seed pumpkin as rootstock and self-rooted cucumber. The cold resistance and photosynthetic rate of the cucumber plants grafted on bur cucumber were higher than that grafted on black seed pumpkin and self-rooted cucumber. Cucumber grafted on bur cucumber rootstock could increase yield, fusarium wilt and root-knot nematode resistance. The fruit qualities of cucumber plants grafted on bur cucumber rootstock were superior to that grafted on black seed pumpkin rootstock.

Key words: Bur cucumber; *Sicyos angulatus* L.; Cucumber; Grafting; Growth physiology; Stress resistance

黄瓜冬季生产存在两大制约因素: 低温弱光的环境因素和连作重茬造成的病虫害危害。一些野生瓜类资源含有多个抗病、抗逆基因, 如何有效地利用这些优异基因, 增强栽培种的抗逆能力, 是研究的重要内容。关于将瓜类野生种作为砧木嫁接黄瓜的研究, 国内未见报道。黄瓜/黑籽南瓜嫁接是当前越冬保护地生产的主要栽培形式。前人研究表明, 黑籽南瓜嫁接黄瓜可以增加产量, 提高抗寒、抗枯萎病的能力, 但不抗根结线虫病, 降低果实口感风味^[1~3]。在明确棘瓜嫁接黄瓜具有良好的亲合性, 并且抗南方根结线虫的基础上^[4], 作者比较了黄瓜/棘瓜和黄瓜/黑籽南瓜两种嫁接方式对植株生长、产量、果实品质以及对耐寒性、光合特性、抗病性等影响的差异, 以期对越冬保护地生产实践提供理论依据。

收稿日期: 2006-01-23; 修回日期: 2006-05-22

基金项目: 农业部蔬菜遗传与生理重点开放实验室资助项目

1 材料与方法

1.1 材料

砧木为云南黑籽南瓜 (*Cucurbita ficifolia* Bouche) 和瓜类野生种——棘瓜 (Bur Cucumber, *Sicyos angulatus* L.)^[5], 黄瓜 (*Cucumis sativus* L.) 接穗为日光温室品种‘中农 21 号’。

1.2 试验设计

处理 为中农 21 号 棘瓜; 处理 为中农 21 号 黑籽南瓜 (CK₁); 处理 为同期播种的中农 21 号自根苗 (CK₂)。

试验在中国农业科学院蔬菜花卉研究所日光温室进行, 砧木和接穗经催芽后播种于盛有营养土的 10 cm × 10 cm 的育苗钵中。营养土按草炭与蛭石的比例 2:1 混合, 每 m³ 加入腐熟的细鸡粪 5 kg、氮磷钾复合肥 1.5 kg。2003 年 12 月 29 日播种砧木, 12 月 31 日播种黄瓜, 2004 年 1 月 7 日采用插接法嫁接。2 月 3 日定植于日光温室, 小区面积 3.5 m², 每小区 24 株。3 次重复, 随机区组排列。2 月 25 日开始测产, 5 月 11 日拉秧。嫁接苗三叶一心时, 利用光照培养箱处理部分嫁接苗和自根苗, 进行耐低温指标的测定。生育期间调查植株生长状况, 测定光合指标以及抗逆性。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 以棘瓜为砧木的黄瓜生长发育的测定 生育期间调查处理 、 、 植株的第 1 雌花开放期、第 1 雌花着生节位、始收期、根瓜质量、20 节内雌花数; 自定植之日起, 每隔 15 d 测量 1 次植株高度、茎粗、叶片数、最大叶片及茎节数。每重复调查 5 株, 计算平均值。

1.3.2 以棘瓜为砧木的黄瓜幼苗耐低温指标的测定 待嫁接苗三叶一心时, 将形态、长势基本一致的处理 、 、 的幼苗各 60 株移入光照培养箱, 在昼/夜温度为 15/10 , 光照 4 500 lx, 见光 12 h 的环境下预处理 2 d, 再置于 5 相同光照条件下分别处理 1、2、3 和 4 d, 以预处理 2 d 的幼苗为 0 d 对照处理。然后每日各处理随机取样 15 株, 划分为 3 个重复, 每重复 5 株, 分别测定低温胁迫处理 0、1、2、3、4 d 后的各处理叶片中的 SOD、POD、CAT 活性以及 MDA 含量。取样时均取每个植株的 3 片展开叶, 尽量避开叶脉, 按同等质量混合均匀。超氧化物歧化酶 (SOD) 活性测定用氮蓝四唑 (NBT) 光化还原抑制法^[6], 过氧化物酶 (POD) 活性测定用愈创木酚法^[7], 过氧化氢酶 (CAT) 活性测定用紫外吸收法^[6], 丙二醛 (MDA) 含量测定用硫代巴比妥酸比色法^[6]。

1.3.3 以棘瓜为砧木的黄瓜幼苗光合速率日变化测定 结瓜中期, 于 3 月 25 日 (晴天) 当天分别在 8:00、9:00、10:00、11:00、12:00、13:00、14:00、15:00、16:00、17:00 和 18:00 取植株顶部下数第 3 片展开功能叶, 利用 LI-6400 光合仪测定净光合速率 (Pn), 嫁接苗和自根苗每重复测 5 片叶, 计算平均值。测定 Pn 时, 光强 (PPFD) 设定为 650 μmol · m⁻² · s⁻¹, 温度 25 , CO₂ 浓度为 450 μL · L⁻¹。

1.3.4 以棘瓜为砧木的黄瓜产量、果实品质、植株抗病性的测定 根瓜采收后, 隔 2~3 d 采收 1 次, 统计每个小区的早期产量 (第 1 次测产后 15 d 内的产量) 和总产量 (整个生育期的产量); 结果盛期, 测定商品瓜的总糖、维生素 C、可溶性固形物含量, 分别采用蒽酮比色法^[6]、紫外快速测定法^[6]、手持折光仪测定。干物质含量测定先用 121 烘箱处理 20 min, 然后 80 烘至恒重。由 5 人品尝果实风味, 并按照由劣到优对应为 1 到 5 进行打分, 取平均值。5 月 11 日拉秧时调查并计算枯萎病和根结线虫病的病情指数, 分别参考刘殿林等^[8]、侯文邦等^[9]的方法。

2 结果与分析

2.1 棘瓜砧木对黄瓜生长发育的影响

由表 1 可知, 与处理 相比, 处理 、 的第 1 雌花开放期和根瓜采摘日期明显提前, 平均第 1 雌花节位和根瓜质量有所降低, 但 20 节内的雌花数有所增加。处理 的第 1 雌花开放期、根瓜采摘

日期比处理 分别提前 1、2 d, 根瓜质量增加了 8.86%。

表 1 棘瓜砧木对黄瓜开花结果的影响

Table 1 Effect of bur cucumber as rootstock on florescence and fruit-setting of cucumber plants					
处理 Treatments	第 1 雌花开放期 Florescence date of the first female flower(M - D)	第 1 雌花节位 The node of the first flower on the main stem (node)	始收期 First harvest date (M - D)	根瓜质量 Mass of the first fruit(g)	20 节内雌花数 The number of female flowers on the main stem in 20 nodes
	2 - 11	3.77aA	2 - 23	153.62bB	7.87bB
	2 - 12	3.70bB	2 - 25	141.14cC	10.13aA
	2 - 21	3.80aA	2 - 29	167.53aA	6.73bB

注：表中数字后大、小写字母分别表示 $P=0.01$ 、 $P=0.05$ 水平上差异显著。下表同。
Note: The different capital and small letters indicated significance at $P=0.01$, $P=0.05$ level respectively. The same below.

如表 2 所示, 定植时 (2 月 3 日), 处理 的株高、最大叶面积、节数极显著小于处理 , 叶片数、茎粗显著小于处理 ; 处理 、 之间, 除最大叶面积差异显著外, 其余性状差异不显著。而定植后 15 d, 处理 、 的植株高度、叶片数、茎粗、节数就超过或相近于处理 , 差异不显著; 处理 、 的最大叶面积积极显著小于处理 。定植后 30 ~ 60 d, 处理 的株高始终大于处理 , 而小于处理 ; 处理 的最大叶面积积极显著小于处理 , 显著大于处理 (45 ~ 60 d); 而叶片数、茎粗和节数三者之间差异不显著。

表 2 棘瓜砧木对黄瓜生长的影响

Table 2 Effect of bur cucumber as rootstock on the growth of cucumber plants						
性状 Characters	处理 Treatments	2 月 3 日 3, February	2 月 18 日 18, February	3 月 4 日 4, March	3 月 19 日 19, March	4 月 3 日 3, April
株高 Plant height(cm)		3.95bB	68.81aA	133.45aA	179.91bB	200.91bB
		4.82bB	65.64aA	114.67bB	158.12cB	186.63bB
		14.83aA	65.72aA	140.73aA	214.16aA	252.37aA
叶片数 Number of leaves		3.05bA	9.06bA	16.57aA	21.76aA	25.78bA
		3.21bA	10.31aA	17.11aA	22.35aA	26.16abA
		3.92aA	9.62abA	16.93aA	23.51aA	27.02aA
茎粗 Stem diameter(cm)		0.52 bA	0.62 aA	0.64 aA	0.81aA	0.95aA
		0.51bA	0.61aA	0.63aA	0.81aA	1.01aA
		0.61aA	0.63aA	0.63aA	0.75aA	0.94aA
最大叶面积 Area of the biggest leaf(cm ²)		118.53bB	300.16bB	417.54bB	473.61bB	499.72bB
		98.67cB	303.42bB	405.08bB	425.93cC	456.23cC
		185.51aA	367.44aA	547.02aA	636.06aA	555.56aA
节数 Number of nodes		2.05bB	8.06aA	15.57aA	20.76aA	24.78aA
		2.21bB	9.31aA	16.11aA	21.35aA	25.16aA
		2.92aA	8.62aA	15.93aA	22.51aA	26.02aA

2.2 棘瓜砧木对黄瓜幼苗耐低温能力的影响

根据图 1, 在 5 低温胁迫 0、1、2、3、4 d 后, 3 种处理叶片的 SOD 活性的变化趋势相同, 从低温胁迫开始到胁迫后 2 d, SOD 活性逐渐增强, 升至最大值。其后, 随着胁迫时间的延长, SOD 活性呈下降趋势。但处理 叶片具有始终高于处理 和 的 SOD 活性。

低温胁迫 0 d 时, 处理 叶片具有高于处理 而低于处理 的 POD 活性。在低温胁迫 1、2、3、4 d 后, 处理 叶片的 POD 活性均高于其它处理叶片的 POD 活性。处理 和 叶片 POD 活性在低温胁迫 2 d 前有升高趋势, 2 d 后逐渐下降。而处理 叶片 POD 活性在胁迫发生 1 d 后便逐渐降低。

低温胁迫过程中, 3 种处理的 CAT 活性均低于对照 (处理 0 d) 的活性, 并且处理 和 叶片的 CAT 活性始终明显高于处理 ; 除在低温胁迫 1 d 时, 处理 叶片的 CAT 活性略低于处理 外, 其余时间前者的 CAT 活性均高于后者。

低温胁迫过程中, 处理 叶片的 MDA 含量始终高于处理 和 , 处理 叶片 MDA 含量始终高于处理 ; 随着胁迫时间的延长, 处理 叶片 MDA 含量不断增加, 而处理 、 叶片 MDA 含量增加有放缓的趋势, 且处理 增幅最小。

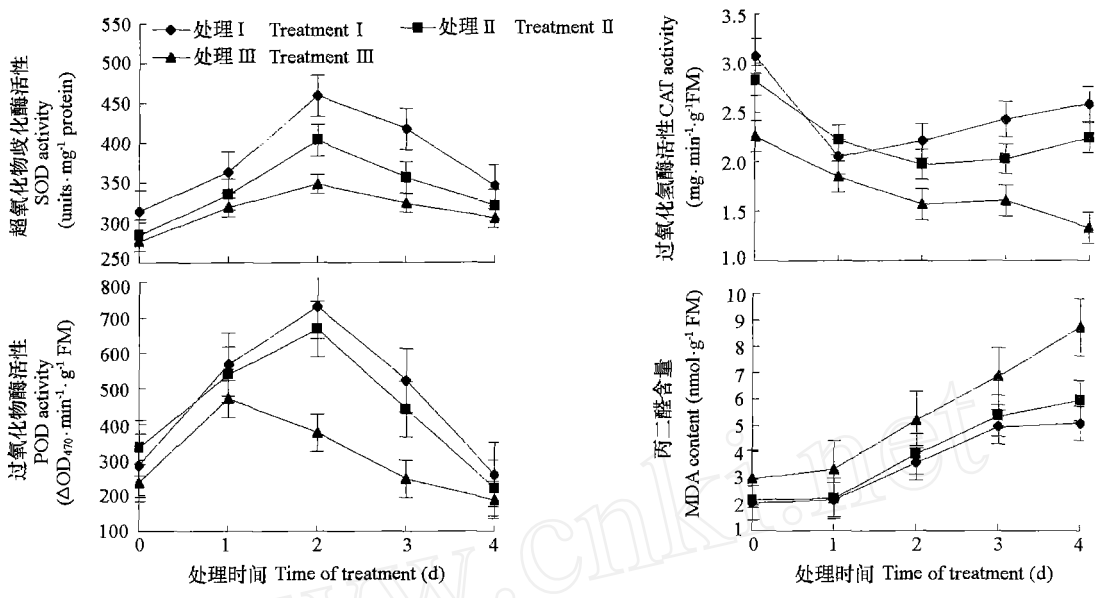


图 1 低温胁迫下不同处理植株叶片 SOD、POD、CAT 活性和 MDA 含量的变化

Fig. 1 Changes of SOD, POD, CAT and MDA activity in the leaves of different treatment under low temperature stress

2.3 棘瓜砧木对黄瓜光合速率日变化的影响

处理 、 、 叶片的净光合速率 (Pn) 日变化趋势相同, 均为双峰曲线 (图 2), 有明显的光合“午休”现象。峰值分别出现在上午 11: 00 与下午 15: 00, 以 11: 00 的峰值较高。处理 、 的 Pn 始终大于处理 ; 在各个测定时刻 (除 9: 00 外), 处理 的 Pn 均大于处理 。尤其在 13: 00, 处理 叶片 Pn 分别比处理 、 高出 29.07% 和 43.13%, 差异达到显著和极显著。可见棘瓜嫁接明显提高中农 21 号黄瓜叶片的 Pn, 在所测定的 11 个时间点与自根苗差异均达到极显著水平。

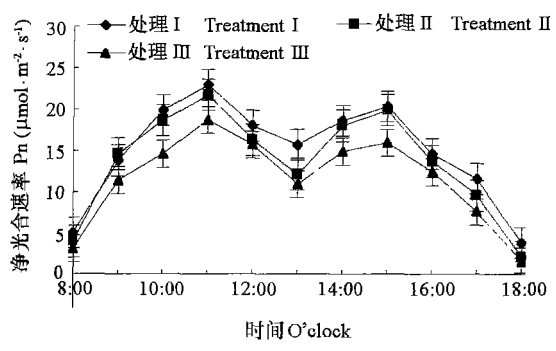


图 2 不同处理植株叶片的净光合速率日变化

Fig. 2 Diurnal variation of Pn in the leaves of different treatments

2.4 棘瓜砧木对黄瓜产量、果实品质和植株抗病性的影响

表 3 表明, 棘瓜和黑籽南瓜嫁接对 ‘中农 21 号’ 黄瓜前期产量和总产量均具有增产作用, 与自

表 3 棘瓜嫁接对黄瓜产量、果实品质、植株抗病性的影响

Table 3 Effect of bur cucumber as rootstock on yield, fruit quality and plant diseases of cucumber

处理 Treat- ment	前期产量 Early yield (kg · hm ⁻²)	增产率 Increase yield rate (%)	总产量 Total yield (kg · hm ⁻²)	增产率 Increase yield rate (%)	总糖 Total sugar (%)	维生素 C Vitamin C (mg · kg ⁻¹)	可溶固形 物 Soluble solid (%)	干物质 Dry matter (g)	风味 分数 Flavor point	根结线虫 病情指数 Disease index of root-knot nematode	枯萎病病情 指数 Disease index of fusarium wilt
24	144.06aA	64.40	134 149.56aA	37.60	2.14aA	77.3bB	3.42aA	4.35aA	2.61aA	27.33cC	0.00bB
24	058.35aA	63.81	130 949.40aA	34.32	1.96bB	65.4cC	3.40aA	4.03bB	1.92bB	92.00bB	0.00bB
14	686.45bA	-	97 490.59bA	-	1.75cC	87.8aA	3.23aA	3.84cC	2.63aA	100.00aA	15.32aA

根苗差异显著; 且处理 的增产幅度大于处理 , 但差异不显著。对结瓜盛期商品果实品质的测定表明, 处理 的果实总糖含量、干物质含量大于处理 、 , 差异极显著。处理 果实的维生素 C 含量高于处理 , 而低于处理 , 差异极显著。处理 、 果实的可溶性固形物含量与处理 差异不显著。处理 果实的风味与处理 相近, 极显著优于处理 。说明黑籽南瓜嫁接苗果实风味较自根苗下降较大。处理 根结线虫病情指数为 27.33, 极显著小于处理 和处理 。处理 、 均未发生枯萎病, 处理 枯萎病病情指数为 15.32。

3 结论与讨论

棘瓜砧木可使黄瓜的第 1 雌花开放期和根瓜采摘日期提前, 对根瓜质量、20 节内的雌花数、株高、最大叶面积、叶片数、茎粗和节数的影响小于以黑籽南瓜为砧木的处理。

在 5 低温胁迫过程中, 中农 21 号 棘瓜处理叶片的 3 种膜保护酶活性总体上高于中农 21 号 黑籽南瓜处理和自根苗, 而后两者叶片 MDA 含量始终高于前者, 表明以棘瓜为砧木的嫁接苗叶片膜保护酶活性处于较高水平, 对细胞膜保护作用较强, 阻止了活性氧积累导致的膜脂过氧化。说明以棘瓜砧木嫁接的黄瓜苗在低温下具有更强的细胞膜保护能力, 比以黑籽南瓜为砧木的嫁接苗和自根苗的抗寒能力更强。

前人报道证实, 以黑籽南瓜为砧木的黄瓜嫁接苗叶片 P_n 显著高于自根苗, 嫁接苗和自根苗 P_n 日变化均呈双峰曲线, 并认为中午光合速率下降, 是由于 R_H 下降和 G_s 部分关闭的结果^[10,11]。本研究表明, 以棘瓜为砧木的中农 21 号嫁接苗叶片 P_n 日变化呈双峰曲线, 并且 P_n 明显高于以黑籽南瓜为砧木的嫁接苗和自根苗。

本研究表明, 棘瓜作为黄瓜砧木比黑籽南瓜具有抗根结线虫的显著优势, 并且增产、抗寒、抗枯萎病, 对果实品质影响小。棘瓜作为砧木优于黑籽南瓜, 可能与其本身耐寒能力强、抗根结线虫、抗枯萎病等优良特性有关。

参考文献:

- 1 张衍鹏, 于贤昌, 张振贤, 赵雪丽, 李衍素. 日光温室嫁接黄瓜的光合特性和保护酶活性. 园艺学报, 2004, 31 (1): 94~96
Zhang Y P, Yu X C, Zhang Z X, Zhao X L, Li Y S. Studies on the photosynthetic characteristic and protective enzyme of grafted cucumber leaves in solar greenhouse. Acta Horticulturae Sinica, 2004, 31 (1): 94~96 (in Chinese)
- 2 曾义安, 朱月林, 黄保健, 杨立飞. 黑籽南瓜砧木对黄瓜生长结实、抗病性及营养元素含量的影响. 植物资源与环境学报, 2004, 13 (4): 15~19
Zeng Y A, Zhu Y L, Huang B J, Yang L F. Effects of *Cucurbita ficifolia* as rootstock on growth, fruit setting, disease resistance and leaf nutrient element contents in *Cucumis sativus*. Journal of Plant Resources and Environment, 2004, 13 (4): 15~19 (in Chinese)
- 3 刘鸣韬, 徐瑞富, 武庆顺, 常庆喜. 黄瓜嫁接防治根结线虫病. 中国蔬菜, 1998 (5): 36
Liu M T, Xu R F, Wu Q S, Chang Q X. Protective effects of cucumber grafting on root-knot nematode. China Vegetables, 1998 (5): 36 (in Chinese)
- 4 顾兴芳, 张圣平, 张思远, 王长林. 抗南方根结线虫黄瓜砧木的筛选. 中国蔬菜, 2006 (2): 4~8
Gu X F, Zhang S P, Zhang S Y, Wang C L. The identification of cucumber rootstocks resistant to southern root-knot nematode. China Vegetables, 2006 (2): 4~8 (in Chinese)
- 5 Ko K D. Response of cucurbitaceous rootstock species to biological and environmental stress: [Ph. D. Diss.] Korea: Seoul Natl Univ, 1999. 85
- 6 赵世杰, 史国安, 董新纯. 植物生理学实验指导. 北京: 中国农业科技出版社, 2002. 84~143
Zhao S J, Shi G A, Dong X C. The experiment guidance of plant physiology. Beijing: China Agriculture Science and Technology Press, 2002. 84~143 (in Chinese)
- 7 Foyer C H. The basis for source-sink interaction in leaves. Plant Physiol Biochem, 1987, 25 (5): 649~657
- 8 刘殿林, 杨瑞环, 哈玉洁. 黄瓜抗枯萎病遗传特性的研究. 天津农业科学, 2003, 9 (2): 33~35
Liu D L, Yang R H, Ha Y J. Research on genetic characteristics of cucumbers resisting to fusarium wilt. Tianjin Agricultural Sciences, 2003, 9 (2): 33~35 (in Chinese)

- 9 侯文邦, 李定旭. 黄瓜根结线虫病的发生规律及药剂防治研究. 西南农业大学学报 (自然科学版), 2005, 27 (5): 672~675
Hou W B, Li D X. Studies on chemical control of the root-knot nematode disease of cucumber in protected field. Journal of Southwest Agricultural University (Natural Science), 2005, 27 (5): 672~675 (in Chinese)
- 10 孙 艳, 黄 炜. 两个黄瓜品种嫁接苗光合特性及养分吸收特性的研究. 园艺学报, 2002, 29 (2): 179~180
Sun Y, Huang W. Photosynthetic characteristic and nutrient absorption characteristic of two grafted cucumber seedlings. Acta Horticulturae Sinica, 2002, 29 (2): 179~180 (in Chinese)
- 11 郁继华, 秦舒浩. 黄瓜品种间嫁接苗和自根苗光合特性研究. 兰州大学学报 (自然科学版), 2001, 37 (6): 63~68
Yu J H, Qin S H. Studies on photosynthetic property of grafted and self-rooted seedlings of different varieties of cucumber. Journal of Lanzhou University (Natural Sciences), 2001, 37 (6): 63~68 (in Chinese)

马铃薯花粉离体萌发及花粉管生长的研究

吴旺泽^{1,2} 彭晓莉³ 王 蒂^{1,2*} (¹甘肃农业大学农学院, 甘肃兰州 730070; ²甘肃省作物遗传改良与种质创新重点实验室, 甘肃兰州 730070; ³兰州大学生命科学技术学院, 甘肃兰州 730070)

Studies on Elements of Affecting Pollen Germination and Tuber Growth of *Solanum tuberosum* L.

Wu Wangze^{1,2}, Peng Xiaoli³, and Wang Di^{1,2*} (¹College of Agronomy, Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070, China; ²Gansu Key Laboratory of Crop Improvement & Germplasm Enhancement, Lanzhou, Gansu 730070, China; ³College of Life Sciences and Technology, Lanzhou University, Lanzhou, Gansu 730070, China)

关键词: 马铃薯; 离体萌发; 花粉管生长

中图分类号: S 532 文献标识码: A 文章编号: 0513-353X (2006) 06-1236-01

研究花粉的离体萌发对雄配子体的生物学研究、人工杂交育种以及提高亲本的利用率都具有重要意义。作者对马铃薯花粉离体萌发以及影响花粉管生长因素进行了研究。

晴天 10~11时采集马铃薯优良四倍体栽培种‘唐 113’、‘杂 5 单选 - 10’、‘陇薯 3 号’和‘甘农薯 1 号’的新鲜花蕾, 消毒后在无菌条件下剥离收集花粉粒, 以 0.01% $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ + 0.01% H_3BO_3 作为基本萌发培养基, 26~28 黑暗条件下萌发。研究了不同浓度蔗糖和 PEG 组合、硼酸、无机盐以及 6-BA 和 NAA 等对花粉萌发和花粉管生长的影响。在 Olympus AH-2 型显微镜下观察萌发情况, 用目镜测微尺测定花粉管长度并照相。花粉管长度超过花粉粒直径的作为已萌发花粉, 每个处理调查 100 粒花粉, 测量 50 条花粉管。设 3 次重复。

结果表明在基本萌发培养基上, 10% 蔗糖 + 10% PEG 组合萌发率达 42.4%, 花粉破碎率低, 蔗糖 < 5% 不利于萌发, 浓度过高花粉出现质壁分离, 萌发受到抑制。硼浓度为 0、0.005%、0.01%、0.02%、0.05%、0.1% 时萌发率分别为 5.6%、47.6%、77.8%、78.5%、54.8%、12.4%, 以硼 0.02% 时萌发率最高, 且萌发 1.5 h 后花粉管也达最长, 为 136.4 μm 。 Ca^{2+} 在与硼同样的各浓度下萌发率分别为 42.3%、62.4%、68.4%、75.5%、31.4%、14.8%, Ca^{2+} 0.02% 萌发率最高。无机盐离子中 K^+ 对花粉萌发的作用最大, K^+ 0.1、0.5、1.0、1.5、2.0、2.5 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 条件下, 萌发率分别为 74.6%、83.4%、72.2%、38.6%、32.4%、28.4%。 Mg^{2+} 在与 K^+ 同样浓度下, 萌发率分别为 71.8%、78.6%、44.5%、26.8%、22.3%、18.2%。 Na^+ 为 0.025、0.05、0.1、0.5、1.0、2.5 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 花粉萌发率分别为 64.8%、68.9%、76.8%、58.4%、56.2%、20.6%。 Zn^{2+} 对花粉萌发有抑制作用, Zn^{2+} 为 0.01、0.025、0.05、0.1、2.0 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时萌发率分别为 36.8%、32.4%、25.6%、18.4%、4.6%。1~3 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 6-BA 对花粉萌发和花粉管生长有一定的促进作用; 而 NAA 浓度超过 20 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 随浓度的增加产生抑制作用 (表 1), 研究结论是, 马铃薯花粉萌发及花粉管生长最适宜的液体培养基为 10% 蔗糖 + 10% PEG_{8000} + 0.02% $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ + 0.02% H_3BO_3 + 0.5 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ K^+ , 在此基础上添加低浓度的 Mg^{2+} 、 Na^+ 和 6-BA 能促进花粉萌发和花粉管生长。

表 1 6-BA、NAA 对花粉萌发的影响

Table 1 Effect of 6-BA and NAA on pollen germination

6-BA ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	萌发率 Germination (%)	NAA ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	萌发率 Germination (%)
0	70.4	0	72.4
1	74.5	10	68.4
3	73.6	20	70.6
5	72.5	30	62.4
10	40.6	50	42.4
20	21.8	100	30.8

收稿日期: 2006-04-24; 修回日期: 2006-08-20

基金项目: 国家‘863’项目 (2001AA241132); 甘肃省科技厅攻关项目 (2GS054-A4u-005-01)

* 通讯作者 Author for correspondence (E-mail: wangdi@gsau.edu.cn)