

## 韭菜的雄性不育无性系育种\*

李春玲, 蒋钟仁\*\*, 佟曦然

(北京市海淀区植物组织培养技术实验室, 北京 100091)

**摘要:**田间发现的韭菜(*Allium tuberosum*)无花粉单株经鉴定为雄性不育而雌性可育后,利用组织培养技术将此雄性不育单株迅速扩繁为雄性不育无性系并作为杂交的母本,与其它优良父本杂交,从 $F_1$ 中快速选出了优良品系J-54和新品种海韭一号。雄性不育无性系能长期稳定地试管保存。从3个 $F_1$ 杂种后代和2个品种的后代中选育出无花粉单株,并用组织培养建立了5个相应的雄性不育无性系。

**关键词:**韭菜;组织培养;组培快繁;雄性不育无性系;杂交育种

**中图分类号:** S184 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-1304(2006)02-0235-06

## Breeding of *Allium tuberosum* via Male-sterile Clone

LI Chun-ling, JIANG Zhong-ren\*\*, TONG Xi-ran

(Laboratory of Plant Tissue Culture Technology of Haidian District, Beijing 100091, China)

**Abstract:** A single plant of *Allium tuberosum* without pollen was discovered in the field and proved to be a male-sterile plant with female fertility. Tissue culture technique was used to multiply the male-sterile plant forming male-sterile clones which were used as female parent crossing with other lines. From the  $F_1$  plants, new strain J-54 and new cultivar Haijiu 1 have been bred. The male-sterile clones could be kept in test tube for a long time. New types of male-sterile plants were also found in self-crossed plants of 3  $F_1$  hybrids and 2 cultivars and 5 new male-sterile clones have been established from them by tissue culture.

**Key words:** *Allium tuberosum*; tissue culture; rapid propagation; male-sterile clones; cross-breeding

韭为百合科葱属(*Allium* L.)多年生草本植物,原产中国,已有2000多年的栽培历史,各地均有栽培。韭的种质资源丰富,当前中国保存的种质资源有274份。目前在韭菜杂种一代采用了选育雄性不育系和保持系的方法(马树彬等,1996),但成功的较少。原因是虽然在许多韭菜地方品种中找到雄性不育植株,但很难找到适宜的保持系(吴淑芸,1997)。如果直接利用雄性不育株的无性系与其它品种配成杂交组合,育成新的韭菜杂交一代或继续选育品种,就能快速充分地利用众多品种中的雄性不育资源。本研究在前人工作基础上研制出一套配合杂交育种工作需要的韭菜保种繁殖组织培养技术,培育出韭菜的雄性不育无性系群体,作为杂交母本并配制出超亲的杂交组合。实践证明,这种以雄性不育无性系组织培养技术为基础的育种法从质和量两方面提高了育种效率,获得了较理想的效果。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

1991年在北京市韭菜(*Allium tuberosum* Rottl. ex Spr.)品种小黄苗的生产田中发现无花粉的植株(以下简称无粉株)。其后几年间,又先后从山东农大杂交种(因未见育种者对该杂交种定名,故以育种单位作为品种名,下同)、淄博杂交种的自交后代及791品种中获得无粉株。

### 1.2 雄性不育性的鉴定

1.2.1 田间鉴定 在小黄苗韭菜开花前,无粉株自行分蘖形成数棵植株,以它们为材料分别做3种处理:①将2株无粉株花序捆绑在一起,套在同一个硫酸纸袋内;②将1株无粉株花序和1株有粉株花序捆绑在一起,套在同一个硫酸纸袋内;③将2株有粉株花序捆绑在一起,套在同一个硫酸纸袋内,观察各

\* 基金项目:北京市科委科技计划项目资助。

作者简介:李春玲,女,1954年出生,研究员。

\*\* 通讯作者。Author for correspondence. E-mail: <hptctl@public3.bta.net.cn>. 电话:86-010-62883936

收稿日期:2005-03-29 接受日期:2005-04-12

处理结实情况。

**1.2.2 细胞学鉴定** 以山东农大、淄博和小黄苗为材料,对雄性不育株(无粉株)不同发育时期的小花,用 FAA 固定、制备石蜡切片和苏木精-快绿染色。切片用 Olympus BH41 显微镜观察和彩色照相记录。以相应的雄性可育株(有粉株)小花作为对照,观察花粉败育或发育情况。

### 1.3 组织培养和快速繁殖

以小黄苗雄性不育株为实验材料,采用分株繁殖的组培方法,进行如下实验:①在激素种类和浓度相同(6-BA 4 mg/L 和 NAA 0.5 mg/L)的情况下,观察 NTH、MS、B5、Nitsch、White、Miller 和 N6 共 7 种基本培养基对韭菜试管苗繁殖的影响;②在附加 NAA 0.5 mg/L 的 MS 培养基上分别附加 6-BA 或 KT 0.2、4、8 和 12 mg/L,观察细胞分裂素种类和浓度对韭菜试管苗繁殖的影响;③在附加 6-BA 4.0 mg/L 的 MS 培养基上分别附加 NAA 或 IAA 或 I-BA 0、0.1、0.5 和 1.5 mg/L,观察生长素种类和浓度对韭菜试管苗繁殖的影响;④在 MS+6-BA 0.2 mg/L NAA 0.5 mg/L 培养基上,加适量活性炭观察其对韭菜试管苗生根率的影响。

### 1.4 韭菜杂交种的亲本选择

小黄苗有极强的分蘖力、风味和品质好等优点,但耐寒力不强、叶片过细。因此选用小黄苗雄性不育无性系作母本,用耐寒能力强、春季返青早、叶片较宽的优良品种汉中冬韭作父本,组配一个杂交组合。

另一个组合仍以小黄苗雄性不育无性系为母本,以河南省平顶山市农科所育成的韭菜品种平韭二号为父本。

### 1.5 韭菜新品种的选育

1993年,将小黄苗雄性不育无性系和汉中冬韭种在同一块地中,开花前将父母本花序捆绑在一起,套在同一个硫酸纸袋内,种子成熟后收获杂交种子。

1996年,在小黄苗×汉中杂交组合群体中,选出叶片较宽、叶色深绿的两个单株做套袋自交授粉,获得种子。1997~2001年间,先后以双株或多株自交分离选育的方法,初步育成一个较为符合育种目标的韭菜新品种,暂定名为海韭一号。

2002~2004年,先后安排海韭一号与生产中较广泛使用的几个韭菜品种进行露地对比试验。

1999~2004年间,又用相同的方法初步选育出另一个有望育成品种的韭菜品系 J-54。

## 2 结果和分析

### 2.1 韭菜不育系的鉴定结果

种子成熟后得到的田间试验结果为:2个无粉

株花序套在一起的,每个花序均无种子;1无粉株与1有粉株套在一起的,从无粉株花序及有粉株花序均获得种子;2个有粉株花序套在一起的,2个花序均获得种子。结果表明,套袋未影响韭菜的授粉受精;小黄苗品种的无粉株、具备雄性不育及雌性可育特性,可作为配制韭菜杂交种的母本。

细胞学鉴定结果表明有粉株小孢子发育步骤按正常程序进行,其绒毡层发育正常,可保持到四分体期甚至游离小孢子期以后(图版 I, 1);而无粉株花药在小孢子发育早期即出现绒毡层细胞不正常肥大,失去正常功能,不能向发育中的小孢子提供营养,而且这种绒毡层细胞向药室扩展,药室体积逐渐缩小,小孢子变扁,逐渐解体(图版 I, 2);有粉株的花药在成熟后都能形成正常的花粉粒(图版 I, 3);而无粉株花药成熟后虽然能开裂,但花粉囊中无花粉,在切片上只能看到小孢子败育后的残体(图版 I, 4)。用组培方法建立的雄性不育无性系,从田间结实率及细胞学鉴定结果均证明其雄性不育性是可靠和稳定的。

### 2.2 组织培养快速繁殖的结果

#### 2.2.1 不同基本培养基对韭菜试管苗繁殖的影响

在 7 种基本培养基上培养的结果表明:MS 和 NTH 培养基较适合韭菜组培扩繁,主要表现为月繁殖速率较高,试管苗颜色正常,植株高度适中。而 B5、Nitsch、White、Miller 和 N6 培养基均不适于韭菜的组织培养快繁(表 1)。说明矿质盐浓度较高,氨态氮比例较高的培养基更适合韭菜试管繁殖,反之矿质盐浓度较低,硝态氮比例较高的培养基不适合。

#### 2.2.2 不同细胞分裂素种类和浓度对韭菜试管苗繁殖的影响

在附加 NAA 0.5 mg/L 的 MS 培养基上进行了不同细胞分裂素种类和浓度的实验。结果表明,细胞分裂素的添加是必须的,无论是加 6-BA 还是 KT,韭菜试管苗的月繁殖速率均明显高于培养基中不附加细胞分裂素时的繁殖速率。当 6-BA 和 KT 浓度均为 2 mg/L 时,前者试管苗繁殖速率虽然大大高于后者,但其苗较细弱。当 6-BA 和 KT 浓度分别为 4、8 和 12 mg/L 时,试管苗月繁殖速率和质量差异不大,苗较粗壮。考虑到高浓度细胞分裂素可能会造成其变异以及增加成本,故培养基中以附加 4 mg/L 6-BA 为宜(表 1)。蔗糖用量为 30 g/L。

#### 2.2.3 不同生长素种类和浓度对韭菜试管苗繁殖的影响

在附加 6-BA 4.0 mg/L 的 MS 培养基上进行了不同生长素种类和浓度的实验。结果表明,生长素的附加不是必须的,即在不加 NAA 的情况下,试管苗的月增殖倍数最高,达到 6.22 倍,且试管苗粗壮;当 NAA 浓度达到 1.5 mg/L 时,增殖倍数虽有增

表 1 不同基本培养基、细胞分裂素和生长素对韭菜试管苗繁殖的影响

Table 1 Effects of different basic media, cytokinin and auxin on multiplication of test-tube plantlets in Chinese chive

培养基 /mg/L Media	月增殖倍数 Monthly multiplication times	试管苗状态 Status of test-tube plantlets
基本培养基 Basic media		
NTH <sup>1)</sup> +6-BA4.0+NAA0.5	3.76	苗较高,色较绿,较粗 Relatively high, thick; green
MS+6-BA4.0+NAA0.5	5.23	苗高,色较绿,芽多 High, green and buds abundant
B5+6-BA4.0+NAA0.5	1.22	苗矮,色较绿,细弱 Short, green, thin and weak
Nitsch+6-BA4.0+NAA0.5	0.00	
White+6-BA4.0+NAA0.5	0.00	
Miller+6-BA4.0+NAA0.5	0.00	
N6+6-BA4.0+NAA0.5	0.00	
细胞分裂素 Cytokinin		
MS+NAA0.5	0.74	苗少,色深绿,细弱 Few, thin and weak; dark green
MS+6-BA2.0+NAA0.5	6.66	苗多,色黄绿,细弱 Abundant, weak; yellow-green
MS+6-BA4.0+NAA0.5	3.18	苗中等粗度,色黄绿 Intermediately thick; yellow-green
MS+6-BA8.0+NAA0.5	3.84	苗中等粗度,色黄绿 Intermediately thick; yellow-green
MS+6-BA12.0+NAA0.5	3.22	苗中等粗度,色黄绿 Intermediately thick; yellow-green
MS+KT2.0+NAA0.5	3.83	苗多,中等粗,黄绿 Abundant, intermediately thick; yellow-green
MS+KT4.0+NAA0.5	3.16	苗中等粗度,色黄绿 Intermediately thick; yellow-green
MS+KT8.0+NAA0.5	4.44	苗多,中等粗,黄绿 Abundant, intermediately thick; yellow-green
MS+KT12.0+NAA0.5	3.36	苗色黄绿 Yellow-green
生长素 Auxin		
MS+6-BA 4.0+NAA 0	6.22	苗色黄绿 Yellow-green
MS+6-BA 4.0+NAA 0.1	3.91	苗色黄绿 Yellow-green
MS+6-BA 4.0+NAA 0.5	5.16	芽多,色黄绿 Abundant buds; yellow-green
MS+6-BA 4.0+NAA 1.5	3.89	芽中等粗,黄绿 Intermediately thick buds; yellow-green
MS+6-BA 4.0+IAA 0.1	3.46	苗色黄绿 yellow-green
MS+6-BA 4.0+IAA 0.5	3.38	苗色黄绿 yellow-green
MS+6-BA 4.0+IAA 1.5	8.58	芽多,细,黄绿 Abundant thin buds; yellow-green
MS+6-BA 4.0+IBA 0.1	4.28	黄绿,个别较绿 yellow-green only few green individuals
MS+6-BA 4.0+IBA 0.5	6.97	芽多,细,黄绿 Abundant thin buds; yellow-green
MS+6-BA 4.0+IBA 1.5	4.04	苗细,色黄绿 thin; yellow-green

1) NTH 培养基 = MS 大量元素 + Nitsch 微量元素及有机附加物。

1) NTH medium: MS macroelement+Nitsch microelement and organic matter.

加,但试管苗细弱;在试验的3种生长素中,仍以NAA效果略好(表1)。

综合以上实验结果,韭菜试管苗增殖培养基应为MS+6-BA 4.0 mg/L。(图版 I, 5)

**2.2.4 韭菜组培苗生根与移植试验** 韭菜试管苗生根实验结果表明,当在MS+6-BA 0.2 mg/L+NAA 0.5 mg/L培养基中,附加0.5%活性炭时,生根率高达100%。1999年度共移栽韭菜不育系组培苗6265株,成活5702株,成活率为91%。(图版 I, 6)

**2.2.5 由韭菜杂交种或品种建成了几个雄性不育无性系** 已从多个韭菜品种或杂交种自交后代中找到一批新的雄性不育株,并分别用组培快繁技术建立了雄性不育无性系。2003年秋季,在韭菜盛花期调查了来源自山东农大、淄博、山东(均因不知品种名,以引进地代品种名)3个杂交种及791、平韭二号2个品种,共5个韭菜雄性不育组培无性系,统计每个已开花花序(因栽植过密,难以按照单株统计)的花朵有无花粉,总共统计了5624枝花序,结果全部为无粉花序。

## 2.3 田间育种结果

**2.3.1 新品种海韭一号** 按照材料与方法中所描述的程序,利用雄性不育无性系培育出新品种海韭一号,与现有推广品种进行了品种对比试验。

2001年9月,在露地按照3次重复对比试验要求,移栽了当年播种的新品种海韭一号和3个国内优良韭菜品种(平韭二号,791和汉中冬韭)。2003年5月,在移栽后的第3年,该品种表现出明显的产量优势(图版 I, 7),以3次重复试验中3个小区的合计产量统计对比,海韭一号品种比汉中冬韭增产34.13%,比791增产28.57%,比平韭二增产34.78%。与平韭二号及汉中冬韭的产量对比达到生物统计的差异显著标准。海韭一号品种由于原始亲本之一是北京地方品种小黄苗,因此具有小黄苗品种叶色较深绿的特点;由于另一原始亲本是汉中冬韭,因此叶片宽度远比小黄苗宽;由于选育目标是针对当前市场更喜爱宽叶韭菜,海韭一号的叶片比汉中冬韭还略宽。叶片长度也比汉中冬韭更长,并与791品种相近(表2)。

2004年8月,测定了2003年12月播种2004年4月定植的韭菜4次重复试验。结果海韭一号比791增产29.25%,达到生物统计的差异极显著标准,虽然两者的单株重量、分蘖增长倍数之间的差异达不到显著标准,但是均是海韭一号高于791,结果是海

韭一号比791明显增产。

2004年春季海韭一号与几个品种对比测产结果为,海韭一号比791明显增产,比嘉兴白根雪及嘉兴宽叶雪分别增产21%及23%,与汉中冬韭产量相近,比宁夏王减产6.09%。

表2 海韭一号品种与3个国内推广品种的对比(2003)

Table 2 Comparison of variety Haiju 1 with 3 widely planted varieties in China (2003)

品种 Varieties	平均单穴产量/g Average yield per hill	平均单株产量/g Average yield per plant	平均叶长/cm Average leaf length	平均叶宽/cm Average leaf width	叶色 Leaf color
海韭一号 Haiju 1	279a	5.2aA	46.7a	1.00a	绿色偏深 Dark green
791	217a	4.1 B	46.7a	0.93a	绿色偏浅 Light green
平韭二号 Pingjiu 2	207b	5.5aA	44.7a	0.97a	绿色偏深 Dark green
汉中 Hanzhong	208b	4.1 B	44.3a	0.97a	绿色 Green

a and b,  $P < 0.01$ ; A and B,  $P < 0.05$

综合以上试验的初步结果,海韭一号除比宁夏王减产6.09%外,比其它品种均有不同程度增产,增产幅度为1.71%~49.27%。以3次重复11组增产数据计算,海韭一号平均增产24.68%。海韭一号比较符合当前市场更喜爱的叶色较深绿、叶片较宽的要求;而从其分蘖能力较强,在北京地区露地比较耐寒、耐热看,海韭一号应是有可能在露地生产中利用的品种。

**2.3.2 新品系 J-54** 2004年春季,对J-54与791做了对比测产,结果J-54比791增产51.85%。2004年8月,测定了2003年12月播种2004年4月定植的韭菜,结果J-54比791增产56.25%,达到生物统计的差异极显著标准。J-54的单株重量超过791,达到差异极显著标准;叶片宽度比791宽,达到差异显著标准;栽植期内分蘖增长率达到120%,高于791的70%,达到差异极显著标准(表3)(图版I,8)。

J-54叶色深绿,叶片宽度比国内现有推广品种791略宽,分蘖能力强是更为突出的特点。在春季返青时并未见到与791品种有明显差别,而在炎热的夏季则明显比791耐热,其出现的黄叶少于791,而当年栽植的J-54其秋季抽薹率高于791。

### 3 讨论

本实验利用组织培养进行快速繁殖韭菜的高扩繁速率(月扩繁6~7倍)及韭菜田间分蘖繁殖的能力(年增殖2~4倍),建立了韭菜雄性不育系无性系的快速繁殖体系,免去选育相应保持系的工作;利用韭菜为多年生植物的特点,一个杂交种制种田建立后可连续多年生产该杂交种种子(余文贵,1996);利用韭菜杂交种具有丰富的优良性状基因和具有雄性不育基因,在获得众多杂交种之后经杂交种自交分离进而持续选育新的不育系和杂交种(西南农业大学,1993)。本研究提出一种新的韭菜杂交种育种技术方案(图1),在韭菜品种中发现无花粉单株,经鉴定确认不育株是雄性不育而雌性可育后,可用作配杂交种的母本。其后,以组培快繁技术将该不育株扩繁成无性系群体。在用该不育系的无性系选育出优良杂交种后,向制种田提供经组培快繁的雄性不育无性系,用于生产杂交种种子。由于韭菜具有多年生的特点,在栽培条件好的地区,一次种植可连续生产多年(应及时除掉老根基)。制种田在需要扩大杂交种种子生产时,可以通过田间分蘖繁及组培快繁扩

表3 J-54与791的对比(2004)

Table 3 Comparisons of J-54 with 791(2004)

品系 Strain	平均单穴产量/g Average yield per hill	平均单株重量/g Average yield per plant	平均叶宽/cm Average leaf width	平均叶长/cm Average leaf length	分蘖增长率/% Tilling increase ratio
J-54	214A	11.14A	0.87a	46.0a	120A
791	137B	8.60B	0.74b	46.5a	70B

A and B,  $P < 0.05$ ; a and b,  $P < 0.01$ .

大原制种田或建立新制种田。繁殖韭菜母本和杂交种的方法已由中华人民共和国国家知识产权局于2003年1月24日授予发明专利权。

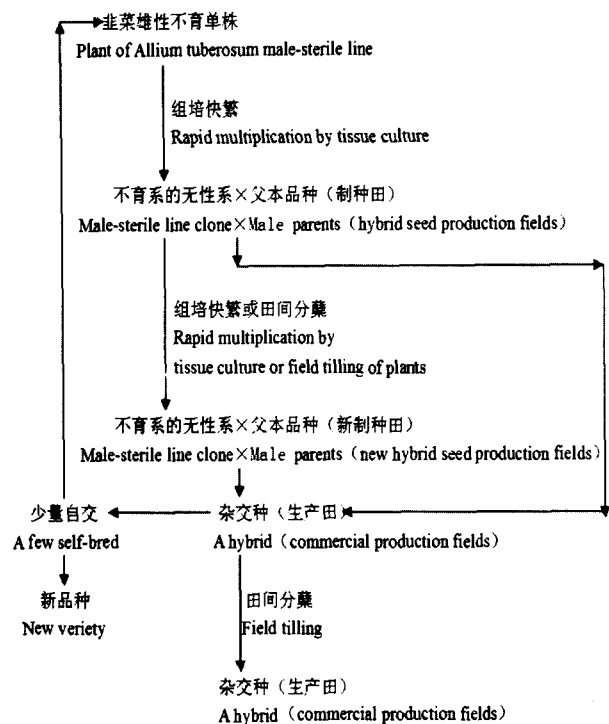


图1. 韭菜雄性不育无性系育种技术程序图

Fig. 1. Process for breeding of *Allium tuberosum* via male-sterile clone

近年来韭菜的组织培养研究不断增多,但均未涉及对其雄性不育株利用组织培养来快速繁殖,建立雄性不育无性系并用于杂交育种的工作(田惠桥和杨弘远,1989,张松等,2002,郝建平等,1995, Kojima and Kawaguchi,1989,Shuto *et al.*,1993,Zee *et al.*,1977, Matsuda, Taiji Adachi,1996)。经过多年的研究本实验建立了韭菜组培快繁技术体系,成功地在几个韭菜栽培品种中建成了雄性不育无性系。在以往的相关研究中,Do *et al.*(1999)和Roy(1980)认为经过愈伤组织形成的韭菜再生植株常会发生变异,而Pandey *et al.*(1992)证明了韭菜芽生芽快繁途径能保持无性系的遗传稳定性。本研究完全不经过愈伤组织,仅采用芽繁芽的组培快繁方式,将雄性不育单株迅速繁殖为雄性不育无性系,使得到的韭菜雄性不育无性系田间生长整齐一致。

田间育种结果证明经组织培养得到的雄性不育无性系的优点是:(1)仍保持雌性育性,可以作为母本系;(2)保持了较理想的遗传一致性,易于形成杂种优势;(3)将不育单株迅速扩大为系,快速获得所

需大小的母本群体;(4)在人工条件下长期稳定保存雄性不育种质,防止自然丢失;(5)新品种或品系田间育成步骤少,速度快。

众多韭菜品种及杂交种中出现的雄性不育株为杂交育种提供了有用的材料,利用韭菜雄性不育系进行育种的报道一直以传统的三系法为理论基础和技术支撑(佟成富等,1995)。实际上韭菜的产量的构成在叶而不在籽粒,因此无需恢复系;而为韭菜这种多年生常异花授粉作物的雄性不育系建立保持系的工作十分艰巨,在仅仅为了选育品种的情况下直接保持和繁殖不育材料即可达到目的。本研究建立的韭菜‘雄性不育无性系’育种技术体系,与传统的韭菜‘三系法’育种(巩佩芬等1999)比较不但简化了田间育种程序和工作量,而且由于引入了无性繁殖的内含,从而避免了保持系给不育系传粉及保持系自繁等这些有性过程带来的更为复杂的遗传异质性与性状分离,保证了母本群体的遗传稳定性,促进了后代杂种优势的显现。用组织培养技术建成的韭菜雄性不育无性系可以继代保存并使用多年,它既是雄性不育系,又以无性繁殖为基础替代了保持系的功能。含有雄性不育基因的杂交组合自交后可获得新的雄性不育植株,进一步丰富了品种选育的遗传背景,经建立雄性不育无性系后,又可以较快的速度用于新一轮的杂交育种。

## 参 考 文 献

- Do Geum-Sook, Seo Bong-Bo, Ko Jong-Min, Lee Seon-Hee, Pak Jae-Hong, Kim In-Sun and Song Seung-Dal. Analysis of somaclonal variation through tissue culture and chromosomal localization of rDNA sites by fluorescent in situ hybridization in wild *Allium tuberosum* and a regenerated variant(J). *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 1999, 57: 113~119
- Gong P F (巩佩芬), Tong C F (佟成富) and Cui R (崔瑞). Selection and utilization of male sterile lines in Chinese chive-Shi Han 3A(J). *China vegetables*(中国蔬菜),1999,(3): 31(in Chinese)
- Guo Y D(郭仰东), Li C L(李春玲) and Jiang Z R(蒋钟仁). Preliminary report on propagation of male sterile clones of Chinese leek(*Allium tuberosum* Rottler) by tissue culture(J). *Journal of Beijing Agricultural College* (北京农学院学报), 1992,7(1):85~87(in Chinese with English abstract)
- Hao J P(郝建平), Zhou X M(周小梅) and Li S Q(李绍清). Tissue culture and plant regeneration of Chinese chive (J). *Journal of Shanxi University* (Nat. Sci. Ed.)[山西大学学报

- (自然科学版)],1995,18 (1):59-62 (in Chinese with English abstract)
- Kojima A. and Kawaguchi T. Apomictic nature of Chinese chive (*Allium tuberosum* Rottl.) detected in unpollinated ovule culture(J). *Japan Journal of Breed*, 1989, 39: 449-456
- Ma S B(马树彬), Yang W Y(杨宛玉), Zhi C J(职春琴), Chen J H(陈建华), Nie J H(聂玉霞), Yin S H(尹守恒) and Wei K Y (卫魁英). Selection and utilization of male sterile lines in Chinese chive(J). *Chinese Agricultural Bulletin*(中国农学通报),1996,12(3):27-29(in Chinese)
- Ruchira Pandey, Chandel K P S, and Rama Rao S. *In vitro* propagation of *Allium tuberosum* Rottl. ex. Spreng. By shoot proliferation(J). *Plant Cell Reports*, 1992, 11: 375-378
- Satyesh Chandra Roy. Chromosomal variation in the callus tissues of *Allium tuberosum* and *A. cepa* (J). *Protoplasma*, 1980, 102: 171-176
- Southwest Agriculture University (西南农业大学).Breeding of Vegetables(second edition)(M). Beijing: Agricultural Press, 1993.122-124(in Chinese)
- Shuto H, Abe T and Yamagata T. *In vitro* propagation of plants from root apex-derived calli in Chinese chive (*Allium tuberosum* Rottl.) and garlic(*A. sativum* L.) (J). *Japan Journal of Breed*, 1993, 43: 349-355
- Tian H Q(田惠桥) and Yang H Y(杨弘远). Embryogenesis and plant regeneration of haploid in Chinese chive (*Allium tuberosum*) via unpollinated ovule culture (J). *Acta Experimentae Biologica* (实验生物学报),1989, 22(2): 139-147(in Chinese with English abstract)
- Tong C F(佟成富), Gong P F(巩佩芬), Ma F Y(马凤月), Wang Q W(王群) and Zhu D W(朱德蔚). Breeding and utilization of male sterile lines in Chinese chive (J). *Acta Horticulturae Sinica*(园艺学报), 1995, 402: 423-430(in Chinese with English abstract)
- Wu S Y(吴淑芸). Selection of male sterile lines and heterosis in Chinese chive. He Q W(何启伟主编). *Shandong Vegetables* (C). Shanghai: Shanghai Science-technology Press,1997. 77-78(in Chinese)
- Yasushi Matsuda and Taiji Adachi. Plant regeneration via embryogenesis in commercial cultivars of Chinese chive (*Allium tuberosum* Rottl.)(J). *Plant Science*, 1996, 119: 149-156
- Yu W G(余文贵). Technology for Reproduction of Good Varieties and Hybrid seed Production of Vegetables (M). Nanjing:Jiangsu Science-technology Press,1996.135-138 (in Chinese)
- Zee S Y, Fung A and Yue S B. Tissue culture and differentiation of Chinese chive(J). *HortScience*, 1977, 12(3):264
- Zhang S(张松), Da K D(达克东), Cao C X(曹辰兴), Cao S R (曹淑荣) and Huang J L (黄金丽). Study of high frequent plant regeneration system in Chinese chive (*Allium tuberosum*) by tissue culture(J). *Acta Horticulturae Sinica*(园艺学报), 2002, 29 (2):141-144 (in Chinese with English abstract)

## 图版说明见附页

## 本刊更正:

2005年13(6):777-782,作者王梅芳等文中图1, A和

B更正为:

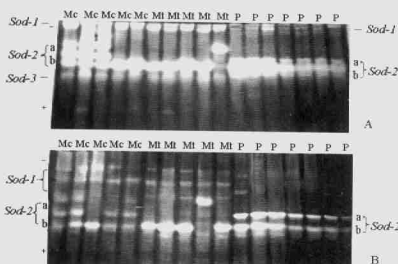


图2, A更正为:



李春玲 等: 韭菜的雄性不育无性系育种

LI Chung-Ling et al.: Breeding of *Allium tuberosum* via Male-sterile Clone

图版 I

Plate I

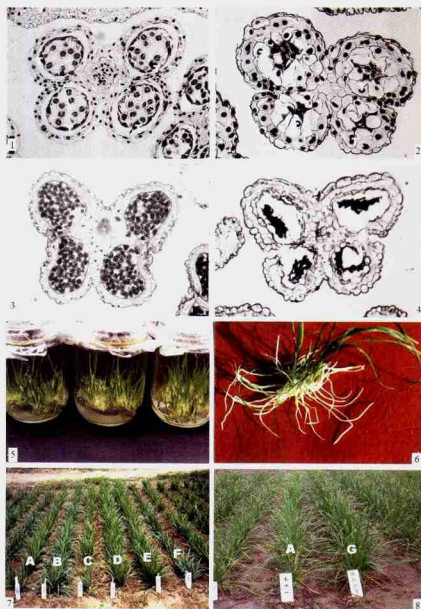


图 1. 韭菜有粉株小孢子四分体时期的花药横切面( $\times 138$ ); 图 2. 韭菜无粉株(即雄性不育株)绒毡层细胞不正常肥大时期的花药横切面( $\times 231$ ); 图 3. 韭菜有粉株花粉成熟时期的花药横切面( $\times 190$ ); 图 4. 韭菜无粉株(即雄性不育株)花粉败育时期的花药横切面( $\times 330$ ); T. 示绒毡层细胞; 图 5. 韭菜试管苗; 图 6. 韭菜试管苗生根; 图 7. 海韭一号品种与三个国内推广品种的对比, A, 791, B, 海韭一号, C, 汉中冬韭, D, E, 为海丰杂种, F, 平韭二号; 图 8. J-54 品系与 791 比较, G, J-54(即为海韭二号).

Fig. 1. Cross section of anthers at tetrad microspore stage in plants with pollens of *Allium tuberosum* ( $\times 138$ ); Fig. 2. Cross section of anthers at the stage of abnormal swelling of tapetal cells in male sterile plants of *Allium tuberosum* ( $\times 231$ ); Fig. 3. Cross section of anthers at the stage of pollen maturation in plants with pollens of *Allium tuberosum* ( $\times 190$ ); Fig. 4. Cross section of anthers at the stage of anther abortion in male sterile plants of *Allium tuberosum* ( $\times 330$ ); T, tapetal cells; Fig. 5. Test-tube plantlet of Chinese chive; Fig. 6. Rooting plantlet of *Allium tuberosum*; Fig. 7. Comparisons of variety Haijii 1 with 3 widely planted varieties in China, A, 791, B, Haijii 1, C, Hanzhongdongjiu, D & E, Haifeng hybrids, F, Pingjiu 2, Fig. 8. Comparisons of J-54 and 791, G, J-54(Haijii 2).