

• 生物技术

葱属植物改良中组织培养的研究进展

于大胜

(莱芜职业技术学院, 山东 莱芜 271100)

摘要:对葱属植物组织培养各个方面的研究现状进行了综述,包括器官培养、胚培养、单倍体培养和原生质体培养。并评述了这些生物技术在葱属植物遗传育种和品质改良中的应用前景。同时对现有工作中存在的不足进行了总结。

关键词:葱属植物;组织培养;再生植株

中图分类号:Q943.1 文献标识码:A 文章编号:1006-6500(2008)04-0010-05

Research Advance of Plant Tissue Culture in *Allium* Specie Improvement

YU Da-sheng

(Laiwu Vocational and Technical College, Laiwu, Shandong 271100, China)

Abstract: Research status of tissue culture of *Allium* plant in various aspects were summarized, it included organ culture, embryo culture, haploid culture and protoplast culture. The application prospect of these biotechnologies in genetics breeding and quality improvement of *Allium* plant was described. And time the existing shortcomings in the work were summed up at the same.

Key words: *Allium* plant; tissue culture; regenerated plant

葱属植物(*Allium*)属百合科,约有 500 个种,我国有 70~80 种。其中多种为重要蔬菜,如葱(*A. fistulosum* L)、洋葱(*A. cepa* L)、蒜(*A. sativum* L)、韭(*A. tuberosum* Rottler)和薤(*A. Chinese* GDon)等。还有一些野生种亦可食用,如山韭(*A. senescens* var. *minor*)、阿尔泰葱(*A. altaicum* Pall)、沙葱(*A. mongolicum* Regel)等。这些野生种具有抗寒、抗热、抗旱、抗病等特征,有的还有药用价值,是有用的遗传资源库,对于栽培种的改良具有潜在开发应用价值。葱属植物的离体培养已有不少报道,且多集中在洋葱、蒜、葱和韭等少数几种植物上,笔者就此做一总结。

1 组织和器官培养

大蒜、洋葱等的茎尖是组织培养的优良外植体,剥离一定大小的茎尖进行培养可以达到脱毒、快繁的效果。洋葱的茎盘、鳞茎、花,大蒜的未展开叶、气生鳞茎、蒜瓣,大葱的叶片、花蕾,韭菜的叶片、根尖都是组织培养中常用的材料,能够诱导

再生植株产生。

大蒜的病毒病是造成大蒜品质降低、种性退化的主要原因。到目前为止,发现能侵染大蒜的病毒有 11 种,且均为复合侵染型,主要包括洋葱黄矮病毒(OYDV)、韭菜黄条病毒(LYST)和亚实基隆潜引病毒(SLV)^[1]、马铃薯 Y 病毒(PVY)、马铃薯 S 病毒(PVS)、马铃薯 A 病毒(PVA)、马铃薯 M 病毒(PVM)、烟草花叶病毒(TMV)和香石竹潜引病毒(CLV)^[2]等。在日本,大蒜主要受大蒜花叶病毒(GMV)和大蒜潜引病毒侵染^[3]。而中国主栽大蒜主要受 LYSV、SLV 和 PVY 3 种病毒侵染^[4]。

最早的大蒜脱毒方法是利用热处理^[5],但该方法不能去掉 GMV 病毒。20 世纪 80 年代开始,我国的大量学者进行了这些方面的尝试和研究,包括利用大蒜鳞茎幼芽及下部带茎盘组织接种,带一个或不带叶原基的大蒜分生组织接种等^[6-9]。试验多采用 MS 和 B5 培养基,使用生长调节物质 2,4-D、BA 和 NAA 等,所得试管苗经田间试验显示,脱毒大蒜的蒜薹产量比对照增加 58%~175%,鳞茎增产 23%~114%,增产的原因在于减轻了病毒

收稿日期:2008-03-21;修订日期:2008-07-02

基金项目:山东省教育厅国内访问学者资助项目

作者简介:于大胜(1974-),男,辽宁省法库市人,讲师,硕士,主要从事植物细胞工程、病毒检测及植物病理学研究。

病的危害,改善了植物的自身营养,叶面积增加,叶绿素含量明显提高等^[8]。然而脱毒植株在实际应用中可能再度感染,加之试管繁殖系数尚低,因而规模化生产技术还需进一步研究。

洋葱的茎尖培养也进行了较多研究^[10],但研究多采用 MS 培养基,并附加 BA 和 NAA 等生长调节物质。然而 Phillips 和 Luytem^[11]发现,毒莠定 (picloram) 对洋葱茎尖培养的效果比 NAA 更好。试验证明洋葱、阿尔泰葱、实亭葱等茎尖在含毒莠定和 6-BA 的培养基上还诱导出了体细胞胚。

根尖是分生组织培养的另一材料来源,并已开始受到重视。较之茎尖,根尖取材要方便的多。Shuto 等^[12]对韭菜和大葱 0.2~0.3 mm 的根尖部位进行培养,在附加 NAA 1.0 mg/L 的 MS 培养基上诱导出了愈伤组织,在含 6-BA 0.01 mg/L 的培养基上分化出植株,并形成脱毒种质。此外,据报道用大蒜茎尖产生的小植株的根尖切断作外植体,在含 2,4-D 条件下可形成愈伤组织,转入附加毒莠定和 2ip 的培养基后分化出体细胞胚和再生植株^[13]。

葱属植物组织培养所用起始材料种类很多。除了分生组织外,还可从茎盘、幼叶、花器官、鳞片等部位取材。Fridberg^[14]曾用附加 NAA 和 KT 的 MS 培养基从洋葱鳞片直接诱导成芽。大蒜^[15-20]以及大葱^[21]器官诱导的愈伤组织均能成功地分化出植株,后者还可开花结实。有人用一种韭 (*A. porrum*) 的籽苗基部诱导出了体细胞胚和高频率再生植株^[22]。

Ayabe 和 Sumi^[23,24]新近建立了一种生产大蒜脱毒试管苗的新方法——茎盘培养法 (stem disc dome culture)。该法以未成熟的鳞茎基部的茎盘作外植体,以不加外源激素的 LS 为培养基,一个茎盘可分化出 20~30 株苗,一个月内即可形成小鳞茎,在土壤中移栽后发现,此法获得的植株叶片无病毒感染症状。Sata^[25]利用附加 2,4-D 1.0 mg/L 和 KT0.5 mg/L 的 White 培养基和大蒜小鳞茎基部直接诱导出了体细胞胚,其诱导率高达 60%。

葱属植物为伞形花序,每个花序有上百朵小花,这些小花和花苞内产生的许多气生鳞茎都是组织培养的良好外植体。而利用洋葱和韭菜的花序^[26,27]、未成熟花芽^[28]、花托^[29]以及大葱、洋葱和山韭的花蕾^[30-32]、大蒜的花梗^[18]等也均可有效地诱导出生苗。这些方法使用的培养基基本上都

是 MS, BDS 和 N5, 而且有可能使大葱的繁殖系数增加一万倍以上^[30]。

2 胚培养

胚培养 (embryo culture) 是植物组织培养的一个主要方面,早在 20 世纪初就作为一种育种手段获得了成功^[33]。葱属植物种质资源丰富,通过属内种间远缘杂交可向栽培种输入大量的有利性状。迄今已经获得了很多的杂交后代,但普遍存在的问题是这些后代的结籽量少,并且有不同程度的杂种不育现象。Guha 和 Johri^[5]首次报道洋葱的子房和胚珠在 Nitsch 培养基上可以长成植株,并发现色氨酸 (24 $\mu\text{mol/L}$) 对胚的发育极为有利。Gonzalez 和 Ford Lloyd^[34]在 B5 + 10% 椰汁 + 20 g/L 蔗糖 + 1% 琼脂的培养基上培养远缘杂交的胚珠,获得了洋葱 \times 实亭葱、洋葱 \times *A. vavilovii*、洋葱 \times 阿尔泰葱、大葱 \times 细香葱的杂种。Valk 等^[35]研究了 12 个洋葱品种,2 个大葱品种,1 个大葱 \times 洋葱杂交种和 3 个韭葱品种的合子胚产生的愈伤组织,结果显示在含 5 μM 2,4-D 的 MS 培养基上可诱导出紧密型的胚性愈伤组织,在 MS + 5.1 $\mu\text{mol/L}$ KT 培养基上可高频诱导再生植株,向培养基中加入 ABA 既可刺激体细胞胚发生,又能增加再生芽数。Silvertand 等^[36]从一种韭菜 (*A. ampeloprasum*) 成熟合子胚诱导的愈伤组织中获得了再生植株。Luther 和 Bohance^[37]设计了一个程序,用两步法培养洋葱十多个品种的成熟花或子房,该法先将成熟期花在含 2,4-D 2.0 mg/L + 6-BA 的培养基上培养 6 d 后,再将花或分离的子房转入含 TDZ 2.0 mg/L 的分化培养基上直接再生出苗。

3 单倍体培养

多数大蒜栽培种为花粉败育,只有极少数的品种和个别野生种具有可育花粉,这可能与其表面的粘液阻碍花粉对营养物质的吸收有关。Suk 等^[38]在 MS、LS 和 B5 基本培养基上添加生长调节物质和谷氨酸,对大蒜栽培种 Nagano White、Jaein 进行了花粉组织培养,结果表明,在 25 $^{\circ}\text{C}$, 16 h 的光照条件下,接种 25 d 后可形成愈伤组织,但未见有胚状体。大蒜花粉在 5 $^{\circ}\text{C}$ 下处理 12 h 并添加 NAA,有利于愈伤组织的形成,IAA 和 2,4-D 则没

有效果。B5 培养基出芽数高于 LS 培养基,在 B5 培养基上,较高含量的 KT 有利于不定芽的形成。把不定芽移植到 1/2MS 诱根培养基上,14 d 后产生根,接种 28 d 后,平均每一愈伤组织产生 5 个小鳞茎。

在葱属植物中,已经从洋葱和韭菜的未传粉子房和胚珠培养中诱导出了单倍体植株。田惠娇^[39]利用韭菜未传粉子房在 MS + ZT 0~2.0 mg/L+ 2-甲基-4 氟苯氧乙酸(MCPA)培养基上从胚囊中诱导出了单倍体植株,另外,研究还表明,韭菜的反足细胞的胚胎发生频率高于卵细胞。Kojim 等^[40]建立了花序培养→胚珠培养→胚培养的再生韭菜双单倍体培养体系。Campion 等^[41,42]也通过雌核发育途径诱导出了洋葱单倍体,首先在 BDS + 2,4-D 2.0 mg/L + BA 2.0 mg/L+ 蔗糖 100 g/L 培养基上进行花、子房或胚珠的预培养,然后在 BDS + NAA 1.0 mg/L+ BA 2.0 mg/L+ 蔗糖 100 g/L 的培养基上诱导胚状体,胚状体发生的最高频率为 0.59%,63%的胚可再生植株,再生植株中单倍体占 88.3%。

4 原生质体培养

葱属植物为单子叶,其原生质体培养难度很大,至今有关葱属植物原生质体再生体系建立报道很少。陈柔如^[43]用洋葱叶肉进行原生质体培养,观察到了细胞团。王光远等^[44]首次将洋葱叶肉原生质体在附加 2,4-D 和 6-BA 的 MS 培养基上培养获得了愈伤组织,转移到含 IAA 和 KT 的培养基上获得了小植株的分化。Buiteveld 等^[45]用韭菜(*A. ampeloprasum*)的胚性愈伤组织建立的胚性悬浮细胞系分离原生质体,经培养获得了可持续分裂和植株再生。随后,悬浮细胞系分离原生质体技术在洋葱上也得到了应用^[46,47]。这些研究结果显示,葱属植物原生质体再生体系的建立可能应以培养细胞,特别是培养的胚性细胞来分离原生质体为宜,这与小麦等禾谷类植物原生质体培养再生体系的建立十分相似。

5 葱属植物组织培养存在的问题及展望

5.1 提高胚状体诱导频率

单子叶植物诱导胚状体比较困难,葱属植物

的离体再生植株大多是通过愈伤组织诱导不定芽或直接诱导不定芽或腋芽的方式进行的。与其它植物相比,葱属植物在组培中体细胞胚的发生频率较低,如何高频诱导体细胞胚的发生是今后工作中需解决的问题^[48]。

5.2 快繁过程中体细胞变异的控制

愈伤组织培养过程中易产生遗传性变异,特别是染色体倍性的变化,这些变异受外界条件影响较大,又有许多微小变异不容易观察到,因此较难控制。据 Novak^[49]报道,从大蒜愈伤组织上诱导的再生植株中约 50%有染色体畸变,如非整倍体、联合体。Nandi 等^[50]培养洋葱愈伤组织时发现,培养期越长,染色体变异率越高,加入适量的 2 ip 和 NAA 则能抑制变异的发生。Nagakubo 等^[51]认为大蒜的茎尖培养和芽增殖培养中虽然也有不定芽增生,但遗传变异率很低,少于 1%。Phillips 等^[11]认为毒莠定是取代 NAA 和 2,4-D 的生长素源,不易引发变异。培养过程中控制激素的浓度能有效地减少变异。适当缩短愈伤组织的培养时间或利用再生植株驯化栽培后循环培养的方法可减少培养过程中由于激素累积引起的变异。

5.3 培养材料再生能力的保持

张松等^[30]认为大葱叶片愈伤组织可保持分生能力 250 d,花蕾愈伤组织可维持一年。Novak^[49]认为韭菜的花培养再生力也可维持一年。随着组培时间的延长,愈伤组织逐渐老化,变异增多,芽恢复顶端优势,抑制进一步增殖。用大田栽培再生植株,循环培养即可控制、选择淘汰变异,又能不断更新材料的再分化能力,当然也可用低温(4℃)、黑暗保存的方法保存组织培养材料。

总之,葱属植物是一大类蔬菜作物,又有药用价值。目前,通过组织和器官培养技术,仅在少数几种葱属植物上建立起了离体再生体系。尽管如此,大蒜的茎尖培养脱病毒和快繁可望在生产实践中进一步应用。与此同时,从品质改良和遗传操作的需要考虑,建立更多、更实用的葱属其它品种的离体培养再生体系是十分必要的。有关葱属植物的细胞遗传操作报道较少,因为这一领域的研究难度很大。近几年虽然已有新的突破性进展,如原生质体培养、体细胞杂交和外源基因的转化,但葱属植物的遗传操作研究较之其它农作物仍显得非常薄弱,将现代生物技术应用到葱属植物的遗传改良和育种程序中,定会加速培育出高品质、高

抗逆性、更有应用价值的新品种,以满足人们生活水平不断提高的要求。

参考文献:

- [1] Walkey D G, Antill D N A. Agronomic evaluation of virus-free and virus-infected garlic (*Allium sativum* L.)[J]. J Hort Sci, 1989, 64(1):53-60.
- [2] 崔荣昌,李学湛.大蒜花叶病原病毒的鉴定和脱毒研究[J].科学通讯,1991,36(18):1439-1440.
- [3] Lee Y W, Yamazaki S, Osaki T, et al. Two elongated viruses in garlic, garlic latent and garlic mosaic virus[J]. Ann Phytopath Soc Japan, 1979, 45:727-734.
- [4] 徐培文,刘宪华,曲士松,等.中国主要大蒜品种和品系的病毒检测[J].山东农业科学,2000(2):27-28.
- [5] Guha S, Johri B M. In vitro development of ovary and ovule of *Allium cepa* L[J]. Phytomorphology, 1966, 16:353-364.
- [6] 曾淑冰.从蒜瓣再生完整植株[J].植物生理学通讯,1981(4):45.
- [7] 陈世儒,黄菊辉.大蒜的快繁及脱毒[J].园艺学报,1991,18(3):245-250.
- [8] 徐培文,孙慧生,孙瑞杰.大蒜茎尖脱毒及增产效果的研究[J].山东农业科学,1991(6):6-10.
- [9] 薛万新,陆岫一.大蒜蒜瓣离体繁殖研究[J].西北农业学报,1994,3(3):62-66.
- [10] 陈典,徐启江.分蘖洋葱茎尖愈伤组织诱导及植株再生[J].园艺学报,2001,28(4):359-360.
- [11] Phillips G C, Luyten K J. Effects of picloram and other auxin on onion tissue cultures[J]. J Amer Soc Hort Sci, 1983, 108(6): 948-953.
- [12] Shuto H, Abe T, Yamagata T. In vitro propagation of plant from root apex-derived calli in Chinese Chive (*Allium tuberosum* Rottle) and garlic (*A. sativum* L.) [J]. Japan J Breed, 1993, 43: 349-354.
- [13] Myers J M, Simon P W. Continuous callus production and regeneration of garlic (*Allium sativum* L.) using root segments from shoot-derived plantlets[J]. Plant Cell Rep, 1998, 17:726-734.
- [14] Fridborg G. Growth and organogenesis tissue culture of *Allium-cepae* var. *proliferum*[J]. Physiol Plant, 1971, 25:436-440.
- [15] 李昌华.大蒜茎尖脱毒技术及组织培养研究[J].华北农学报,1983,10(3):20.
- [16] 栾非时,陈典,陈友.脱毒大蒜花原始体培养增殖技术的研究[J].中国蔬菜,1995(3):4-6.
- [17] 吕启愚,周维燕,董雅一.从大蒜嫩叶诱导愈伤组织及植株再生[J].园艺学报,1987(9):67-69.
- [18] 王洪隆,康玉庆,张存金.大蒜花梗组织培养再生植株[J].华北农学报,1992,7(3):66-70.
- [19] 杨乃博.大蒜全展叶愈伤组织的诱导和植株再生[J].植物生理学通讯,1981(6):47-48.
- [20] 郑海柔.大蒜叶片愈伤组织的幼苗诱导[J].上海农业科技,1990(1):33.
- [21] 张松,张启沛.利用大葱幼叶进行组织培养微繁的研究[J].园艺学报,1995,22(2):161-165.
- [22] Wang H, Debergh P. Somatic embryogenesis and plant regeneration in garden leek[J]. Plant Cell Tiss Org Cult, 1995, 43: 21-28.
- [23] Ayabe M, Sumi S. Cell biology and morphogenesis: A novel and efficient tissue culture method—"stem-disc dome culture"—for producing virus-free garlic (*A. sativum* L.)[J]. Plant Cell Rep, 2001, 20: 503-507.
- [24] Ayabe M, Sumi S. Establishment of a novel tissue culture method, stem-disc culture and its practical application to micropropagation of galic (*A. sativum* L.)[J]. Plant Cell Rep, 1998, 17:733-779.
- [25] Sata S J, Bagatharia S B, Thaker V S. Induction of direct somatic embryogenesis in garlic (*A. sativum* L.)[J]. Methods Cell Sic, 2000, 22:299-304.
- [26] 李勇,杨桦,龙蔚,等.韭菜组织培养及快速繁殖技术研究[J].长江农业学报,2006,18(4):106-107.
- [27] Dunstan D I. Shoot production from the flower heads of *Allium cepa*[J]. Sic Hort, 1979(10):345-356.
- [28] Pike L M, Yoo K S. Atissue culture technology for the clonal propagation of onion using immature flower buds[J]. Sic Hort, 1990, 45:31-36.
- [29] Matsubara S, Chen D. In vitro production of garlic plants and field acclimation[J]. Hort Sic, 1979, 24(4):677-679.
- [30] 张松,张启沛.大葱(*Allium fistulosum* L.)花蕾培养的研究[J].山东农业大学学报,1994,25(3):277-282.
- [31] Nair A S, Seo B B. Plantlet regeneration from callus initiated from flower buds in the wild species *Allium senescens* var. *minor*[J]. Plant Cell, 1993, 34:205-207.
- [32] 杜敏霞,刘湘萍.洋葱幼蕾离体培养与植株再生的研究[J].华北农学报,2005,20(4):54-56.
- [33] Tukey H B. Artificial culture of sweet cherry embryos[J]. J Hered, 1933, 24:7-12.
- [34] Gonzelez L G, Ford Lloyd B V. Facilitation of wide crossing through embryo rescue and pollen storage in interspecific hybridization of cultivated *Allium* species[J]. Plant Breed, 1987, 98: 318-322.
- [35] Valk P van der, Scholten O E, Verstappen F, et al. High frequency somatic embryogenesis and plant regeneration from zygotic embryo-derived callus cultures of the three *Allium* species[J]. Plant Cell, 1992, 30:181-191.
- [36] Silvertand B, van Rooyen A, Lavrijsen, et al. Plant regeneration via organogenesis and somatic embryogenesis in callus cultures derived from mature zygotic embryos of leek (*Allium ampeloprasum* L.) [J]. Euphytica, 1996, 91:261-270.
- [37] Luthar Z, Bohance B. Induction of direct somatic organogenesis in onion (*Allium ampeloprasum* L.) using a two-step flower or ovary culture[J]. Plant Cell Rep, 1999, 18:797-802.
- [38] Suh S K, Park H G. Studies on the anther culture of garlic (*A. sativum* L.) callus formation and plant regeneration[J]. Journal of the Korean Society for Hortsci, 1986, 27(2): 89-95.
- [39] 田惠娇,杨弘远.韭菜未传粉子房培养中单倍体的胚胎发生和植株再生[J].实验生物学报,1989,22(2):139-147.
- [40] Kojima A, Kawaguchi T. Apomictic nature of Chinese chive (*Allium tuberosum* Rottl.) detected in unpolinated ovule culture[J]. Japan J

Breed, 1989, 39: 449-456.

[41] Campion B, Alloni C. Induction of haploid plants in onion (*Allium cepa* L.) by in vitro culture of unpolinated ovules[J]. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 1990, 20:1-6.

[42] Campion B, Azzimonti M T, Vicini E, et al. Advances in haploid plant induction in onion (*Allium cepa* L.) through in vitro gynogenesis [J]. Plant Sci, 1992, 86: 97-104.

[43] 陈柔如. 洋葱叶肉原生质体的分离和培养[J]. 山西大学学报, 1979, 31(4): 5-8.

[44] 王光远, 夏镇澳, 王六发. 洋葱叶肉原生质体再生小植株[J]. 实验生物学报, 1986, 19: 409-413.

[45] Buiteveld J, Creemers-molenaar J. Plant regeneration from protoplasts isolated from suspension cultures of leek (*Allium ampeloprasum* L.) [J]. Plant Sci, 1994, 100: 203-210.

[46] Hansen E E, Hubstenberger J F, Phillips G C. Regeneration of shoots from cell suspension derived protoplasts of *Allium cepa* [J]. Plant

Cell Rep, 1995, 15: 8-11.

[47] Karim M A, Adachi T. Cell suspension, isolation and culture of protoplasts of *Allium cepa* [J]. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 1997, 51: 43-47.

[48] 梅家训, 丁习武, 于大胜, 等. 组培快繁技术及其应用[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.

[49] Novak F J. Phenotype and cytological status of plant regenerated from callus cultures of *Allium sativum* L [J]. Plant Sci Let, 1980, 84: 250-260.

[50] Nandi S, Fridborg G. Effect of 6-(3-methyl-2-buten-1-ylamino)-purine and α -naphthale-neacetic acid on root formation and cytology of root tips and callus in tissue cultures of *Allium cepa* var. *proliferam* [J]. Hereditas, 1977, 85: 57-62.

[51] Negakubo T, Nagasawa A, Ohkawa H. Micropropagation of garlic through in vitro bulblet formation [J]. Plant Cell, 1993, 32: 175-183.

中国科技核心期刊、全国优秀农业期刊

《植物遗传资源学报》征订启事

《植物遗传资源学报》是中国农业科学院作物科学研究所和中国农学会主办的学术期刊, 为中国科技核心期刊、全国优秀农业期刊。该刊为中国科技论文统计源期刊、中国科学引文数据库来源期刊(核心期刊)、中国核心期刊(遴选)数据库收录期刊、中国学术期刊综合评价数据库统计源期刊, 又被《中国生物学文摘》和中国生物学术文献数据库、中文科技期刊数据库收录。据中国期刊引证研究报告统计, 2007 年度《植物遗传资源学报》影响因子达 0.914。

报道内容为大田、园艺作物, 观赏、药用植物, 林用植物、草类植物及其一切经济植物的有关植物遗传资源基础理论研究、应用研究方面的研究成果、创新性学术论文和高水平综述或评论。诸如, 种质资源的考察、收集、保存、评价、利用、创新, 信息学、管理学等; 起源、演化、分类等系统学; 基因发掘、鉴定、克隆、基因文库建立、遗传多样性研究。

季刊, 大 16 开本, 128 页。定价 20 元, 全年 80 元。各地邮局发行, 邮发代号: 82-643。国内刊号 CN11-4996/S, 国际统一刊号 ISSN1672-1810。

本刊编辑部常年办理订阅手续, 如需邮挂每期另加 3 元。

欢迎大家踊跃投稿和订阅《植物遗传资源学报》杂志 欢迎刊登广告

地址: 北京市中关村南大街 12 号 中国农业科学院《植物遗传资源学报》编辑部

邮编: 100081 电话: 010-62180257 010-62180279 (兼传真)

E-mail: zwyczyxb2003@163.com zwyczyxb2003@sina.com