

大岩桐组培苗移栽后生长动态研究

苏 江, 岑忠用, 谢彦军, 邓晰朝, 高丽霞, 韦兆杰
(河池学院化学与生物工程学院, 广西 宜州 546300)

Study on Growth Dynamics of *Sinningia Speciosa* Tissue Culture Seedling After Transplanted

SU Jiang, CEN Zhongyong, XIE Yanjun, DENG Xichao, GAO Lixia, WEI Zhaojie

摘 要:以大岩桐组培苗为材料,采用盆栽方式种植大岩桐,研究移栽于 3 种不同基质大岩桐组培苗的生长动态变化。结果表明:移栽后 30 d 基质为腐殖土:泥炭土:河沙:蛭石=1:1:1:1 处理的大岩桐组培苗成活率最高,达 93.33%,其次是基质为腐殖土:粗沙=1:1 的处理;基质为腐殖土:河沙:蛭石=2:1:1 的处理成活率最低,为 87.42%。移栽后相同时间内基质为腐殖土:泥炭土:河沙:蛭石=1:1:1:1 的处理的株高、叶片数、叶长、叶宽、根数、根长和根系活力均为最高,且基质为腐殖土:泥炭土:河沙:蛭石=1:1:1:1 的处理的根数和根系活力与基质为腐殖土:粗沙=1:1 的处理间的差异达显著水平。因此,在大岩桐组培苗的移栽基质中适当加入泥炭土有利于其生长。

关键词: 大岩桐; 组培苗; 移栽; 生长动态

DOI 编码: 10.16590/j.cnki.1001-4705.2018.06.082

中图分类号: S 682 文献标志码: A

文章编号: 1001-4705(2018)06-0082-05

大岩桐又名落雪尼,为苦苣苔科、大岩桐属多年生草本植物,原产于南美巴西^[1]。许多苦苣苔科植物都具有极高的药用价值和观赏价值,而大岩桐的主要价值在于它极高的观赏性^[2]。大岩桐花形奇妙,色彩艳丽,花期长,常作为室内盆栽,城市建设的花坛花卉。大岩桐因为其雌蕊柱头高于花药,且雄蕊早熟,所以大都自花难育,依靠自然繁殖难以产生优良植株^[3],从而无法满足市场需求。因此,大岩桐的繁殖方式成为大岩桐栽培中急需解决的问题,而利用组织培养技术进行大岩桐快速繁殖是解决这一问题的有效途径。我国科研工作者于 20 世纪 80 年代开始了大岩桐的组织培养研究^[4-5],目前大岩桐的组织培养技术已经取得了一定的成就,如外植体的选择、影响初代、继代培养的主要因素等都得到了初步的确定^[6-9],初步形成了较系统的大岩桐组培快繁体系^[10-11]。至今已经能够应用组织

培养生物技术,在较短时间内获得大量的大岩桐组培快繁苗。目前生产上所栽培的大岩桐,其种苗大部分为组培无菌苗,前人对大岩桐组培苗的栽培技术开展了一些研究,李建民等研究发现,在珍珠岩、蛭石、河砂组成的基质中大岩桐组培苗的生根率达 96%,成活率达 90%以上^[12];杨凉花报道,以珍珠岩与沙土 1:1 混为基质移栽大岩桐组培苗,并用塑料薄膜覆盖,苗床温度保持在 22~28℃,每天喷水 1~2 次,1 周后揭去薄膜,移栽成活率达 90%以上^[13];李发虎等报道,松针土是最适宜于大岩桐成活的基质,其成活率可达 91.7%^[14];王海洪研究表明,德国 Klamann-Deilmann 泥炭土 422 是大岩桐瓶苗炼苗移栽的最佳基质,移栽成活率高达 98.47%^[14];钱仁卷等报道,混合基质按腐质土:椰糠:珍珠岩=1:1:2 进行配比移栽大岩桐组培苗,成活率可达 98%^[16]。

综上所述,对大岩桐组培苗移栽的研究主要集中在栽培技术方面,而对于大岩桐组培苗移栽后生长动态变化的研究还未见有报道。本研究以盆栽方式移栽大岩桐组培苗,通过跟踪测定移栽后不同时期大岩桐组培苗株高、叶长、叶宽等形态性状的变化,对大岩桐组培苗移栽后生长动态进行了研究,同时比较了 3 种不同的基质对大岩桐组培苗生长的影响,旨在探索大岩桐组培苗移栽后生长的动态变化,为完善大岩桐的栽培技术及产业化栽培提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

选取经生根壮苗培养且长势一致的大岩桐组培苗为材料,并于移栽前进行炼苗。

收稿日期:2018-01-26

基金项目:广西教育厅资助项目“河池地区几种苦苣苔科植物快速繁殖及人工栽培技术研究”(2017 KY 0572);河池学院校级重点实验室项目“红水河流域药用资源综合利用”(校政发[2016]91 号);广西高校微生物及植物资源开发利用重点实验室(河池学院)资助项目(桂教科研[2014]6 号);河池学院校级博士科研创新平台——桂西北经济植物生物技术研究中心。

作者简介:苏 江(1980—),女(壮族),硕士,讲师,主要从事植物组织培养及植物生理生化等研究工作;E-mail:87077278@qq.com。

1.2 试验设计

试验采用盆栽方式,设3个基质处理,其中A基质处理为腐殖土:泥炭土:河沙:蛭石=1:1:1:1;B基质处理为腐殖土:河沙:蛭石=2:1:1;C基质处理为腐殖土:粗砂=1:1(以下简称A处理、B处理和C处理)。移栽前按每20 kg基质加甲霜噁霉灵25 g混合搅拌分别消毒各基质,并将基质装入盆中,备用。

1.3 试管苗的移栽

炼苗完成后,小心的把试管苗从培养瓶中取出,将其基部和根部粘有的培养基洗干净,移栽时用镊子在基质中插出1个小孔,然后将幼苗放入孔中,将幼苗周围基质压实,再给基质浇透水,放于室内驯化15 d后,移至室外。每个处理60盆,每盆4株,分3次重复。

1.4 测定指标

于移栽30 d统计大岩桐组培苗的成活率,并于移栽后30,45,60 d分别对不同处理的株高、叶片数、叶长、叶宽、根数、根长和根系活力进行测定,每个处理随机选取大岩桐30株测量再取其平均值。根系活力采用TTC法^[17]测定。

1.5 数据处理

以Excel 2003 软件进行数据处理,并通过SPSS 21.0 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同基质处理对大岩桐成活率的影响

移栽后30 d统计大岩桐组培苗在各栽培基质中的成活率(图1),A基质大岩桐成活率最高,达93.33%,其次是C基质;B基质成活率最低,为87.42%,导致这种情况发生可能是因为栽培时遇梅雨天气,B基质中河沙和腐殖土混合使得基质透气透水能力较差,根系长期处于过于潮湿状态而发生腐烂,植株因此而发生萎蔫死亡。

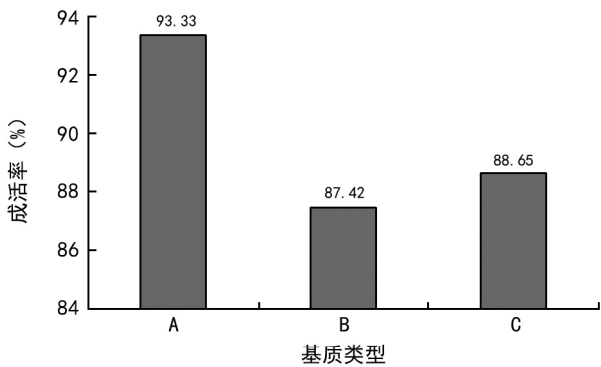


图1 不同基质处理大岩桐组培苗成活率

2.2 不同基质处理对大岩桐株高的影响

由表1可知,移栽到不同基质后大岩桐组培苗均

有不程度的生长。移栽后30 d,A处理的株高最高,为6.97 cm,C处理的株高最矮,为5.72 cm,其中A处理增长了2.92 cm,B处理增长了2.82 cm,C处理增长了1.67 cm,且A处理的株高与C处理的株高差异达显著水平;移栽后45 d,各处理的株高差异不显著,与移栽后30 d相比,A处理增长了0.75 cm,B处理增长了0.64 cm,C处理增长了0.94 cm;移栽后60 d,A处理的株高为最高且与C处理的株高差异达显著水平,A处理与B处理和B处理与C处理的株高差异均不显著。从移栽后60 d比较,A处理的生长速率最大,为3.27 cm/月,其次是B处理;C处理的生长速率最低,为2.16 cm/月。

表1 不同基质处理大岩桐组培苗株高比较

测定时间	A 处理	B 处理	C 处理
移栽前	4.05	4.05	4.05
移栽后 30 d	6.97 a	6.87 ab	5.72 b
移栽后 45 d	7.72 a	7.51 a	6.66 a
移栽后 60 d	10.58 a	9.76 ab	8.36 b
月平均生长量(cm)	3.27	2.86	2.16

注:小写字母表示5%水平上的差异显著,大写字母表示1%水平上的差异显著。下同。

2.3 不同基质处理对大岩桐叶片生长的影响

由表2可知,移栽到不同基质30 d后大岩桐组培苗均长出了新叶,但数量均比较少,无明显差异,其中A处理长出新叶2片,B处理和C处理长出的新叶均只有1片;移栽后30~45 d,A处理和B处理均长出3片新叶,C处理长出的新叶只有1片,从总叶数比较,A处理与C处理、B处理与C处理间的差异都达显著水平,A处理和B处理间的差异不显著;移栽后60 d,A处理与B处理、B处理与C处理间的差异都达显著水平,A处理与C处理间的差异达极显著水平。从月平均长叶数比较,A处理的最多,为4片/月;C处理的最少,为2片/月。

表2 不同基质处理大岩桐组培苗叶数比较

测定时间	A 处理	B 处理	C 处理
移栽前	6	6	6
移栽后 30 d	8 a	7 a	7 a
移栽后 45 d	11 a	10 a	8 b
移栽后 60 d	14 aA	12 bAB	10 cB
月平均长叶数(片)	4	3	2

由表3、表4可知,移栽后30 d和45 d,不同基质处理间的叶长、叶宽的差异都不显著;而移栽后60 d,A处理与C处理间的叶长、叶宽差异达显著水平,

A 处理与 B 处理、B 处理与 C 处理间的叶长、叶宽差异均未达显著水平。在不同的测定时间, A 处理的叶长、叶宽均为最大, 其次是 B 处理; C 处理间的叶长、叶宽最小。

表 3 不同基质处理大岩桐组培苗叶长比较

测定时间	A 处理	B 处理	C 处理
移栽前	2.34	2.34	2.34
移栽后 30 d	3.56 a	3.41 a	3.02 a
移栽后 45 d	5.05 a	4.73 a	4.33 a
移栽后 60 d	6.26 a	5.81 ab	4.92 b
月平均生长量(cm)	1.96	1.74	1.29

表 4 不同基质处理大岩桐组培苗叶宽比较

测定时间	A 处理	B 处理	C 处理
移栽前	1.83	1.83	1.83
移栽后 30 d	2.8 a	2.71 a	2.47 a
移栽后 45 d	4.1 a	3.86 a	3.52 a
移栽后 60 d	5.25 a	4.38 ab	4.16 b
月平均生长量(cm)	1.71	1.28	1.17

2.4 不同基质处理对大岩桐根系生长的影响

表 5、表 6 表明, 移栽到不同基质后大岩桐组培苗的根数逐渐增多, 根长逐渐增长, 其中 A 处理月平均长根数 15 条、根长月平均生长 1.49 cm, B 处理月平均长根数 13 条、根长月平均生长 1.21 cm, C 处理月平均长根数 11 条、根长月平均生长 0.96 cm。在不同的测定时期, A 处理大岩桐组培苗的根数、根长均为最大, 且 A 处理与 C 处理间大岩桐组培苗的根数差异极显著; 在移栽后 30 d 和移栽后 45 d, A 处理与 B 处理间的根数差异不显著, B 处理与 C 处理间的根数差异显著; 移栽后 60 d, A 处理与 B 处理、B 处理与 C 处理间的根数差异显著; 在不同的测定时期, 不同处理的根长无显著差异。

表 5 不同基质处理大岩桐组培苗根数比较

测定时间	A 处理	B 处理	C 处理
移栽前	17	17	17
移栽后 30 d	34 aA	33 aA	20 bB
移栽后 45 d	39 aA	36 aA	27 bB
移栽后 60 d	47 aA	42 bAB	38 cB
月平均长根数(条)	15	13	11

2.5 不同基质处理对大岩桐根系活力的影响

根系是植物吸收水分和养分的主要器官, 根系的吸收能力取决于根系活力的强弱, 根系活力高, 植物生长良好。由表 7 可知, 随着栽培时间的延长, 各处理的大岩桐组培苗根系活力逐渐增强, 在不同的测定时期,

A 处理的根系活力均为最强, 其次是 B 处理; C 处理的根系活力最小。移栽后 30 d 和 60 d, A 处理与 B、C 处理间的根系活力差异显著, B 处理与 C 处理间差异不显著; 移栽后 45 d, A 处理与 B 处理间差异不显著, A、B 处理与 C 处理间差异显著。

表 6 不同基质处理大岩桐组培苗根长比较

测定时间	A 处理	B 处理	C 处理
移栽前	2.21	2.21	2.21
移栽后 30 d	3.03 a	2.64 a	2.47 a
移栽后 45 d	4.01 a	3.92 a	3.08 a
移栽后 60 d	5.18 a	4.63 a	4.12 a
月平均生长量(cm)	1.49	1.21	0.96

表 7 不同基质处理大岩桐组培苗根系活力比较 $[\mu\text{g}/(\text{g}\cdot\text{h})]$

测定时间	A 处理	B 处理	C 处理
移栽前	20.38	20.38	20.38
移栽后 30 d	31.65 a	27.71 b	26.43 b
移栽后 45 d	51.18 a	48.52 a	46.35 b
移栽后 60 d	82.37 a	73.82 b	69.46 b

2.6 不同指标间的相关性分析

以 SPSS 21.0 数据处理软件对不同指标进行相关性分析, 结果(表 8)表明, 移栽后的大岩桐组培苗株高、叶长、叶宽、叶数分别与根数、根长、根系活力呈正相关, 其中叶数分别与根数、根长呈极显著正相关, 相关系数分别为 0.998 和 1.000。

3 讨 论

移栽是大岩桐工厂化生产的一个重要环节, 而移栽后生长性状的变化是衡量移栽成功与否的重要指标, 植株的生长通常可从株高、叶长、叶宽等地上的形态指标反映出来。本研究结果表明, 大岩桐组培苗在移栽后, 其株高、叶长、叶宽和叶数均逐渐增加, 在移栽后 60 d, A 基质处理的株高、叶长、叶宽和叶数分别增加了 6.53 cm、3.92 cm、3.42 cm 和 8 片, B 基质处理的株高、叶长、叶宽和叶数分别增加了 5.71 cm、3.47 cm、2.55 cm 和 6 片, C 基质处理的株高、叶长、叶宽和叶数分别增加了 4.31 cm、2.58 cm、2.33 cm 和 4 片, 可见 A 基质处理的株高、叶长、叶宽和叶数增加的幅度最高, 表现出了较好的长势, C 基质处理的相应指示增加的幅度最小。地上部分的生长与根系的生长密切相关, 根系对作物生长的贡献不仅取决于根系的生长量, 更取决于根系活力的强弱, 根系活力高, 吸收能力强, 植株生长良好^[18]。杜红霞等研究表明, 水、氮调控下玉米根系活力与叶面积、茎粗、茎干重、株高、籽粒产量

之间存在极显著正相关^[19];牛一川等研究发现,亚麻根系活力与单株果数、单株粒重、单株花朵数呈高度正相关^[20];研究表明,水稻根系活力与产量正相关^[21-22];董雅致等报道,大豆根系活力与地上部生物量呈显著正相关^[23];王秀波等报道,小麦根系活力和地上部生长呈极显著正相关^[24];吴晓婷等报道,苹果砧木试管苗在移栽过程中根系活力与根长、根数呈极显著正相关^[25]。在本研究中,A 基质处理的根数、根长和根系活力的表现均

分别优于 B、C 基质处理,这可能是 A 基质处理地上部分长势好于 B、C 基质处理的主要原因。在移栽后 60 d,A 基质处理的根数、根长和根系活力分别增加了 30 条、2.97 cm 和 61.99 $\mu\text{g}/(\text{g}\cdot\text{h})$,B 基质处理的根数、根长和根系活力分别增加了 25 条、2.42 cm 和 53.44 $\mu\text{g}/(\text{g}\cdot\text{h})$,C 基质处理的根数、根长和根系活力分别增加了 21 条、1.91 cm 和 49.08 $\mu\text{g}/(\text{g}\cdot\text{h})$ 。相关性分析表明,移栽后的大岩桐组培苗株高、叶长、叶宽、叶数分别与根数、根长、根系活力呈正相关,这与前人研究的结果基本一致,同时相关性分析结果与各处理的生长表现是一致的。

基质的选择是组培苗移栽的重要环节,不同的基质由于组成不同,其理化性状差异也较大,对组培苗的移栽成活及其生长都有明显的影响。本实验中,3 个基质处理的组成都不相同,这可能是导致大岩桐组培苗生长表现不一样的原因。A 基质处理由腐殖土:泥炭土:河沙:蛭石=1:1:1:1 组成,其结构疏松,容重为 0.473 g/cm^3 ,透性良好,对大岩桐组培苗移栽后根系的生长非常有利,移栽后 60 d 其根系的生长量和根系活力都比 B、C 处理高,因而其地上部分的生长具有较好的长势,另外其成活率也是最高,达到 93.33%;B 基质处理由腐殖土:河沙:蛭石=2:1:1 组成,C 基质处理为腐殖土:粗沙=1:1,由于二者都没有加入泥炭土,其容重均大于 A 基质处理,其中 B 基质处理的容重为

表 8 不同指标间相关性分析结果

	项目	株高	叶长	叶宽	叶数	根数	根长	根系活力
株高	相关性	1	0.999**	0.886	0.989	0.977	0.985	0.944
	显著性(双侧)		0.024	0.306	0.095	0.136	0.109	0.213
	N	3	3	3	3	3	3	3
叶长	相关性	0.999**	1	0.868	0.983	0.969	0.978	0.931
	显著性(双侧)	0.024		0.330	0.119	0.160	0.133	0.237
	N	3	3	3	3	3	3	3
叶宽	相关性	0.886	0.868	1	0.946	0.964	0.952	0.989
	显著性(双侧)	0.306	0.330		0.211	0.170	0.197	0.093
	N	3	3	3	3	3	3	3
叶数	相关性	0.989	0.983	0.946	1	0.998**	1.000**	0.983
	显著性(双侧)	0.095	0.119	0.211		0.041	0.014	0.118
	N	3	3	3	3	3	3	3
根数	相关性	0.977	0.969	0.964	0.998**	1	0.999**	0.993
	显著性(双侧)	0.136	0.160	0.170	0.041		0.027	0.077
	N	3	3	3	3	3	3	3
根长	相关性	0.985	0.978	0.952	1.000**	0.999**	1	0.987
	显著性(双侧)	0.109	0.133	0.197	0.014	0.027		0.104
	N	3	3	3	3	3	3	3
根系活力	相关性	0.944	0.931	0.989	0.983	0.993	0.987	1
	显著性(双侧)	0.213	0.237	0.093	0.118	0.077	0.104	
	N	3	3	3	3	3	3	3

注:“*”表示在 0.05 水平(双侧)上显著相关。

0.769 g/cm^3 ,C 基质处理的容重为 0.641 g/cm^3 。因此,B、C 处理的成活率均低于 A 基质处理,且从移栽后大岩桐组培苗的生长来看,B、C 基质处理均不如 A 基质处理,研究结果与王海洪的研究比较接近。综合前人的研究及本研究结果,在大岩桐组培苗的移栽基质选择中以腐殖土和泥炭土为主料最理想,以蛭石、珍珠岩、椰糠等为辅料比较合适,而各成分的比例则需要根据实际情况及实践实验而定。

参考文献:

[1]宝秋利,于翠玲.北方盆花大岩桐栽培技术[J].安徽农学通报,2010,16(9):103-105.
[2]唐伟斌,刘占牛.大岩桐组织培养与快繁技术研究[J].安徽农业科学,2005,33(8):1 418.
[3]周丽.大岩桐快速繁殖的研究[J].黔西南民族师范高等专科学校学报,2005,3(3):84-87.
[4]陈明昭,温佑兴,黄莹.几种苦苣苔科植物的组织培养[J].广东园林,1985(4):38-39.
[5]刘和林.大岩桐的试管繁殖[J].四川林业科技,1988(4):33-34.
[6]李翠,凌征柱,姚绍嫦,等.苦苣苔科植物组织培养研究进展[J].安徽农业科学,2010,38(31):17 387-17 390.
[7]何婷,刘成洪,郭桂梅,等.培养基组成对大岩桐继代培养和腋芽增殖的影响[J].上海农业学报,2014,30(5):81-83.
[8]王立凤,石兰英,杨静.大岩桐的组织培养[J].河北农业科学,2012,16(6):31-33.

(下转第 92 页)

四川地区开花授粉时恰逢雨季,致使其不能结实,因此为开展 HB-1601 的组织培养工作对突破性柴胡新品种选育极为重要。

目前柴胡属植物组织培养工作报道较多。姚智等对北柴胡愈伤组织和诱导不定根进行了研究,结果表明,柴胡的愈伤组织适宜于在 MS+NAA 4 mg/L+KT 0.2 mg/L 的培养基上进行继代培养,或 MS+NAA 2 mg/L+KT 0.2 mg/L 的培养基上进行继代培养,而诱导不定根宜采用 MS+IBA 2 mg/L+KT 0.2 mg/L,MS+IBA 1 mg/L+KT 0.2 mg/L 或 MS+IAA 8 mg/L+KT 0.2 mg/L 的培养基^[7]。杨东方等研究了柴胡外植体采样时期、大小和种类等因素对诱导愈伤组织的影响,结果表明,4 月上旬所采集的北柴胡的根是诱导愈伤组织最适宜的材料,长 1.0 cm 左右的根切段有利于愈伤组织的诱导和生长,在添加 IBA 0.5 mg/L 的 1/2 MS 培养基中,带侧芽茎段不定根的诱导率可达 97.3%^[6]。郝建平研究了北柴胡愈伤组织叶片、茎段及花芽愈伤组织的诱导、分化和不定芽增殖的条件,并得出 NAA 0.5 mg/L 的 1/2 MS 培养基是生根的适宜培养基的结论^[8]。综合本研究中各激素对上述测定指标的影响效果,认为浓度为 0.5 mg/L 的 IBA 是诱导柴胡生根的最佳组培条件。杨东方等^[6]在北柴胡不定根培养中也得出同样结果。

(上接第 85 页)

- [9]徐全乐.大岩桐组织培养研究进展[J].北方园艺,2011(23):166-170.
- [10]徐全乐,谢亚红,刘文婷,等.大岩桐再生体系建立的两种途径[J].园艺学报,2010,37(1):135-140.
- [11]李达.大岩桐再生体系的建立及遗传转化的研究[D].山东农业大学硕士学位论文,2013.
- [12]李建民,文清成,吕守成,等.大岩桐的组培快繁及其产业化技术研究[J].北方园艺,2011(4):153-154.
- [13]杨凉花.大岩桐的组培快繁和驯化移栽[J].陕西农业科学,2013(1):36-38.
- [14]李发虎,蔡永敏,樊明寿,等.不同基质对大岩桐移栽成活率的影响研究[J].中国农学通报,2009,25(1):112-114.
- [15]王海洪.大岩桐组织培养及其炼苗移栽技术[J].北方园艺,2008(4):232-233.
- [16]钱仁卷,邵果园,梁国鲁,等.大岩桐的试管生根诱导与移栽技术研究[J].贵州农业科学,2007,35(2):29-30.
- [17]李合生.植物生理生化实验原理与技术[M].北京:高等教育出版社,2000:119-120.
- [18]郭芳阳,吴照辉,阎小毛,等.不同轮作模式对烤烟前茬土壤养分、根系活力及烟叶质量的影响[J].河南农业科学,

本研究发现,北柴胡 HB-1601 与其他北柴胡间存在种质差异,其中芽诱导的组培条件基本一致,而生根培养存在差异性。因此,总结前人经验针对本研究中 HB-1601 做了一个特异性的生根诱导方案,旨在为保存此特异性种子遗传资源提供科学依据,供遗传改良用,并非为了满足生产要求。

参考文献:

- [1]国家药典委员会.中华人民共和国药典(一部)[S].北京:中国医药科技出版社,2010:263-264.
- [2]刘茹,曹玲丽,刘霞,等.柴胡组织培养外植体消毒条件的研究[J].安徽农业科学,2015,43(12):57-59.
- [3]刘茹,余马,舒晓燕,等.不同产地三种柴胡总黄酮及微量元素含量分析[J].湖北农业科学,2016(3):670-672.
- [4]郑亭亭,隋春,魏建和,等.北柴胡二代新品种“中柴 2 号”和“中柴 3 号”的选育研究[J].中国中药杂志,2010,35(15):1 931-1 934.
- [5]魏建和,陈士林,魏淑秋,等.北柴胡适生地分析及数值区划研究[J].世界科学技术-中医药现代化,2005,7(6):125-129.
- [6]杨东方,郝建平.北柴胡愈伤组织及不定根诱导研究[J].山西大学学报,2012,35(1):140-144.
- [7]姚智,高文远,李克峰,等.柴胡愈伤组织生长和不定根诱导的研究[J].中草药,2007,38(2):275-278.
- [8]郝建平,徐丽霞,杨东方.北柴胡愈伤组织诱导、分化和不定芽增殖的条件研究[J].中草药,2008,39(8):1 234-1 238.
- 2017,46(5):45-50.
- [19]杜红霞,冯浩,吴普特,等.水、氮调控对夏玉米根系特性的影响[J].干旱地区农业研究,2013,31(1):89-100.
- [20]牛一川,陈双恩,安建平,等.亚麻根系活力与主要农艺性状的相关性研究[J].干旱地区农业研究,2006,24(6):34-38.
- [21]郑景生,林文,卓传营.再生稻根干物质质量及根系活力与产量的相关性研究[J].中国生态农业学报,2004,12(4):106-109.
- [22]陈云凤,李茂鹏.不同早稻品种根系活力与产量的相关性研究[J].宜春学院学报,2015,37(9):92-94.
- [23]董雅致,徐克章,崔喜艳,等.不同年代大豆品种根系活力的变化及其与植株生物量的关系[J].植物生理学报,2015,51(3):345-353.
- [24]王秀波,上官周平.干旱胁迫下氮素对不同基因型小麦根系活力和生长的调控[J].麦类作物学报,2017,37(6):820-827.
- [25]吴晓婷,王红霞,高仪.苹果砧木试管苗过渡移栽中根系活力和生长变化的研究[J].河北农业大学学报,2017,40(1):32-35.