

不同磁化水处理对 13 种园林植物硬枝扦插生根的影响

温四民¹, 张桂玲^{2*}, 戚家栋¹, 王 良¹

(1. 临沂大学资产管理处, 山东 临沂 276000; 2. 临沂大学农林科学学院, 山东 临沂 276000)

摘要:以 13 种园林植物硬枝插穗为试材, 研究不同磁化水处理对生根率、根总长、根总体积、根干重和可溶性糖含量的影响。结果表明: 磁化水处理均能促进 13 种园林植物插穗生根, 低强度磁化水能提高生根率、根总长、根总体积、根干重和可溶性糖含量, 相同强度的磁化水处理下不同植物生根能力差异较大。通过系统聚类将磁化水处理下的供试植物分为 3 个等级, 绣线菊、大叶黄杨、龟甲冬青、金叶女贞和红叶石楠生根能力较强, 枸骨、红花檵木和栀子生根能力中等, 四季桂、木槿、紫薇、火棘和金银花生根能力相对较弱。

关键词: 园林植物; 硬枝扦插; 磁化水; 不定根发生

中图分类号: S688

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2020)01-0039-06

Effects of Different Magnetic Water Treatments on Rooting of Hardwood Cuttings of 13 Landscape Plant Species

WEN Simin¹, ZHANG Guiling^{2*}, QI Jiadong¹, WANG Liang¹

(1. Asset Management Office, Linyi University, Linyi 276000; 2. College of Agriculture and Forestry Science, Linyi University, Linyi 276000, China)

Abstract: Thirteen species of garden plant cuttings were used as test materials, the influence of magnetic water on rooting percentage, total root length, total root volume, root drought weight and soluble sugar content was investigated respectively. The results showed that the magnetized water treatment could promote the rooting of 13 garden plants, and the low intensity magnetized water could significantly increase the rooting percentage, total root length, total root volume, root drought weight and soluble sugar content, and the rooting ability of different plants under the same magnetic water treatment is different. The different of the plants rooting ability was obviously under the same magnetic water treatment. The cluster analysis of the membership function integrated values showed that the test plants were divided into 3 categories according to rooting ability. The rooting ability of *Spiraea salicifolia* L., *Buxus megistophylla* Levl., *Ilex crenata* cv. *Convexa* Makino, *Ligustrum×vicaryi* Hort, and *Photinia×fraseri* Dress was strong, and the root ability of *Ilex cornuta* Lindl. et Paxt., *Loropetalum chinense* var. *rubrum* and *Gardenia jasminoides* was moderate, and the rooting ability of *Osmanthus fragrans* var. *semperflorens*, *Hibiscus syriacus* Linn, *Lagerstroemia indica* L, *Pyracantha fortuneana* Li and *Lonicera japonica* was relatively weak.

Key words: Landscape plant; Hardwood cuttings; Magnetized water; Adventitious root development

磁化水是指普通水在磁化器内以一定流速流过磁场时, 水体垂直切割磁力线, 产生电磁感应, 使水体的理化性质发生变化, 成为有生物效应的磁处理水^[1]。研究发现磁化水处理具有促进种子

萌发^[2]、提高植物生理生化特性^[3]、提高作物产量^[4-5]、促进细胞分裂^[6]、促进菊花组培苗或愈伤组织生长^[7]、抑制苜蓿根瘤菌的生长^[8]等特殊作用。扦插繁殖是园林植物主要育苗方式之一^[8], 目前磁化水处理对园林植物扦插生根的影响研究报道较少, 需要在磁化水处理对不同园林植物扦插生根的影响、对扦插苗生长发育及生理生化特性的影响等方面开展深入研究。本研究采用不同磁化水对 13 种常用园林植物硬枝插穗进行处理, 研究不同强度的磁化水处理对插穗生根的影响, 比较

收稿日期: 2019-01-03

基金项目: 国家星火计划项目(2015GA740077)

作者简介: 温四民(1974-), 男, 实验师, 硕士, 主要从事植物生理研究工作。

通讯作者: 张桂玲, 女, 硕士, 副教授, E-mail: guilingzhang2003@126.com

不同园林植物插穗生根及生长对磁化处理水反映的差异,以探讨磁化处理技术在园林植物扦插育苗中的应用前景。

1 材料与方 法

1.1 材 料

以采自临沂苗圃的13种常见园林植物为试材,于2018年3月选取粗细均匀、腋芽充实、无病虫害的一年生硬枝。使用时剪取长度15~20 cm插穗,插穗上端距腋芽1 cm处平切,插穗下端紧贴基部芽斜切,保持切口平滑。用0.1%高锰酸钾溶液浸泡消毒0.5 h,用拌有多菌灵的沙壤土为扦插基质,于智能温室中进行扦插。

1.2 方 法

将迪拜磁化技术公司生产的U050系列磁化器连接于供水管,使饮用自来水流经磁化器得到磁化水。采用完全随机区组试验设计,根据前期预试验结果,试验设置磁化水1 000 gs(T_1)、2 000 gs(T_2)和3 000 gs(T_3)和对照(CK,清水)4个处理,重复3次,每个重复扦插100株。采用喷淋的方式对苗床补充水分,保持室温20~30℃,空气湿度85%~90%,基质湿度60%~70%,用透光率60%的遮阳网进行遮荫,扦插90 d后测定相关指标。

1.3 测定指标

根据生根插穗数占总插穗数的百分比计算生根率,使用WinRHIZO(加拿大Regent Instrument公司)根系分析系统测量根总长、根总面积和根总体积;用烘箱于103℃下杀青10 min,80℃下烘干12 h,测定根系干重;取插穗基部4 cm的韧皮部,参考实验技术^[9-10]测定可溶性糖含量。

2 结果与分 析

2.1 磁化水处理对插穗生根率的影响

由表1可知,不同磁化水处理均能提高13种园林植物插穗生根率。木槿、红叶石楠和大叶黄杨各处理间生根率增加显著;枸骨在 T_1 与 T_2 之间生根率增加不显著;火棘、四季桂、绣线菊、栀子和龟甲冬青在 T_1 与 T_2 、 T_2 与 T_3 之间生根率增加不显著;红花檵木、紫薇、金银花和金叶女贞在 T_2 和 T_3 之间生根率增加不显著,说明以上4种园林植物插穗在磁化强度达到 T_3 处理时,生根率增速出现减缓趋势。 T_3 处理下的生根率与对照相比较,生根率增加较少的是火棘和紫薇,分别增加了11.85%和20.49%;生根率增加较多的是枸骨和

叶石楠,分别增加了33.12%和37.08%。

2.2 磁化水处理对插穗根总长的影响

由表1可知,不同磁化水处理均能提高13种园林植物插穗根总长。红花檵木在 T_1 与 T_2 之间根总长增加不显著;紫薇在 T_1 与 T_2 、 T_2 与 T_3 之间根总长增加不显著;枸骨、四季桂、木槿、栀子和龟甲冬青在 T_2 和 T_3 之间根总长增加不显著,开始出现根总长增速减缓的趋势;绣线菊、红叶石楠、金银花、大叶黄杨和金叶女贞各处理之间根总长增加显著; T_3 处理下,紫薇和金银花根总长增加较少,分别增加了26.58%和15.04%,绣线菊和红叶石楠根总长增加较大,分别增加了67.79%和69.66%。

2.3 磁化水处理对插穗根总体积的影响

由表1可知,不同磁化水处理均能提高13种园林植物插穗根总体积。红叶石楠在 T_1 与 T_2 间根总体积增加不显著;火棘、木槿和龟甲冬青在 T_1 与 T_2 、 T_2 与 T_3 之间根总体积增加不显著;枸骨、紫薇、绣线菊和栀子在 T_2 和 T_3 之间根总体积增加不显著,出现根总体积增速减缓趋势;四季桂、红花檵木、金银花、大叶黄杨和金叶女贞各处理间根总体积增加显著。在 T_3 处理下的根总体积与对照相比较,增加较少的是紫薇和金银花,分别增加了35.48%和29.41%,增加较多的是红叶石楠和大叶黄杨,分别增加了124.13%和108.70%。

2.4 磁化水处理对插穗根干重的影响

由表1可知,不同磁化水处理均能显著提高13种园林植物插穗根干重。紫薇在 T_1 与 T_2 、 T_2 与 T_3 之间根干重增加不显著;四季桂、木槿、栀子和金银花在 T_2 和 T_3 之间根干重增加不显著,说明这4种园林植物插穗在磁化强度达到 T_3 时根干重增速趋缓;枸骨、火棘、红花檵木、绣线菊、龟甲冬青、红叶石楠、大叶黄杨和金叶女贞各处理间根干物重增加显著。在 T_3 处理下,与对照比较,根干重增加较少的是四季桂和金银花,分别增加了13.91%和17.12%,红叶石楠和金叶女贞根干重增加较大,分别增加了146.68%和109.90%。

2.5 磁化水处理对插穗可溶性糖含量的影响

由表1可知,不同磁化水处理均能显著提高13种园林植物插穗可溶性糖含量。四季桂、火棘、木槿、红花檵木、紫薇、栀子、金银花、大叶黄杨和金叶女贞在 T_2 与 T_3 之间可溶性糖含量增加不显著,说明这8种园林植物插穗在磁化强度达到 T_3 处理时,可溶性糖含量增速减缓; T_1 与 T_2 、 T_2 与 T_3 之间枸骨可溶性糖含量差异不显著;绣线菊、龟甲冬青和红叶石楠各处理间差异显著。 T_3 处理下

的可溶性糖含量增加较少的是四季桂和金银花, 菊和红叶石楠, 分别增加了128.81%和119.29%。分别增加了47.48%和34.76%, 增加较多的是绣线

表1 不同磁化水处理对各项测定指标的影响

植物名称	处理	生根率(%)	根总长(cm)	根总体积(cm ³)	根干重(g)	可溶性糖含量(mg/g)
枸骨	CK	60.21 c	31.73 c	0.25 b	28.03 d	32.41 c
	T ₁	71.59 b	41.66 b	0.29 b	36.56 c	40.88 b
	T ₂	74.14 b	47.24 a	0.38 a	43.68 b	45.37 ab
	T ₃	80.15 a	49.71 a	0.44 a	51.39 a	48.64 a
四季桂	CK	5.38 c	6.49 c	0.06 d	5.73 c	29.19 c
	T ₁	6.14 b	7.28 b	0.07 c	5.93 b	35.63 b
	T ₂	6.59 ab	8.84 a	0.09 b	6.65 a	42.48 a
	T ₃	6.83 a	8.95 a	0.10 a	6.53 a	43.05 a
火棘	CK	54.83 b	40.38 c	0.29 c	36.54 d	25.73 c
	T ₁	56.04 b	44.61 c	0.33 bc	41.29 c	32.15 b
	T ₂	58.31 ab	50.89 b	0.36 ab	46.36 b	37.82 a
	T ₃	61.33 a	60.47 a	0.40 a	53.47 a	39.57 a
木槿	CK	65.83 d	270.59 c	1.84 c	234.27 c	35.74 c
	T ₁	71.29 c	300.43 b	2.17 bc	269.79 b	49.15 b
	T ₂	77.56 b	345.75 a	2.47 ab	300.82 a	56.37 a
	T ₃	81.40 a	357.78 a	2.54 a	316.03 a	57.91 a
红花檵木	CK	62.77 c	30.32 c	0.25 d	26.38 d	29.14 c
	T ₁	70.66 b	36.89 b	0.31 c	34.95 c	41.25 b
	T ₂	79.51 a	40.43 b	0.40 b	42.33 b	45.09 a
	T ₃	82.81 a	46.51 a	0.48 a	51.35 a	46.77 a
紫薇	CK	55.73 c	46.05 b	0.31 c	40.74 b	19.74 c
	T ₁	61.26 b	52.26 ab	0.37 b	47.93 a	25.83 b
	T ₂	66.81 a	57.73 a	0.42 a	52.76 a	29.51 a
	T ₃	67.15 a	58.29 a	0.42 a	53.36 a	31.07 a
绣线菊	CK	76.81 c	338.17 d	2.27 c	284.57 d	25.93 d
	T ₁	83.59 b	418.59 c	3.05 b	376.16 c	39.26 c
	T ₂	89.43 ab	525.23 b	3.82 a	467.84 b	55.48 b
	T ₃	92.79 a	567.41 a	3.99 a	496.78 a	59.33 a
栀子	CK	62.57 c	80.13 c	0.59 c	71.83 c	33.28 c
	T ₁	69.81 b	109.47 b	0.72 b	96.69 b	45.87 b
	T ₂	74.22 ab	120.44 a	0.86 a	106.44 a	55.13 a
	T ₃	78.53 a	127.52 a	0.89 a	111.37 a	58.72 a
龟甲冬青	CK	53.73 c	67.46 c	0.48 c	62.33 d	18.74 d
	T ₁	62.11 b	95.79 b	0.68 b	84.61 c	23.28 c
	T ₂	68.91 ab	106.53 a	0.75 ab	102.79 b	32.83 b
	T ₃	70.29 a	112.38 a	0.82 a	125.16 a	40.89 a
红叶石楠	CK	36.57d	11.70 d	0.08 c	9.94 d	20.17 d
	T ₁	42.37 c	15.42 c	0.12 b	13.88 c	27.61 c
	T ₂	46.21 b	17.17 b	0.15 b	18.37 b	33.68 b
	T ₃	50.13 a	19.85 a	0.19 a	24.52 a	44.23 a

续表 1

植物名称	处理	生根率(%)	根总长(cm)	根总体积(cm ³)	根干重(g)	可溶性糖含量(mg/g)
金银花	CK	52.61 c	133.09 d	0.85 d	117.56 c	31.59 c
	T ₁	58.39 b	142.72 c	1.01 c	126.71 b	36.72 b
	T ₂	62.54 a	147.88 b	1.06 b	133.27 a	40.53 a
	T ₃	63.47 a	153.11 a	1.10 a	137.69 a	42.57 a
大叶黄杨	CK	62.38 d	35.15 d	0.23 d	30.37 d	29.46 c
	T ₁	67.27 c	51.67 c	0.31 c	45.64 c	39.52 b
	T ₂	71.83 b	57.75 b	0.40 b	55.28 b	45.37 a
	T ₃	75.99 a	62.57 a	0.48 a	63.22 a	44.87 a
金叶女贞	CK	74.88 c	105.39 d	0.75 d	95.74 d	34.88 c
	T ₁	82.63 b	130.55 c	1.04 c	148.53 c	50.13 b
	T ₂	88.39 a	140.81 b	1.21 b	187.14 b	59.47 a
	T ₃	92.51 a	149.65 a	1.42 a	200.96 a	61.54 a

注:同列小写字母不同表示 $P < 0.05$ 水平差异显著

2.6 磁化水处理促进插穗生根能力比较

由表 2 可知,磁化水处理促进 13 种园林植物插穗生根能力由强到弱的顺序依次是:红叶石楠>龟甲冬青>大叶黄杨>绣线菊>金叶女贞>枸骨>红花檵木>栀子>四季桂>木槿>紫薇>火棘>金银花,其

中红叶石楠和龟甲冬青综合值较大,分别为 12.42 和 10.71;火棘和金银花综合值较小,分别为 2.30 和 1.86。由此可见,红叶石楠和龟甲冬青对磁化处理较敏感,磁化水处理能明显促进二者插穗生根,而火棘和金银花对磁化处理不敏感。

表 2 不同磁化水处理下各项测定指标相对值的隶属函数值 U(X)

植物名称	隶属度函数值															综合值
	相对生根率			相对根总长			相对根总体积			相对根干重			相对可溶性糖含量			
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₁	T ₂	T ₃	T ₁	T ₂	T ₃	T ₁	T ₂	T ₃	T ₁	T ₂	T ₃	
枸骨	1.00	0.78	0.84	0.61	0.71	0.66	0.21	0.59	0.53	0.53	0.52	0.52	0.29	0.14	0.16	8.09
四季桂	0.71	0.75	0.60	0.13	0.48	0.36	0.16	0.50	0.40	0.00	0.04	0.00	0.17	0.20	0.13	4.64
火棘	0.00	0.00	0.00	0.09	0.28	0.55	0.00	0.00	0.08	0.19	0.17	0.24	0.26	0.22	0.20	2.30
木槿	0.37	0.54	0.47	0.10	0.32	0.27	0.20	0.21	0.10	0.23	0.19	0.16	0.61	0.35	0.29	4.39
红花檵木	0.62	0.94	0.80	0.37	0.42	0.61	0.40	0.69	0.66	0.57	0.58	0.61	0.24	0.31	0.27	8.08
紫薇	0.47	0.63	0.34	0.16	0.27	0.18	0.25	0.26	0.07	0.28	0.20	0.13	0.42	0.25	0.24	4.15
绣线菊	0.40	0.47	0.35	0.42	0.84	0.84	0.75	0.84	0.49	0.56	0.63	0.46	1.00	1.00	1.00	10.05
栀子	0.56	0.57	0.54	0.74	0.74	0.70	0.35	0.44	0.23	0.61	0.43	0.31	0.62	0.44	0.44	7.73
龟甲冬青	0.80	1.00	0.75	0.87	0.89	0.82	0.96	0.60	0.43	0.63	0.63	0.65	0.24	0.55	0.89	10.71
红叶石楠	0.82	0.93	1.00	0.62	0.67	0.87	1.00	1.00	1.00	0.70	0.88	1.00	0.60	0.45	0.90	12.42
金银花	0.53	0.59	0.35	0.00	0.00	0.00	0.23	0.03	0.00	0.09	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	1.86
大叶黄杨	0.34	0.42	0.39	1.00	1.00	1.00	0.76	0.94	0.84	0.91	0.84	0.71	0.52	0.30	0.18	10.16
金叶女贞	0.49	0.55	0.46	0.42	0.43	0.43	0.89	0.71	0.64	1.00	1.00	0.72	0.79	0.49	0.44	9.47

2.7 对 13 种园林植物进行聚类分析

根据磁化水处理促进插穗生根能力强弱对 13 种园林植物进行聚类分析,把隶属度函数综合值进行聚类,将不同磁化水处理下生根能力相近的园林植物聚在一起,图 1 显示,使用 Ward 聚类

法在欧式距离平方值约为 3 时,可将 13 种园林植物划分为 3 类,其中绣线菊、大叶黄杨、龟甲冬青、金叶女贞和红叶石楠生根能力相对较强,枸骨、红花檵木和栀子生根能力相对中等,四季桂、木槿、紫薇、火棘和金银花生根能力相对较弱。

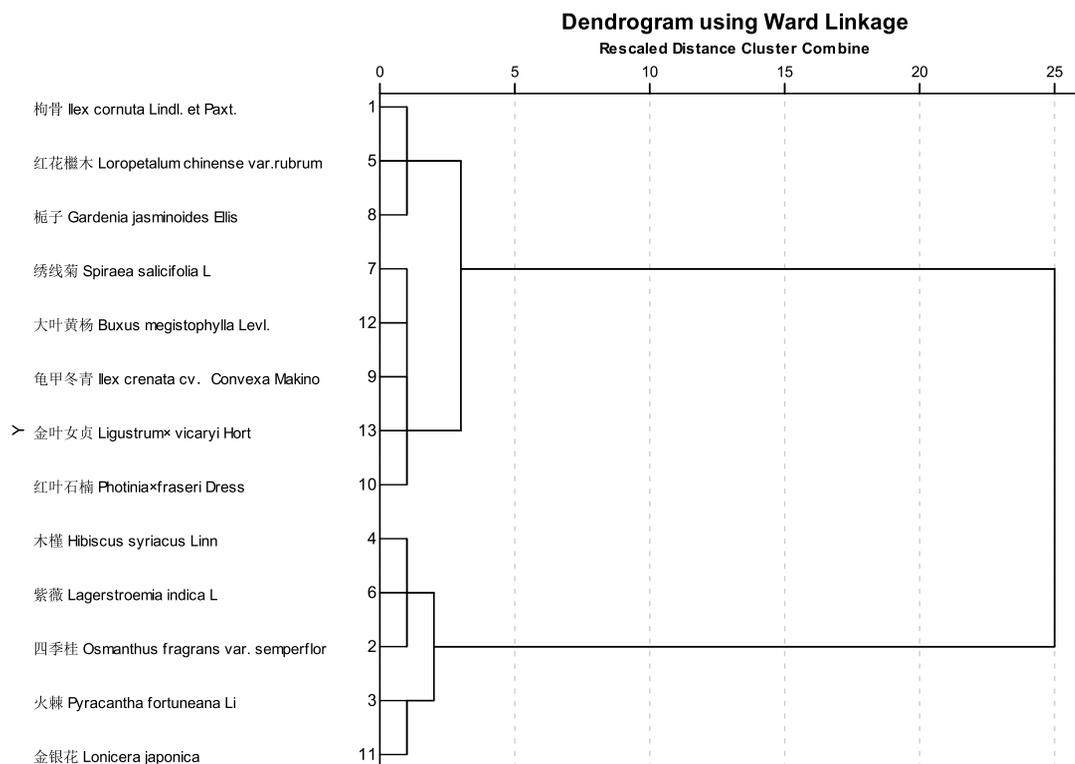


图1 13种园林植物聚类分析图

3 结论与讨论

试验结果表明,不同磁化水处理对13种园林植物插穗生根均有促进作用,能提高生根率、根总长、根总体积、根干重和可溶性糖含量,随着磁化强度逐渐增加,四季桂、木槿、紫薇、栀子和金银花的三项以上的测试指标值呈现增速减缓的趋势,磁化水处理对插穗生根的促进作用在不同园林植物之间差别较大,磁化水处理促进13种园林植物插穗生根能力由强到弱的顺序依次是:红叶石楠>龟甲冬青>大叶黄杨>绣线菊>金叶女贞>枸骨>红花檵木>栀子>四季桂>木槿>紫薇>火棘>金银花,通过聚类分析,可将13种园林植物划分为3类,其中绣线菊、大叶黄杨、龟甲冬青、金叶女贞和红叶石楠生根能力相对较强,枸骨、红花檵木和栀子生根能力相对中等,四季桂、木槿、紫薇、火棘和金银花生根能力相对较弱。

水被磁化后,其物理和化学性质都发生了一系列变化,使水活性提高,进而促使水的溶解度、含氧量和渗透压均大幅提高,可激发生物体的活性物质,产生生物学效应^[11-12]。首先,磁化水处理能促进植物插穗生根,有研究表明,磁化处理能够影响酶的活性及内源激素含量的变化,从而促进植物愈伤组织与生根基因的表达,产生不定

根^[13],磁化水可以促进小麦和水稻次生根的分化,提高对矿质元素和水分的吸收效率^[14],可以促进楸树^[15]和白蜡^[16]嫩枝扦插生根,本试验研究结果表明,磁化水处理的13种园林植物插穗生根率明显高于对照组,与上述研究结果一致,磁化水可以促进生根关联酶活性、加快了生根激素的积累、改善插穗基质的生根环境,从而促进植物产生不定根;其次,磁化水处理能促进插穗生长和生物量积累,增加插穗生根数量,能明显加快插穗可溶性糖的积累^[16],促进番茄^[17]、冬枣^[18]生长及苜蓿等^[19-20]产量增加,本试验证明,磁化处理能够显著增加根总长、根总体积、根干重和可溶性糖含量,可能是由于经过磁化处理后的水分子活性增强,具有更大的渗透性和溶解性,从而促进植物光合作用,有利于根生长和生物量的积累。

本次研究发现磁化水处理对不同植物插穗生根影响差异较大,隶属函数综合值较大的是红叶石楠和龟甲冬青,分别为12.42和10.71,隶属函数综合值较小的是火棘和金银花,分别为2.30和1.86,可能是由于植物自身固有生长和遗传特性决定的,有待进一步研究。当磁化水的磁化强度达到3 000 gs时,四季桂、木槿、紫薇、栀子和金银花部分测试指标出现增速减缓的趋势,说明磁化水处理并不是磁处理强度越大促进插穗生根效果

就会越明显,而是在一定的磁处理强度范围内,磁化水才能起到促进作用,超过一定的磁处理强度范围,最终可能会起到抑制作用。这可能与磁场环境下改变了某些关联酶的活性有关^[21]。

综上所述,适当的磁化水处理对多种园林植物插穗生根有促进作用,作为一种生物磁技术,磁化水处理具有廉价、环保、操作简便等特点,因此在园林植物扦插育苗中应用前景广阔。由于本次试验条件有限,试验中只是选取少数园林植物为试材,试验结果存在一定局限性。强度适中的磁化水对插穗生根的影响因园林植物种类、栽培方式、栽培环境等诸多因素的不同而不同,因而需要根据实际情况开展研究。

参考文献:

- [1] 何 媛,罗 明,李卫军,等.磁化水处理对苜蓿根瘤菌生长和结瘤固氮的影响[J].草地学报,2014,22(6):1295-1300.
- [2] Vashisth A, Nagarajan S. Effect on germination and early growth characteristics in sunflower (*Helianthus annuus*) seeds exposed to static magnetic field[J]. J Plant Physiol, 2010, 167(2): 149-156.
- [3] 王秀娟.交变磁场对内蒙古河套蜜瓜生理生化特性的影响[D].包头:内蒙古科技大学,2015.
- [4] Ramalingam R, Bollipo Diana R K. Pulsed magnetic field: a contemporary approach offers to enhance plant growth and yield of soybean[J]. Plant Physiol Biochem, 2012, 51: 139-144.
- [5] 赵黎明,顾春梅,王士强,等.日光温室下磁化水对水稻秧苗生长发育的影响[J].灌溉排水学报,2016,35(12):34-38.
- [6] Belyavskaya N A. Biological effects due to weak magnetic field on plants[J]. Adv Space Res, 2004, 34(7): 1566-1574.
- [7] 徐式近,徐忠传,蔡 平,等.磁处理对菊花组培苗增殖及生理生化的影响[J].江苏农业科学,2014,42(11):80-82.
- [8] 刘洪章,姚秀莲,李亚东,等.ABT生根粉促进醋栗硬枝扦插生根试验初报[J].吉林农业科学,1995(1):83-85.
- [9] 陈小姝,刘海龙,王绍伦,等.花生发芽至苗期耐低温性的鉴定及评价[J].东北农业科学,2019,44(1):12-17.
- [10] 常国伟,孙丽芳,高 天,等.苏打碱胁迫对玉米自交系苗期生长及生理特性的影响[J].东北农业科学,2019,44(1):18-21.
- [11] 庞晓峰,邓 波.水在磁场作用后的特性变化研究[J].中国科学G辑:物理学力学天文学,2008(38):1205-1213.
- [12] 杨晓红.磁化水及在农业上应用的磁化机理分析[J].德州学院学报,2003,19(6):42-45.
- [13] 徐伟忠.一叶成林:植物非试管克隆新技术[M].北京:台海出版社,2006:171-173.
- [14] 王艳红,杨小刚.磁化水处理技术及其在农业上的应用[J].农业工程,2014(5):74-77.
- [15] 张新宇.磁化处理对楸树嫩枝扦插生根的影响[D].泰安:山东农业大学,2017.
- [16] 张新宇,董玉峰,刘佩迎,等.磁化处理对绒毛白蜡嫩枝扦插生根的影响[J].浙江农林大学学报,2017,34(5):949-954.
- [17] 李 铮.不同水处理对番茄幼苗生长及其质量的影响[D].沈阳:沈阳农业大学,2016.
- [18] 王 录,郭建曜,刘秀梅,等.磁化水灌溉对冬枣生长及品质的影响[J].园艺学报,2016,43(4):653-662.
- [19] 彭彦春,白云岗,刘洪波,等.磁化水灌溉对苜蓿生长及产量的影响[J].黑龙江农业科学,2017(1):114-117.
- [20] 李 强,钱才方,李馨宇,等.多元磁肥在苹果梨上的应用效果研究[J].吉林农业科学,2001(1):46-47.
- [21] Maheshwari B L, Grewal H S. Magnetic treatment of irrigation water: its effects on vegetable crop yield and water productivity [J]. Agricultural Water Management, 2009, 96(8): 1229-1236.

(责任编辑:王 昱)