

壳聚糖对不同种源柠条种子发芽及其酶活性的影响*

张俊风^{1,2} 李庆梅^{3**} 段新芳^{2**} 刘广全^{4,5} 彭祚登¹

(1. 北京林业大学森林培育与保护教育部重点实验室 北京 100083; 2. 中国林业科学研究院林业新技术研究所 北京 100091; 3. 中国林业科学研究院林业研究所 国家林业局林木培育重点实验室 北京 100091; 4. 西北农林科技大学 杨凌 712100; 5. 国际泥沙研究培训中心 北京 100048)

摘 要 用不同浓度壳聚糖乙酸溶液分别对陕西省的吴起县和榆林市榆阳区两个产地的柠条种子浸种处理, 以清水浸种处理为对照, 调查种子发芽及幼苗生长特性, 并测定了萌发过程中种子 α -淀粉酶、脱氢酶、过氧化物酶、过氧化氢酶活性。结果表明, 壳聚糖能促进柠条种子的萌发, 缩短发芽时间; 随着处理浓度的增大, 各项发芽指标及各种酶活性先升高后降低, 且不同种源柠条种子对壳聚糖浓度的反应不同。当壳聚糖浓度为 0.5% 时, 榆阳柠条种子的发芽率是对照的 1.2 倍, 平均发芽速率缩短 0.9 d, 各种酶活性比对照显著提高, 处理效果最佳。当壳聚糖浓度为 1.0% 时, 吴起柠条种子发芽率比对照提高 13%, 平均发芽速率缩短 1.7 d, 各种酶活性比对照显著提高, 处理效果最佳。当壳聚糖浓度达到 1.5% 时, 对榆阳柠条种子的萌发有一定的抑制作用, 而对吴起柠条种子萌发无抑制作用。壳聚糖对柠条幼苗的生长也有一定的影响, 表现在幼苗的根长、苗高、干重、鲜重和叶绿素含量均显著高于对照, 吴起柠条和榆阳柠条最佳的处理浓度分别为 1.0% 和 0.5%。

关键词 柠条 种源地 壳聚糖 种子萌发 幼苗生长 酶活性

中图分类号: S722.1+4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-3990(2010)05-1026-05

Effect of chitosan on germination and enzyme activity of *Caragana korshinskii* Kom seed from different provenances

ZHANG Jun-Feng^{1,2}, LI Qing-Mei³, DUAN Xin-Fang², LIU Guang-Quan^{4,5}, PENG Zuo-Deng¹

(1. Key Laboratory for Silviculture and Conservation of Ministry of Education, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 2. New Forestry Technology Research Institute, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China; 3. Forestry Research Institute, Chinese Academy of Forestry; Key Laboratory for Tree Breeding and Cultivation, State Forestry Administration, Beijing 100091, China; 4. Northwest A & F University, Yangling 712100, China; 5. International Research and Training Center for Erosion and Sedimentation, Beijing 100048, China)

Abstract *C. korshinskii* seeds from two regions (Wuqi County, and Yuyang District in Yulin City) of Shaanxi Province were treated with acidic chitosan solution of different concentrations. Then the germination and seedling growth indices were investigated along with the activities of α -amylase, dehydrogenase, POD and CAT. Results show that chitosan improves seed germination and at the same time shortens germination time. With increasing chitosan concentration, germination indices and enzyme activities initially increase before decreasing under higher chitosan concentration. Seeds from different provenances respond differently to chitosan. When chitosan concentration is 0.5%, germination rate of seeds from Yuyang is 1.2 times that of CK, with mean germination time shortened by 0.9 d. Enzyme activities increase significantly compared with CK, producing the best enhancement effect. At 1.0% chitosan concentration, the germination rate of seeds from Wuqi increases by 13% and the mean germination time shortens by 1.7 d. Enzyme activities increase significantly compared with CK, producing the best enhancement effect. However, 1.5% chitosan concentration inhibits germination of seeds from Yuyang, but does not negatively impact germination of seeds from Wuqi. Chitosan generally improves growth of *C. korshinskii* seedling. Seedling root length, height, dry-weight, fresh-weight and chlorophyll content significantly increase. Optimum chitosan concentrations for seeds from Wuqi and Yuyang are respectively 1.0% and 0.5%.

Key words *Caragana korshinskii* Kom, Seed provenance, Chitosan, Seed germination, Seedling growth, Enzyme activity

(Received Dec. 23, 2009; accepted May 26, 2010)

* “十一五”国家科技支撑计划项目(2006BAD09B06, 2006BAD03A0308)和水利部“948”项目(200207)资助

** 通讯作者: 李庆梅, E-mail: liqm@caf.ac.cn; 段新芳, E-mail: xfduan@caf.ac.cn

张俊风(1985-), 女, 硕士研究生, 主要从事林木种子生理研究。E-mail: fengyu.f@163.com

收稿日期: 2009-12-23 接受日期: 2010-05-26

壳聚糖(Chitosan, 简称 CS)又名聚氨基葡萄糖、可溶性甲壳素或脱乙酰甲壳素, 是甲壳素的脱乙酰化产物, 是一种高分子直链型多糖^[1]。甲壳素(Chitin)又名甲壳质或者几丁质, 广泛存在于微生物、酵母、蘑菇的细胞壁、昆虫的表皮以及乌贼、贝壳等软体动物的骨骼内, 是一种丰富的天然资源, 在自然界的产量仅次于纤维素, 是地球上最丰富的有机物之一。由于壳聚糖来源广泛、无毒无害、不污染环境、可生物降解、且具有良好的生物相容性, 近年来在食品、医药、农林业和木材工业等方面得到广泛应用。目前, 壳聚糖在医学方面可作为抗癌制剂、手术缝线、人造皮肤、药物载体等; 在食品工业上可用作饮料的澄清剂、无毒包装材料等^[2-3]; 在农业方面被认为是一种新型植物生长调节剂、病原菌抑制剂^[4-7], 还可作为饲料添加剂、种子处理剂和农药载体^[1-2]; 在林业中主要作为种子处理剂^[8-9]和水果保鲜剂^[10]; 木材工业中主要用于木材的防腐、染色和涂饰等方面^[11]。壳聚糖在林业中的应用刚刚起步, 有着潜在的应用前景, 结合林业的特点, 壳聚糖和甲壳素在林木种子处理、森林土壤改良、森林病虫害防治、水果保鲜、木材工业等方面有望得到重视和开发应用^[12]。目前虽然有些有关壳聚糖对林木种子发芽影响的研究^[8-9], 但对发芽种子酶活性影响的研究较少。本试验采用不同浓度壳聚糖溶液对不同种源柠条(*Caragana korshinskii* Kom)种子萌发过程及种子酶活性的影响进行了探讨, 旨在寻找壳聚糖对不同种源柠条种子萌发的最佳浓度, 为生产实践提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

柠条种子分别采自陕西省的吴起县和榆林市榆阳区。其中吴起县的柠条种子净度 72.0%, 千粒重 42.25 g, 含水量 9.8%; 榆林市榆阳区的柠条种子净度 72.8%, 千粒重 33.16 g, 含水量 6.7%。壳聚糖购买于山东奥康生物科技有限公司, 脱乙酰度为 94.8, 粒度为 3 mm。

1.2 方法

1.2.1 壳聚糖溶液配制及柠条种子处理

称取壳聚糖 6 g 放入烧杯, 加入乙酸溶液 3 mL, 再加入一定量蒸馏水搅拌, 待壳聚糖完全溶解后用 NaHCO₃ 溶液调 pH 至 6.5 左右, 然后定容至 300 mL, 即配成 2.0% 的壳聚糖溶液。取 2% 的壳聚糖溶液 5 mL、25 mL、50 mL 和 75 mL 分别定容至 100 mL, 即为 0.1%、0.5%、1.0% 和 1.5% 的壳聚糖溶液。

取籽粒饱满的柠条种子, 用 10% 的双氧水消毒

10 min, 用蒸馏水冲洗数次, 然后分别浸入 0.1%、0.5%、1.0%、1.5%、2.0% 的壳聚糖乙酸溶液中, 浸种 1 h, 以清水浸种为对照。

1.2.2 发芽试验

按照国家标准《林木种子检验规程》(GB2772—1999)进行发芽试验^[13], 每处理 4 个重复, 每重复 50 粒种子, 恒温培养箱 25℃ 培养, 发芽箱内光照强度为 1 200 lx, 每天光照 8 h, 黑暗 16 h, 15 d 后发芽结束。从置床之日起每天统计发芽个数, 计算发芽率(Germination rate)、发芽势(Germination energy)、平均发芽速率(Mean germination time)、发芽指数(Germination index)和活力指数(Vigor index)。

$$\text{发芽率} = \sum Gt / T \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{发芽势} = Tn / T \times 100\% \quad (2)$$

$$\text{平均发芽速率} = (\sum Gt \times Dt) / \sum Gt \quad (3)$$

$$\text{发芽指数 } GI = \sum (Gt / Dt) \quad (4)$$

$$\text{活力指数} = GI \times S \quad (5)$$

式中, Gt 为 t 日的发芽数, T 为种子总数, Tn 为发芽达到高峰之前(n, d)的总发芽数(n 在本试验为 4), S 为平均苗高(cm), Dt 为发芽日数。

1.2.3 幼苗形态指标的测定

发芽结束后, 每处理浓度随机抽取 20 株幼苗, 重复 3 次, 测量每株幼苗的根长(Root length)和苗高(Seedling height), 称总鲜重(Fresh weight), 然后将幼苗装入纸袋, 置于烘箱中烘干, 烘箱温度保持在 68℃, 直至苗木重量达到恒重, 称干重(Dry weight)^[14], 计算平均值。

1.2.4 酶活性和叶绿素含量的测定

种子萌发 3 d 后, 选取 50 粒, 剥皮, 称重, 重复 3 次, 用于酶活性测定。 α -淀粉酶(α -amylase)活性的测定采用分光光度法^[15], 酶活性单位以每克样品 1 min 内吸光度变化值表示; 脱氢酶(Dehydrogenase)活性的测定采用 TTC(2,3,5-氯化三苯基四氮唑)法^[16], 酶活性单位以每克样品中含 TTC 的毫克数表示; 过氧化物酶(Peroxidase, POD)活性的测定采用愈创木酚法^[17], 以每分钟内 A470 变化 0.01 为 1 个酶活性单位(U); 过氧化氢酶(Catalase, CAT)活性的测定采用紫外吸收法^[17], 以每分钟内 A240 变化 0.1 为 1 个酶活性单位(U)。

幼苗叶绿素(Chlorophyll)含量的测定采用丙酮提取法^[17]。

1.3 数据分析

数据分析应用 EXCEL、SPSS13.0 统计软件辅助完成。

2 结果与分析

2.1 壳聚糖对柠条种子发芽过程的影响

从图 1a 可以看出, 不同浓度壳聚糖处理下, 吴起县柠条种子发芽高峰期第 2~4 d, 发芽趋势基本相同。1.0% 壳聚糖处理的吴起县柠条种子可提前 2 d 结束发芽, 0.5% 和 1.5% 处理的可提前 1 d 结束发芽。说明用壳聚糖溶液处理吴起县柠条种子可缩短发芽持续时间, 在生产上达到出苗整齐的效果。

榆阳区柠条种子萌发的过程如图 1b 所示, 不同浓度壳聚糖处理的种子发芽高峰期第 2~5 d, 与对照发芽趋势基本相同。与对照相比, 壳聚糖浓度为 0.5% 和 1.0% 时, 柠条种子可提前 2 d 结束发芽, 浓度为 0.1% 时可提前 1 d 结束发芽, 当浓度达到 1.5% 时, 柠条种子的发芽数明显小于对照, 说明高浓度壳聚糖对榆阳柠条种子的萌发有一定抑制作用。

2.2 壳聚糖对柠条种子萌发的影响

从表 1 可以看出, 壳聚糖处理后, 吴起柠条种

子发芽率、发芽势、发芽指数、活力指数均比对照高, 并且表现出明显的浓度效应。当壳聚糖浓度为 1.0% 时, 发芽率比对照提高 13.0%, 差异显著, 其余浓度浸种发芽率略有提高, 但差异不显著; 壳聚糖浓度在 0.5%~1.5% 范围内, 发芽势比对照显著提高, 平均发芽速率比对照显著降低, 发芽时间缩短, 且浓度为 1.0% 时效果最好; 壳聚糖处理后, 发芽指数和活力指数均比对照显著增高, 浓度 1.0% 时发芽指数和活力指数分别比对照提高 2.41 和 8.84, 差异明显。说明壳聚糖能促进吴起柠条种子萌发, 缩短发芽时间。

壳聚糖处理也可促进榆阳柠条种子萌发(表 1)。壳聚糖浓度为 0.1%~1.0% 时, 发芽率、发芽势、发芽指数、活力指数较对照有所提高, 平均发芽速率较对照略有降低; 且浓度为 0.5% 时效果最好, 此时发芽率、发芽势、发芽指数和活力指数分别是对照的 1.2 倍、1.1 倍、1.3 倍和 1.6 倍, 平均发芽速率较对照降低 17%, 除发芽势外, 其余指标与对照差异显

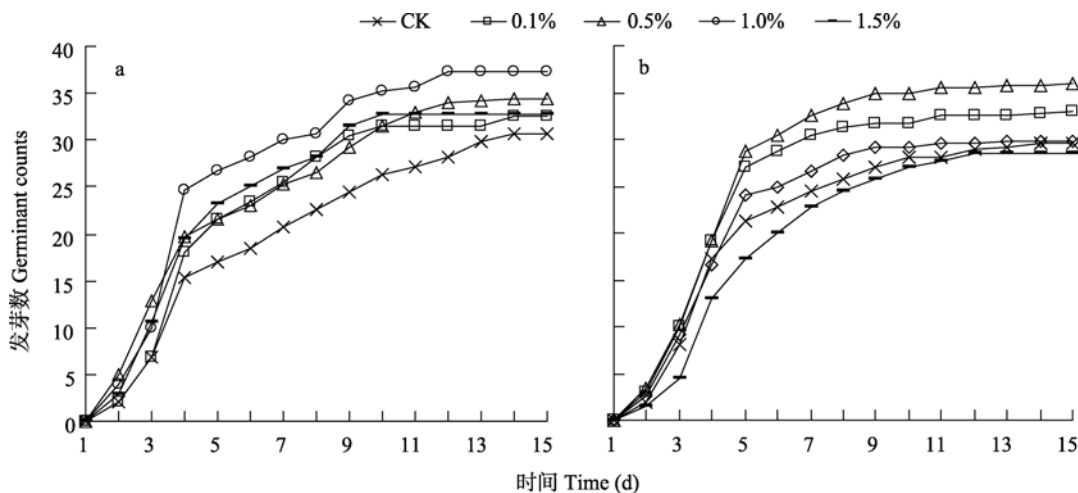


图 1 壳聚糖处理对吴起县(a)、榆阳区(b)柠条种子萌发过程的影响

Fig. 1 Effects of chitosan on seed germination progress of *C. korshinkii* from Wuqi (a) and Yuyang (b)

表 1 壳聚糖处理对不同种源地柠条种子萌发的影响

Tab. 1 Effect of chitosan on seed germination of *C. korshinkii* from different provenances

种源 Provenance	壳聚糖浓度 Concentration of chitosan (%)	发芽率 Germination rate (%)	发芽势 Germination energy (%)	平均发芽速率 Mean germination time (d)	发芽指数 Germination index	活力指数 Vigor index
吴起县 Wuqi	CK	61.5±1.2	30.5±3.8	6.7±0.9	6.13±0.38	11.81±1.15
	0.1	61.5±2.2	36.0±2.7	5.5±0.3	7.24±0.41*	18.39±0.96*
	0.5	69.0±2.3	39.5±0.7*	5.0±0.3*	7.53±0.15*	18.00±1.04*
	1.0	74.5±2.3*	49.5±1.8*	5.0±0.5*	8.54±0.33*	20.65±2.01*
	1.5	65.5±2.4	39.0±1.7*	4.9±0.1*	7.81±0.42*	18.62±0.98*
榆阳区 Yuyang	CK	59.0±2.4	34.5±2.3	5.2±0.1	6.84±0.22	13.33±0.52
	0.1	66.0±2.6	38.5±3.3	4.7±0.1	8.05±0.58*	20.50±0.41*
	0.5	72.0±1.2*	38.5±3.5	4.3±0.1*	8.79±0.10*	20.99±0.69*
	1.0	59.5±1.8	33.0±2.6	4.7±0.2	6.92±0.09	16.71±1.32
	1.5	57.0±2.5	26.0±3.5*	4.8±0.2	6.52±0.27	15.52±0.63

表中数据为平均值±标准差, *表示同一地区壳聚糖处理与对照差异显著($P<0.05$), 多重比较采用 LSD 法, 下同。The data are mean ± std.,

* means significant difference between chitosan treatments and CK ($P<0.05$, LSD). The same below.

著; 壳聚糖浓度达到 1.5%时, 除活力指数外各指标较对照有所降低, 说明壳聚糖浓度过大会抑制榆阳柠条种子的萌发。

2.3 壳聚糖对柠条种子萌发过程中酶活性的影响

从表 2 可以看出, 壳聚糖处理吴起柠条种子可提高种子萌发过程中的 α -淀粉酶、脱氢酶、过氧化物酶和过氧化氢酶活性; 当浓度小于 1.0%时, 各种酶活性随浓度增高而增强; 浓度达到 1.0%时, 酶活性达到最大值, 分别是对照的 1.8 倍、2.0 倍、3.2 倍和 3.2 倍, 且与对照差异显著; 之后随着浓度的增大酶活性有所降低。这与发芽率、发芽势、发芽指数、活力指数随壳聚糖浓度变化而变化的特点一致, 都表现浓度效应, 说明酶活性与发芽率、发芽势、发芽指数、活力指数具有协同对应关系。

壳聚糖处理榆阳柠条种子后, 种子 α -淀粉酶、脱氢酶、过氧化物酶和过氧化氢酶活性变化与发芽率、发芽势、发芽指数、活力指数也具有协同对应关系(表 2)。当处理浓度小于 0.5 %时, 酶活性随浓

度升高而增强; 浓度为 0.5%时, 酶活性达最大值, 且与对照差异显著, 分别是对照的 2.8 倍、1.2 倍、2.7 倍和 2.2 倍; 当处理浓度继续升高时, 酶活性有所下降。

2.4 壳聚糖对柠条幼苗生长的影响

从表 3 可以看出, 壳聚糖处理可明显提高柠条幼苗质量。随壳聚糖浓度增加, 幼苗各项生长指标均增高。壳聚糖浓度为 1.0%时, 吴起县柠条各指标达到最大值, 与对照差异显著, 柠条的根长、苗高、鲜重、干重和叶绿素含量分别比对照提高 28%、26%、17%、11%和 39%, 随后各项指标逐渐减小。当壳聚糖浓度达到 0.5%时, 榆阳柠条根长、苗高、鲜重、干重和叶绿素含量分别比对照增加 32%、32%、18%、12%和 60%, 差异显著, 之后随浓度增大各指标增幅降低; 当浓度达到 1.5%时根长比对照略有降低。说明壳聚糖处理可增加柠条幼苗干物质的积累, 增强幼苗质量, 提高叶绿素含量, 使幼苗光合产物积累较早较多, 有利于幼苗早发与生长。

表 2 壳聚糖处理对不同种源地柠条发芽种子几种酶活性的影响
Tab. 2 Effect of chitosan on enzymes activities in germinating *C. korshinkii* seeds from different provenances

种源 Provenance	壳聚糖浓度 Concentration of chitosan (%)	α -淀粉酶 α -amylase activity (mg · g ⁻¹ · min ⁻¹)	脱氢酶 Dehydrogenase activity (mg · g ⁻¹)	过氧化物酶 POD activity (U · g ⁻¹ · min ⁻¹)	过氧化氢酶 CAT activity (U · g ⁻¹ · min ⁻¹)
吴起县 Wuqi	CK	0.154±0.004	10.563±0.501	68.186±4.030	10.759±1.681
	0.1	0.202±0.011*	13.485±0.020*	99.651±6.061*	16.921±3.113
	0.5	0.219±0.006*	16.104±0.284*	111.920±2.696*	19.868±4.960
	1.0	0.272±0.006*	20.871±0.140*	220.171±8.007*	33.956±3.482*
	1.5	0.223±0.005*	13.782±0.103*	94.650±5.889	17.330±1.526
榆阳区 Yuyang	CK	0.062±0.238	15.463±0.626	28.490±1.017	10.650±1.502
	0.1	0.128±0.007	16.848±0.377	69.630±1.009*	18.468±2.534*
	0.5	0.176±0.002*	19.267±0.061*	77.367±3.360*	23.692±2.190*
	1.0	0.101±0.005	17.318±1.217	40.914±1.777	16.936±2.321
	1.5	0.078±0.006	15.895±1.127	32.013±1.775	14.150±1.549

表 3 壳聚糖处理对不同种源地柠条幼苗生长的影响
Tab. 3 Effect of chitosan on seedling growth of *C. korshinkii* from different provenances

种源 Provenance	壳聚糖浓度 Concentration of chitosan (%)	根长 Root length (cm)	苗高 Seedling height (cm)	鲜重 Fresh weight (mg · 株 ⁻¹)	干重 Dry weight (mg · 株 ⁻¹)	叶绿素 Chlorophyll content (mg · g ⁻¹)
吴起县 Wuqi	CK	2.75±0.11	1.92±0.08	87.6±0.25	21.233±0.03	1.839±0.08
	0.1	2.96±0.08	2.53±0.10*	91.333±0.17	21.650±0.05	2.105±0.03*
	0.5	3.03±0.12	2.39±0.16*	93.400±0.26*	22.050±0.02*	2.416±0.02*
	1.0	3.53±0.11*	2.41±0.08*	102.133±0.38*	23.633±0.03*	2.551±0.02*
	1.5	2.71±0.02	2.38±0.08*	92.966±0.18*	21.866±0.08*	2.465±0.02*
榆阳区 Yuyang	CK	2.45±0.11	1.92±0.08	81.450±0.25	20.483±0.03	0.981±0.03
	0.1	2.73±0.08	2.39±0.08	87.250±0.26	21.300±0.02*	1.244±0.01
	0.5	3.23±0.12*	2.53±0.10*	95.983±0.38*	22.883±0.03*	1.566±0.02*
	1.0	2.66±0.11	2.41±0.16*	86.816±0.18	21.116±0.02	1.259±0.03
	1.5	2.41±0.17	2.38±0.08	85.183±0.17	20.900±0.08	1.126±0.03

3 结论

本试验结果表明,壳聚糖处理对吴起和榆阳柠条种子均有促进萌发的作用,萌发过程中各种酶活性得到增强;吴起县柠条种子的最佳处理浓度为 1.0%,榆阳柠条种子的最佳处理浓度为 0.5%,壳聚糖浓度达到 1.5%时对榆阳柠条种子萌发有一定抑制作用,但对吴起县柠条种子无抑制作用。

关于壳聚糖调节作物生长的功能,其作用机理尚未清楚。有报道认为,壳聚糖促进作物生长可能是通过调控内源激素水平影响多种酶的合成及相关生理生化实现的^[18];有人认为壳聚糖含氮,可以不断向作物提供氮素^[19];还有人认为壳聚糖通过增加作物免疫力(诱导抗病性)而提高作物产量^[20]。本试验认为,壳聚糖可能是通过提高种子萌发过程中的某些关键代谢酶的活性调节种子生理,从而促进种子萌发及幼苗的生长。

参考文献

- [1] 蒋挺大. 甲壳素[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003
- [2] 张举梅. 聚氨基葡萄糖研究概况及在农业上的应用[J]. 中国农学通报, 1998, 14(2): 32-34
- [3] 胡文玉, 吴皎莲. 壳聚糖的性质和用途及在农业上的应用前景[J]. 植物生理学通讯, 1994, 30(4): 294-297
- [4] Hirano S, Nagao N. Effects of chitosan, pectic acid, lysozyme, and chitinase on the growth of several phytopathogens[J]. Agric Biol Chem, 1989, 53(11): 3065-3066
- [5] Lafontaine P J, Benhamou N. Chitosan treatment: An emerging strategy for enhancing resistance of greenhouse tomato plants of infection by *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*[J]. Biocontrol Sci Technol, 1996, 6: 111-124
- [6] Pospieszny H. Antiviral activity of chitosan[J]. Crop Protection, 1997, 16(2): 105-106
- [7] Benhamou N, Kloepper J W, Tuzun S. Induction of resistance against *Fusarium* wilt of tomato by combination of chitosan with an endophytic bacterial strain: Ultrastructure and cytochemistry of the host response[J]. Planta, 1998, 204: 153-168
- [8] 胡景江. 壳聚糖对油松种子萌发及幼苗生理生化特性的影响[J]. 西北林学院学报, 2003, 18(4): 21-23
- [9] 李庆梅, 付增娟, 张洪燕. 壳聚糖对长白落叶松和侧柏种子萌发的影响[J]. 林业科学研究, 2007, 20(4): 524-527
- [10] 徐健, 金鑫荣. 天然高分子甲壳素/壳聚糖在生物和医学方面的应用[J]. 大学化学, 1994, 9(3): 22-25
- [11] 段新芳, 李坚, 刘一星. 壳聚糖前处理提高木材染色性能的研究[J]. 木材工业, 1997, 6(3): 9-12
- [12] 段新芳. 甲壳素和壳聚糖的研究及其在农林业中的应用[J]. 世界林业研究, 1998(3): 9-13
- [13] 中华人民共和国国家标准. GB2722—1999 林木种子检验规程[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003
- [14] 沈国防. 森林培育学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2001: 177-181
- [15] 李毅, 陈拓, 安黎哲. 超干贮藏对沙冬青和霸王种子的影响研究[J]. 种子, 2006, 25(10): 1-5
- [16] 黄学林, 陈润政. 种子试验手册[M]. 北京: 农业出版社, 1990: 110-112
- [17] 王学奎. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 第 2 版. 北京: 高等教育出版社, 2006
- [18] 周天, 胡永军, 姜坤, 等. 壳聚糖对玉米种子萌发和幼苗生长的影响[J]. 吉林农业科学, 2004, 29(3): 8-10
- [19] 刘桂智, 刘微, 朱英波, 等. 壳聚糖在作物生产上的应用进展(综述)[J]. 河北科技师范学院学报, 2007, 21(3): 76-80
- [20] 杜昱光, 白雪芳, 虞兴炬, 等. 壳聚糖类物质生理活性的研究[J]. 中国生化药物杂志, 1997, 18(5): 268-270

欢迎订阅 2011 年《园艺学报》

《园艺学报》是中国园艺学会和中国农业科学院蔬菜花卉研究所主办的学术期刊,创刊于 1962 年,刊载有关果树、蔬菜、观赏植物、茶及药用植物等方面的学术论文、研究报告、专题文献综述、问题与讨论、新技术新品种以及园艺研究动态与信息,适合园艺科研人员、大专院校师生及农业技术推广部门专业技术人员阅读参考。

《园艺学报》是中文核心期刊,被中国科学引文数据库 Chinese Science Citation Database 等多家重要数据库收录。《园艺学报》2005 年荣获第三届国家期刊奖,2008 年获中国科技信息所“中国精品科技期刊”称号及武汉大学中国科学评价研究中心“中国权威学术期刊”称号,2009 年获中国期刊协会和中国出版科学研究所“新中国 60 年有影响力的期刊”称号。2008 年《园艺学报》总被引频次 4 591 次,影响因子 1.075。

《园艺学报》为月刊,每月 25 日出版。2011 年每期定价 40.00 元,全年 480.00 元。国内外公开发行,全国各地邮局办理订阅,国内邮发代号: 82-471,国外发行由中国国际图书贸易总公司承办,代号: M448。漏订者可直接寄款至本编辑部订购。

地址: 北京市海淀区中关村南大街 12 号 中国农业科学院蔬菜花卉研究所《园艺学报》编辑部 邮编: 100081
电话: (010)82109523 E-mail: yuanyixuebao@126.com 网址: <http://www.ahs.ac.cn>