

短梗南蛇藤种子的萌发特性

窦全丽*, 张仁波

遵义师范学院生物系, 贵州遵义563002

摘要: 本文观察了短梗南蛇藤种子的形态和萌发过程, 研究了温度、层积方法和时间、假种皮浆液、光照等对短梗南蛇藤种子萌发的影响。结果表明, 短梗南蛇藤种子对温度较敏感, 较适合萌发的温度为15~20 ℃。低温层积和变温层积均能显著提高种子发芽率、发芽势和发芽指数, 层积20 d效果最好。假种皮浆液联合层积处理对种子萌发有显著促进作用, 其中联合低温层积20 d或联合变温层积10 d效果最好。光照在一定程度上抑制种子萌发。

关键词: 短梗南蛇藤; 种子; 发芽率; 发芽势; 发芽指数

Seed Germination Characteristics of *Celastrus rosthornianus* Loes.

DOU Quan-Li*, ZHANG Ren-Bo

Department of Biology, Zunyi Normal College, Zunyi, Guizhou 563002, China

Abstract: The seed morphology and germination process of *Celastrus rosthornianus* were observed. The effects of temperature, stratification methods, stratification period, aril and light on seed germination of *Celastrus rosthornianus* were studied. The results showed that seeds were sensitive to the temperature, suitable temperature for germination was 15–20 ℃. The germination rate, vigor of germination and germination index could be increased obviously by cold stratification and fluctuating-temperature stratification, the treatment of stratification for 20 days presented the best. The treatment of the aril serum combined with stratification could significantly promote the seed germination; aril serum with cold stratification for 20 days or aril serum with fluctuating-temperature stratification for 10 days were the best. Light inhibited seed germination within a certain extent.

Key words: *Celastrus rosthornianus*; seed; germination rate; vigor of germination; germination index

短梗南蛇藤为卫矛科(Celastraceae)南蛇藤属落叶藤本, 植株姿态优美, 茎、蔓、叶、果都具有较高的观赏价值, 茎皮纤维质量较好, 种子富含油脂, 根、藤茎均可药用(中国科学院《中国植物志》编辑委员会1999; 贵州植物志编辑委员会1985), 在园林、工业和药用等方面都有巨大的应用价值。其同属植物南蛇藤(*Celastrus orbiculatus* Thunb)分布广, 耐旱瘠薄, 对环境条件要求不苛刻, 管理粗放, 其匍匐生长可有效覆盖裸岩、防止风化, 充分利用空间, 自动填补定植间隙(郭伟珍等2005), 短梗南蛇藤也具有相似的习性, 是值得开发的石漠化地区荒山绿化、水土保持、种植创收等多功能经济物种。目前对短梗南蛇藤主要进行了化学成分的研究, 如Tu (1991a, b)、Tu和Chen (1991)、Tu等(1992a, b)从短梗南蛇藤根皮中分离到9种倍半萜类化合物, Wang (2007, 2008)和Wang等(2006)从短梗南蛇藤中共分离并鉴定了40多个化合物的结构, 后证实有些化合物具有较好的抗癌活性。本文采用不同的方法对短梗南蛇藤种子

进行处理, 旨在找到提高发芽速度和发芽率的简单有效、成本低廉的方法, 为短梗南蛇藤的经济栽培提供依据。

材料与方法

1 材料

短梗南蛇藤(*Celastrus rosthornianus* Loes.)的种子于2011年10月采自贵州省桐梓县黄连自然保护区。将部分采回的开裂的成熟果实用水浸泡24 h, 搓洗剔除果皮和假种皮, 留下种子, 选择外形较饱满的种子, 自然阴干后进行实验。取部分种子假种皮, 挤破, 保留橙红色浆状物备用。

2 方法

2.1 种子形态及萌发过程

将剥去假种皮的完整种子、横切和纵切种

收稿 2012-10-16 修定 2012-11-26

资助 贵州省教育厅自然科学类项目(黔教科20090050)。

* 通讯作者(E-mail: douquanli@163.com; Tel: 0852-8927815)。

子、萌发不同阶段种子分别置于双面胶带纸上,在体视显微镜下观察其形状、颜色、表面纹饰、结构并拍照。

2.2 温度对种子萌发的影响

每组取60粒种子,设恒温(10、15、20、25和30 °C)和变温(5 °C/15 °C、10 °C/20 °C)的培养箱中,全黑暗条件下萌发,其间定期补充培养皿中的水分,使滤纸保持湿润。萌发过程中每24 h检测1次,并将已萌发的种子移走。检测持续进行到连续7 d再无发芽种子。

2.3 层积对种子萌发的影响

将种子先用0.3%~0.5%高锰酸钾液浸泡1 h,洗净,控干,然后分别做以下3种不同处理。方法1:直接与湿沙混合,5 °C低温下层积处理。方法2:与湿沙混合,变温层积处理,每天先在20 °C处理12 h,然后放入10 °C低温处理12 h。方法3:先用50 °C热水浸种10 h,充分搅拌,然后与湿沙混合,5 °C低温下层积处理。

每种处理1 000粒种子,分别在处理10、20和30 d随机取出180粒种子,分为3组,在20 °C恒温条件下萌发。对照为不层积处理种子。

2.4 假种皮浆液对种子萌发的影响

将剥去假种皮的种子与假种皮浆液混合,处理方法同2.3节,分别记为方法4、5和6,10 d后用清水冲洗掉浆液,3次重复。对照为不层积处理种子。

2.5 赤霉素对种子萌发的影响

种子用0.3%~0.5%高锰酸钾液浸泡1 h,洗净,控干。加入10 mL 200 mg·L⁻¹的赤霉素与湿沙混合低温下层积处理。对照为20 °C恒温条件下萌发种子。

每组60粒种子,分别用50、100、200、300、400和500 mg·L⁻¹赤霉素在20 °C恒温下浸泡种子24 h,然后用清水冲洗数次,置于铺有吸水纸的培养皿中,于20 °C恒温下萌发,3次重复。

2.6 光照对种子萌发的影响

每组60粒种子,放入铺有定性滤纸的培养皿中,加蒸馏水,置于SPX-300B-G型光照培养箱中,在20 °C恒温、光照时间12 h·d⁻¹(光照强度20~30 μmol·m⁻²·s⁻¹)条件下萌发,3次重复。对照为20 °C恒温全黑暗条件下萌发种子。

2.7 测定指标与方法

短梗南蛇藤种子的类胚根状体长度为种子长

度的1/2时视为萌发,连续7 d无萌发种子,视为萌发结束。发芽率=(萌发种子数/供试种子总数)×100%。发芽势=(发芽10 d内发芽种子数/供试种子总数)×100%,因不同温度条件下种子始发时间相差较大,故不同温度条件下种子发芽势以“每组处理开始发芽10 d内发芽种子数”计算。发芽指数= $\sum(Gt/Dt)$ (Gt:第几日的发芽数;Dt:发芽实验第几日)。

2.8 数据处理

所得数据用Excel 2003和SPSS 17.0软件进行分析。

实验结果

1 短梗南蛇藤种子结构及萌发过程

短梗南蛇藤种子外包有橙红色假种皮(图1-A),种子宽椭圆形(图1-B),成熟后多数不饱满,长3~5 mm(多为4~4.5 mm)。种子表面有光泽,具不规则小突起。种子具1条脊(图1-B),具外种皮和内种皮(图1-C),外种皮革质,淡栗色(图1-A和C);内种皮膜质,浅褐色(图1-C和E),胚乳脂状,软(图1-D),种子吸水吸胀后,胚乳变白变硬(图1-C)。种子萌发时,外种皮先胀裂,顶端凸起(图1-E),芽突破内种皮伸出(图1-F)。

2 温度对短梗南蛇藤种子萌发的影响

由表1可知,短梗南蛇藤种子在5 °C/15 °C的变温条件下,发芽率最高,为74.44%,其次是10 °C和变温10 °C/20 °C下的发芽率,分别为73.33%和68.89%。随着温度的升高,种子的腐烂率也显著升高,在30 °C的条件下,南蛇藤种子不萌发,全部腐烂。在25 °C的条件下,发芽率也不高,仅有12.22%,87.78%的种子均腐烂。在15和20 °C恒温条件下,种子的发芽率没有显著差异,分别为62.22%和58.89%,均显著低于变温条件下的发芽率。20 °C恒温条件下种子的发芽势(52.22%)和发芽指数(3.75)均最高,15 °C恒温条件下种子发芽势与20 °C无显著差异,但发芽指数(2.75)显著低于20 °C的,其它温度下发芽势和发芽指数均显著低于20 °C恒温条件的;除发芽率较低的25和30 °C外,发芽率较高的10 °C恒温条件下的发芽势和发芽指数均最低,与其它温度下的发芽势和发芽指数均有极显著差异。由此说明,温度对短梗南蛇藤种子的萌发有显著影响,综合发芽率、发芽势和发

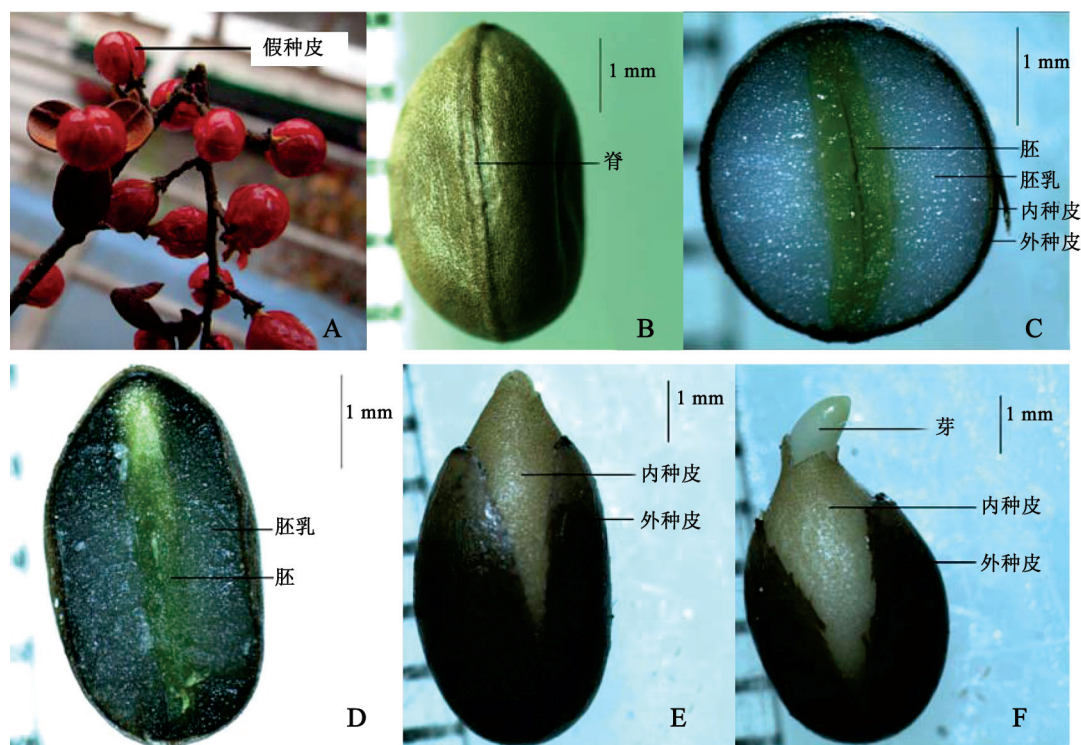


图1 短梗南蛇藤种子结构和萌发过程

Fig.1 Seed morphology and germination process of *C. rosthornianus*

A: 成熟种子; B: 剥去假种皮种子; C: 吸胀种子横切; D: 种子纵切; E: 萌发前种子; F: 萌发种子。

表1 温度对短梗南蛇藤种子萌发的影响

Table 1 Effect of different temperatures on the seed germination of *C. rosthornianus*

温度/℃	发芽率/%	发芽势/%	发芽指数	腐烂率/%
10	73.33 ^{ABa}	12.18 ^{Cc}	0.75 ^{Ee}	22.02 ^{Ff}
15	62.22 ^{Cc}	51.11 ^{Aa}	2.73 ^{Bb}	33.33 ^{Dd}
20	58.89 ^{Cc}	52.22 ^{Aa}	3.75 ^{Aa}	38.89 ^{Cc}
25	12.22 ^{Dd}	12.22 ^{Cc}	0.78 ^{Ee}	87.78 ^{Bb}
30	0 ^{Ee}	0 ^{Dd}	0 ^{Ff}	100.00 ^{Aa}
5/15	74.44 ^{Aa}	36.11 ^{Bb}	1.32 ^{Dd}	21.67 ^{Ff}
10/20	68.89 ^{Bb}	38.89 ^{Bb}	1.74 ^{Cc}	28.33 ^{Ee}

同列数据后不同小写字母表示差异达显著水平($P < 0.05$), 不同大写字母表示差异达极显著水平($P < 0.01$)。下表同此。

芽指数, 20 ℃恒温条件是短梗南蛇藤种子较适合的萌发温度。

3 层积对短梗南蛇藤种子萌发的影响

由表2可知, 层积方法3处理的短梗南蛇藤种子发芽率为0, 种子在层积过程中全部腐烂。层积10 d后, 层积方法1处理种子的发芽率(61.11%)、发芽势(43.89%)和发芽指数(4.33)均显著低于层积方法2。层积20 d后, 层积方法1处理种子的发芽率、

发芽势和发芽指数分别为81.11%、75.56%和8.07, 显著高于层积方法2。层积30 d后, 层积方法1处理种子的发芽率、发芽势、发芽指数均高于层积方法2, 但两者均无显著差异。此外, 层积方法1和2处理种子的发芽率、发芽势和发芽指数均显著高于对照, 说明层积处理可促进短梗南蛇藤种子的萌发。

由表2还看出, 随着层积时间的增加, 层积方法1和2处理种子的发芽率和发芽势均呈现先升后降的趋势。层积20 d后, 层积方法1处理种子发芽指数达最高(8.07)。层积方法1处理的种子总腐烂率随着层积时间的延长先降后升, 而层积方法2的种子总腐烂率则随着层积时间的延长显著升高, 相应萌发过程的腐烂率下降。综合以上结果, 短梗南蛇藤种子层积20 d最合适。

4 假种皮浆液对短梗南蛇藤种子萌发的影响

由表3可知, 层积方法6处理的种子发芽率和发芽势为0, 所有种子失活腐烂。层积10 d后, 层积方法4处理种子发芽率、发芽势和发芽指数均显著高于层积方法1, 层积方法5处理种子的发芽率

表2 层积处理对短梗南蛇藤种子萌发的影响

Table 2 Effect of stratification on the seed germination of *C. rosthornianus*

层积方法	层积时间/d	发芽率/%	发芽势/%	发芽指数	腐烂率/%	层积过程腐烂率/%	萌发过程腐烂率/%
对照	—	58.89 ^{Cc}	35.00 ^{Ee}	3.75 ^{Cd}	38.89 ^{Bb}	—	38.89 ^{Aa}
方法1	10	61.11 ^{Cc}	43.89 ^{Dd}	4.33 ^{Cd}	30.56 ^{Cc}	1.11 ^{Dde}	29.44 ^{Bb}
	20	81.11 ^{Aa}	75.56 ^{Aa}	8.07 ^{Aa}	14.44 ^{Ef}	6.67 ^{CDcd}	7.78 ^{Ee}
	30	75.00 ^{ABb}	70.56 ^{ABab}	7.46 ^{Ab}	25.00 ^{CDd}	8.28 ^{Cc}	16.72 ^{CDcd}
方法2	10	71.11 ^{Bb}	60.56 ^{BCc}	5.34 ^{Bc}	22.22 ^{Dde}	2.22 ^{CDd}	20.00 ^{Cc}
	20	72.78 ^{Bb}	66.67 ^{BCb}	7.21 ^{Ab}	23.89 ^{CDde}	8.33 ^{Cc}	15.56 ^{CDcd}
	30	70.00 ^{Bb}	65.56 ^{BCbc}	8.05 ^{Aa}	30.00 ^{Ccd}	17.33 ^{Bb}	12.67 ^{DEd}
方法3	10	0 ^{Dd}	0 ^{Ff}	0 ^{De}	100.00 ^{Aa}	100.00 ^{Aa}	—

“—”表示无此指标。下表同此。

达到最高(80.56%),显著高于层积方法4的发芽率(67.78%),其发芽率、发芽势和发芽指数也均显著高于层积方法2(表2);说明假种皮浆液联合层积处理能促进种子的萌发,假种皮浆液与变温层积联合处理效果更显著。此外,层积方法4和5的发芽率、发芽势和发芽指数随着层积时间的延长也出

现先升后降的趋势。层积方法4处理的种子腐烂率随着层积时间的延长先降后升,层积方法5处理种子腐烂率则随着层积时间的延长升高,这与层积方法1、2结果相似。综合以上结果,假种皮浆液联合低温层积20 d最合适,而假种皮浆液联合变温层积则处理10 d最恰当。

表3 假种皮浆液对短梗南蛇藤种子萌发的影响

Table 3 Effect of the aril serum on the seed germination of *C. rosthornianus*

层积方法	层积时间/d	发芽率/%	发芽势/%	发芽指数	腐烂率/%
对照	—	58.89 ^{Dd}	35.00 ^{De}	3.75 ^{Ee}	38.89 ^{Bb}
方法4	10	67.78 ^{Cc}	52.78 ^{Cd}	5.57 ^{Dd}	26.11 ^{CDcd}
	20	85.56 ^{Aa}	77.22 ^{Aa}	8.57 ^{Aa}	10.56 ^{Ff}
	30	78.33 ^{Bb}	72.78 ^{ABab}	7.86 ^{ABCab}	21.67 ^{DEde}
方法5	10	80.56 ^{ABab}	70.00 ^{ABb}	6.91 ^{Cc}	12.22 ^{Ff}
	20	76.67 ^{BCb}	71.67 ^{ABb}	7.50 ^{BCbc}	19.44 ^{Ee}
	30	71.16 ^{Cc}	66.21 ^{Bbc}	8.06 ^{ABab}	28.84 ^{Cc}
方法6	10	0 ^{Ee}	0 ^{Ff}	0 ^{Ff}	100.00 ^{Aa}

5 赤霉素对短梗南蛇藤种子萌发的影响

加入200 mg·L⁻¹的赤霉素并低温层积种子10 d后,种子发芽率为40%,60%的种子出现水肿和假发芽现象,表现为种子吸涨开裂,然后膨大,不发芽或仅胚根突破内种皮,最终种子腐烂。其发芽势和发芽指数分别为28.89%和2.30,均显著低于对照和单独低温层积10 d种子的。

用50、100、200、300、400和500 mg·L⁻¹赤霉素在20 °C恒温下浸种24 h后,所有处理的种子均不萌发,种子种皮均变黑,之后腐烂,赤霉素浓度越高,其变黑腐烂速度越快。

6 光照对短梗南蛇藤种子萌发的影响

12 h光照条件下短梗南蛇藤种子的发芽率为

48.89%,发芽势为22.78%,两者均显著低于对照;发芽指数为2.64,亦显著低于对照的3.75。由此可见,光照在一定程度上抑制短梗南蛇藤种子的萌发。

光照是影响植物种子萌发的重要环境因子,不同植物的种子的萌发行为对光强的反应存在较大差异(闫兴富等2011)。本研究中,光照12 h种子的发芽率、发芽势和发芽指数均显著低于全黑暗条件。因此,短梗南蛇藤种子在黑暗和光照条件下均能萌发,但黑暗比光照更有利于短梗南蛇藤种子的萌发。

讨 论

温度是影响种子萌发的重要因素。本文结果

显示不同温度下, 短梗南蛇藤种子的萌发状况有所不同。低温条件下种子发芽率较高, 但种子开始萌发需要较长时间, 且萌发进程慢, 发芽势和发芽指数低, 这可能是由于低温限制了种子内部萌发时所需部分酶的活性, 使得萌发受到限制(张春平等2010), 从而显著延迟了萌发开始时间, 延长了萌发持续时间。变温对一些种子的萌发具有促进作用(李凯辉等2006; 李利和张希明2007; 张春平等2010)。本文结果表明, 变温条件下种子发芽率虽然较高, 但种子萌发进程缓慢。实验中发现, 低温和变温条件下, 短梗南蛇藤种子的腐烂率低于其它温度条件, 这也是其发芽率高的原因之一。15和20℃的发芽率低于低温和变温下的, 主要原因是种子的腐烂率较高, 但种子开始萌发需要时间较短, 发芽进程较快。而较高的25和30℃条件下, 种子失活速度快, 腐烂率高, 说明25℃以上高温不适合短梗南蛇藤种子萌发。以上结果表明, 短梗南蛇藤种子对温度较敏感, 较适合萌发的温度为15~20℃恒温条件。

层积是解除种子休眠的常用方法, 变温层积可有效提高卫矛科肉花卫矛种子的发芽率(陈钧林1994)。本文也得到了相似的结果, 变温层积10 d可显著提高种子的发芽率, 且发芽率、发芽势和发芽指数均显著高于低温层积, 说明变温层积能更快的促进短梗南蛇藤种子萌发。低温层积可促进一些植物种子的萌发(田孟良等2009; 郎思睿等2011)。低温层积20 d, 种子发芽率、发芽势、发芽指数均显著提高, 而变温层积种子发芽率变化不大, 主要因为变温层积种子腐烂率显著高于低温层积, 其原因可能是短梗南蛇藤种子对温度较敏感, 变温层积的高温过程加速了种子的腐烂。层积30 d后, 低温层积和变温层积的发芽率都有所下降, 腐烂率均显著升高, 这可能是由于层积时间过长而引起了种子活力下降。决明子种子也存在随着层积时间的增加, 种子活力大幅度地降低的现象(金正律和洪权春2012)。此外, 层积30 d后, 低温层积处理种子在萌发过程中腐烂率高于层积过程, 而变温处理则与之相反, 原因可能是变温的高温过程导致层积过程中失活种子腐烂较快, 而低温层积过程中失活种子在低温下暂时未腐烂, 但萌发实验时遇到恒定高温则迅速腐烂。张树俭和

韩明福(2009)用40~50℃温水对南蛇藤种子浸种2 d后, 用河沙层积催芽效果较好。而本文中50℃热水浸种后低温层积的短梗南蛇藤种子全部腐烂, 原因可能是短梗南蛇藤种子对温度较敏感, 50℃热水预处理导致种子失活。

卫矛科很多植物具假种皮, 李华英等(2008)研究了桃叶卫矛假种皮浸提液对萝卜种子发芽的影响, 结果表明桃叶卫矛的假种皮浸提液对萝卜种子发芽有抑制作用。本文用短梗南蛇藤假种皮浆液混合种子进行层积处理, 结果显示假种皮浆液混合层积处理具有促进种子萌发的作用。

为了验证假种皮是否能保护种子越冬, 作者于2012年2月初, 凝冻期后(低温1~4℃, 高温4~7℃)到野外收集假种皮完好种子, 解剖测其种子活力。野外发现, 林下和植株上均有假种皮完好种子, 野外共采集到假种皮完好的种子748粒, 解剖后发现, 所有种子均已腐烂, 假种皮内浆液均发生形态改变。由此推测, 假种皮对种子越冬无明显保护作用, 但橙红色假种皮应该具有保护种子不受外界机械伤害和吸引动物传播种子的作用。

实验过程还发现, 假种皮在稍高恒温条件下易腐烂, 进而引起种子腐烂, 故在恒温萌发条件下不易保存假种皮, 在低温层积条件下短期(10 d左右)内可保存。

赤霉素常作为外源激素来打破种子休眠或提高种子发芽率, 赤霉素结合低温层积处理可有效打破某些植物种子的休眠, 提高种子发芽率(鱼小军等2005; 杨秀莲和王良桂2012)。本文中利用200 mg·L⁻¹赤霉素结合低温处理短梗南蛇藤种子, 结果显示种子发芽率等指标显著低于对照和单独低温层积种子, 原因可能是低温层积即可使种子内源赤霉素含量增加, 解除部分种子生理后熟, 添加外源赤霉素增加了赤霉素浓度, 对种子造成毒害, 使种子生活力降低。单独使用赤霉素处理种子24 h后, 所有处理种子均不能萌发, 原因可能是设定赤霉素浓度高于短梗南蛇藤种子萌发所需浓度, 从而对种子产生毒害。

参考文献

- 陈钧林(1994). 肉花卫矛种子休眠及其解除的研究. 林业科学研究, 7(2): 227~229
贵州植物志编辑委员会(1985). 贵州植物志(卷2). 贵阳: 贵州人民

- 出版社, 377
- 郭伟珍, 林艳, 邢存旺, 史靖(2005). 南蛇藤的组织培养和快速繁殖. 植物生理学通讯, 41 (5): 645
- 金正律, 洪权春(2012). 低温层积对决明子种子发芽及幼苗生长的影响. 种子, 31 (3): 107~109
- 郎思睿, 高逸超, 赵航, 汪晓峰, 刘雪萍(2011). 香叶树种子休眠与萌发特性的研究. 北京林业大学学报, 33 (6): 124~129
- 李华英, 张勇哲, 罗广军(2008). 桃叶卫矛假种皮浸提液对种子发芽的影响. 延边大学农学学报, 30 (1): 58~61
- 李凯辉, 胡玉昆, 阿德力·麦地, 鲁春芳, 于建梅, 柳妍妍(2006). 温度对轮叶马先蒿种子发芽的影响. 云南植物研究, 28 (4): 421~424
- 李利, 张希明(2007). 温度和盐分对两种盐爪爪属植物种子萌发的影响. 应用与环境生物报, 13 (3): 317~321
- 田孟良, 陈艳, 刘清华, 张立峰, 余跃辉(2009). 乌头种子的萌发特性研究. 中国中药杂志, 34 (22): 2958~2960
- 闫兴富, 王建礼, 周立彪(2011). 光照对辽东栎种子萌发和幼苗生长的影响. 应用生态学报, 22 (7): 1682~1688
- 杨秀莲, 王良桂(2012). 桂花种子对赤霉素处理的生理生化响应. 南京林业大学学报(自然科学版), 36 (1): 63~67
- 鱼小军, 王芳, 龙瑞军(2005). 破除种子休眠方法研究进展. 种子, 24 (7): 46~49
- 张春平, 何平, 何俊星, 喻泽莉, 杜丹丹, 胡世俊(2010). 不同处理对药用紫苏种子萌发特性的影响. 中草药, 41 (8): 1361~1365
- 张树俭, 韩明福(2009). 南蛇藤播种育苗技术. 吉林林业科技, 38 (3): 46~47
- 中国科学院中国植物志编辑委员会(1999). 中国植物志(45卷第3册). 北京: 科学出版社, 114
- Tu YQ (1991a). Structure of two new sesquiterpenoid insect antifeedants from *Celastrus rosthornianus*. J Chem Soc Perkin Trans, 425~427
- Tu YQ (1991b). Sesquiterpene polyol esters from *Celastrus rosthornianus*. Phytochemistry, 30 (4): 1321~1322
- Tu YQ, Chen YZ (1991). Sesquiterpene polyol esters from *Celastrus rosthornianus*. Phytochemistry, 30 (12): 4169~4171
- Tu YQ, Li ZZ, Chen YZ (1992a). A sesquiterpene polyol ester from *Celastrus rosthornianus*. Phytochemistry, 31 (4): 1415~1417
- Tu YQ, Tan Z, Wu TX, Zhang GC (1992b). Two New Sesquiterpenoids from *Celastrus rosthornianus*. Nat Prod Res, 55 (1): 126~128
- Wang KW (2007). A new fatty acid ester of triterpenoid from *Celastrus rosthornianus* with anti-tumor activities. Nat Prod Res, 21 (7): 669~674
- Wang KW (2008). A new triterpenoidal ester from *Celastrus rosthornianus*. Fitoterapia, 79: 311~313
- Wang KW, Sun CR, Wu XD, Pan YJ (2006). Novel bioactive dammarane caffeoyl esters from *Celastrus rosthornianus*. Planta Med, 72 (4): 370~372