

张蕊,石娜,孙玲凌,等. 楸树无糖组织培养快繁技术初探[J]. 江苏农业科学,2022,50(1):45-50.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.01.008

楸树无糖组织培养快繁技术初探

张蕊,石娜,孙玲凌,李艺

(周口职业技术学院农牧工程学院,河南周口 466000)

摘要:为建立楸树无糖组织培养快繁技术体系,以周楸带叶柄叶片为外植体,研究楸树离体叶片在 3 000、5 000 lx 2 种不同光照度,1/2、1/4Hogland 2 个不同浓度的基本培养液和萘乙酸(NAA,0、0.1、0.2、0.4 mg/L),细胞分裂素(6-BA,0、0.2、0.4、0.8 mg/L)16 组不同组合的外源激素条件下,诱导生根和发芽的最适培养条件,以期生产中楸树优质苗木繁育技术提供理论依据。结果表明,在光照度 3 000 lx、1/4Hogland 培养液、NAA 0.1 mg/L + 6-BA 0.2 mg/L 条件下,生根率为 90%,腋芽平均高度 3.36 cm,愈伤组织在 5 d 时出现,14 d 时生根,培养 30 d 时根系发育良好,具备移栽条件;光照度在 3 000 lx、1/4Hogland 培养液、NAA 0.2 mg/L + 6-BA 0 mg/L 条件下,生根率为 90%,腋芽平均高度 3.58 cm,愈伤组织在 10 d 时出现,12 d 时生根,培养 30 d 时根系发育良好,具备移栽条件。生长素和细胞分裂素含量对根和腋芽的分化影响较大,研究结果表明,当培养液中生长素浓度较低时有利于腋芽分化,生长素浓度较高时有利于根的分化。培养 40 d 切去腋芽进行移栽,重新长出的植株出芽整齐,发育快,生长性状一致性好。该培养方法可以在开放环境中进行,利用楸树离体叶片水培培养再生植株,操作流程简化,节约成本,缩短了育苗周期,可为楸树育苗生产技术提供一种新的方法。

关键词:楸树;无糖组培;快繁;光照度;培养液;NAA;6-BA;外植体

中图分类号:S723.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2022)01-0045-05

我国自 20 世纪 70 年代开展植物组织培养研究以来,组培技术在观赏植物研究中得到了广泛的应用,为优质植物苗木的繁育和工厂化苗木的生产提供了可靠技术。但由于组培苗技术存在培育周期长、对无菌环境要求高、培养过程易污染、组培苗移栽成活率低等不足,使组培技术在生产上的应用受到一定限制。20 世纪 80 年代末日本学者古在丰树教授提出了无糖组织培养技术^[1],人工控制培养条件,特别是在高浓度 CO₂ 和高光照度的条件下,利用植物自身光合作用合成的碳源为植物自身的生长提供有机物质,而去除培养基中的糖类物质,因此减少了培养基污染的机会,因而能在开放条件下进行培养。由于无糖组织培养技术中植物的生长环境更接近自然环境,因而无糖组培苗移栽减少了驯化时间,

缩短了育苗周期,并提高了移栽成活率。目前国内外在枣^[2]、核桃^[3]、毛白杨^[4]、棕榈^[5]、咖啡^[6]、桉树^[7-9]、葡萄^[10]、万年青^[11]等植物上都有报道。

植物光自养微繁培养苗木需要特殊的容器,操作要求相对严格,投资成本较高,目前主要应用于实验室范畴,生产中大规模应用较小^[1];目前关于楸树组培技术的报道较多^[12-20],但国内外尚未有关于楸树的无糖组培技术报道。本试验以周楸带叶柄叶片为外植体,研究叶柄部位在不同光照度、基本培养基和外源激素下诱导生根和腋芽再生植株的最适培养条件,在近常规环境下利用叶片进行根诱导和植株再生,旨在为楸树优质苗木生产技术的研究提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与处理

供试楸树叶片采集于河南省周口市河南花博士花卉有限公司楸树种植基地。

试验于 2020 年 5 月 5 日在基地采集发育成熟、生长健壮的功能期叶片,用锋利的刀片徒手沿叶柄基部将叶片从母株上切割下来,切割下来的叶片要完整,保留叶片和叶柄及叶柄基部部分木质部组

收稿日期:2021-03-22

基金项目:河南省重点研发与推广专项(科技攻关)(编号:202102110170);周口市植物新型快繁技术重点实验室建设项目。

作者简介:张蕊(1978—),女,河南扶沟人,硕士,副教授,主要从事植物生理生化、园林植物栽培及应用技术的教学和研究。

E-mail:522652203@qq.com。

通信作者:李艺,博士,讲师,主要从事植物生理生化相关研究。

E-mail:liy20050901@163.com。

织,同时要注意保留叶柄基部的腋芽,然后对离体材料的叶柄进行处理使分生组织外露;将叶片及叶柄在自来水下冲洗 5min,然后用蒸馏水反复冲洗,70% 乙醇浸泡 30 s 后,接种到种子发芽盒中进行水培培养;2020 年 6 月 14 日栽培到容器中。

1.2 试验设计

试验光照度设 2 个水平:3 000、5 000 lx;Hogland 培养液浓度设 2 种水平:1/2Hogland + 1% 大蒜素、1/4Hogland + 1% 大蒜素;植物生长调节剂萘乙酸(NAA)、细胞分裂素(6-BA) 分别设 4 个水平:NAA(0、0.1、0.2、0.4 mg/L);6-BA(0、0.2、0.4、0.8 mg/L)共计 64 个处理。

试验在普通组培室进行,所用种子发芽盒为 13×19×12 cm 透明塑料种子发芽盒,每个处理培养叶片 10 张,每盒 2 张叶片;水培培养介质为高密度无土栽培水培植物专用泡沫板。

接种前对组培室进行紫外线灭菌处理,种子发芽盒、自封袋和泡沫板进行紫外线处理后,再用无水乙醇处理 30 min。所用培养液进行高压灭菌处理。培养温度为 25~28 ℃,光照时间为 10 h/d,12 丝自封袋密封保湿培养 3 d,然后打开自封袋口培养,待组培苗生根后去除自封袋,在开放环境进行生长,生根后移栽到容器中培养为独立植株。

1.3 观察记录与数据统计

5 d 后观察愈伤组织、根系、腋芽形成及生长情况,记录开始生根时间,培养 40 d 时统计生根率、腋芽高度、植株干质量和愈伤组织黏化叶片数目:计数法统计全部试验处理生根情况,然后计算生根

率;腋芽高度为植株基部至主茎顶部的距离,测量全部试验处理已发芽的植株高度,然后计算不同光照度(3 000、5 000 lx)、不同培养液浓度(1/2 Hogland + 1% 大蒜素、1/4Hogland + 1% 大蒜素)条件下植株的平均高度;植株干质量测定为随机抽取 1 个不同植物生长调节剂组合的试验处理(NAA 0 mg/L + 6-BA 0.2 mg/L),然后分别统计该处理在不同光照度(3 000、5 000 lx)、不同培养液浓度(1/2Hogland + 1% 大蒜素、1/4Hogland + 1% 大蒜素)条件下,去除叶柄后的再生植株的干质量。

1.4 数据分析

试验数据用 SPSS 22.0 进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同光照度对楸树叶片生根率、腋芽高度和植株干质量的影响

光照为绿色植物光合作用提供能源,是植物进行光合作用的必要条件,在光照度达到光饱和点之前,随着光照度增加,光合速率提高,大多数木本植物阳生叶片光补偿点为 1.0~1.5 klx,光饱和点为 20~50 klx^[21]。从表 1 可以看出,楸树离体叶片在光照度 5 000 lx 时叶片的生根率、腋芽高度和再生植株干质量均高于处理 3 000 lx,但差异不显著。

肉眼观察比较不同光照度下根系和腋芽生长情况亦无显著差异,尽管高光强可以提高楸树叶片的 光合速率,为楸树植株再生合成更多有机物质,但试验结果表明,光照度 3 000 lx 条件下植物光合作用合成的有机物即可满足楸树叶片植株再生需求。

表 1 光照度对楸树叶片生根率、腋芽高度和植株干质量的影响

光照度 (lx)	生根率(%)			腋芽高度(cm)			再生植株干质量(mg/株)		
	1/2Hogland	1/4Hogland	平均生根率	1/2Hogland	1/4Hogland	平均腋芽高度	1/2Hogland	1/4Hogland	平均干质量
3 000	73.13	74.38	73.75a	3.18±0.69	3.16±0.63	3.17±0.66a	35.58±5.61	38.87±6.39	37.32±6.25a
5 000	76.25	76.88	76.56a	3.30±0.76	3.34±0.69	3.32±0.72a	37.02±5.55	41.47±8.10	39.36±7.35a

注:同列数据后不同小写字母表示处理间差异显著(P<0.05)。表 2 同。

2.2 不同浓度培养液对楸树叶片生根率、腋芽高度和植株干质量的影响

离体楸树叶片维持生存并进行植株再生,需要利用叶柄从培养液吸收水分和所必需的矿物质来参与调节生命活动。从表 2 可以看出,离体楸树叶片对培养液中无机盐要求浓度较低,其生根率和植株干质量在 1/4 Hogland 培养液浓度下表现均优于 1/2Hogland 培养液,但二者无显著差异。在 1/2 Hogland 培养液中,愈伤组织褐化或发黏个体数比

较多,愈伤组织生长缓慢甚至停止,愈伤组织迟迟不生根,而进一步影响叶片植株再生;1/2 Hogland 培养液中黏化比例达 15.00%,1/4 Hogland 培养液中黏化比例则为 8.13%,2 种不同浓度培养液中愈伤组织黏化植株数目差异显著(表 2、图 1)。

2.3 不同组合外源激素对楸树叶片生根时间、生根率和腋芽高度的影响

由表 3 可知,当培养液中不含 NAA,外源激素 6-BA 含量为 0~0.4 mg/L 时,楸树叶片生根率和

表2 不同培养液浓度对楸树叶片生根率、植株干质量和愈伤组织黏化的影响

培养液	生根率 (%)			再生植株干质量 (mg/株)			愈伤组织黏化 (株)		
	3 000 lx	5 000 lx	平均生根率	1/2Hogland	5000 lx	平均干质量	3 000 lx	5 000 lx	合计
1/2Hogland	73.13	76.25	74.69a	35.58 ± 5.61	37.02 ± 5.55	36.34 ± 5.62a	27.00	21.00	48.00a
1/4Hogland	74.38	76.88	75.63a	38.87 ± 6.39	41.47 ± 8.10	40.24 ± 7.45a	14.00	12.00	26.00b

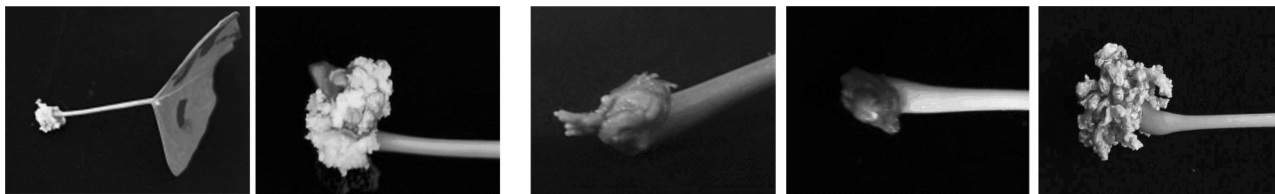


图1 愈伤组织褐化发黏

表3 不同组合外源激素对楸树叶片生根率和腋芽高度的影响

NAA (mg/L)	不同 6-BA 浓度下的生根率 (%)				不同 6-BA 浓度下的腋芽高度 (cm)			
	0 mg/L	0.2 mg/L	0.4 mg/L	0.8 mg/L	0 mg/L	0.2 mg/L	0.4 mg/L	0.8 mg/L
0	42.50a	52.50ab	57.50b	52.50ab	1.30 ± 0.33a	2.48 ± 0.57b	2.73 ± 0.57b	2.64 ± 0.46b
0.1	75.00a	90.00b	82.50ab	75.00a	2.95 ± 0.58a	3.39 ± 0.54b	3.40 ± 0.62b	3.18 ± 0.61ab
0.2	92.50b	87.50a	85.00a	85.00a	3.86 ± 0.66a	3.92 ± 0.81a	3.74 ± 0.65a	3.70 ± 0.60a
0.4	90.00a	82.50a	80.00a	75.00a	4.00 ± 0.81c	3.78 ± 0.73bc	3.61 ± 0.64b	3.25 ± 0.64a

注:同行数据后不同小写字母表示处理间差异显著($P < 0.05$)。

腋芽高度均随着 6-BA 浓度的增加而增加;随着培养液中 NAA 浓度的增加,楸树叶片生根和生长所需最适的 6-BA 浓度逐渐降低。培养液中 NAA 与 6-BA 不同组合中, NAA 0.1 mg/L + 6-BA 0.2 mg/L、NAA 0.2 mg/L + 6-BA 0 mg/L 和 NAA 0.4 mg/L + 6-BA 0 mg/L 3 个处理中,植株生根率可达 90% 及以上;腋芽高度在 NAA 0.1 mg/L + 6-BA 0.2 mg/L、NAA 0.1 mg/L + 6-BA 0.4 mg/L、NAA 0.1 mg/L + 6-BA 0.8 mg/L 及 NAA 0.2 mg/L、NAA 0.4 mg/L 与 6-BA 不同浓度组合的处理中均表现较好长势,植株高度均在 3.00 cm 以上。

从表4可知,在楸树叶片培养中,NAA 0.1 mg/L + 6-BA 0.2 mg/L 组合,愈伤组织培养5 d出现,出现早且生长快,提高NAA浓度,愈伤组织出现时间反而较晚;NAA 0.2 mg/L + 6-BA 0 mg/L 组合和

NAA 0.4 mg/L + 6-BA 0 mg/L 组合最早生根,低浓度 NAA 培养液中,愈伤组织需要较长时间的培养才能生根。

培养中发现,在较低 NAA 和适当 6-BA 的条件下,离体楸树叶片往往先长出腋芽,而后生根形成植株(图 2)。当培养液中 NAA 浓度较高而 6-BA 浓度较低时生根则更容易(图 3)。

2.4 移栽条件及管理措施

将培养 40 d 生根的离体楸树叶片移栽到园土:草炭土=4:1 的基质中,然后室外遮阴培养,白天由于气温高、天气炎热要注意多人工洒水降温、增加空气湿度。移栽时可带腋芽移栽,腋芽直接发育成植株(图 4-a);移栽时如切去腋芽,在移栽后 3 d 左右陆续发芽,且诱导芽发育整齐,生长快(图 4-b)。

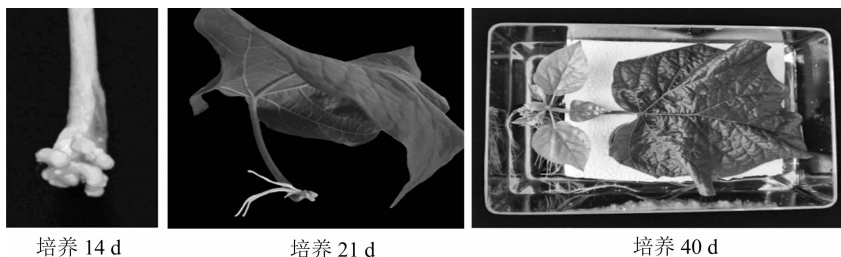
表4 不同组合外源激素对楸树叶片愈伤组织出现时间和生根时间的影响

NAA (mg/L)	不同 6-BA 浓度下的愈伤组织出现时间(d)				不同 6-BA 浓度下的开始生根时间(d)			
	0 mg/L	0.2 mg/L	0.4 mg/L	0.8 mg/L	0 mg/L	0.2 mg/L	0.4 mg/L	0.8 mg/L
0	15	13	10	12	21	18	17	18
15	0.1	7	5	6	7	15	14	14
15	0.2	10	8	7	9	12	13	13
15	0.4	12	12	9	13	12	13	15



培养 14 d 培养 21 d 培养 40 d

图2 离体楸树叶片植株诱导(1)——愈伤组织先长腋芽, 然后生根



培养 14 d 培养 21 d 培养 40 d

图3 离体楸树叶片植株诱导(2)——愈伤组织先生根, 然后长腋芽

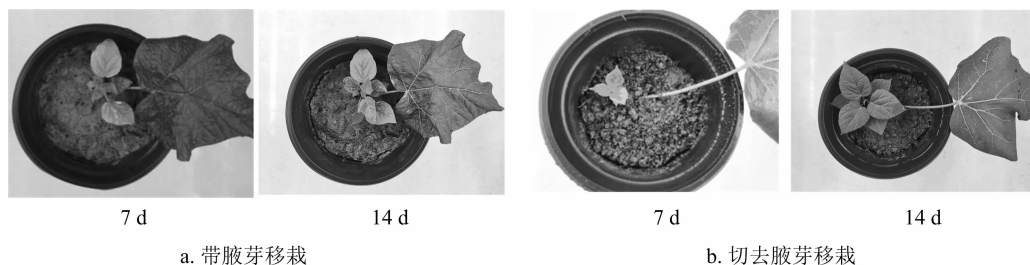


图4 移栽后楸树生长

3 讨论与结论

具有一定面积含有叶绿素的叶片能独立进行光合作用^[22], 从而合成植物生长所需的有机化合物。无糖组培利用绿色植物通过光合作用合成植物生长所必需的碳水化合物, 在光合速率达到饱和前, 光照度制约光合作用, 通常 2 000 ~ 3 000 lx 的光照度可满足外植体光合作用和对光通量的需求^[23], 如周锺信等在对非洲菊再生小茎芽无糖组培培养中发现, 2 800、8 000 lx 光照度对试验结果无明显影响, 认为过度提高光照度会因过多消耗而提高育苗成本^[24]。本试验发现, 离体楸树叶片培养 40 d 时的生根率、再生腋芽株高及再生植株的干质量在 5 000 lx 条件下高于 3 000 lx, 但差异不显著, 表明光照度在 3 000 lx 下, 离体楸树叶片合成的碳水化合物等有机物即可以满足植株再生的要求, 这可能与楸树叶片为发育成熟的叶片, 光合面积比较大、光合效率较高, 组培室采光比较好, 培养环境更接近自然光照条件有关。这为下一步研究如何更有

效地利用人工光源对培养过程进行补光, 楸树叶片培养过程中对不同波长光的吸收利用及光周期对根和芽诱导的影响提供了一定的思路。叶片的光合作用不仅能为芽、茎、切口发育源源不断地提供碳水化合物, 而且叶片自身产生的内源激素及其他生根促进物^[25], 更有利于楸树离体叶片发育成再生植株。

土壤中的矿质元素必须溶于水才能被植物根系吸收, 在植物组织培养中常用琼脂作为支撑材料, 因其透气性和营养元素移动性差等原因而造成组培苗根系发育慢^[26-27]。采用塑料泡沫、岩棉、蛭石、珍珠岩等多空材料代替琼脂等凝胶类物质可通过改善根系生长环境而促进根系和组培苗的生长^[28-29], 同时固体基质对营养元素的浓度具有一定的缓冲作用, 营养元素通过水分逐渐被植物根系吸收一部分, 而大部分会随着水分流失; 而水培能极大地节约人工, 劳动强度小, 避免营养元素流失, 更适合立体栽培。本试验采用 Hogland 培养液, 研究发现尽管离体楸树叶片的生根率和再生植株干质

量在 2 种不同浓度的培养液条件下无显著差异,但在 1/2Hogland 培养液条件下,离体楸树叶片愈伤组织黏化植株的数量高于 1/4Hogland 培养液,差异达显著水平,这可能与培养液中离子浓度过高有关。培养液中的各种营养元素全部溶解在水中,能及时被植物吸收利用,但在培养期间如果培养液中离子浓度超过植物器官忍耐程度,就会对新生长的愈伤组织产生毒害;同时由于楸树叶面积比较大,对于 N、P、K、Mg 等易移动元素,可被运输到生长中心而被重复利用,能较大地满足再生植株生长需要,所以在试验中 1/4Hogland 培养液综合优于 1/2Hogland 培养液,且节约了成本,避免资源浪费。

植物生长调节剂在愈伤组织诱导、生长和分化中起重要作用,同一种植物生长调节剂的不同浓度及不同植物生长调节剂的对比对愈伤组织的诱导和分化会产生不同影响^[30],NAA 和 6-BA 不同浓度及 6-BA/NAA 不同比值在楸树常规组培的近年研究报道较多^[13-18]。杨燕从筛选楸树各种外植体入手,发现 1.0 mg/L NAA 对楸树无菌苗诱导生根效果最好^[13];高浓度 6-BA 和高比值 6-BA/NAA 条件下形成的愈伤组织质地紧密,但易褐变;低浓度 6-BA 和低比值 6-BA/NAA 条件下形成的愈伤组织质地疏松,不易褐变,且容易分化不定根。楸树无糖组培培养试验发现:当 NAA 为 0.1 mg/L,同时 6-BA 为 0.2 mg/L 时,离体楸树叶片的叶柄愈伤组织出现最早,继续提高 NAA 和 6-BA 浓度,愈伤组织出现时间反而推迟,表明较低生长素和适当细胞分裂素的条件下更加适合愈伤组织分化与生长。而相反当培养液中不含 6-BA,NAA 浓度为 0.2、0.4 mg/L 时,离体楸树叶片的叶柄最早出现不定根,表明较高生长素浓度和较低的细胞分裂素浓度时愈伤组织生根更容易。同时试验结果表明,楸树无糖组织培养过程中所需 NAA 和 6-BA 浓度比常规组织培养中所需浓度低,这可能与离体叶片能够合成部分内源激素有关,这为下一步对楸树离体叶片无糖组织培养内源激素及生理生化物质变化研究明确了方向。

楸树叶片诱导植株移栽后,去除原有腋芽的再生植株生长速度要快于保留腋芽的再生植株,且去除腋芽的再生植株的生长整齐度高,这可能与切去腋芽更有利于根系发育有关。腋芽的去除减少了地上部分营养成分的消耗,减轻了移栽初期根系的负担,有益于移栽初期根系的发育。

综上所述,本研究通过试验从 2 个光照度、2 个 Hogland 培养液浓度、植物生长调节剂 NAA 和 6-BA 16 个不同浓度组合的 64 个处理中筛选出较佳培养条件:3 000 lx、1/4Hogland、NAA 0.1 mg/L + 6-BA 0.4 mg/L、NAA 0.2 mg/L + 6-BA 0 mg/L。该培养方法可以在开放环境中进行,利用离体楸树叶片水培培养再生植株,操作流程简化,节约成本,缩短了育苗周期,可为楸树育苗生产技术提供一种新的方法。

参考文献:

- [1]管道平,杨其长,刘文科,等. 植物光自养微繁殖技术研究进展[J]. 园艺学报,2006,33(3):680-686.
- [2]Ashkanani J,Sudharsan C,Jibimmanuel S,et al. Micropropagation of *Ziziphus mauritiana* resistant to stem gall infection[J]. Acta Horticulturae,2016(1116):77-82.
- [3]Vahdati K,Hassankhah A. Developing a photomixotrophic system for micropropagation of *Persian walnut* [J]. Acta Horticulturae,2014(1050):181-187.
- [4]Vyas S,Purohit S D. *In vitro* growth and shoot multiplication of *Wroghtia tomentosa* Roem et Schult in a controlled carbon dioxide environment[J]. Plant Cell, Tissue and Organ Culture,2003,75:283-286.
- [5]Sudharsan C,Al-Shayji Y,Jibimmanuel S,et al. Photoautotrophic culture phase for tissue cultured date palm plantlets[J]. Acta Horticulturae,2013(994):313-321.
- [6]Afreen F,Zobayed S M A,Kozai T. Photoautotrophic culture of *Coffea arabusta* somatic embryos; development of a bioreactor for large-scale plantlet conversion from cotyledonary embryos[J]. Annals of Botany,2002,90(1):21-29.
- [7]Assareh M H,Sedaghati M,Kiarostami K,et al. Investigation on two methods of *in vitro* micropropagation of *Eucalyptus maculata* [J]. Acta Horticulturae,2010,2010(865):353-355.
- [8]Zobayed S M A,Afreen-Zobayed F,Kubota C,et al. Mass propagation of *Eucalyptus camaldulensis* in a scaled-up vessel under *in vitro* photoautotrophic condition[J]. Annals of Botany,2000,85(5):587-592.
- [9]Kirdmanee C,Kitaya Y,Kozai T. Effects of CO₂ enrichment and supporting material *in vitro* on photoautotrophic growth of *Eucalyptus* plantlets *in vitro* And *ex vitro*; anatomical comparisons [J]. Acta Horticulture,1995,31(3):144-149.
- [10]崔瑾,丁永前,李式军,等. 增施 CO₂ 对葡萄组培苗生长发育和光合自养能力的影响[J]. 南京农业大学学报,2001,24(2):28-31,119.
- [11]屈云慧,熊丽,张素芳,等. 虎眼万年青离体快繁体系及无糖生根培养[J]. 中南林业学院学报,2003,23(5):56-58.
- [12]李艳敏,王利民,师曼,等. 金丝楸组培工厂化育苗技术研究[J]. 河南科技学院学报(自然科学版),2019,47(6):10-15.
- [13]杨燕. 楸树组织培养研究[D]. 南京:南京林业大学,2008.

冯金林,姚丽霞,秦铭徽. N 末端乙酰转移酶 Naa20 抑制植物发育时相的转变[J]. 江苏农业科学,2022,50(1):50-54.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.01.009

N 末端乙酰转移酶 Naa20 抑制植物发育时相的转变

冯金林,姚丽霞,秦铭徽

(山西师范大学生命科学学院/植物分子与环境胁迫响应山西省高等学校重点实验室,山西临汾 041004)

摘要:蛋白质 N 末端乙酰化修饰是真核生物中重要的蛋白质修饰类型,该修饰由一系列进化保守的 N 末端乙酰转移酶催化完成。为了探究 N 末端乙酰转移酶 *Naa20* 在植物发育进程中的作用,对拟南芥 *Naa20* 基因的突变体进行表型观察,发现 *naa20* 突变体相较于野生型表现出营养生长阶段幼年态向成年态转变的提前,并且开花时间也提前。转基因互补分析表明,*naa20* 突变体发育时相转变提前是由于 *Naa20* 基因表达缺失引起的。遗传分析表明,*naa20 hst* 双重突变体表现出与 *hst* 单突变体相似的幼年态向成年态转变提前和开花时间提前的表型。酵母双杂交试验表明,*Naa20* 蛋白与 *Naa25* 蛋白具有直接的相互作用。以上结果表明,*Naa20* 与 *Naa25* 存在于同一个复合体,通过下游调控 HST 进而抑制植物发育时相的转变,在植物营养生长时期转变和生殖生长转变过程中发挥了重要的作用。

关键词:N 末端乙酰转移酶;*Naa20*;发育时相转变;拟南芥

中图分类号:S188+.3 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2022)01-0050-05

在真核生物中,蛋白质 N 末端乙酰化修饰(N-terminal acetylation,NTA)是一种非常普遍的共价修饰。蛋白质 NTA 是由一系列的 N 末端乙酰转移酶(N-terminal acetyltransferase,Nat)催化完成的,Nat

以乙酰辅酶 A 作为乙酰基团的供体,对蛋白质 N 末端的 α 氨基进行乙酰化修饰,这种修饰主要是共翻译修饰^[1]。不同的蛋白质 NTA 的生物学意义是不同的,包括调节蛋白的稳定性、介导蛋白和蛋白之间的相互作用、影响蛋白的亚细胞定位等^[2-4]。拟南芥中有 7 种 Nat,依次命名为 *Naa10* ~ *Naa70*^[5]。已有研究表明,*Naa10* 在植物胚胎发育过程中起了不可缺少的作用,*Naa10* 缺失突变体表现出胚胎致死的表型^[6]。*Naa20* 缺失突变体表现出植物生长的

收稿日期:2021-04-18

基金项目:山西省回国留学人员科研资助项目(编号:2020-091);山西省高等学校科技创新项目(编号:2019-08)。

作者简介:冯金林(1986—),男,山西临汾人,博士,副教授,主要从事植物发育生物学研究。E-mail:jnlin_feng@163.com。

[14]杨燕,彭方仁,岑显超,等. 楸树腋芽增殖快繁技术研究[J]. 林业科技开发,2008,22(5):65-68.

[15]范国强,翟晓巧,毕会涛,等. 金丝楸的离体培养和植株再生[J]. 植物生理学通讯,2002,38(4):359.

[16]翟晓巧,裴琳,张晓申. 灰楸体外植株再生体系建立[J]. 江西农业学报,2011,23(3):17-19.

[17]傅玉兰,费鹏飞,刘小云. 楸树组培初代培养技术[J]. 林业科技开发,2009,23(4):88-91.

[18]张烨然,彭言劼,马勤,等. 楸树与滇楸组培快繁技术[J]. 东北林业大学学报,2016,44(11):5-9,51.

[19]姜何. ‘鲁楸1号’楸树组培快繁体系的建立[D]. 泰安:山东农业大学,2019.

[20]高晗,陈发菊,王毅敏,等. 楸树胚性细胞悬浮系的建立和植株再生[J]. 基因组学与应用生物学,2018,37(2):895-899.

[21]王忠. 植物生理学[M]. 2版. 北京:中国农业出版社,2009.

[22]Noé N,Bonini L. Leaf anatomy of highbush blueberry grown *in vitro* and during acclimatization to *ex vitro* conditions[J]. *Biologia Plantarum*,1996,38(1):19-25.

[23]Fujiwara K,Kozai T,Watanabe I. Development of a photoautotrophic tissue culture system for shoots and/or plantlets at rooting and acclimatization stages[J]. *Acta Horticulturae*,1988(230):153-158.

[24]周鍾信,李明,张丽香,等. 非洲菊光合微繁技术的研究[J]. 天津农学院学报,2002,9(4):15-18.

[25]徐伟忠,丁潮洪,朱丽霞. 一种新型光自养微繁体系的建立:植物非试管快繁技术[J]. 江西农业学报,2006,18(3):55-59.

[26]何松林,蒋要卫,孔德政,等. 不同培养方式对大花蕙兰试管苗生长的影响[J]. 河南农业大学学报,2007,41(6):619-622.

[27]张春丽,郭宇珍,何松林. 植物组培环境调控与规模化育苗技术研究进展[J]. 河南农业科学,2007,36(6):22-24,30.

[28]曲英华,胡秀婵,吴毅明. 植物组织培养新技术:光独立培养法[J]. 农业工程学报,2001,17(6):90-92.

[29]徐志刚,丁为民,丁永前,等. 规模化组培育苗设施环境与控制的研究进展[J]. 农业机械学报,2002,33(1):106-110.

[30]周宜君,周生闯,刘玉,等. 植物生长调节剂对植物愈伤组织的诱导与分化的影响[J]. 中央民族大学学报(自然科学版),2007,16(1):23-28.