

不同激素及添加物对马铃薯组培苗生长的影响

李 扬, 凌永胜, 林金秀 (泉州市农业科学研究所, 福建泉州 362212)

摘要 以马铃薯新品种“泉云4号”为试验材料, 以未添加激素的MS基础培养基为对照, 研究在马铃薯MS基础培养基中添加不同外源激素6-BA和NAA, 不同有机添加物番茄、马铃薯、香蕉对马铃薯组培苗生长和结薯的影响, 探求组培苗增殖、结薯的最适培养基配方, 为规模化生产组培苗和试管薯提供理论依据。结果表明, 6-BA在低浓度时对组培苗的长高、结薯有促进作用, 高浓度下有抑制作用, 但有利于增加叶片数; NAA在低浓度下有利于组培苗的长高、叶片数的增加, 在高浓度下有利于结薯, 且2种激素之间存在一定的交互作用。最适于组培苗增殖的激素配比为2.00 mg/L 6-BA+0.01 mg/L NAA, 最适于结薯的激素配比为2.00 mg/L 6-BA+1.00 mg/L NAA。最适宜组培苗长高和结薯的添加物均为100 g/L 马铃薯; 最适宜叶片生长的添加物为200 g/L 番茄。对于马铃薯组培苗结薯和叶片数的增加, 激素和添加物均可以有效促进, 但对于长高, 添加物的表现更好。

关键词 马铃薯; 组织培养; 6-BA; NAA; 有机添加物

中图分类号 S532 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2020)21-0039-04

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2020.21.012



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Effects of Different Hormones and Additives on the Growth of Potato Plantlets

LI Yang, LING Yong-sheng, LIN Jin-xiu (Quanzhou Agricultural Science Research Institute, Quanzhou, Fujian 362212)

Abstract The new potato variety “Quanyun No. 4” was used as experimental material, and the MS basic medium without hormone was used as control, the effects of different exogenous hormones 6-BA and NAA, different organic additives tomato, potato, banana on the growth and tuber-setting of potato plantlets *in vitro* were studied in order to provide basis for large-scale production of tissue culture plantlets and tubers. The results showed that 6-BA promoted the growth of plantlets and the number of leaves at low concentration, and NAA decreased the growth of plantlets and the number of leaves at high concentration, but increased the number of leaves at low concentration, at high concentrations, it was good for tubers, and there was a certain interaction between 6-BA and NAA. The optimum hormone ratio for plantlet multiplication was 2.00 mg/L 6-BA+0.01-0.10 mg/L NAA. The optimum hormone ratio for tuber formation was 2.00 mg/L 6-BA+1.00 mg/L NAA. The most suitable additives for the growth of plantlets and tubers were 100 g/L potatoes and 200 g/L tomatoes. Hormones and additives could effectively promote the growth of potato plantlets and increase the number of leaves, but the performance of additives was better for the growth.

Key words Potato; Tissue culture; 6-BA; NAA; Organic additives

马铃薯(*Solanum tuberosum* L.)是一年生茄科茄属草本植物, 是重要的粮菜兼用和工业原料作物, 对保证我国粮食安全、贫困地区脱贫增收和地区经济振兴崛起有重大意义。马铃薯主要依靠薯块进行无性繁殖, 连年种植会导致体内病毒积累、品种种性退化、品质及产量降低^[1-3]。组织培养技术不仅可以有效去除病毒、恢复种性、保证品质及产量, 而且能大大节省原种生产成本, 为工厂化育苗和良种繁育提供技术支持^[4-6]。

外源激素作为植物生长调节的重要物质, 添加一定浓度可以有效调节组培苗的生长^[7-8]。最早应用于苹果^[9-10]、葡萄^[11-12]和桃^[13]等园艺植物的茎尖组织培养中, 近年来, 在马铃薯组培方面的研究也越来越多^[14-15]。有机添加物作为天然的外源激素和能量, 在铁皮石斛^[16]、白及^[17]、观赏兰花^[18-19]等组培上应用广泛, 但在马铃薯组培方面的研究甚少, 且同时分析激素与添加物对马铃薯组培苗增殖和结薯的影响的研究尚未见报道。笔者通过在MS基础培养基中添加不同浓度的激素和天然添加物, 筛选出最适宜马铃薯组培苗增殖和结薯的培养基配方, 为规模化生产组培苗和试管薯提供理论依据, 以为马铃薯产业发展带来可观的经济效益。

1 材料与方法

1.1 试验材料 供试材料为泉云4号(泉州市农业科学研

究所和云南省农业科学院经济作物研究所合作选育)。

选取无病虫害、无损伤的带芽薯块种植于花盆中, 定期浇水; 待长至5~8 cm剪取顶芽, 立即放入加少许洗衣粉的烧杯中, 用纱布封口, 流水冲洗至少1 h备用。

1.2 试验设计

1.2.1 培养基的配制。以MS培养基+30 g/L蔗糖+7 g/L琼脂为基础培养基, 添加不同浓度的外源激素6-BA和NAA, 共设10个配方, 以未添加激素的培养基W10为对照(表1); 添加不同浓度的添加物, 共设10个配方, 以W10为对照(表2)。培养基分装后置于121℃高压锅中灭菌20 min备用。

表1 不同浓度6-BA和NAA的培养基配方

Table 1 Medium formula of 6-BA and NAA with different concentrations mg/L

培养基编号 Culture medium number	6-BA 浓度 6-BA concentration	NAA 浓度 NAA concentration
W1	1.00	0.01
W2	1.00	0.10
W3	1.00	1.00
W4	2.00	0.01
W5	2.00	0.10
W6	2.00	1.00
W7	4.00	0.01
W8	4.00	0.10
W9	4.00	1.00
W10	0	0

基金项目 福建省重大基金项目(2017NZ0002); 福建省科技保障性项目(2018N0201)。

作者简介 李扬(1990—), 女, 四川成都人, 硕士, 从事马铃薯育种及组培研究。

收稿日期 2020-03-18; **修回日期** 2020-04-09

1.2.2 外植体的获取及培养。在超净工作台上,先将顶芽(外植体)用 75 % 乙醇处理 10 s,然后用浓度 0.15% 的氯化汞浸泡 8 min,期间不断摇晃振荡,使氯化汞与外植体充分接触浸泡,最后用无菌水清洗 4~5 次,并放在无菌报纸上吸干表面水分,切取带一个叶原基的生长点(0.2~0.5 mm),迅速接入灭菌后的 MS 基础培养基中。待长出重生芽,转接到添加不同激素及添加物的培养基中(表 1,2),共计 19 个配方,每个配方接 10 瓶,每瓶接种 3 个茎尖,培养室温度为 20 ℃,光照时间为 14 h,光照强度为 2 000 lx。

表 2 不同浓度添加物的培养基配方

培养基编号 Culture medium number	添加物 Additives	添加物浓度 Concentration of additives/g/L
X1	番茄	100
X2	番茄	200
X3	番茄	300
X4	马铃薯	50
X5	马铃薯	100
X6	马铃薯	150
X7	香蕉	20
X8	香蕉	30
X9	香蕉	50
W10	0	0

1.3 数据统计与分析 30 d 后测定各处理组培苗的株高、叶片数等生长情况,60 d 后测定各处理的结薯情况。

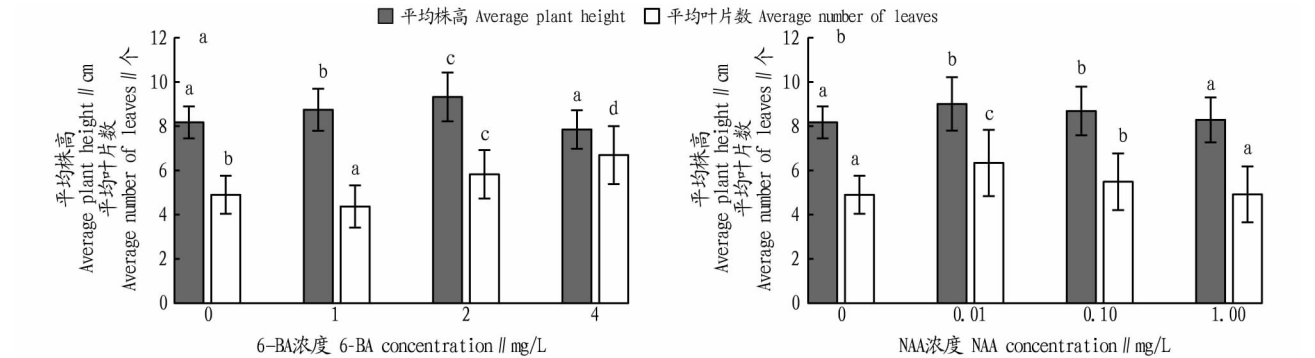
结薯率 = (结薯苗数/接种的总苗数) × 100%

试验数据使用 Excel 2007、SPSS 23.0 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同激素对马铃薯组培苗株高和叶片数的影响 由图 1 可知,随着 6-BA 浓度的增加,组培苗的平均株高呈先升高后下降的趋势,6-BA 浓度为 2.0 mg/L 时,平均株高最高,为 9.32 cm,与添加 1.00、4.00 mg/L 及未添加 6-BA 之间差异极显著($P<0.01$);平均叶片数则随着 6-BA 浓度的升高而升高,在 6-BA 浓度为 4.0 mg/L 时,平均叶片数最多,达 6.69 个,与添加 1.00、2.00 mg/L 6-BA 之间差异极显著($P<0.01$),与未添加 6-BA 之间差异显著($P<0.05$),说明最适宜组培苗长高的 6-BA 浓度为 2.0 mg/L,最适宜叶片数增加的 6-BA 浓度为 4.0 mg/L。

随着 NAA 浓度的增加,组培苗的平均株高和平均叶片数均呈下降趋势,当 NAA 浓度为 0.01 mg/L 时,平均株高和叶片数达到最高,分别为 9.00 cm 和 6.34 个,其中,平均叶片数与添加 0.1、1.00 mg/L NAA 之间差异极显著($P<0.01$),与未添加 NAA 的差异显著($P<0.05$),由此可知,最适宜组培苗长高和叶片数增加的 NAA 浓度均为 0.01 mg/L。



注:不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)
Note: Different lowercase letters showed significant difference($P<0.05$)

图 1 不同激素对马铃薯组培苗株高和叶片数的影响

Fig. 1 Effects of different hormone ratios on plant height and number of leaves in potato tissue culture

2.2 不同激素组合对马铃薯组培苗株高和叶片数的影响 从表 3 可以看出,W4 的平均株高最高,为 9.75 cm,高于单独 6-BA 和 NAA 最适浓度下的平均株高 9.32 和 9.00 cm(图 1),说明 2 种激素之间存在一定的交互作用,配合使用更有利于组培苗的长高;相比对照 W10,W4 与 W5 的平均株高提高了约 19.0 %,两者之间的平均株高差异不显著($P>0.05$),但均与其他培养基之间差异达极显著水平($P<0.01$),说明 W4 和 W5 均为适宜组培苗长高的培养基配方,但考虑到到成本问题,W4 是最适宜组培苗长高的培养基配方。

由表 3 可知,W7 的平均叶片数最多,为 7.69 个,多于单独 6-BA 和 NAA 最适浓度下的叶片数 6.69 个和 6.34 个(图 1),说明 6-BA 和 NAA 配合使用更有利于增加叶片数;W7

的平均叶片数与其他配方差异均达极显著水平($P<0.01$),比对照的平均叶片数提高了 56.94 %,可见,W7 为最适宜增加叶片数的培养基配方。

2.3 不同添加物对马铃薯组培苗株高和叶片数的影响 不同添加物对组培苗株高和叶片数的影响见图 2。由图 2 可知,与对照 W10 相比,X1~X9 的平均株高和叶片数均达显著水平($P<0.05$),说明在培养基中添加番茄、马铃薯和香蕉均有利于组培苗的长高和叶片数的增加;X5 组培苗的平均株高最高,达 10.67 cm,与其他培养基差异显著($P<0.05$);X2 的叶片数最多,达 7.74 个,与 X3 差异不显著($P>0.05$),但与其他培养基差异均达显著水平($P<0.05$)。由此可知,X5 是最适宜组培苗长高的培养基配方,X2、X3 均为适宜组培苗

叶片数增加的培养基配方,但考虑到成本问题,X2 是最适宜 组培苗叶片数增加的培养基配方。

表 3 不同激素组合对马铃薯组培苗株高和叶片数的影响

Table 3 Effects of different combination of hormones on plant height and number of leaves of potato tissue culture					
培养基编号 Culture medium number	6-BA 浓度 6-BA concentration mg/L	NAA 浓度 NAA concentration mg/L	接种数 Inoculation number 个	平均株高 Average plant height cm	平均叶片数 Average number of leaves//个
W1	1.00	0.01	30	9.06 de	4.90 b
W2	1.00	0.10	28	8.66 cd	4.18 a
W3	1.00	1.00	29	8.49 bcd	4.00 a
W4	2.00	0.01	30	9.75 ef	6.60 d
W5	2.00	0.10	27	9.43 e	6.00 c
W6	2.00	1.00	28	8.76 cd	4.82 b
W7	4.00	0.01	26	8.08 abc	7.69 e
W8	4.00	0.10	25	7.81 ab	6.40 cd
W9	4.00	1.00	27	7.57 a	6.00 c
W10	0.00	0.00	29	8.17 abc	4.90 b

注: 同列不同小写字母表示不同培养基间差异显著 ($P<0.05$)
Note: Different lowercases indicated significant difference between different culture media at 0.05 level

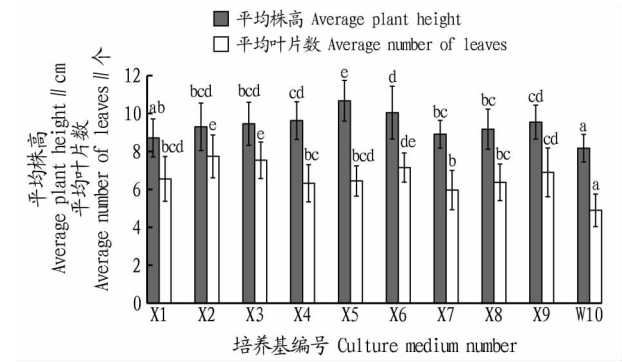


图 2 不同添加物对马铃薯组培苗株高和叶片数的影响
Fig.2 Effects of different additives ratios on plant height and number of leaves in potato tissue culture

2.4 不同激素及配比对马铃薯组培苗结薯的影响 从图 3 可以看出,随着 6-BA 浓度的升高,组培苗结薯率呈先增高后降低趋势,6-BA 浓度为 2.0 mg/L 时达到最高,为 88.44%,与最适宜组培苗长高的激素浓度一致(图1);结薯

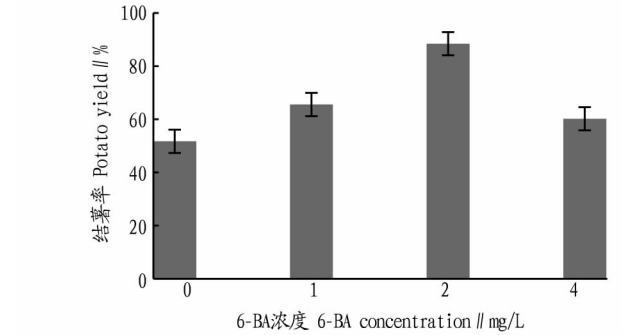


图 4 不同激素配方对马铃薯结薯率的影响
Fig.4 Effects of different hormone medium formulations on potato yield

2.5 不同添加物对马铃薯组培苗结薯的影响 由图 5 可知,与对照组相比,番茄组(X1、X2、X3)和马铃薯组(X4、X5、X6)的结薯率均显著高于对照,香蕉组(X7、X8、X9)的结薯率与对照相差不大,说明添加番茄和马铃薯有利于试管薯的

率随 NAA 浓度的增加而增高,最适宜组培苗结薯的 NAA 浓度为 1.0 mg/L,结薯率为 76.03%。

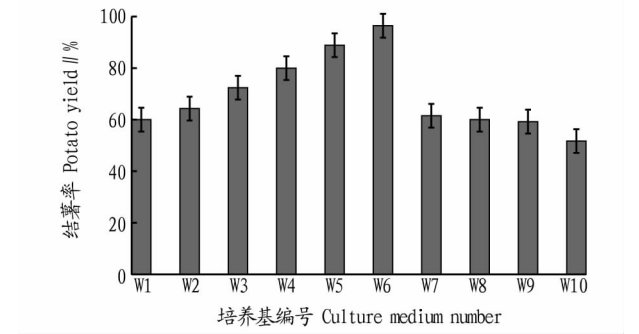
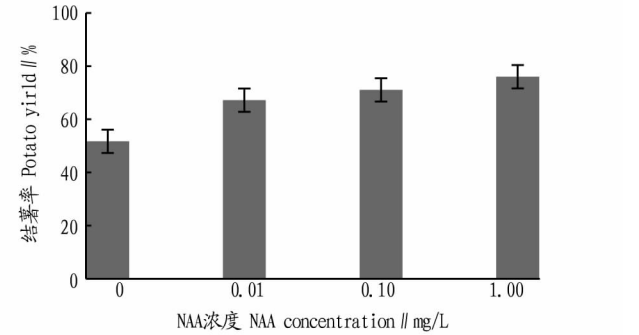


图 3 不同激素对马铃薯结薯率的影响
Fig.3 Effects of different hormones on potato yield

由图 4 可知,W6 配方的结薯率最高,达 96.43%,高于单独 6-BA 和 NAA 最适浓度下的结薯率 88.44%和 76.03%,说明 6-BA 和 NAA 之间存在一定的交互作用,二者配合使用更有利于提高结薯率,W6 为最适合试管薯形成的培养基配方。与对照相比,不同浓度的 6-BA 和 NAA 均有助于组培苗试管薯的形成。



形成,而添加香蕉对组培苗的结薯作用不大,其中,X5 的结薯率最高,达 96.30%。

2.6 最适宜马铃薯组培苗生长和结薯的配方 从表 4~6 可以看出,对于组培苗叶片数的增加和试管薯的形成,最适宜

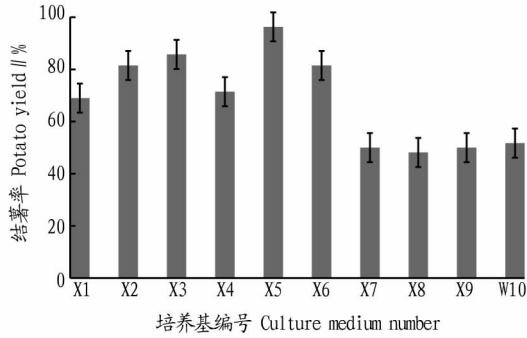


图5 不同添加物配方对马铃薯结薯率的影响
Fig. 5 Effects of different additives medium formulations on potato yield

的激素配方和添加物配方差异不显著 ($P>0.05$); 而最适宜组培苗长高的添加物配方与激素配方间差异达显著水平 ($P<0.05$), 说明激素和添加物均有利于叶片数的增加和试管薯的形成, 可以相互替代, 但对于长高而言, 添加物更利于组培苗的长高。

表4 最适宜激素、添加物配方下组培苗平均株高

Table 4 Average plant height of tissue culture seedlings under optimum hormone and additive formula

培养基编号 Culture medium number	激素/添加物 Hormone/additives	平均株高 Average plant height/cm
W4	2.00 mg/L 6-BA+0.01 mg/L NAA	9.75 b
X5	100 g/L 马铃薯	10.67 a

注: 同列不同小写字母表示不同培养基间差异显著 ($P<0.05$)
Note: Different lowercases in the same column indicated significant difference between different culture media at 0.05 level

表5 最适宜激素、添加物配方下组培苗平均叶片数

Table 5 Average number of leaves of tissue culture seedlings under optimum hormone and additive formula

培养基编号 Culture medium number	激素/添加物 Hormone/additives	平均叶片数 Average number of leaves/个
W7	4.00 mg/L 6-BA+0.01 mg/L NAA	7.69 a
X2	200 g/L 番茄 tomato	7.74 a

注: 同列不同小写字母表示不同培养基间差异显著 ($P<0.05$)
Note: Different lowercases in the same column indicated significant difference between different culture media at 0.05 level

表6 最适宜激素、添加物配方下组培苗的结薯率

Table 6 Potato yield of tissue culture under optimum hormone and additive formula

培养基编号 Culture medium number	激素/添加物 Hormone/additives	结薯率 Potato yield/%
W6	2.00 mg/L 6-BA+1.00 mg/L NAA	96.43 a
X5	100 g/L 马铃薯 potato	96.30 a

注: 同列不同小写字母表示不同培养基间差异显著 ($P<0.05$)
Note: Different lowercases in the same column indicated significant difference between different culture media at 0.05 level

3 讨论

在马铃薯组织培养过程中, 适量的外源激素、添加物有利于马铃薯组培苗的生长, 浓度过高、过低均会对组培苗产生不利影响^[20]。在该研究条件下, 未添加外源激素、添加物

的组培苗也可以正常生长直至形成试管薯, 但其长势明显不如添加外源激素、添加物的组培苗, 会较早出现叶片黄化、植株衰老等现象, 而且结薯率低、结薯晚且薯块小, 与前人研究结果相似^[19]。在该研究条件下, 激素和添加物均有利于组培苗的增殖和结薯, 6-BA 在低浓度时对组培苗的长高、结薯有促进作用, 高浓度下会抑制其长高及结薯, 但有利于增加叶片数; NAA 在低浓度下有利于组培苗的长高、叶片数的增加, 在高浓度下有利于结薯; 6-BA 与 NAA 之间存在一定的交互作用, 与前人研究结果相似^[21-26]。但关于香蕉添加物的研究与王艳平等^[21]的研究结果不同, 王艳平等^[21]研究认为添加香蕉会抑制组培苗的结薯, 该研究认为香蕉对组培苗的结薯虽然作用不大, 但还是有一定的促进作用, 这可能是研究所用香蕉的浓度有所不同, 王艳平等^[21]试验设计的香蕉浓度偏大。

该研究结果表明, 最适宜组培苗增殖的激素配比为 2.00 mg/L 6-BA+0.01 mg/L NAA; 最适宜结薯的激素配比为 2.00 mg/L 6-BA+1.00 mg/L NAA; 最适宜组培苗长高和结薯的添加物均为 100 g/L 马铃薯; 最适宜叶片生长的添加物为 200 g/L 番茄。对于马铃薯组培苗结薯和叶片数的增加, 激素和添加物均可以有效促进, 但对于长高, 添加物的表现更好。因此, 在马铃薯组培快繁时, 添加 100 g/L 马铃薯的配方更适宜。马铃薯、番茄等添加物均为易于获取的天然有机添加物, 其价格低廉, 适用于生产, 但由于添加物的品种、产地和成熟度的不同, 其有效成分的种类和含量也有较大差异, 还有待进一步研究。

参考文献

[1] 屈冬玉, 谢开云, 金黎平, 等. 中国马铃薯产业发展与粮食安全[J]. 中国农业科学, 2005, 38(2): 358-362.
[2] 谢从华. 马铃薯产业的现状与发展[J]. 华中农业大学学报(社会科学版), 2012(1): 1-4.
[3] 张玲. 马铃薯组织培养技术研究[J]. 西南科技大学学报, 2004, 19(1): 88-90.
[4] 张思鸣, 王勇, 胡钧铭, 等. 马铃薯茎尖脱毒与快繁技术应用研究进展[J]. 广东农业科学, 2008(8): 12-15.
[5] MELLOR F C, STACE-SMITH R. Virus-free potatoes by tissue culture [M]//REINERT J, BAJAJ Y P S. Applied and fundamental aspects of plant cell, tissue and organ culture. New York: Springer-Valag, 1977: 616-635.
[6] 田成津. 马铃薯茎尖脱毒及组培快繁技术研究[J]. 农业科技与信息, 2012(16): 21-23.
[7] 连勇. 马铃薯脱毒种薯生产技术[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2001: 137-139.
[8] 张海霞, 曲瑞芳. 马铃薯茎尖脱毒培养技术研究[J]. 吉林农业, 2013(5): 23-24.
[9] FIORINO P, LEVA A R. Propagation of apple cultivars[J]. Asta Hort, 1983, 131: 95-99.
[10] HUTCHINSON J F. Factors affecting shoot proliferation and root initiation in organ cultures of the apple 'Northern Spy'[J]. Sci Hort, 1984, 22(1): 347-358.
[11] 贾春兰, 王纪方, 杨建荣, 等. 葡萄试管苗繁殖技术研究[J]. 中国果树, 1992(1): 25-27.
[12] CHEE R, POOL R M. In vitro propagation of Vitis: The effect of organic substances on shoot multiplication[J]. Vitis, 1985, 24: 106-118.
[13] 杨增海. 园艺植物组织培养[M]. 北京: 农业出版社, 1987: 82.
[14] 余如刚, 杜雪玲, 宋运贤. 不同浓度 6-BA 及 KT 对马铃薯无病毒苗诱导的影响[J]. 亚热带植物科学, 2012, 41(2): 19-22.
[15] 张昌伟, 侯喜林, 袁建玉, 等. 不同外源激素对马铃薯试管薯形成的影响[J]. 江西农业大学学报, 2005, 27(1): 72-76.

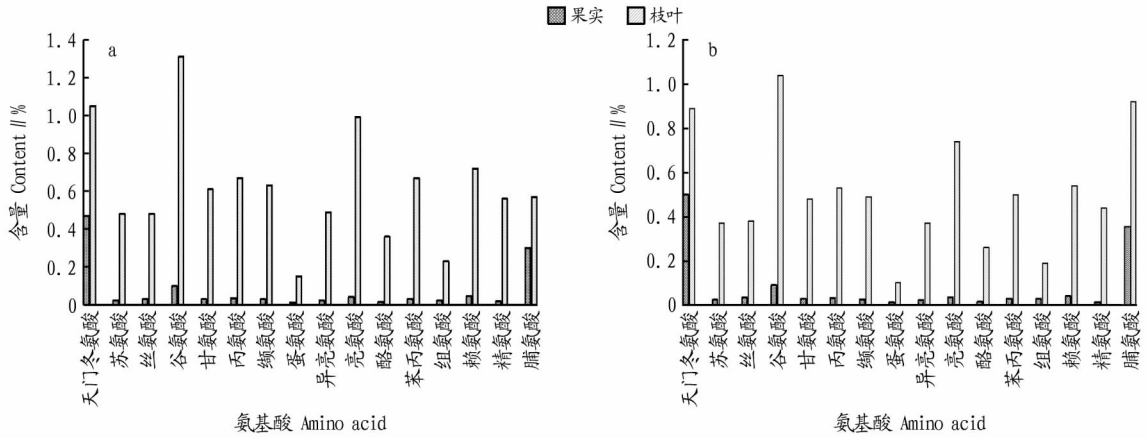


图1 2种欧李材料果实与枝叶氨基酸含量比较

Fig.1 Comparison of the amino acid contents in fruits, branches and leaves of two *C. humilis* materials

3 讨论

2018年引进到拉萨的2种欧李材料科尔沁欧李和洛南欧李的果实和枝叶均含有16种氨基酸,其中有6种必需氨基酸,研究结果与李晓亮^[14]的稍有不同,即引进的2种欧李果实检测出的氨基酸中没有半胱氨酸,因此后期还需再次检测确认。2种材料果实中的天门冬氨酸含量均达到最高,脯氨酸次之,蛋氨酸最低,这与李晓亮^[14]的研究结果一致;2种材料枝叶中的谷氨酸含量均达到最高,天门冬氨酸次之,蛋氨酸最低。欧李中的钙含量丰富,又名“钙果”,马建军等^[15]、张雨晴等^[4]和马庆华等^[16]的研究证实了钙在欧李中的含量确实高于其他矿质元素。该试验中科尔沁野生欧李和洛南野生欧李的钙含量也远高于其他矿质元素,且枝叶中所含钙含量、氨基酸含量均高于果实,这可能与西藏拉萨特殊的气候、地理位置等有关,其中具体原因有待进一步分析,这更加证明了欧李枝叶是一种非常优质的饲料,对西藏畜牧业的发展将会起到重要的作用。

4 结论

综合以上分析可以看出,野生欧李含有丰富的营养物质,尤其是钙和天门冬氨酸等矿质元素和氨基酸含量丰富。其茎叶柔软细嫩且富含钙质,是牛羊的饲料佳品。而野生欧李还具有抗风沙、耐贫瘠等抗逆性,是防风固沙、绿化荒山的优良树种。因此,合理开发和利用野生欧李资源将大大提升其经济价值和社会价值。

参考文献

[1] 唐绪宸. 天然的补钙水果——钙果[J]. 中国果菜, 2003(1): 31.

- [2] 李霞. 钙果的实用价值与栽培技术[J]. 山西水土保持科技, 2012(2): 47-48.
- [3] 张玉斌, 李娅楠, 崔国忠. 钙果(欧李)在酒泉市的栽培适应性研究[J]. 林业科技通讯, 2019(10): 64-67.
- [4] 张雨晴, 斯琴格日勒, 翟蓉, 等. 野生欧李和栽培欧李果实营养成分的比较分析[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(8): 104-108.
- [5] 刘淑琴, 常虹, 周家华, 等. 我国欧李的开发应用研究现状[J]. 食品研究与开发, 2009, 30(12): 167-170.
- [6] SONG X S, SHANG Z W, YIN Z P, et al. Mechanism of xanthophyll-cycle-mediated photoprotection in *Cerasus humilis* seedlings under water stress and subsequent recovery[J]. Photosynthetica, 2011, 49(4): 523-530.
- [7] MO C, LI W D, HE Y X, et al. Variability in the sugar and organic acid composition of the fruit of 57 genotypes of Chinese dwarf cherry [*Cerasus humilis* (Bge.) Sok.] [J]. Journal of horticultural science & biotechnology, 2015, 90(4): 419-426.
- [8] YE L Q, YANG C X, LI W D, et al. Evaluation of volatile compounds from Chinese dwarf cherry (*Cerasus humilis* (Bge.) Sok.) germplasm by headspace solid-phase microextraction and gas chromatography-mass spectrometry[J]. Food chemistry, 2017, 217: 389-397.
- [9] 李欧, 李卫东, 胡璇, 等. 欧李果实多酚含量的差异比较[J]. 中国实验方剂学杂志, 2012, 18(22): 53-56.
- [10] LI W D, LI O, ZHANG A R, et al. Genotypic diversity of phenolic compounds and antioxidant capacity of Chinese dwarf cherry (*Cerasus humilis* (Bge.) Sok.) in China[J]. Scientia horticulturae, 2014, 175(1): 208-213.
- [11] 耿涌杭, 许可, 苏上, 等. 欧李发酵饲料的评价及其对羊奶品质的影响[J]. 饲料研究, 2017(15): 31-36.
- [12] 薛晓芳, 杜俊杰. 浅谈欧李的开发利用价值[J]. 落叶果树, 2012, 44(3): 23-26.
- [13] 李华, 孔新刚, 王俊. 秸秆饲料中纤维素、半纤维素和木质素的定量分析研究[J]. 新疆农业大学学报, 2007, 30(3): 65-68.
- [14] 李晓亮. 欧李的营养成分测定与分析[J]. 农学学报, 2015, 5(8): 97-100.
- [15] 马建军, 任艳军, 张立彬. 燕山地区野生欧李矿质营养研究进展[J]. 河北科技师范学院学报, 2018, 32(4): 1-6.
- [16] 马庆华, 余海, 李恩杰, 等. 九龙山野生欧李不同器官营养成分分析[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(23): 179-184.

(上接第42页)

- [16] 董燕婧, 李博, 程波翔, 等. 不同添加物对铁皮石斛组培幼苗生长的影响[J]. 浙江农业科学, 2017, 45(6): 135-137.
- [17] 徐德林, 储士润, 李树刚, 等. 四种天然添加物对白及组培苗诱导的影响[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2015, 40(10): 181-186.
- [18] 何松林, 孔德政, 杨秋生, 等. 碳源和有机添加物对文心兰原球茎增殖的影响[J]. 河南农业大学学报, 2003, 37(2): 154-157.
- [19] 陈宝玲, 陈尔, 杨舒婷, 等. 不同培养基组分对带叶兜兰离体培养效果的影响[J]. 南方农业学报, 2016, 47(10): 1730-1736.
- [20] 王芳, 黄坚, 严成其, 等. 花旗马铃薯品种茎尖脱毒与快繁技术[J]. 浙江农业科学, 2017, 58(9): 1577-1578, 1583.
- [21] 王艳平, 吴娥娇, 林紫薇, 等. 不同激素及添加物对马铃薯组培苗生长

- 的影响[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(11): 124-127.
- [22] 赵海红, 贝丽霞, 陈祥梅. 不同附加物对马铃薯脱毒试管苗快繁的影响[J]. 黑龙江八一农垦大学学报, 2007, 19(2): 17-20.
- [23] 姜英德, 田应金. 马铃薯脱毒试管苗壮苗培育初探[C]//朱德蔚. 植物组织培养与脱毒快繁技术. 北京: 中国科学技术出版社, 2001: 270-272.
- [24] 刘俊秀. 马铃薯组织培养及试管苗保存的研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2015.
- [25] 吴晓玲, 姚新灵, 柳金凤. 不同激素对马铃薯组培苗生长特性及酶活性的影响[J]. 江苏农业科学, 2007, 35(1): 85-87.
- [26] 韦莹. 马铃薯组织培养及试管薯形成的研究[D]. 南宁: 广西大学, 2007.