

黑龙江西部干旱区糜子垄作栽培下适宜品种筛选

张盼盼^{1,2}, 朱天全², 刘娟¹, 高小丽³, 高立城², 刘佳辰², 曹瀚澜², 鲍玉月², 郑殿峰^{2*}

(1. 榆林学院生命科学学院, 陕西榆林 719000; 2. 黑龙江八一农垦大学农学院/国家杂粮工程技术研究中心, 黑龙江大庆 163319; 3. 西北农林科技大学农学院, 陕西杨凌 712100)

摘要 [目的] 筛选适合黑龙江西部干旱区种植的糜子品种, 提升该地区糜子产量水平。[方法] 在黑龙江西部干旱地区, 通过垄作栽培的方法, 采用完全随机试验设计, 以近些年培育出的 6 个优质糜子品种为试验材料, 进行品种筛选试验。[结果] 不同糜子品种的农艺性状和产量不同, 株高较高、穗粒数较多的品种为赤黍 8 号; 千粒重较重、籽粒饱满的品种为榆糜 2 号; 产量较高的粳糜子品种为固糜 21 号, 较榆糜 2 号、陇糜 12 号分别高 9.26%、24.21%; 产量较高的糯糜子品种为冀黍 2 号, 较晋黍 9 号、赤黍 8 号分别高 17.12%、47.73%。[结论] 为了获得较高的糜子产量, 建议在黑龙江西部干旱区扩大固糜 21 号和冀黍 2 号的种植面积。

关键词 糜子; 品种筛选; 黑龙江西部; 产量

中图分类号 S516 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2017)28-0032-04

Screening Suitable Variety of Proso Millet under the Raised-bed Planting in the Arid Area of Western Heilongjiang Province

ZHANG Pan-pan^{1,2}, ZHU Tian-quan², LIU Juan¹, ZHENG Dian-feng^{2*} et al (1. Life Science College, Yulin University, Yulin, Shaanxi 719000; 2. College of Agronomy /National Coarse Cereals Engineering Research Center, Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing, Heilongjiang 163319)

Abstract [Objective] To screen suitable proso millet variety under the raised-bed planting in the arid region of western Heilongjiang Province, and enhance the production level of proso millet in this region. [Method] As materials of 6 high quality proso millet varieties, the screening varieties experiment was carried in arid area of western Heilongjiang Province under the raised-bed cultivation, using complete randomized experimental design. [Result] Different agronomic characters and production of proso millet varieties were different. There were higher plant height and higher spike grain number in Chishu 8, heavier 1 000-grain weight in Yumi 2. The yield of Gumi 21 was more than Yumi 2, Longmi 12 respectively 9.26% and 24.21% in non-waxy proso millet, and the yield of Jishu 2 was more than Jinshu 9, Chishu 8 respectively 17.12%, and 47.73%, in waxy proso millet. [Conclusion] It is recommended to expand Gumi 21 and Jishu 2's planting area in arid area of western Heilongjiang Province to obtain higher proso millet production.

Key words Proso millet; Screening of varieties; Western Heilongjiang; Yield

糜子 (*Panicum miliaceum* L.) 属禾本科黍属, 其耐温喜光, 为一年生短日照 C₄ 草本植物, 具有抗旱、耐热、耐瘠等特点^[1]。糜子有硬糜子与软糜子, 也就是粳糯之分, 粳性为稷, 糯性为黍, 其区别主要是籽粒中直链淀粉含量不同, 通常软糜子又叫黍子, 其米称黄米, 生活中常制成米酒、炸糕等; 而硬糜子碾成米, 即为糜米, 可制成炒米。在自然灾害发生的年份, 糜子通常作为救灾和救济作物^[2]。

在我国, 糜子有着悠久的栽培历史^[3-4], 其几乎与小麦同时栽培, 病虫害较少^[5]。我国是世界上糜子的主要生产国, 产量占全世界 90% 左右^[6]。糜子的种植分布很广泛, 在我国约有 10 个省(区) 种植, 其栽培范围东自黑龙江的同江, 西至新疆的喀什, 南到海南的琼海, 北至内蒙古的海拉尔^[7]。黑龙江西部地区处在松嫩平原之上, 属于温带大陆性季风气候, 生长季节光照充足, 雨热同期, 昼夜温差大, 是全省热量较高但降雨量相对较少的地区^[8]。研究表明糜子在受旱条件下较其他小杂粮减产幅度小, 蒸腾效率高, 水分调节能力

强, 具有保持水土的作用^[9], 糜子抗旱、耐瘠的特性使其在黑龙江旱作农业中有着不可替代的优势, 并在农牧区生产中一直占有重要位置, 同时也是黑龙江省西部干旱区的特色粮食作物之一^[10]。

糜子营养充足, 且口感较好, 药用价值高^[11], 其籽粒中富含蛋白质、淀粉、脂肪、维生素及多种矿质元素, 如镁、铁、钙等^[12], 其中蛋白质含量约为 12%, 能够与面粉媲美, 并高于大米和玉米, 脂肪含量高于面粉和玉米, 是一种绿色健康食品^[13]。人们食用糜子, 可以预防动脉硬化、胃肠道肿瘤和冠心病等疾病^[14]。然而一直以来, 我国糜子种植产量低, 生产水平低, 质量不高, 科研起步较晚, 基础性研究比较薄弱^[15]。品种退化严重是造成产量低的主要原因, 开展品种筛选研究显得尤为重要。该研究对 6 个糜子品种在黑龙江西部干旱地区进行试验, 比较不同糜子品种各项农艺性状, 掌握其在半干旱条件下的适应性和生产力^[16-17], 并从品种的产量方面进行分析, 筛选出适合黑龙江西部干旱区旱作农田种植的糜子品种, 以提升该地区糜子产量, 提高农民收入^[18]。

1 材料与方法

1.1 供试材料 试验采用的品种为 3 个粳糜品种, 分别为榆糜 2 号(YM2)、陇糜 12 号(LM12)、固糜 21 号(GM21); 3 个糯糜品种, 分别为晋黍 9 号(JS9)、赤黍 8 号(CS8)、冀黍 2 号(JS2), 这 6 个品种均由西北农林科技大学国家小宗粮豆研究中心提供。

1.2 试验设计 试验于 2016 年 5—9 月在黑龙江省农垦绥

基金项目 国家科技支撑计划项目“糜黍子丰产关键技术研究集成与示范”(2014BAD07B03); 黑龙江八一农垦大学引进人才科研启动项目“糜子耐盐品种筛选及耐盐生理生化机制研究”(XYB2014-08); 大学生创新项目“磷石膏和有机肥对糜子生理特性和产量的影响”(XC2016004); 黑龙江省博士后基金项目“DTA-6 和 S3307 对糜子根系形态和生理的调控效应研究”(LBH-Z14177)。

作者简介 张盼盼(1985—), 女, 陕西渭南人, 博士, 从事杂粮种质资源及高产栽培生理生态研究。* 通讯作者, 教授, 从事大豆化学调控及杂粮栽培生理生态研究。

收稿日期 2017-07-07

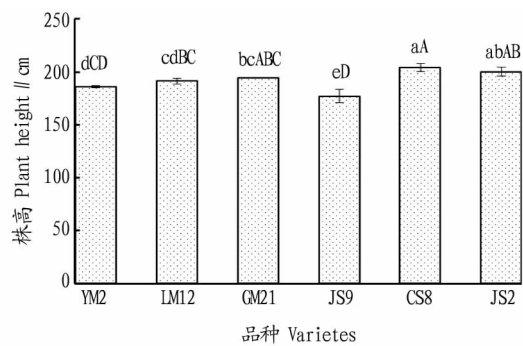
化管理局和平牧场国家杂粮工程技术研究中心杂粮试验基地进行。该地区年均气温 4.6℃,活动积温在 2 800℃·d 以上,年平均日照时数 2 782.5 h,夏季少雨炎热,土壤为栗钙土、风沙土及盐碱土,pH 7.3~8.5,前茬作物为绿豆,采取完全随机试验设计,以垄作栽培的方法,每个小区设置 5 垄,垄宽 0.65 m,垄长 4.00 m,小区面积 4.00 m×5×0.65 m=13.00 m²,重复 3 次。于 2016 年 5 月 8 日播种,9 月 24 日收获。田间管理措施同当地大田水平。

1.3 测定项目与方法 于糜子成熟后,各小区选取生长一致的 5 株糜子,按照《糜种质资源描述规范和数据标准》测量其株高、主茎穗长、主茎节数、单穗粒数、千粒重等农艺性状。同时在每个小区中选取垄长为 1 m 的植株,收获该范围内的所有糜子,将其籽粒取下、清选、风干和称重(记为 W_1),计算该品种产量(kg/hm²),产量= $W_1 \times 10\,000\text{ m}^2/0.65\text{ m}^2$ 。

1.4 数据分析 采用 Excel 2010 进行数据的录入、整理与绘图,采用 SPSS 22 进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 不同糜子品种株高比较 由图 1 可知,不同品种中赤黍 8 号株高最高(204.7 cm),晋黍 9 号最矮(177.7 cm)。方差分析结果表明,赤黍 8 号的株高与榆麩 2 号、陇糜 12 号、晋黍 9 号之间的差异均达极显著水平,与固糜 21 号差异达到显著水平,而与冀黍 2 号之间的差异不显著;冀黍 2 号的株高与榆麩 2 号、晋黍 9 号之间的差异达极显著水平,与陇糜 12 号之间差异达显著水平;固糜 21 号的株高与晋黍 9 号之间的差异达极显著水平,与榆麩 2 号之间的差异达显著水平,而与陇糜 12 号之间无显著差异;陇糜 12 号的株高与晋黍 9 号之间的差异达极显著水平,而与榆麩 2 号之间无显著差异。



注:小写字母不同表示差异显著($P < 0.05$);大写字母不同表示差异极显著($P < 0.01$)

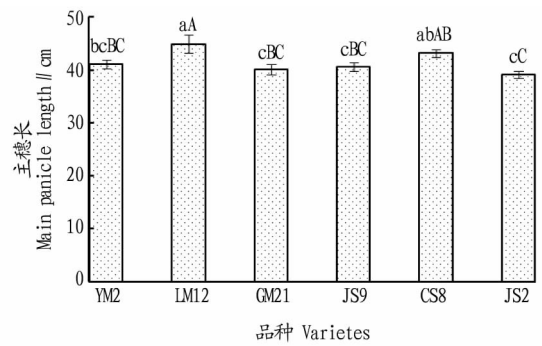
Note: Different small letters mean significant differences ($P < 0.05$); different capital letters show extremely significant differences ($P < 0.01$)

图 1 不同糜子品种株高比较

Fig. 1 Comparison of plant height of different proso millet varieties

2.2 不同糜子品种主穗长比较 由图 2 可知,各品种主穗长由长到短依次是陇糜 12 号、赤黍 8 号、榆麩 2 号、晋黍 9 号、固糜 21 号、冀黍 2 号。方差分析结果表明,陇糜 12 号的

主穗长与榆麩 2 号、晋黍 9 号、固糜 21 号、冀黍 2 号差异达极显著水平,与赤黍 8 号之间差异不明显;赤黍 8 号与冀黍 2 号的主穗长差异达极显著水平,与固糜 21 号、晋黍 9 号、冀黍 12 号之间差异达显著水平,与榆麩 2 号之间无显著差异;榆麩 2 号与陇糜 12 号差异达极显著水平。



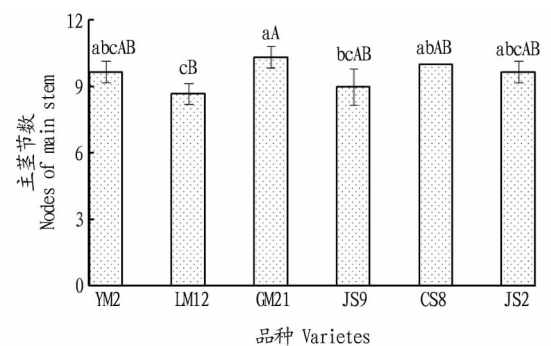
注:小写字母不同表示差异显著($P < 0.05$);大写字母不同表示差异极显著($P < 0.01$)

Note: Different small letters mean significant differences ($P < 0.05$); different capital letters show extremely significant differences ($P < 0.01$)

图 2 不同糜子品种主穗长度比较

Fig. 2 Comparison of main panicle length of different proso millet varieties

2.3 不同糜子品种主茎节数比较 由图 3 可知,不同糜子品种主茎节数最多的为固糜 21 号,其次是赤黍 8 号、榆麩 2 号、冀黍 2 号、晋黍 9 号,陇糜 12 号为最少。方差分析结果表明,固糜 21 号的主茎节数与陇糜 12 号之间差异达极显著水平,与晋黍 9 号之间差异达显著水平,与赤黍 8 号、冀黍 2 号、榆麩 2 号之间无显著差异;赤黍 8 号与晋黍 9 号、冀黍 2 号、榆麩 2 号之间无显著差异;晋黍 9 号与陇糜 12 号之间无显著差异。



注:小写字母不同表示差异显著($P < 0.05$);大写字母不同表示差异极显著($P < 0.01$)

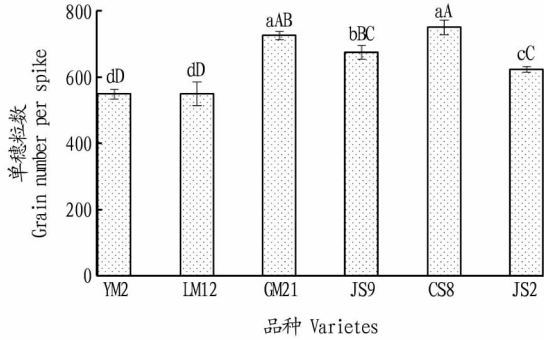
Note: Different small letters mean significant differences ($P < 0.05$); different capital letters show extremely significant differences ($P < 0.01$)

图 3 不同糜子品种主茎节数比较

Fig. 3 Comparison of nodes of main stem of different proso millet varieties

2.4 不同糜子品种单穗粒数比较 由图 4 可知,赤黍 8 号

单穗粒数最多,相比于最少的榆糜 2 号多了 202 粒,固糜 21 号为 726 粒,比陇糜 12 号多了 176 粒,晋黍 9 号与冀黍 2 号相差较小,分别为 675 和 623 粒。方差分析结果表明,赤黍 8 号的单穗粒数与晋黍 9 号、冀黍 2 号、榆糜 2 号、陇糜 12 号之间差异达极显著水平,与固糜 21 号之间无显著差异;固糜 21 号的单穗粒数与冀黍 2 号、榆糜 2 号、陇糜 12 号之间差异达极显著水平,与晋黍 9 号之间差异达显著水平;晋黍 9 号与榆糜 2 号、陇糜 12 号之间差异达极显著水平,与冀黍 2 号之间差异达显著水平;冀黍 2 号与榆糜 2 号、陇糜 12 号之间差异达极显著水平。



注:小写字母不同表示差异显著($P < 0.05$);大写字母不同表示差异极显著($P < 0.01$)

Note: Different small letters mean significant differences ($P < 0.05$); different capital letters show extremely significant differences ($P < 0.01$)

图4 不同糜子品种单穗粒数比较

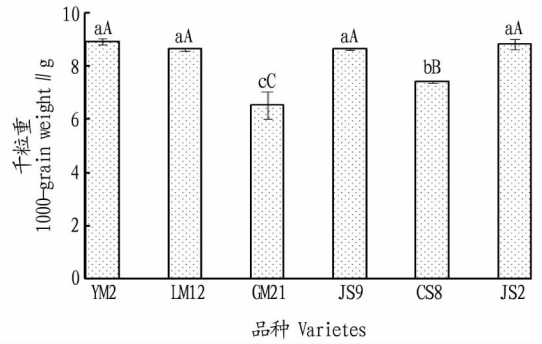
Fig. 4 Comparison of grain number per spike of different proso millet varieties

2.5 不同糜子品种千粒重比较 由图 5 可知,不同品种千粒重以榆糜 2 号最重,固糜 21 号最轻,居于中间的为冀黍 2 号、晋黍 9 号、陇糜 12 号、赤黍 8 号。方差分析结果得出,榆糜 2 号的千粒重与赤黍 8 号、固糜 21 号之间差异达极显著水平,与晋黍 9 号、冀黍 2 号、陇糜 12 号之间无显著差异;赤黍 8 号的千粒重与固糜 21 号之间差异达极显著水平。

2.6 不同糜子品种产量比较 由图 6 可知,不同品种中冀黍 2 号产量最高($4\,444.44\text{ kg/hm}^2$),其次是固糜 21 号($4\,034.19\text{ kg/hm}^2$),赤黍 8 号产量最低($3\,008.85\text{ kg/hm}^2$),其中晋黍 9 号、榆糜 2 号和陇糜 12 号比产量最少的赤黍 8 号分别增产 26.14%、22.73%、7.95%。方差分析结果表明,冀黍 2 号的产量与晋黍 9 号、榆糜 2 号、陇糜 12 号、赤黍 8 号的差异达极显著水平,与固糜 21 号之间差异达显著水平;固糜 21 号与陇糜 12 号、赤黍 8 号产量之间的差异达极显著水平,与榆糜 2 号之间差异达显著水平,与晋黍 9 号之间无显著差异;晋黍 9 号与陇糜 12 号、赤黍 8 号之间差异达极显著水平,与榆糜 2 号之间无显著差异。

3 结论与讨论

单从产量方面来看,3 个糯糜品种,冀黍 2 号产量最高($4\,444.44\text{ kg/hm}^2$);粳糜中固糜 21 号的产量最高($4\,034.19\text{ kg/hm}^2$),粳糜和糯糜总体产量差异不大,具有较高的经济价值。

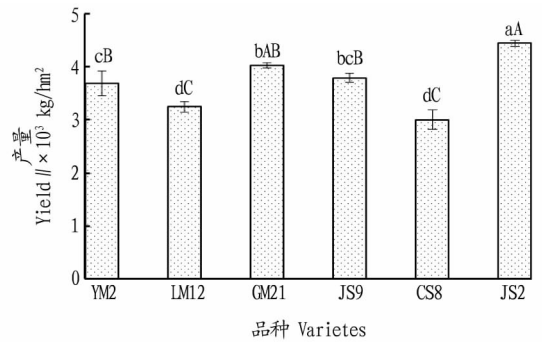


注:小写字母不同表示差异显著($P < 0.05$);大写字母不同表示差异极显著($P < 0.01$)

Note: Different small letters mean significant differences ($P < 0.05$); different capital letters show extremely significant differences ($P < 0.01$)

图5 不同糜子品种千粒重比较

Fig. 5 Comparison of 1 000-grain weight of different proso millet varieties



注:小写字母不同表示差异显著($P < 0.05$);大写字母不同表示差异极显著($P < 0.01$)

Note: Different small letters mean significant differences ($P < 0.05$); different capital letters show extremely significant differences ($P < 0.01$)

图6 不同糜子品种产量比较

Fig. 6 Comparison of yield of different proso millet varieties

株高是重要的经济性状之一,株高增加有利于植株提供更多的养料给穗粒,因此在筛选品种过程中应选择株高相对高且抗倒的品种。植株千粒重和单株穗重是重要的产量性状,在种植过程中,通过适宜的栽培方法,提高千粒重和单株穗重,有助于产量提高。该研究中各品种的株高、穗长、单穗粒数、千粒重之间差异显著,主茎节数差异不明显^[19]。

6 个品种在黑龙江省农垦绥化管理局和平牧场国家杂粮工程技术研究中心杂粮试验基地均能正常生长,该研究中可供选择应用的高产良种,糯糜品种有冀黍 2 号,粳糜子品种有固糜 21 号。同时筛选出植株偏高的赤黍 8 号和冀黍 2 号,由于其秸秆的适口性强,且营养价值高于其他禾本科牧草,因此可作为动物饲料,加之其较长的秸秆也可供热用作其他途径;植株矮小的晋黍 9 号和榆糜 2 号抗倒伏能力强,可在黑龙江西部地区风沙较大的地方推广应用;千粒重较高的榆糜 2 号,冀黍 2 号籽粒较为饱满,品质较好。在干旱的黑龙江西地区,供试的 6 个糜子品种总体均有较好的抗

旱性,均可推广或者作为种质资源加以利用^[20]。

通过此次的品种筛选试验,各参试品种农艺性状较好,产量较高。综合性状较优的为固糜 21 号和冀黍 2 号,建议进行大面积推广,同时可进行其他品种比较试验,进一步提高黑龙江西部地区糜子生产产业化与市场化,筛选出适合该地区种植和推广的糜子品种。

参考文献

[1] HU X Y, WANG J F, LU P, et al. Assessment of genetic diversity in broom-corn millet (*Panicum miliaceum* L.) using SSR markers[J]. J Genet Genomics, 2009, 36(8): 491–500.

[2] 连帅,王瑞云,马跃敏,等. 不同生态区糜子种质资源的遗传多样性分析[J]. 山西农业大学学报(自然科学版), 2015, 35(3): 225–231.

[3] 王德慧,乔治军,盛晋华,等. 种植密度对糜子生长发育及产量影响[J]. 干旱区资源与环境, 2015, 29(5): 127–131.

[4] BETTINGER R L, BARTON L, MORGAN C. The origins of food production in north China: A different kind of agricultural revolution[J]. Evolutionary anthropology: Issues, news, and reviews, 2010, 19(1): 9–21.

[5] 黄先伟. 糜子[J]. 生物学通报, 1955(11): 33–35.

[6] 贾艳荣,李斌. 偏关县糜子产业现状和发展建议[J]. 农业技术与装备, 2014(10): 75–77.

[7] 林汝法,柴岩,廖琴,等. 中国小杂粮[M]. 北京:中国农业出版社, 2002: 74.

[8] 段体康,王振斌,王力刚,等. 浅议黑龙江省西部半干旱区植被恢复技术[J]. 防护林科技, 2009(1): 109–110.

[9] 张雄. 黄土高原主要小杂粮作物的干旱适应性研究[J]. 干旱区资源与环境, 2007, 21(8): 111–115.

[10] 李清泉. 黑龙江半干旱地区糜子生产及无公害种植技术[J]. 贵州农业科学, 2008, 36(3): 55–56.

[11] 苏占明,李海,皇甫红芳. 晋北地区不同糜子品种适应性研究[J]. 现代农业科技, 2016(3): 79–80, 82.

[12] SALEH A S M, ZHANG Q, CHEN J, et al. Millet grains: Nutritional quality, processing, and potential health benefits[J]. Comprehensive reviews in food science and food safety, 2013, 12(3): 281–295.

[13] 马建科,何世新. 糜子新品系在灵台县区域试验初报[J]. 中国农业信息, 2016(7): 98–100.

[14] 董俊丽,王海岗,陈凌,等. 糜子骨干种质遗传多样性和遗传结构分析[J]. 中国农业科学, 2015, 48(16): 3121–3131.

[15] 晁桂梅,周瑜,高金锋,等. 粳性和糯性糜子淀粉的理化性质[J]. 中国粮油学报, 2016, 31(11): 13–19.

[16] 魏仰浩. 中国黍稷品种资源及生态型研究[C]//中国黍稷论文选. 北京:农业出版社, 1990.

[17] 艾尔肯·艾林别克,阿依努尔·阿木尔哈孜,吾买尔夏提·塔汗. 新疆糜子品种比较试验[J]. 园艺与种苗, 2015(5): 29–30, 64.

[18] 葛维德,赵阳,于利娟,等. 辽宁省糜子品种引种试验[J]. 杂粮作物, 2009, 29(5): 345–346.

[19] 刘晓欢,王瑞云,杜海娥,等. 糜子(*Panicum miliaceum* L.)品种间农艺性状的形态解剖差异[J]. 山西农业大学学报(自然科学版), 2013, 33(4): 295–298.

[20] 盖琼辉,王百姓,王东. 16 个糜子新品种在陇东干旱地区的应用评价[J]. 种子, 2015, 34(5): 103–106.

(上接第 2 页)

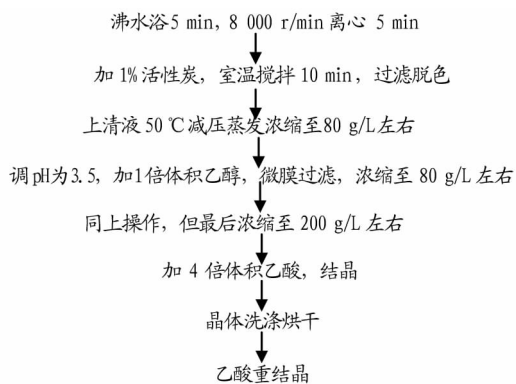


图 1 N-乙酰神经氨酸的提取工艺流程

Fig.1 Extraction process of N-acetylneuraminic acid

对发酵液经该工艺流程处理,最后所得 N-乙酰神经氨酸成品,经测定纯度均在 96.0% 以上。

3 结论

由该研究构建的整合性枯草芽孢杆菌经发酵培养得到的 N-乙酰神经氨酸发酵液含 N-乙酰神经氨酸 8~10 g/L, 对该发酵液进行菌液分离、脱色、除杂除蛋白、浓缩、结晶、重结晶等分离提纯后,可得到纯度 96.0% 以上的 N-乙酰神经氨酸结晶样品,为大规模发酵产 N-乙酰神经氨酸的分离提纯提供技术方法,为枯草芽孢杆菌生产的 N-乙酰神经氨酸

的应用奠定基础。

参考文献

[1] BLIX F G, GOTTSCHALK A, KLENK E. Proposed nomenclature in the field of neuraminic and sialic acids[J]. Nature, 1957, 179(4569): 1088.

[2] 刘志东,王荫榆,郭本恒,等. 唾液酸的研究进展[J]. 食品工业科技, 2010(4): 368–373.

[3] MARU I, OHNISHI J, OHTA Y, et al. Why is sialic acid attracting interest now? Complete enzymatic synthesis of sialic acid with N-acetylglucosamine 2-epimerase[J]. Journal of bioscience and bioengineering, 2002, 93(3): 258–265.

[4] 李宏越. 微生物发酵法生产 N-乙酰神经氨酸的研究[D]. 沈阳:大连工业大学, 2014.

[5] WANG B. Sialic acid is an essential nutrient for brain development and cognition[J]. Annual review of nutrition, 2009, 29(1): 177–222.

[6] BABU Y S, CHAND P, BANTIA S, et al. BCX-1812 (RWJ-270201): Discovery of a novel, highly potent, orally active, and selective influenza neuraminidase inhibitor through structure-based drug design[J]. Cheminform, 2000, 43(19): 3482–3486.

[7] 程铨,高春芳. 唾液酸的生物学意义及其在肝病中的研究进展[J]. 检验医学, 2013, 28(4): 333–336.

[8] HSU C C, LIN T W, CHANG W W, et al. Soyasaponin-I-modified invasive behavior of cancer by changing cell surface sialic acids[J]. Gynecologic oncology, 2005, 96(2): 415–422.

[9] 李宏越,柳鹏福,史吉平,等. 唾液酸的生理功能、应用及其生产方法[J]. 食品工业科技, 2014, 35(3): 363–368.

[10] CHEN X, VARKI A. Advances in the biology and chemistry of sialic acids[J]. ACS chemical biology, 2010, 5(2): 163–176.

[11] 刘延峰. 代谢工程改造枯草芽孢杆菌高效合成 N-乙酰氨基葡萄糖[D]. 无锡:江南大学, 2015.

[12] MEYER F M, GERWIG J, HAMMER E, et al. Physical interactions between tricarboxylic acid cycle enzymes in *Bacillus subtilis*: Evidence for a metabolon[J]. Metabolic engineering, 2011, 13(1): 18–27.

本刊提示 文稿题名下写清作者及其工作单位名称、邮政编码;第一页地脚注明第一作者简介,格式如下:“作者简介:姓名(出生年—),性别,籍贯,学历,职称或职务,研究方向”。