

不同施肥方式对茅梁糯 1 号农艺性状和酿酒品质的影响

洪鼎立, 王怀玉, 李鲁华* (贵州大学农学院, 贵州贵阳 550025)

摘要 通过对未施肥、施农家肥、施农家肥+大豆高粱间作和施化肥处理茅梁糯 1 号的农艺性状和酿酒品质进行相关性研究。结果表明, 间作处理的产量、单穗质量、千粒重等农艺性状优于单施农家肥。单施化肥处理高粱种子中的单宁含量高达 2.26%, 施用农家肥 (1.66%) 和间作 (1.63%) 处理使得单宁含量处于适宜酿酒的范围。与施化肥相比, 农家肥和间作处理能够显著降低种子中的淀粉含量。单宁含量、淀粉含量和支链淀粉含量三者呈显著正相关。由此可知, 通过农家肥、间作和化学肥料配合使用能够维持茅梁糯 1 号的酿酒品质。该研究为开展高粱“减肥增效”和改善高粱“酿酒品质”提供理论依据。

关键词 糯高粱; 农艺性状; 减肥增效; 酿酒品质

中图分类号 S514 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2022)09-0154-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.09.039

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Effects of Different Fertilization Methods on Agronomic Characters and Quality of Maoliangnuo 1

HONG Ding-li, WANG Huai-yu, LI Lu-hua (College of Agriculture, Guizhou University, Guiyang, Guizhou 550025)

Abstract We analyzed the agronomic characters and wine quality traits of Maoliangnuo 1 with four different treatment of no fertilizer, farmyard manure alone, farmyard manure + soybean sorghum intercropping and chemical fertilizer alone, respectively. Our results demonstrated farmyard manure + soybean sorghum intercropping treatment possessed higher yield, single panicle quality and thousand grain weight than that of farmyard manure alone treatment. The tannin content reached to 2.26% in sorghum seeds by chemical fertilizer treatment. However the tannin content was 1.66% and 1.63%, which was in a suitable range for wine-making in sorghum seeds by farmyard manure alone and farmyard manure + soybean sorghum intercropping treatment, respectively. Farmyard manure alone and farmyard manure + soybean sorghum intercropping treatment could significantly reduce the starch contents compared with chemical fertilizer treatment. There was a significant positive correlation among tannin content, starch content and amylopectin content in Maoliangnuo 1. Therefore, effectively combined with farmyard manure, farmyard manure + soybean sorghum intercropping and chemical fertilizer could maintain good wine quality of Maoliangnuo 1. This study provides a theoretical basis for the scientific fertilization and wine quality traits improvement of glutinous sorghum for wine.

Key words Glutinous sorghum; Agronomic characters; Scientific fertilization; Wine quality traits

高粱 [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] 是世界上第五大作物, 具有抗旱性强、耐贫瘠、耐盐碱等特点, 广泛种植于干旱和半干旱地区^[1-2]。高粱作为一种多用途和利用价值较高的作物, 可以作为粮食作物、饲料原料、酿酒原料等^[3], 2018 年以来我国高粱种植面积迅速增加^[4]。糯高粱是贵州省优质白酒如茅台酒、习酒等的主要原料, 在贵州省广泛种植, 作为重要产业在贵州省脱贫攻坚战中起着积极推动作用。

研究认为肥料施用不仅能够为植物的生长发育提供营养来源进而提高作物产量, 而且能够影响土壤的生态环境^[5-7]。研究发现施用化肥能够显著提高高粱产量^[8-10]。化学肥料特别是氮肥的过量使用能够造成土壤退化、环境污染等问题, 我国针对化肥过量使用的现状已经提出“减量增效”的绿色发展理念。与化学肥料相比, 有机肥具有改善土壤环境、提高土壤保水能力等功能^[11-12], 可以部分替代化学肥料使用从而缓解化学肥料过量使用引起的一系列问题。谢奇霖等^[13]研究表明, 施用有机肥能够有效提高甜高粱的产量, 也能够通过降低甜高粱中性洗涤纤维含量并提高酸性洗涤纤维、粗蛋白、粗脂肪等含量改善高粱品质。李祥栋等^[14]研究表明, 合理施用有机肥能够提高酿酒高粱的产量和籽粒的酿酒品质。豆科作物间作能够提高小麦、玉米等作物对矿质

元素的吸收、水分利用效率等, 其被认为是保持农业生产可持续发展的重要技术途径^[15-16]。研究表明, 高粱大豆间作也能够提高水分和氮素营养的利用效率^[17]。高粱大豆间作能够提高糯高粱的光合能力从而提高产量, 并表现出有效控制炭疽病发生的功能^[18-19]。

为了探究不同施肥方式对茅梁糯 1 号农艺性状和主要酿酒品质的影响, 笔者以未施肥料、单施农家肥、施用农家肥+大豆间作和单施化肥 4 种施肥方式的茅梁糯 1 号高粱为试验材料, 分析了不同施肥方式对酿酒高粱农艺性状和品质的影响, 探讨了茅梁糯 1 号农艺性状和品质的相关性, 以期为优质酿酒高粱的科学施肥提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验地概况 试验地位于贵州省黔西南州贞丰县龙场镇坡柳村 (105°32'E, 25°24'N), 属亚热带高原季风湿润气候, 年平均降水量约 1 352 mm。试验地土壤质地为弱酸性黄壤, 种植制度以冬小麦-夏高粱一年两熟轮作制为主。

1.2 试验材料 高粱品种为茅梁糯 1 号, 由贵州大学农学院国家小麦中心贵州分中心提供。

1.3 试验设计 设计 4 个处理。空白对照 A (未施肥料), 单施农家肥 B (农家肥 7 500 kg/hm²), 农家肥 (7 00 kg/hm²) + 大豆高粱间作 C (后续均命名为间作), 单施化肥 D (尿素, 750 kg/hm²)。所有施肥均在高粱播种前一次性施入, 试验中常规肥料用量是参考当地农民 (生产实际) 施肥量。随机区组排列, 3 次重复 (每个小区面积约为 50 m²), 其他田间栽培管理一致。

基金项目 贵州省科技计划项目 (黔科合基础 [2020] 1Z018); 贵州省科技计划项目 (黔科合基础 [2019] 1073)。

作者简介 洪鼎立 (1996—), 男, 贵州遵义人, 硕士研究生, 研究方向: 作物遗传育种。* 通信作者, 副教授, 博士, 硕士生导师, 从事作物遗传育种和作物分子遗传育种研究。

收稿日期 2021-11-26

1.4 测定项目与方法 产量:高粱成熟时,在每个小区 3 点随机取样 15 株,单株脱粒称重,计算产量。农艺性状:高粱成熟时,在每个小区 3 点随机取样 30 株,测量其株高、穗长、单穗质量及分枝。经充分晾晒后,测量千粒重。

高粱品质:在 FOSS 仪器测定高粱含水量后,用超微粉碎机粉碎制备高粱粉。单宁含量参照 GB/T 15685—2008 高粱单宁含量测定;蛋白质含量参照 GB 2009.5—2016 食品中蛋白质含量测定,其中换算系数为 6.25;直链淀粉和支链淀粉含量参照双波长法测定^[20]。

1.5 数据分析 用 Microsoft Excel (2013) 进行数据统计及整理,SPSS 进行方差分析与相关分析。

2 结果与分析

2.1 不同施肥方式对茅梁糯 1 号农艺性状的影响

表 1 不同施肥方式对茅梁糯 1 号农艺性状的影响

Table 1 Effects of different fertilization methods on agronomic characters of Maoliangnuo No. 1

| 施肥方式 Fertilization method | 产量 Yield kg/hm ² | 穗长 Spike length cm | 单穗质量 Single panicle quality//g | 分枝数 Branch number 个 | 千粒重 1 000-grain weight//g | 株高 Plant height cm |
|---------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|--------------------------------------|---------------------------|---------------------------------|--------------------------|
| A | 4 116.26 c | 28.57 b | 46.18 c | 33.33 b | 19.15 d | 268.24 a |
| B | 5 190.40 b | 27.37 b | 57.33 b | 28.00 c | 21.57 c | 302.13 a |
| C | 5 309.86 b | 34.00 a | 59.92 b | 32.67 b | 22.39 b | 265.07 a |
| D | 6 707.84 a | 34.30 a | 80.08 a | 37.67 a | 23.28 a | 276.71 a |

注:同列不同小写字母表示不同施肥方式间差异显著($P<0.05$)

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant difference between different fertilization methods ($P<0.05$)

2.2 不同施肥方式对茅梁糯 1 号品质的影响 对茅梁糯 1 号的品质性状(蛋白质、单宁和淀粉含量)进行测定,结果见表 2。由表 2 可知,蛋白质含量:施用农家肥>间作>施用化肥>未施肥,施用农家肥和间作茅梁糯 1 号的蛋白质含量显著高于施用化肥和未施肥($P<0.05$)。单宁含量:与未施肥相比,施用化肥能够显著提高茅梁糯 1 号种子中单宁含量($P<0.05$),而施用农家肥和间作能够显著降低种子中单宁含量($P<0.05$)。淀粉和支链淀粉含量:施用化肥的茅梁糯 1 号的淀粉和支链淀粉含量显著高于未施肥、施用农家肥和间作($P<0.05$),三者之间无显著差异;施用农家肥能够降低高粱种子中淀粉和支链淀粉含量,间作对高粱种子中淀粉和支链淀粉的降低效果高于单施农家肥。

表 2 不同施肥方式对茅梁糯 1 号高粱品质的影响

Table 2 Effects of different fertilization methods on the quality of Maoliangnuo No. 1 %

| 施肥方式 Fertilization method | 蛋白质含量 Protein content | 单宁含量 Tannin content | 支链淀粉含量 Amylopectin content | 淀粉含量 Starch content |
|---------------------------------|-----------------------------|---------------------------|----------------------------------|---------------------------|
| A | 8.07 b | 1.80 b | 37.99 b | 51.48 b |
| B | 13.54 a | 1.66 c | 37.56 b | 50.53 b |
| C | 12.76 a | 1.63 c | 34.95 b | 47.60 b |
| D | 9.64 b | 2.23 a | 62.06 a | 70.54 a |

注:同列不同小写字母表示不同施肥方式间差异显著($P<0.05$)

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant difference between different fertilization methods ($P<0.05$)

2.3 茅梁糯 1 号农艺性状和品质性状的相关性分析 对茅梁糯 1 号农艺性状和品质性状进行了相关性分析(表 3)。

糯 1 号的农艺性状(产量、穗长、单穗质量、分枝数、千粒重和株高)进行了考察,结果见表 1。由表 1 可知,产量和单穗质量:施用化肥的产量和单穗质量显著高于农家肥和大豆间作+施用农家肥($P<0.05$);施用农家肥+大豆间作(间作)及施用农家肥显著高于未施肥($P<0.05$);而施用农家肥和间作两者无显著差异($P>0.05$)。结果表明,与施用农家肥相比,间作能够提高茅梁糯 1 号的产量和单穗质量。穗长:施用化肥和间作的穗长显著高于施用农家肥和未施肥($P<0.05$)。分枝数:施用化肥茅梁糯 1 号的分枝数显著高于间作和未施肥($P<0.05$),间作和未施肥处理显著高于施用农家肥($P<0.05$)。千粒重:不同处理茅梁糯 1 号千粒重表现为施用化肥>间作>施用农家肥>未施肥处理(均表现为显著差异 $P<0.05$)。株高:不同处理条件下株高存在差异,但差异不显著($P>0.05$)。

结果表明,产量与单穗质量和千粒重呈极显著正相关,与穗长、支链淀粉含量和淀粉含量呈显著正相关。单穗质量与千粒重、单宁含量、支链淀粉含量和淀粉含量呈极显著正相关。分枝数与单宁含量、支链淀粉含量和淀粉含量呈极显著正相关,与穗长和蛋白质含量呈显著正相关。千粒重与穗长呈显著正相关。单宁含量与支链淀粉含量和淀粉含量呈极显著正相关。支链淀粉含量与淀粉含量呈极显著正相关。

3 结论与讨论

高粱的产量与一定范围内的施氮量呈正相关关系,研究表明施氮量增加能够提高酿酒糯高粱的产量^[14,21-22]。该研究发现施用肥料能够提高茅梁糯 1 号的产量和千粒重,化学肥料对产量和千粒重提高的促进作用高于农家肥及间作,与周棱波等^[21]的研究结果吻合。该研究发现间作处理糯高粱的产量和单穗质量高于单施农家肥($P>0.05$),该研究结果与梁晓红等^[17]的结果吻合。该研究发现间作处理糯高粱的穗长和千粒重显著高于单施农家肥($P<0.05$)。相关性分析结果表明产量与单穗质量和千粒重呈显著正相关,单穗质量和千粒重呈显著正相关。农业生产中为了提高糯高粱的产量、千粒重、单穗质量等农艺性状,大豆高粱间作的方法是切实可行的。

酿酒高粱中单宁和淀粉含量能够影响白酒品质。适量的单宁含量有利于增加白酒的香气香味。研究表明糯高粱中单宁含量较高,在高温蒸煮和发酵过程中单宁衍生物及其代谢物会被带入酒中,从而导致白酒出现涩味、苦味等影响白酒品质^[23]。研究表明酱香型酿酒糯高粱的单宁含量在

表 3 茅梁糯 1 号农艺性状和品质性状的相关性分析

Table 3 Correlation analysis between agronomic characters and quality of Maoliangnuo 1

| 性状 Character | 产量 Yield | 单穗质量 Single panicle quality | 分枝数 Branch number | 千粒重 1 000-grain weight | 穗长 Spike length | 蛋白质含量 Protein content | 单宁含量 Tannin content | 支链淀粉 含量 Amylopectin content | 淀粉含量 Starch content |
|-----------------------------|-------------|-----------------------------------|-------------------------|------------------------------|-----------------------|-----------------------------|---------------------------|--------------------------------------|---------------------------|
| 单穗质量 Single panicle quality | 0.841** | | | | | | | | |
| 分枝数 Branch number | 0.399 | 0.572 | | | | | | | |
| 千粒重 1 000-grain weight | 0.818** | 0.727** | 0.341 | | | | | | |
| 穗长 Spike length | 0.576* | 0.461 | 0.703* | 0.696* | | | | | |
| 蛋白质含量 Protein content | 0.084 | -0.13 | 0.623* | 0.424 | -0.047 | | | | |
| 单宁含量 Tannin content | 0.536 | 0.829** | 0.807** | 0.392 | 0.476 | -0.546 | | | |
| 支链淀粉含量 Amylopectin content | 0.637* | 0.903** | 0.726** | 0.528 | 0.455 | -0.384 | 0.940** | | |
| 淀粉含量 Starch content | 0.647* | 0.901** | 0.718** | 0.492 | 0.411 | -0.419 | 0.939** | 0.995** | |
| 株高 Plant height | -0.207 | 0.075 | -0.426 | 0.043 | -0.342 | 0.401 | 0.001 | -0.009 | -0.041 |

注: * 和 ** 分别表示在 0.05 和 0.01 水平显著相关

Note: * and ** indicated significant correlation at 0.05 and 0.01 levels, respectively

1.4~1.8%为宜^[24-25]。该研究发现施用化学肥料茅梁糯 1 号的单宁含量高达 2.23%，能够降低优质白酒的品质；而施用农家肥和间作能够显著降低茅梁糯 1 号种子中单宁含量，分别为 1.66% 和 1.63%，从而使得高粱种子中的单宁含量维持在适宜酿酒的范围。由此可知，施用农家肥和间作能够通过降低茅梁糯 1 号种子中的单宁含量提高高粱的酿酒品质。因此，可以通过农家肥、间作和化肥配合施用的方式使茅梁糯 1 号中的单宁维持在适宜含量从而保证酿酒品质。理论上淀粉含量与出酒率呈正相关^[26]，其中支链淀粉在酱香型白酒酿酒过程中更易达到柔熟、玄清和收汗等工艺标准^[25]。酿造贵州优质白酒要求糯质高粱的淀粉含量在 65% 以上，施用化学肥料处理条件下茅梁糯 1 号淀粉含量 (70.54%) 和支链淀粉含量 (62.06%) 能够达到贵州省酱香型白酒对淀粉含量的要求，该研究发现施用农家肥和间作能够显著降低茅梁糯 1 号高粱籽粒中淀粉和支链淀粉的含量。此外，品质性状相关性分析表明单宁含量、淀粉含量和支链淀粉含量三者呈显著正相关。因此，可以通过农家肥、间作和化肥配合施用的方式使茅梁糯 1 号中的淀粉和支链淀粉维持在适宜含量。由此可知，农业生产中可以通过施用农家肥及大豆高粱间作的方式改善茅梁糯 1 号的酿酒品质。

该研究结果表明农家肥和大豆高粱间作不能完全取代化学肥料在农业生产中的作用，但通过农家肥和间作的方式与化学肥料配合使用，实现茅梁糯 1 号维持好的酿酒品质（特别是单宁和淀粉的含量）仍具有很好的可行性。该试验探讨了 4 种施肥方式对茅梁糯 1 号酿酒高粱农艺性状和品质性状的影响，重点分析了农家肥和间作在改善茅梁糯 1 号酿酒品质（主要是单宁和淀粉含量）的作用，为根据实际生产需要开展高粱“减肥增效”和改善高粱“酿酒品质”提供一定的理论基础。

参考文献

- [1] 山仓, 徐炳成. 论高粱的抗旱性及在旱区农业中的地位[J]. 中国农业科学, 2009, 42(7): 2342-2348.
- [2] SANDERS J H, OUENDEBA B, NDOYE A, et al. Economics of increasing sorghum productivity in Sub-Saharan Africa: The Mali case[J]. Methods in molecular biology, 2019, 1931: 223-243.

- [3] ALMODARES A, HADI M R. Production of bioethanol from sweet sorghum: A review[J]. African journal of agricultural research, 2009, 4(9): 772-780.
- [4] 王劲松, 董二伟, 武爱莲, 等. 不同肥力条件下施肥对粒用高粱产量、品质及养分吸收利用的影响[J]. 中国农业科学, 2019, 52(22): 4166-4176.
- [5] LIN Z A, CHANG X H, WANG D M, et al. Long-term fertilization effects on processing quality of wheat grain in the North China Plain[J]. Field crops research, 2015, 174(15): 55-60.
- [6] SHEN J C, TREU R, WANG J Y, et al. Modeling nitrous oxide emissions from three United Kingdom farms following application of farmyard manure and green compost[J]. Science of the total environment, 2018, 637/638: 1566-1577.
- [7] MAREQUE C, DA SILVA T F, VOLLU R E, et al. The endophytic bacterial microbiota associated with sweet Sorghum (*Sorghum bicolor*) is modulated by the application of chemical N fertilizer to the field[J]. International journal of genomics, 2018, 2018: 1-10.
- [8] 隋虹杰, 成慧娟, 王立新, 等. 不同施肥方式对高粱产量和效益的影响[J]. 北方农业学报, 2018, 46(2): 47-50.
- [9] 再吐尼古丽·库尔班, 吐尔逊·吐尔洪, 涂振东, 等. 长期不同施肥处理对连作高粱生长规律及产量的影响研究[J]. 草业学报, 2020, 29(8): 81-92.
- [10] 杨仕美, 杨选辉, 杨秀伟, 等. 糯高粱品种红缨子不同底肥施用量试验初报[J]. 农技服务, 2020, 37(3): 18-19.
- [11] WANG J Y. Decentralized biogas technology of anaerobic digestion and farm ecosystem: Opportunities and challenges[J]. Frontiers in energy research, 2014, 2: 1-12.
- [12] YILMAZ E, ALAGOZ Z. Effects of short-term amendments of farmyard manure on some soil properties in the Mediterranean region-Turkey[J]. Journal of food agriculture and environment, 2010, 8(2): 859-862.
- [13] 谢奇霖, 杨知健, 徐华勤. 施用不同有机肥对甜高粱产量和品质的影响[J]. 作物研究, 2017, 31(5): 482-485.
- [14] 李祥栋, 张明生, 王洋, 等. 酒用高粱种植密度、施肥量与产量间的关系模型[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(9): 141-146.
- [15] 牛伊宁, 刘冬梅, 罗珠珠, 等. 不同供水水平对玉米/豌豆间作系统作物耗水特征的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2018, 36(1): 83-88, 101.
- [16] 肖靖秀, 桂桂凤, 汤利, 等. 小麦/蚕豆间作条件下小麦的氮、钾营养对小麦白粉病的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2006, 12(4): 517-522.
- [17] 梁晓红, 曹雄, 张瑞栋, 等. 不同高粱大豆间作模式对产量及水分养分利用的影响[J]. 华北农学报, 2021, 36(3): 174-184.
- [18] 尹学伟, 张晓春, 王红梅, 等. 双季糯高粱间作大豆群体优化技术研究[J]. 大豆科学, 2015, 34(2): 233-237.
- [19] 郭安, 张晓春, 皮竟, 等. 多样性种植模式对糯高粱生长及高粱炭疽病发生的影响[J]. 中国农学通报, 2018, 34(32): 12-18.
- [20] 范明顺, 张崇玉, 张琴, 等. 双波长分光光度法测定高粱中的直链淀粉和支链淀粉[J]. 中国酿造, 2008(21): 85-87.
- [21] 周凌波, 汪灿, 陆秀娟, 等. 施肥量和种植密度对糯高粱黔高 7 号光合特性、农艺性状及产量的影响[J]. 南方农业学报, 2016, 47(5): 644-648.

扩增产物用琼脂糖凝胶电泳分析;观察电泳结果是否出现 164 bp 条带;出现条带后将 PCR 扩增结果测序,测序结果输入 NCBI 查询与苹果的 18S rRNA(登录号:DQ341382.1)的重复率,判断是否掺假;将提取的 DNA 加入设计的特异性引物进行实时荧光 PCR 扩增,扩增结果的 Ct 值代入掺假的线性回归方程,则得出掺假量。试验验证 NFC 苹果汁的方法可以有效地用于 NFC 苹果汁的鉴别过程中,且可以准确地识别掺假。

4 结论

在 CTAB 提取 DNA 方法中,加入纳米硅基磁珠(Si-OH@Fe₃O₄ NPs)可以有效吸附苹果汁 DNA,提高苹果汁 DNA 的浓度,其最佳的操作条件是样品用量 1 mL 和颠倒混匀 3 min 用 Si-OH@Fe₃O₄ NPs 提取(DNA 的浓度在 50~60 ng/μL)。

NFC 苹果汁连续稀释 DNA 的 RT-PCR 扩增标准曲线为 $y = -2.095 9x + 30.714 0, R^2 = 0.998 5$;掺假苹果汁中 DNA 的 RT-PCR 扩增曲线为 $y = 0.968 3x + 28.591 0, R^2 = 0.981 9$ 。基于新的 DNA 提取方法的 RT-PCR 技术在 NFC 苹果汁鉴别中有着良好的稳定性、可重复性、可靠性,可能成为 NFC 果汁掺假检验中追溯苹果制品种源的有用工具。

参考文献

- [1] 邓红,雷佳蕾,杨天歌,等.超高压和高温短时杀菌对 NFC 苹果汁贮藏期品质的影响[J].中国农业科学,2019,52(21):3903-3923.
- [2] SELAMI I, MALL V, SCHIEBERLE P. Changes in the key odorants and aroma profiles of Hamlin and Valencia orange juices not from concentrate (NFC) during chilled storage[J]. Journal of agricultural and food chemistry, 2018, 66(28):7428-7440.
- [3] 杨杰,孟祥宁,辛力.2017~2019 年中国苹果市场分析[J].落叶果树,2019,51(5):5-7.
- [4] 闫旭宇,李玲,李娟,等.基于文献计量分析的陕西苹果研究现状[J].延安大学学报(自然科学版),2019,38(1):82-86,93.
- [5] MAGDAS D, VEDEANU N, PUSCAS R. The use of stable isotopes ratios for authentication of fruit juices[J]. Chemical papers, 2012, 66(2):152-155.
- [6] BONONI M, QUAGLIA G, TATEO F. Preliminary LC-IRMS characteriza-

tion of Italian pure lemon juices and evaluation of commercial juices distributed in the Italian market[J]. Food analytical methods, 2016, 9(10):2824-2831.

- [7] BRICOUT J. Control of authenticity of fruit juices by isotopic analysis[J]. Journal of AOAC international, 1973, 56(3):739-742.
- [8] 牛丽影,胡小松,赵镭,等.稳定同位素比率质谱法在 NFC 与 FC 果汁鉴别上的应用初探[J].中国食品学报,2009,9(4):192-197.
- [9] 雷佳蕾,田丹,薛佳,等.δD, δ¹⁸O 和 δ¹³C 同位素比率质谱法在鲜榨苹果汁鉴别中的应用[J].食品与发酵工业,2020,46(9):234-242.
- [10] 张海亮,吴亚君,陈银基,等.食用油中 DNA 提取方法的研究进展[J].食品与发酵工业,2010,36(11):128-132.
- [11] 高华.苹果栽培品种的 DNA 指纹图谱构建及遗传多样性分析[D].杨凌:西北农林科技大学,2010.
- [12] 刘伟红,许文涛,高颖,等.果汁 DNA 提取方法比较及柑橘属植物分子生物学检测技术的研究[J].中国食品学报,2012,12(4):195-201.
- [13] QIE F X, ZHANG G X, HOU J X, et al. Extracting genomic DNA of food-stuff by polyamidoamine (PAMAM)-magnetite nanoparticles[J]. Talanta, 2012, 93:166-171.
- [14] KUMAR M, MUGUNTHAN M. Evaluation of three DNA extraction methods from fungal cultures[J]. Medical journal, armed forces India, 2018, 74(4):333-336.
- [15] ROS-CHUMILLAS M, EGEEA-CORTINES M, LOPEZ-GOMEZ A, et al. Evaluation of a rapid DNA extraction method to detect yeast cells by PCR in orange juice[J]. Food control, 2007, 18(1):33-39.
- [16] GOLINELLI L P, CARVALHO A C, CASAES R S, et al. Sensory analysis and species-specific PCR detect bovine milk adulteration of frescal (fresh) goat cheese[J]. Journal of dairy science, 2014, 97(11):6693-6699.
- [17] VOLK H, PISKERNIK S, KURINČIČ M, et al. Evaluation of different methods for DNA extraction from milk[J]. Journal of food and nutrition research, 2014, 53(2):97-106.
- [18] LI G P, SHEN B, HE N Y, et al. Synthesis and characterization of Fe₃O₄@SiO₂ core-shell magnetic microspheres for extraction of genomic DNA from human whole blood[J]. Journal of nanoscience and nanotechnology, 2011, 11(12):10295-10301.
- [19] 高源,王大江,王昆,等.新疆野苹果叶绿体 DNA 变异与遗传进化分析[J].植物遗传资源学报,2020,21(3):579-587.
- [20] 杜晓云,宋来庆,赵玲玲,等.红富士苹果芽变系 DNA 甲基化研究[J].园艺学报,2019,46(1):107-120.
- [21] 岳鹏.应用多重 PCR 方法鉴定蔬菜水果中的芽孢杆菌[J].食品研究与开发,2013,34(13):98-99,106.
- [22] 李富威,高琴,张舒亚,等.实时荧光 PCR 方法在食品真伪辨别中的应用[J].食品工业科技,2012,33(14):367-370.
- [23] 刘兴菊,杨敏生,梁海永,等.河北省地方标准苹果品种 DNA 指纹鉴定:DB13/T 1767—2013[S].河北省质量技术监督局,2013.

(上接第 156 页)

- [22] 董亚兵,彭亚妹,李魁印,等.种植密度和施肥量对酒用糯高粱净光合速率·产量及品质的影响[J].安徽农业科学,2021,49(7):20-24.
- [23] 李长江,沈才洪,张宿义,等.武陵酱香型白酒工艺创新——特殊润粮工艺的研究(第一报)[J].酿酒科技,2009(7):40-42.

- [24] 闫松显,吕云怀,王莉,等.西南区酿酒高粱的种质形成和发展[J].中国酿造,2017,36(5):17-21.
- [25] 丁延庆,周峻波,汪灿,等.酱香型酒用糯高粱研究进展[J].生物技术通报,2019,35(5):28-34.
- [26] 丁国祥,曾庆曦,陈国民,等.四川糯高粱品种的酿酒品质及其育种目标[J].绵阳经济技术高等专科学校学报,1994,11(2):14-16.