

## 陇南3个品种油橄榄果实品质比较分析

郭永跃<sup>1</sup>, 马君义<sup>1</sup>, 后春静<sup>1</sup>, 闫辉强<sup>1</sup>, 邓煜<sup>2</sup>

(1. 西北师范大学生命科学学院, 兰州 730070; 2. 陇南市经济林研究院油橄榄研究所, 甘肃 陇南 746000)

**摘要:**以陇南市经济林研究院大堡油橄榄品种示范园的3个栽培品种‘阿斯’‘奇迹’‘莱星’果实为原料, 观察不同品种不同采摘时间果皮颜色变化, 测定果实含油率、多酚含量、黄酮含量及橄榄油脂脂肪酸组成和含量的变化趋势。结果表明: 在生长发育过程中, 果皮转色最早的品种为‘莱星’, 其次为‘阿斯’, ‘奇迹’最晚; ‘奇迹’果实含油率总体呈上升趋势, ‘阿斯’‘莱星’果实含油率总体呈先上升后下降趋势, 含油率最高的品种为‘莱星’, 其次为‘奇迹’, ‘阿斯’最低; 3个品种果实的多酚和黄酮含量呈波浪式的变化; 脂肪酸主要成分油酸、棕榈酸、亚油酸、硬脂酸含量在不同品种间差异较大, MUFA/PUFA、 $C_{18:1}/C_{18:2}$ 也不同, 橄榄油品质稳定性不同, 11月10日至11月30日3个品种MUFA/PUFA、 $C_{18:1}/C_{18:2}$ 较高, 其中‘莱星’的MUFA/PUFA、 $C_{18:1}/C_{18:2}$ 高于其他2个品种。综合分析, 以含油率、多酚含量为指标确定最佳采摘时间, ‘阿斯’果实最佳采摘时间在次年3月10日至3月20日, ‘奇迹’果实最佳采摘时间在次年2月10日至2月20日, ‘莱星’果实最佳采摘时间在次年1月30日至2月20日。3个品种中‘莱星’果实品质最佳, ‘奇迹’次之, ‘阿斯’果实品质最差。

**关键词:**油橄榄; 含油率; 脂肪酸; 品种

中图分类号: TS222+.1; TQ646 文献标识码: A 文章编号: 1003-7969(2021)01-0121-07

### Comparison of fruit quality of three olive varieties cultivated in Longnan

GUO Yongyue<sup>1</sup>, MA Junyi<sup>1</sup>, HOU Chunjing<sup>1</sup>, YAN Huiqiang<sup>1</sup>, DENG Yu<sup>2</sup>

(1. College of Life Science, Northwest Normal University, Lanzhou 730070, China; 2. Institute of Olive, Longnan Economic Forest Research Institute, Longnan 746000, Gansu, China)

**Abstract:** Using the fruits of three olive varieties Ascolano Tenera, Koroneiki and Leccino cultivated in Dabu Olive Varieties Demonstration Garden of Longnan Economic Forestry Research Institute as raw materials, the color changes of the peels of different varieties at different picking time were observed, and the change trends of oil content, polyphenols content, flavonoids content of the fruit and the fatty acid composition of the olive oil were determined. The results showed that during the growth and development of fruits, the earliest variety that the peel color changed was Leccino, followed by Ascolano Tenera, and Koroneiki was the last. The oil content of Koroneiki fruit generally showed an upward trend, and the oil contents of Ascolano Tenera and Leccino fruits generally increased first and then decreased. The variety with the highest oil content was Leccino, followed by Koroneiki, and Ascolano Tenera was the last. The contents of flavonoids and polyphenols in the fruits of the three varieties showed a wavy trend. The contents of oleic acid, palmitic acid, linoleic acid and stearic acid were significantly different among the three varieties. The MUFA/PUFA and  $C_{18:1}/C_{18:2}$  were different, and the quality stability of olive oil was

different. From November 10 to November 30, the MUFA/PUFA and  $C_{18:1}/C_{18:2}$  of three varieties were higher, and the MUFA/PUFA and  $C_{18:1}/C_{18:2}$  of Leccino were higher than those of the other two varieties. Comprehensive analysis, taking the oil content and polyphenol content as the indexes to determine the best picking time, the best picking time for Ascolano Tenera fruit was from

收稿日期: 2020-04-21; 修回日期: 2020-06-16

基金项目: 国家自然科学基金项目(31360192); 甘肃省基础研究创新群体计划项目(1506RJIA116)

作者简介: 郭永跃(1995), 男, 在读硕士, 研究方向为农产品贮藏加工与检测分析(E-mail) 1217124907@qq.com。

通信作者: 马君义, 教授, 博士, 硕士生导师(E-mail) skymjy@nwnu.edu.cn。

March 10 to March 20 of the following year, and for Koroneiki fruit it was from February 10 to February 20 of the following year, and for Leccino it was from January 30 to February 20 of the following year. Among the three varieties, the quality of Leccino fruit was the best, followed by Koroneiki fruit, and the quality of Ascolano Tenera fruit was the worst.

**Key words:** olive; oil content; fatty acid; variety

油橄榄 (*Olea europaea* L.) 是世界著名的四大木本油料植物之一<sup>[1]</sup>, 以其果制取的橄榄油最初在传统医药、润滑剂等方面应用比较广泛<sup>[2]</sup>, 因富含多酚、黄酮及不饱和脂肪酸等<sup>[3]</sup>, 具有调节胆固醇、抗氧化、抗癌、美容等作用<sup>[4-6]</sup>, 为当今粮油市场受消费者青睐的食用油之一, 享有“液体黄金”“植物油皇后”美誉。目前, 我国橄榄油仍然以进口为主<sup>[7]</sup>, 甘肃省陇南地区为国内橄榄油的主要生产基地之一。国内外学者对油橄榄果实成分的差异、油的稳定性以及含油率与气候的关系等方面进行了研究<sup>[8-11]</sup>, 指出多酚是决定橄榄油风味、色泽、稳定性的关键因素<sup>[12]</sup>, 黄酮与橄榄油的药用价值有关<sup>[13-14]</sup>, 脂肪酸是橄榄油的食用与保健价值评价指标之一<sup>[15]</sup>。在相同的地理环境、气候、生长时间下, 为研究不同品种油橄榄果实生理生化指标差异, 本文以我国最佳油橄榄种植生长区陇南的 3 个品种果实为研究对象, 分析不同品种、不同采摘时间果实含油率、多酚、黄酮含量及脂肪酸组成与含量, 评价筛选出品质较好的品种, 为确定各品种最佳采摘时间提供理论依据, 为下一步从组学方面研究油橄榄品质奠定基础, 同时为培育优质油橄榄苗木提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

‘阿斯’ (Ascolano Tenera)、‘奇迹’ (Koroneiki)、‘莱星’ (Leccino) 油橄榄果, 采摘于陇南市经济林研究院大堡油橄榄品种示范园, 从 2018 年 8 月 10 日开始至 2019 年 3 月 30 日, 每月 10、20、30 日对同一品种 4 棵果树的果实进行采摘, 且每棵果树从不同方向采摘果实 20 颗, 装进密封袋, 送往实验室观察并记录果皮颜色的变化, 随后放入烘箱烘至恒重。

10 种脂肪酸甲酯混标 (C<sub>16</sub> ~ C<sub>22</sub>), 美国 NU-CHEK-PREP 公司; AB015R 芦丁对照品 (纯度 ≥ 98%), 天津一方科技有限公司; 没食子酸对照品 (纯度 99.9%), 北京坛墨质检科技有限公司; 氢氧化钠、石油醚 (沸程 30 ~ 60 °C)、福林酚、甲醇、三氯化铝、无水乙醇、碳酸钠等均为分析纯; 实验用水为去离子水。

Trace 1300 ISQ 型气相色谱 - 质谱联用仪, Thermo Fisher Scientific; UV 8100B 型紫外 - 可见分光光度计, 北京莱伯泰科仪器有限公司; IKA A11 基本型研磨粉碎机, 德国 IKA 集团; RV10B 型旋转蒸发器, 上海人和科学仪器有限公司; 101 型电热鼓风干燥箱, 北京科伟永兴仪器有限公司; KH7200DB 型数控超声波清洗器, 昆山禾创超声仪器有限公司; SZF-06C 型粗脂肪测定仪, 浙江托普仪器有限公司。

### 1.2 实验方法

#### 1.2.1 含油率的计算

参照 GB 5009.6—2016 中索氏抽提法提取橄榄油。将烘干后的油橄榄果样品研磨成粉末, 称取粉末 3 份, 每份约 1.000 g, 用滤纸包好后置于脂肪测定仪中, 并向脂肪测定仪中加入 50 mL 石油醚, 提取 3 h。提取结束后, 将抽提瓶放入 45 °C 烘箱内 5 min, 以除去微量的石油醚和水分, 待抽提瓶冷却后进行称重并计算含油率 ( $x$ ), 计算公式为:  $x = (m_2 - m_1) / m \times 100\%$ 。式中:  $m$  为样品质量;  $m_1$  为抽提瓶质量;  $m_2$  为油和抽提瓶质量。

#### 1.2.2 多酚含量测定

参考文献 [16] 的方法进行测定。

#### 1.2.3 黄酮含量的测定

参考文献 [17] 的方法进行测定。

#### 1.2.4 橄榄油脂肪酸组成的测定

##### 1.2.4.1 甲酯化

参考文献 [18] 的方法对橄榄油进行甲酯化, 然后进行 GC-MS 分析。

##### 1.2.4.2 GC-MS 分析条件

GC 条件: AE-FFAP 弹性石英毛细管柱 (30 m × 0.25 mm, 0.25 μm); 载气为 99.999% 的高纯氦气, 载气模式为恒流模式; 载气流速 1.0 mL/min; 进样口温度 250 °C; 接口温度 250 °C; 进样量 1 μL; 进样方式为分流进样, 分流比 50:1; 升温程序为 160 °C 保持 3 min, 以 4 °C/min 的速率升至 190 °C 保持 2 min, 再以 10 °C/min 的速率升至 210 °C, 保持 5 min, 再以 5 °C/min 的速率升至 240 °C, 保持 5 min。

MS 条件: 电离电压 70 eV; 电离方式 EI; 离子源

温度 280 ℃;传输线温度 250 ℃;溶剂延迟 3 min;质量扫描范围 50 ~ 650;质量扫描方式为 Full Scan;质谱数据库为 NIST 2011 版标准质谱检索库。

#### 1.2.4.3 脂肪酸定性定量分析

采用 NIST 2011 版计算机质谱数据库检索与 C<sub>16</sub> ~ C<sub>22</sub> 脂肪酸甲酯混标比对分析,确定橄榄油中脂肪酸的组成,并用峰面积归一化法进行定量。

#### 1.2.5 数据处理与统计分析

采用 Origin 8.0 作图,应用 SPSS 20.0 进行单因素方差分析与多重比较,数据结果以“ $\bar{x} \pm s$ ”表示, $P < 0.05$  表示差异有统计学意义。

## 2 结果与讨论

### 2.1 果皮颜色随生长发育的变化

‘阿斯’果皮从 2018 年 9 月 30 日开始转色,11 月 20 日变为黑色,11 月 30 日果实开始皱缩;‘奇迹’果皮从 2018 年 11 月 20 日开始转色,2019 年 1 月 20 日开始逐渐变为黑色,2 月 10 日果实开始皱缩;‘莱星’果皮从 2018 年 9 月 20 日开始转色,11 月 20 日果皮变为黑色,12 月 20 日果实开始皱缩。由此可知,3 个品种果实转色最早的品种为‘莱星’,其次为‘阿斯’,‘奇迹’最晚。

### 2.2 含油率随生长发育的变化(见表 1)

表 1 不同油橄榄品种果实含油率随生长发育的变化 %

| 采摘时间       | 阿斯               | 奇迹              | 莱星              |
|------------|------------------|-----------------|-----------------|
| 2018-08-10 | 5.00 ± 0.23m     | 9.12 ± 0.20l    | 9.83 ± 0.05o    |
| 2018-08-20 | 7.00 ± 0.11m     | 9.13 ± 0.12l    | 14.44 ± 0.41n   |
| 2018-08-30 | 13.00 ± 0.20l    | 9.06 ± 0.11l    | 17.66 ± 0.44m   |
| 2018-09-10 | 20.00 ± 0.61k    | 13.11 ± 0.23k   | 20.65 ± 0.48l   |
| 2018-09-20 | 21.00 ± 0.26jk   | 21.90 ± 0.24j   | 21.47 ± 0.12l   |
| 2018-09-30 | 22.50 ± 0.24j    | 29.10 ± 0.21i   | 28.63 ± 0.22k   |
| 2018-10-10 | 33.00 ± 1.10fgh  | 29.38 ± 1.01i   | 33.39 ± 0.40j   |
| 2018-10-20 | 32.10 ± 1.25gh   | 29.61 ± 1.05i   | 36.80 ± 0.17i   |
| 2018-10-30 | 31.30 ± 0.98h    | 33.20 ± 0.35h   | 37.68 ± 0.14hi  |
| 2018-11-10 | 28.30 ± 0.55i    | 35.10 ± 0.36efg | 41.78 ± 1.04ef  |
| 2018-11-20 | 39.20 ± 0.12ab   | 36.21 ± 0.34e   | 42.17 ± 1.26def |
| 2018-11-30 | 41.40 ± 1.02a    | 36.10 ± 0.34ef  | 46.07 ± 0.25b   |
| 2018-12-10 | 33.80 ± 1.03defg | 35.70 ± 0.36efg | 38.38 ± 0.18hi  |
| 2018-12-20 | 34.80 ± 1.22def  | 34.60 ± 0.44fgh | 39.17 ± 0.89gh  |
| 2018-12-30 | 35.20 ± 1.03cdef | 35.42 ± 0.10efg | 40.94 ± 0.63fg  |
| 2019-01-10 | 35.80 ± 1.05cde  | 34.51 ± 0.52gh  | 41.07 ± 0.62f   |
| 2019-01-20 | 36.10 ± 0.65cd   | 34.90 ± 0.55efg | 43.08 ± 0.58cde |
| 2019-01-30 | 34.70 ± 0.66def  | 35.10 ± 0.56efg | 41.52 ± 0.52ef  |
| 2019-02-10 | 33.50 ± 0.68efgh | 38.20 ± 0.52d   | 43.73 ± 0.22cd  |
| 2019-02-20 | 35.10 ± 0.87def  | 39.15 ± 0.24cd  | 48.15 ± 0.69a   |
| 2019-02-28 | 34.60 ± 0.89def  | 39.80 ± 0.34c   | 44.00 ± 0.89c   |
| 2019-03-10 | 38.70 ± 0.85b    | 41.60 ± 0.36b   | 41.94 ± 0.57def |
| 2019-03-20 | 37.60 ± 0.64bc   | 42.80 ± 0.34ab  | 41.77 ± 0.46ef  |
| 2019-03-30 | 38.60 ± 0.74b    | 43.88 ± 0.63a   | 40.61 ± 0.54fg  |

注:同一列不同字母表示差异性显著( $P < 0.05$ ),下同。

由表 1 可知,在生长发育过程中,‘奇迹’果实含油率总体呈上升趋势,‘阿斯’‘莱星’果实含油率总体呈先上升后下降趋势。‘阿斯’果实含油率在 2018 年 11 月 30 日达到最大值(41.40%),2019 年 3 月 10 日至 3 月 30 日下降并趋于稳定( $P > 0.05$ );‘奇迹’果实含油率在 2019 年 3 月 30 日达到最大值(43.88%),2019 年 2 月 10 日至 3 月 30 日显著上升( $P < 0.05$ );‘莱星’果实含油率在 2019 年 2 月 20 日达到最大值(48.15%),2019 年 3 月 10 日下降并趋于稳定( $P > 0.05$ )。表 1 研究结果说明同一地区不同品种间油橄榄果实含油率存在差异,这与孔维宝等<sup>[19]</sup>报道的陇南‘佛奥’‘皮削利’‘柯基’等其他 7 个油橄榄品种研究结果相似。从含油率角度分析,3 个油橄榄品种中‘莱星’品质最优,最佳采摘时间为次年 2 月 20 日前后,其次为‘奇迹’‘阿斯’,最佳采摘时间分别为次年 3 月 30 日和当年 11 月 30 日前后。

### 2.3 多酚含量随生长发育的变化(见表 2)

表 2 不同油橄榄品种果实多酚含量

| 采摘时间       | 随生长发育的变化      |                |                | mg/g |
|------------|---------------|----------------|----------------|------|
|            | 阿斯            | 奇迹             | 莱星             |      |
| 2018-08-10 | 3.50 ± 0.11i  | 7.12 ± 0.21cd  | 4.92 ± 0.16fg  |      |
| 2018-08-20 | 4.90 ± 0.08g  | 6.82 ± 0.12def | 5.92 ± 0.43c   |      |
| 2018-08-30 | 3.70 ± 0.03i  | 6.21 ± 0.17g   | 5.44 ± 0.28de  |      |
| 2018-09-10 | 3.30 ± 0.04ij | 7.56 ± 0.23bc  | 6.13 ± 0.31bc  |      |
| 2018-09-20 | 6.10 ± 0.22b  | 8.03 ± 0.21ab  | 6.50 ± 0.04ab  |      |
| 2018-09-30 | 5.50 ± 0.16de | 6.02 ± 0.26gh  | 6.82 ± 0.38a   |      |
| 2018-10-10 | 5.20 ± 0.34ef | 5.65 ± 0.35hi  | 3.92 ± 0.09ij  |      |
| 2018-10-20 | 4.80 ± 0.14hi | 6.73 ± 0.33ef  | 5.00 ± 0.14efg |      |
| 2018-10-30 | 2.80 ± 0.06k  | 6.54 ± 0.32efg | 4.60 ± 0.05gh  |      |
| 2018-11-10 | 2.50 ± 0.08k  | 5.21 ± 0.31i   | 4.33 ± 0.26hi  |      |
| 2018-11-20 | 2.70 ± 0.08k  | 4.43 ± 0.32j   | 3.14 ± 0.14k   |      |
| 2018-11-30 | 2.80 ± 0.09k  | 6.22 ± 0.31g   | 4.66 ± 0.18gh  |      |
| 2018-12-10 | 3.60 ± 0.12i  | 6.43 ± 0.12efg | 4.32 ± 0.01hi  |      |
| 2018-12-20 | 3.50 ± 0.23i  | 5.18 ± 0.24i   | 5.30 ± 0.41ef  |      |
| 2018-12-30 | 3.20 ± 0.11j  | 6.53 ± 0.15efg | 3.89 ± 0.25ij  |      |
| 2019-01-10 | 6.20 ± 0.23b  | 6.78 ± 0.22def | 3.03 ± 0.21k   |      |
| 2019-01-20 | 5.90 ± 0.43bc | 6.92 ± 0.25de  | 4.94 ± 0.26fg  |      |
| 2019-01-30 | 6.00 ± 0.35b  | 7.83 ± 0.36b   | 5.77 ± 0.44cd  |      |
| 2019-02-10 | 6.10 ± 0.23b  | 8.35 ± 0.32a   | 5.36 ± 0.15def |      |
| 2019-02-20 | 5.50 ± 0.17de | 7.76 ± 0.24b   | 4.11 ± 0.06i   |      |
| 2019-02-28 | 5.10 ± 0.13fg | 6.89 ± 0.13de  | 3.58 ± 0.21j   |      |
| 2019-03-10 | 5.60 ± 0.14cd | 6.52 ± 0.16efg | 5.26 ± 0.15ef  |      |
| 2019-03-20 | 6.80 ± 0.24a  | 6.33 ± 0.18fg  | 5.94 ± 0.26c   |      |
| 2019-03-30 | 6.70 ± 0.14a  | 6.13 ± 0.19g   | 5.76 ± 0.32cd  |      |

由表 2 可知,在生长发育过程中,3 个油橄榄品种果实多酚含量变化趋势一致,呈波浪式变化趋势。

‘阿斯’果实多酚含量在2019年3月20日达到最大值(6.80 mg/g),2019年3月20日至3月30日趋于稳定( $P > 0.05$ );‘奇迹’果实多酚含量在2019年2月10日达到最大值(8.35 mg/g),高于Jemai等<sup>[20]</sup>研究的种植在突尼斯地区的‘Dhokar’果实多酚含量最大值(7.12 mg/g),2019年3月10日至3月20日趋于稳定( $P > 0.05$ );‘莱星’果实多酚含量在2018年9月30日达到最大值(6.82 mg/g),2019年1月10日达到最小值(3.03 mg/g)。可见,3个油橄榄品种中多酚含量最高的为‘奇迹’,其次为‘莱星’,最低的为‘阿斯’,三者均高于Gómez-Rico等<sup>[21]</sup>研究的种植在西班牙地区的‘Arbequina’果实的多酚含量(3.25 mg/g)。

#### 2.4 黄酮含量随生长发育的变化(见表3)

表3 不同油橄榄品种果实黄酮含量

| 采摘时间       | 随生长发育的变化       |                 |                   |
|------------|----------------|-----------------|-------------------|
|            | 阿斯             | 奇迹              | 莱星                |
| 2018-08-10 | 1.10 ± 0.01fg  | 2.74 ± 0.21ab   | 1.93 ± 0.02ab     |
| 2018-08-20 | 1.03 ± 0.01gh  | 2.34 ± 0.12abc  | 1.88 ± 0.06ab     |
| 2018-08-30 | 1.22 ± 0.01bcd | 2.12 ± 0.13bcde | 1.98 ± 0.03a      |
| 2018-09-10 | 1.20 ± 0.01cde | 2.89 ± 0.23a    | 1.89 ± 0.07ab     |
| 2018-09-20 | 1.32 ± 0.01a   | 2.21 ± 0.21abcd | 1.79 ± 0.03b      |
| 2018-09-30 | 1.32 ± 0.03a   | 1.23 ± 0.21f    | 1.19 ± 0.07cd     |
| 2018-10-10 | 1.28 ± 0.04ab  | 1.56 ± 0.06def  | 0.86 ± 0.06ghij   |
| 2018-10-20 | 1.21 ± 0.03bed | 1.43 ± 0.05ef   | 0.91 ± 0.05efghij |
| 2018-10-30 | 1.01 ± 0.01hi  | 1.33 ± 0.25f    | 1.04 ± 0.02defg   |
| 2018-11-10 | 1.02 ± 0.03hi  | 1.25 ± 0.16f    | 0.92 ± 0.10efghij |
| 2018-11-20 | 0.95 ± 0.02ij  | 1.36 ± 0.24f    | 0.83 ± 0.09ghij   |
| 2018-11-30 | 1.11 ± 0.02fg  | 1.78 ± 0.14cdef | 0.92 ± 0.06efghij |
| 2018-12-10 | 1.22 ± 0.03bcd | 1.69 ± 0.16cdef | 0.81 ± 0.07hij    |
| 2018-12-20 | 0.97 ± 0.02hij | 1.56 ± 0.14def  | 0.73 ± 0.07j      |
| 2018-12-30 | 1.13 ± 0.03ef  | 1.74 ± 0.15cdef | 0.77 ± 0.09ij     |
| 2019-01-10 | 1.32 ± 0.01a   | 1.23 ± 0.22f    | 0.88 ± 0.02fghij  |
| 2019-01-20 | 1.23 ± 0.04bc  | 1.45 ± 0.15ef   | 1.05 ± 0.06def    |
| 2019-01-30 | 1.19 ± 0.01cde | 1.33 ± 0.36f    | 1.21 ± 0.08cd     |
| 2019-02-10 | 1.03 ± 0.02gh  | 1.48 ± 0.32ef   | 0.97 ± 0.06efgh   |
| 2019-02-20 | 0.83 ± 0.03k   | 1.56 ± 0.22def  | 0.82 ± 0.04hij    |
| 2019-02-28 | 0.92 ± 0.03j   | 1.66 ± 0.31cdef | 0.78 ± 0.01ij     |
| 2019-03-10 | 1.15 ± 0.03def | 1.42 ± 0.23ef   | 1.09 ± 0.09de     |
| 2019-03-20 | 1.31 ± 0.02a   | 1.52 ± 0.31def  | 1.27 ± 0.09c      |
| 2019-03-30 | 1.34 ± 0.03a   | 1.59 ± 0.35def  | 0.98 ± 0.07efgh   |

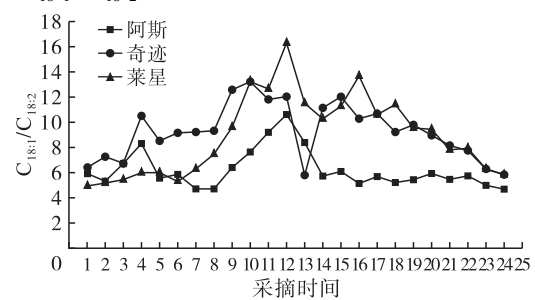
由表3可知:在生长发育过程中,‘阿斯’果实黄酮含量变化趋势与多酚相似,呈波浪式变化趋势,2019年3月30日达到最大值(1.34 mg/g),3月20日至3月30日含量差异不显著( $P > 0.05$ );‘奇迹’果实黄酮含量变化趋势与多酚相似,呈波浪式变化趋势,2018年9月30日之后趋于稳定( $P > 0.05$ );

‘莱星’果实黄酮含量变化趋势与多酚相似,呈波浪式变化趋势,2018年12月20日达到最小值(0.73 mg/g),8月30日达到最大值(1.98 mg/g),高于Vlahov<sup>[22]</sup>研究的种植在意大利地区的‘莱星’果实黄酮含量最大值(1.44 mg/g)。研究结果表明,不同油橄榄品种果实黄酮含量变化与多酚含量变化趋势一致,整体呈波浪式变化趋势,与后春静等<sup>[23]</sup>研究结果相似。

#### 2.5 橄榄油主要脂肪酸含量随生长发育的变化

不同采摘时间3个品种橄榄油中主要脂肪酸含量如表4所示。由表4可知,3个品种橄榄油中主要脂肪酸含量从高到低依次为油酸、棕榈酸、亚油酸、硬脂酸,与韩锐等<sup>[24]</sup>研究结果一致。同一种脂肪酸不同品种不同采摘时间含量不同,与Nergiz等<sup>[25]</sup>研究的土耳其‘Memecik’和‘Domat’结果相似。

$C_{18:1}/C_{18:2}$ 和MUFA/PUFA如图1、图2所示。



注:采摘时间 1. 2018-08-10; 2. 2018-08-20; 3. 2018-08-30; 4. 2018-09-10; 5. 2018-09-20; 6. 2018-09-30; 7. 2018-10-10; 8. 2018-10-20; 9. 2018-10-30; 10. 2018-11-10; 11. 2018-11-20; 12. 2018-11-30; 13. 2018-12-10; 14. 2018-12-20; 15. 2018-12-30; 16. 2019-01-10; 17. 2019-01-20; 18. 2019-01-30; 19. 2019-02-10; 20. 2019-02-20; 21. 2019-02-28; 22. 2019-03-10; 23. 2019-03-20; 24. 2019-03-30。下同。

图1  $C_{18:1}/C_{18:2}$  动态变化

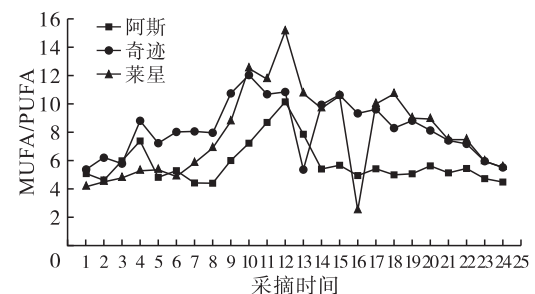


图2 MUFA/PUFA 动态变化

由图1、图2可知,在生长发育过程中,不同品种  $C_{18:1}/C_{18:2}$  与 MUFA/PUFA 比值不同,可作为单品种橄榄油鉴别的依据<sup>[26]</sup>。‘阿斯’ MUFA/PUFA 在

表4 不同品种橄榄油主要脂肪酸含量随生长发育变化( $\bar{x} \pm s, n=3$ )

| 采摘时间       | 阿斯           |             |               |              |               | 奇迹         |               |               |               |              | 莱星          |             |     |     |    |     |
|------------|--------------|-------------|---------------|--------------|---------------|------------|---------------|---------------|---------------|--------------|-------------|-------------|-----|-----|----|-----|
|            | 棕榈酸          | 硬脂酸         | 油酸            | 亚油酸          | 棕榈酸           | 硬脂酸        | 油酸            | 亚油酸           | 棕榈酸           | 硬脂酸          | 油酸          | 亚油酸         | 棕榈酸 | 硬脂酸 | 油酸 | 亚油酸 |
|            |              |             |               |              |               |            |               |               |               |              |             |             |     |     |    |     |
| 2018-08-10 | 18.94±0.12b  | 2.51±0.00kl | 63.48±0.15i   | 10.75±0.02h  | 16.62±0.13b   | 4.22±0.05g | 64.15±0.13m   | 10.01±0.13b   | 22.55±0.09bc  | 2.46±0.01h   | 57.42±0.24h | 11.60±0.01a |     |     |    |     |
| 2018-08-20 | 18.77±0.17b  | 2.46±0.02l  | 62.49±0.12k   | 11.78±0.12de | 14.66±0.09def | 0.02±0.01q | 67.27±0.04k   | 9.29±0.04cd   | 22.75±0.02a   | 2.68±0.04f   | 58.70±0.16m | 11.39±0.06b |     |     |    |     |
| 2018-08-30 | 17.42±0.20de | 2.64±0.02j  | 66.31±0.20e   | 9.90±0.05j   | 14.81±0.17cde | 3.21±0.03n | 67.64±0.17k   | 10.01±0.03b   | 21.50±0.17e   | 2.81±0.01d   | 60.21±0.19k | 11.07±0.06c |     |     |    |     |
| 2018-09-10 | 17.47±0.01d  | 2.48±0.03kl | 68.31±0.10d   | 8.22±0.04l   | 13.88±0.07fgh | 3.13±0.03o | 72.33±0.12b   | 6.89±0.03ijkl | 21.24±0.22f   | 2.92±0.05c   | 61.39±0.15j | 10.20±0.03e |     |     |    |     |
| 2018-09-20 | 18.38±0.19c  | 2.92±0.08i  | 61.17±0.29m   | 11.02±0.16g  | 14.13±0.09efg | 3.75±0.04k | 68.36±0.25j   | 8.02±0.06fig  | 22.69±0.07ab  | 2.92±0.04c   | 59.47±0.10l | 9.87±0.05f  |     |     |    |     |
| 2018-09-30 | 18.91±0.16b  | 3.00±0.04h  | 62.95±0.26ijk | 10.76±0.08h  | 15.55±0.08c   | 3.89±0.02j | 69.04±0.14ij  | 7.54±0.06ghi  | 22.43±0.12c   | 3.03±0.02a   | 58.67±0.18m | 11.00±0.11c |     |     |    |     |
| 2018-10-10 | 20.57±0.09a  | 3.51±0.03e  | 57.92±0.02o   | 12.31±0.04c  | 15.55±0.10cd  | 4.51±0.02d | 68.86±0.03ij  | 7.47±0.05ghi  | 21.73±0.09d   | 2.75±0.01e   | 60.51±0.12k | 9.60±0.04g  |     |     |    |     |
| 2018-10-20 | 18.99±0.09b  | 3.06±0.05h  | 59.82±0.30n   | 12.72±0.06b  | 14.65±0.04def | 3.87±0.01j | 68.64±0.09ij  | 7.35±0.04ghij | 20.41±0.10g   | 2.64±0.01f   | 62.50±0.16i | 8.39±0.07i  |     |     |    |     |
| 2018-10-30 | 16.52±0.07f  | 2.45±0.03l  | 65.42±0.10f   | 10.24±0.01i  | 14.56±0.01def | 3.44±0.02m | 70.12±0.02fig | 5.58±0.01p    | 15.57±0.01m   | 2.22±0.01k   | 64.35±0.01h | 6.69±0.01l  |     |     |    |     |
| 2018-11-10 | 14.45±0.09j  | 2.28±0.02m  | 69.88±0.18b   | 9.16±0.08k   | 14.59±0.22def | 2.99±0.03p | 71.49±0.18cd  | 5.41±0.09p    | 14.55±0.03p   | 2.08±0.01mm  | 72.47±0.20a | 5.45±0.06p  |     |     |    |     |
| 2018-11-20 | 14.66±0.14ij | 2.24±0.01m  | 69.31±0.23c   | 7.53±0.08m   | 11.70±0.10klm | 3.76±0.01k | 72.50±0.14a   | 6.13±0.08mnop | 15.87±0.16k   | 2.05±0.05n   | 71.59±0.12b | 5.67±0.11o  |     |     |    |     |
| 2018-11-30 | 14.02±0.16k  | 2.57±0.03jk | 72.24±0.25a   | 6.81±0.04n   | 13.65±0.14gh  | 3.55±0.05l | 70.56±0.26ef  | 5.87±0.09op   | 13.40±0.05s   | 1.47±0.01o   | 72.58±0.12a | 4.45±0.04q  |     |     |    |     |
| 2018-12-10 | 15.59±0.12gh | 2.89±0.01i  | 68.32±0.11d   | 8.16±0.01l   | 17.71±0.23a   | 4.44±0.02e | 70.04±0.19fg  | 9.77±0.19hc   | 16.81±0.01h   | 2.16±0.01l   | 69.85±0.13d | 6.10±0.02n  |     |     |    |     |
| 2018-12-20 | 16.40±0.11f  | 3.69±0.03d  | 64.50±0.29h   | 11.25±0.09fg | 12.30±0.10jkl | 4.16±0.07h | 71.66±0.17c   | 6.44±0.04lmno | 16.43±0.07i   | 2.26±0.02jk  | 68.98±0.12e | 6.71±0.04l  |     |     |    |     |
| 2018-12-30 | 16.53±0.07f  | 3.78±0.01cd | 64.73±0.14gh  | 10.64±0.09h  | 11.98±0.11klm | 4.14±0.01h | 71.85±0.21bc  | 5.97±0.02nop  | 15.81±0.08kl  | 2.12±0.03mn  | 70.69±0.18c | 6.27±0.06m  |     |     |    |     |
| 2019-01-10 | 17.13±0.02e  | 3.56±0.01e  | 63.03±0.15ij  | 12.28±0.11c  | 13.04±0.04hij | 4.93±0.05a | 69.02±0.19ij  | 6.72±0.10jklm | 13.76±0.14r   | 2.28±0.04ijk | 57.74±0.13n | 4.22±0.03p  |     |     |    |     |
| 2019-01-20 | 16.52±0.03f  | 3.40±0.02f  | 64.57±0.04gh  | 11.40±0.03f  | 12.45±0.05ijk | 4.84±0.03b | 70.41±0.17ef  | 6.60±0.09klmn | 15.89±0.11k   | 2.24±0.03jk  | 70.81±0.16c | 6.66±0.11l  |     |     |    |     |
| 2019-01-30 | 17.24±0.22de | 3.74±0.02d  | 62.53±0.12jk  | 11.90±0.08d  | 13.27±0.06ghi | 4.42±0.02e | 69.06±0.07ij  | 7.50±0.02ghi  | 14.20±0.08q   | 2.08±0.03mm  | 72.65±0.13a | 6.36±0.02m  |     |     |    |     |
| 2019-02-10 | 16.52±0.14f  | 3.86±0.25c  | 63.06±0.94ij  | 11.62±0.51e  | 11.37±0.10m   | 4.32±0.03f | 70.91±0.10de  | 7.25±0.03hijk | 15.65±0.14lm  | 2.36±0.01i   | 69.82±0.21d | 7.32±0.10k  |     |     |    |     |
| 2019-02-20 | 15.39±0.12h  | 3.78±0.02cd | 65.46±0.16f   | 11.08±0.05g  | 12.62±0.09ijk | 4.56±0.02d | 69.75±0.10gh  | 7.77±0.03gh   | 15.08±0.08o   | 2.28±0.02j   | 70.91±0.17c | 7.50±0.03j  |     |     |    |     |
| 2019-02-28 | 15.73±0.08g  | 3.38±0.01f  | 64.58±0.07gh  | 11.82±0.10de | 11.48±0.04lm  | 4.38±0.02e | 69.98±0.14fg  | 8.60±0.06ef   | 15.80±0.09kl  | 2.36±0.01i   | 67.71±0.04f | 8.65±0.09h  |     |     |    |     |
| 2019-03-10 | 14.78±0.03i  | 3.21±0.03g  | 65.07±0.20fg  | 11.33±0.16f  | 12.33±0.15jkl | 4.24±0.09g | 69.23±0.13hi  | 8.92±0.09de   | 15.27±0.05n   | 2.48±0.02h   | 67.85±0.05f | 8.56±0.06h  |     |     |    |     |
| 2019-03-20 | 13.92±0.09k  | 4.02±0.02b  | 63.30±0.12j   | 12.71±0.06b  | 11.94±0.02klm | 4.00±0.02i | 68.52±0.12j   | 10.87±0.06a   | 15.72±0.00klm | 2.98±0.01b   | 65.43±0.11g | 10.46±0.05d |     |     |    |     |
| 2019-03-30 | 13.83±0.05k  | 5.31±0.07a  | 61.83±0.10l   | 13.20±0.05a  | 12.08±0.05klm | 4.78±0.04c | 66.47±0.06l   | 11.37±0.02a   | 16.13±0.02j   | 2.55±0.02g   | 64.53±0.15h | 11.01±0.07c |     |     |    |     |

整个成熟期后期呈逐渐下降趋势,与 Dag 等<sup>[27]</sup>研究的‘Souri’结果相似;‘莱星’ MUFA/PUFA 在 2019 年 1 月 10 日急剧下降,随后急剧上升至 2019 年 1 月 30 日后逐渐下降;‘奇迹’ MUFA/PUFA 在 2018 年 12 月 10 日急剧下降,随后急剧上升至 2018 年 12 月 30 日后逐渐下降。这是由于不同品种油橄榄脂肪酸合成速率不同所致<sup>[28]</sup>。MUFA/PUFA、 $C_{18:1}/C_{18:2}$ 与橄榄油品质稳定性相关<sup>[29]</sup>。3 个品种橄榄油 MUFA/PUFA、 $C_{18:1}/C_{18:2}$ 在 11 月 10 日至 11 月 30 日高于其他采摘时间,其中‘莱星’的 MUFA/PUFA 和  $C_{18:1}/C_{18:2}$ 最高,橄榄油品质稳定性好于其他 2 个品种,其次为‘奇迹’,‘阿斯’最低。本实验结果中‘阿斯’橄榄油 MUFA/PUFA、 $C_{18:1}/C_{18:2}$ 高于种植在黎巴嫩地区的‘阿斯’的平均值(MUFA/PUFA 为 5.07,  $C_{18:1}/C_{18:2}$ 为 5.34)<sup>[30]</sup>,说明种植在甘肃陇南的‘阿斯’品种品质较好。

### 3 结论

种植于甘肃陇南 3 个油橄榄品种果实转色最早的为‘莱星’,其次为:‘阿斯’,‘奇迹’最晚。‘奇迹’果实含油率总体呈上升趋势,‘阿斯’‘莱星’果实含油率总体呈先上升后下降趋势,变化范围为 5.00% ~ 48.15%。其中‘莱星’果实含油率最高,在 2019 年 2 月 20 日达到最大值,为 48.15%;其次为‘奇迹’果实,在 2019 年 3 月 30 日达到最大值,为 43.88%;‘阿斯’果实含油率最低,在 2018 年 11 月 30 日达到最大值,为 41.40%。3 个油橄榄品种果实黄酮含量与多酚含量变化趋势一致,整体呈波浪式变化趋势,多酚含量变化范围为 2.50 ~ 8.35 mg/g,黄酮含量变化范围为 0.73 ~ 2.89 mg/g。3 个品种中‘奇迹’果实多酚、黄酮含量均最高,‘奇迹’果实多酚含量在 2019 年 2 月 10 日达到最大值,为 8.35 mg/g,黄酮含量在 2018 年 9 月 10 日达到最大值,为 2.89 mg/g。果实含油率、多酚含量常作为果实的最佳采摘指标,因此‘阿斯’果实最佳采摘时间在次年 3 月 10 日至 3 月 20 日,‘奇迹’果实最佳采摘时间在次年 2 月 10 日至 2 月 20 日,‘莱星’果实最佳采摘时间在次年 1 月 30 日至 2 月 20 日。

3 个品种橄榄油中主要脂肪酸含量从高到低依次为油酸、棕榈酸、亚油酸、硬脂酸。在生长发育过程中,不同品种  $C_{18:1}/C_{18:2}$ 与 MUFA/PUFA 不同,可作为单品种橄榄油鉴别的依据。3 个油橄榄品种中,‘莱星’ MUFA/PUFA、 $C_{18:1}/C_{18:2}$ 最高,果实品质稳定性最好,其次为‘奇迹’‘阿斯’。

从果实含油率、多酚、黄酮及脂肪酸成分及含量

变化趋势综合分析,3 个油橄榄品种中‘莱星’果实品质最佳,‘奇迹’次之,‘阿斯’果实品质最差。

### 参考文献:

- [1] 邓明全,俞宁. 油橄榄引种栽培技术[M]. 北京:中国农业出版社, 2011: 10-16.
- [2] RILEY F R. Olive oil production on bronze age Crete: nutritional properties, processing methods and storage life of Minoan olive oil[J]. Oxford J Archaeol, 2002, 21(1): 63-75.
- [3] ALOWAIESH B, SINGH Z, FANG Z, et al. Harvest time impacts the fatty acid compositions, phenolic compounds and sensory attributes of Frantoio and Manzanilla olive oil [J]. Sci Hortic, 2018, 234: 74-80.
- [4] CHAROENPRASERT S, MITCHELL A. Factors influencing phenolic compounds in table olives [J]. J Agric Food Chem, 2012, 60(29): 7081-7095.
- [5] WENG C, YEN G. Chemopreventive effects of dietary phytochemicals against cancer invasion and metastasis: Phenolic acids, monophenol, polyphenol, and their derivatives[J]. Cancer Treat Rev, 2012, 38(1): 76-87.
- [6] BINKOSKI A E, KRIS - ETHELTON P M, WILSON T A, et al. Balance of unsaturated fatty acids is important to a cholesterol - lowering diet: comparison of mid - oleic sunflower oil and olive oil on cardiovascular disease risk factors[J]. J Am Diet Assoc, 2005, 105(7): 1080-1086.
- [7] SERVILI M, SORDINI B, ESPOSTO S, et al. Biological activities of phenolic compounds of extra virgin olive oil [J]. Antioxidants, 2014, 3(1): 1-23.
- [8] GÓMEZ G S, RUIZ JJ, LUGUE M D. Oil content and fatty acid profile of spanish cultivars during olive fruit ripening [J]. J Am Oil Chem Soc, 2011, 88(11): 1735-1745.
- [9] SERVILI M, SELVAGGINI R, ESPOSTO S, et al. Health and sensory properties of virgin olive oil hydrophilic phenols: agronomic and technological aspects of production that affect their occurrence in the oil[J]. J Chromatogr A, 2004, 1054(1/2): 113-127.
- [10] 陈纯,李以隽. 橄榄油在高温条件下的稳定性研究 [J]. 粮食与油脂, 2019, 32(1): 67-68.
- [11] GARGOURI B, AMMAR S, ZRIBI A, et al. Effect of growing region on quality characteristics and phenolic compounds of chemlali extravirgin olive oils [J]. Plant Physiol, 2013, 35(9): 2801-2812.
- [12] YANG D P, KONG D X, ZHANG H Y. Multiple pharmacological effects of olive oil phenols [J]. Food Chem, 2007, 104(3): 1269-1271.
- [13] BHATIA N, ZHAO J, WOLF D M. Inhibition of human carcinoma cell growth and DNA synthesis by silibinin, an active constituent of milk thistle: comparison with

- silymarin[J]. *Cancer Lett*, 1999, 147(1/2): 77-84.
- [14] ATMANI D, CHAHER N, ATMANI D, et al. Flavonoids in human health: from structure to biological activity[J]. *Curr Nutr Food Sci*, 2009, 5: 225-237.
- [15] XIE L, HU J, ZHANG Q, et al. Influence of pollen sources on the expression of FA and TAG biosynthetic pathway genes in seeds of *Paeonia rockii* during the rapid oil accumulation[J]. *Sci Hort*, 2019, 243: 477-483.
- [16] 马君义, 后春静, 吕孝飞, 等. 陇南油橄榄“皮瓜尔”果实活性成分动态变化[J]. *中国粮油学报*, 2020, 35(3): 102-109.
- [17] 后春静, 周娅琼, 马君义, 等. 陇南油橄榄“阿尔波萨纳”果实表型性状及主要功能性成分的动态变化[J]. *中国油脂*, 2019, 44(12): 32-38.
- [18] 刘帅, 王爱武, 李美艳, 等. 脂肪酸甲酯化方法的研究进展[J]. *中国药房*, 2014, 25(37): 3535-3537.
- [19] 孔维宝, 李万武, 邢文黎, 等. 武都主栽油橄榄品种的果实品质研究[J]. *中国粮油学报*, 2016, 31(2): 87-92.
- [20] JEMAI H, BOUAZIZ M, SAYADI S. Phenolic composition, sugar contents and antioxidant activity of Tunisian sweet olive cultivar with regard to fruit ripening[J]. *J Agric Food Chem*, 2009, 57(7): 2961-2968.
- [21] GÓMEZ-RICO A, FREGAPANE G, SALVADOR M D. Effect of cultivar and ripening on minor components in Spanish olive fruits and their corresponding virgin olive oils[J]. *Food Res Int*, 2008, 41(4): 433-440.
- [22] VLAHOV G. Flavonoids in three olive (*Olea europaea*) fruit varieties during maturation[J]. *J Sci Food Agric*, 1992, 58(1): 157-159.
- [23] 后春静, 闫辉强, 马君义, 等. 陇南油橄榄“贺吉”果实中主要功能性成分的动态变化规律[J]. *中国油脂*, 2019, 44(2): 30-36.
- [24] 韩锐, 邢文黎, 孔维宝, 等. 甘肃武都区5个主栽品种橄榄油的品质分析[J]. *中国油脂*, 2017, 42(2): 146-150.
- [25] NERGIZ C, ENGEZ Y. Compositional variation of olive fruit during ripening[J]. *Food Chem*, 2000, 69(1): 55-59.
- [26] 闫辉强, 后春静, 马君义, 等. 不同品种和成熟度的油橄榄果表型性状与脂肪酸组成及含量分析[J]. *中国油脂*, 2019, 44(4): 105-111.
- [27] DAG A, KEREM Z, YOGHEY N, et al. Influence of time of harvest and maturity index on olive oil yield and quality[J]. *Sci Hort*, 2011, 127(3): 358-366.
- [28] PIRAVI-VANAK Z, GHASEMI J B, GHAVAMI M, et al. The influence of growing region on fatty acids and sterol composition of Iranian oils by unsupervised clustering methods[J]. *J Am Oil Chem Soc*, 2012, 89(3): 371-378.
- [29] 陈海云, 耿树香, 宁德鲁, 等. 不同品种及成熟度油橄榄中脂肪酸的检测分析[J]. *广东农业科学*, 2012, 39(24): 111-113, 117.
- [30] EL RIACHY M, HAMADE A, AYOUB R, et al. Oil content, fatty acid and phenolic profiles of some olive varieties growing in Lebanon[J/OL]. *Front Nutr*, 2019, 6: 94[2020-04-21]. <https://doi.org/10.3389/fnut.2019.00094>.

(上接第120页)

高 $\omega-3$ 调和油。纳米比亚超市见到最多的产品为南非品牌NOLA和在南非生产加工、温得和克分装的品牌GOLD,超市中这两大品牌占据了绝大部分货架。纳米比亚北部工厂的产品(Shadi)由于加工工艺所限,原料经简单清理后压榨、过滤出售,产品质量难以满足城市人群的消费要求,因此其只在北部当地市场销售。

从包装形式来看,除了橄榄油外,其他基本上都是塑料瓶装,规格主要有375 mL、750 mL、1 L、2 L、4 L、5 L,在首都温得和克,以750 mL的瓶装油为主,北部超市有一些大包装产品(4、5 L),具体情况见表9。

### 3 结束语

纳米比亚粮食加工正处于整合转变时期,由自给自足、小作坊式生产向大型化、标准化、集约化方向转变,由传统粗放加工向精细化、自动化、智能化方向转变,由分散布局向集群发展转变,由数量增长向质量

提升方向转变。以此为契机,我国粮油企业可加强与纳米比亚在粮油产品、技术装备等方面的合作。

表9 纳米比亚食用植物油市场情况

| 品牌                   | 产地   | 产品种类           | 包装规格                     |
|----------------------|------|----------------|--------------------------|
| NOLA                 | 南非   | 葵花籽油           | 750 mL, 2 L, 4 L, 5 L    |
| GOLD                 | 南非   | 葵花籽油、橄榄油、调和油等  | 375 mL, 750 mL, 2 L, 5 L |
| Food lover's         | 南非   | 葵花籽油、卡诺拉油、调和油等 | 750 mL, 1 L, 2 L         |
| House brand chechers | 南非   | 葵花籽油           | 750 mL, 2 L, 4 L         |
| 联合利华                 | 南非   | 调和油            | 750 mL                   |
| Shadi                | 纳米比亚 | 葵花籽油           | 750 mL, 2 L, 5 L, 20 L   |

### 参考文献:

- [1] KAULINAWA THERESIA S. 纳米比亚谷物生产能力和国家食物安全分析——玉米和珍珠粟[D]. 北京:中国农业科学院, 2016.
- [2] 薛海波, 吴文良. 中国与纳米比亚农业投资合作探究[J]. *农业考古*, 2019(3): 261-266.