

# 花生品质与气候环境的关系研究

梁煜莹<sup>1,2</sup>, 张加羽<sup>1,2</sup>, 姜 骁<sup>3</sup>, 王露欢<sup>1,2</sup>, 张晓吉<sup>1,2</sup>, 刘齐妹<sup>4</sup>, 薛云云<sup>2</sup>, 迟晓元<sup>3</sup>, 白冬梅<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>山西农业大学农学院, 太谷 030801; <sup>2</sup>山西农业大学经济作物研究所, 太原 030031;

<sup>3</sup>山东省花生研究所, 青岛 266100; <sup>4</sup>山西农业大学植物保护学院, 太原 030031)

**摘要:**花生是我国分布极广的重要油料和经济作物,地理环境因子对其品质产生具有显著的影响。在实际生产过程中,不同花生品种对不同生态区域的适应性各不相同。因此,研究花生品质与环境因子之间的关系是有必要的。为了深入研究花生生长过程中各种地理环境因子的影响,本研究在2018-2020年间以12个花生品种共30种环境的花生品质性状及其对应的地理环境为基础,利用描述性统计、变异系数、AMMI模型、相关性和多元线性回归等分析方法,探讨了地理环境对花生品质的影响。结果发现含油量与全生育期 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 活动积温和全生育期日照时数呈显著或极显著正相关;蛋白质含量与纬度和平均风速呈极显著负相关;油酸含量与平均相对湿度和日平均气温呈显著或极显著正相关;亚油酸含量与纬度呈极显著正相关,与日平均气温呈极显著负相关。研究结果表明温度、降水、昼夜温差、全生育期日照时数、平均风速和相对湿度是影响花生品质的主要气象因素。该研究结果为花生生产区域品质地理优势的综合开发利用提供了依据和技术指导。

**关键词:**花生;品质;环境;相关性;影响

## Study on the Relationship Between Peanut Quality and Climatic Environments

LIANG Yuying<sup>1,2</sup>, ZHANG Jiayu<sup>1,2</sup>, JIANG Xiao<sup>3</sup>, WANG Luhuan<sup>1,2</sup>, ZHANG Xiaojij<sup>1,2</sup>,  
LIU Qimei<sup>4</sup>, Xue Yunyun<sup>2</sup>, CHI Xiaoyuan<sup>3</sup>, BAI Dongmei<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>College of Agronomy, Shanxi Agricultural University, Taigu 030801; <sup>2</sup>Institute of Cash Crops,

Shanxi Agricultural University, Taiyuan 030031; <sup>3</sup>Peanut Research Institute of Shandong Province, Qingdao 266100;

<sup>4</sup>College of Plant Protection, Shanxi Agricultural University, Taiyuan 030031)

**Abstract:** Peanut is an important oil and cash crop widely distributed in China, and climate change has a significant impact on its quality. In the actual production process, different peanut varieties have different adaptations to different ecological regions. Therefore, it is necessary to study the relationship between peanut quality and climate resources. In order to further study the influence of various geographical environment factors during peanut growth, this study explored the influence of geographical environment on peanut quality based on peanut quality traits in 30 environments of 12 peanut varieties and their corresponding geographical environments from 2018 to 2020, using descriptive statistics, coefficient of variation, AMMI model, correlation and multiple linear regression analysis. It was found that the oil content was positively correlated with active accumulated temperature ( $\geq 10^{\circ}\text{C}$ ) and sunshine hours during the whole growth period. The protein content was significantly

收稿日期: 2023-07-28 修回日期: 2023-09-14 网络出版日期: 2023-10-11

URL: <https://doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.20230728001>

第一作者研究方向为种质创新与遗传工程, E-mail: 1102345921@qq.com

通信作者: 白冬梅, 研究方向为花生遗传育种和种质资源评价与创新, E-mail: baidm1221@163.com

迟晓元, 研究方向为花生育种, E-mail: chi000@126.com

**基金项目:**财政部和农业农村部国家现代农业产业技术体系建设专项(CARS-13); 山西省科技重大专项计划(202201140601025); 山西农业大学生物育种工程项目(YZGC049); 吕梁市重点研发项目(2022NYGG21); 泰山学者工程专项(tsqn201812121); 山西省现代农业产业技术体系建设专项(2023CYJSTX05)

**Foundation projects:** The China Agriculture Research System of MOF and MARA(CARS-13); The Science and Technology Major Project of Shanxi Province (202201140601025); The Biological Breeding Project of Shanxi Agricultural University (YZGC049); The Key Research and Development Projects of Lvliang City(2022NYGG21); The Taishan Scholar Project Funding (tsqn201812121); The Earmarked Fund for Modern Agro-industry Technology Research System of Shanxi Province (2023CYJSTX05)

negatively correlated with the latitude and average wind speed. The oleic acid content was positively correlated with the average relative humidity and average daily temperature. Linoleic acid was positively correlated with latitude and negatively correlated with average daily temperature. The results show that temperature, precipitation, temperature difference between day and night, sunshine hours during the whole growth period, average wind speed and relative humidity were the main climatic factors affecting the quality of peanuts. The results of this study provide a basis and technical guidance for the comprehensive development and utilization of regional quality geographical advantages of peanut production.

**Key words:** peanut; quality; environment; correlation; effect

花生是我国主要的油料和经济作物,也是传统的出口创汇农产品。近年来花生种植面积不断扩大,需求量不断增加。随着社会发展和人民生活水平提高,对花生品质和质量安全提出了更高的要求<sup>[1]</sup>。花生育种重点由单纯追求丰产性转变为追求产量更高、抗性更强、品质更优<sup>[2]</sup>。花生的品质性状有色泽、香味、口感、纹理和其他感官特征以及脂肪、蛋白质含量或各种氨基酸含量<sup>[3]</sup>。在作物育种中对这些性状进行选择可以获得优异新品种,提高农产品竞争力。

在不同生态条件下,农作物农艺性状、产量与品质均存在显著差异<sup>[4-7]</sup>。蛋白质含量、脂肪含量、油酸含量和亚油酸含量是评价花生品质优劣的重要指标。严攻等<sup>[8]</sup>认为脂肪含量对环境与气候的变化更为敏感,从而导致其相关联结果也随之改变。郭洪海等<sup>[9-10]</sup>将花生品质与其生长期间的气象因素进行了关联分析,表明温度上升能够促进花生蛋白质含量的积累,从而使花生品质得到改善;平均降水量与花生中硬脂酸呈极显著的正相关,而与亚油酸及不饱和脂肪酸呈显著的负相关。李新华等<sup>[11]</sup>通过对气候要素的分析,发现影响花生油脂的因素为生育期 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 的积温,花生油亚比受到其生长期间昼夜温差的影响。由于环境因素不同,花生各性状也随之发生改变,不同品种对环境敏感性不同,在不同纬度下呈现不同特性,且随着纬度的升高,其加工质量亦呈不断改善趋势<sup>[12]</sup>。作物的品质在很大程度上也受到海拔的影响<sup>[13]</sup>。随着海拔的增加,太阳辐射量增大,温度下降,降水频率减少,影响了农作物生长。因此,选择适宜于特定生态区域的优质高产品种是提高农业经济效益、改善人民生活水平的重要措施之一。本研究利用2018-2020年间30个环境下花生含油量、蛋白质含量、油酸含量、亚油酸含量,通过相关性和多元回归分析,研究了10个环境因子,包括纬度、经度、海拔、全生育期 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 活动积温、全生育期日照时数、平均降水量、平均昼夜温差、平均相对湿度、平均风速和日平均气温对花生品质相关性状的影响,旨在利用地理环境为

提高花生品质提供可靠的参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

2018-2020年,以花育9118、花育9116、花育9124、花育9125、龙花10、花育9117、花育9119、花育9121、花育9115、花育9123、花育33、花育917等12个花生品种为试验材料,连续3年种植于安徽合肥、福建泉州、河北保定、河北唐山、河南濮阳、吉林四平、江苏徐州、山西汾阳、四川南充和新疆乌鲁木齐9个省份10地市,共30个环境。

试验田选择地势平坦,地力中等,肥力均匀的地块。小区随机区组排列。施肥、浇水、病虫害防治、除草等田间管理按常规进行。每亩密度10000穴,每小区4行,两垄。小区面积6.67 m<sup>2</sup>,垄上种两行,每穴1粒,重复3次。

### 1.2 环境因子数据

2018-2020年环境气象数据统计来自中国气象数据网(<http://data.cma.cn>)。统计30个环境下花生全生育期(从播种期到收获期)的环境因子数据,包括全生育期 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 活动积温、全生育期平均降水量和全生育期日照时数。计算各个环境全生育期内平均昼夜温差、平均相对湿度、日平均气温和平均风速(表1)。

### 1.3 花生籽粒品质测定

将各试点的花生籽仁晾晒到含水量低于10%,每个试点分别选取颗粒饱满、大小一致的种子利用近红外光谱仪分析花生含油量、蛋白质、油酸、亚油酸等成分含量,每次测定40个籽仁,重复3次。

### 1.4 数据处理

Microsoft® Excel® 2019MSO(版本2304 Build 16.0.16327.20200)计算平均值、标准差、变异系数。数据分析采用统计软件SPSS26.0,作图软件采用Origin2021,运用Genstat软件中的AMMI模型进行统计分析。

表 1 各试验站气候数据

Table 1 Climate data for each experimental station

| 年份<br>Year | 地点<br>Place | 全生育期≥<br>10℃活动积温<br>(℃)<br>Active<br>accumulated<br>temperature ≥<br>10 °C during<br>the whole<br>growth period | 全生育期<br>日照时数(h)<br>The number of<br>sunshine hours<br>during the whole<br>growth period | 平均降水量<br>(mm)<br>Average<br>precipitation | 纬度(°N)<br>Latitude | 经度(°E)<br>Longitude | 海拔(m)<br>Elevation | 平均昼夜<br>温差(℃)<br>Average<br>temperature<br>difference<br>between day<br>and night | 平均相<br>对湿度<br>(%)<br>Average<br>relative<br>humidity | 平均<br>风速<br>(m/s)<br>Average<br>wind<br>speed | 日平均<br>气温(℃)<br>Average<br>daily<br>temperature |
|------------|-------------|---|---|---|--------------------|---------------------|--------------------|---|--|---|---|
| 2018       | 福建泉州        | 3535.6  | 982.5   | 732.6                                     | 24.90              | 118.92              | 21.8               | 4.14  | 83.55  | 3.94  | 26.79   |
|            | 四川南充        | 3539.3  | 814.7   | 505.9                                     | 30.75              | 106.13              | 347.0              | 8.71  | 76.07  | 2.12  | 25.65   |
|            | 安徽合肥        | 3066.9  | 722.4   | 774.4                                     | 31.78              | 117.30              | 27.0               | 8.47  | 76.90  | 1.92  | 27.14   |
|            | 江苏徐州        | 3532.6  | 1018.0  | 715.9                                     | 34.28              | 117.17              | 41.2               | 8.12  | 69.54  | 1.71  | 26.76   |
|            | 河南濮阳        | 3188.2  | 748.8   | 473.4                                     | 36.05              | 114.13              | 194.8              | 9.08  | 65.16  | 2.62  | 27.15   |
|            | 山西汾阳        | 3223.7  | 558.8   | 332.2                                     | 37.07              | 111.95              | 746.0              | 11.68   | 70.77  | 2.02  | 22.86   |
|            | 河北保定        | 3285.8  | 661.6   | 337.6                                     | 38.73              | 115.48              | 16.8               | 10.87   | 73.29  | 1.88  | 25.67   |
|            | 河北唐山        | 3199.3  | 905.4   | 415.8                                     | 39.65              | 118.10              | 23.2               | 10.08   | 68.76  | 2.36  | 25.59   |
|            | 新疆乌鲁木齐      | 3510.6  | 1311.3  | 20.9                                      | 40.63              | 87.70               | 846.0              | 16.30   | 36.77  | 2.02  | 24.55   |
|            | 吉林四平        | 2789.0  | 708.7   | 621.9                                     | 43.12              | 124.38              | 179.5              | 10.29   | 73.55  | 2.85  | 21.04   |
| 2019       | 福建泉州        | 3022.3  | 650.9   | 805.5                                     | 24.90              | 118.92              | 21.8               | 3.97  | 84.88  | 3.79  | 22.72   |
|            | 四川南充        | 2931.1  | 499.6   | 629.7                                     | 30.75              | 106.13              | 347.0              | 8.10  | 81.18  | 1.91  | 24.84   |
|            | 安徽合肥        | 2854.6  | 770.9   | 188.8                                     | 31.78              | 117.30              | 27.0               | 9.70  | 79.79  | 2.25  | 26.19   |
|            | 江苏徐州        | 3501.2  | 741.2   | 512.9                                     | 34.28              | 117.17              | 41.2               | 9.39  | 65.77  | 1.69  | 26.52   |
|            | 河南濮阳        | 2957.9  | 690.5   | 315.6                                     | 36.05              | 114.13              | 194.8              | 9.76  | 65.34  | 2.50  | 26.65   |
|            | 山西汾阳        | 3243.7  | 968.9   | 301.7                                     | 37.07              | 111.95              | 746.0              | 13.59   | 61.01  | 2.16  | 23.17   |
|            | 河北保定        | 3172.1  | 915.2   | 351.1                                     | 38.73              | 115.48              | 16.8               | 12.72   | 69.88  | 27.66   | 25.18   |
|            | 河北唐山        | 3127.2  | 834.7   | 326.2                                     | 39.65              | 118.10              | 23.2               | 11.06   | 66.41  | 2.33  | 24.82   |
|            | 新疆乌鲁木齐      | 3582.8  | 1155.4  | 6.8                                       | 40.63              | 87.70               | 846.0              | 16.08   | 35.10  | 2.04  | 25.06   |
|            | 吉林四平        | 2788.6  | 583.5   | 892.4                                     | 43.12              | 124.38              | 179.5              | 10.40   | 73.29  | 2.77  | 21.13   |
| 2020       | 福建泉州        | 3113.8  | 878.0   | 284.4                                     | 24.90              | 118.92              | 21.8               | 4.08  | 85.24  | 4.28  | 23.24   |
|            | 四川南充        | 3431.6  | 663.3   | 760.4                                     | 30.75              | 106.13              | 347.0              | 8.74  | 78.19  | 2.11  | 24.51   |
|            | 安徽合肥        | 3124.3  | 617.2   | 1089.8                                    | 31.78              | 117.30              | 27.0               | 7.59  | 87.83  | 2.05  | 24.99   |
|            | 江苏徐州        | 3600.3  | 667.0   | 833.5                                     | 34.28              | 117.17              | 41.2               | 8.73  | 73.19  | 1.69  | 25.72   |
|            | 河南濮阳        | 3248.9  | 787.0   | 294.1                                     | 36.05              | 114.13              | 194.8              | 9.74  | 69.53  | 2.50  | 25.58   |
|            | 山西汾阳        | 3160.0  | 1451.6  | 470.4                                     | 37.07              | 111.95              | 746.0              | 12.68   | 67.47  | 2.18  | 22.10   |
|            | 河北保定        | 3060.2  | 837.6   | 428.7                                     | 38.73              | 115.48              | 16.8               | 11.16   | 71.46  | 1.79  | 24.68   |
|            | 河北唐山        | 3080.6  | 770.6   | 361.7                                     | 39.65              | 118.10              | 23.2               | 10.52   | 68.27  | 2.29  | 24.65   |
|            | 新疆乌鲁木齐      | 3728.6  | 1371.8  | 14.1                                      | 40.63              | 87.70               | 846.0              | 16.81   | 32.91  | 1.95  | 24.99   |
|            | 吉林四平        | 2811.5  | 1424.0  | 565.0                                     | 43.12              | 124.38              | 179.5              | 10.36   | 78.99  | 2.65  | 21.14   |

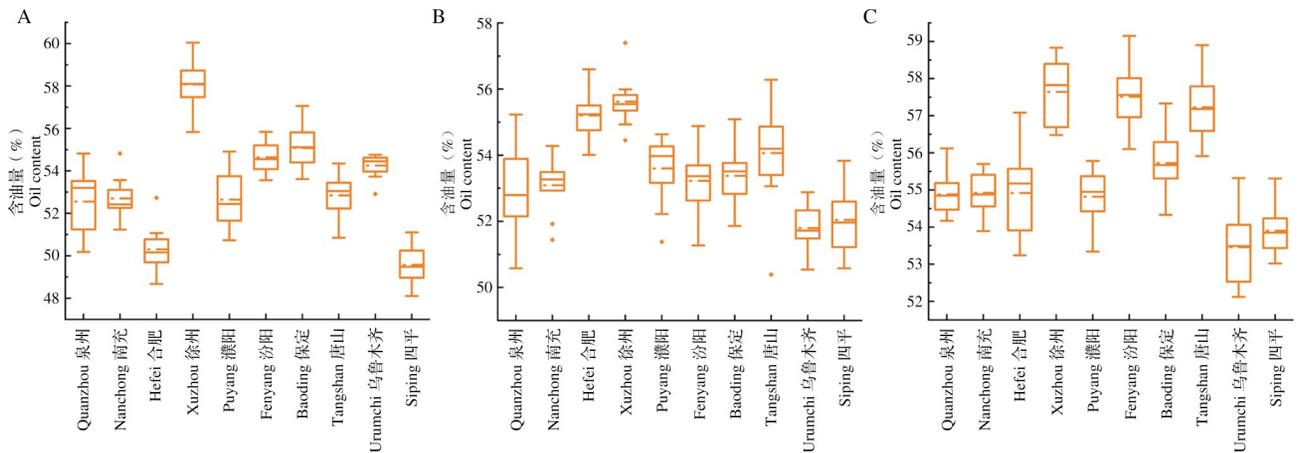
## 2 结果与分析

### 2.1 环境与品质

**2.1.1 环境与花生含油量** 3年综合,龙花10和花育9121含油量居前列,最大值分别可达到60.04%和59.38%;花育9124和花育917连续3年均在江苏徐州达到最高的含油量,花育33两年在河北保定达到最高的含油量,花育9123两年在河北唐山达到最高的含油量;除了花育9116无固定环境最高值外,其他品种两年在江苏徐州达到最高含油量。不同地市3年含油量的变化不完全一致,但总体在江苏徐州最高,在其他地区呈现随着纬度的升高而降低的趋势;尽

管含油量的变异系数幅度不大,但不同环境下花生油脂差异明显,表明花生能够通过自身油脂的调控适应环境改变(详见<https://doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.20230728001>,附表1,图1)。

**2.1.2 环境与蛋白质含量** 3年综合,花育9125和花育33蛋白质含量居于前列,最大值可分别达到30.23%和30.20%;花育9116两年在四川南充蛋白质含量最高,其他品种3年蛋白质含量的变化不一致;3年变异系数范围为0.03%~0.12%,说明环境对蛋白质含量的影响较大。蛋白质含量随着纬度的升高而降低;12个花生品种的蛋白质含量在不同环境下也有很大差异(详见<https://doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.20230728001>,附表2,图2)。

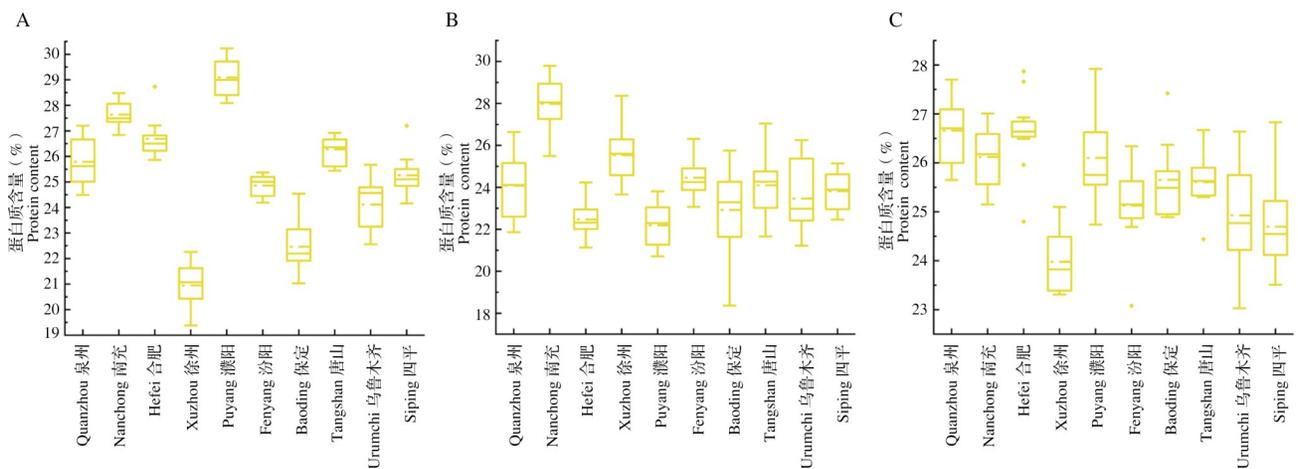


A、B、C分别代表2018、2019、2020年的含油量

A, B and C represent the oil content in 2018, 2019 and 2020 respectively

图1 2018-2020年各地含油量数据统计分析

Fig. 1 Statistical analysis of oil content data from 2018 to 2020



A、B、C分别代表2018、2019、2020年的蛋白质含量

A, B and C represent the protein content in 2018, 2019 and 2020, respectively

图2 2018-2020年各地蛋白质数据统计分析

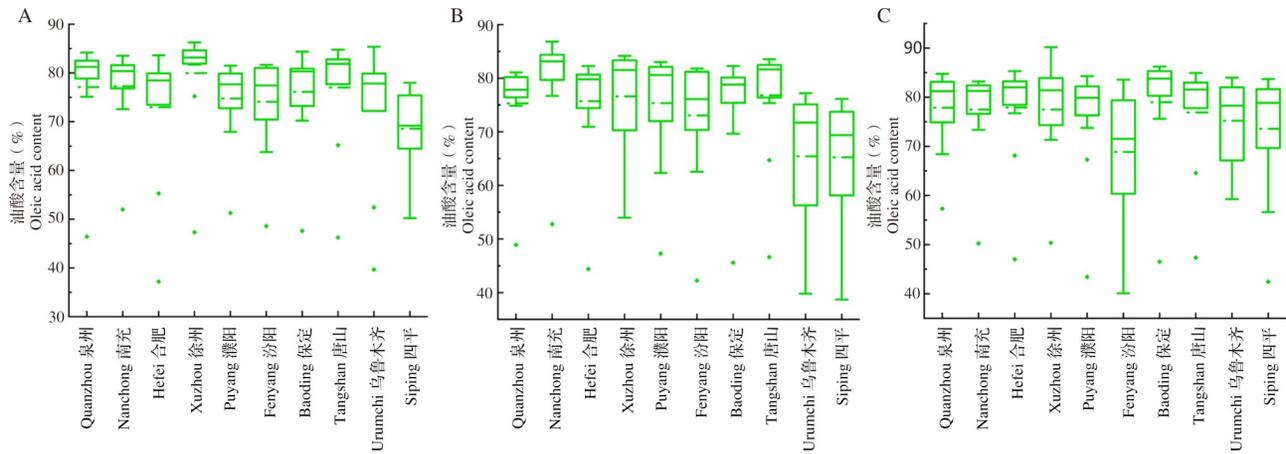
Fig. 2 Statistical analysis of protein data from 2018 to 2020

**2.1.3 环境与油酸含量** 3年综合,花育9115和花育917油酸含量最高,最大值分别可达到90.18%和

88.39%;花育9118、花育9121、花育9123和花育917两年在江苏徐州的油酸含量高,花育9125两年在河

北唐山油酸含量高, 花育9119两年内在河北保定油酸含量高。3年油酸含量平均最高位于江苏徐州和四川南充; 3年变异系数范围为0.02%~0.23%, 油酸

含量表现出随着纬度升高而降低的趋势(详见 <https://doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.20230728001>, 附表3, 图3)。



A、B、C 分别代表 2018、2019、2020 年的油酸含量

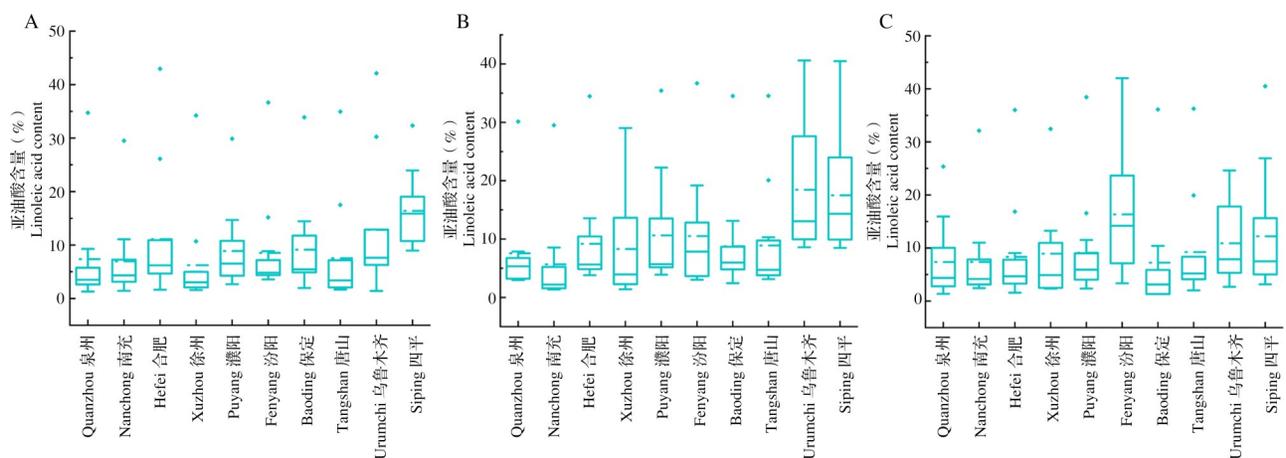
A, B and C represent the oleic acid content in 2018, 2019 and 2020, respectively

图3 2018-2020 年各地油酸数据统计分析

Fig. 3 Statistical analysis of oleic acid data from 2018 to 2020

**2.1.4 环境与亚油酸含量** 3年综合, 花育33亚油酸含量高达42.96%; 花育9116、花育9119、花育9115、花育9123两年在吉林四平的亚油酸含量高, 花育9125、花育917两年在新疆乌鲁木齐的亚油酸含量高, 花育9121两年在山西汾阳的亚油酸含量

高。3年亚油酸含量平均最高位于吉林四平 and 新疆乌鲁木齐; 亚油酸含量的变异系数变化大, 变异系数范围为0.11%~1.33%, 亚油酸含量随着纬度的升高而升高(详见 <https://doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.20230728001>, 附表4, 图4)。



A、B、C 分别代表 2018、2019、2020 年的亚油酸含量

A, B and C represent linoleic acid content in 2018, 2019 and 2020, respectively

图4 2018-2020 年各地亚油酸数据统计分析

Fig. 4 Statistical analysis of linoleic acid data from 2018 to 2020

## 2.2 基因和环境对花生品质性状的影响

AMMI模型分析表明(表2), 含油量环境间平方和占总平方和的53.14%, 达到极显著水平, 基因间平方和占总平方和的2.26%, 达到显著水平。基因和环境交互作用的平方和占整个处理平方和的4.22%, 互

作效应中, 主成分1和主成分2分别达到极显著和显著水平。蛋白质含量的环境间平方和占总平方和的39.09%, 达到极显著水平, 基因间平方和占总平方和的0.96%, 基因和环境交互作用的平方和占整个处理平方和的5.17%, 交互效应中, 主成分1和主成分2分

表2 不同品质性状 AMMI 模型分析结果

Table 2 Analysis results of AMMI models with different quality traits

| 性状<br>Quality traits           | 变异来源<br>Source | 自由度<br>Degree of freedom | 平方和<br>Sum of squares | 均方<br>Mean squares | 变异所占百分数(%)<br>Percentage of variation | F 值<br>F value |
|--------------------------------|----------------|--------------------------|-----------------------|--------------------|---------------------------------------|----------------|
| 含油量<br>Oil content             | 基因             | 11                       | 22.7                  | 2.061              | 2.26                                  | 0.0117         |
|                                | 环境             | 29                       | 1404.1                | 48.416             | 53.14                                 | <0.001         |
|                                | 交互作用           | 297                      | 270.6                 | 0.911              | —                                     | —              |
|                                | 主成分1           | 39                       | 63.1                  | 1.618              | 2.28                                  | <0.001         |
|                                | 主成分2           | 37                       | 50.8                  | 1.373              | 1.94                                  | 0.0019         |
| 蛋白质含量<br>Protein content       | 残差             | 221                      | 156.7                 | 0.709              | —                                     | —              |
|                                | 基因             | 11                       | 10.7                  | 0.974              | 0.96                                  | 0.4836         |
|                                | 环境             | 29                       | 1150.5                | 39.673             | 39.09                                 | <0.001         |
|                                | 交互作用           | 297                      | 301.4                 | 1.015              | —                                     | —              |
|                                | 主成分1           | 39                       | 93.8                  | 2.405              | 3.34                                  | <0.001         |
| 油酸含量<br>Oleic acid content     | 主成分2           | 37                       | 48.6                  | 1.314              | 1.83                                  | 0.0043         |
|                                | 残差             | 221                      | 159                   | 0.72               | —                                     | —              |
|                                | 基因             | 11                       | 31309                 | 2846.3             | 125.16                                | <0.001         |
|                                | 环境             | 29                       | 5332                  | 183.8              | 8.08                                  | <0.001         |
|                                | 交互作用           | 297                      | 6754                  | 22.7               | —                                     | —              |
| 亚油酸含量<br>Linoleic acid content | 主成分1           | 39                       | 1932                  | 49.5               | 3.14                                  | <0.001         |
|                                | 主成分2           | 37                       | 1337                  | 36.1               | 2.29                                  | <0.001         |
|                                | 残差             | 221                      | 3486                  | 15.8               | —                                     | —              |
|                                | 基因             | 11                       | 24391                 | 2217.3             | 132.22                                | <0.001         |
|                                | 环境             | 29                       | 4239                  | 146.2              | 8.72                                  | <0.001         |
|                                | 交互作用           | 297                      | 4981                  | 16.8               | —                                     | —              |
|                                | 主成分1           | 39                       | 1496                  | 38.4               | 3.38                                  | <0.001         |
|                                | 主成分2           | 37                       | 976                   | 26.4               | 2.32                                  | <0.001         |
|                                | 残差             | 221                      | 2509                  | 11.4               | —                                     | —              |

—:无数据

—:No data

别达到极显著和显著水平。油酸含量的环境间平方和占总平方和的8.08%,基因间平方和占总平方和的125.16%,且环境和基因都达到极显著水平,基因和环境交互作用的平方和占整个处理平方和的5.43%,交互效应中,主成分1和主成分2均达到极显著水平。亚油酸含量的环境间平方和占总平方和的8.72%,且环境达到极显著水平,基因间平方和占总平方和的132.22%,基因和环境交互作用的平方和占整个处理平方和的5.70%,主成分1和主成分2均达到极显著水平。这些结果说明环境、基因型以及基因型与环境互作对花生的含油量、蛋白质、油酸、亚油酸产生影响,环境和基因是含油量、蛋白质、油酸、亚油酸变异的主要来源。

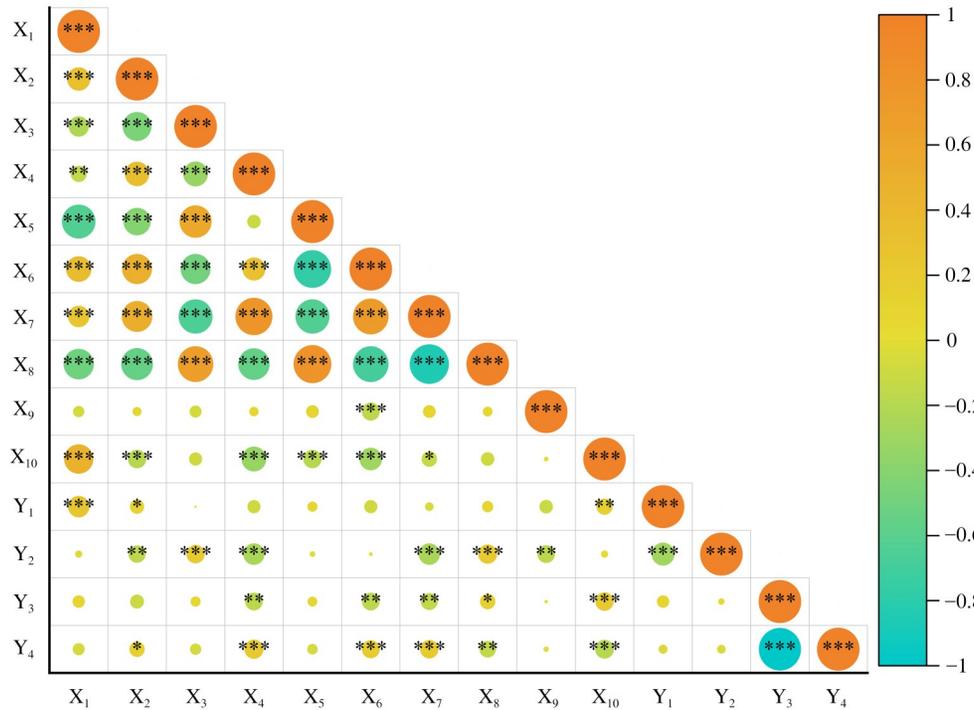
### 2.3 花生品质性状与环境因子的相关性分析

利用Origin2021软件对12个品种的品质性状与

环境因子进行相关性分析。从图5中可以看出,含油量与全生育期 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 活动积温、全生育期日照时数、日平均气温呈显著或极显著正相关。蛋白质含量与平均降水量、平均相对湿度呈极显著正相关,与纬度、平均昼夜温差、全生育期日照时数、平均风速均呈极显著负相关。油酸含量与平均相对湿度、日平均气温均呈显著或极显著正相关,与纬度、海拔和平均昼夜温差呈极显著负相关。亚油酸含量与纬度、全生育期日照时数、海拔、平均昼夜温差均呈显著或极显著正相关,与日平均气温、平均相对湿度均呈极显著负相关。

### 2.4 花生品质性状与环境因子多元回归线性分析

为研究不同环境因子对品质性状的影响,使用SPSS26.0软件对含油量( $Y_1$ )、蛋白质含量( $Y_2$ )、油酸含量( $Y_3$ )和亚油酸含量( $Y_4$ )4个品质相关性状分别



\*, \*\*和\*\*\*分别代表在  $P<0.05$ ,  $P<0.01$  和  $P<0.001$  水平显著。Y<sub>1</sub>、Y<sub>2</sub>、Y<sub>3</sub>和Y<sub>4</sub>分别代表含油量、蛋白质、油酸和亚油酸含量。X<sub>1</sub>、X<sub>2</sub>、X<sub>3</sub>、X<sub>4</sub>、X<sub>5</sub>、X<sub>6</sub>、X<sub>7</sub>、X<sub>8</sub>、X<sub>9</sub>和X<sub>10</sub>分别代表全生育期的 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 活动积温、生育期日照时数、平均降水量、纬度、经度、海拔、平均昼夜温差、平均相对湿度、平均风速和日平均气温

\*, \*\* and \*\*\* represent significant levels of  $P<0.05$ ,  $P<0.01$  and  $P<0.001$ , respectively. Y<sub>1</sub>, Y<sub>2</sub>, Y<sub>3</sub> and Y<sub>4</sub> represent content of oil, protein, oleic acid and linoleic acid, respectively. X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>, X<sub>3</sub>, X<sub>4</sub>, X<sub>5</sub>, X<sub>6</sub>, X<sub>7</sub>, X<sub>8</sub>, X<sub>9</sub> and X<sub>10</sub> represent the  $\geq 10^{\circ}\text{C}$  active accumulated temperature, sunshine hours during the growth period, average precipitation, latitude, longitude, altitude, average temperature difference between day and night, average relative humidity, average wind speed and average daily temperature

图5 花生产量及品质性状与环境因子的相关性

Fig. 5 Correlation between flower production and quality traits and environmental factors

与全生育期 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 活动积温(X<sub>1</sub>)、全生育期日照时数(X<sub>2</sub>)、平均降水量(X<sub>3</sub>)、纬度(X<sub>4</sub>)、经度(X<sub>5</sub>)、海拔(X<sub>6</sub>)、平均昼夜温差(X<sub>7</sub>)、平均相对湿度(X<sub>8</sub>)、平均风速(X<sub>9</sub>)和日平均气温(X<sub>10</sub>)10个环境因子进行回归分析。在此基础上,利用多元逐步回归分析法,将各因素之间的关系进行比较。经多元回归分析,含油量与环境因子回归方程为  $Y_1=19.098+0.005X_1+0.002X_2-0.001X_3-0.132X_4+0.087X_5-0.002X_6+0.664X_7+0.118X_8-0.126X_9$ , 全生育期 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 活动积温(X<sub>1</sub>)、全生育期日照时数(X<sub>2</sub>)、平均降水量(X<sub>3</sub>)、纬度(X<sub>4</sub>)、经度(X<sub>5</sub>)、海拔(X<sub>6</sub>)、平均昼夜温差(X<sub>7</sub>)、平均相对湿度(X<sub>8</sub>)、平均风速(X<sub>9</sub>)是对含油量具有重要影响的环境因子;蛋白质含量与环境因子回归方程为:  $Y_2=28.674-0.097X_4-0.07X_9$ , 纬度(X<sub>4</sub>)、平均风速(X<sub>9</sub>)是对蛋白质含量具有重要影响的环境因子;油酸含量与环境因子回归方程为:  $Y_3=35.02+0.126X_8+1.277X_{10}$ , 平均相对湿度(X<sub>8</sub>)和日平均气温(X<sub>10</sub>)是对油酸含量具有重要影响的环境因子;亚油酸含量与环境因子回归方程

为:  $Y_4=18.219+0.297X_4-0.773X_{10}$ , 纬度(X<sub>4</sub>)和日平均气温(X<sub>10</sub>)是对亚油酸含量具有重要影响的环境因子。

### 3 讨论

我国地域辽阔,各生态区域的花生品种数量繁多,其遗传背景差异较大,对生态适应性也各不相同<sup>[14]</sup>。潘丽娟等<sup>[15]</sup>在我国11个不同纬度种植区进行试验,发现纬度 $30^{\circ}\sim 40^{\circ}\text{N}$ 花生产区产量表现较好,高油酸花生的生长受纬度的影响,其产量、含油量、蛋白质含量、油酸含量和亚油酸含量等存在明显差异。郭洪海等<sup>[16]</sup>发现蛋白质、脂肪含量高低和油亚比值大小与海拔高度有关。本研究结果表明,纬度与蛋白质含量、油酸含量之间存在负相关,而与亚油酸含量之间则存在正相关;海拔与油酸含量呈负相关,与亚油酸含量呈正相关;蛋白质含量与海拔相关性小,这可能与不同海拔高度下光、温、气、热等因子不同有关。

品种与环境对脂肪、蛋白质含量有明显影响,而

且环境比品种影响更大<sup>[17]</sup>。不同类型作物对环境因子的反应差异很大,在同一生态区域内存在多种品质性状的遗传变异,且具有明显的地域特征。在不同生长时期对其品质性状进行选择可以获得优良品种。多基因控制的数量性状,包括加工和外观品质性状,受到环境因素的显著影响,而基因型与环境之间的相互作用则是影响加工和外观品质表型的一个重要因素<sup>[18]</sup>。通过AMMI模型分析得出,环境、基因型以及基因型与环境互作对花生的含油量、蛋白质含量、油酸含量和亚油酸含量的影响达到了显著或极显著水平,这4项指标的交互效应主成分值差异也达到显著水平,证实了品质受到基因与环境的相互影响,与郭建斌等<sup>[19]</sup>和崔顺立等<sup>[20]</sup>结论相似。对加工及外观品质进行选择时通常只考虑一个或两个性状,而忽视了其他性状。花生品种的含油量、蛋白质含量的变异范围相对较小,而油酸含量和亚油酸含量的变异系数则较大。此外,不同品种的花生脂肪酸组成对环境变化的敏感性存在差异,环境因素对花生脂肪酸的合成也产生了一定的影响。遗传因素和环境因素均可引起品质性状的变化。

我国花生的品质性状呈现出广泛而丰富的多样性,其变异范围之广和多样性之丰富,使得其在选择方面具有相当的潜力。在不同的种植条件下,变异系数可用来衡量农作物的遗传多样性和遗传稳定性<sup>[21]</sup>。不同花生品种的品质性状受环境因子的影响存在差异,这一结论与郭峰等<sup>[22]</sup>的实验结果相符。Isleib等<sup>[23]</sup>认为长江流域的武汉地区油酸含量显著高于黄淮海地区的周口、濮阳和石家庄,这可能由于光照、温度、水分和土壤等因素在不同地域之间存在差异所导致的品质差异。Golombek等<sup>[24]</sup>认为降水和气温也是形成不同地区花生脂肪酸组成差异的重要原因之一,土壤温度在14~38℃范围内对花生脂肪酸成分具有显著影响。Manaf等<sup>[25]</sup>认为不同地区降水特征也会引起花生脂肪酸的变化,脂肪酸积累受到多种因素的影响,其中包括温度、降雨分布和强度以及总日照时数。本研究结果表明,全生育期 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 活动积温、全生育期日照时数、平均降水量、纬度、经度、海拔、平均昼夜温差、平均相对湿度和平均风速等环境因子对含油量有重要影响;油酸含量受到环境因素的显著影响,其中包括平均相对湿度和日平均气温这两个重要因素,纬度和日平均气温也是不可忽视的重要因素,这与前人研究结果相符。甄志高等<sup>[26]</sup>认为,影响蛋白质含量最主要的因素是温度、温度日较差及降雨量等因素。本研究表明纬度和平

均风速是对蛋白质含量影响较大的环境因子,但纬度与日照之间亦存在一定的相关性,蛋白质含量同平均降水量、平均相对湿度之间存在着极显著的正相关,同纬度、平均昼夜温差、全生育期日照时数和平均风速之间存在着负相关。与本研究的试验结果不一致,靳正忠等<sup>[27]</sup>认为籽粒蛋白质含量与降雨量和大气湿度呈负相关,大麦生育期间降雨量多、大气湿度高,则蛋白质含量低;禄彩丽等<sup>[28]</sup>相关性分析结果显示,气象因子对骏枣质地品质影响显著,其中最高气温、最低气温、降水量、蒸发量、平均风速和日照时数的影响较大。张任等<sup>[29]</sup>通过相关性分析得出,蛋白质含量与平均年降水量、平均相对湿度、平均大气压、平均气温、平均最低气温及平均极端最低气温显著负相关。与本研究试验结果相似,李卫国等<sup>[30]</sup>认为影响水稻籽粒蛋白质含量的气象因素顺序为生态高度>日平均温度>最低温度>最高温度>纬度>海拔。与夏树凤等<sup>[31]</sup>认为日照时数对小麦籽粒蛋白质含量影响的研究结论并不一致。因不同品种在生育期上存在一定的差异,因此它们在各个生育阶段气象因子各不相同,加之品种特性也各不相同,最终导致了影响蛋白质含量变化的主要气象因子在品种之间也存在差异<sup>[32]</sup>。因此,对蛋白质含量的影响因素仍需深入研究。

环境变化会对花生品质产生重要的影响,而影响花生品质最重要的气象因素有温度、降水、昼夜温差、日照时数、平均风速和相对湿度等,这与赵瑞等<sup>[33]</sup>的结论类似。

#### 参考文献

- [1] 刘良源. 花生品质安全的近红外光谱检测方法研究. 镇江: 江苏大学, 2022  
Liu L Y. Research on near infrared spectroscopy detection methods for quality and safety of peanut. Zhenjiang: Jiangsu University, 2022
- [2] 张保亮, 张晓玲, 杨桥, 何延成. 国际花生育种研究进展. 中国农学通报, 2005(4): 148-151  
Zhang B L, Zhang X L, Yang Q, He Y C. Advances in peanut breeding in foreign countries. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2005(4): 148-151
- [3] 石太渊, 于淼, 韩艳秋. 辽宁花生品种营养成分及特性分析. 食品研究与开发, 2017, 38(22): 142-147  
Shi T Y, Yu M, Han Y Q. The nutrients and characteristic analysis of Liaoning peanut varieties. Food Research and Development, 2017, 38(22): 142-147
- [4] 隆文杰, 武晓阳, 周国雁, 陈丹, 伍少云, 蔡青. 云南省不同生态区糯玉米种质资源数量性状变化与多样性. 湖北农业科学, 2019, 58(21): 35-41

- Long W J, Wu X Y, Zhou G Y, Chen D, Wu S Y, Cai Q. Changes and diversity of quantitative traits of waxy maize landraces collected from different ecological regions of Yunnan province. *Hubei Agricultural Sciences*, 2019, 58(21): 35-41
- [5] 赵燕, 张秀春, 郭泽民. 不同生态区域种植花生对其蛋白质含量的影响. *农业科技通讯*, 2012(7): 105-107  
Zhao Y, Zhang X C, Guo Z M. Effects of peanut cultivation in different ecological regions on their protein content. *Bulletin of Agricultural Science and Technology*, 2012(7): 105-107
- [6] 陈阿娟, 雷建明. 7个白菜型冬油菜品种(系)在甘肃不同生态区引种初报. *甘肃农业科技*, 2019(5): 22-26  
Chen A J, Lei J M. Introduction of 7 chinese cabbage winter rapeseed cultivars (lines) in different eco-regions of Gansu province. *Gansu Agricultural Science and Technology*, 2019(5): 22-26
- [7] 单世华, 万书波, 邱庆树, 李春娟, 许婷婷, 宫清轩. 我国花生种质资源品质性状评价. *山东农业科学*, 2007(6): 40-42  
Shan S H, Wan S B, Qiu Q S, Li C J, Xu T T, Gong Q X. Evaluation of quality traits of peanut germplasm resources in China. *Shandong Agricultural Sciences*, 2007(6): 40-42
- [8] 严玫, 韩锁义, 董文召, 黄冰艳, 刘华, 张忠信, 徐静, 孙子琪, 杜培, 汤丰收, 张新友. 中国主要花生品种品质性状关联分析. *植物遗传资源学报*, 2013, 14(6): 1064-1071  
Yan M, Han S Y, Dong W Z, Huang B Y, Liu H, Zhang Z X, Xu J, Sun Z Q, Du P, Tang F S, Zhang X Y. Association analysis between quality traits and SSR markers in major peanut cultivars developed in China. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2013, 14(6): 1064-1071
- [9] 郭洪海, 杨丽萍, 李新华, 杨萍, 万书波, 王荣富, 周可金. 长江中下游区域花生生产与品质特征的研究. *农业现代化研究*, 2010, 31(5): 617-620, 625  
Guo H H, Yang L P, Li X H, Yang P, Wan S B, Wang R F, Zhou K J. Study on characteristics of production and quality of peanut in middle and lower reaches of Yangtze River. *Research of Agricultural Modernization*, 2010, 31(5): 617-620, 625
- [10] 郭洪海, 杨丽萍, 李新华, 杨萍, 万书波. 中国花生品质区划研究——指导思想、目标与原则. *中国农业科技导报*, 2010, 12(2): 28-32  
Guo H H, Yang L P, Li X H, Yang P, Wan S B. Studies on peanut quality regional planning in China guiding thoughts, aims and principle. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 2010, 12(2): 28-32
- [11] 李新华, 郭洪海, 杨丽萍, 杨萍, 万书波. 气象因子对花生品质的影响. *中国农学通报*, 2010, 26(16): 90-94  
Li X H, Guo H H, Yang L P, Yang P, Wan S B. The effect of climatic factors on peanut quality. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2010, 26(16): 90-94
- [12] 郭建斌, 贾朝阳, 荆建国, 陈四龙, 陈伟刚, 黄莉, 陈玉宁, 周小静, 罗怀勇, 刘念, 任小平, 姜慧芳. 花生主要品种出仁率和百果重的生态稳定性分析. *中国油料作物学报*, 2019, 41(2): 186-191  
Guo J B, Jia C Y, Jing J G, Chen S L, Chen W G, Huang L, Chen Y N, Zhou X J, Luo H Y, Liu N, Ren X P, Jiang H F. Ecological stability of shelling percentage and hundred pod weight in main peanut cultivars. *Chinese Journal of Oil Crop Sciences*, 2019, 41(2): 186-191
- [13] 孟亚雄, 赵向田, 马小乐, 李葆春, 杨轲, 石菁, 汪军成, 任盼荣, 王育才, 张海娟, 王化俊. 海拔对啤酒大麦产量和品质的影响. *麦类作物学报*, 2016, 36(9): 1258-1263  
Meng Y X, Zhao X T, Ma X L, Li B C, Yang K, Shi J, Wang J C, Ren P R, Wang Y C, Zhang H J, Wang H J. Effect of altitude on quality and yield of different malting barley varieties. *Journal of Triticeae Crops*, 2016, 36(9): 1258-1263
- [14] 王丽, 王强, 刘红芝, 刘丽, 杜寅, 张建树. 花生加工特性与品质评价研究进展. *中国粮油学报*, 2011, 26(10): 122-128  
Wang L, Wang Q, Liu H Z, Liu L, Du Y, Zhang J S. Research process on peanut processing characteristics and quality evaluation. *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association*, 2011, 26(10): 122-128
- [15] 潘丽娟, 王通, 许静, 陈娜, 陈明娜, 王冕, 杨珍, 兰孝帮, 迟晓元. 不同纬度对高油酸大花生产量及品质性状的影响. *花生学报*, 2020, 49(4): 73-78  
Pan L J, Wang T, Xu J, Chen N, Chen M N, Wang M, Yang Z, Lan X B, Chi X Y. Effects of different latitudes on high oleic acid peanut yield and quality traits. *Journal of Peanut Science*, 2020, 49(4): 73-78
- [16] 郭洪海, 杨萍, 杨丽萍, 李新华, 万书波, 符明联. 云贵高原花生生产与品质特征. *中国农学通报*, 2011, 27(3): 221-225  
Guo H H, Yang P, Yang L P, Li X H, Wan S B, Fu M L. The characteristics of production and quality of peanut in Yunqui Plateau. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2011, 27(3): 221-225
- [17] 王才斌, 刘云峰, 吴正锋, 郑亚萍, 万书波, 孙奎香, 孙学武, 冯昊. 山东省不同生态区花生品质差异及稳定性研究. *中国生态农业学报*, 2008(5): 1138-1142  
Wang C B, Liu Y F, Wu Z F, Zheng Y P, Wan S B, Sun K X, Sun X W, Feng H. Diversity and stability of peanut kernel quality in different ecological regions of Shandong province. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2008(5): 1138-1142
- [18] 姚晓云, 陈春莲, 熊运华, 黄永萍, 彭志勤, 刘进, 尹建华. 不同生态环境下稻米加工和外观品质性状QTL鉴定. *中国水稻科学*, 2023, URL: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/33.1146.S.20230106.1728.013.html>  
Yao X Y, Chen C L, Xiong Y H, Huang Y P, Peng Z Q, Liu J, Yi J H. Identification of QTL for milling and appearance quality traits under multiple environments in rice (*Oryza sativa* L.): *Chinese Journal of Rice Science*, 2023, URL: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/33.1146.S.20230106.1728.013.html>
- [19] 郭建斌, 吴贝, 陈伟刚, 黄莉, 陈玉宁, 周小静, 罗怀勇, 刘念, 任小平, 姜慧芳. 花生品种主要脂肪酸含量在不同生态区的稳定性. *作物学报*, 2019, 45(5): 676-682  
Guo J B, Wu B, Chen W G, Huang L, Chen Y N, Zhou X J, Luo H Y, Liu N, Ren X P, Jiang H F. Stability of major fatty acids contents of peanut varieties grown in different ecological

- regions. *Acta Agronomica Sinica*, 2019, 45(5): 676-682
- [20] 崔顺立, 何美敬, 侯名语, 杨鑫雷, 穆国俊, 刘立峰. 利用 GGE 双标图分析花生品质性状的基因型-环境互作. *中国油料作物学报*, 2021, 43(4): 617-626  
Cui S L, He M J, Hou M Y, Yang X L, Mu G J, Liu L F. Genotype  $\times$  environment interactions for the quality traits of peanut varieties based on GGE biplot analysis. *Chinese Journal of Oil Crop Sciences*, 2021, 43(4): 617-626
- [21] 梁森苗, 张淑文, 郑锡良, 任海英, 朱婷婷, 戚行江. 杨梅生长指标与果实品质间的相关性分析. *核农学报*, 2019, 33(4): 751-758  
Liang S M, Zhang S W, Zheng X L, Ren H Y, Zhu T T, Qi X J. Correlation between growth indexes and fruit quality traits of Chinese Bayberry (*Myrica rubra* Sieb. et Zucc). *Journal of Nuclear Agricultural Sciences*, 2019, 33(4): 751-758
- [22] 郭峰, 阮建, 王莹莹, 万书波, 彭振英. 利用变异系数分析花生品质性状对环境变化的遗传稳定性研究. *山东农业科学*, 2017, 49(9): 25-31  
Guo F, Ruan J, Wang Y Y, Wan S B, Peng Z Y. Study on genetic stability of peanut quality characters in response to environmental changes using coefficient of variation. *Shandong Agricultural Sciences*, 2017, 49(9): 25-31
- [23] Isleib T G, Pattee H E, Sanders T H, Hendrix K W, Dean L O. Compositional and sensory comparisons between normal and high-oleic peanuts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2006, 54(5): 1759-1763
- [24] Golombok S D, Sridhar R, Singh U. Effect of soil temperature on the seed composition of three spanish cultivars of groundnut (*Arachis hypogaea* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1995, 43(8): 2067-2070
- [25] Manaf A, Ejaz M. Determinants of oil and fatty acid accumulation in peanut. *International Journal of Agriculture and Biology*, 2005, 7(6): 895-899
- [26] 甄志高, 王晓林, 段莹, 赵晓环. 气象条件对花生蛋白质和脂肪含量的影响. *花生学报*, 2004(3): 22-24  
Zhen Z G, Wang X L, Duan Y, Zhao X H. The effect of climatic factors on protein and oil content of peanut seeds. *Journal of Peanut Science*, 2004(3): 22-24
- [27] 靳正忠, 齐军仓, 曹连莆, 刘伟, 李诚. 啤酒大麦籽粒蛋白质含量基因型与环境效应的研究进展. *大麦科学*, 2004(2): 9-13  
Jin Z Z, Qi J C, Cao L P, Liu W, Li C. Advance in study on the effects of genotype and environment on protein content in malting barley grains. *Barley and Cereal Sciences*, 2004(2): 9-13
- [28] 禄彩丽, 何秉宇, 马珊, 张梅, 魏喜喜, 宋健, 刘伟锋, 李建贵. 环塔里木盆地骏枣质地品质及其与气象因子的关系. *西北农林科技大学学报: 自然科学版*, 2021, 49(2): 45-53  
Lu C L, He B Y, Ma S, Zhang M, Wei X X, Song J, Liu W F, Li J G. Texture quality of *Ziziphus jujuba* cv. Junzao of Tarim Basin and its relationship with meteorological factors. *Journal of Northwest A & F University: Natural Science Edition*, 2021, 49(2): 45-53
- [29] 张任, 张鹏程, 邬欢欢, 张学东. 气象因子对南疆地区骏枣果实品质的影响. *中国农业科技导报*, 2018, 20(7): 113-122  
Zhang R, Zhang P C, Wu H H, Zhang X D. Impact of meteorological factors on fruit quality of Jun jujube in Southern Xinjiang. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 2018, 20(7): 113-122
- [30] 李卫国, 戴廷波, 朱艳, 曹卫星. 基于生态效应的水稻籽粒蛋白质含量预测模型研究. *植物生态学报*, 2005(4): 630-635  
Li W G, Dai Y B, Zhu Y, Cao W X. An ecological model for predicting protein content in rice grains. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 2005(4): 630-635
- [31] 夏树凤, 江广帅, 赵鸿, 方乾, 胡诗琪, 王凡, 蔡剑, 王笑, 周琴, 仲迎鑫, 姜东. 基于 Meta 分析和气象因子驱动的苏豫皖小麦籽粒蛋白质含量地理空间分布特征. *麦类作物学报*, 2021, 41(8): 1033-1043  
Xia S F, Jiang G S, Zhao H, Fang Q, Hu S Q, Wang F, Cai J, Wang X, Zhou Q, Zhong Y X, Jiang D. Study on spatial distribution characteristics of wheat grain protein content based on Meta analysis and meteorological factors in Jiangsu, Anhui and Henan. *Journal of Triticeae Crops*, 2021, 41(8): 1033-1043
- [32] 徐富贤, 周兴兵, 刘茂, 蒋鹏, 张林, 郭晓艺, 朱永川, 熊洪. 品种、栽培方式与气象因子对稻米蛋白质含量的影响. *中国稻米*, 2018, 24(4): 45-49  
Xu F X, Zhou X B, Liu M, Jiang P, Zhang L, Guo X Y, Zhu Y C, Xiong H. Effects of varieties cultivation methods and meteorological factors on protein content of rice. *China Rice*, 2018, 24(4): 45-49
- [33] 赵瑞, 许瀚卿, 樊冬丽, 田展. 气候变化对中国花生生产的影响研究进展. *中国农学通报*, 2017, 33(21): 114-117  
Zhao R, Xu H Q, Pan D L, Tian Z. Effect of climate change on peanut production in China: Research progress. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2017, 33(21): 114-117

附表 1 2018-2020 不同环境品种含油量数据统计

Table S4 Statistics of oil content of different environmental varieties from 2018 to 2020

| 年份<br>Year | 品种<br>Variety | E1    | E2    | E3    | E4    | E5    | E6    | E7    | E8    | E9    | E10   | 标准差<br>SD | 最大值<br>Maximum | 最小值<br>Minimum | 平均值<br>average | 变异系数<br>CV |      |
|------------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|----------------|----------------|----------------|------------|------|
| 2018       | HY9118        | --    | 52.16 | --    | 57.83 | 51.79 | 53.56 | 53.73 | 53.05 | 54.62 | 49.28 | 2.46      | 57.83          | 49.28          | 53.25          | 0.05       |      |
|            | HY9116        | 54.82 | 52.28 | 51.07 | 58.71 | 54.91 | 54.39 | 55.87 | 53.20 | 54.76 | 49.34 | 2.62      | 58.71          | 49.34          | 53.94          | 0.05       |      |
|            | HY9124        | --    | 53.57 | 49.69 | 57.72 | 53.27 | 55.84 | 55.00 | 52.87 | 54.16 | 48.44 | 2.88      | 57.72          | 48.44          | 53.40          | 0.05       |      |
|            | HY9125        | 50.18 | 51.23 | 50.78 | 55.83 | 52.32 | 55.26 | 54.57 | 52.23 | 53.97 | 50.86 | 2.04      | 55.83          | 50.18          | 52.72          | 0.04       |      |
|            | LH10          | 50.54 | 52.23 | 50.16 | 60.04 | 52.57 | 54.71 | 54.23 | 53.32 | 52.91 | 49.65 | 2.99      | 60.04          | 49.65          | 53.04          | 0.06       |      |
|            | HY9117        | 53.44 | 52.43 | 49.90 | 58.04 | 54.38 | 54.35 | 55.27 | 51.39 | 54.53 | 48.65 | 48.65     | 2.74           | 58.04          | 48.65          | 53.24      | 0.05 |
|            | HY9119        | 53.20 | 53.03 | 49.69 | 58.61 | 51.52 | 54.22 | 54.77 | 53.09 | 54.51 | 48.10 | 48.10     | 2.90           | 58.61          | 48.10          | 53.07      | 0.05 |
|            | HY9121        | 54.24 | 52.78 | 50.18 | 59.38 | 50.73 | 55.27 | 53.61 | 50.85 | 54.42 | 49.46 | 49.46     | 2.98           | 59.38          | 49.46          | 53.09      | 0.06 |
|            | HY9115        | 51.24 | 52.41 | 50.03 | 58.75 | 52.34 | 53.95 | 55.80 | 53.44 | 54.68 | 50.60 | 50.60     | 2.63           | 58.75          | 50.03          | 53.32      | 0.05 |
|            | HY9123        | --    | 52.29 | 52.73 | 57.23 | 54.23 | 55.15 | 55.83 | 54.35 | 53.73 | 49.89 | 49.89     | 2.14           | 57.23          | 49.89          | 53.94      | 0.04 |
|            | HY33          | 51.81 | 54.82 | 48.67 | 56.64 | 51.15 | 55.05 | 57.06 | 53.86 | 54.45 | 49.50 | 49.50     | 2.89           | 57.06          | 48.67          | 53.30      | 0.05 |
|            | HY917         | 53.52 | 53.18 | 50.38 | 58.16 | 52.54 | 53.88 | 55.23 | 52.95 | --    | 51.10 | 51.10     | 2.28           | 58.16          | 50.38          | 53.44      | 0.04 |
|            | 平均值           | 52.55 | 52.70 | 50.30 | 58.08 | 52.65 | 54.64 | 55.08 | 52.88 | 54.25 | 49.57 | 49.57     | 2.63           | 58.11          | 49.34          | 53.31      | 0.05 |
| 2019       | HY9118        | --    | 54.09 | 55.18 | 55.59 | 53.29 | 52.76 | 53.80 | 54.93 | --    | 51.20 | 1.44      | 55.59          | 51.20          | 53.86          | 0.03       |      |
|            | HY9116        | 52.15 | 52.93 | 56.60 | 55.82 | 53.88 | 51.98 | 53.55 | 53.06 | 51.83 | 52.43 | 1.62      | 56.60          | 51.83          | 53.42          | 0.03       |      |
|            | HY9124        | 53.89 | 53.29 | 55.30 | 55.50 | 54.44 | 52.62 | 53.29 | 54.54 | 51.58 | 50.58 | 1.58      | 55.50          | 50.58          | 53.50          | 0.03       |      |
|            | HY9125        | 55.23 | 51.44 | 55.45 | 57.40 | 54.63 | 54.88 | 53.47 | 54.80 | 52.61 | 52.76 | 1.72      | 57.40          | 51.44          | 54.27          | 0.03       |      |
|            | LH10          | 53.23 | 53.24 | 54.92 | 55.25 | 54.13 | 53.22 | 53.66 | 56.28 | 51.72 | 52.06 | 1.41      | 56.28          | 51.72          | 53.77          | 0.03       |      |
|            | HY9117        | 53.38 | 53.43 | 54.01 | 55.99 | 51.38 | 53.77 | 52.86 | 50.39 | 50.78 | 51.87 | 51.87     | 1.70           | 55.99          | 50.39          | 52.79      | 0.03 |
|            | HY9119        | 52.36 | 52.98 | 55.44 | 55.72 | 52.22 | 53.59 | 51.86 | 54.24 | 51.69 | 51.24 | 51.24     | 1.57           | 55.72          | 51.24          | 53.13      | 0.03 |
|            | HY9121        | 54.06 | 54.02 | 56.12 | 55.46 | 54.27 | 53.61 | 52.80 | 53.71 | 51.48 | 53.83 | 53.83     | 1.28           | 56.12          | 51.48          | 53.94      | 0.02 |
|            | HY9115        | 50.80 | 53.49 | 54.59 | 54.45 | 53.04 | 51.27 | 52.38 | 53.45 | 50.54 | 51.77 | 51.77     | 1.46           | 54.59          | 50.54          | 52.58      | 0.03 |
|            | HY9123        | --    | 51.92 | 55.56 | 55.35 | 54.27 | 53.51 | 53.73 | 55.86 | 52.30 | 51.07 | 51.07     | 1.70           | 55.86          | 51.07          | 53.73      | 0.03 |
|            | HY33          | 50.58 | 53.30 | 54.92 | 54.93 | 54.06 | 54.85 | 55.09 | 54.15 | 52.33 | 52.34 | 52.34     | 1.50           | 55.09          | 50.58          | 53.66      | 0.03 |

|      |        |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |       |       |       |      |
|------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|
|      | HY917  | 52.29 | 54.28 | 54.34 | 56.83 | 53.57 | 52.64 | 54.01 | 53.35 | 52.88 | 53.38 | 1.28 | 56.83 | 52.29 | 53.76 | 0.02 |
|      | 平均值    | 52.80 | 53.20 | 55.20 | 55.69 | 53.60 | 53.23 | 53.38 | 54.06 | 51.79 | 52.04 | 1.52 | 55.96 | 51.20 | 53.53 | 0.03 |
| 2020 | HY9118 | 55.19 | 54.73 | 53.73 | 57.39 | 54.90 | 56.50 | 54.88 | 57.55 | 52.50 | 53.97 | 1.53 | 57.55 | 52.50 | 55.13 | 0.03 |
|      | HY9116 | 55.36 | 54.43 | 53.40 | 57.53 | 54.39 | 57.72 | 54.33 | 56.76 | 52.85 | 54.04 | 1.71 | 57.72 | 52.85 | 55.08 | 0.03 |
|      | HY9124 | 54.86 | 55.70 | 54.57 | 58.58 | 55.49 | 57.29 | 55.75 | 57.67 | 53.75 | 53.36 | 1.70 | 58.58 | 53.36 | 55.70 | 0.03 |
|      | HY9125 | 55.06 | 55.56 | 55.47 | 56.53 | 55.62 | 57.38 | 57.33 | 56.27 | 54.49 | 53.02 | 1.32 | 57.38 | 53.02 | 55.67 | 0.02 |
|      | LH10   | 54.17 | 55.49 | 55.57 | 58.83 | 54.86 | 58.19 | 56.29 | 56.59 | 54.06 | 53.12 | 1.81 | 58.83 | 53.12 | 55.72 | 0.03 |
|      | HY9117 | 54.18 | 54.91 | 54.09 | 56.85 | 55.00 | 57.75 | 54.64 | 57.79 | 53.49 | 53.73 | 1.63 | 57.79 | 53.49 | 55.24 | 0.03 |
|      | HY9119 | 54.31 | 54.68 | 54.88 | 56.48 | 55.25 | 58.04 | 55.44 | 57.18 | 53.98 | 53.71 | 1.42 | 58.04 | 53.71 | 55.40 | 0.03 |
|      | HY9121 | 54.63 | 54.17 | 55.85 | 58.24 | 55.07 | 57.98 | 56.46 | 56.27 | 52.96 | 54.35 | 1.69 | 58.24 | 52.96 | 55.60 | 0.03 |
|      | HY9115 | 55.18 | 53.89 | 55.57 | 57.49 | 53.34 | 56.10 | 55.52 | 56.64 | 52.53 | 53.51 | 1.60 | 57.49 | 52.53 | 54.98 | 0.03 |
|      | HY9123 | 54.69 | 55.31 | 53.24 | 58.16 | 53.67 | 57.40 | 55.67 | 58.24 | 55.32 | 54.12 | 1.80 | 58.24 | 53.24 | 55.58 | 0.03 |
|      | HY33   | 56.12 | 55.33 | 57.08 | 58.21 | 55.78 | 59.15 | 55.31 | 58.90 | 51.91 | 54.60 | 2.20 | 59.15 | 51.91 | 56.24 | 0.04 |
|      | HY917  | 54.83 | 54.85 | 55.56 | 57.18 | 54.46 | 56.63 | 54.93 | 55.91 | 52.12 | 55.31 | 1.37 | 57.18 | 52.12 | 55.18 | 0.02 |
|      | 平均值    | 54.88 | 54.92 | 54.92 | 57.62 | 54.82 | 57.51 | 55.55 | 57.15 | 53.33 | 53.90 | 1.65 | 58.02 | 52.90 | 55.46 | 0.03 |

HY9118、HY9116、HY9124、HY9125、LH10、HY9117、HY9119、HY9121、HY9115、HY9123、HY33、HY917 分别代表品种花育 9118、花育 9116、花育 9124、花育 9125、龙花 10、花育 9117、花育 9119、花育 9121、花育 9115、花育 9123、花育 33、花育 917；E1、E2、E3、E4、E5、E6、E7、E8、E9、E10 分别代表种植地点福建泉州、四川南充、安徽合肥、江苏徐州、河南濮阳、山西汾阳、河北保定、河北唐山、新疆乌鲁木齐、吉林四平；--：表示数据缺失；下同

HY9118, HY9116, HY9124, HY9125, LH10, HY9117, HY9119, HY9121, HY9115, HY9123, HY33, HY917 represent the varieties of Huayu 9118, Huayu 9116, Huayu 9124, Huayu 9125, Longhua No. 10, Huayu 9117, Huayu 9119, Huayu 9121, Huayu 9115, Huayu 9123, Huayu 33, Huayu 917; E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8, E9 and E10 represent the planting locations of Quanzhou in Fujian, Nanchong in Sichuan, Hefei in Anhui, Xuzhou in Jiangsu, Puyang in Henan, Fenyang in Shanxi, Baoding in Hebei, Tangshan in Hebei, Urumqi in Xinjiang and Siping in Jilin; --: indicates missing data; The same as below

附表 2 2018-2020 不同环境品种蛋白质数据统计

Table S2 Statistics of protein data of different environmental varieties from 2018 to 2020

| 年份<br>Year | 品种<br>Variety | E1     | E2    | E3    | E4    | E5    | E6    | E7    | E8    | E9    | E10   | 标准差<br>SD | 最大值<br>Maximum | 最小值<br>Minimum | 平均值<br>average | 变异系数<br>CV |
|------------|---------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|----------------|----------------|----------------|------------|
| 2018       | HY9118        | --     | 27.95 | --    | 19.38 | 28.39 | 24.38 | 21.98 | 25.58 | 22.56 | 25.38 | 3.05      | 28.39          | 19.38          | 24.45          | 0.12       |
|            | HY9116        | 25.62  | 28.17 | 26.50 | 20.88 | 28.37 | 25.14 | 21.85 | 25.44 | 24.71 | 24.73 | 2.38      | 28.37          | 20.88          | 25.14          | 0.09       |
|            | HY9124        | --     | 27.35 | 27.21 | 22.26 | 28.80 | 24.46 | 21.03 | 26.27 | 23.38 | 24.86 | 2.56      | 28.80          | 21.03          | 25.07          | 0.10       |
|            | HY9125        | 26.66  | 28.48 | 26.64 | 20.75 | 30.23 | 25.33 | 23.40 | 26.85 | 24.79 | 25.88 | 2.62      | 30.23          | 20.75          | 25.90          | 0.10       |
|            | LH10          | 25.38  | 27.51 | 26.22 | 20.69 | 29.19 | 24.60 | 21.35 | 25.82 | 24.77 | 24.99 | 2.54      | 29.19          | 20.69          | 25.05          | 0.10       |
|            | HY9117        | 27.20  | 27.47 | 26.13 | 21.73 | 28.73 | 24.44 | 22.15 | 26.66 | 23.42 | 25.01 | 2.35      | 28.73          | 21.73          | 25.29          | 0.09       |
|            | HY9119        | 24.49  | 27.35 | 26.81 | 21.52 | 28.09 | 24.19 | 24.54 | 25.61 | 23.25 | 25.20 | 1.97      | 28.09          | 21.52          | 25.11          | 0.08       |
|            | HY9121        | 25.01  | 26.84 | 25.86 | 21.35 | 28.41 | 25.37 | 23.14 | 26.27 | 23.17 | 24.83 | 2.05      | 28.41          | 21.35          | 25.03          | 0.08       |
|            | HY9115        | 25.87  | 27.74 | 26.32 | 19.51 | 29.53 | 25.11 | 22.56 | 26.64 | 24.57 | 25.27 | 2.76      | 29.53          | 19.51          | 25.31          | 0.11       |
|            | HY9123        | --     | 27.07 | 26.33 | 21.91 | 29.90 | 25.26 | 22.23 | 26.36 | 24.99 | 25.63 | 2.43      | 29.90          | 21.91          | 25.52          | 0.10       |
|            | HY33          | 27.02  | 28.31 | 28.73 | 21.26 | 30.20 | 25.14 | 23.15 | 26.47 | 25.67 | 27.20 | 2.66      | 30.20          | 21.26          | 26.32          | 0.10       |
|            | HY917         | 24.76  | 27.41 | 26.82 | 20.17 | 29.25 | 24.90 | 22.17 | 26.92 | --    | 24.16 | 2.80      | 29.25          | 20.17          | 25.17          | 0.11       |
|            | 平均值           | 25.78  | 27.64 | 26.69 | 20.95 | 29.09 | 24.86 | 22.46 | 26.24 | 24.12 | 25.26 | 2.51      | 29.09          | 20.85          | 25.28          | 0.10       |
|            | 2019          | HY9118 | --    | 28.84 | 22.29 | 25.27 | 23.08 | 24.10 | 22.69 | 24.00 | --    | 24.99     | 2.08           | 28.84          | 22.29          | 24.41      |
| HY9116     |               | 24.98  | 28.82 | 21.13 | 24.58 | 22.36 | 26.31 | 24.03 | 24.71 | 22.63 | 22.80 | 2.21      | 28.82          | 21.13          | 24.24          | 0.09       |
| HY9124     |               | 22.99  | 28.13 | 22.18 | 25.93 | 22.23 | 25.04 | 23.29 | 23.59 | 22.42 | 24.72 | 1.91      | 28.13          | 22.18          | 24.05          | 0.08       |
| HY9125     |               | 22.52  | 28.94 | 23.22 | 23.95 | 20.71 | 23.74 | 21.98 | 25.63 | 22.49 | 24.13 | 2.27      | 28.94          | 20.71          | 23.73          | 0.10       |
| LH10       |               | 25.82  | 27.26 | 22.77 | 26.03 | 20.73 | 24.77 | 24.39 | 21.66 | 22.32 | 23.12 | 2.11      | 27.26          | 20.73          | 23.89          | 0.09       |
| HY9117     |               | 25.16  | 28.72 | 24.23 | 23.66 | 23.81 | 23.86 | 24.13 | 27.04 | 23.34 | 24.52 | 1.72      | 28.72          | 23.34          | 24.85          | 0.07       |
| HY9119     |               | 26.64  | 29.05 | 21.91 | 26.28 | 23.12 | 24.22 | 25.75 | 24.54 | 22.98 | 23.81 | 2.12      | 29.05          | 21.91          | 24.83          | 0.09       |
| HY9121     |               | 21.86  | 27.72 | 21.52 | 26.58 | 22.02 | 23.89 | 23.28 | 23.33 | 25.73 | 22.80 | 2.12      | 27.72          | 21.52          | 23.87          | 0.09       |
| HY9115     |               | 24.50  | 27.97 | 22.34 | 28.36 | 22.66 | 24.62 | 24.91 | 24.80 | 23.35 | 23.97 | 2.01      | 28.36          | 22.34          | 24.75          | 0.08       |
| HY9123     |               | --     | 29.79 | 22.93 | 26.02 | 23.02 | 24.28 | 21.30 | 22.66 | 26.25 | 25.14 | 2.55      | 29.79          | 21.30          | 24.60          | 0.10       |
| HY33       |               | 23.72  | 25.49 | 22.11 | 24.75 | 21.73 | 23.07 | 18.36 | 22.71 | 21.22 | 22.46 | 1.98      | 25.49          | 18.36          | 22.56          | 0.09       |
| HY917      |               | 22.60  | 26.62 | 22.96 | 25.26 | 20.80 | 25.63 | 20.98 | 24.53 | 25.37 | 23.38 | 1.99      | 26.62          | 20.80          | 23.81          | 0.08       |

|      |        |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |       |       |       |      |
|------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|
| 2020 | 平均值    | 24.08 | 28.11 | 22.47 | 25.56 | 22.19 | 24.46 | 22.92 | 24.10 | 23.46 | 23.82 | 2.09 | 28.15 | 21.38 | 24.13 | 0.09 |
|      | HY9118 | 26.03 | 26.01 | 26.93 | 24.66 | 25.62 | 24.87 | 25.43 | 25.63 | 26.22 | 24.56 | 0.75 | 26.93 | 24.56 | 25.60 | 0.03 |
|      | HY9116 | 26.68 | 27.01 | 26.76 | 24.39 | 25.64 | 25.08 | 25.83 | 25.70 | 25.49 | 24.16 | 0.96 | 27.01 | 24.16 | 25.67 | 0.04 |
|      | HY9124 | 26.57 | 25.93 | 26.58 | 23.40 | 26.12 | 24.69 | 25.49 | 25.33 | 24.25 | 25.19 | 1.02 | 26.58 | 23.40 | 25.36 | 0.04 |
|      | HY9125 | 25.91 | 25.15 | 27.87 | 23.31 | 25.87 | 26.34 | 24.89 | 25.57 | 26.64 | 24.08 | 1.30 | 27.87 | 23.31 | 25.56 | 0.05 |
|      | LH10   | 27.05 | 25.45 | 26.76 | 23.38 | 24.74 | 25.59 | 25.49 | 25.82 | 23.03 | 25.39 | 1.28 | 27.05 | 23.03 | 25.27 | 0.05 |
|      | HY9117 | 26.73 | 26.34 | 26.49 | 23.43 | 25.56 | 23.08 | 25.74 | 25.59 | 24.22 | 24.61 | 1.28 | 26.73 | 23.08 | 25.18 | 0.05 |
|      | HY9119 | 27.56 | 25.33 | 25.96 | 25.10 | 25.53 | 24.87 | 25.49 | 25.30 | 24.77 | 23.51 | 1.02 | 27.56 | 23.51 | 25.34 | 0.04 |
|      | HY9121 | 25.97 | 26.48 | 26.64 | 22.64 | 25.55 | 25.28 | 24.94 | 26.67 | 24.04 | 23.84 | 1.35 | 26.67 | 22.64 | 25.21 | 0.05 |
|      | HY9115 | 27.14 | 26.58 | 24.80 | 24.29 | 26.52 | 25.22 | 25.03 | 25.97 | 25.75 | 25.25 | 0.90 | 27.14 | 24.29 | 25.66 | 0.03 |
|      | HY9123 | 25.65 | 25.68 | 26.63 | 24.22 | 27.92 | 25.02 | 24.95 | 25.34 | 24.63 | 24.53 | 1.11 | 27.92 | 24.22 | 25.46 | 0.04 |
|      | HY33   | 27.70 | 26.87 | 27.66 | 24.69 | 27.42 | 25.81 | 27.42 | 24.44 | 24.59 | 26.83 | 1.34 | 27.70 | 24.44 | 26.34 | 0.05 |
|      | HY917  | 26.92 | 26.60 | 26.64 | 25.17 | 26.73 | 25.66 | 26.37 | 25.90 | 25.14 | 24.39 | 0.84 | 26.92 | 24.39 | 25.95 | 0.03 |
|      | 平均值    | 26.66 | 26.12 | 26.64 | 24.06 | 26.10 | 25.13 | 25.59 | 25.61 | 24.90 | 24.70 | 1.10 | 27.17 | 23.75 | 25.55 | 0.04 |

附表 3 2018-2020 不同环境品种油酸数据统计

Table S3 Statistics of oleic acid of different environmental varieties from 2018 to 2020

| 年份<br>Year | 品种<br>Variety | E1     | E2    | E3    | E4    | E5    | E6    | E7    | E8    | E9    | E10   | 标准差<br>SD | 最大值<br>MAX | 最小值<br>MIN | 平均值<br>AVE | 变异系数<br>CV |
|------------|---------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|------------|------------|------------|------------|
| 2018       | HY9118        | --     | 77.46 | --    | 85.51 | 79.88 | 80.87 | 80.32 | 82.46 | 78.67 | 77.96 | 2.63      | 85.51      | 77.46      | 80.39      | 0.03       |
|            | HY9116        | 78.85  | 80.95 | 79.67 | 83.98 | 75.05 | 81.65 | 75.38 | 84.77 | 72.24 | 71.49 | 4.67      | 84.77      | 71.49      | 78.40      | 0.06       |
|            | HY9124        | --     | 83.51 | 79.91 | 82.11 | 77.90 | 81.16 | 80.67 | 81.86 | 79.70 | 74.12 | 2.76      | 83.51      | 74.12      | 80.10      | 0.03       |
|            | HY9125        | 75.11  | 76.19 | 76.44 | 75.23 | 70.49 | 77.39 | 71.05 | 80.26 | 72.20 | 65.36 | 4.26      | 80.26      | 65.36      | 73.97      | 0.06       |
|            | LH10          | 82.51  | 81.82 | 79.29 | 83.02 | 81.50 | 78.71 | 80.94 | 84.07 | 74.86 | 76.81 | 2.90      | 84.07      | 74.86      | 80.35      | 0.04       |
|            | HY9117        | 81.92  | 80.91 | 83.61 | 86.26 | 80.87 | 81.28 | 80.32 | 80.69 | 77.83 | 63.59 | 6.08      | 86.26      | 63.59      | 79.73      | 0.08       |
|            | HY9119        | 84.17  | 81.36 | 76.70 | 83.28 | 77.42 | 75.50 | 84.37 | 77.67 | 81.34 | 69.27 | 4.73      | 84.37      | 69.27      | 79.11      | 0.06       |
|            | HY9121        | 83.46  | 79.84 | 78.47 | 83.34 | 75.02 | 65.38 | 78.44 | 82.13 | 79.88 | 76.69 | 5.29      | 83.46      | 65.38      | 78.27      | 0.07       |
|            | HY9115        | 80.25  | 83.13 | 82.58 | 85.28 | 79.73 | 77.45 | 80.78 | 82.78 | 85.37 | 68.83 | 4.82      | 85.37      | 68.83      | 80.62      | 0.06       |
|            | HY9123        | --     | 72.56 | 55.26 | 81.69 | 67.92 | 63.77 | 70.21 | 65.17 | 52.39 | 59.41 | 9.06      | 81.69      | 52.39      | 65.38      | 0.14       |
|            | HY33          | 46.42  | 51.98 | 37.20 | 47.32 | 51.28 | 48.57 | 47.60 | 46.24 | 39.67 | 50.20 | 4.78      | 51.98      | 37.20      | 46.65      | 0.10       |
|            | HY917         | 81.24  | 77.70 | 73.46 | 82.50 | 79.89 | 77.12 | 83.26 | 83.06 | --    | 69.08 | 4.82      | 83.26      | 69.08      | 78.59      | 0.06       |
|            | 平均值           | 77.10  | 77.28 | 72.96 | 79.96 | 74.75 | 74.07 | 76.11 | 77.60 | 72.20 | 68.57 | 4.73      | 81.21      | 65.75      | 75.13      | 0.07       |
|            | 2019          | HY9118 | --    | 87.18 | 82.27 | 82.86 | 76.65 | 81.80 | 81.40 | 81.32 | --    | 74.62     | 3.85       | 87.18      | 74.62      | 81.01      |
| HY9116     |               | 74.84  | 84.37 | 79.92 | 66.06 | 80.92 | 80.98 | 80.54 | 82.73 | 60.76 | 61.13 | 9.12      | 84.37      | 60.76      | 75.23      | 0.12       |
| HY9124     |               | 78.88  | 76.69 | 79.66 | 78.34 | 67.33 | 74.02 | 79.68 | 83.54 | 71.72 | 70.42 | 5.02      | 83.54      | 67.33      | 76.03      | 0.07       |
| HY9125     |               | 76.81  | 82.84 | 70.92 | 80.18 | 81.39 | 62.54 | 78.62 | 75.35 | 56.27 | 55.11 | 10.40     | 82.84      | 55.11      | 72.00      | 0.14       |
| LH10       |               | 80.23  | 84.55 | 82.11 | 86.13 | 82.05 | 81.58 | 78.07 | 77.41 | 77.19 | 72.84 | 3.92      | 86.13      | 72.84      | 80.22      | 0.05       |
| HY9117     |               | 81.09  | 86.81 | 81.23 | 84.17 | 78.27 | 81.41 | 82.28 | 81.03 | 74.46 | 76.13 | 3.63      | 86.81      | 74.46      | 80.69      | 0.04       |
| HY9119     |               | 80.20  | 83.77 | 77.03 | 83.25 | 80.25 | 75.61 | 78.48 | 82.77 | 75.11 | 68.33 | 4.71      | 83.77      | 68.33      | 78.48      | 0.06       |
| HY9121     |               | 76.43  | 79.67 | 79.09 | 83.34 | 83.01 | 77.56 | 69.65 | 82.21 | 76.22 | 75.04 | 4.20      | 83.34      | 69.65      | 78.22      | 0.05       |
| HY9115     |               | 76.45  | 86.82 | 79.95 | 83.72 | 82.17 | 75.80 | 78.99 | 81.98 | 71.70 | 67.17 | 5.87      | 86.82      | 67.17      | 78.48      | 0.07       |
| HY9123     |               | --     | 82.10 | 71.82 | 70.30 | 62.31 | 66.66 | 72.69 | 64.71 | 72.43 | 51.17 | 8.57      | 82.10      | 51.17      | 68.24      | 0.13       |
| HY33       |               | 48.91  | 52.78 | 44.42 | 53.97 | 47.26 | 42.24 | 45.57 | 46.62 | 43.85 | 38.70 | 4.63      | 53.97      | 38.70      | 46.43      | 0.10       |
| HY917      |               | 79.27  | 83.44 | 80.10 | 86.52 | 82.70 | 76.39 | 79.03 | 82.03 | 39.80 | 72.26 | 13.37     | 86.52      | 39.80      | 76.15      | 0.18       |

|      |        |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |
|------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| 2020 | 平均值    | 75.31 | 80.92 | 75.71 | 78.24 | 75.36 | 73.05 | 75.42 | 76.81 | 65.41 | 65.24 | 6.44  | 82.28 | 61.66 | 74.26 | 0.09 |
|      | HY9118 | 77.27 | 81.38 | 80.48 | 86.06 | 83.56 | 79.26 | 85.45 | 77.99 | 81.79 | 81.53 | 2.93  | 86.06 | 77.27 | 81.48 | 0.04 |
|      | HY9116 | 84.75 | 82.50 | 80.15 | 85.81 | 79.29 | 78.00 | 82.59 | 84.13 | 77.75 | 72.10 | 4.13  | 85.81 | 72.10 | 80.71 | 0.05 |
|      | HY9124 | 79.99 | 82.37 | 83.39 | 81.23 | 79.49 | 79.48 | 83.78 | 81.66 | 79.13 | 79.81 | 1.71  | 83.78 | 79.13 | 81.03 | 0.02 |
|      | HY9125 | 82.96 | 75.87 | 68.11 | 77.29 | 73.74 | 63.69 | 86.23 | 87.41 | 59.24 | 67.22 | 9.59  | 87.41 | 59.24 | 74.18 | 0.13 |
|      | LH10   | 81.16 | 83.22 | 81.99 | 71.32 | 82.31 | 61.33 | 85.88 | 77.76 | 83.97 | 77.62 | 7.36  | 85.88 | 61.33 | 78.66 | 0.09 |
|      | HY9117 | 81.88 | 81.14 | 84.73 | 84.21 | 80.29 | 83.55 | 88.21 | 84.93 | 83.73 | 83.69 | 2.23  | 88.21 | 80.29 | 83.64 | 0.03 |
|      | HY9119 | 81.29 | 73.36 | 85.3  | 83.59 | 82.09 | 69.01 | 85.31 | 81.56 | 73.14 | 77.85 | 5.66  | 85.31 | 69.01 | 79.25 | 0.07 |
|      | HY9121 | 83.32 | 78.17 | 82.13 | 87.56 | 84.28 | 57.98 | 80.28 | 82.50 | 82.01 | 81.74 | 8.11  | 87.56 | 57.98 | 80.00 | 0.10 |
|      | HY9115 | 83.45 | 81.65 | 83.08 | 90.18 | 81.26 | 80.39 | 86.25 | 82.97 | 78.27 | 82.33 | 3.28  | 90.18 | 78.27 | 82.98 | 0.04 |
|      | HY9123 | 72.50 | 77.36 | 76.73 | 81.61 | 67.30 | 59.36 | 75.59 | 64.56 | 61.10 | 56.60 | 8.66  | 81.61 | 56.60 | 69.27 | 0.13 |
|      | HY33   | 57.31 | 50.24 | 47.01 | 50.35 | 43.40 | 40.10 | 46.51 | 47.35 | 80.10 | 42.43 | 11.47 | 80.10 | 40.10 | 50.48 | 0.23 |
|      | HY917  | 68.39 | 82.43 | 82.03 | 88.39 | 78.86 | 74.02 | 84.54 | 80.59 | 67.13 | 79.95 | 6.83  | 88.39 | 67.13 | 78.63 | 0.09 |
|      | 平均值    | 77.86 | 77.47 | 77.93 | 80.63 | 76.32 | 68.85 | 80.89 | 77.78 | 75.61 | 73.57 | 6.00  | 85.86 | 66.54 | 76.69 | 0.08 |

附表 4 2018-2020 不同环境品种亚油酸数据统计

Table S4 Statistics of linoleic acid of different environmental varieties from 2018 to 2020

| 年份<br>Year | 品种<br>Variety | E1     | E2    | E3    | E4    | E5    | E6    | E7    | E8    | E9    | E10   | 标准差<br>SD | 最大值<br>MAX | 最小值<br>MIX | 平均值<br>AVE | 变异系数<br>CV |
|------------|---------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|------------|------------|------------|------------|
| 2018       | HY9118        | --     | 6.42  | --    | 1.89  | 4.62  | 5.21  | 5.44  | 2.60  | 7.35  | 8.96  | 2.34      | 8.96       | 1.89       | 5.31       | 0.44       |
|            | HY9116        | 5.75   | 3.74  | 4.78  | 2.09  | 8.89  | 3.28  | 9.77  | 1.67  | 12.80 | 14.44 | 4.51      | 14.44      | 1.67       | 6.72       | 0.67       |
|            | HY9124        | --     | 1.94  | 4.67  | 3.87  | 5.70  | 4.16  | 5.46  | 3.39  | 6.29  | 11.56 | 2.72      | 11.56      | 1.94       | 5.23       | 0.52       |
|            | HY9125        | 9.29   | 7.68  | 7.95  | 10.71 | 12.67 | 8.25  | 13.74 | 4.26  | 12.90 | 18.83 | 4.08      | 18.83      | 4.26       | 10.63      | 0.38       |
|            | LH10          | 2.63   | 2.88  | 5.87  | 3.14  | 2.68  | 6.20  | 4.87  | 1.14  | 9.53  | 9.27  | 2.88      | 9.53       | 1.14       | 4.82       | 0.60       |
|            | HY9117        | 3.15   | 3.65  | 1.64  | 2.07  | 3.00  | 4.69  | 5.21  | 4.83  | 7.62  | 19.26 | 5.13      | 19.26      | 1.64       | 5.51       | 0.93       |
|            | HY9119        | 1.30   | 3.39  | 7.84  | 2.29  | 7.36  | 9.02  | 1.98  | 7.15  | 4.12  | 16.39 | 4.55      | 16.39      | 1.30       | 6.08       | 0.75       |
|            | HY9121        | 1.74   | 4.93  | 6.20  | 2.91  | 8.46  | 18.02 | 6.76  | 2.65  | 6.80  | 9.94  | 4.72      | 18.02      | 1.74       | 6.84       | 0.69       |
|            | HY9115        | 4.27   | 1.44  | 2.84  | 1.60  | 3.97  | 7.31  | 4.94  | 2.07  | 1.42  | 16.08 | 4.45      | 16.08      | 1.42       | 4.59       | 0.97       |
|            | HY9123        | --     | 11.08 | 26.13 | 5.00  | 14.69 | 19.44 | 14.44 | 17.50 | 30.25 | 23.94 | 7.86      | 30.25      | 5.00       | 18.05      | 0.44       |
|            | HY33          | 34.74  | 29.51 | 42.96 | 34.23 | 29.88 | 33.59 | 33.87 | 34.95 | 42.13 | 32.34 | 4.49      | 42.96      | 29.51      | 34.82      | 0.13       |
|            | HY917         | 3.51   | 6.86  | 10.90 | 4.95  | 4.58  | 8.17  | 3.02  | 1.70  | --    | 15.65 | 4.42      | 15.65      | 1.70       | 6.59       | 0.67       |
|            | 平均值           | 7.38   | 6.96  | 11.07 | 6.23  | 8.88  | 10.61 | 9.13  | 6.99  | 12.84 | 16.39 | 4.34      | 18.49      | 4.43       | 9.60       | 0.60       |
|            | 2019          | HY9118 | --    | 1.07  | 5.35  | 2.93  | 8.91  | 3.03  | 4.24  | 4.91  | --    | 8.70      | 2.76       | 8.91       | 1.07       | 4.89       |
| HY9116     |               | 7.86   | 1.50  | 4.59  | 17.43 | 5.62  | 3.83  | 4.39  | 3.52  | 22.13 | 20.85 | 7.82      | 22.13      | 1.50       | 9.17       | 0.85       |
| HY9124     |               | 4.67   | 8.55  | 5.53  | 6.58  | 18.17 | 10.03 | 5.22  | 3.53  | 13.54 | 13.11 | 4.76      | 18.17      | 3.53       | 8.89       | 0.53       |
| HY9125     |               | 6.76   | 2.69  | 13.58 | 4.94  | 5.47  | 19.19 | 6.32  | 10.31 | 27.61 | 27.13 | 9.23      | 27.61      | 2.69       | 12.40      | 0.74       |
| LH10       |               | 3.21   | 1.57  | 3.82  | 0.94  | 5.46  | 3.48  | 6.26  | 9.21  | 9.21  | 11.13 | 3.47      | 11.13      | 0.94       | 5.43       | 0.64       |
| HY9117     |               | 2.97   | 1.21  | 4.78  | 2.23  | 7.08  | 3.12  | 2.44  | 4.88  | 10.05 | 8.48  | 2.93      | 10.05      | 1.21       | 4.72       | 0.62       |
| HY9119     |               | 3.01   | 1.85  | 8.20  | 2.52  | 5.78  | 8.16  | 5.81  | 3.13  | 9.96  | 15.53 | 4.23      | 15.53      | 1.85       | 6.40       | 0.66       |
| HY9121     |               | 6.74   | 5.23  | 5.74  | 2.27  | 3.90  | 7.02  | 13.13 | 4.55  | 8.59  | 8.49  | 3.04      | 13.13      | 2.27       | 6.57       | 0.46       |
| HY9115     |               | 5.99   | 1.36  | 6.67  | 1.40  | 4.45  | 8.39  | 5.65  | 4.11  | 13.05 | 15.56 | 4.61      | 15.56      | 1.36       | 6.66       | 0.69       |
| HY9123     |               | --     | 2.11  | 12.70 | 13.65 | 22.25 | 15.63 | 11.04 | 20.09 | 11.72 | 29.15 | 7.73      | 29.15      | 2.11       | 15.37      | 0.50       |
| HY33       |               | 30.13  | 29.51 | 34.48 | 29.03 | 35.43 | 36.70 | 34.52 | 34.55 | 36.43 | 40.48 | 3.62      | 40.48      | 29.03      | 34.13      | 0.11       |
| HY917      |               | 4.23   | 2.30  | 4.92  | 1.00  | 4.88  | 7.53  | 6.12  | 4.07  | 40.60 | 11.29 | 11.56     | 40.60      | 1.00       | 8.69       | 1.33       |
| 平均值        |               | 7.56   | 4.91  | 9.20  | 7.08  | 10.62 | 10.51 | 8.76  | 8.91  | 18.44 | 17.49 | 5.48      | 21.04      | 4.05       | 10.28      | 0.64       |

|      |        |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |       |      |
|------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|
| 2020 | HY9118 | 7.54  | 4.07  | 6.43  | 1.08  | 2.65  | 7.39  | 0.93  | 8.36  | 5.77  | 4.94  | 2.67  | 8.36  | 0.93 | 4.92  | 0.54 |
|      | HY9116 | 1.37  | 3.23  | 6.53  | 0.99  | 6.48  | 8.39  | 3.99  | 2.79  | 8.95  | 13.58 | 3.94  | 13.58 | 0.99 | 5.63  | 0.70 |
|      | HY9124 | 5.26  | 2.44  | 2.98  | 5.37  | 6.06  | 6.87  | 3.13  | 5.01  | 7.14  | 6.10  | 1.66  | 7.14  | 2.44 | 5.04  | 0.33 |
|      | HY9125 | 3.07  | 8.55  | 16.86 | 8.67  | 11.52 | 20.80 | 1.34  | 1.16  | 24.62 | 17.69 | 8.32  | 24.62 | 1.16 | 11.43 | 0.73 |
|      | LH10   | 4.58  | 2.83  | 4.68  | 13.25 | 3.82  | 22.57 | 1.33  | 8.04  | 2.69  | 8.96  | 6.46  | 22.57 | 1.33 | 7.28  | 0.89 |
|      | HY9117 | 3.69  | 4.25  | 2.80  | 2.35  | 5.75  | 3.36  | 1.02  | 2.02  | 3.22  | 3.15  | 1.29  | 5.75  | 1.02 | 3.16  | 0.41 |
|      | HY9119 | 4.15  | 11.00 | 1.59  | 2.47  | 4.26  | 16.18 | 1.34  | 5.19  | 12.81 | 8.24  | 5.12  | 16.18 | 1.34 | 6.72  | 0.76 |
|      | HY9121 | 2.49  | 6.45  | 4.63  | 1.06  | 2.36  | 25.80 | 5.87  | 4.23  | 5.32  | 5.11  | 7.05  | 25.80 | 1.06 | 6.33  | 1.11 |
|      | HY9115 | 2.33  | 3.30  | 3.62  | 2.49  | 4.96  | 5.70  | 1.03  | 4.12  | 7.89  | 4.63  | 1.94  | 7.89  | 1.03 | 4.01  | 0.48 |
|      | HY9123 | 12.52 | 7.12  | 9.05  | 4.44  | 16.57 | 24.72 | 10.41 | 19.91 | 23.57 | 26.92 | 7.96  | 26.92 | 4.44 | 15.52 | 0.51 |
|      | HY33   | 25.36 | 32.12 | 36.03 | 32.45 | 38.43 | 42.02 | 36.11 | 36.26 | 6.42  | 40.51 | 10.33 | 42.02 | 6.42 | 32.57 | 0.32 |
|      | HY917  | 15.95 | 3.03  | 4.68  | 1.07  | 6.49  | 12.19 | 1.64  | 5.66  | 17.81 | 6.76  | 5.85  | 17.81 | 1.07 | 7.53  | 0.78 |
|      | 平均值    | 7.36  | 7.37  | 8.32  | 6.31  | 9.11  | 16.33 | 5.68  | 8.56  | 10.52 | 12.22 | 5.22  | 18.22 | 1.94 | 9.18  | 0.63 |

