

网络出版时间:2020-08-13 16:34 DOI:10.13207/j.cnki.jnwfufu.2021.02.007
网络出版地址:https://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20200812.1403.012.html

环塔里木盆地骏枣质地品质及其与气象因子的关系

禄彩丽^{1,2a,2b},何秉宇¹,马 珊³,张 梅^{1,2a,2b},魏喜喜^{2a,2b},
宋 健^{2a,2b},刘伟锋^{2a,2b},李建贵^{2a,2b}

(1 新疆大学 资源与环境科学学院,新疆 乌鲁木齐 830046;

2 新疆农业大学 a 林业研究所,b 新疆红枣工程技术研究中心,新疆 乌鲁木齐 830052;

3 新疆维吾尔自治区科技项目服务中心,新疆 乌鲁木齐 830001)

【摘 要】【目的】研究新疆环塔里木盆地 4 个生态区骏枣果实质地品质特征差异,分析气象因子对其质地品质的影响,为区域骏枣栽培的合理区划、优质高产提供理论依据。【方法】根据环塔里木盆地骏枣种植现状,以地州级行政辖区为单位,分别选取阿克苏地区(沙雅县)、喀什地区(疏勒县)、和田地区(策勒县)、巴音郭楞蒙古自治州(博湖县)4 个研究靶区,依据区域气象气候条件将其分别归为 4 个生态区:干旱中温微风区(I 区)、偏干旱高温大风区(II 区)、极干旱高温微风区(III 区)和偏干旱中温疾风区(IV 区)。于 2018—2019 年骏枣完熟期采摘果实,通过质地剖面分析(TPA)测定其质地品质指标(硬度、黏附性、弹性、内聚性、胶着度、咀嚼度、回复性),同时收集 4 个生态区 2000—2015 年的平均气压、降水量等 13 项气象数据,对其进行统计分析。采用主成分分析、相关分析、回归分析方法,研究骏枣质地品质与气象因子的关系,确定优质骏枣生产的主要气象因子最适值。【结果】环塔里木盆地 4 个生态区骏枣质地品质差异较大;主成分分析显示,可将 7 个枣果品质指标简化为 2 个主成分,其中第 1 主成分与硬度、弹性、内聚性、胶着度、咀嚼度有较大正相关,第 2 主成分与黏附性、回复性有较大正相关;在此基础上对 4 个生态区骏枣综合质地品质进行分析,得分高低依次为 IV 区>II 区>I 区>III 区,以 IV 区最优。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,且以降水量和蒸发量的影响较为显著。研究靶区骏枣种植达优良质地品质的最适宜气象条件为:最高气温 38.48 ℃、最低气温 -17.59 ℃、年降水量 82.20 mm、年蒸发量 1 511.30 mm、平均风速 1.29 m/s、年日照时数 2 952.22 h;在此条件下骏枣的质地品质指标优化值分别为:硬度 7.73 N、黏附性 -2.49、弹性 3.54、内聚性 0.85、胶着度 6.54 N、咀嚼度 6.19 N、回复性 0.79。【结论】环塔里木盆地 4 个生态区骏枣质地品质特征有较大差异,气象因子中最高气温、最低气温、降水量、蒸发量、平均风速和日照时数对其影响较大。

【关键词】 骏枣;质地品质;气象因子;环塔里木盆地

【中图分类号】 S665.1

【文献标志码】 A

【文章编号】 1671-9387(2021)02-0045-09

Texture quality of *Ziziphus jujuba* cv. Junzao of Tarim Basin and its relationship with meteorological factors

LU Caili^{1,2a,2b}, HE Bingyu¹, MA Shan³, ZHANG Mei^{1,2a,2b}, WEI Xixi^{2a,2b},
SONG Jian^{2a,2b}, LIU Weifeng^{2a,2b}, LI Jianguai^{2a,2b}

(1 College of Resources and Environmental Sciences, Xinjiang University, Urumqi, Xinjiang 830046, China;

2 a Forestry Institute; b Engineering Research Center for Jujube, Xinjiang Agricultural University, Urumqi, Xinjiang 830052, China;

3 Xinjiang Uygur Autonomous Region Science and Technology Project Service Center, Urumqi, Xinjiang 830001, China)

【收稿日期】 2020-02-18

【基金项目】 2019 年中央财政林草科技推广示范项目“枣控本增效栽培技术与新优品种推广示范”(新[2019]TG16 号),“塔里木盆地北缘困难立地节水造林技术集成与示范”(新[2019]TG23 号)

【作者简介】 禄彩丽(1992—),女,甘肃定西人,在读硕士,主要从事环境与林木生长研究。E-mail:luaili0718@163.com

【通信作者】 李建贵(1971—),男,新疆乌鲁木齐人,教授,博士,博士生导师,主要从事经济林研究。E-mail:lijiangui1971@163.com

Abstract: 【Objective】 This study investigated the difference in quality characteristics of *Ziziphus jujuba* cv. Junzao fruit in four ecological regions in the Tarim Basin in Xinjiang and analyzed the influence of meteorological factors on texture and quality to provide basis for rational division of regional cultivation as well as quality and yield improvement. 【Method】 Based on current situation of Junzao planting in the Tarim Basin and the prefecture level administrative areas, four research target areas were selected including Aksu region (Shaya county), Kashi Region (Shule county), Hetian region (Cele county), and Bayingguolen Mongolian Autonomous Prefecture (Bohu county). According to meteorological and climatic conditions, they were classified into four ecological areas of arid and moderate temperature breeze area (area I), arid high temperature and strong wind area (area II), and extremely dry In the high-temperature breeze area (area III) and the arid moderate-temperature blast area (area IV). Fruits were picked in 2018—2019, and texture quality indicators of hardness, adhesiveness, springiness, cohesiveness, gumminess, chewiness and resilience were determined by texture slope analysis (TPA). At the same time, 13 meteorological indexes from 2000 to 2015 in the four ecological areas were collected for statistical analysis. The principal component analysis, correlation analysis and regression analysis were used to study the relationship between quality of jujube texture and meteorological factors. The most appropriate value of main meteorological factors for high-quality Junzao production was also determined. 【Result】 The texture and quality of Junzao in four ecological regions in the Tarim Basin were quite different. The principal component analysis showed that seven quality indexes can be simplified into two principal components. The first principal component was positively related to hardness, springiness, cohesiveness, gumminess and chewiness, and the second principal component was positively related to adhesiveness and resilience. Then, the comprehensive texture quality was analyzed with scores in the order of IV area > II area > I area > III area. The results of correlation analysis showed that meteorological factors had significant impact on texture and quality of Junzao. Maximum temperature, minimum temperature, precipitation, evaporation, average wind speed and sunshine hours had great impacts, and the top two were precipitation and evaporation. The most suitable meteorological conditions for good quality of Junzao planting were the highest temperature 38.48 °C, the lowest temperature -17.59 °C, precipitation 82.20 mm, evaporation 1 511.30 mm, average wind speed 1.29 m/s, and sunshine hours 2 952.22 h. Under these conditions, the optimal values of Junzao quality indexes were hardness 7.73 N, adhesiveness -2.49, springiness 3.54, cohesiveness 0.85, gumminess 6.54 N, chewiness 6.19 N and resilience 0.79. 【Conclusion】 There were large differences in texture and quality characteristics of Junzao in 4 ecological areas in the Tarim Basin, and meteorological factors including maximum temperature, minimum temperature, precipitation, evaporation, average wind speed and sunshine hours had large impacts.

Key words: *Ziziphus jujuba* cv. Junzao; texture quality; meteorological factor; Tarim Basin

骏枣(*Ziziphus jujuba* cv. Junzao)主要分为山西骏枣和新疆骏枣。骏枣树势强健,生长快,结果早,抗旱、抗寒、抗盐碱、抗病虫力均强,适于平川、旱地、边山丘陵、河滩山地栽培^[1]。新疆是世界水果优生区,也适合枣类等果树的生长。新疆因其优越的地理位置和得天独厚的自然环境条件,也成就了质地品质优良的骏枣,相对于国内其他地区的同类产品,新疆骏枣果形大、皮薄、肉厚、致密、松脆、味甜、汁液多^[2],被誉为“中华第一枣”^[3]。现今环塔里木盆地已逐渐成为我国重要的骏枣生产基地。但由于塔里木盆地地域辽阔,不同种植区气候和生态环境

差异较大,导致骏枣质地品质在不同区域的表现存在差异。

国内外研究表明,果实品质是决定果品市场竞争力的主要因素,它主要包括感官品质、营养品质、质地品质等^[4]。其中质地品质是评价枣果六大品质中非常重要的一类品质,通常被用作果蔬分级、加工、运输和包装的依据,也直接决定枣果的市场价值^[5]。目前对枣果质地品质的评价主要运用酥脆、致密、坚硬等经验性的感官定性表述,但这些指标较难量化且受个体主观因素影响较大。影响枣果生长发育及枣果质地品质的因素很多,主要包括栽培管

理措施、土壤环境、气象因子^[6]、枣果动态发育^[7]及基因型^[8-9]等。气象因子在果实质地品质形成中起着关键作用,它是果树生态区划、种植基地选择及栽培措施制定的重要依据^[9]。目前,针对骏枣的研究主要集中于品质与评价^[10-12]、病虫害防治^[13]、施肥^[14-15]、制干^[16-17]及品质^[18-21]等方面。在气象条件与果实品质关系的研究方面,张任等^[3]证明气象因子对骏枣品质关键指标有较大影响。但目前关于不同生态区骏枣质地品质差异和评价及气象条件对骏枣质地品质影响的研究鲜有报道。

本研究采用质地剖面分析(texture profile analysis, TPA),以枣果的硬度、咀嚼度、黏度、内聚性、黏附性、弹性和回复性共 7 项参数作为质地品质的量化指标,通过测定新疆环塔里木盆地不同生态区骏枣果实的质地品质特征,以及 2000—2015 年试验区的温度、日照量、降雨量、相对湿度和风速等 13 项气象数据,比较骏枣质地品质特征及其与气象因子的关联,综合分析二者的关系,明确影响骏枣质地品质的关键气象因子,旨在揭示新疆环塔里木盆地不同生态区骏枣质地品质的差异,为骏枣种植生态区划、种植基地选择提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

选取环塔里木盆地周边 4 个骏枣种植点,即阿克苏地区(沙雅县)、喀什地区(疏勒县)、和田地区(策勒县)及巴音郭楞蒙古自治州(博湖县),作为研究试验点。其中,沙雅县位于塔里木盆地西北偏西,地理坐标为东经 $81^{\circ}45' - 84^{\circ}47'$,北纬 $39^{\circ}31' - 41^{\circ}25'$,属暖温带干旱型气候。疏勒县位于塔里木盆地西南偏西,地理坐标为东经 $75^{\circ}47' - 76^{\circ}47'$,北纬 $38^{\circ}50' - 39^{\circ}28'$,属暖温带大陆性干旱气候带。策勒县位于塔里木盆地南部,地理坐标为东经 $80^{\circ}03' - 82^{\circ}10'$,北纬 $35^{\circ}18' - 39^{\circ}30'$,属典型的干旱荒漠性气候。博湖县位于塔里木盆地北部,地处东经 $86^{\circ}19' - 87^{\circ}26'$,北纬 $41^{\circ}33' - 42^{\circ}14'$,属中温带和暖温带大陆性气候。

1.2 试验地生态分区

依据 4 个研究靶区的气象差异,以其平均风速、平均温度、降水量、蒸发量、蒸发量/降水量 5 项数据进行聚类分析,结果将其分为 4 个生态区。其中,沙雅县为干旱中温微风区(I 区),主要气象特征为降水量、蒸发量较小,风速较小,气温值在 4 个生态区中处于中等水平;疏勒县为偏干旱高温大风区(II

区),相较其他 3 个生态区,其气象特征为降水量偏多,蒸发量中等,气温高,风速大;策勒县为极干旱高温微风区(III 区),与其他 3 个生态区相比,该区降水量少,蒸发量大,气温高,风速中等;博湖县为偏干旱中温疾风区(IV 区),区内气象特征为风速极大,降水量、蒸发量和气温中等。

1.3 试验材料

试验所用骏枣采自新疆环塔里木盆地 4 个不同生态区,在骏枣密植产区各选取 2 个立地条件基本相同的枣园,每个枣园选择生长状况(树龄、树高、树冠、胸径等)相似的 5 株枣树。试验地立地条件和管理水平一致^[22],试验树均为健康生长的成龄结果树。于 2018—2019 年完熟期选取果形端正、大小和成熟度一致、无病虫害、无伤痕和坏点的果实进行采样,每株枣树按 5 个方位(东西南北中)随机采 10 个果,每个生态区共计 100 个枣果,带回实验室后进行果实质地品质测定。

仪器及工具:TA-XT plus 质地分析仪(Stable Micro Systems Ltd., UK);蔬果剪、塑封袋、标签纸、记号笔。

1.4 试验方法

1.4.1 质地剖面分析(TPA) 从每个平行样品的 10 个枣果中,选择大小均匀且完好的 3 个枣果样品,用切片刀对其做前期处理,然后采用质地分析仪对处理后的样品进行 TPA 测定。具体参照禄彩丽等^[7]的枣果处理方法,以及赵爱玲等^[23]、马庆华等^[24-25]的 TPA 试验方法,测定枣果硬度、黏附性、弹性、内聚性、咀嚼度、胶着度和回复性等 7 项质地品质指标。

1.4.2 气象数据获取 气象数据来源于《阿克苏地区统计年鉴(2000—2015)》《和田地区统计年鉴(2000—2015)》《喀什地区统计年鉴(2000—2015)》《巴音郭楞蒙古自治州统计年鉴(2000—2015)》,以及中国气象科学数据共享服务网(<http://data.cma.gov.cn>)上提供的逐日气象资料。

对 2000—2015 年多年的平均气压、最高气温、最低气温、平均气温、最大气温日较差、平均气温日较差、平均相对湿度、降水量、蒸发量、最大风速、平均风速、日照时数和海拔共计 13 项气象数据进行整理、归纳、统计、对比。

1.5 数据处理

采用 Origin Pro 9.1 和 Excel 2010 软件进行 4 个生态区气象和枣果质地品质指标数据的统计分析,在 SPSS 19.0 软件中完成相关性分析、主成分分

析和回归分析,运用 1st Opt v15.0 软件求最优解。

2 结果与分析

2.1 环塔里木盆地 4 个骏枣生态区气象因子差异

收集新疆环塔里木盆地 4 个骏枣生态区 2000—2015 年的主要气象资料并汇总平均,得到环塔里木盆地 4 个骏枣生态区的主要气象数据(表 1)。

由表 1 可知,4 个骏枣生态区的平均气压、平均相对湿度、海拔均存在显著差异。各生态区相比,平均气压为Ⅳ区>Ⅰ区>Ⅱ区>Ⅲ区;海拔则为Ⅲ区>Ⅱ区>Ⅰ区>Ⅳ区,与平均气压的变化趋势相反;平均相对湿度为Ⅰ区>Ⅱ区>Ⅳ区>Ⅲ区。Ⅱ区的最高气温极显著低于Ⅰ区和Ⅳ区,且为 4 个生

态区中最低。Ⅰ区和Ⅳ区最低气温显著低于其他区,Ⅲ区居中,与其他区均无显著差异。最大气温日较差以Ⅲ区最高,Ⅱ区次之。平均气温日较差表现为Ⅰ区极显著高于其他 3 个生态区,而其他 3 个生态区间无显著差异。最大风速以Ⅰ区最低,显著低于其他 3 个生态区,而其他 3 个生态区间无显著差异。降水量以Ⅱ区最高,Ⅲ区最低,均与Ⅰ区和Ⅳ区有显著性差异,但Ⅰ区与Ⅳ区差异不显著。Ⅲ区、Ⅰ区、Ⅱ区、Ⅳ区的蒸发量呈递减趋势,且Ⅲ区与其他各区差异显著。平均风速为Ⅳ区>Ⅱ区>Ⅲ区>Ⅰ区,其中Ⅰ区与Ⅲ区无显著差异。日照时数Ⅰ区与Ⅱ区差异不显著;Ⅲ区与Ⅳ区差异不显著,但均显著低于Ⅰ区与Ⅱ区。

表 1 环塔里木盆地 4 个骏枣生态区的主要气象数据

气象因子 Meteorological factor	生态区 Ecological region			
	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
平均气压/kPa Mean air pressure	904.36±0.47 bB	870.11±3.24 cC	861.23±0.81 dD	909.84±0.39 aA
最高气温/℃ Maximum temperature	38.34±1.29 aA	37.05±1.09 bB	37.75±1.68 abAB	38.41±1.12 aA
最低气温/℃ Minimum temperature	−17.43±2.74 bA	−14.86±3.40 aA	−16.46±4.54 abA	−17.58±2.61 cA
平均气温/℃ Average temperature	12.17±0.42 dD	13.06±0.48 bB	13.57±0.52 aA	12.66±0.48 cB
最大气温日较差/℃ Daily maximum temperature	21.15±0.90 bAB	21.78±1.06 abAB	22.28±2.10 aA	20.78±0.79 bB
平均气温日较差/℃ Worse average daily temperature	13.20±0.43 aA	11.60±0.56 bB	11.57±0.53 bB	11.79±0.45 bB
平均相对湿度 Average relative humidity	49.56±2.60 aA	46.63±3.24 bB	39.11±2.42 dC	44.06±3.13 cB
降水量/mm Precipitation	53.02±14.35 bB	80.63±40.06 aA	45.19±35.96 cC	57.21±26.85 bB
蒸发量/mm Evaporation	1 857.06±360.49 bB	1 638.21±535.00 cC	2 228.74±195.35 aA	1 517.12±689.79 cC
最大风速/(m·s ^{−1}) Wind speed	9.42±0.97 bB	13.10±3.60 aA	13.12±3.35 aA	11.63±2.33 aAB
平均风速/(m·s ^{−1}) Average wind speed	1.29±0.15 cC	1.88±0.35 bB	1.46±0.37 cC	2.18±0.30 aA
日照时数/h Sunshine hours	2 949.09±93.51 aA	2 952.22±76.69 aA	2 743.61±175.53 bB	2 842.56±180.65 bAB
海拔/m Altitude	1 187.3 cC	1 296.1 bB	1 386.7 aA	984.6 dD

注:同行数据后标不同小写字母表示差异显著($P<0.05$),标不同大写字母表示差异极显著($P<0.01$)。下同。
Note:Different lowercase letters indicate significant difference ($P<0.05$),and different uppercase letters indicate extremely significant difference ($P<0.01$). The same below.

2.2 环塔里木盆地 4 个生态区骏枣质地特征及评价

2.2.1 果实质地品质的量化 表 2 为采用 TPA 分析法获得的 4 个生态区骏枣枣果样品质地品质结果。由表 2 可知,环塔里木盆地 4 个生态区骏枣果肉质地品质存在一定差异。枣果硬度以Ⅱ区最高,达 9.77 N,极显著高于其他 3 个生态区;黏附性以Ⅰ区最低,显著低于其他 3 个生态区;弹性则以Ⅳ区最高,显著高于其他 3 个生态区,达到 3.80;内聚

性、胶着度、咀嚼度、回复性则表现为Ⅱ区和Ⅳ区显著高于Ⅰ区和Ⅲ区($P<0.05$),其中回复性以Ⅳ区最高,极显著高于Ⅲ区。
2.2.2 果实质地品质的主成分分析 由表 3 可知,4 个骏枣生态区的前 2 项主成分的特征值均大于 1,且累积贡献率分别是 85.698%,87.600%,83.209%和 87.327%,均大于 80%,这表明前 2 个主成分可以代表原质地品质指标的绝大多数信息,故可将枣果的 7 个质地指标综合为 2 个主成分。

表 2 环塔里木盆地 4 个生态区骏枣果实质地品质指标的比较

Table 2 Comparison of fruit quality indexes of Junzaoin four ecological regions in the Tarim Basin

指标 Index	生态区 Ecological region			
	I	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
硬度/N Hardness	5.61±1.84 bcB	9.77±2.76 aA	2.59±0.63 cB	7.49±2.28 bB
黏附性 Adhesiveness	−5.93±3.94 bB	−1.40±1.04 aA	−4.06±1.07 aA	−2.02±1.55 aA
弹性 Springiness	0.74±0.01 bA	0.91±0.02 bA	0.66±0.03 bA	3.80±3.01 aA
内聚性 Cohesiveness	0.49±0.02 bB	0.81±0.02 aA	0.51±0.06 bB	0.84±0.01 aA
胶着度/N Gumminess	2.72±0.86 bBC	7.84±1.99 aA	1.30±0.28 bC	6.24±1.88 aAB
咀嚼度/N Chewiness	2.01±0.65 bB	7.18±1.65 aA	0.81±0.29 bB	6.75±0.79 aA
回复性 Resilience	0.44±0.31 bcB	0.64±0.05 bAB	0.24±0.02 cC	0.78±0.20 aA

表 3 环塔里木盆地 4 个生态区骏枣果实质地品质的主成分分析

Table 3 PCA of Junzao texture and quality in four ecological regions in the Tarim Basin

生态区 Ecological area	成分因子 Component factor	特征值 Eigenvalues	方差贡献率/% Variance contribution rate	累积贡献率/% Cumulative contribution rate
I	1	4.015	57.355	57.355
	2	1.984	28.343	85.698
Ⅱ	1	4.255	60.784	60.784
	2	1.877	26.816	87.600
Ⅲ	1	4.400	55.002	55.002
	2	2.257	28.207	83.209
Ⅳ	1	4.850	60.631	60.631
	2	2.136	26.696	87.327

表 4 反映了 2 个主成分中各个变量的重要程度。由表 4 可知,4 个骏枣生态区的第 1 主成分与硬度、弹性、内聚性、胶着度、咀嚼度有较大正相关,第 2 主成分与黏附性、回复性有较大正相关。

综上所述,经主成分分析,可将骏枣的 7 个质地指标简化为 2 个主成分,筛选出的 2 个主成分包含了枣果的主要质地品质指标,达到了保留重要信息、剔除重叠区域且降维的效果^[7]。

表 4 环塔里木盆地 4 个生态区骏枣果实质地品质的主成分载荷矩阵

Table 4 Component matrix of PCA of Junzao quality in four ecological regions the Tarim Basin

指标 Index	生态区 Ecological region							
	I		Ⅱ		Ⅲ		Ⅳ	
	1	2	1	2	1	2	1	2
硬度 Hardness	0.730	−0.666	0.949	0.266	0.811	−0.576	−0.878	0.461
黏附性 Adhesiveness	−0.473	0.926	−0.366	0.858	−0.276	0.811	−0.342	0.886
弹性 Springiness	0.705	0.543	0.752	0.435	0.606	−0.102	0.809	0.519
内聚性 Cohesiveness	0.942	0.200	0.936	0.395	0.953	0.596	0.958	0.507
胶着度 Gumminess	0.905	−0.292	0.907	−0.375	0.922	−0.230	0.931	−0.272
咀嚼度 Chewiness	0.988	−0.066	0.851	−0.297	0.966	−0.189	0.917	−0.022
回复性 Resilience	0.272	0.942	0.134	0.907	0.106	0.955	0.081	0.928

2.2.3 果实质地评价 将各主成分对应的方差贡献率作为权重,线性加权各主成分得分,构建枣果质地品质得分评定的综合模型,I 区、Ⅱ区、Ⅲ区、Ⅳ区分别为: $H_1=0.573\ 55F_1+0.283\ 43F_2$, $H_2=0.607\ 84F_1+0.268\ 16F_2$, $H_3=0.550\ 02F_1+0.282\ 07F_2$, $H_4=0.606\ 31F_1+0.266\ 96F_2$ 。其中, H 为生态区骏枣质地品质得分, F_1 、 F_2 分别代表第

1 和第 2 主成分。最终得出 4 个生态区骏枣果实质地得分排序为,Ⅳ区(1.761)>Ⅱ区(1.339)>Ⅰ区(−1.489)>Ⅲ区(−1.611)。

2.3 环塔里木盆地骏枣质地品质与主要气象因子的关系

2.3.1 气象因子与骏枣质地品质的相关性分析 对环塔里木盆地骏枣质地品质与气象因子的相关性

分析结果(表 5)表明,枣果硬度与降水量呈极显著正相关,与蒸发量呈极显著负相关;黏附性与最高气温呈极显著负相关,与最低气温和平均风速呈极显著正相关;枣果弹性与降水量呈极显著正相关,但与蒸发量呈极显著负相关;内聚性与最低气温、降水量和平均风速呈极显著正相关,但与最高气温呈极显著负相关;胶着度和咀嚼度均与蒸发量呈显著负相关,与降水量呈极显著正相关,与平均风速呈显著或

极显著正相关;回复性与蒸发量呈极显著负相关,而与降水量呈极显著正相关,与年日照时数呈显著正相关。

由此可知,主要有 6 项气象因子对骏枣质地品质有显著影响,分别为最高气温、最低气温、降水量、蒸发量、平均风速和日照时数,其中降水量和蒸发量是最主要的影响因子。

表 5 环塔里木盆地 4 个生态区骏枣果实质地品质与气象因子的相关性分析

Table 5 Correlation analysis between meteorological factors and texture of Junzao in four ecological regions in the Tarim Basin

气象因子 Meteorological factor	硬度 Hardness	黏附性 Adhesiveness	弹性 Springiness	内聚性 Cohesiveness	胶着度 Gumminess	咀嚼度 Chewiness	回复性 Resilience
平均气压(X_1) Mean air pressure	0.104	-0.683	0.005	-0.361	-0.119	-0.149	0.193
最高气温(X_2) Maximum temperature	-0.612	-0.998**	-0.687	-0.905**	-0.772	-0.791	-0.538
最低气温(X_3) Minimum temperature	0.685	0.999**	0.754	0.942**	0.829	0.846	0.616
平均气温(X_4) Average temperature	-0.268	0.551	-0.171	0.200	-0.049	-0.018	-0.355
最高气温日较差(X_5) Daily maximum temperature	-0.354	0.474	-0.260	0.111	-0.139	-0.108	-0.437
平均气温日较差(X_6) Worse average daily temperature	-0.078	-0.803	-0.176	-0.524	-0.296	-0.325	0.013
平均相对湿度(X_7) Average relative humidity	0.628	-0.176	0.548	0.204	0.440	0.412	0.696
降水量(X_8) Precipitation	0.976**	0.805	0.993**	0.968**	0.999**	0.999**	0.952**
蒸发量(X_9) Evaporation	-0.971**	-0.457	-0.943**	-0.756	-0.895*	-0.880*	-0.989**
最大风速(X_{10}) Wind speed	0.088	0.810	0.186	0.533	0.306	0.335	-0.003
平均风速(X_{11}) Average wind speed	0.764	0.988**	0.824	0.974**	0.887*	0.901**	0.702
日照时数(X_{12}) Sunshine hours	0.824	0.112	0.764	0.475	0.678	0.655	0.872*
海拔(X_{13}) Altitude	-0.124	0.668	-0.025	0.342	0.099	0.129	-0.213

注: * 表示相关性显著($P<0.05$), ** 表示相关性极显著($P<0.01$)。下同。

Note: * indicates that the correlation is significant ($P<0.05$), and ** indicates that the correlation is extremely significant ($P<0.01$). The same below.

2.3.2 影响骏枣质地品质的主要气象因子综合分析

为探讨气象因子对骏枣质地品质的影响机制,更全面地分析气象因子对骏枣质地品质的影响,将相关性分析达显著水平的气象因子与骏枣质地品质指标进行多元非线性回归分析,得到影响环塔里木盆地不同生态区骏枣质地品质的主要气象因子及非线性回归方程(表 6)。

由表 6 可知,在环塔里木盆地不同骏枣生态区,降水量单独作用对骏枣果实硬度有显著正效应,而蒸发量单独作用对骏枣果实硬度有极显著负效应;黏附性主要受最高气温、最低气温及平均风速的影响,最低气温及平均风速分别单独作用对其有极显著正效应,而最高气温单独作用和两两因子交互作用对其均有显著负效应;降水量对骏枣果实弹性有

极显著正效应,蒸发量对其有极显著负效应,而两者交互作用对其有显著负效应;内聚性主要受最高气温、最低气温、降水量及平均风速的影响,其中最高气温单独作用对其有极显著负效应,其他 3 项因子分别单独作用对其有显著正效应,而最高气温与降水量交互作用对其有显著负效应;胶着度和咀嚼度的主要影响因子及效应一致,即降水量单独作用对其有极显著正效应,而蒸发量、平均风速单独作用及降水量、蒸发量分别与平均风速交互作用对其均有显著负效应;降水量单独作用对回复性有极显著正效应,蒸发量及其与日照时数交互作用对回复性有显著负效应。综上可知,骏枣质地品质不同指标的影响因子和机制均不同,所以考量气象因子对骏枣枣果质地品质的影响时,不能片面地分析某一因子

的影响。

表 6 环塔里木盆地 4 个生态区骏枣质地品质与主要影响气象因子的回归方程

Table 6 Regression equations of texture and quality of Junzao in four ecological regions in the Tarim Basin			
指标 Index	主要气象因子 Main meteorological factor	回归方程 Non-linear regression formula	偏相关系数 Partial correlation coefficient
硬度 Hardness	降水量(X_8) Precipitation	$Y_1=1.04+0.01X_8-0.01X_9$	$r(X_8)=0.927^*,r(X_9)=-0.992^{**}$
	蒸发量(X_9) Evaporation		
黏附性 Adhesiveness	最高气温(X_2) Maximum temperature	$Y_2=189.87-4.52X_2+7.83X_3+58.32X_{11}-1.23X_2X_3-1.10X_2X_{11}-1.16X_3X_{11}$	$r(X_2)=-0.906^*,r(X_3)=0.993^{**},r(X_{11})=0.999^{**},r(X_2X_3)=-0.933^*,r(X_2X_{11})=-0.941^*,r(X_3X_{11})=-0.929^*$
	最低气温(X_3) Minimum temperature		
	平均风速(X_{11}) Average wind speed		
弹性 Springiness	降水量(X_8) Precipitation	$Y_3=0.96+0.00X_8-0.00X_9-0.00X_8X_9$	$r(X_8)=0.991^*,r(X_9)=-0.990^{**},r(X_8X_9)=-0.968^*$
	蒸发量(X_9) Evaporation		
内聚性 Cohesiveness	最高气温(X_2) Maximum temperature	$Y_4=-48.262-1.33X_2+2.24X_3+0.16X_8+19.23X_{11}-0.51X_2X_8$	$r(X_2)=-0.986^*,r(X_3)=0.889^*,r(X_8)=0.897^*,r(X_{11})=0.875^*,r(X_2X_8)=-0.877^*$
	最低气温(X_3) Minimum temperature		
	降水量(X_8) Precipitation		
	平均风速(X_{11}) Average wind speed		
胶着度 Gumminess	降水量(X_8) Precipitation	$Y_5=-147.58+0.35X_8-0.10X_9-0.08X_{11}-0.13X_8X_{11}-0.05X_9X_{11}$	$r(X_8)=0.996^{**},r(X_9)=-0.938^*,r(X_{11})=-0.863^*,r(X_8X_{11})=-0.867^*,r(X_9X_{11})=-0.973^*$
	蒸发量(X_9) Evaporation		
	平均风速(X_{11}) Average wind speed		
咀嚼度 Chewiness	降水量(X_8) Precipitation	$Y_6=-150.98+0.32X_8-0.11X_9-0.07X_{11}-0.11X_8X_{11}-0.05X_9X_{11}$	$r(X_8)=0.992^{**},r(X_9)=-0.950^*,r(X_{11})=-0.933^*,r(X_8X_{11})=-0.916^*,r(X_9X_{11})=-0.951^*$
	蒸发量(X_9) Evaporation		
	平均风速(X_{11}) Average wind speed		
回复性 Resilience	降水量(X_8) Precipitation	$Y_7=-0.28+0.02X_8-0.00X_9-0.00X_9X_{12}$	$r(X_8)=0.998^{**},r(X_9)=-0.927^*,r(X_9X_{12})=-0.903^*$
	蒸发量(X_9) Evaporation		
	日照时数(X_{12}) Sunshine hours		

2.3.3 骏枣质地品质指标与主要气象因子的优化值 根据逐步回归方程,可得影响环塔里木盆地骏枣果实质地品质指标的关键气象因子的最适值和指标优化值(表 7)。由表 7 可知,当最高气温为 38.48℃、最低气温为-17.59℃、年降水量为 82.20 mm、

年蒸发量为 1 511.30 mm、平均风速为 1.29 m/s、年日照时数为 2 952.22 h 时,新疆骏枣果实质地品质表现最佳,指标优化值分别为:硬度 7.73 N、黏附性-2.49、弹性 3.54、内聚性 0.85、胶着度 6.54 N、咀嚼度 6.19 N、回复性 0.79。

表 7 环塔里木盆地 4 个生态区骏枣质地品质指标与主要气象因子的优化值

Table 7 Texture quality index and optimized values of main meteorological factors of Junzao in four ecological regions in the Tarim Basin

指标 Index	最适值 Optimum	指标 Index	优化值 Optimal value
最高气温/℃ Maximum temperature	38.48	硬度/N Hardness	7.73
最低气温/℃ Minimum temperature	-17.59	黏附性 Adhesiveness	-2.49
降水量/mm Precipitation	82.20	弹性 Springiness	3.54
蒸发量/mm Evaporation	1 511.30	内聚性 Cohesiveness	0.85
平均风速/(m·s ⁻¹) Average wind speed	1.29	胶着度/N Gumminess	6.54
日照时数/h Sunshine hours	2 952.22	咀嚼度/N Chewiness	6.19
		回复性 Resilience	0.79

3 讨 论

新疆环塔里木盆地不同生态区气象条件差异较大^[26],枣果实品质受各产地生态因子影响较大,不同的气象因子对枣果实品质影响有异。周莉蓉等^[27]研究表明,塔里木盆地中部为枣生长的气候适宜区,该区具有生产优质红枣的潜力,是规划优质果品基地的首选区域。本研究认为,环塔里木盆地 4 个不同生态区骏枣质地品质差异显著,其中,偏干旱

中温疾风区综合表现最好,该区为研究靶区中的博湖县,位于环塔里木盆地北部。这与周丽等^[28]对新疆红枣优生区的研究结果一致,即优生区包括喀什地区的疏勒县、巴州地区库尔勒西南部等,上述区域适宜骏枣、壶瓶枣等早、中熟品种栽培;但与周莉蓉等^[27]的研究结论有一定差异,可能是本研究选取考察的枣果品质与之不同,不同枣果品质对气象条件的实际需求有别。

李新岗等^[29]研究指出,温度、灌溉供水、大风是

限制新疆枣产区枣果优质丰产的因子,并提出了我国制干枣优生区的划分标准。本研究认为,新疆环塔里木盆地生态区的最高气温、最低气温、降水量、蒸发量、平均风速和日照时数对骏枣质地品质的形成均有不同程度的影响,其中受降水量和蒸发量的影响较为显著。

本研究发现,种植区降水量、蒸发量对骏枣果实硬度有显著正效应,但硬度大,并非枣果质地品质就好,如在 4 个生态区中,果实硬度最大的是偏干旱高温大风区,但枣果质地品质综合表现最优的却是偏干旱中温疾风区。这也从另一层面说明,硬度适中的枣果质地品质更好。黏附性主要受最高气温、最低气温及平均风速的影响,其中最低气温及平均风速分别单独作用对其具有极显著正效应,而两两因子交互作用对其有显著负效应;降水量对骏枣果实弹性有极显著正效应,蒸发量有极显著负效应,而两者交互作用有显著负效应。可见不同质地品质指标的影响因子和影响机制均不同,所以考量气象因子对枣果质地品质的影响时,不能片面地分析单一因子的影响。

环塔里木盆地骏枣果实质地品质达最优时对应的气象因子最适值为:最高气温 38.48℃、最低气温 -17.59℃、年降水量 82.20 mm、年蒸发量 1 511.30 mm、平均风速 1.29 m/s、年日照时数 2 952.22 h。该条件下骏枣果实质地品质指标的优化值为:硬度 7.73 N、黏附性 -2.49、弹性 3.54、内聚性 0.85、胶着度 6.54 N、咀嚼度 6.19 N、回复性 0.79。综上,在新疆环塔里木盆地发展骏枣种植产业,需根据不同生态区具体种植区域的自然气象条件以及骏枣果实质地品质(7 项指标)的实际要求进行种植,以获取最佳质地品质的骏枣果实。

参考文献

- [1] Chen X, Chen R H, Wang Y F, et al. Genome-wide identification of WRKY transcription factors in Chinese jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) and their involvement in fruit developing, ripening, and abiotic stress [J]. *Genes*, 2019, 10(5): 360.
- [2] 吴明清, 李传峰, 罗华平, 等. 不同等级新疆骏枣物理特征及其对分级结果的影响 [J]. *农业机械学报*, 2018, 49(8): 331-337.
Wu M Q, Li C F, Luo H P, et al. Physical characteristics of red jujube in different grades and its influence on classification results [J]. *Journal of the Chinese Society of Agricultural Machinery*, 2018, 49(8): 331-337.
- [3] 张 任, 张鹏程, 郭欢欢, 等. 气象因子对南疆地区骏枣果实品质的影响 [J]. *中国农业科技导报*, 2018, 20(7): 113-122.
Zhang R, Zhang P C, Wu H H, et al. Effects of meteorological factors on the quality of Jun Jujube fruits in southern Xinjiang [J]. *China Agricultural Science and Technology Review*, 2018, 20(7): 113-122.
- [4] 董月菊, 张玉刚, 梁美霞, 等. 苹果果实品质主要评价指标的选择 [J]. *华北农学报*, 2011, 26(S1): 74-79.
Dong Y J, Zhang Y G, Liang M X, et al. Selection of main evaluation indexes of apple fruit quality [J]. *Journal of North China Agricultural*, 2011, 26(S1): 74-79.
- [5] 侯聚敏. 基于微观结构和模态分析的苹果质地研究 [D]. 长春: 吉林大学, 2017.
Hou J M. Study on apple texture based on microstructure and modal analysis [D]. Changchun: Jilin University, 2017.
- [6] 王 婷, 马 亮, 马英杰. 干旱区枣棉复合系统细根空间分布特征及种间地下竞争关系 [J]. *西北农林科技大学学报(自然科学版)*, 2017, 45(1): 54-60.
Wang T, Ma L, Ma Y J. Spatial distribution characteristics of fine roots in jujube-cotton composite system in arid area and interspecific underground competition [J]. *Journal of Northwest A&F University (Natural Science Edition)*, 2017, 45(1): 54-60.
- [7] 禄彩丽, 张 梅, 刘伟锋, 等. 枣果质地发育动态分析 [J]. *经济林研究*, 2019, 37(3): 123-131.
Lu C L, Zhang M, Liu W F, et al. Dynamic analysis of jujube fruit texture development [J]. *Economic Forest Research*, 2019, 37(3): 123-131.
- [8] 陈 恺, 周 彤, 许铭强, 等. 3 种红枣组织结构与质构及其相关性研究 [J]. *食品与机械*, 2018, 34(5): 59-64, 97.
Chen K, Zhou T, Xu M Q, et al. Study on the tissue structure and texture of three types of red dates and their correlations [J]. *Food and Machinery*, 2018, 34(5): 59-64, 97.
- [9] 李 欢, 张舒怡, 张 钟, 等. 骏枣果实成熟过程中果胶和纤维素代谢及其基因表达 [J]. *西北农林科技大学学报(自然科学版)*, 2018, 46(12): 34-43.
Li H, Zhang S Y, Zhang Z, et al. Pectin and cellulose metabolism and gene expression during ripening of Jun jujube fruits [J]. *Journal of Northwest A&F University (Natural Science Edition)*, 2018, 46(12): 34-43.
- [10] 陶 炼, 杨文渊, 谢红江, 等. 西藏不同生态型区苹果品质评价及其对气象因子的响应 [J]. *植物科学学报*, 2018, 36(1): 90-97.
Tao L, Yang W Y, Xie H J, et al. Evaluation of apple quality in different ecological regions of Tibet and its response to meteorological factors [J]. *Chinese Journal of Plant Science*, 2018, 36(1): 90-97.
- [11] 武志博, 刘宏义, 白 莹, 等. 飞播沙拐枣成苗降雨量及基于该降雨量下的种子丸粒化技术探讨 [J]. *干旱区资源与环境*, 2017, 31(10): 162-166.
Wu Z B, Liu H Y, Bai Y, et al. Discussion on the rainfall of seedlings of Shaguai jujube and seed granulation technology based on the rainfall [J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2017, 31(10): 162-166.
- [12] 苏娟娟, 康晨煊, 石倩倩, 等. 陕北鲜食枣果实成熟过程主要物

- 性与营养指标研究[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2019,47(10):129-138,145.
- Su J J, Kang C X, Shi Q Q, et al. Study on the main physical properties and nutritional indexes of fresh jujube fruits in northern Shaanxi [J]. Journal of Northwest A&F University (Natural Science Edition), 2019, 47(10): 129-138, 145.
- [13] 许 瑛. 阿拉尔市枣园4种病虫害发生动态及黑斑病对果实品质的影响[D]. 新疆石河子:石河子大学, 2017.
- Xu Y. Dynamics of four kinds of diseases and insect pests in jujube garden of Alar and the effect of black spot disease on fruit quality [D]. Shihezi, Xinjiang: Shihezi University, 2017.
- [14] 朱祖雷, 黄华梨, 张露荷, 等. 不同钾肥水平对‘骏枣’叶片光合特性及果实品质的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2019(4): 132-140.
- Zhu Z L, Huang H L, Zhang L H, et al. Effects of different potassium fertilizer levels on photosynthetic characteristics and fruit quality of ‘Juzao’ leaves [J]. Chinese Soil and Fertilizer, 2019(4): 132-140.
- [15] 崔亚荣. 化肥减量增施有机肥对骏枣生长的影响[D]. 陕西延安: 延安大学, 2018.
- Cui Y R. Effects of chemical fertilizer reduction and organic fertilizer application on growth of Jun jujube [D]. Yan’ an, Shaanxi: Yan’ an University, 2018.
- [16] 樊保国, 李月梅, 张 强, 等. 中阳木枣品种群果实制干品质性状及其综合评价[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2019, 47(12): 130-139.
- Fan B G, Li Y M, Zhang Q, et al. Dried quality characteristics of Zhongyang Muzao cultivar group and its comprehensive evaluation [J]. Journal of Northwest A&F University (Natural Science Edition), 2019, 47(12): 130-139.
- [17] 陈加利, 姜 喜, 穆塔力普. 米热喜提. 热处理对骏枣贮藏品质的影响[J]. 北方园艺, 2014, 38(8): 115-118.
- Chen J L, Jiang X, Mutalipu M. Effect of heated treatment on storage quality of *Ziziphus jujuba* cv. Junzao [J]. Northern Horticulture, 2014, 38(8): 115-118.
- [18] 宋 健, 张少博, 王英鹏, 等. 不同土壤类型中土壤有效硫、有效硼对灰枣果实品质的影响[J]. 西南农业学报, 2019, 32(2): 155-162.
- Song J, Zhang S B, Wang Y P, et al. Effects of soil available sulfur and available boron on fruit quality of gray jujube in different soil types [J]. Journal of Southwest Agricultural Sciences, 2019, 32(2): 155-162.
- [19] 孙苗苗. 制干枣品质评价体系研究[D]. 陕西杨凌: 西北农林科技大学, 2016.
- Sun M M. Study on quality evaluation system of dried jujube [D]. Yangling, Shaanxi: Northwest A&F University, 2016.
- [20] 李建贵. 骏枣生理生态学研究[M]. 北京: 科学出版社, 2015: 12-62.
- Li J G. Study on physiological ecology of jujube [M]. Beijing: Science Press, 2015: 12-62.
- [21] 王 成, 吴东峰, 何伟忠, 等. 新疆骏枣营养品质特点及其表征指标初探[J]. 中国农业科技导报, 2018, 20(12): 97-104.
- Wang C, Wu D F, He W Z, et al. Preliminary study on nutritional quality characteristics and characteristic indexes of Xinjiang jujube [J]. China Agricultural Science and Technology Review, 2018, 20(12): 97-104.
- [22] 张少博, 宋 健, 禄彩丽, 等. 施用不同微生物菌剂对新疆灰枣中cAMP含量的影响[J]. 西南农业学报, 2019, 32(1): 75-80.
- Zhang S B, Song J, Lu C L, et al. Effects of different microbial inoculants on cAMP content in Xinjiang gray jujube [J]. Southwest Agricultural Journal, 2019, 32(1): 75-80.
- [23] 赵爱玲, 薛晓芳, 王永康, 等. 质构仪检测鲜枣果实质地品质的方法研究[J]. 果树学报, 2018, 35(5): 113-123.
- Zhao A L, Xue X F, Wang Y K, et al. Study on the method of detecting texture quality of fresh jujube fruits by texture analyzer [J]. Journal of Fruit Science, 2018, 35(5): 113-123.
- [24] 马庆华, 王贵禧, 梁丽松. 质构仪穿刺试验检测冬枣质地品质方法的建立[J]. 中国农业科学, 2011, 44(6): 1210-1217.
- Ma Q H, Wang G X, Liang L S. The establishment of texture judging method for jujube winter jujube texture test [J]. China Agricultural Science, 2011, 44(6): 1210-1217.
- [25] 马庆华, 王贵禧, 梁丽松, 等. 冬枣的穿刺质地及其影响因素[J]. 林业科学研究, 2011, 24(5): 596-601.
- Ma Q H, Wang G X, Liang L S, et al. Puncture texture of winter jujube and its influencing factors [J]. Forestry Science Research, 2011, 24(5): 596-601.
- [26] 徐世琴, 吉喜斌, 金博文. 典型荒漠植物沙拐枣茎干液流密度动态及其对环境因子的响应[J]. 应用生态学报, 2016, 27(2): 345-353.
- Xu S Q, Ji X B, Jin B W. Dynamics of stem dry liquid density of *Calligonum angustifolia* and its response to environmental factors [J]. Journal of Applied Ecology, 2016, 27(2): 345-353.
- [27] 周莉蓉, 李 疆, 翟惠玲, 等. 阿克苏地区枣栽培合理布局的研究[J]. 塔里木大学学报, 2009, 21(2): 13-20.
- Zhou L R, Li J, Zhai H L, et al. Research on the rational distribution of jujube cultivation in Aksu region [J]. Journal of Tarim University, 2009, 21(2): 13-20.
- [28] 周 丽, 杨伟志, 王长柱, 等. 新疆红枣优生区研究[J]. 果树学报, 2015, 32(3): 453-459, 522.
- Zhou L, Yang W Z, Wang C Z, et al. Research on Xinjiang jujube eugenil zone [J]. Journal of Fruit Trees, 2015, 32(3): 453-459, 522.
- [29] 李新岗, 黄 建, 高文海. 我国制干枣优生区研究[J]. 果树学报, 2005, 22(6): 24-29.
- Li X G, Huang J, Gao W H. A study on high quality production regions of dry Chinese jujube in China [J]. Journal of Fruit Science, 2005, 22(6): 24-29.