

# 灰枣不同栽培模式的产量构成与果实商品性评价

王文军, 陈奇凌\*, 郑强卿, 花东来, 王晶晶, 王振东

(新疆农垦科学院, 新疆石河子 832000)

**摘要:**【目的】着力解决枣生产模式混乱、生产效率低的突出问题,探索标准化枣生产栽培模式。【方法】通过改造传统栽培模式来创建新模式,其中M1、M2、M3模式树形分别为篱壁形、主干形和“Y”形,其株行距均为 $1.0\text{ m} \times 4.5\text{ m}$ ,CK树形为小冠疏层形,株行距为 $1.0\text{ m} \times 1.5\text{ m}$ ,采用方差分析、相关性分析、通径分析以及隶属函数综合评价等方法,对新老栽培模式的产量构成及果实商品性进行差异性比较,并分析其优劣性和可塑性。【结果】模式M1的一年生枝二次枝数及其枣吊数分别为6条·株<sup>-1</sup>和39条·株<sup>-1</sup>,显著低于M2、M3和CK,其多年生枝枣吊数、单果质量、单株产量、商品率分别为332条·株<sup>-1</sup>、7.92 g·株<sup>-1</sup>和68%,均显著高于M2、M3和CK;多年生的二次枝数、二次枝长度、枣吊数及其单果质量对各模式产量具有重大影响,一年生二次枝长度、多年生二次枝长度、一年生枝枣吊长度、多年生枝枣吊数及其长度、单果质量及单株产量与商品率显著相关;增加多年生枝枣吊数及单果质量,能促进商品率的提升。综合评价得分为:M1>M2>M3>CK。【结论】新模式中,M1和M2是更适合灰枣的种植模式且M1优势更突出,其次为M3,原模式CK的竞争力较弱。建议将M1、M2作为当地灰枣机械化生产的标准模式加以推广应用。

**关键词:**灰枣;栽培模式;产量构成;新疆;综合评价

中图分类号:S665.1

文献标志码:A

文章编号:1009-9980(2021)05-0739-10

## Evaluation of yield components and fruit marketability of *Ziziphus jujuba* ‘Huizao’ with different cultivation modes

WANG Wenjun, CHEN Qiling\*, ZHENG Qiangqing, HUA Donglai, WANG Jingjing, WANG Zhendong  
(Xinjiang Academy of Agricultural and Reclamation Science, Shihezi 832000, Xinjiang, China)

**Abstract:**【Objective】The study aimed to compare the production components and fruit marketability of different cultivation modes of *Ziziphus jujuba* ‘Huizao’ and establish new cultivation modes suitable for mechanized high-quality production in Xinjiang.【Methods】A orchard of *Ziziphus jujuba* ‘Huizao’ with traditional cultivation mode(small crown sparse layer pattern with spacing of  $1.0\text{ m} \times 1.5\text{ m}$ ) was established in 2015. At the beginning of 2017, the orchard was partially transformed into three new planting patterns, namely, hedge shape (M1), main trunk shape (M2) and Y-shape (M3) with spacing of  $1.0\text{ m} \times 4.5\text{ m}$ , and crown height at 2.5–3.0 m. The trees started bearing fruits in the same year. In 2019 we evaluated the production components and fruit marketability of different cultivation modes. The original planting mode was used as the control (CK). Each model was set up with three repeated plots, and three trees with similar growth were selected from each of the four patterns in each plot. The yield composition and fruit commodity of different cultivation modes were evaluated by means of statistical analysis.【Results】Variance analysis showed that there were significant differences in the number and length of annual secondary branches, perennial secondary branches, annual branches and perennial branches among different cultivation modes. The number and length of annual secondary branches of M2 were significantly more than those of M1, M3 and CK. Among them, the number of annual secondary branches of M2 was 12 branches per plant, which was 100.0%, 33.3% and 71.4% more than those

收稿日期:2020-10-19 接受日期:2021-01-22

基金项目:新疆生产建设兵团重大科技项目(2019AA004);南疆科研条件建设计划(2020DA004)

作者简介:王文军,男,助理研究员,硕士,主要从事果树优质高效栽培生理研究。Tel:0993-6683611,E-mail:835024432@qq.com

\*通信作者 Author for correspondence. Tel:0993-6683810,E-mail:Cql619@163.com

of M1, M3 and CK, respectively. The length of annual secondary branches of M2 was 31.7%, 38.5% and 50.0% longer than those of M1, M3 and CK. Compared with M1, M2 and M3, the number and length of perennial secondary branches of the CK was 12.0%, 33.3% and 47.4% more than those of M1, M2 and M3. The length of perennial secondary branches of M2 was 20.0%, 35.0% and 58.8% longer than those of M1, M3 and CK. The number of annual branches hanging of M2 was 148.7%, 76.4% and 162.2% more than those of M1, M3 and CK respectively. There was no significant difference between M1 and M3, but the lengths of branch hanging of M1 and M3 were significantly longer than those of M2 and CK. There were significant differences between M1 and M2, M3 and CK patterns in the number and the length of perennial branch hanging. Among them, M1 had the largest number of jujube suspensions which was 11.4%, 46.3% and 13.7% more than those of M2, M3 and CK, respectively. There was no significant difference between M1 and M3 in the length of perennial branch hanging, but they were significantly longer than those of M2 and CK. The single fruit weight of M1 was 10.8%, 20.9% and 32.7% larger than those of M2, M3 and CK, respectively. The yield of M1 was 19.9%, 37.4% and 34.9% higher than those of M2, M3 and CK, respectively. There were significant differences in fruit commodity rate among different cultivation patterns. The special and first-class fruit rate of M1 was 28.5%, 91.7% and 147.0% higher than those of M2, M3 and CK, respectively. M1 had higher commercial value than other models in this experiment, followed by M2 and M3, and CK had poor commodity. Correlation analysis showed that the coefficient of variation (*CV*) of fruit commodity rate and the annual secondary branch was the largest (44.67), and the hanging length of the perennial branches was smallest (7.96). There were four main factors that had significant correlation with the yield, including the number of perennial secondary branch, the length of perennial secondary branch, the number of hanging branch and the weight of single fruit. There were 7 factors that had significant correlation with the commodity rate of fruit (special + first-class fruit), they were the annual secondary branch length, the perennial secondary branch length, the annual branch hanging length, the number and length of perennial branch, the single fruit weight and the yield per plant. Path analysis showed that increasing the number of hanging branch and the single fruit weight could improve the commodity rate of fruits. The comprehensive evaluation score was: M1 > M2 > M3 > CK. 【Conclusion】 Among the different planting patterns, M1 and M2 were more suitable for local standardized mechanical production of *Ziziphus jujuba* ‘Huizao’, and M1 had more prominent advantages, followed by M3.

**Key words:** *Ziziphus jujuba* ‘Huizao’; Cultivation mode; Yield components; Xinjiang; Comprehensive evaluation

目前,枣产业普遍出现商品优质果率低、市场竞争不强、果园效益逐年下降等问题,其重要原因在于生产模式混乱、果园标准化和机械化程度低、管理复杂、生产效率低、劳动成本居高不下等,严重影响了枣产业的健康持续发展。有研究表明,2010年新疆混级灰枣收购价为40~50元·kg<sup>-1</sup>,而到2019年若羌灰枣收购价仅为7元·kg<sup>-1</sup>,阿克苏地区更是降至3~5元·kg<sup>-1</sup>,9 a(年)时间价格下跌了80%。如何有效降低成本、提升品质、改变生产方式、提高生产效率从而实现节本增效、提质增效、激发市场活力是保障枣产业持续向好发展的关键所在。探索研究不同栽培

模式有助于破除传统落后的生产方式,有效推动新疆枣区新的标准化生产方式的开展。过去20年,红枣在栽培<sup>[1-4]</sup>、管理<sup>[5-7]</sup>、育种<sup>[8-10]</sup>、病虫害防治<sup>[11]</sup>和采后贮藏加工<sup>[12-13]</sup>等方面的研究取得了长足进展,从而奠定了很好的基础<sup>[14]</sup>。其中,在栽培模式方面,从10年前主推的矮化密植模式<sup>[15]</sup>,到如今大力提倡的降密栽培模式,这些研究大多仅停留在增加株行距<sup>[16-17]</sup>或间作套种<sup>[18-20]</sup>层面上,缺少以树形与株行距为核心的机械化、标准化生产模式的突破。纪清巨等<sup>[21]</sup>采用2.0 m×2.0 m株行距的金丝小枣篱壁形栽培模式,可提早结果8~10 a;张国庆等<sup>[22]</sup>采用主干形矮化密植(1.0 m×

2.0 m)早丰栽培,实现了4 a丰产的栽培目标;刘慧纯等<sup>[23]</sup>引进毛叶枣日光温室栽培模式,采用株行距2.0 m×2.0 m的“Y”形整枝,当年挂果,第3年单株产量15 kg,666.7 m<sup>2</sup>产量可达2500 kg。然而,这些研究结果多为传统枣区的高密度栽培模式,很难适用于新疆枣区。笔者通过改造传统栽培模式,包括树形的简化改造和调整适宜机械化作业的种植行距,来塑造新的栽培模式,采用方差分析、相关性分析、通径分析以及隶属函数综合评价等方法,研究灰枣不同栽培模式的产量构成及其果实商品性,以期获得适宜机械化作业的灰枣最佳栽培模式。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验地概况

本试验地点位于新疆生产建设兵团第一师阿拉尔垦区(北纬40.65°,东经81.54°)的灰枣园,该区域属暖温带极端大陆性干旱荒漠气候,太阳辐射年均559.8~612.5 kJ·cm<sup>-2</sup>,年均日照2 556.3~2 991.8 h,日照率58.69%,年平均气温10.7 °C,无霜期209 d左右,雨量稀少,冬季少雪,地表蒸发强,年均降水量40.1~82.5 mm,年均蒸发量1 876.6~2 558.9 mm。枣园规模为21 m×667 m,东西行向,沙壤土,枣园土壤盐渍化程度轻微,肥力中等偏上,地势平坦,灌溉为漫灌方式,枣园园相相对整齐。

### 1.2 试验材料

试验园2015年建园,2017年初开始将园中原有的矮密植模式,即株行距1.0 m×1.5 m,树形为小冠疏层形,改造为株行距1.0 m×4.5 m的篱壁形、主干形和“Y”形,冠高控制在2.5~3.0 m的3种新型模式,即M1、M2、M3。当年改造完成当年即开始挂果,2019年开始稳定挂果。本试验于2019年将改造完成后的新模式作为试验组,原种植模式作为对照(CK),每个模式设置3个重复小区,每个小区4种模式中各选择长势相近的3株树作为样本株。

### 1.3 试验方法

1.3.1 不同树形枝类、枝量及枝长度测定 2019年9月中旬,分别对不同栽培模式的样本株进行枝类、枝量及枝长度测定。测定指标为:一年生二次枝数、一年生二次枝长度、多年生二次枝数、多年生二次枝长度、一年生枝枣吊数、一年生枝枣吊长度、多年生枝枣吊数、多年生枝枣吊长度。其中,一年生二次枝数、多年生二次枝数、一年生枝枣吊数、多年生枝枣吊数

吊数采用计数统计法分别统计不同模式树形树冠内的枝条种类及数量;一年生二次枝长度、多年生二次枝长度、一年生枝枣吊长度、多年生枝枣吊长度利用米尺对各枝类的长度进行测定,每个指标值取9株样树。

1.3.2 不同树形单果质量及单株产量测定 2019年10月下旬(吊干枣),采收每种模式中的9株样树果实,用I-2000便携式电子秤(精度0.01 g)称各个样株的单株枣果质量,取其平均值即为各模式的单株产量;再从采摘下来的每个模式的9株样株当中各随机取30个枣果,利用电子秤称其单果质量。

1.3.3 不同树形果实商品等级的划分 依据《中华人民共和国国家标准 干制红枣》(GB/T 5835—2009)<sup>[24]</sup>将每个模式的9株样树的枣果进行商品等级划分(表1),其商品率为对应等级果数与整株果数的比值,不同模式的商品率取9株样本株的平均值。

表1 枣果商品等级划分

Table 1 Commodity classification of jujube fruit

商品等级 Commodity grade	单果质量 Single fruit mass/g
特级 Super grade	>8.30
一级 First grade	6.90~8.30
二级 Second grade	5.89~6.89
三级 Third grade	5.00~5.88
等外 Substandard	<5.00

### 1.4 数据统计及分析

采用Excel 2010和DPS 9.05软件进行数据统计与分析,采用GraphPad Prism 8图形处理软件作图。

### 1.5 多因素综合评价

1.5.1 综合评价模型 多因素综合评价就是对多种因素影响的事物的每个因素作出总的评价,即赋予一个非负实数表示的评价指标。其计算公式为:

$$\mathbf{B}(b_1, b_2, b_3, \dots, b_m) = \mathbf{A}(a_1, a_2, a_3, \dots, a_n) \times \mathbf{R}$$

其中: $\mathbf{R}$ 为模糊转换矩阵,即所选评价指标的隶属度值, $\mathbf{A}(a_1, a_2, a_3, \dots, a_n)$ 为各指标的权重系数, $\mathbf{B}(b_1, b_2, b_3, \dots, b_m)$ 代表各品种的综合评价指标。

1.5.2 求隶属函数  $U(x)$ 和建模矩阵  $\mathbf{R}$  隶属函数  $U(x)$ 的计算公式分(1)和(2),(1)为求效益的综合评判时的隶属度函数,(2)为求成本的综合评判时的隶属度函数。在灰枣生产中,在注重品质及产量的同时,更要注重最大可能地减少人力劳动成本,即合理减少枝条数量及长度,既利于树体在有限空间内打开

光路、积蓄养分,让结果枝实现结果功能最大化,也将促使生产者易于田间管理,达到省力化栽培的目的。因此,本研究中枣吊数及长度、单果质量、单株产量及商品率(效益)选择计算公式(1);二次枝数及长度选择公式(2)。

$$U(x)=(x-x_{\min})/(x_{\max}-x_{\min}) \quad (1)$$

$$U(x)=(x_{\max}-x)/(x_{\max}-x_{\min}) \quad (2)$$

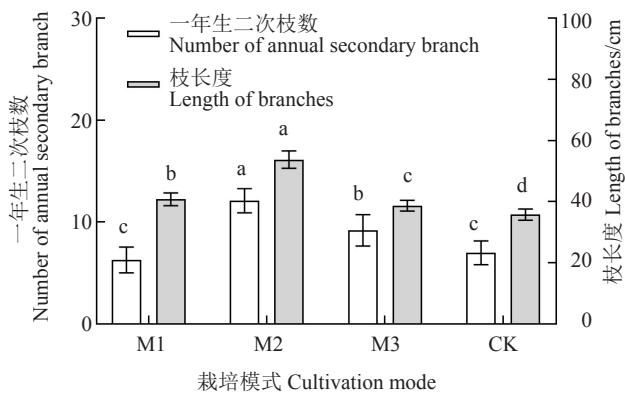
式中  $x_{\min}$  代表最小观察值,  $x_{\max}$  代表最大观察值。将各观察值带入公式即可求出模糊转换矩阵  $R$ 。

**1.5.3 权重赋值** 本研究的权重赋值采用主观赋值法,即根据各指标的主观重视程度进行赋值<sup>[25]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 灰枣不同种植模式的产量构成及果实商品率的方差分析

**2.1.1 一年生二次枝数及长度** 灰枣一年生二次枝数及枝长度在不同模式间存在显著差异,M2每株的一年生二次枝数量显著多于M1、M3和CK(图1)。其中,M2每株的一年生二次枝数为12条·株<sup>-1</sup>,分别较M1、M3、CK多100.0%、33.3%和71.4%。在一年生二次枝长度方面,M2的一年生二次枝长度均显著长于M1、M3和CK,分别增长31.7%、38.5%和50.0%。



不同小写字母表示在  $p < 0.05$  水平上差异显著。下同。

Different small letters indicate significant difference at  $p < 0.05$ .

The same below.

图1 灰枣不同栽培模式每株的一年生二次枝数及长度

**Fig. 1 Number and length of per plant of annual secondary branches of different cultivation modes of Huizao**

**2.1.2 多年生二次枝数及长度** 灰枣多年生二次枝数及长度在不同模式之间均存在显著差异(图2)。

其中,原模式CK每株的多年生二次枝数最多,为28条·株<sup>-1</sup>,分别较M1、M2和M3多12.0%、33.3%和47.4%;多年生二次枝长度以M2最长,为54 cm,显著长于M1、M3和CK,分别增长20.0%、35.0%和58.8%。

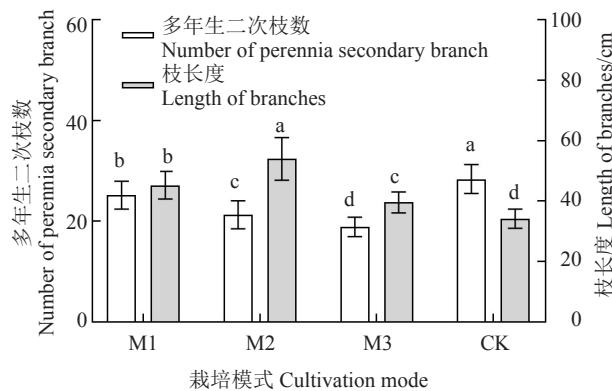


图2 灰枣不同栽培模式每株的多年生二次枝数及长度

**Fig. 2 Number and length of per plant of perennia secondary branches of different cultivation modes of Huizao**

**2.1.3 一年生枝枣吊数及长度** 灰枣一年生枝枣吊数及枣吊长度在不同模式间亦存在显著差异(图3)。其中,M2每株的一年生枝枣吊数最多,为97条·株<sup>-1</sup>,分别较M1、M3和CK多148.7%、76.4%和162.2%;在长度方面,M1与M3之间无显著差异,均在33 cm左右,但显著长于M2和CK。M2和CK模式的一年生枝枣吊长度分别为30和27 cm。

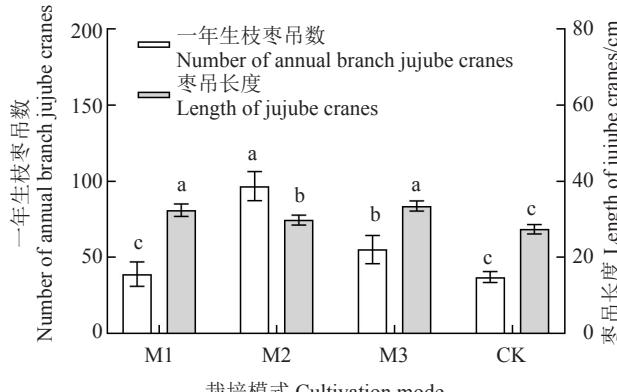


图3 灰枣不同栽培模式每株的一年生枝枣吊数及长度

**Fig. 3 Number and length of per plant of annual branch jujube cranes of different cultivation modes of Huizao**

**2.1.4 多年生枝枣吊数及长度** 多年生枝枣吊数及枣吊长度在不同模式间的差异显著(图4)。多年生枝枣吊数在M1与M2、M3、CK模式间存在显著差异,其中,M1每株的多年生枝枣吊数最多,为332

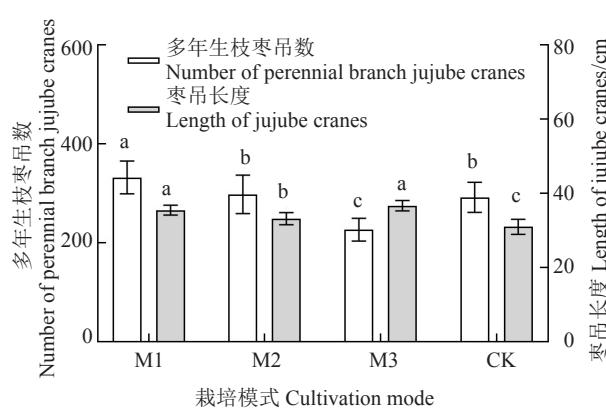


图4 灰枣不同栽培模式每株的多年生枝枣吊数及长度

Fig. 4 Number and length of per plant of perennial branch Jujube cranes of different cultivation modes of Huizao

条·株<sup>-1</sup>，分别较M2、M3和CK多11.4%、46.3%和13.7%。M2与CK之间无显著差异，均在295条·株<sup>-1</sup>左右。多年生枝枣吊长度在M1与M3间无显著差异，其中M1与M3的多年生枝枣吊长度在36.5 cm左右，显著长于M2与CK，M2的多年生枝枣吊长度为33 cm, CK为31 cm。

**2.1.5 单果质量及单株产量** 单果质量与单株产量在不同树形间差异显著(图5)。在单果质量方面，M1的单果质量显著大于M2、M3和CK，M1的单果质量为7.92 g，分别较M2、M3和CK的单果质量提高10.8%、20.9%和32.7%。产量方面，以M1模式产量最高，4.52 kg·株<sup>-1</sup>，显著高于M2、M3和CK，分别提高了19.9%、37.4%和34.9%。

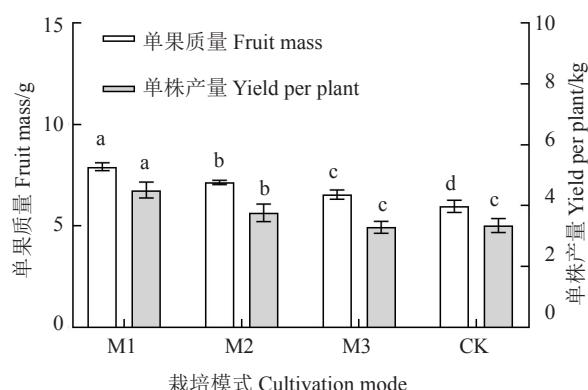


图5 灰枣不同栽培模式的单果质量及单株产量

Fig. 5 Fruit mass and yield per plant of different cultivation modes of Huizao

**2.1.6 果实商品率** 果实商品率即果实商品等级比值，商品等级的划分在产后销售过程中能够更好地区分枣果品质。依据《中华人民共和国国家标准干

制红枣》(GB/T 5835—2009)对不同树形的灰枣果实商品品质分类，结果显示，灰枣不同栽培模式间的果实商品率有显著差异(图6)。M1的商品率(特级+一级果率，下同)达69.4%，显著大于M2、M3和CK，分别提高了28.5%、91.7%和147.0%。M1相对于本试验的其他模式的果实商品性更高，其次为M2。

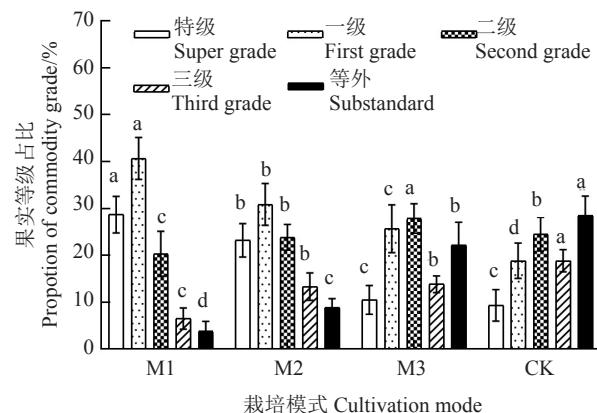


图6 灰枣不同栽培模式果实商品等级占比

Fig. 6 Proportion of commodity grades of different cultivation modes of Huizao

## 2.2 灰枣产量构成与果实商品率相关性分析

由表2可知，灰枣果实商品率与产量构成因子的变异系数(CV)以一年生二次枝数的最大(44.67)，多年生枝枣吊长度最小(7.96)，其大小排序为：一年生二次枝数>特级+一级>一年生二次枝数>多年生二次枝长度>多年生二次枝数>一年生二次枝长度>多年生枝枣吊数>单株产量>单果质量>一年生枝枣吊长度>多年生枝枣吊长度。从产量构成因子及商品率之间的相关系数可知，与产量显著相关的影响因素主要有4个，即多年生二次枝数、多年生二次枝长度、多年生枝枣吊数和单果质量；而与果实商品率显著相关的影响因素多达7个，分别为一年生二次枝长度、多年生二次枝长度、一年生枝枣吊长度、多年生枝枣吊数及长度、单果质量及单株产量，说明果实商品性是由多因素共同影响决定的。为进一步确定产量构成因子对果实商品率的影响程度，需对其进行通径分析。

## 2.3 灰枣产量构成与果实商品率的通径分析

根据通径分析，某一自变量通过另一自变量间接作用于因变量的间接通径系数等于二者相关系数乘以另一自变量的直接通径系数<sup>[26]</sup>，即每个产量构成因子与果实商品率的相关系数由该因子对果实商

表2 产量构成因子与果实商品率的相关性分析  
Table 2 Correlation analysis of yield components and fruit commodity rate

产量构成因子 Yield components	$\bar{X}$	$\sigma$	CV%	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$	$X_9$	$X_{10}$
一年生二次枝数 Number of annual secondary branch	8.65	2.61	30.14	1									
一年生二次枝长度 Length of annual secondary branches	42.28	7.28	17.22	0.68**	1								
多年生二次枝数 Number of perennia secondary branches	23.45	4.46	19.02	-0.52**	-0.33*	1							
多年生二次枝长度 Length of perennia secondary branches	43.28	8.74	20.21	0.33*	0.77**	-0.23	1						
一年生枝枣吊数 Number of annual branch jujube cranes	57.05	25.48	44.67	0.93**	0.86**	-0.45**	0.57**	1					
一年生枝枣吊长度 Length of annual branch jujube cranes	30.78	2.75	8.94	0.02	-0.04	-0.46**	0.15	-0.03	1				
多年生枝枣吊数 Number of perennial branch Jujube cranes	287.40	49.44	17.20	-0.25	0.2	0.68**	0.32*	-0.06	-0.14	1			
多年生枝枣吊长度 Length of perennial branch Jujube cranes	34.10	2.72	7.96	0.03	0.02	-0.57**	0.05	-0.02	0.75**	-0.28	1		
单果质量 Fruit mass	6.90	0.76	11.07	0.05	0.40**	-0.2	0.45**	0.18	0.45**	0.38*	0.44**	1	
单株产量 Yield per plant	3.73	0.55	14.67	-0.29	0.24	0.34*	0.49**	-0.08	0.25	0.75**	0.12	0.75**	1
商品率 Commodity rate	46.92	17.20	36.66	0.09	0.42**	-0.14	0.42**	0.21	0.35*	0.43**	0.36*	0.99**	0.73**

注：“\*”表示  $p < 0.05$  的显著水平，“\*\*”表示  $p < 0.01$  的极显著水平。 $X_1$  为一年生二次枝数； $X_2$  为一年生二次枝长度； $X_3$  为多年生二次枝数； $X_4$  为多年生二次枝长度； $X_5$  为一年生枝枣吊数； $X_6$  为一年生枝枣吊长度； $X_7$  为多年生枝枣吊数； $X_8$  为多年生枝枣吊长度； $X_9$  为单果质量； $X_{10}$  为单株产量。下同。

Note: “\*” represents the significant level of  $p < 0.05$ , and “\*\*” represents the extremely significant level of  $p < 0.01$ .  $X_1$ . Number of annual secondary branch;  $X_2$ . Length of annual secondary branches;  $X_3$ . Number of perennia secondary branches;  $X_4$ . Length of perennia secondary branches;  $X_5$ . Number of annual branch jujube cranes;  $X_6$ . Length of annual branch jujube cranes;  $X_7$ . Number of perennial branch Jujube cranes;  $X_8$ . Length of perennial branch Jujube cranes;  $X_9$ . Fruit weight;  $X_{10}$ . Yield per plant. The same below.

品率的直接效应和间接效应共同作用所决定。

由表3可知,本研究中10个产量构成因子对果实商品率的直接作用大小排序为:单果质量>一年生二次枝数>多年生枝枣吊数>一年生二次枝长度>多年生二次枝数>多年生枝枣吊长度>多年生二次枝长度>单株产量>一年生枝枣吊数>一年生枝枣吊长度。其中,对果实商品率的直接贡献作用较大(直接通经系数>0),且与果实商品率存在显著相关的有单果质量、多年生枝枣吊数和一年生二次枝长度共3个因子。因此,单果质量、多年生枝枣吊数和一年生二次枝长度对枣果商品率的贡献较大。在枣实际生产中,为控制树形的树冠结构,一年生枝只作为树形塑造前期的培养枝(过渡枝),故一年生二次枝长度因子在实现最终目标树形后将不再出现。鉴于此,在枣实际生产过程中,增加多年生枝枣吊数(如增加多年生二次枝上枣股及枣吊数)与单果质量,对提高果实商品率具有较大促进作用。

#### 2.4 灰枣不同栽培模式产量及产量构成因子的综合评价

通过对不同模式的产量构成及果实商品率进行分析,掌握了各因子之间的关系以及各因子对目标产量和品质的影响,需要综合评价灰枣不同栽培模式的效果,以便更好地做出决策。综合评判数学模型隶属函数  $U(x)$  和建模糊矩阵  $R$  见图7。

权重的赋值,根据通径分析可知,增加多年生枝枣吊数及单果质量能够较大幅度地提高果实商品率,满足优势栽培模式对效益的需求,因此权重赋值时,应对其赋予较大权重系数值<sup>[27]</sup>,如表4所示。

根据权重分配集  $A = (0.04, 0.04, 0.10, 0.10, 0.05, 0.05, 0.12, 0.10, 0.13, 0.12, 0.15)$ ,  $B = A \times R$ , 求出综合评判集  $B = (0.788\ 118\ 510, 0.483\ 451\ 286, 0.459\ 159\ 530, 0.255\ 087\ 977)$ , 如表5所示。根据生产实际对枣产量构成因子及果实商品率等指标进行适宜的权重赋值,得出灰枣不同栽培模式的综合评价分数,由高到低排序为:M1、M2、M3、CK。因此,本研

表3 各产量构成因子与果实商品率的通径分析

Table 3 Path analysis of yield components and fruit commodity rate

产量构成因子 Yield components	相关系数 Correlation coefficient	直接通径系数 Direct path coefficient										
			$X_1 \rightarrow Y$	$X_2 \rightarrow Y$	$X_3 \rightarrow Y$	$X_4 \rightarrow Y$	$X_5 \rightarrow Y$	$X_6 \rightarrow Y$	$X_7 \rightarrow Y$	$X_8 \rightarrow Y$	$X_9 \rightarrow Y$	$X_{10} \rightarrow Y$
一年生二次枝数 Number of annual secondary branch	0.0868	0.1109		0.0220	-0.0029	-0.0166	-0.0814	-0.0019	-0.0203	-0.0001	0.0583	0.0186
一年生二次枝长度 Length of annual secondary branches	0.4248**	0.0322	0.0758		-0.0019	-0.0386	-0.0756	0.0035	0.0161	0	0.4286	-0.0153
多年生二次枝数 Number of perennial secondary branches	-0.1424	0.0056	-0.0572	-0.0108		0.0114	0.0396	0.0430	0.0557	0.0008	-0.2089	-0.0217
多年生二次枝长度 Length of perennial secondary branches	0.4191**	-0.0503	0.0365	0.0248	-0.0013		-0.0497	-0.0135	0.0259	-0.0001	0.4779	-0.0312
一年生枝枣吊数 Number of annual branch jujube cranes	0.2094	-0.0879	0.1028	0.0277	-0.0025	-0.0284		0.0024	-0.0049	0	0.1949	0.0052
一年生枝枣吊长度 Length of annual branch jujube cranes	0.3463*	-0.0930	0.0023	-0.0012	-0.0026	-0.0073	0.0023		-0.0117	-0.0011	0.4745	-0.0160
多年生枝枣吊数 Number of perennial branch Jujube cranes	0.4275**	0.0816	-0.0275	0.0064	0.0038	-0.0160	0.0052	0.0133		0.0004	0.4085	-0.0482
多年生枝枣吊长度 Length of perennial branch Jujube cranes	0.3626*	-0.0015	0.0038	0.0007	-0.0032	-0.0023	0.0015	-0.0702	-0.0229		0.4645	-0.0076
单果质量 Fruit weight	0.9855**	1.0649	0.0061	0.0130	-0.0011	-0.0226	-0.0161	-0.0414	0.0313	-0.0006		-0.0479
单株产量 Yield per plant	0.7327**	-0.0639	-0.0323	0.0077	0.0019	-0.0245	0.0072	-0.0233	0.0615	-0.0002	0.7986	

注:  $Y$  为果实商品率。Note:  $Y$  is the fruit marketability.

$R=$	产量构成因子 Yield components	M1	M2	M3	CK
	一年生二次枝数 Number of annual secondary branch	1	0	0.5	0.879310345
	一年生二次枝长度 Length of annual secondary branches	0.722222222	0	0.838888889	1
	多年生二次枝数 Number of perennial secondary branches	0.336842105	0.747368421	1	0
	多年生二次枝长度 Length of perennial secondary branches	0.439393939	0	0.727272727	1
	一年生枝枣吊数 Number of annual branch jujube cranes	0.033500838	1	0.303182580	0
	一年生枝枣吊长度 Length of annual branch jujube cranes	0.819672131	0.393442623	1	0
	多年生枝枣吊数 Number of perennial branch Jujube cranes	1	0.676136364	0	0.619318182
	多年生枝枣吊长度 Length of perennial branch Jujube cranes	0.789473684	0.385964912	1	0
	单果质量 Fruit weight	1	0.605626598	0.296675192	0
	单株产量 Yield per plant	1	0.387070376	0	0.046644845
	商品率 Commodity rate	1	0.627530364	0.194331984	0

图7 综合评判数字模型隶属函数  $U(x)$  和建模矩阵  $R$ Fig. 7 Membership function  $U(x)$  and modeling matrix  $R$  of digital model for comprehensive evaluation

表4 各项指标的权重系数  
Table 4 Weight coefficient of each index

因子 Factor	权重系数 Weight coefficient
一年生二次枝数 Number of annual secondary branch	0.04
一年生二次枝长度 Length of annual secondary branches	0.04
多年生二次枝数 Number of perennia secondary branches	0.10
多年生二次枝长度 Length of perennia secondary branches	0.10
一年生枝枣吊数 Number of annual branch jujube cranes	0.05
一年生枝枣吊长度 Length of annual branch jujube cranes	0.05
多年生枝枣吊数 Number of perennial branch Jujube cranes	0.12
多年生枝枣吊长度 Length of perennial branch Jujube cranes	0.10
单果质量 Fruit weight	0.13
单株产量 Yield per plant	0.12
商品率 Commodity rate	0.15

表5 灰枣不同栽培模式产量及产量构成因子的综合评价

Table 5 Comprehensive evaluation of yield and yield components of grey jujube under Different Cultivation Modes

栽培模式 Cultivation mode	综合评价系数(Bi) Comprehensive evaluation coefficient	位次 Rank
M1	0.788 118 510	1
M2	0.483 451 286	2
M3	0.459 159 530	3
CK	0.255 087 977	4

究4种栽培模式中,M1模式更适合生产高商品性灰枣,其次是M2、M3,原模式CK竞争力较弱。

### 3 讨 论

#### 3.1 灰枣不同栽培模式的枝类及枝条性状差异

在分析枝条种类及性状差异时,一年生二次枝及其数量、长度在不同栽培模式间存在较大差异。本研究结果表明,M2的一年生二次枝数量显著多于M1、M3和CK。其中,M2的一年生二次枝数最多,12条·株<sup>-1</sup>。一年生二次枝长度方面,M2的长度显著长于M1、M3和CK。可能主要是不同栽培模式的塑造过程中,不同模式树形对树冠空间内部的枝条分布要求不同,一年生二次枝也是枝条更新、结果树形保持的重要组成部分。因此,一年生二次枝在本研究综合评价时的权重分配比例设定中,缩小了其所占权重比例,减小该因素在综合评价时对决策判断的影响。

#### 3.2 综合评价中隶属度函数和权重赋值

在以节本、提质增效为目标的枣树简约化树形栽培模式的塑造中,不仅要注重提升枣果品质、稳定产量,更应注重降低劳动成本。本研究中M1、M2、M3相对传统模式CK,均具有枝条级次低、数量少的特征。结果表明,CK树冠内多年生二次枝数最多,为28条·株<sup>-1</sup>。合理减少枣树枝条级次及数量有利于降低生产劳动成本,便于生产管理,同时更利于树体空间内树冠不同层次的光照分布,提高功能叶数量及光照利用率<sup>[28]</sup>。因此,在无量纲化处理求隶属度值时所应用的隶属函数公式有2个,枣吊数量及长度、单果质量、单株产量及商品率等代表经济效益指标的运用公式(1): $U(x)=(x-x_{\min})/(x_{\max}-x_{\min})$ ;二次枝多且长,不利于生产管理,不利于光照通透,因此二次枝数量及长度运用公式(2): $U(x)=(x_{\max}-x)/(x_{\max}-x_{\min})$ )。

综合评价中,各评价指标的权重赋值均采用主观赋值法,此法运用的前提是决策者需熟悉众多影响决策判断的因子属性,否则将不利于最终决策的精准判断。本研究在综合评价前,通过对不同栽培模式的产量构成及果实商品率等因子的方差分析、相关性分析以及通径分析,结合生产实际,明确了单果质量及多年生枝枣吊数对果实商品率具有较大的促进作用,是决策者评选优势栽培模式树形的重要依据,因此赋予相对较大权重系数值,最终形成权重分配集A,引导决策者做出正确判断。

#### 3.3 栽培模式的机械化适应性评价

新疆规模化枣园中,栽培模式与机械化之间的适应性显得尤为重要,而传统的栽培模式无法适应现代果业的发展<sup>[29]</sup>。本研究在满足机械化作业的前提下,将原小冠疏层形(株行距1.0 m×1.5 m)矮密栽培模式(CK)改造成3种简约树形(株行距1.0 m×4.5 m)的新型栽培模式,结果表明,3种新模式的单果质量、单株产量及果实商品性均优于原栽培模式。由于低密度的种植模式更能促使树冠内部打开光路,提高光能利用率,以获得更高的枣果品质及效益<sup>[30]</sup>,同时宽行稀植栽培模式也更便于生产者对枣园实行规范化、规模化以及精细化的管理。

### 4 结 论

本研究针对枣生产模式混乱、生产效率低的突出问题,通过改造传统栽培模式塑造新模式,运用方

差分析、相关性分析、通径分析分析以及隶属函数综合评价等数学统计分析方法,对灰枣新老栽培模式下的产量构成及果实商品性进行差异性比较以及优劣性、可塑性的分析,可知新模式中,M1和M2是更适合当地灰枣生产的种植模式且M1优势更突出,其次为M3,原模式CK的竞争力较弱,建议将M1、M2作为当地灰枣机械化生产的标准模式并加以推广应用。

### 参考文献 References:

- [1] 朱祖雷,黄华梨,张露荷,王多锋,贾旭梅,王双成,赵通,张夏燚,张瑞,王延秀.不同施肥量对‘骏枣’产量、品质及光合特性的影响[J].果树学报,2019,36(12):1693-1703.  
ZHU Zulei, HUANG Huali, ZHANG Luhe, WANG Duofeng, JIA Xumei, WANG Shuangcheng, ZHAO Tong, ZHANG Xiayi, ZHANG Rui, WANG Yanxiu. Effects of potassium application on yield, quality and photosynthetic characteristics in ‘Junzao’[J]. Journal of Fruit Science, 2019, 36 (12): 1693-1703.
- [2] 许玲,薛卫东,陈天佑,章希娟,魏秀清,余东,许家辉.脆蜜毛叶枣在福建热区的引种表现及栽培要点[J].中国果树,2015(4):68-70.  
XU Ling, XUE Weidong, CHEN Tianyou, ZHANG Xijuan, WEI Xiuqing, YU Dong, XU Jiahui. Introduction performance and cultivation key points of Crisp Honey Maoye jujube in Fujian hot region[J]. China Fruits, 2015 (4): 68-70.
- [3] 张晓波,苏伟东,章英才.灵武长枣研究进展[J].北方园艺,2014(22):200-203.  
ZHANG Xiaobo, SU Weidong, ZHANG Yingcai. Research progress on *Ziziphus jujuba* Mill. ‘Lingwuchangzao’ [J]. Northern Horticulture, 2014 (22): 200-203.
- [4] 王绪芬.提高冬枣产量和品质的关键技术[J].北方园艺,2008(9):91-92.  
WANG Xufen. Key techniques for improving yield and quality of Dongzao[J]. Northern Horticulture, 2008 (9): 91-92.
- [5] 陈伏莲,刘国群,孔德彬.冬枣的管理技术[J].现代园艺,2017(1):36-37.  
CHEN Fulian, LIU Guoqun, KONG Debin. Management technology of Dongzao[J]. Xiandai Horticulture, 2017 (1): 36-37.
- [6] 孟彦贞.马莲小枣优质丰产栽培技术[J].现代农业科技,2012(4):165.  
MENG Yanzhen. High yield cultivation techniques of Malian jujube[J]. Modern Agricultural Science and Technology, 2012 (4): 165.
- [7] 周丽梅,段彦丹.冬枣丰产栽培管理技术[J].现代农业科技,2008(24):83.  
ZHOU Limei, DUAN Yandan. High yield cultivation and management techniques of Dongzao[J]. Modern Agricultural Science and Technology, 2008 (24): 83.
- [8] 朴一龙,赵兰花.韩国软枣猕猴桃开发利用概况[J].中国果树,2012(4):75-76.  
PIAO Yilong, ZHAO Lanhu. Development and utilization of *Actinidia arguta* in Korea[J]. China Fruits, 2012 (4): 75-76.
- [9] 肖蓉,王国平,李晓梅,李春燕,张拥兵,聂爱英,田建宝.体细胞无性系变异在枣育种中的应用展望[J].北方园艺,2011(14):188-191.  
XIAO Rong, WANG Guoping, LI Xiaomei, LI Chunyan, ZHANG Yongbing, NIE Aiying, TIAN Jianbao. Possible application of soma clonal variation in jujube breeding[J]. Northern Horticulture, 2011 (14): 188-191.
- [10] 王长柱,高京草,高文海,曹导叶,王慧霞,李新岗.枣品种改良研究进展[J].果树学报,2007,24(5):673-678.  
WANG Changzhu, GAO Jingcao, GAO Wenhai, CAO Daoye, WANG Huixia, LI Xingang. Advances in research on improvement of Chinese jujube cultivars (*Ziziphus jujuba*)[J]. Journal of fruit Science, 2007, 24 (5): 673-678.
- [11] 常慧红,张路生,金宗亭,巴秀成,王小梦.遥控植保飞行器在冬枣病虫害防治上的应用效果研究[J].现代农业科技,2019(23):101-102.  
CHANG Huihong, ZHANG Lusheng, JIN Zongting, BA Xiucheng, WANG Xiaomeng. Application effect of remote control plant protection aircraft on pest control of diseases and insect pests in winter jujube[J]. Modern Agricultural Science and Technology, 2019 (23): 101-102.
- [12] 王金丹.不同储藏因素对大枣品质的影响[J].农业科技与装备,2019(4): 43-44.  
WANG Jindan. Effects of different storage factors on jujube quality[J]. Agricultural Science and Technology and Equipment, 2019 (4): 43-44.
- [13] 王汉屏,王浩东.贮藏过程中枣汁非酶褐变的研究[J].食品工业科技,2008(10):237-239.  
WANG Hanping, WANG Haodong. Research on non enzymatic browning of jujube juice during storage[J]. Modern Food Science and Technology, 2008 (10): 237-239.
- [14] 刘孟军,王玖瑞,刘平,赵锦,赵智慧,代丽,李宪松,刘志国.中国枣生产与科研成就及前沿进展[J].园艺学报,2015,42(9):1683-1698.  
LIU Mengjun, WANG Jiurui, LIU Ping, ZHAO Jin, ZHAO Zhihui, DAI Li, LI Xiansong, LIU Zhiguo. Historical achievements and frontier advances in the production and research of Chinese jujube (*Ziziphus jujuba*) in China[J]. Acta Horticulture Sinica, 2015, 42 (9): 1683-1698.
- [15] 李景先,刘学增.枣矮化密植园早期丰产栽培技术[J].河北果树,2008(6):52-53.  
LI Jingxian, LIU Xuezeng. Early high yield cultivation techniques of jujube dwarf close planting garden[J]. Hebei Fruits, 2008 (6): 52-53.
- [16] 王新建,吴翠云,林敏娟,熊仁次.新疆密植骏枣园提质增效试验研究[C]//中国园艺学会.“现代果业标准化示范区创建暨果树优质高效生产技术”交流会论文集,2014: 175-179.  
WANG Xinjian, WU Cuiyun, LIN Minjuan, XIONG Renqi. Ex-

- perimental study on improving quality and efficiency of jujube garden with dense planting in Xinjiang[C]// Chinese Horticultural Society, Symposium of Conference of "Modern fruit industry standardization demonstration zone creation and fruit tree high quality and efficient production technology". 2014: 175-179.
- [17] 刘国利, 张鹏, 陈志燕, 张学强, 任洪岩. “金丝4号小枣”适宜株行距与间作农作物的合理布局[J]. 山东林业科技, 2018, 48 (1): 78-80.  
LIU Guoli, ZHANG Peng, CHEN Zhiyan, ZHANG Xueqiang, REN Hongyan. "Jinsi No.4 jujube" suitable plant row spacing and reasonable layout of intercropping crops[J]. Journal of Shandong Forestry Science and Technology, 2018, 48 (1): 78-80.
- [18] 王鹏飞, 杜俊杰. 欧李与枣间作栽培模式[J]. 中国果树, 2007 (6): 65-65.  
WANG Pengfei, DU Junjie. Intercropping mode of *Prunus humilis* and jujube[J]. Chinese Fruits, 2007 (6): 65-65.
- [19] 王世伟, 潘存德, 张翠芳, 李星, 郭佳欢. 枣与棉花间作巷道内的光环境研究[J]. 西南农业学报, 2017, 30(4): 728-733.  
WANG Shiwei, PAN Cunde, ZHANG Cuifang, LI Xing, GUO Jiahuan. Study on light environment in intercropping Alley of jujube and cotton[J]. Southwest China Journal of Agricultural Science, 2017, 30 (4): 728-733.
- [20] 俞涛, 哈地尔·依沙克, 宋锋惠, 史彦江. 枣麦间作系统冠层结构特征研究[J]. 新疆农业科学, 2010, 47(11): 2150-2155.  
YU Tao, Hadier · Yishak, SONG Fenghui, SHI Yanjiang. Study on characteristics of canopy structure jujube wheat intercropping system[J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2010, 47 (11): 2150-2155.
- [21] 纪清巨, 张秀梅, 胡富香, 闫继峰, 杜义霞. 枣树篱壁形栽培技术[J]. 落叶果树, 2001(4): 40.  
JI Qingju, ZHANG Xiumei, HU Fuxiang, YAN Jifeng, DU Yixia. Cultivation techniques of jujube hedgerow[J]. Deciduous Fruits, 2001 (4): 40.
- [22] 张国庆, 牛锦风, 李国, 何宁生. 灵武长枣主干形矮化密植早丰栽培关键技术[J]. 宁夏农林科技, 2019, 60(6): 28-29.  
ZHANG Guoqing, NIU Jinfeng, LI Guo, HE Ningsheng. Key cultivation techniques for trunk dwarf and close planting of Lingwu Long Jujube[J]. Ningxia Journal of Agriculture and Forestry Science and Technology, 2019, 60 (6): 28-29.
- [23] 刘慧纯, 许颖, 程忠文. 日光温室栽培毛叶枣的技术[J]. 落叶果树, 2003(4): 27-29.  
LIU Huichun, XU Ying, CHENG Zhongwen. Cultivation techniques of *Zizyphus mauritiana* in sunlight greenhouse[J]. Deciduous Fruits, 2003 (4): 27-29.
- [24] 向延菊, 王大伟, 王萍. 采收期对阿克苏地区灰枣干制品品质的影响研究[J]. 食品工业, 2016, 37(7): 178-180.  
XIANG Yanju, WANG Dawei, WANG Ping. Effect of harvest time on the quality of dried products of *Ziziphus jujube* cv. Huizao in Aksu Area[J]. The Food Industry, 2016, 37 (7): 178-180.
- [25] 樊治平. 多属性决策的一种新方法[J]. 系统工程, 1994(1): 25-28.  
FAN Zhiping. A new method for multiple attribute decision making[J]. Systems Engineering, 1994 (1): 25-28
- [26] 何风华, 李明辉. Excel 在通径分析中的应用[J]. 中国卫生统计, 2005(5): 331-332.  
HE Fenghua, LI Minghui. Application of Excel in path analysis [J]. Chinese Journal of Health Statistics, 2005 (5): 331-332
- [27] 黄亮, 胡正平. 基于最大离差的一种权重确定方法[J]. 景德镇高专学报, 2011, 26(2): 17-18.  
HUANG Liang, HU Zhengping. A weight determination method based on maximum deviation[J]. Journal of Jingdezhen University, 2011, 26 (2): 17-18.
- [28] 林碌, 李志强, 蔚露, 王红宁, 牛自勉. 苹果两种树形叶片对光强和 CO<sub>2</sub> 浓度互作的光合响应及光抑制特性[J]. 园艺学报, 2020, 47(11): 2073-2085.  
LIN Lu, LI Zhiqiang, WEI Lu, WANG Hongning, NIU Zimian. Photosynthetic responses to interaction of light intensity and CO<sub>2</sub> concentration and photoinhibition characteristics of two apple canopy shapes[J]. Acta Horticultural Sinica, 2020, 47(11): 2073-2085.
- [29] 崔刚闯, 王新建. 一种适合省力化栽培的骏枣树形改造方法[J]. 陕西农业科学[J], 2020, 66(1): 79-80.  
CUI Gangchuang, WANG Xinjian. A suitable transformation method for labour-saving cultivation Jun Jujube[J]. Shaanxi Journal of Agricultural Science, 2020, 66 (1): 79-80.
- [30] 王晶晶, 李铭, 陈奇凌, 郑强卿. 种植密度对骏枣叶片光合特性及果实品质的影响[J]. 西南农业学报, 2015, 28(5): 1936-1938.  
WANG Jingjing, LI Ming, CHEN Qiling, ZHENG Qiangqing. Effects of planting density on leaf photosynthetic characteristics and fruit quality of Junzao trees[J]. Southwest China Journal of Agricultural Science, 2015, 28 (5): 1936-1938.