

# 留果量对密植圆柱形梨树果实品质和产量的影响

王 鑫<sup>1</sup>,王多文<sup>1</sup>,金 娜<sup>1</sup>,何 彩<sup>1</sup>,王 珂<sup>2</sup>,牟德生<sup>1</sup>,郭艳兰<sup>1</sup>,李红旭<sup>2\*</sup>

(<sup>1</sup>武威市林业科学研究院,甘肃武威 733000; <sup>2</sup>甘肃省农业科学院林果花卉研究所,兰州 730070)

**摘要:**【目的】探明密植圆柱形梨树最佳留果量,为密植圆柱形梨园合理负载和疏果管理提供依据。【方法】选取树高、干径和单轴结果枝组数量相对一致的密植圆柱形‘早酥’和‘黄冠’梨树,根据结果枝组数量按照每个结果枝组平均留3、6、9、12个果,设置4个留果量处理T1、T2、T3、T4,测定果实生长动态、品质、产量指标和对第二年成花的影响,综合评估最佳留果量。【结果】(1)果实纵横径的变化呈“慢-快-慢”的趋势,随留果量的增加,果实纵径和横径生长速率逐渐减小。(2)单果质量随留果量的增大而减少,T1和T2处理单果质量最大,不同留果量处理对果形指数无显著影响。(3)T1和T2处理可溶性固形物和可溶性糖含量高,‘早酥’随留果量的增加,可滴定酸含量增加,而‘黄冠’可滴定酸含量T1和T2最低,T3最高。果实糖酸比随留果量的增加而降低。(4)不同留果量处理果肉硬度无显著差异,‘早酥’果肉石细胞含量随着留果量的增加有增加的趋势,‘黄冠’不同处理间石细胞含量差异不显著。(5)果心比率随着留果量的增加而增大,T1和T2处理果心比率最小。(6)密植圆柱形梨园T2处理‘早酥’每666.7 m<sup>2</sup>产量为4 830.4~4 837.9 kg,‘黄冠’每666.7 m<sup>2</sup>产量为5 441.3~5 693.1 kg。【结论】密植圆柱形梨树T2处理单果质量大,可溶性固形物和可溶性糖含量高,果实糖酸比适宜,果心比率小,品质佳,且不影响当年成花,在保证品质的前提下产量最高。

**关键词:**梨;密植;圆柱形;留果量;果实品质;产量

中图分类号:S661.2

文献标志码:A

文章编号:1009-9980(2020)10-1528-09

## Effects of different fruit loads on fruit quality and yield of cylinder-shaped pear trees in high-density orchards

WANG Xin<sup>1</sup>, WANG Duowen<sup>1</sup>, JIN Na<sup>1</sup>, HE Cai<sup>1</sup>, WANG Wei<sup>2</sup>, MU Desheng<sup>1</sup>, GUO Yanlan, LI Hongxu<sup>2\*</sup>

(<sup>1</sup>Wuwei Academy of Forestry, Wuwei 733000, Gansu, China; <sup>2</sup>Institute of Fruit and Floriculture Research, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070, Gansu, China)

**Abstract:**【Objective】Fruit load impacts quality and yield of fruit in apple, pear, and peach. According to the structural characteristics of cylindrical pear trees in high density systems, we used ‘Zaosu’ (*Pyrus bretschneideri* Rehd.) and ‘Huangguan’ (*Pyrus bretschneideri* Rehd.) for the study. The pear trees were grown at the experimental center of Wuwei Forestry Research Institute. Understanding the effect of fruit load on quality and yield is important for fruit thinning management of cylindrical pear trees in high density systems.【Methods】Two pear varieties which were relatively consistent in height, diameter and number of fruiting branches were selected. According to the number of fruiting branches, 4 fruit load treatments were set. Each fruiting branch group was allowed to bear an average of 3, 6, 9, and 12 fruit (T1, T2, T3 and T4, respectively), equivalent to 78, 150, 216, and 295 fruit in ‘Zaosu’, and 62, 127, 194 and 264 fruit in ‘Huangguan’, respectively. The experiments used single plant plot with 3 biological replicates. Fruit thinning operation was carried out on May 30, 2017 and June 10, 2019. And the 3rd to 4th order fruit on inflorescence were selected. After thinning, 6 fruit with similar size were select-

收稿日期:2020-03-19 接受日期:2020-06-23

基金项目:甘肃省科技支撑计划(1604NKCA063-2);国家现代农业(梨)产业技术体系建设专项(CARS-28-46);甘肃省科技重大专项(18ZD2NA006-3);中央财政林业科技推广示范项目([2019]ZYTG08)

作者简介:王鑫,男,硕士,林业工程师,主要从事梨树栽培研究。Tel:18909352809,E-mail:18909352809@163.com

\*通信作者 Author for correspondence. Tel:13893230612,E-mail:lihongxu8588@sina.com

ed from each treatment and their vertical and horizontal diameters were measured every 7 days. Ripe fruits were harvested to determine yield per plant, and unit area production was calculated according to a density of 167 plants per mu. Fruit weight was measured with an electronic balance with an accuracy of 0.1 g. The diameters of the main stem and fruiting branch were determined with a digital display caliper. The fruit longitudinal diameter was the length from the top to the bottom, and the fruit transverse diameter was the largest width along the fruit equator. The hardness of fruit was measured using a GY-4 digital hardness tester. An Atago PAL-1 sugar analyzer was used to measure the soluble solid content. Titratable acid was determined with titration method and soluble sugar content with anthrone sulfuric acid method. The content of stone cells was determined by freezing method.【Results】Changes in fruit vertical and horizontal diameters displayed a slow-fast-slow pattern. With the increase in fruit load, the growth rate of fruit vertical and horizontal diameters decreased. Similarly, the single fruit weight 'Zaosu' pear reduced with increase in fruit load. It was the highest in T1 and T2, which were 208.1 g and 199.5 g in 2017, 200.0 g and 179.8 g in 2019, respectively. Compared with the other treatments, single fruit weight in the two treatments was significantly higher. In 2017, the single fruit weight of 'Huanguan' was 278.6 g and 270.6 g in T1 and T2, 318.5 g and 313.7 g in 2019, respectively, which were significantly greater than in the other treatments. Hence, the two pear varieties had a similar change pattern. Different fruit load had no significant influence on fruit shape index. Compared with other treatments, soluble solid content in 'Zaosu' and 'Huanguan' pears was higher in T1 and T2. With the increase in fruit load, soluble sugar content in both cultivars decreased. In 'Zaosu' pear, the titratable acid content increased with fruit load. In 'Huanguan', it was the lowest in T1 and T2, and the highest in T3. The ratio of sugar to acid also decreased with the increase in fruit load. There was no significant difference in the hardness of fruit among different fruit loads. In 'Zaosu', the stone cell content in T1 was 16.7% and 28.5% lower than in T3 and T4, respectively, and that in T2 was 33.3% and 42.9% lower than T3 and T4, respectively. In 2019 and 2017, the trend of the stone cell content was similar. However, there was no significant difference between the two seasons. The proportion of fruit cores increased with fruit load and was the smallest in T1 and T2. The yield of two pear varieties increased with fruit load and was the lowest in T1 and the highest in T4. The yield of fruit in 'Zaosu' was 4 830.4 kg per 666.7 m<sup>2</sup> in 2017 and 4 837.9 kg per 666.7 m<sup>2</sup> in 2019. In 2017 and 2019, fruit yield was 5 441.3 kg and 5 693.1 kg per 666.7 m<sup>2</sup>, respectively, in 'Huanguan'.【Conclusion】The results showed that contents of soluble solids and soluble sugars were highest in T2, in which the ratio of sugar to acid was suitable and the proportion of fruit core was low. The yield was high with quality assurance in the treatment and it had no influence on the return flower in next season.

**Key words:** Pear; High density orchards; Cylinder-shaped trees; Fruit load; Fruit quality; Yield

我国梨树栽培采用的树形主要有自然圆头形、疏散分层形、开心形、纺锤形、细长纺锤形、圆柱形、双臂顺行式棚架形等,生产上不同树形确定果实负载量时采用的方法也不尽相同,主要有叶果比法<sup>[1]</sup>、枝果比法<sup>[2]</sup>、果间距法<sup>[3]</sup>、干截面积法和综合评判法<sup>[4]</sup>等。随着农村青壮年劳力缺失和成本增加,过去传统的栽培模式已不能适应当前梨产业发展的需要,自然圆头形、疏散分层形等传统树形已逐渐被淘汰,梨产业向省力化、轻简化栽培方向发展<sup>[5]</sup>。细长纺

锤形、圆柱形、双臂顺行式棚架等树形是近年来我国梨栽培主要推广的省力化树形,其中圆柱形树形是近年来我国北方梨密植建园采用的主要树形,能够达到早期丰产、高产的目的<sup>[6]</sup>。与其他树形相比,其主要结构特点是主干上直接着生单轴结果枝组,均匀分布,数量和大小相对一致,在确定负载量时,叶果比法、枝果比法和干周法可操作性差,果间距法因结果位置不均匀疏果时也存在操作困难,因此可按照单轴结果枝组数量确定单株留果量。有关圆柱形

树形树相指标<sup>[7]</sup>、产量<sup>[8]</sup>等方面已有研究报道,而对留果方式、留果量方面尚未有过报道。笔者以5 a(年)生密植圆柱形‘早酥’和‘黄冠’梨为试材,于2017年和2019年研究不同留果量对果实品质和产量的影响,以期确定密植圆柱形梨树最佳留果量,为密植圆柱形梨园合理负载和疏果管理提供依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验地概况

试验于2017年和2019年在武威市林业科学研究院梨试验示范园进行,树龄为5 a和7 a。试验梨园于2013年采用杜梨砧木建园,通过刻芽培养圆柱形树形,株行距1 m×4 m,每666.7 m<sup>2</sup>栽培167株,‘早酥’和‘黄冠’互为授粉树,2015年开始挂果,2017年进入盛果期,果实发育期分别为110、135 d。园地地势平坦,灌溉方式为井水沟灌,土壤肥力水平较高,每666.7 m<sup>2</sup>施有机肥(腐熟羊粪)3 500 kg以上,常规管理,梨园管理水平中等。试验地位于甘肃省河西地区东部,武威市林业科学研究院基地内,海拔1 445 m,属大陆性干旱气候,光照时数2 873.4 h,

平均无霜期160 d,年降水量为165 mm,年蒸发量2 020 mm,年均温度7.8 ℃,平均昼夜温差7.9 ℃。

### 1.2 试验设计

选取树高、干径和结果枝组数量相对一致的密植圆柱形‘早酥’和‘黄冠’梨各12株,根据结果枝组数量按照每个结果枝组平均留3、6、9、12个果,设置4个留果量处理T1、T2、T3、T4,即‘早酥’单株留果量78、150、216、295个,‘黄冠’单株留果量62、127、194、264个,单株小区,3次重复,分别于2017年5月30日和2019年6月10日进行疏果处理,选留3~4序位果,其他管理与常规生产梨园一致。供试梨树2017年树高、干径、单轴结果枝组数量、长度和粗度指标见表1,用钢卷尺测量树高,每株选取15个单轴结果枝组(上、中、下部各5个)测定长度和粗度,取平均值。单轴结果枝组长用钢卷尺测定,干径和单轴结果枝组直径用数显游标卡尺测定。疏果处理后,每处理选取大小一致的果实6个,每7 d测定果实纵横径动态变化,待果实成熟后,将果实按株全部采收,测定单株产量,按照每666.7 m<sup>2</sup>栽植167株计算产量。每处理选取树冠外围果实30个(上、中、下

表1 供试梨树树高、干径、单轴结果枝组数量、长度和粗度

Table 1 Pear tree height, stem diameter, number, length and diameter of fruiting branch

品种 Cultivar	处理 Treatment	单株留果量 Crop load	树高 Tree height/cm	干径 Stem diameter/cm	单轴结果枝组数 Number of fruiting branch sections	单轴结果枝组长度 Length of fruiting branch sections/cm	单轴结果枝组直径 Diameter of fruiting branch sections/cm
早酥 Zaosu	T1	78	429.3±4.0 a	6.53±0.06 a	26.0±0.6 a	197.30±6.57 a	1.75±0.03 a
	T2	150	421.6±7.3 a	6.15±0.24 a	25.0±0.6 a	189.67±4.06 a	1.83±0.03 a
	T3	216	425.0±7.6 a	6.88±0.40 a	24.0±1.2 a	189.00±6.93 a	1.81±0.02 a
	T4	295	432.3±10.1 a	7.01±0.42 a	24.6±1.7 a	195.67±7.06 a	1.81±0.06 a
黄冠 Huangguan	T1	62	341.6±6.9 a	5.98±0.12 a	20.7±1.2 a	176.67±3.38 a	1.58±0.02 a
	T2	127	335.3±8.3 a	5.87±0.34 a	21.3±0.9 a	167.00±2.08 a	1.63±0.01 a
	T3	194	340.6±15.5 a	6.05±0.31 a	21.6±0.3 a	174.67±3.53 a	1.62±0.05 a
	T4	264	340.3±17.3 a	6.22±0.33 a	22.0±0.6 a	168.00±2.08 a	1.69±0.06 a

注:同一列相同品种中数据后不同字母表示差异显著( $p < 0.05$ )。下同。

Note: Different letters in same column and same cultivar indicate significantly different at  $p < 0.05$ . The same below.

部各10个)进行品质测定,次年调查不同处理花芽量和花序坐果率。

### 1.3 试验方法

单果质量用精度0.1 g的电子天秤测定,果实纵径、横径、果心横径用数显游标卡尺测量,果实纵径测量果实为肩部至底部最长部位,果实横径测定果实最宽部位,果心比率<sup>[9]</sup>为果心横径与果实横径的比值。去皮后的果肉硬度用GY-4数显式果实硬度

计测定。可溶性固形物含量用数显糖度计测定(日本ATAGO PAL-1)。可滴定酸含量用滴定法测定。可溶性糖含量用蒽酮硫酸法测定<sup>[10]</sup>。石细胞含量用冷冻法测定<sup>[11]</sup>。2020年4月下旬至5月中旬调查不同处理花芽量和坐果花序数,计算花序坐果率(花序坐果率/%=坐果花序数/总花芽数量×100)。

### 1.4 数据处理与分析

数据采用Excel 2016和SPSS 21软件处理分析,

采用单因素(one-way ANOVA)和用Duncan法进行方差分析和多重比较( $\alpha=0.05$ ),表中数据为平均值±标准差。

## 2 结果与分析

### 2.1 对梨果生长动态的影响

图1和图2表明,不同留果量处理密植圆柱形‘早酥’与‘黄冠’果实纵横径的变化均呈“慢-快-慢”的趋势,随留果量的增加,果实纵横径生长速率逐渐减小。T1和T2处理果实纵横径生长最快,其次是T3,T4处理果实生长最慢。从果实纵横径大小看,随着留果量的增加,果实纵横径逐渐减小。T1处理果实纵横径最大,T2与T1处理接近,T3和T4处理果实纵横径明显下降,‘早酥’和‘黄冠’表现出一致的规律。表明不同留果量对果实纵横径的影响很大,留果量达到T3处理时果实明显变小。

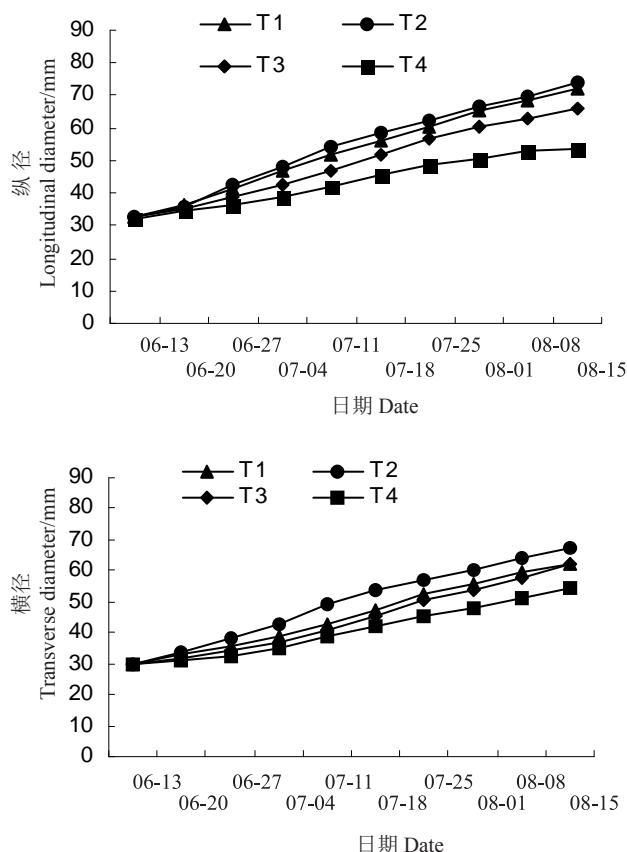


图1 不同留果量处理对密植圆柱形‘早酥’果实纵横径生长动态的影响(2019)

Fig. 1 Effect of fruit load on changes in fruit vertical and horizontal diameters in densely planted cylindrical ‘Zaosu’ (2019)

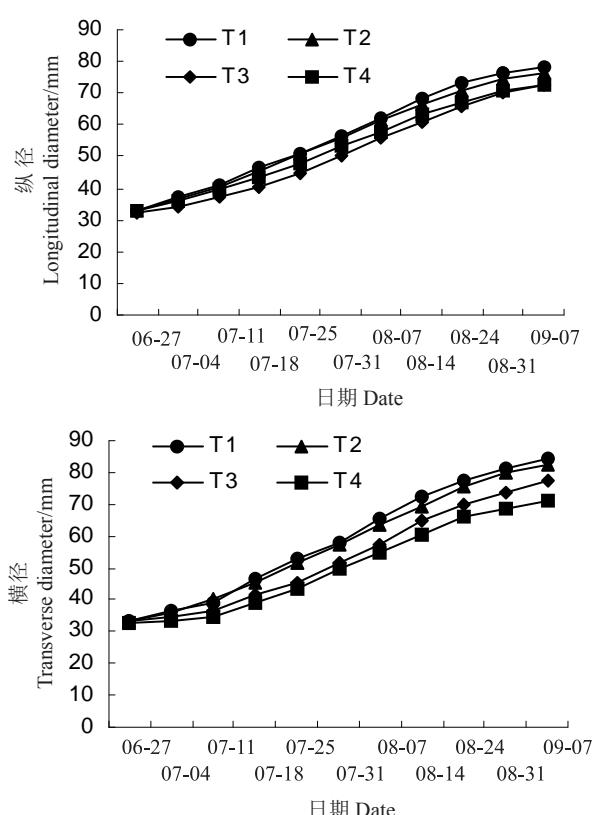


图2 不同留果量处理对密植圆柱形‘黄冠’果实纵横径生长动态的影响(2019)

Fig. 2 Effects of fruit load on the growth of fruit vertical and horizontal diameters in densely planted cylindrical ‘Huangguan’ (2019)

### 2.2 对单果质量和果形的影响

由表2可知,‘早酥’和‘黄冠’单果质量2017、2019年均随留果量的增大而减小,T1和T2单果质量显著高于T3和T4处理。两年试验结果表明‘早酥’T1比T3、T4高26.3%~29.9%、37.1%~42.3%,T2比T3、T4高18.0%~26.9%、34.4%~35.8%。‘黄冠’T1比T3、T4高25.7%~29.2%、34.9%~38.2%,T2比T3、T4高23.5%~28.1%、33.9%~36.4%。不同处理果实纵横径变化趋势与单果质量一致,单果质量越大,果实纵横径也越大。不同留果量处理对果形指数无显著影响。从不同年份看,‘早酥’2017年不同处理平均单果质量171.1 g,比2019年高6.1%,而‘黄冠’与‘早酥’不同,2017年不同处理平均单果质量232.1 g,比2019年低12.8%。

### 2.3 对果实糖酸含量和糖酸比的影响

表3表明了不同留果量对密植圆柱形梨园梨果实糖酸含量和糖酸比的影响。从可溶性固形物含量来看,2017年‘早酥’和‘黄冠’均是T2可溶性固形物

表2 不同留果量对密植圆柱形梨园梨单果质量和果形的影响

Table 2 Effects of fruit load on single fruit weight and shape index in densely

时间 Year	品种 Cultivar	处理 Treatment	单果质量 Single fruit mass/g	纵径 Longitudinal diameter of fruit/mm	横径 Fruit transverse diameter/mm	果形指数 Fruit shape index
2017	早酥 Zaosu	T1	208.1±10.02 a	79.05±1.40 a	71.83±1.65 a	1.10±0.02 a
		T2	199.5±8.01 a	78.36±1.70 a	69.33±1.03 a	1.13±0.02 a
		T3	145.8±4.35 b	70.07±1.05 b	63.04±0.67 b	1.11±0.02 a
		T4	130.9±6.56 b	68.02±1.51 b	60.11±1.10 b	1.13±0.01 a
	黄冠 Huangguan	T1	278.6±13.50 a	72.63±0.38 a	80.84±1.97 a	0.90±0.02 a
		T2	270.6±11.26 a	73.54±1.42 a	78.92±1.03 a	0.93±0.01 a
		T3	207.0±6.38 b	66.80±0.71 b	73.53±0.66 b	0.91±0.01 a
		T4	172.2±6.69 c	64.25±0.98 b	68.29±0.96 c	0.94±0.01 a
2019	早酥 Zaosu	T1	200.0±22.4 a	78.27±4.78 a	72.00±4.23 a	1.09±0.09 a
		T2	179.8±23.7 a	75.55±4.39 ab	68.25±2.30 ab	1.10±0.06 a
		T3	147.5±33.5 b	71.26±7.89 b	63.92±4.68 bc	1.11±0.07 a
		T4	115.4±31.0 c	63.18±6.74 c	59.40±5.68 c	1.06±0.07 a
	黄冠 Huangguan	T1	318.5±60.3 a	81.32±4.72 a	83.62±4.99 a	0.97±0.03 a
		T2	313.7±38.7 a	79.14±2.91 a	84.78±3.96 a	0.93±0.18 a
		T3	225.5±59.0 b	72.33±6.45 b	74.92±6.98 b	0.96±0.05 a
		T4	207.3±47.1 b	71.02±4.93 b	72.77±6.25 b	0.97±0.05 a

表3 不同留果量对密植圆柱形梨园梨果实糖酸含量和糖酸比的影响

Table 3 Effects of fruit load on sugar- and -acid ratio in fruits from densely planted cylindrical pear garden

时间 Year	品种 Cultivar	处理 Treatment	w(可溶性固形物) Soluble solids/%	w(可溶性糖) Soluble sugar/%	可滴定酸 Titratable acid/%	糖酸比 Sugar-acid ratio
2017	早酥 Zaosu	T1	11.46±0.17 b	8.77±0.07 a	0.31±0.02 c	28.63±3.02 a
		T2	11.96±0.24 a	8.51±0.19 a	0.30±0.02 c	27.90±1.25 a
		T3	10.91±0.07 c	7.37±0.08 b	0.38±0.01 b	19.27±0.55 b
		T4	10.72±0.12 c	6.92±0.46 b	0.44±0.02 a	16.07±0.89 b
	黄冠 Huangguan	T1	11.47±0.19 b	7.41±0.37 ab	0.20±0.01 b	37.08±0.79 a
		T2	12.65±0.19 a	7.85±0.18 a	0.21±0.02 b	38.59±2.92 a
		T3	10.11±0.17 d	7.06±0.11 bc	0.26±0.01 a	26.82±0.54 b
		T4	10.95±0.09 c	6.57±0.08 c	0.24±0.01 ab	27.06±0.64 b
2019	早酥 Zaosu	T1	11.33±0.39 a	7.97±0.04 a	0.32±0.01 bc	24.9±3.02 ab
		T2	11.42±0.51 a	7.68±0.15 a	0.28±0.02 c	27.4±1.25 a
		T3	11.17±0.60 b	7.32±0.13 b	0.35±0.02 ab	21.4±0.55 b
		T4	10.63±0.67 b	6.11±0.27 c	0.39±0.02 a	15.6±0.89 c
	黄冠 Huangguan	T1	11.88±0.63 a	7.69±0.22 a	0.17±0.02 b	45.2±0.79 a
		T2	11.71±0.52 a	7.75±0.37 a	0.16±0.01 b	48.4±2.92 a
		T3	11.16±0.73 b	6.86±0.21 b	0.21±0.02 a	32.6±0.54 b
		T4	10.97±0.46 b	6.62±0.1 b	0.20±0.01 a	33.1±0.64 b

含量最高,其次是T1,T3和T4处理可溶性固形物含量最低。2019年可溶性固形物变化规律与2017年相似,‘早酥’和‘黄冠’均是T1和T2处理可溶性固形物含量高,处理间差异不显著。可溶性糖含量随留果量的增加而降低,两年试验结果均是T1和T2显著高于其他处理。可滴定酸含量随留果量的增加呈上升趋势,‘早酥’和‘黄冠’可滴定酸含量均是T1

和T2低于T3和T4处理。‘早酥’和‘黄冠’梨果实糖酸比随留果量的增加而降低,T1和T2糖酸比值显著高于其他处理。表明不同留果量处理对果实内在品质影响显著,T1和T2果实时品质比T3和T4处理高。

#### 2.4 对梨果肉硬度和石细胞含量的影响

由表4可知,不同留果量处理果肉硬度无显著

表4 不同留果量对密植圆柱形梨园梨果实硬度  
和石细胞含量的影响

Table 4 Effects of fruit load on fruit firmness and stone cell content in fruit of densely planted cylindrical pears

时间 Year	品种 Cultivar	处理 Treatment	去皮硬度 Fruit firmness/ (kg·cm <sup>-2</sup> )	w(石细胞) Stone cell content/ (g·100 g <sup>-1</sup> )
2017	早酥 Zaosu	T1	7.53±0.35 a	0.05±0.01 b
		T2	7.92±0.20 a	0.04±0.00 b
		T3	8.15±0.19 a	0.06±0.01 ab
		T4	7.91±0.20 a	0.07±0.01 a
	黄冠 Huangguan	T1	6.67±0.27 a	0.12±0.02 a
		T2	6.96±0.16 a	0.11±0.01 a
		T3	6.69±0.12 a	0.12±0.01 a
		T4	6.43±0.18 a	0.14±0.01 a
2019	早酥 Zaosu	T1	6.84±0.43 a	0.05±0.01 a
		T2	6.95±0.27 a	0.05±0.00 a
		T3	7.22±0.48 a	0.06±0.01 a
		T4	7.36±0.69 a	0.06±0.01 a
	黄冠 Huangguan	T1	6.18±0.40 b	0.13±0.02 a
		T2	6.47±0.50 ab	0.12±0.02 a
		T3	6.83±0.45 a	0.13±0.01 a
		T4	6.50±0.42 ab	0.14±0.01 a

差异,2年均未表现出规律性变化趋势。从石细胞含量来看,2017年‘早酥’果肉石细胞含量随着留果量的增加而增加,T1比T3、T4低16.7%、28.5%,T2比T3、T4低33.3%、42.9%。2019年‘早酥’石细胞含量变化趋势与2017年相同,但不同处理间差异未达到显著水平。而‘黄冠’2017、2019年石细胞含量不同留果量处理间差异不显著。

## 2.5 对梨果心大小的影响

‘早酥’和‘黄冠’果心横径随着留果量的增加有减小的趋势,果心比率随着留果量的增加而增大(表5)。‘早酥’T1和T2处理果心横径最大,两者差异不显著,T4最小,显著低于T1和T2处理。‘黄冠’和‘早酥’果实横径变化与早酥基本一致,T1和T2处理果心横径最大,两者差异不显著,T4最小,显著低于T1处理。果心比率大小随着留果量的增加而增大。‘早酥’T1和T2处理果心比率最小,T1比T3、T4低8.0%~8.7%、10.0%~12.2%,T2比T3、T4低7.5%~9.2%、8.8%~13.4%。‘黄冠’T1果心比率最小,T4处理最高,T1比T3和T4低5.9%~7.5%和6.7%~12.0%。表明留果量达到T3水平时,果心比率增加,果实可食率降低。

表5 不同留果量对密植圆柱形梨园梨果心大小的影响

Table 5 Effects of fruit load on core size of fruit from densely planted cylindrical pear orchards

时间 Year	品种 Cultivar	处理 Treatment	果心横径 Diameter of fruit core/mm	果心比率 Fruit core ratio/%
2017	早酥 Zaosu	T1	28.27±0.47 a	39.48±0.95 b
		T2	27.01±0.41 ab	39.04±0.86 b
		T3	26.80±0.26 b	42.63±0.55 a
		T4	26.43±0.30 b	44.29±0.61 a
	黄冠 Huangguan	T1	31.39±0.69 a	37.97±1.00 b
		T2	30.67±0.66 ab	39.84±1.25 ab
		T3	30.01±0.34 ab	40.82±0.40 ab
		T4	29.01±0.50 b	42.53±0.72 a
2019	早酥 Zaosu	T1	30.45±1.26 a	41.6±2.33 b
		T2	29.13±0.93 ab	42.1±1.67 b
		T3	29.12±1.79 ab	45.3±3.65 a
		T4	27.39±2.47 b	45.8±3.43 a
	黄冠 Huangguan	T1	32.53±1.59 a	37.2±2.13 b
		T2	31.26±2.57 ab	38.1±1.24 ab
		T3	29.37±3.48 b	39.4±3.23 a
		T4	28.59±2.20 b	39.7±2.54 a

## 2.6 对梨果产量的影响

表6表明了不同留果量处理对密植圆柱形梨园产量影响显著。两年试验均表明,‘早酥’和‘黄冠’产量随留果量的增加而增大,两者均以T1处理产量最低,T4最高,T2和T3居中。‘早酥’T4处理666.7 m<sup>2</sup>产量比T1、T2、T3分别高47.0%~54.9%、14.3%~

表6 不同留果量对密植圆柱形梨园梨果产量的影响

Table 6 Effect of fruit load on pear yield in closely planted cylindrical pear orchards

时间 Year	品种 Cultivar	处理 Treatment	平均每株产量 Yield per plant/kg	平均每666.7 m <sup>2</sup> 产量 Yield per 666.7 m <sup>2</sup> /kg
2017	早酥 Zaosu	T1	19.2±0.7 d	3 211.7±65.3 d
		T2	28.9±1.1 c	4 830.4±132.1 c
		T3	33.4±1.4 b	5 210.2±113.5 b
		T4	35.6±1.2 a	5 952.1±85.6 a
	黄冠 Huangguan	T1	18.3±1.1 d	3 056.2±52.1 d
		T2	32.5±2.3 c	5 441.3±35.9 c
		T3	36.2±1.2 b	6 052.2±120.4 b
		T4	42.8±1.5 a	7 157.7±98.8 a
2019	早酥 Zaosu	T1	18.6±2.0 d	3 106.2±63.0 d
		T2	28.9±1.8 c	4 837.9±44.5 c
		T3	32.8±2.04 b	5 487.6±111.8 b
		T4	35.0±2.88 a	5 856.0±133.9 a
	黄冠 Huangguan	T1	20.7±1.46 d	3 470.0±36.5 d
		T2	34.0±2.55 c	5 693.1±29.5 c
		T3	44.8±2.12 b	7 487.8±140.3 b
		T4	48.7±1.09 a	8 137.4±99.5 a

17.4%和6.3%~10.6%，‘黄冠’T4处理 $666.7\text{ m}^2$ 产量比T1、T2、T3分别高57.4%~61.2%、24.7%~30.0%和8.0%~12.6%。

## 2.7 对梨树成花的影响

表7表明随着留果量的增加，果树成花数逐渐减少。‘早酥’和‘黄冠’表现出一致的规律，不同处理间差异显著，T1处理成花数最多，其次是T2和T3，T4处理最低。从花序坐果率来看，‘早酥’和‘黄冠’表现出相同的规律，T2处理最高，其次是T1和T3，T4最低。‘早酥’T2处理花序坐果率分别比T1、T3和T4高19.1%、16.5%和30.8%，‘黄冠’T2分别比T1、T3和T4高23.3%、27.4%和30.9%。表明T1留果量少，成花数量最多，但花序坐果率较T2处理低，T3和T4处理花芽数量减少，且花序坐果率也下降，可能会影响第二年坐果，产量下降。

表7 不同留果量对密植圆柱形梨园梨树成花的影响

Table 7 Effect of fruit load on flowering rate in cylinder-shaped pear trees in high-density orchards

品种 Cultivar	处理 Treatment	成花数 Number of flower buds	花序坐果率 Fruit setting rate of inflorescence/%
早酥 Zaosu	T1	317.2±6.8 a	59.8±2.9 b
	T2	224.5±7.9 b	73.9±4.9 a
	T3	159.0±5.6 c	61.7±5.6 b
	T4	127.5±5.1 d	51.1±3.5 c
黄冠 Huangguan	T1	288.6±8.3 a	63.5±4.7 b
	T2	209.8±6.9 b	82.8±2.7 a
	T3	144.8±4.6 c	60.1±3.9 b
	T4	105.4±5.4 d	54.2±4.6 c

## 3 讨 论

本研究表明，密植圆柱形梨园‘早酥’和‘黄冠’梨留果量越多，单果质量越小，T1和T2处理单果质量最大。这与前人关于梨不同留果量研究报道的结果一致<sup>[12-16]</sup>。但梨树栽植密度、树形结构不同，有关留果量的确定方法也不尽相同，密植圆柱形梨树主干上直接着生单轴结果枝组，可以以单轴结果枝组数量平均留果量作为确定盛果期圆柱形树形留果量的依据，如本研究中，根据不同树体结果枝组数量，以平均每个结果枝组留6个果确定单株留果量，消除了树体的差异的影响。另外，本研究表明，不同留果量处理对果形指数无显著影响，这与王晓庆等<sup>[13]</sup>、陈丽新等<sup>[14]</sup>在‘翠冠’和‘黄金梨’上的研究结果一致，但与金方伦等<sup>[12]</sup>在‘湘南’梨上的研究不一致，可

能与品种因素有关，也可能与留果序位有关<sup>[17]</sup>，本研究疏果时选留了3~4序位果，消除了这一因素的影响。

糖酸含量是梨果实重要的内在品质指标。伍涛等<sup>[18]</sup>研究表明疏果显著提高了单果质量，果实糖含量与果实大小呈正相关，这与本研究结果一致。本研究表明，‘早酥’和‘黄冠’可溶性固形物含量均以T1和T2处理最高，可溶性糖含量随留果量的增加而降低。说明T1和T2处理‘早酥’和‘黄冠’内在品质最好，留果量达到T3，品质开始下降。可滴定酸含量的变化趋势与含糖量变化相反，‘早酥’随留果量的增加可滴定酸含量增加，而‘黄冠’可滴定酸含量随留果量的增加表现出先上升后下降的趋势，这与李俊才等<sup>[19]</sup>在‘大南果梨’上的研究结果不一致，这可能与品种因素有关。王芳芳<sup>[20]</sup>研究表明‘黄金梨’和‘鸭梨’果实成熟期间，可滴定酸含量呈先增加后减少的趋势，成熟度不同，可滴定酸含量可能会不同。本研究中，留果量多，对果实成熟度可能会影响，因此出现了随着留果量的增加可滴定酸含量也增加的趋势，但这需要进一步研究。糖酸比是反应梨果品质的重要指标，前人研究表明，梨糖酸比在20.0~60.0风味多为酸甜适口<sup>[21-22]</sup>。‘早酥’和‘黄冠’果实糖酸比随留果量的增加而降低，‘早酥’T1或T2处理糖酸比值适宜，‘黄冠’不同留果量处理糖酸比均在适宜范围内。

本研究还表明密植圆柱形梨园‘早酥’果肉石细胞含量随着留果量的增加而增加，‘黄冠’石细胞含量随留果量的增加有增加的趋势，但不同处理间差异未达到显著水平。王娟娟<sup>[23]</sup>对‘玉露香’梨的研究表明，小果石细胞含量高于大果，与本试验结果一致。这可能与梨果肉石细胞发育规律相关，研究表明，果肉石细胞含量在花后50 d左右达到高峰，而后随着果实的生长逐渐下降<sup>[24-26]</sup>，果实发育前期(花后50 d左右)不同处理间果实大小可能差异小，到生长后期，果实大小差异越来越明显，留果量少的单果质量大，石细胞含量相对减小。

密植圆柱形树形的梨树主干上直接着生单轴结果枝组，枝组每隔4 a左右更新1次，将树冠控制在一定范围内，且单轴结果枝组数量相对稳定，根据单轴结果枝组数确定单株留果量操作简单、容易。同时，有研究表明梨树3 a、4 a年生结果枝组果实品质最佳，从5 a生结果枝组开始品质下降<sup>[27]</sup>，密植圆柱

形梨园树形单轴结果枝组年龄保持在4 a左右,有利于生产优质果品。另外,‘早酥’和‘黄冠’T1处理产量低,T3和T4处理虽然产量高,但果实单果质量明显减小,可溶性固形物、可溶性糖含量降低,果实商品性差。T2处理‘早酥’和‘黄冠’在保证品质的前提下产量最高,分别为4 830.4~4 837.9 kg和5 441.3~5 693.1 kg。另外,负载量过小(T1),花芽量过大,造成树体大量营养消耗,花序坐果率降低,但结果数量大,增加疏花疏果用工成本。树体负载量过大,会影响成花,T3和T4处理成花量和花序坐果率明显下降,容易形成大小年结果。

## 4 结 论

综合果实品质和产量指标,密植梨园圆柱形树单株留果量以T2处理为最佳,单果质量大,果实可溶性固形物和可溶性糖含量高,果实糖酸比适宜,果心比例低,品质佳,且不影响当年成花,在保证品质的前提下产量最高。

## 参考文献 References:

- [1] 徐濛. 不同叶果比对‘雪青’梨果实品质及叶片特性的影响[D]. 保定: 河北农业大学, 2015.  
XU Meng. Effects of different leaf-fruit ratio on fruit quality and leaf characteristics in ‘Xueqing’ pear[D]. Baoding: Hebei Agricultural University, 2015.
- [2] 潘佑找, 王丹娜, 彭士涛, 吴淑娟, 黄芬肖, 黄广远. 成龄黄花梨树适宜负载量的研究[J]. 湖北农学院学报, 2004, 24(1): 38-40.  
PAN Youzhao, WANG Danna, PENG Shitao, WU Shujuan, HUANG Fenxiao, HUANG Guangyuan. Studies on suitable crop load of adult huanghua sand pear trees[J]. Journal of Hubei Agricultural College, 2004, 24(1): 38-40.
- [3] 席东, 陈建清, 张虎平, 侯岑, 张绍铃. 不同果间距留果对‘翠冠’、‘丰水’梨产量和果实品质的影响[J]. 中国农学通报, 2014, 30(13): 236-240.  
XI Dong, CHEN Jianqing, ZHANG Huping, HOU Cen, ZHANG Shaoling. Effects of loading of different distance between fruit on fruit output and quality in ‘Cuiguan’ and ‘Housui’ pears[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2014, 30(13): 236-240.
- [4] 张绍铃. 梨学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2013: 292.  
ZHANG Shaoling. Pear science[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2013: 289.
- [5] GLOVER J, HINMAN H, REGANOLD J, ANDREWS P. A cost of production analysis of conventional vs. integrated vs. organic apple production systems[M]. Washington: Agricultural Research Center Publication, 2002.
- [6] 杨馥霞, 乔进春, 张玉星, 朱梅玲. 密植圆柱形梨盛果期树相指标及光照特性分析[J]. 河北农业大学学报, 2013, 36(3): 39-44.  
YANG Fuxia, QIAO Jinchun, ZHANG Yuxing, ZHU Meiling. Study on the tree-structure indexes and light characteristics of full bearing trees with a pillar system in a high-density pear orchard[J]. Journal of Agricultural University of Hebei, 2013, 36(3): 39-44.
- [7] 杨馥霞. 梨省力高效栽培模式树相指标研究[D]. 保定: 河北农业大学, 2013.  
YANG Fuxia. Study on the tree-structure indexes with a saving-labor and high-efficient system in pear orchard[D]. Baoding: Hebei Agricultural University, 2013.
- [8] 赵明新, 张江红, 孙文泰, 曹刚, 王玮, 曹素芳, 李红旭. 不同树形冠层结构对‘早酥’梨产量和品质的影响[J]. 果树学报, 2016, 33(9): 1076-1083.  
ZHAO Mingxin, ZHANG Jianghong, SUN Wentai, CAO Gang, WANG Wei, CAO Sufang, LI Hongxu. Effects of different tree training systems and canopy structures on yield and fruit quality of ‘Zaosu’ pear[J]. Journal of Fruit Science, 2016, 33(9): 1076-1083.
- [9] 田路明, 董星光, 曹玉芬, 张莹, 齐丹, 霍宏亮. 梨品种果实大小的发育动态[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(5): 102-105.  
TIAN Luming, DONG Xingguang, CAO Yufen, ZHANG Ying, QI Dan, HUO Hongliang. Development dynamics of fruit size of pear varieties[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2018, 46(5): 102-105.
- [10] 王学奎. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006: 202-204.  
WANG Xuekui. Principles and techniques of plant physiological biochemical experiment[M]. Beijing: Higher Education Press, 2006: 202-204.
- [11] 聂继云, 李静, 杨振锋, 张红军, 李明强. 冷冻法测定梨的石细胞含量[J]. 果树学报, 2006, 23(1): 133-135.  
NIE Jiyun, LI Jing, YANG Zhenfeng, ZHANG Hongjun, LI Mingqiang. Study on the conditions for measuring stone cell content in pear flesh by freezing method[J]. Journal of Fruit Science, 2006, 23(1): 133-135.
- [12] 金方伦, 岳宣, 黎明, 韩成敏, 张发维, 敦学希. 不同留果量对砂梨果实生长发育动态及果实品质的影响[J]. 北方园艺, 2015(14): 16-21.  
JIN Fanglun, YUE Xuan, LI Ming, HAN Chengmin, ZHANG Fawei, AO Xuexi. Effect of different retaining fruits on growth and development dynamic of the chinese pear[J]. Northern Horticulture, 2015(14): 16-21.
- [13] 王晓庆, 施春晖, 骆军, 张学英. 不同留果量对翠冠梨果实外观及内在品质的影响[J]. 上海蔬菜, 2012(5): 64-65.  
WANG Xiaoqing, SHI Chunhui, LUO Jun, ZHANG Xueying. Effects of different fruit retention quantity on appearance and internal quality of ‘Cuiguan’ pear fruit[J]. Shanghai Vegetables, 2012(5): 64-65.
- [14] 陈丽新, 王荣敏, 郭瑞英. 黄金梨不同负载量对果实品质及产量的影响[J]. 烟台果树, 2006(4): 21-22.  
CHEN Lixin, WANG Rongmin, GUO Ruiying. Effects of different loading quantities on fruit quality and yield of ‘Whangkeumbae’ pear[J]. Yantai Fruits, 2006(4): 21-22.
- [15] 沈永振, 王学功, 李宝军. 苹果梨结果枝不同长度、不同留果

- 量的研究[J]. 内蒙古农业科技,2003(6): 11-12.
- SHEN Yongzhen, WANG Xuegong, LI Baojun. Study on different length of fruiting branch and different fruit retention amount of apple pear[J]. Inner Mongolia Agricultural Science and Technology, 2003(6): 11-12.
- [16] 隋洪涛,伊凯,李俊才,刘成,王家珍. 大南果梨初结果树适宜留果量试验[J]. 北方果树,2000(4): 39.
- SUI Hongtao, YI Kai, LI Juncai, LIU Cheng, WANG Jiazen. Suitable fruit retention of the first fruiting tree of 'Dananguoli' pear[J]. Northern Fruits, 2000 (4): 39.
- [17] 王鑫,伍涛,陶书田,席东,孙继亮,张绍铃. 梨花序不同序位坐果对果实发育及品质的影响[J]. 西北植物学报,2010,30 (9): 1865-1870.
- WANG Xin, WU Tao, TAO Shutian, XI Dong, SUN Jiliang, ZHANG Shaoling. Pear fruit development and quality at different fruit positions of inflorescence[J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 2010,30(9): 1865-1870.
- [18] 伍涛. 丰水、鸭梨果实发育过程中糖积累特性及其与果实大小关系研究[D]. 南京:南京农业大学,2011.
- WU Tao. The characteristics of sugar accumulation and its relationship with fruit size during the fruit development in 'Hosui' and 'Yali' pear[D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University,2011.
- [19] 李俊才,刘成,王家珍,蔡忠民,沙守峰,叶景,李守刚. 大南果梨果实糖酸含量与果实重量相关性研究[J]. 北方果树,2005 (4): 23.
- LI Juncai, LIU Cheng, WANG Jiazen, CAI Zhongmin, SHA Shoufeng, YE Jing, LI Shougang. Study on the correlation between sugar and acid content and fruit weight of 'Dananguoli' pear[J]. Northern Fruits, 2005(4): 23.
- [20] 王芳芳. 黄金梨与鸭梨果实成熟期糖和酸含量变化的研究[J]. 食品科技,2010,35(1): 60-62.
- WANG Fangfang. The study of the nutritional component in Whangkeumbae and Yali pear fruit during maturation[J]. Food Science and Technology, 2010,35(1): 60-62.
- [21] 李树玲,黄礼森,丛佩华,杨儒琳,龚欣. 不同种内梨品种果实糖、酸含量分析比较[J]. 中国果树,1995(3): 9-12.
- LI Shuling, HUANG Lisen, CONG Peihua, YANG Rulin, GONG Xin. Analysis and comparison of sugar and acid contents in fruits of different intraspecific pear varieties[J]. China Fruits, 1995(3): 9-12.
- [22] 沙广利,郭长城,李光玉. 梨果实糖酸含量及比值对其综合品质的影响(简报)[J]. 植物生理学通讯,1997,33(4): 264-266.
- SHA Guangli, GUO Changcheng, LI Guangyu. The effect of reducing sugar content, titrable acidity and their ratio on overall fruit quality in pear[J]. Plant Physiology Communications, 1997,33(4): 264-266.
- [23] 王娟娟. 几个梨品种果实经济性状和石细胞研究[D]. 晋中:山西农业大学,2015.
- WANG Juanjuan. Study on the economic traits and stone cells of several varieties of pear fruit[D]. Jinzhong: Shangxi Agricultural University,2015.
- [24] 聂敬全,蔡永萍,张士鸿,林毅,徐义流,张金云. 砀山酥梨果实石细胞与薄壁细胞发育关系的解剖学研究[J]. 园艺学报, 2009,36(8): 1209-1214.
- NIE Jingquan, CAI Yongping, ZHANG Shihong, LIN Yi, XU Yiliu, ZHANG Jinyun. The anatom study on relationship of stone cells and parenchyma cells during fruit development of *Pyrus bretschneideri*[J]. Acta Horticulturae Sinica, 2009, 36(8): 1209-1214.
- [25] 田路明,董星光,曹玉芬,张莹,齐丹. 10个梨品种果肉石细胞的发育动态[J]. 浙江农业科学,2015,56(8): 1202-1206.
- TIAN Luming, DONG Xingguang, CAO Yufen, ZHANG Ying, QI Dan. Developmental dynamics of stone cells in flesh of 10 pear varieties[J]. Journal of Zhejiang Agricultural Sciences, 2015,56(8): 1202-1206.
- [26] 张绍铃,张振铭,乔勇进,吴俊,陶书田. 不同时期套袋对幸水梨果实品质、石细胞发育及其相关酶活性变化的影响[J]. 西北植物学报,2006,26(7): 1369-1377.
- ZHANG Shaoling, ZHANG Zhenming, QIAO Yongjin, WU Jun, TAO Shutian. Effects of fruit bagging at different stages on pear quality and sclereid development and the activities of their related enzymes in the pear variety 'Kousui'[J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 2006,26(7): 1369-1377.
- [27] 席东. 梨树授粉及留果方式对果实品质形成的影响研究[D]. 南京:南京农业大学,2012.
- XI Dong. Study on the impact of pollination and fruit loading for the formation of fruit quality in pear[D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University,2012.

### 欢迎订阅2021年《中国瓜菜》

《中国瓜菜》是由中华人民共和国农业农村部主管、中国农业科学院郑州果树研究所主办的全国性瓜菜科技期刊,连续进入2014年版、2017年版《中文核心期刊要目总览》园艺类核心期刊,进入《中国农业核心期刊概览2014》。2021年《中国瓜菜》将继续及时报道瓜菜领域的重大科研成果、科研新进展、实用技术和信息,努力把《中国瓜菜》打造成我国瓜菜科研和产业交流的优质平台,促进我国瓜菜业的全面发展和社会、经济、生态效益的综合提升。本刊分为科研、生产、论坛和信息等四大板块,设有专题综述、试验研究、品种选育、研究简报、产业发展、标准化技术、栽培与植保等栏目。

适合瓜菜科技人员、农业院校师生、瓜菜种植者、种子及

产品经销商、行业组织及实体管理人员、瓜菜区领导等瓜菜从业者参阅。月刊,每月5日出版,每期80页码、定价8元,全年12期共96元。邮发代号:36-143;国外代号:BM2654。也可汇款至本刊发行部订阅。

**编辑部地址:**河南省郑州市未来路南端·中国农业科学院郑州果树研究所

**邮编:**450009 **E-mail:** zhongguoguacai@caas.cn **在线投稿:** <http://zgxg.cbpt.cnki.net>

**网址:** <http://www.chinacuveg.cn>

**电话:** 0371-65330927(编辑部)

65330926(广告部) 65330981(发行部)

