

修剪方式对‘宁杞7号’枸杞 品质与产量的影响

何昕孺,王玉静,张波,黄婷,段淋渊,
王亚军,曹有龙,戴国礼,秦垦

(宁夏农林科学院枸杞科学研究所,宁夏银川750002)

摘要:为探寻宁夏产区枸杞科学合理的修剪管理技术,在宁夏中宁和固原两个试验点以8年生‘宁杞7号’为试验材料,短截程度设置长放(D1)、短截15~20 cm(D2)、短截10~15 cm(D3)3个水平,修剪量设置轻度修剪量40%~50%(A1)、中度修剪量50%~60%(A2)、重度修剪量60%~70%(A3)3个水平,研究短截程度与修剪量不同水平组合对枸杞果实产量和品质的影响。结果表明,两个试验点不同短截程度与修剪量配置的修剪方式下枸杞果实产量和品质差异明显,且存在不同程度的交互效应。在产量和枝类组成方面,中宁试验点的短截10~15 cm+轻度修剪量处理和固原试验点的短截15~20 cm+中度修剪量处理的产量最高,较其他处理分别提高4.58%~59.87%和9.19%~80.14%,且中枝占比较高。在果实品质上,中宁试验点短截15~20 cm+中度修剪量处理和固原试验点短截15~20 cm+重度修剪量处理的单果质量较高,且其甜菜碱、黄酮、类胡萝卜素含量均较高。相关性分析结果表明,两试验点的产量与总糖含量均呈负相关关系。以高产优质为栽培目的,结合熵权TOPSIS法综合得分,短截15~20 cm+中度修剪量可作为中宁试验区较优的修剪组合,短截15~20 cm+重度修剪量可作为固原试验区较优的修剪组合。

关键词:枸杞;‘宁杞7号’;修剪方式;产量;果实品质

中图分类号:S663.9; S605+.1 **文献标志码:**A

Effects of pruning methods on the quality and yield of ‘Ningqi 7’ *Lycium barbarum*

HE Xinru, WANG Yujing, ZHANG Bo, HUANG Ting, DUAN Linyuan,
WANG Yajun, CAO Youlong, DAI Guoli, QIN Ken

(Institute of Wolfberry Science, Ningxia Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Yinchuan, Ningxia 750002, China)

Abstract: To explore the scientific and reasonable pruning management technology for *Lycium barbarum* in Ningxia region, the 8-year-old ‘Ningqi 7’ was used as the experimental material in Zhongning and Guyuan sites of Ningxia. The experimental pruning degrees were categorized as follows: non-pruning (D1), pruning at 15~20 cm (D2), and pruning at 10~15 cm (D3). The pruning amount was mild pruning amount of 40%~50% (A1), moderate pruning amount of 50%~60% (A2), and severe pruning amount of 60%~70% (A3). The effects of varying pruning intensity and pruning quantity on the yield and quality of *Lycium barbarum* were investigated. The result showed that the fruit yield and quality of *Lycium barbarum* were significantly different under treatments, and there were different interaction effects. In yield and branch composition, compared with other treatments, the treatment with pruning at 10~15 cm and mild pruning increased by 4.58%~59.87% in Zhongning site, and the treatment with pruning at 15~20 cm and moderate pruning increased by 9.19%~80.14% in Guyuan site. Moreover, the proportion of middle branches was higher. On the fruit quality, the single fruit mass and the contents of betaine,

收稿日期:2024-05-08

修回日期:2024-09-01

基金项目:宁夏回族自治区重点研发计划(2021BEF02003,2021BEF02004);宁夏农林科学院农业科技自主创新专项(NGSB-2021-2-04);
第七批自治区青年科技人才托举工程项目

作者简介:何昕孺(1988-),女,宁夏盐池人,硕士,助理研究员,主要从事枸杞育种与栽培研究。E-mail:hhxinru@163.com

通信作者:秦垦(1971-),男,陕西永寿人,研究员,主要从事枸杞育种研究。E-mail:qinken7@163.com

戴国礼(1984-),男,青海格尔木人,副研究员,主要从事枸杞育种研究。E-mail:dgl2006swfc@163.com

flavonoids and carotenoids were higher in the treatment with pruning at 15~20 cm and moderate pruning in Zhongning site and the treatment with pruning at 15~20 cm and severe pruning in Guyuan site. The results of the correlation analysis revealed a negative correlation between yield and total sugar content at both test sites. Considering the goals of achieving high yield and quality for cultivation purposes, along with the comprehensive score based on the entropy weight TOPSIS method, it was concluded that pruning at 15~20 cm combined with moderate pruning is the most suitable method for the Zhongning test area. The combination of pruning at 15~20 cm and severe pruning amount is suitable pruning method in the Guyuan test area.

Keywords: *Lycium barbarum*; ‘Ningqi 7’; pruning methods; yield; fruit quality

枸杞(*Lycium barbarum*)具有极高的药用价值和经济价值^[1]。国家枸杞工程技术研究中心于2002年在宁夏海原县‘宁杞1号’园中发现一株变异优株,因其在宁夏惠农、银川、中宁和海原等地区的区域试验中综合性状表现优良,于2010年通过宁夏林木良种审定委员会审定,命名为‘宁杞7号’^[2],现已成为国内推广面积较大的枸杞良种。然而,由于各产区气候条件、修剪管理方式等差异较大,导致枸杞产量不够稳定,加之劳动力成本增加、种植效益下降,该品种种植面积逐年减少,枸杞生产受到严重制约。因此,如何探寻科学合理的树体修剪管理技术已成为枸杞生产中急需解决的现实问题。

研究发现,修剪量可通过改变冠层结构和树体生理状况影响树冠内光照、温湿度等微气候,冠层微气候可影响植株的光合生理等过程,从而影响枸杞的产量和品质^[3]。合理的修剪量可以维持树体营养生长和生殖生长的平衡,若修剪量过轻,树体内光照得不到改善,修剪量过重又会造成树势过旺,产量波动较大^[4-5]。在苹果、梨、葡萄等经济林果上都曾有修剪量或负载量的相关报道^[6-9]。短截可打破芽的顶端优势、促发分枝,短截程度直接影响新梢的生长,短截程度越重,促发生长效果越明显;轻剪长放可促进开花结果,重剪则会改变叶片光合产物和吸收的营养元素向新生器官分配,促进新梢生长^[10-12]。相较于其他经济果树,有关枸杞整形修剪多以“剪、截、留”或“疏、截”的笼统概括研究为主^[13-15],缺乏科学系统的研究。

不同类型和品种的枸杞适宜不同的栽培技术,不合理的修剪技术易造成枸杞减产和果实品质差等问题,且当前合理配置短截程度和修剪量对枸杞产量及品质影响的研究仍不多见。基于此,本研究以短截程度和修剪量为试验因素,分析各因素不同水平组合对枸杞果实产量和品质的影响差异,以期筛选出最优的修剪组合,为‘宁杞7号’枸杞优质、高产栽培和生产提供理论依据与实践参考。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于2022年2—7月在两个试验点开展,其中中卫市中宁县大战场镇中杞生态农业有限公司天景山基地(37°29'N,105°38'E,海拔2100 m)属温带大陆性气候,多年平均降水量200~400 mm,年积温为3000~3500℃,无霜期180~220 d;固原市原州区甘沟村正杞红枸杞产业发展有限公司试验区(36°20'N,106°10'E,海拔1800 m)年均降水量300~500 mm,年积温为2500~3000℃,无霜期150~180 d。两个试验点的土壤理化条件见表1。

1.2 试验设计

以‘宁杞7号’的成龄树为试验材料,树龄均在8 a以上。采用双因素试验设计,两个因素分别为短截程度(D)和修剪量(A),短截程度是指对二年生枝短截的程度,设置长放即不进行短截(D1)、距枝条基部15~20 cm处短截(D2)、距枝条基部10~15 cm处短截(D3)共3个水平;修剪量是指疏除枝条数量占修剪前枝条数量的百分比,设置轻度修剪量40%~50%(A1,1个结果枝组选留结果母枝3~4个)、中度修剪量50%~60%(A2,1个结果枝组选留结果母枝2~3个)、重度修剪量60%~70%(A3,1个结果枝组选留结果母枝1~2个)共3个水平,9个处理组合,每个处理3棵树,各处理重复3次,共81棵树,具体处理名称及处理方式见表2。于2022年2月休眠期进行修剪处理,其余田间管理方式参照DB64T1160-2015《枸杞滴灌高效节水技术规程》、DB64T 850-2013《枸杞病害防治技术规程》和DB64T851-2013《枸杞虫害防控技术规程》^[16-18]进行。

1.3 测定指标及方法

1.3.1 产量及枝类组成指标 于6月下旬~7月下旬每隔7 d采收树上的成熟果实,分别记录各处理

表 1 试验地土壤情况

Table 1 Soil condition of the test site

试验点 Test position	土层 Soil layer /cm	pH	电导率 Electrical conductivity /(mS· cm ⁻¹)	有机质 Soil organic matter /(g· kg ⁻¹)	全量氮 Total nitrogen /(g· kg ⁻¹)	全量磷 Total phosphorus /(g· kg ⁻¹)	全量钾 Total potassium /(g· kg ⁻¹)	速效氮 Available nitrogen /(mg· kg ⁻¹)	速效磷 Available phosphorus /(mg· kg ⁻¹)	速效钾 Available potassium /(mg· kg ⁻¹)	全盐 Total salt /(g· kg ⁻¹)
中宁 Zhongning	0~30	7.38	0.14	8.22	0.68	1.04	15.50	83.0	136.0	250.0	0.57
	30~60	7.52	0.12	6.24	0.36	0.69	15.40	38.0	107.0	180.0	0.46
	平均值 Mean	7.45	0.13	7.23	0.52	0.87	15.45	60.5	121.5	215.0	0.52
固原 Guyuan	0~30	8.06	0.21	16.60	1.14	0.94	19.00	74.0	91.8	242.0	0.78
	30~60	8.14	0.30	9.86	0.78	0.61	18.40	56.0	29.0	135.0	1.06
	平均值 Mean	8.10	0.25	13.23	0.96	0.78	18.70	65.0	60.4	188.5	0.92

表 2 正交试验因素与水平组合设计

Table 2 Orthogonal experimental factors and horizontal combination design

处理 Treatment	短截程度 Pruning remaining length	修剪量 Pruning removal amount
D1A1	D1:长放	A1:轻度 40%~50%
	Non-pruning	Mild pruning amount 40%~50%
D1A2	D1:长放	A2:中度 50%~60%
	Non-pruning	Moderate pruning amount 50%~60%
D1A3	D1:长放	A3:重度 60%~70%
	Non-pruning	Severe pruning amount 60%~70%
D2A1	D2:短截 15~20 cm	A1:轻度 40%~50%
	Pruning at 15~20 cm	Mild pruning amount 40%~50%
D2A2	D2:短截 15~20 cm	A2:中度 50%~60%
	Pruning at 15~20 cm	Moderate pruning amount 50%~60%
D2A3	D2:短截 15~20 cm	A3:重度 60%~70%
	Pruning at 15~20 cm	Severe pruning amount 60%~70%
D3A1	D3:短截 10~15 cm	A1:轻度 40%~50%
	Pruning at 10~15 cm	Mild pruning amount 40%~50%
D3A2	D3:短截 10~15 cm	A2:中度 50%~60%
	Pruning at 10~15 cm	Moderate pruning amount 50%~60%
D3A3	D3:短截 10~15 cm	A3:重度 60%~70%
	Pruning at 10~15 cm	Severe pruning amount 60%~70%

的鲜果产量,计算全年单株鲜果产量;利用卷尺测量新梢枝长,统计总枝条数量,计算树冠内短枝(长度<20 cm)、中枝(20 cm≤长度≤60 cm)和长枝(长度>60 cm)的比例。

1.3.2 鲜果品质指标 于盛果期(7月初)各处理随机选取 30 粒鲜果样品,使用电子天平测定单果质量;利用游标卡尺测定果实纵横径,计算果形指数;使用 PAL-1 糖度计测定枸杞果实的可溶性固形物含量;使用 GY-4 果实硬度计测定果实硬度。

1.3.3 干果营养成分指标 鲜果热风烘干制干后各处理选取 300 g 干果样品,总糖、多糖含量分别采用斐林试剂滴定法和苯酚硫酸比色法测定^[19],甜菜碱含量采用高效液相色谱法测定^[20],黄酮含量采用分光光度

法测定^[21],类胡萝卜素采用丙酮比色法测定^[22]。

1.4 数据分析

采用 Excel 2016 进行数据整理,SPSSAU 进行方差分析和熵权 TOPSIS 法,Chplot 进行图表制作。

2 结果与分析

2.1 短截程度与修剪量对枸杞产量及枝类组成的影响

由表 3 可知,短截程度、修剪量、试验点及两两因素交互均对单株鲜果产量有显著影响,修剪量对单株枝条数量有显著影响,试验点对短枝、中枝、长枝的占比均有极显著影响;中枝占比、长枝占比受修剪量与试验点交互影响,枝条数量受短截程度、修剪量、试验点三因素交互作用的影响。中宁试验点各处理的平均单株鲜果产量为 2.14 kg,其中 D1A1、D1A2 和 D3A1 处理的单株鲜果产量较高,较平均产量提高 9.81%~17.29%,3 个处理的单株枝条数量为 131.67~134.67 根,短枝占比 8.65%~13.40%,中枝占比 71.36%~78.92%,长枝占比 12.43%~15.23%;D2A1、D2A3 和 D3A3 处理的单株鲜果产量较低,比平均产量降低 8.41%~26.64%。固原试验点各处理平均单株鲜果产量为 3.85 kg,其中 D1A2、D2A2 和 D2A3 处理的单株鲜果产量较高,较平均产量提高 5.45%~29.61%,3 个处理的单株枝条数量为 115.33~146.00 根,短枝占比 0.30%~0.78%,中枝占比 56.60%~72.44%,长枝占比 26.78%~43.11%;而 D1A1、D1A3 和 D3A3 处理的单株鲜果产量较低,比平均产量降低 5.45%~28.05%。综上所述,与中宁试验点相比,固原试验点各处理的平均产量高,长枝占比高,短枝和中枝占比低,单株枝条数量一致;中宁试验点以 D3A1 处理产量最高,固原试验点则以 D2A2 处理产量最高,两个试验点 A3 处理的产量较低。

表 3 不同处理对枸杞产量及枝类组成的影响

Table 3 Effect of different treatments on yield and branch composition of *Lycium barbarum*

试验点(P) Test position	处理 Treatment	单株鲜果产量 Fruit yield per plant/kg	单株枝条数量 Number of branches per plant	短枝占比 Short branches proportion/%	中枝占比 Middle branches proportion/%	长枝占比 Long branches proportion/%
中宁 Zhongning	D1A1	2.35±0.11ab	131.67±3.67a	13.40±5.14a	71.36±4.03a	15.23±2.17a
	D1A2	2.40±0.09ab	132.00±11.27a	11.52±1.82a	74.46±0.21a	14.02±1.88a
	D1A3	2.11±0.2 0ab	116.33±8.41a	7.10±1.81a	79.43±3.81a	13.47±2.64a
	D2A1	1.93±0.33ab	150.00±26.06a	6.60±0.76a	75.95±3.01a	17.45±2.26a
	D2A2	2.18±0.08ab	195.00±13.87a	12.46±1.32a	70.82±1.49a	16.73±1.56a
	D2A3	1.96±0.13ab	82.00±10.82a	8.42±3.56a	74.80±1.95a	16.78±4.35a
	D3A1	2.51±0.17a	134.67±15.71a	8.65±1.17a	78.92±1.29a	12.43±2.46a
	D3A2	2.30±0.14ab	106.67±2.73a	7.51±2.00a	72.48±4.07a	20.01±2.07a
	D3A3	1.57±0.05b	120.00±10.02a	10.16±1.60a	76.54±1.84a	13.33±2.95a
	平均值 Mean	2.14±0.10	129.81±10.40	9.54±0.82	74.97±1.03	15.49±0.81
固原 Guyuan	D1A1	3.08±0.02bc	133.33±17.32a	1.55±0.21a	62.83±2.33a	35.61±2.52a
	D1A2	4.06±0.13a	115.33±8.41a	0.54±0.27a	64.87±5.05a	34.58±5.31a
	D1A3	2.77±0.23bc	102.33±16.95a	0.00±0.00a	52.84±4.65a	47.16±4.65a
	D2A1	3.87±0.21a	109.67±9.17a	1.00±1.00a	64.09±1.62a	34.91±2.13a
	D2A2	4.99±0.23a	128.00±21.01a	0.78±0.78a	72.44±4.50a	26.78±4.66a
	D2A3	4.57±0.42a	146.00±20.65a	0.30±0.30a	56.60±6.72a	43.11±6.46a
	D3A1	3.76±0.20a	140.00±9.29a	0.44±0.44a	72.00±4.50a	27.57±4.61a
	D3A2	3.86±0.35a	164.67±9.26a	1.80±0.64a	68.68±2.32a	29.52±2.27a
	D3A3	3.64±0.16b	96.33±9.84a	0.68±0.35a	67.14±3.56a	32.19±3.90a
	平均值 Mean	3.85±0.26	126.19±7.43	0.89±0.18	64.61±2.19	34.60±2.28
主体间效应检验 Test of intersubjective effects	短截程度 D	*	ns	ns	ns	ns
	修剪量 A	* *	*	ns	ns	ns
	试验点 P	* *	ns	* *	* *	* *
	D×A	*	ns	ns	ns	ns
	D×P	* *	ns	ns	ns	ns
	A×P	* *	ns	ns	*	*
	D×A×P	ns	* *	ns	ns	ns

注:表中数字为平均值±标准误。同列数据后不同小写字母表示相同试验点下处理间差异显著($P<0.05$); ns、* 和 * * 分别表示差异不显著、差异在 $P<0.05$ 水平显著和 $P<0.01$ 水平显著。下同。

Note: The number means average ± standard error in the table. The different lowercase letters following the data in the same column represent significant differences ($P<0.05$) among treatments in the same test position. ns, *, and * * means no significant difference, significant differences at $P<0.05$ and $P<0.01$, respectively. The same below.

2.2 短截程度与修剪量对枸杞鲜果品质的影响

由表 4 可知,短截程度、修剪量分别对可溶性固形物、单果质量的影响达极显著水平,试验点对单果质量、果实纵径、果实横径、可溶性固形物含量和果实硬度 5 个指标的影响均达到显著水平;从互作效应看,单果质量和果实纵径均受试验点和短截程度、试验点和修剪量交互作用的显著影响,果实横径受短截程度和试验点交互作用的显著影响,可溶性固形物含量和果实硬度受短截程度和修剪量交互作用的显著影响,仅可溶性固形物含量受三因素交互效应的显著影响。中宁试验点各处理单果质量变幅为 0.91~1.05 g,平均单果质量 0.99 g, D1A1、D1A3 和 D2A2 处理的单果质量较平均单果质量提高 4.04%~6.06%,仅 D2A2 处理的果实纵径、横径、可溶性固形物含量较各处理的平均值提高,增幅分别为 9.96%、1.48%、9.18%,但硬度有所降低;

D2A3、D3A2 处理的单果质量、可溶性固形物含量较低,但硬度较各处理的平均值提高 1.92%~18.27%。固原试验点各处理单果质量变幅为 0.78~0.97 g,平均值 0.89 g, D2A3、D3A2 和 D3A3 处理的单果质量较各处理平均值提高 7.87%~8.99%,果实纵径和横径分别较平均值提高 3.95%~6.77%和 4.58%~6.77%;D2A1、D2A2 处理的单果质量、纵径、横径较低。总体而言,中宁试验点的平均单果质量、纵径、横径、可溶性固形物含量和硬度均高于固原试验点。

2.3 短截程度与修剪量对枸杞果实营养成分的影响

枸杞干果中总糖、多糖、黄酮、甜菜碱和类胡萝卜素含量均受短截程度、修剪量、试验点及其交互作用的极显著影响(表 5)。中宁试验点各处理中以 D2A2 和 D3A3 处理干果的营养成分含量高,其总糖、黄酮、类胡萝卜素含量分别比该试验点各处理平

表 4 不同处理对枸杞鲜果品质的影响

Table 4 Effect of different treatments on fruit quality of *Lycium barbarum*

试验点(P) Test position	处理 Treatment	单果质量 Single fruit mass/g	果实纵径 Fruit longitudinal diameter/mm	果实横径 Fruit transverse diameter/mm	可溶性固形物含量 Soluble solid/%	果实硬度 Fruit firmness /N
中宁 Zhongning	D1A1	1.05±0.06a	20.02±0.20a	11.01±0.10a	22.80±0.32a	3.73±0.14c
	D1A2	0.99±0.02a	19.94±0.85a	10.73±0.29a	21.95±0.42ab	3.99±0.10c
	D1A3	1.05±0.00a	18.71±0.88a	11.50±0.31a	22.64±0.47a	3.81±0.11c
	D2A1	0.91±0.03a	19.19±0.50a	11.19±0.26a	21.92±0.27ab	4.74±0.23ab
	D2A2	1.03±0.03a	21.20±1.06a	11.21±0.60a	21.99±0.46ab	4.05±0.07c
	D2A3	0.95±0.05a	18.34±1.37a	11.02±0.60a	20.48±0.54b	4.24±0.19abc
	D3A1	1.01±0.01a	17.40±0.54a	11.19±0.25a	21.53±0.29ab	4.18±0.07bc
	D3A2	0.94±0.01a	19.89±0.33a	10.93±0.07a	20.76±0.11ab	4.92±0.07a
	D3A3	0.96±0.01a	18.82±0.69a	10.64±0.25a	22.01±0.46ab	3.75±0.07c
	平均值 Mean	0.99±0.02	19.28±0.37	11.05±0.09	21.79±0.27	4.16±0.14
固原 Guyuan	D1A1	0.78±0.02a	18.06±0.49a	9.86±0.16abc	18.96±0.08c	2.93±0.22a
	D1A2	0.91±0.03a	16.81±0.74a	8.99±0.14bc	16.88±0.82bc	2.67±0.11a
	D1A3	0.92±0.02a	19.58±0.43a	9.12±0.20abc	16.77±0.03bc	3.16±0.20a
	D2A1	0.79±0.02a	16.73±0.27a	8.86±0.17c	16.48±0.56ab	3.00±0.20a
	D2A2	0.87±0.02a	18.10±0.78a	8.82±0.35c	16.88±0.12bc	2.56±0.25a
	D2A3	0.97±0.07a	19.29±0.83a	10.08±0.11abc	16.30±0.57c	2.87±0.16a
	D3A1	0.84±0.03a	18.70±0.45a	10.44±0.50a	16.60±0.55ab	2.70±0.31a
	D3A2	0.96±0.06a	19.19±0.21a	10.25±0.30ab	18.72±0.20bc	2.48±0.13a
	D3A3	0.97±0.04a	19.71±0.55a	10.04±0.10abc	16.50±0.41bc	2.53±0.09a
	平均值 Mean	0.89±0.02	18.46±0.37	9.60±0.22	17.12±0.33	2.77±0.08
主体间效应检验 Test of intersubjective effects	短截程度 D	ns	ns	ns	* *	ns
	修剪量 A	* *	ns	ns	ns	ns
	试验点 P	* *	*	* *	* *	* *
	D×A	ns	ns	ns	* *	* *
	D×P	*	*	* *	ns	* *
	A×P	* *	* *	ns	ns	ns
	D×A×P	ns	ns	ns	* *	ns

表 5 不同处理对枸杞果实营养成分的影响/(g·kg⁻¹)Table 5 Effect of different treatments on fruit nutrient contents of *Lycium barbarum*

试验点(P) Test position	处理 Treatment	总糖 Total sugar	多糖 Polysaccharide	黄酮 Flavonoid	甜菜碱 Betaine	类胡萝卜素 Carotenoid
中宁 Zhongning	D1A1	538.45±2.12c	40.23±0.04f	2.16±0.12c	8.25±0.42a	4.48±0.04a
	D1A2	519.45±1.74cd	46.00±0.43bcdef	2.26±0.10bc	6.13±0.25b	3.08±0.02e
	D1A3	515.97±3.76d	49.40±0.26a	2.79±0.10ab	8.14±0.19a	2.97±0.01f
	D2A1	567.05±2.66b	52.09±0.95ab	1.84±0.08cd	8.60±0.33a	3.14±0.00e
	D2A2	587.63±3.55ab	43.28±0.69cdef	3.12±0.18a	8.98±0.24a	4.52±0.01a
	D2A3	582.09±4.67ab	47.82±1.28abcdef	1.39±0.09d	8.82±0.21a	4.07±0.01b
	D3A1	528.45±3.74cd	39.51±0.98ef	2.81±0.07ab	9.28±0.08a	3.47±0.02d
	D3A2	514.45±6.90d	49.66±0.11ab	2.96±0.10a	9.19±0.26a	3.12±0.01e
	D3A3	590.64±3.39a	49.28±1.29abcd	2.99±0.02a	8.18±0.14a	3.73±0.01c
	平均值 Mean	549.35±10.76	46.36±1.48	2.48±0.20	8.40±0.32	3.63±0.21
固原 Guyuan	D1A1	518.68±3.14a	50.02±0.51ab	2.89±0.08c	7.39±0.14ab	4.30±0.02b
	D1A2	509.47±2.35ab	45.75±1.04bc	2.98±0.05c	6.73±0.12bc	2.72±0.02e
	D1A3	512.66±5.05ab	47.78±1.28b	3.10±0.02c	4.40±0.06d	4.24±0.04b
	D2A1	515.16±6.46abc	46.90±0.41bc	3.71±0.07a	7.22±0.37abcd	3.90±0.02c
	D2A2	491.19±4.36abc	42.16±0.96c	3.13±0.05c	8.08±0.11a	3.50±0.01d
	D2A3	496.02±4.92abc	46.85±1.05bc	3.19±0.03bc	6.99±0.16abc	4.63±0.05a
	D3A1	498.50±3.62abc	48.94±0.95b	3.49±0.04ab	7.29±0.19abc	4.78±0.02a
	D3A2	501.83±2.33bc	54.18±0.90a	3.12±0.02c	5.56±0.32abcd	3.78±0.01c
	D3A3	516.12±3.74c	46.85±0.89bc	2.47±0.11d	5.93±0.12c	4.17±0.04b
	平均值 Mean	506.62±3.31	47.71±1.09	3.12±0.12	6.62±0.38	4.00±0.21
主体间效应检验 Test of intersubjective effects	短截程度 D	* *	* *	* *	* *	* *
	修剪量 A	* *	* *	* *	* *	* *
	试验点 P	* *	* *	* *	* *	* *
	D×A	* *	* *	* *	* *	* *
	D×P	* *	* *	* *	* *	* *
	A×P	* *	* *	* *	* *	* *
	D×A×P	* *	* *	* *	* *	* *

均值提高 6.97%~7.52%、20.56%~25.81%、2.75%~24.52%;D1A1 和 D1A2 处理干果的总糖、黄酮和甜菜碱含量较低。固原试验点 D1A1 和 D3A1 处理的营养成分含量较高,其多糖、甜菜碱、类胡萝卜素含量分别比该试验点各处理平均值高 2.58%~4.84%、10.12%~11.63%、7.50%~19.50%;D1A2 和 D2A2 处理的多糖、黄酮、类胡萝卜素含量较低。总体而言,中宁试验点枸杞干果的总糖、甜菜碱含量较高,固原试验点的多糖、黄酮和类胡萝卜素含量较高。

2.4 枸杞果实产量及品质的综合分析

对中宁、固原试验点各处理和产量品质相关的 11 个指标进行相关性分析(图 1)表明,中宁试验点的单株鲜果产量与总糖含量呈显著负相关关系,单果质量与果实硬度、多糖含量呈显著负相关关系。固原

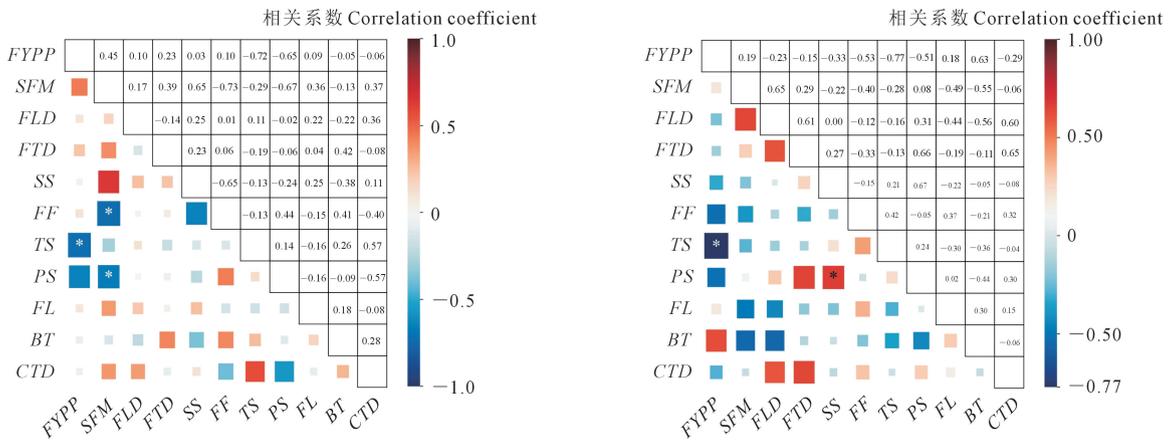
试验点的单株鲜果质量与总糖含量呈显著负相关关系,可溶性固形物含量与多糖含量呈显著正相关关系。

利用熵权 TOPSIS 法计算的结果表明(表 6),以高产优质为栽培目标,中宁和固原试验点 D2 的产量和品质综合得分高,因此中宁试验点最佳修剪处理为 D2A2,其次是 D2A3、D2A1;固原试验点最佳修剪处理为 D2A3,其次是 D3A1、D2A2。

3 讨论

3.1 修剪方式对枸杞产量及枝类组成的影响

研究表明,修剪可通过控制树体地上部保持合理的结构,协调树体与环境、生长与结果的关系,使各器官营养合理分配,树体保持一定的枝量,确保果



注: FYPP: 单株鲜果产量; SFM: 单果质量; FLD: 果实纵径; FTD: 果实横径; SS: 可溶性固形物含量; FF: 果实硬度; TS: 总糖含量; PS: 多糖含量; FL: 黄酮含量; BT: 甜菜碱含量; CTD: 类胡萝卜素含量。

Note: FYPP: Fruit yield per plant; SFM: Single fruit mass; FLD: Fruit longitudinal diameter; FTD: Fruit transverse diameter; SS: Soluble solid; FF: Fruit firmness; TS: Total sugar; PS: Polysaccharide; FL: Flavonoid; BT: Betaine; CTD: Carotenoid.

图 1 不同试验点枸杞果实产量和品质的相关性分析

Fig.1 Correlation analysis of fruit yield and quality in different test positions of *Lycium barbarum*

表 6 各处理熵权 TOPSIS 综合得分及排序

Table 6 TOPSIS comprehensive score and ranking of entropy weights for treatment

处理 Treatment	中宁 Zhongning		固原 Guyuan	
	综合得分 Score	排序 Sort	综合得分 Score	排序 Sort
D1A1	0.337	6	0.614	5
D1A2	0.243	9	0.500	6
D1A3	0.330	7	0.266	9
D2A1	0.643	4	0.624	4
D2A2	0.772	2	0.667	3
D2A3	0.675	3	0.685	1
D3A1	0.312	8	0.682	2
D3A2	0.350	5	0.475	7
D3A3	0.866	1	0.444	8

树优质丰产^[23-24]。果树产量与树体结构和枝类组成关系密切^[25]。李宏建等^[26-27]研究发现,随着留果量的增加,‘嘎啦’苹果枝类组成的中、长枝数量明显下降,易引起树势早衰;而丽嘎拉/平邑甜茶(高接)苹果树高比例的短枝为盛果期果园实现丰产、稳产提供了重要保障。七寸枝和二混枝是枸杞的主要结果枝,其长度分别为 20~60 cm(中枝)和 60~80 cm(长枝),因此提高中长枝比例有利于枸杞结果能力的提升^[28]。本研究发现, D1A1、D1A2、D3A1 处理在中宁试验点产量较高,单株鲜果产量为 2.35~2.51 kg,枝类组成表现为单株平均枝条数量 130 根左右,中长枝占比达 86.89% 以上; D1A2、D2A2、D2A3 处理在固原试验点产量较高,单株鲜果

产量为 4.06~4.99 kg, 枝类组成表现为单株平均枝条数量 110~140 根, 中长枝占比达 99.22% 以上。与中宁试验点相比, 固原试验点平均产量提高 79.91%, 平均短枝占比降低 90.67%, 平均中枝占比降低 13.82%, 平均长枝占比提高 123.37%。该结果与何昕孺等^[29]的篱架栽培修剪方式下较高的中长枝比例处理生产潜力更大的结果一致。

3.2 修剪方式对枸杞果实外观品质及营养成分的影响

果实品质是枸杞最重要的商品属性, 也是衡量果树生产管理水平的依据。通过修剪方式调控结果枝数量和长度, 可使树体在合理的负载范围内生长, 确保果实的产量和品质。本研究中, 中宁试验点 D1A1 和 D2A2 处理的枸杞单果质量较高, D2A2 处理枸杞总糖、黄酮、类胡萝卜素含量较高, D1A1 处理的总糖、黄酮、甜菜碱含量较低, 说明二年生枝轻度短截与中度修剪量组合有利于果实增大, 且果实营养成分积累量高, 这与叶甜甜等^[30]的研究结果类似, 即轻度短截具有提高果实质量和品质的效果。而固原试验点 D2A3 和 D3A3 处理的单果质量较高, D1A1 和 D3A1 处理枸杞干果的多糖、甜菜碱、类胡萝卜素含量较高, 说明二年生枝短截与中度或重度修剪量组合有利于果实增大, 但在轻度修剪量下果实营养成分积累量高。王刚等^[31]对锥栗的研究也表明, 重修剪处理下单果质量有所增大。

果实产量和品质是在光合产物积累与分配的同一过程中形成, 两者间存在一定关系, 需要协调好才能获得最大的收益。针对负载量对果实品质的影响前人已有研究, 李嘉宁等^[32]研究认为, 在较低的负载量水平下, 葡萄果实的单粒重、糖酸比、酚类物质含量及抗氧化能力显著提升, 综合品质显著优于高负载水平下的果实。王伯臣等^[7]研究发现, 低负载量下苹果果实生长速率较快, 品质较好, 但产量与经济效益较低; 提高负载量能增加产量, 但会降低果实品质。本研究中, 中宁和固原试验点的枸杞产量与总糖含量均呈负相关关系, 说明枸杞产量过高, 会一定程度上影响果实糖分的积累。

4 结 论

不同短截程度与修剪量配置的修剪方式下枸杞果实产量和品质差异明显, 且两因素存在不同程度的交互效应。在产量和枝类组成上, 中宁试验点的短截 10~15 cm+轻度修剪量处理和固原试验点的短截 15~20 cm+中度修剪量处理的产量最高, 分别

较其他处理提高 4.58%~59.87% 和 9.19%~80.14%, 且中枝占比较高。在果实品质上, 中宁试验点短截 15~20 cm+中度修剪量处理和短截 15~20 cm+重度修剪量处理的单果质量较高, 且其甜菜碱、黄酮、类胡萝卜素含量均较高。

综上所述, 以高产优质为栽培目的, 短截 15~20 cm+中度修剪量处理可作为中宁试验区较优的修剪组合, 短截 15~20 cm+重度修剪量处理可作为固原试验区较优的修剪组合。

参 考 文 献:

- [1] 娄帅, 杨树青, 刘月, 等. 河套灌区代表性地下水盐分与灌水量对枸杞产量及品质的影响[J]. 农业工程学报, 2022, 38(22): 102-112.
LOU S, YANG S Q, LIU Y, et al. Effects of representative groundwater salinity and irrigation amount on the yield and quality of *Lycium barbarum* in the Hetao Irrigation areas[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2022, 38(22): 102-112.
- [2] 秦垦, 戴国礼, 曹有龙, 等. 制干用枸杞新品种‘宁杞 7 号’[J]. 园艺学报, 2012, 39(11): 2331-2332.
QIN K, DAI G L, CAO Y L, et al. A new wolfberry cultivar ‘Ningqi 7’[J]. Acta Horticulturae Sinica, 2012, 39(11): 2331-2332.
- [3] 常佳悦, 马小龙, 吴艳莉, 等. 行距和灌水量对番茄冠层光截获和光合能力、物质积累及果实品质的影响[J]. 中国农业科学, 2023, 56(11): 2141-2157.
CHANG J Y, MA X L, WU Y L, et al. Effects of row spacing and irrigation amount on canopy light interception and photosynthetic capacity, matter accumulation and fruit quality of tomato[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2023, 56(11): 2141-2157.
- [4] 阮班录, 李丙智, 君广仁, 等. 改形修剪量对矮化红富士苹果枝类构成及结果的影响[J]. 中国农学通报, 2004, 20(6): 210-211, 230.
RUAN B L, LI B Z, JUN G R, et al. Effect of pruning in modifying tree form on constitute of shoot types and fruiting on dwarf red Fuji apple trees[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2004, 20(6): 210-211, 230.
- [5] 杨青松, 蔺经, 李晓刚, 等. 修剪量对开心形梨树生长、结果及根系生长的影响[J]. 云南农业大学学报, 2009, 24(3): 413-417.
YANG Q S, LIN J, LI X G, et al. Effect of pruning rate on the tree growth, fruiting and root growth of open-center shaped pear[J]. Journal of Yunnan Agricultural University, 2009, 24(3): 413-417.
- [6] 张秀美, 王宏, 刘志, 等. 岳阳红苹果矮化栽培与负载量关系研究[J]. 果树学报, 2021, 38(7): 1077-1083.
ZHANG X M, WANG H, LIU Z, et al. A study on the relationship between dwarfing cultivation and load of Yueyanghong apple[J]. Journal of Fruit Science, 2021, 38(7): 1077-1083.
- [7] 王伯臣, 李鸿飞, 杨亚州, 等. 负载量对高接瑞香红苹果果实生长和品质的影响[J]. 果树学报, 2023, 40(6): 1146-1156.
WANG B C, LI H F, YANG Y Z, et al. Impacts of crop load on fruit growth and quality for top grafted Ruixianghong apple[J]. Journal of Fruit Science, 2023, 40(6): 1146-1156.

- [8] 张小月, 戚金生, 刘晓燕, 等. 不同单株负载量对赤霞珠葡萄果实生长及品质指标的影响[J]. 中国酿造, 2021, 40(10): 70-75.
ZHANG X Y, QI J S, LIU X Y, et al. Effects of different single plant loading capacity on fruit growth and quality indexes of *Cabernet Sauvignon*[J]. China Brewing, 2021, 40(10): 70-75.
- [9] 王晓俊, 张斌斌, 马瑞娟, 等. 负载量对桃叶片光合特性及果实品质的影响[J]. 果树学报, 2022, 39(6): 1004-1016.
WANG X J, ZHANG B B, MA R J, et al. Effects of fruit loads on photosynthetic characteristics of peach leaves and fruit quality [J]. Journal of Fruit Science, 2022, 39(6): 1004-1016.
- [10] 崔春梅, 莫伟平, 邢思年, 等. 不同短截程度对苹果枝条修剪反应及新梢叶片光合特性的影响[J]. 中国农业大学学报, 2015, 20(5): 119-125.
CUI C M, MO W P, XING S N, et al. Effects of various cutting back degree on pruning and photosynthetic characteristics of new shoot leaves in apple trees [J]. Journal of China Agricultural University, 2015, 20(5): 119-125.
- [11] 张翔, 翟敏, 徐迎春, 等. 不同修剪措施对薄壳山核桃枝条生长及枝条和叶片碳氮代谢物积累的影响[J]. 植物资源与环境学报, 2014, (3): 86-93.
ZHANG X, ZHAI M, XU Y C, et al. Effect of different pruning measures on branch growth and carbon-nitrogen metabolite accumulation in branch and leaf of *Carya illinoensis*[J]. Journal of Plant Resources and Environment, 2014, (3): 86-93.
- [12] 何昕孺, 张波, 梁晓婕, 等. 枸杞结果母枝不同短截长度对结果枝性状的影响[J]. 林业科技通讯, 2022, (2): 38-41.
HE X R, ZHANG B, LIANG X J, et al. Effect of different truncated lengths of fruiting mother branch on fruiting branch characteristics of *Lycium barbarum* [J]. Practical Forestry Technology, 2022, (2): 38-41.
- [13] 戴国礼, 张波, 何昕孺, 等. 宁夏枸杞篱壁栽培技术发展趋势探讨[J]. 宁夏农林科技, 2018, 59(3): 16-20.
DAI G L, ZHANG B, HE X R, et al. Development trend of upright fruiting offshoots technique of *Lycium bararum* L.[J]. Ningxia Journal of Agriculture and Forestry Science and Technology, 2018, 59(3): 16-20.
- [14] 李金花. 枸杞整形修剪技术[J]. 农村经济与科技, 2017, (增刊 1): 36.
LI J H. Shaping and pruning technology of wolfberry[J]. Rural Economy and Science-Technology, 2017, (S1): 36.
- [15] 刘富娥, 满都丽, 巴音查干, 等. 精河枸杞立体结果整形修剪技术[J]. 新疆农业科技, 2015, (3): 22-23.
LIU F E, MAN D L, BA Y C G, et al. Shaping and pruning technique of *Lycium barbarum* with three-dimensional culture in Jinghe [J]. Xinjiang Agricultural Science and Technology, 2015, (3): 22-23.
- [16] 宁夏回族自治区质量技术监督局. 枸杞滴灌高效节水技术规程: DB 64/T 1160-2015[S]. 银川: 宁夏回族自治区质量技术监督局, 2015.
Ningxia Hui Autonomous Region Quality and Technical Supervision Bureau. Technical regulations for efficient and watersaving drip irrigation of *Lycium barbarum*; DB 64/T 1160-2015[S]. Yinchuan: Quality and Technical Supervision Bureau of Ningxia Hui Autonomous Region, 2015.
- [17] 宁夏回族自治区质量技术监督局. 枸杞病害防治技术规程: DB 64/T 850-2013[S]. 银川: 宁夏回族自治区质量技术监督局, 2013.
Ningxia Hui Autonomous Region Quality and Technical Supervision Bureau. Technical regulations for disease control of *Lycium barbarum*; DB 64/T 850-2013[S]. Yinchuan: Quality and Technical Supervision Bureau of Ningxia Hui Autonomous Region, 2013.
- [18] 宁夏回族自治区质量技术监督局. 枸杞虫害防控技术规程: DB 64/T 851-2013[S]. 银川: 宁夏回族自治区质量技术监督局, 2013.
Ningxia Hui Autonomous Region Quality and Technical supervision Bureau. Technical regulations for pest prevention and control of *Lycium barbarum*; DB 64/T 851-2013[S]. Yinchuan: Quality and Technical Supervision Bureau of Ningxia Hui Autonomous Region, 2013.
- [19] 国家林业局. 枸杞: GB/T 18672-2014[S]. 北京: 中国标准出版社, 2014: 5-6.
State Forestry Administration. Wolfberry: GB/T 18672-2014[S]. Beijing: China Standard Press, 2014: 5-6.
- [20] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典: 一部[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2020: 260.
Chinese Pharmacopoeia Commission. National pharmacopoeia committee pharmacopoeia of the People's Republic of China; volume I[M]. Beijing: China Medical Science and Technology Press, 2020: 260.
- [21] 国家认证认可监督管理委员会. 出口食品中总黄酮的测定: SN/T 4592-2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016: 1-3.
National Certification and Accreditation Administration. Determination of total flavonoids in export food: SN/T 4592-2016[S]. Beijing: China Standard Press, 2016: 1-3.
- [22] 高俊凤. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006: 74-77.
GAO J F. Experimental guidance for plant physiology[M]. Beijing: Higher Education Press, 2006: 74-77.
- [23] HAMPSON C R, QUAMME H A, BROWNLEE R T. Canopy growth, yield, and fruit quality of ‘royal gala’ apple trees grown for eight years in five tree training systems[J]. HortScience, 2002, 37(4): 627-631.
- [24] 王凯, 李秀玲, 张晓云, 等. 负载量对新疆矮化自根砧苹果树体生长、光合能力及果实发育和品质的影响[J]. 果树学报, 2023, 40(1): 48-59.
WANG K, LI X L, ZHANG X Y, et al. Impacts of fruit load on tree growth, leaf gas exchange and fruit development and quality in apple trees grafted on a dwarfing rootstock in southern Xinjiang[J]. Journal of Fruit Science, 2023, 40(1): 48-59.
- [25] 孙宇. 负载量对富士苹果地上部及根系生长的影响[D]. 保定: 河北农业大学, 2020.
SUN Y. Effects of crop load on aerial and root growth in ‘Fuji’ apple [D]. Baoding: Hebei Agricultural University, 2020.
- [26] 李宏建, 王宏, 刘志, 等. “嘎拉”苹果不同留果量对枝类组成、果实品质和产量的影响[J]. 果树学报, 2020, 37(12): 1856-1864.
LI H J, WANG H, LIU Z, et al. Effects of fruit load on the composition of branches, fruit quality and yield of ‘Regal Gala’ apple[J]. Journal of Fruit Science, 2020, 37(12): 1856-1864.