

川麦冬药材商品等级标准及质量评价

李红彦, 蔡晓洋, 杨瑞山, 陶玲, 李敏*
(成都中医药大学中药材标准化教育部重点实验室, 中药资源系统研究与开发利用国家重点实验室, 四川成都 611137)

摘要: **目的** 建立川麦冬药材商品等级标准。**方法** 收集5大药材市场及主产地106批样品,测定川麦冬药材50 g粒数、长度、直径、单粒重、粗长比5项外观性状量化指标,结合川麦冬浸出物、总皂苷、总黄酮、总多糖、麦冬皂苷D、麦冬甲基黄烷酮A、麦冬甲基黄烷酮B内在品质指标,进行相关性分析、主成分分析和K类中心聚类分析,综合判断川麦冬药材商品等级划分指标,制定川麦冬商品等级标准。**结果** 筛选出中部直径、百粒重作为划分麦冬药材等级的形态指标,拟定川麦冬商品等级标准为一等直径0.55~0.60 cm,长1.5~3.0 cm,百粒重≥20 g;二等直径0.45~0.55 cm,长1.5~3.0 cm,百粒重≥12 g;三等直径0.3~0.45 cm,长1.5~3.0 cm,百粒重≥8 g;3个等级麦冬皂苷D含量均≥0.1 mg/g。统货直径0.3~0.60 cm,长1.5~3.0 cm,百粒重≥8 g。**结论** 本研究建立的川麦冬药材商品等级标准有利保障麦冬临床用药疗效与安全。

关键词: 川麦冬; 商品等级; 性状量化指标; 内在品质; 标准

中图分类号: R282 **文献标志码:** B **文章编号:** 1001-1528(2023)02-0641-06

doi: 10.3969/j.issn.1001-1528.2023.02.055

麦冬为百合科植物麦冬 *Ophiopogon japonicus* (L. f.) Ker-Gawl. 的干燥块根,具有养阴生津、润肺清心的功效,是参麦口服液、清火栀麦片、玄麦甘桔颗粒等中药制剂的主要原料之一^[1]。川麦冬主产于四川省三台县,种植面积逾5万亩,年产量达1.5万吨,占市场麦冬总量的70%以上,出口麦冬的80%以上,为市场麦冬的主流商品^[2]。《76种药材商品规格标准》^[3]将麦冬分为川麦冬和浙麦冬2种规格,其中川麦冬以50 g粒数分为3个等级,粒数越少药材商品等级越高。20世纪90年代以后,多效唑等植物生长调节剂被广泛用于麦冬药材种植,在此背景下不施用多效唑种植的麦冬药材反而因产量、收益等问题逐步走向消亡^[4-6]。本研究收集川麦冬主产区、5大药材市场不同等级麦冬商品106批次,通过对不同等级川麦冬药材长度、直径、单粒重、50 g粒数等性状指标和甾体皂苷、高异黄酮、多糖等成分进行测定分析,完善麦冬药材等级评价体系,促进零多效唑麦冬的生产和商品药材的优质优价,有利于麦冬产业的健康发展。

1 材料

电子数显游标卡尺(成都成量工具集团有限公司);JJ200型百分之一电子天平(常熟市双杰测试仪器厂);Agilent1200系列高效液相色谱仪(美国安捷伦公司);A580型双光束紫外可见分光光度计(上海翱艺仪器有限公司);Milli-Q Advantage A10超纯水仪(法国默克密理博公

司);BP121S十万分之一电子天平(德国赛多利斯公司);KQ-500DB数控超声波清洗器(昆山市超声仪器有限公司)。

鲁斯可皂苷元对照品购自中国食品药品检定研究院,批号111909-201204,纯度≥98%;果糖(批号wkq16062201)、橙皮苷(批号wkq15123105)、麦冬皂苷D(批号wkq16073105)、甲基麦冬黄烷酮A(批号wkq16012504)、甲基麦冬黄烷酮B(批号wkq16032004)对照品均购自四川维克奇生物科技有限公司,纯度均≥98%。乙腈为色谱纯;水为超纯水;其余试剂均为分析纯。

共收集不同等级川麦冬药材106批,其中市场样品78批,来源于全国5大中药材市场(河北安国、安徽亳州、四川荷花池、广东清平、广西玉林药材市场);产地样品28批,来自四川省三台县的6家麦冬种植合作社及麦冬种植经营企业,见表1。样品经成都中医药大学李敏教授鉴定为百合科植物麦冬 *Ophiopogon japonicus* (L. f.) Ker-Gawl. 的干燥块根,存放于成都中医药大学。

2 方法

2.1 外观性状指标选择与测定 结合2020年版《中国药典》和《76种药材商品规格标准》对川麦冬性状的描述以及市场调查,选择川麦冬的长度、中部直径、粗长比、单粒质量、每50 g粒数5个外观性状量化指标进行测定。

收稿日期: 2021-10-14

基金项目: 中药标准化行动项目(ZYBZH-Y-SC-40);四川省科技厅计划项目(2020YFS0303);“杏林学者”学科人才科研提升计划项目(CXTD2018016);中医药产业发展重大项目——关于麦冬的相关研究(510201202109711)

作者简介: 李红彦,女,硕士生,研究方向为中药品种、质量与鉴定。Email: 1584187891@qq.com

* **通信作者:** 李敏,教授,研究方向为中药品种、质量与鉴定。Tel: 13980028316, Email: 028limin@163.com

表 1 川麦冬药材的来源信息

编号	市场等级	来源	编号	市场等级	来源	编号	市场等级	来源
1	一等	安国东方药城	37	一等	亳州康美中药城	73	一等	玉林市中药材市场
2	一等	安国东方药城	38	三等	荷花池中药材专业市场	74	二等	玉林市中药材市场
3	一等	安国东方药城	39	一等	荷花池中药材专业市场	75	一等	玉林市中药材市场
4	一等	安国东方药城	40	一等	荷花池中药材专业市场	76	一等	玉林市中药材市场
5	一等	安国东方药城	41	一等	荷花池中药材专业市场	77	一等	玉林市中药材市场
6	一等	安国东方药城	42	一等	荷花池中药材专业市场	78	一等	玉林市中药材市场
7	一等	安国东方药城	43	一等	荷花池中药材专业市场	79	一等	四川省三台县
8	一等	安国东方药城	44	二等	荷花池中药材专业市场	80	一等	四川省三台县
9	一等	安国东方药城	45	一等	荷花池中药材专业市场	81	三等	四川省三台县
10	一等	安国东方药城	46	一等	荷花池中药材专业市场	82	一等	四川省三台县
11	一等	安国东方药城	47	三等	荷花池中药材专业市场	83	一等	四川省三台县
12	一等	安国东方药城	48	一等	荷花池中药材专业市场	84	一等	四川省三台县
13	一等	安国东方药城	49	一等	荷花池中药材专业市场	85	二等	四川省三台县
14	一等	安国东方药城	50	一等	荷花池中药材专业市场	86	三等	四川省三台县
15	一等	安国东方药城	51	一等	荷花池中药材专业市场	87	一等	四川省三台县
16	一等	安国东方药城	52	一等	荷花池中药材专业市场	88	一等	四川省三台县
17	一等	安国东方药城	53	一等	广州清平中药材市场	89	二等	四川省三台县
18	一等	安国东方药城	54	一等	广州清平中药材市场	90	三等	四川省三台县
19	一等	安国东方药城	55	二等	广州清平中药材市场	91	一等	四川省三台县
20	一等	安国东方药城	56	一等	广州清平中药材市场	92	一等	四川省三台县
21	二等	安国东方药城	57	一等	广州清平中药材市场	93	一等	四川省三台县
22	一等	亳州康美中药城	58	一等	广州清平中药材市场	94	二等	四川省三台县
23	一等	亳州康美中药城	59	一等	广州清平中药材市场	95	一等	四川省三台县
24	一等	亳州康美中药城	60	一等	广州清平中药材市场	96	一等	四川省三台县
25	二等	亳州康美中药城	61	一等	广州清平中药材市场	97	一等	四川省三台县
26	一等	亳州康美中药城	62	一等	广州清平中药材市场	98	一等	四川省三台县
27	一等	亳州康美中药城	63	一等	广州清平中药材市场	99	三等	四川省三台县
28	一等	亳州康美中药城	64	三等	广州清平中药材市场	100	三等	四川省三台县
29	二等	亳州康美中药城	65	一等	广州清平中药材市场	101	一等	四川省三台县
30	一等	亳州康美中药城	66	一等	广州清平中药材市场	102	一等	四川省三台县
31	一等	亳州康美中药城	67	一等	广州清平中药材市场	103	一等	四川省三台县
32	一等	亳州康美中药城	68	三等	广州清平中药材市场	104	二等	四川省三台县
33	一等	亳州康美中药城	69	一等	广州清平中药材市场	105	三等	四川省三台县
34	一等	亳州康美中药城	70	一等	广州清平中药材市场	106	一等	四川省三台县
35	一等	亳州康美中药城	71	一等	广州清平中药材市场	—	—	—
36	一等	亳州康美中药城	72	一等	广州清平中药材市场	—	—	—

每批药材随机选取 100 粒麦冬进行测量。其中，长度与中部直径用数显游标卡尺测量；单粒质量以电子天平测量；测量每一批样品的每 50 克粒数，重复 3 次取平均值；计算麦冬药材的粗长比（直径与长度的比值）。

2.2 内在指标选择及测定 麦冬的药效成分主要有甾体皂苷、高异黄酮、多糖类成分^[7-9]，其中甾体皂苷中麦冬皂苷 D 含量最高，高异黄酮成分中甲基麦冬黄烷酮 A、甲基麦冬黄烷酮 B 含量最高^[10]，故选择浸出物、总皂苷、总黄酮、总多糖、麦冬皂苷 D、甲基麦冬黄烷酮 A、甲基麦冬黄烷酮 B 作为内在品质指标成分。

总皂苷参照 2020 年版《中国药典》一部“麦冬”项下含量测定方法进行检测，总黄酮、总多糖、麦冬皂苷 D、甲基麦冬黄烷酮 A、甲基麦冬黄烷酮 B 参考文献 [11] 方法测定。

2.3 统计学分析 采用 SPSS 软件进行相关性分析、主成分分析、聚类分析，同时结合主客观分析，综合判定川麦

冬商品药材等级划分指标。

3 结果

3.1 麦冬药材性状描述统计 川麦冬性状指标描述统计见表 2。每 50 g 粒数和单粒重指标的变异系数较大，分别为 62.11%、35.39%；其次是长度指标的变异系数，为 18.46%；直径和粗长比指标的变异系数相差不大，直径指标的变异系数最小，为 10.75%，市售麦冬药材性状指标的离散度由小到大依次为直径<粗长比<长度<单粒重<每 50 g 粒数。

3.2 主成分分析 对长度、直径、单粒重、每 50 g 粒数、粗长比 5 个性状指标进行主成分分析，得到的特征根、贡献率及特征向量见表 3。由此可知，第一类主成分贡献率为 79.87%，综合考虑特征根和贡献率的大小，第一主成分能很好地反映麦冬块根的外观品质。由此选取第一主成分及其特征向量进行分析。

特征向量的数值大小代表各性状指标对主成分的贡献

表 2 麦冬药材性状指标描述统计 ($n=106$)

指标	极大值	极小值	平均值	标准差	变异幅度	变异系数/%
每 50 g 粒数/粒	600	65	157.03	97.53	535	62.11
长度/cm	3.02	1.13	2.08	0.38	1.89	18.46
直径/cm	0.73	0.39	0.61	0.07	0.34	10.75
单粒重/g	0.84	0.09	0.42	0.15	0.75	35.39
粗长比	0.39	0.19	0.31	0.04	0.2	11.78

表 3 主成分分析指标

指标	每 50 g 粒数	长度	直径	单粒重	粗长比	特征根	贡献率/%	累计贡献率/%
1	-0.92	0.51	0.78	0.52	-0.16	3.99	79.87	79.87
2	-0.30	0.73	0.16	0.45	-0.97	0.77	15.34	95.21
3	-0.25	0.42	0.59	0.71	-0.16	0.17	3.48	98.70

大小。由分析结果选取出第一主成分中特征向量数值较大的指标为长度、直径、单粒重。考虑到市场上麦冬商品交易实际情况和可操作性，每 50 g 粒数也是麦冬商品等级划分的重要指标，由此确定长度、直径、单粒重、每 50 g 粒数这 4 个性状指标进一步分析。

3.3 K 类中心聚类分析 将筛选得到的长度、直径、单粒重、每 50 g 粒数这 4 个性状指标进行 K 类中心聚类分析，

方差分析结果见表 4。长度、直径、单粒重、50 g 粒数差异极显著 ($P<0.01$)，每 50 g 粒数的 F 值最大，为 349.204，其次为直径， F 值为 94.076，结果表明每 50 g 粒数和直径对麦冬药材的外在品质影响较为显著。其中每 50 g 粒数评估总体质量指标，因麦冬颗粒较小，从实用性的角度分析，可与同样评估总体质量指标的百粒重进行互换，故麦冬药材等级划分的性状指标为直径和百粒重。

表 4 麦冬药材分级指标的方差分析

指标	聚类		误差		F	P
	均方	df	均方	df		
每 50 g 粒数/粒	431 578.8	2	1 235.895	102	349.204	0
长度/cm	3.744	2	0.077	102	48.881	0
直径/cm	0.145	2	0.002	102	94.076	0
单粒重/g	0.539	2	0.012	102	44.491	0

3.4 麦冬药材分级及数量占比 由表 5 可知，麦冬直径在 0.30~0.60 cm 之间，以 0.05 cm 为梯度递增，市场及产地麦冬的数量占比逐渐增加。根据市场及产地麦冬药材直径

占比的分布特征，拟将麦冬药材以直径 0.30~0.45、0.45~0.55、0.55~0.60 cm 划分为 3 个等级，对应的百粒重分别大于 8、12、20 g。

表 5 不同来源麦冬直径占比细分表

来源	等级	直径范围/cm	粒数/粒	占比/%	单粒重/g	百粒重/g	等级占比/%
市场	三等	0.04~0.21	69	0.60%	0.04~0.21	7.88	9.05%
		0.03~0.59	204	2.44%	0.03~0.59	11.28	
		0.04~0.70	375	6.01%	0.04~0.70	15.61	
产地	二等	0.06~0.73	622	15.05%	0.06~0.73	22.66	45.12%
		0.06~0.82	1 043	30.07%	0.06~0.82	30.90	
	一等	0.07~1.05	1 529	45.83%	0.07~1.05	38.09	45.83%
	三等	0.04~0.12	56	4.21%	0.04~0.12	7.64	32.83%
		0.03~0.59	141	11.12%	0.03~0.59	9.84	
		0.04~0.70	217	17.51%	0.04~0.70	13.80	
	二等	0.06~0.73	233	17.81%	0.06~0.73	19.93	39.67%
		0.06~0.82	285	21.86%	0.06~0.82	28.39	
	一等	0.09~1.05	366	27.50%	0.09~1.05	37.47	27.50%

3.5 不同多效唑残留量麦冬的等级占比分析 试验地位于麦冬主产区三台县花园镇涪城村，于麦冬块根膨大前期开展了不同用量多效唑叶面喷施的田间试验，次年 4 月初采收，检测各处理所得麦冬药材的多效唑残留量并进行等级划分，结果见表 6。由此可知，多效唑施用量增加，药材多效唑残留量增加，直径超出 2020 年版《中国药典》范围的数量占比增加。药材等级方面，不施用多效唑的麦冬一等

和二等的占比之和可达 88.96%，远高于多效唑处理组的一等、二等占比。表明初步拟定的麦冬药材等级标准有利于市场上不施用多效唑麦冬的流通。

3.6 市场及产地不同等级麦冬药材质量分析 将收集的麦冬药材排除不合格样品后按照初定的分级标准进行分级，得到一等样品 27 批，二等样品 12 批，三等样品 4 批，结果见表 7。由此可知，一等、二等麦冬药材的总多糖含量与三等

麦冬药材的总多糖含量有显著性差异。总皂苷、麦冬皂苷 D、甲基麦冬黄烷酮 A、甲基麦冬黄烷酮 B 含量整体趋势为三等麦冬略高于二等麦冬和一等麦冬。考虑各等级批数差异较大，故结合分级验证试验进行质量控制指标的筛选。

表 6 不同处理组的多效唑残留量及占比

类别	处理					
	CK	D1	D2	D3	D4	D5
多效唑施用量/(kg·亩 ⁻¹)	0.00	0.35	0.75	1.50	3.00	5.00
药材多效唑残留量/(mg·kg ⁻¹)	0.00	0.30	0.54	1.15	1.69	3.71
0.65≥D>0.60 cm 占比/%	0.00	2.90	4.04	8.08	13.73	17.50
D>0.65 cm 占比/%	0.00	0.48	0.00	2.02	8.82	12.50
一等麦冬药材占比/%	33.13	55.56	28.28	35.35	29.41	12.50
二等麦冬药材占比/%	55.83	34.78	51.52	37.37	34.31	34.17
三等麦冬药材占比/%	11.04	6.28	16.16	17.17	13.73	23.33

注：D 表示直径。

表 7 不同等级样品成分含量 ($\bar{x}\pm s$)

指标	等级		
	一等	二等	三等
浸出物/%	90.10±1.45 ^a	88.90±1.54 ^a	90.17±1.23 ^a
总皂苷/%	0.282±0.06 ^a	0.294±0.05 ^a	0.341±0.05 ^a
总黄酮/%	0.170±0.04 ^a	0.162±0.04 ^a	0.167±0.03 ^a
总多糖/%	76.28±5.68 ^a	75.77±8.30 ^a	66.63±6.61 ^b
麦冬皂苷 D/(mg·g ⁻¹)	0.145±0.05 ^b	0.153±0.03 ^b	0.212±0.20 ^a
甲基麦冬黄烷酮 A/(mg·g ⁻¹)	0.086±0.05 ^a	0.095±0.05 ^a	0.121±0.05 ^a
甲基麦冬黄烷酮 B/(mg·g ⁻¹)	0.045±0.02 ^a	0.049±0.02 ^a	0.053±0.02 ^a

注：同一行不同小写字母表示差异性显著 ($P<0.05$)。

3.7 川麦冬药材分级验证试验 分级验证的实验样品共 10 批，均为统货，来源于川麦冬主产区的不同乡镇，依据拟定的等级标准进行等级划分，得到一等样品 10 个，二等样品 10 个，三等样品 10 个，结果见表 8。浸出物为 71.88%~88.74%，均符合 2020 年版《中国药典》标准，一等样品浸出物平均值 83.74%，二等样品平均值 85.77%，三等样品平均值为 83.70%，各等级间浸出物无明显规律。

总皂苷含量为 0.14%~0.29%，均符合 2020 年版《中国药典》标准，一等样品为 0.14%~0.19%；二等样品总皂苷含量为 0.15%~0.21%；三等样品为 0.16%~0.21%，同一批次麦冬药材一等样品<二等样品<三等样品，不同批次来源样品无显著差异。总黄酮含量，一等样品为 0.13%~0.28%；二等样品为 0.14%~0.22%；三等样品为 0.16%~0.25%，同一批次麦冬药材一等样品<二等样品<三等样品。总多糖含量，一等样品为 53.86%~82.44%；二等样品为 57.37%~82.89%；三等样品为 53.42%~83.03%，各等级间总多糖含量无明显规律。麦冬皂苷 D 含量，一等样品为 0.062~0.410 mg/g；二等样品为 0.079~0.382 mg/g；三等样品为 0.082~0.405 mg/g，同一批次麦冬药材一等样品<二等样品<三等样品。甲基麦冬黄烷酮 A 含量，一等样品为 0.026~0.12 mg/g，二等样品为 0.027~0.11 mg/g，三等样品为 0.035~0.120 mg/g。甲基麦冬黄烷酮 B 含量，一等样品为 0.013~0.090 mg/g，二等样品为 0.014~0.080 mg/g，三等样品为 0.018~0.090 mg/g，同一批次麦冬药材一等样品<二等样品<三等样品。

3.8 相关性分析 将各批次测定结果进行 Pearson 相关性分析，结果见表 9。各等级与浸出物、总多糖、总黄酮、总

皂苷的相关系数为-0.397、-0.392、0.350、0.313，表明等级越高浸出物、总多糖含量越高，两者与等级呈显著正相关，可支撑等级的划分，总黄酮、麦冬皂苷 D 含量与等级呈显著负相关^[12]。

3.9 Logistic 回归分析 为进一步探究指标与等级的关系，将各指标进行多元 Logistic 回归分析，模型结果显示有显著相关性的浸出物、总黄酮、总多糖、麦冬皂苷 D 对等级的解释度为 27.4%，提示尚有其它成分指标能解释等级与成分的关联。 $F=6.424$ ， $P<0.05$ ，回归模型建立成功，其中总多糖、麦冬皂苷 D 可以显著影响等级，总多糖含量对麦冬药材等级呈显著正影响支持麦冬等级的划分，因文献报道多效唑对多糖成分有促进作用，故暂不纳入等级标准^[13-14]。麦冬皂苷 D 与等级不成显著正影响，但麦冬皂苷 D 为甾体皂苷类药效组分之一，有 83.6%的药材麦冬皂苷 D 含量≥0.1 mg/kg，故麦冬皂苷 D 含量≥0.1 mg/g。

3.10 分级量表确定 结合药材性状和指标成分含量分析，麦冬药材等级划分结果为，一等直径 $0.55\leq D\leq 0.60$ cm，长 1.5~3.0 cm，百粒重≥20 g，麦冬皂苷 D≥0.01%；二等直径 $0.45\leq D<0.55$ cm，长 1.5~3.0 cm，百粒重≥12 g；三等直径 $0.3\leq D<0.45$ cm，长 1.5~3.0 cm，百粒重≥8 g；3 个等级麦冬皂苷 D 含量≥0.1 mg/kg。统货直径 0.3~0.60 cm，长 1.5~3.0 cm，百粒重≥8 g。

4 结论

川麦冬商品等级存在的问题有 3 个方面，一是等级划分指标仅为 50 g 粒数，以“个大、形满”为内核划分等级，缺乏具体的形态刻画，不同市场间及相同市场不同商家间等级划分标准不统一。二是多效唑的施用导致市场上

表 8 不同等级麦冬成分含量

来源	等级	浸出物/%	总黄酮/%	总皂苷/%	总多糖/%	麦冬皂苷 D/ (mg·g ⁻¹)	甲基麦冬黄烷 酮 A/(mg·g ⁻¹)	甲基麦冬黄烷 酮 B/(mg·g ⁻¹)
ZS	一等	82.28	0.24	0.21	64.67	0.131	0.080	0.050
	二等	83.58	0.26	0.23	62.90	0.114	0.082	0.050
	三等	77.26	0.28	0.25	68.62	0.159	0.114	0.064
YM	一等	86.43	0.16	0.18	66.84	0.079	0.088	0.054
	二等	87.15	0.20	0.20	66.68	0.120	0.102	0.064
	三等	86.35	0.22	0.24	53.42	0.186	0.118	0.072
XD	一等	86.04	0.18	0.16	80.83	0.062	0.086	0.052
	二等	85.27	0.20	0.18	82.89	0.080	0.090	0.052
	三等	85.36	0.22	0.20	59.19	0.082	0.108	0.066
LY	一等	85.65	0.19	0.18	77.02	0.106	0.086	0.056
	二等	88.74	0.21	0.20	74.66	0.133	0.096	0.056
	三等	79.45	0.25	0.29	74.15	0.151	0.110	0.060
LX	一等	87.73	0.15	0.18	82.44	0.073	0.082	0.050
	二等	87.67	0.17	0.19	57.37	0.079	0.094	0.056
	三等	87.47	0.19	0.21	69.44	0.090	0.112	0.066
LC	一等	85.27	0.20	0.18	78.70	0.138	0.094	0.058
	二等	85.60	0.20	0.20	76.68	0.165	0.094	0.064
	三等	86.61	0.22	0.22	62.02	0.194	0.112	0.070
HY	一等	85.27	0.20	0.18	61.34	0.107	0.088	0.058
	二等	84.54	0.22	0.21	74.73	0.172	0.104	0.070
	三等	86.03	0.23	0.23	59.42	0.189	0.116	0.076
GM	一等	85.49	0.20	0.18	68.17	0.115	0.092	0.052
	二等	87.16	0.21	0.19	78.60	0.144	0.100	0.058
	三等	82.91	0.23	0.23	63.16	0.198	0.100	0.068
GY	一等	86.08	0.16	0.14	66.56	0.073	0.052	0.026
	二等	85.68	0.17	0.15	66.09	0.083	0.054	0.028
	三等	87.24	0.20	0.19	83.03	0.109	0.070	0.036
LX	一等	82.51	0.19	0.26	53.86	0.330	0.090	0.070
	二等	80.13	0.19	0.28	57.59	0.380	0.110	0.080
	三等	71.88	0.16	0.31	67.74	0.410	0.120	0.090

表 9 川麦冬各指标 Pearson 组间相关性分析

	等级	总皂苷	总黄酮	总多糖	麦冬皂苷 D	甲基麦冬黄烷酮 A	甲基麦冬黄烷酮 B	浸出物
等级	1	—	—	—	—	—	—	—
总皂苷	-0.038	1	—	—	—	—	—	—
总黄酮	0.350 **	-0.245 *	1	—	—	—	—	—
总多糖	-0.392 **	0.107	-0.452 **	1	—	—	—	—
麦冬皂苷 D	0.313 **	0.293 *	0.196	-0.134	1	—	—	—
甲基麦冬黄烷酮 A	0.102	0.154	0.121	0.009	0.066	1	—	—
甲基麦冬黄烷酮 B	0.185	-0.022	0.343 **	-0.128	0.153	0.935 **	1	—
浸出物	-0.397 **	0.421 **	-0.603 **	0.384 **	-0.223	-0.100	-0.338 **	1

的优级麦冬直径超出 2020 年版《中国药典》标注的现象严重，且有多效唑残留，用药有效性和安全性难以保障，2020 年多效唑检出率高达 90% 以上，其中 6% 残留量超过 0.5 mg/kg，直径超出 2020 年版《中国药典》标准范围占 50% 以上^[15-16]。三是无多效唑种植麦冬的生存空间被挤压，收益是影响农户种植积极性的直接因素，不施用多效唑的麦冬产量劣势，需要价格优势来保障收益，而仅以 50 g 粒数进行分级时，一等或特等麦冬占比较低，售价难

以提升，收益被压缩，因此完善现有的等级标准有利于推动零多效唑麦冬药材实现优质优价，同时规范麦冬的生产和商品市场。

本研究增加了直径作为形态限定。一方面多效唑的施用对药材直径的影响最为明显，以此直径区间划分等级，多效唑麦冬的一、二级占比降低，有利于提升零多效唑麦冬的市场占有率，提升麦冬绿色种植的积极性。以直径为指标，可通过筛选的方式分级，降低人工分级成本。此外，

同一批次不同等级麦冬的浸出物、总多糖无显著差异，而甾体皂苷及高异黄酮等药效成分随药材直径增加含量反而降低，与羌活、白芷^[17-18]等类似。原因可能与多效唑等植调剂的使用有关，次级代谢产物主要积累在麦冬非木心部分。施用多效唑栽培的麦冬个头较大、生长周期短，单位质量药材次级代谢产物积累量降低^[19]。因此，建议避免栽培中多效唑的施用。通过建立的等级标准可反向引导种植人员不再施用多效唑，实现麦冬产业发展的规范化，同时保障临床用药的安全性和有效性。

参考文献：

[1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典：2020 年版一部 [S]. 北京：北京医药科技出版社，2020：162.

[2] 吴发明，刘 莎，李 敏. 四川麦冬产业现状与发展前景分析[J]. 北方园艺，2019(17)：151-157.

[3] 国家中医药管理局. 七十六种药材商品规格标准 [S]. 北京：中国医药出版社，1984.

[4] 杨瑞山，陶 玲，赖月月，等. 市售麦冬药材等级现状及质量分析研究[J]. 中药材，2018，41(7)：1672-1677.

[5] 余翠翠，王 晖，隋 春，等. 四川三台麦冬产区生长调节剂使用情况调研及残留研究[J]. 中国现代中药，2019，21(12)：1669-1674.

[6] 翟宇瑶，郭宝林，黄文华.“壮根灵”类药剂检测及植物生长延缓剂在根及根茎类道地药材栽培中使用情况调查[J]. 中国中药杂志，2015，40(3)：414-420.

[7] 彭 婉，马 骁，王 建，等. 麦冬化学成分及药理作用研究进展[J]. 中草药，2018，49(2)：477-488.

[8] 黄小燕，张照研，陈伯钧，等. 麦冬皂苷 D 通过上调 CYP2J3/EET 减轻 H₂O₂ 诱导的 H9c2 细胞氧化应激损伤 [J]. 中国药理学与毒理学杂志，2020，34(3)：161-170.

[9] 赵 晶，李彦杰，周厚勤，等. 甲基麦冬黄烷酮 A 降低缺氧复氧诱导 PC12 细胞凋亡及氧化损伤[J]. 中成药，2020，42(1)：213-216.

[10] 吴发明，王 盼，李 敏，等. 基于 HPLC 特征图谱研究不同生长阶段麦冬有效组分积累特征[J]. 中草药，2018，49(7)：1682-1687.

[11] 吴发明，杨瑞山，李 敏，等. 麦冬主流品种药材质量比较研究[J]. 中国药学杂志，2017，52(6)：447-451.

[12] 王 慧，常 坤，高 鹏，等. 川麦冬药材的等级评价标准分析 [J]. 中国实验方剂学杂志，2020，26(9)：194-201.

[13] 张亚琴，李思佳，邓秋林，等. 化肥与植物生长延缓剂配施对麦冬产量形成和次生代谢产物的影响[J]. 草业科学，2019，36(6)：1544-1552.

[14] 吴发明，杨瑞山，陶 玲，等. 基于药材安全性和有效性的综合评价探讨多效唑在麦冬中的应用[J]. 中国药学杂志，2017，52(1)：20-24.

[15] 李瑞琨. 麦冬中农药残留风险评估及多效唑对其品质影响研究[D]. 北京：中国农业科学院，2020.

[16] 刘佳铭，李雯婷，陈 铭，等. 高效液相色谱-串联质谱法测定中药材麦冬中 74 种农药残留[J]. 分析试验室，2020，39(7)：826-833.

[17] 蒋舜媛，孙洪兵，孙 辉，等. 羌活药材商品规格与质量等级的对应分析 [J]. 中国中药杂志，2016，41(5)：793-801.

[18] 王佳琪，江宇勤，罗 婷，等. 不同等级白芷饮片 HPLC 指纹图谱[J]. 中成药，2019，41(12)：2964-2969.

[19] Zhang L X, Luo Z L, Cui S R, *et al.* Residue of paclobutrazol and its regulatory effects on the secondary metabolites of *Ophiopogon japonicus*[J]. *Molecules*, 2019, 24(19)：3504.