

· 中药农业 ·

金铁锁种子质量检验方法与分级标准[△]熊永兴^{1,2*}, 曾宇君^{1a}, 苏钰¹, 李云², 周国华³, 杨成金^{2*}

1. 云南省药物研究所/云南省中药和民族药新药创制企业重点实验室, 云南 昆明 650111;

2. 云南白药集团中药资源有限公司, 云南 昆明 650111;

3. 云南白药集团丽江药业有限公司, 云南 丽江 674100

[摘要] 目的: 制定金铁锁种子质量检验方法, 建立金铁锁种子分级标准。方法: 参照《农作物种子检验规程》(GB/T 3543.3—1995), 建立金铁锁种子真实性、净度、千粒质量、含水量、生活力、发芽率检验方法, 通过 *K*-均值聚类分析 36 个不同产地金铁锁种子, 制定质量分级标准。结果: 金铁锁种子净度分析样品应不少于 10 g, 送检样品应不少于 100 g; 种子真实性鉴定应采用外观形态观察法及外观形态测量法; 种子质量测定应采用千粒法; 种子含水量测定采用 (130±2) °C 恒温烘干 4 h; 生活力测定采用 2, 3, 5-三苯基氯化四氮唑 (TTC) 染色法, 最佳条件为 30 °C 下 0.01% TTC 染色 6 h; 发芽率测定应采用滤纸发芽床, 经 2.5% NaClO 浸泡 10 min 后, 于 20 °C 恒温光照培养, 发芽计数时间为 4~16 d。不同来源合格金铁锁种子可分为 3 个等级, 以发芽率和生活力为质量分级标准的主要指标、千粒质量和净度为参考指标。结论: 本研究制定的金铁锁种子质量分级标准和等级评定方法科学、可行, 可为金铁锁种子质量评价提供参考。

[关键词] 金铁锁种子; 质量检验; 分级标准**[中图分类号]** R282.2 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1673-4890(2021)11-1942-07**doi:** 10.13313/j.issn.1673-4890.20200908004Quality Evaluation and Grading Standard of *Psammosilene tunicoides* SeedsXIONG Yong-xing^{1,2*}, ZENG Yu-jun^{1a}, SU Tai¹, LI Yun², ZHOU Guo-hua³, YANG Cheng-jin^{2*}

1. Yunnan Institute of Materia Medica/Yunnan Province Company Key Laboratory for Traditional Chinese Medicine and Ethnic Drug of New Drug Creation, Kunming 650111, China;

2. Yunnan Baiyao Group Chinese Medicinal Resources Co., Ltd., Kunming 650111, China;

3. Yunnan Baiyao Group Pharmaceutical Co., Ltd., Lijiang 674100, China

[Abstract] **Objective:** To determine the quality test methods and establish the grading standard for *Psammosilene tunicoides* seeds. **Methods:** The test methods for sampling amount, authenticity, purity, seed weight, moisture content, viability, and germination rate of *P. tunicoides* seeds were established according to the Rules for Agricultural Seed Testing (GB/T 3543.3—1995). The quality of seeds from 36 producing areas was determined for the formulation of quality grading standard by *K*-means clustering. **Results:** At least 100 g seeds should be sampled for testing and no less than 10 g for purity analysis. Seed weight should be measured based on the 1 000-seed weight. For the moisture content, seeds should be dried at (130 ± 2) °C for 4 h. The viability should be measured by 0.01% 2,3,5-triphenyltetrazolium chloride (TTC) staining (30 °C, 6 h). In terms of the germination rate, seeds should be first soaked in 2.5% NaClO for 10 min and then cultured on filter paper (20 °C, in light, 4-16 days). Seeds from 36 producing areas were classified into three grades with the main indexes of germination rate and viability and reference indexes of 1000-seed weight and purity. **Conclusion:** The seed quality grading standard and quality testing methods were scientific and viable, which can serve as a reference for quality evaluation of *P. tunicoides* seeds.

[Keywords] *Psammosilene tunicoides* seeds; quality test; grading standard[△] [基金项目] 云南省应用基础研究计划项目 (201501YH00081)* [通信作者] 熊永兴, 副主任药师, 研究方向: 中药材种植和品质评价; Tel: (0871) 66203562, E-mail: 627732606@qq.com
杨成金, 正高级工程师, 研究方向: 中药材种植和品质评价; Tel: (0871) 66203660, E-mail: 731291744@qq.com^a 并列第一作者

种子是中药材生产的源头,种子检验是保证种子质量的重要措施和手段^[1]。目前,我国除人参、三七等种子有国家标准外,其他大部分中药材种子的检验规程和质量分级标准还处于空白状态。金铁锁为石竹科植物金铁锁 *Psammosilene tunicoides* W. C. Wu et C. Y. Wu 的干燥根^[2],始载于明代兰茂所著《滇南本草》^[3],俗称独定子、独丁子、昆明沙参、金丝矮陀等,是中国稀有种和特有单种属植物,为国家二级保护植物。其于1974年载入《云南省药品标准》,之后进入《中华人民共和国药典》(以下简称《中国药典》)1977年版,具有祛风除湿、散瘀止痛、解毒消肿的功效,用于治疗风湿痹痛、胃脘冷痛、跌打损伤、外伤出血等^[4-6],是云南民间治疗风湿、跌打损伤的主要药物之一。随着野生资源的枯竭,金铁锁种植规模得到快速发展,但种源市场秩序混乱,种子质量良莠不齐,种植效果差异较大^[7-8]。为此,本研究参照《农作物种子检验规程》及相关文献^[9-11],对金铁锁种子的净度、千粒质量、真实性鉴定、生活力的检验方法及发芽条件进行了系统研究,制定金铁锁种子的检验方法,建立金铁锁种子的质量分级标准,以期为金铁锁的规模化、规范化种植提供参考。

1 材料

金铁锁主要分布在金沙江和雅鲁藏布江沿岸海拔2000~3800 m的砾石山坡或石灰质岩石缝中,人工种植主要集中在云南西部和西北部,四川省的川西、甘孜、凉山及贵州省毕节地区^[12-14]。本课题组对金铁锁的主产区进行实地走访调查,在云南、四川采集样品36批,经云南省药物研究所邱斌正高级工程师鉴定为石竹科植物金铁锁 *Psammosilene tunicoides* W. C. Wu et C. Y. Wu 的种子,种子信息见表1。

KMnO₄、NaClO₂、2,3,5-三苯基氯化四氮唑(TTC)均为分析纯,购于国药集团化学试剂有限公司。

MT204T型分析天平(梅特勒-托利多仪器有限公司);D101型电热鼓风干燥箱(上海实验仪器有限公司);MGC-450HP型光照培养箱(上海一恒科学仪器有限公司)。

2 方法

2.1 扦样

按《农作物种子检验规程》(GB/T 3543.3—1995)中四分法扦样。

2.2 净度分析

金铁锁为总状花序,种子细小,采收时成熟度常不一致,饱满与否难以进行准确鉴定。按《农作物种子检验规程》(GB/T 3543.3—1995)中广义净度分析方法,每批样品重复3次。

2.3 其他植物种子数目测定

按《农作物种子检验规程》(GB/T 3543.3—1995)扦样方法,每批样品重复2次。

2.4 真实性鉴定

采用外观形态观察测量法,从混合样品中随机抽取100粒净种子逐粒观察种子形态、大小、颜色、表面特征及其他情况,用数显卡尺测量种子的长、宽、厚,记录数据,确定鉴别特征,每批样品重复3次。

2.5 质量测定

采用百粒法、五百粒法和千粒法测定种子质量。百粒法:随机从混合样品中数取100粒种子,称质量,重复8次,计算RSD及变异系数。五百粒法:随机从混合样品中数取500粒种子,称质量,重复4次,计算RSD及变异系数。千粒法:随机从混合样品中数1000粒种子,称质量,重复2次,计算重复间差数与平均数之比。

2.6 含水量测定

采用(130±2)℃恒温烘干法和(105±2)℃恒温烘干法,每份试样称取种子样品约4 g,重复3次。连续称质量,以2次质量之差<0.2%为恒重。

2.7 生活力测定

采用L₁₆(4³)正交设计,随机数取净种子100粒,常温条件下用蒸馏水浸泡12 h,去除果皮和种皮,取出胚和子叶放入培养皿中,分别倒入0.15%、0.10%、0.05%、0.01% TTC溶液,置于25、30、35、40℃避光恒温培养箱染色,每1 h观察1次并统计染色情况。每个处理100粒种子,重复3次。

表1 金铁锁种子信息

样品号	采集地点	海拔/m	经度 (E)	纬度 (N)
JTS2016QN01	云南省迪庆州维西县攀天阁乡果咱底	2980	99°18'12"	27°19'45"
JTS2016QN02	云南省迪庆州维西县攀天阁乡皆乐洛	2895	99°16'30"	27°19'00"
JTS2016QN03	云南省迪庆州维西县攀天阁乡盆丁	2850	99°13'37"	27°20'03"
JTS2016QN04	云南省迪庆州维西县永春乡施别底	3072	99°25'12"	27°5'28"
JTS2016QN05	云南省迪庆州维西县永春乡马厂	3200	99°17'03"	27°15'34"
JTS2016QN06	云南省迪庆州德钦县霞若乡各么茸村	2600	99°18'34"	27°48'11"
JTS2016QN07	云南省楚雄州禄丰县	1580	102°05'28"	25°09'23"
JTS2016QN08	云南省曲靖市马龙县马鸣乡小房子	2080	103°23'30"	25°19'40"
JTS2016QN09	云南省曲靖市马龙县旧县镇香炉山	2010	3°25'36"	25°21'46"
JTS2016QN10	云南省宣威市西宁街道洽坡村老猪场	2100	103°57'02"	26°17'41"
JTS2016QN11	云南省宣威市西宁街道洽坡村拖箐底	2150	103°57'54"	26°17'42"
JTS2016QN12	云南省宣威市西宁街道列租村新房子	2250	103°59'26"	26°17'49"
JTS2016QN13	云南省曲靖市会泽县大海乡大山村	2900	103°17'02"	26°17'07"
JTS2016QN14	云南省昆明市东川中甸村	2700	103°16'39"	25°58'17"
JTS2016QN15	云南省昆明市东川铜都镇租嘎村	2000	103°07'04"	26°01'03"
JTS2016QN16	云南省昆明市东川区铜都镇达德村	1800	103°14'23"	26°01'36"
JTS2016QN17	云南省昆明市寻甸县鸡街镇	2300	102°43'52"	25°32'44"
JTS2016QN18	云南省昆明市西山区碧鸡镇冷水塘	1890	102°33'37"	24°54'48"
JTS2016QN19	云南省昆明市西山区团结乡小墨雨	2400	102°36'09"	25°05'46"
JTS2016QN20	云南省红河州建水县利明乡黑甲村	1780	103°03'09"	23°56'50"
JTS2016QN21	云南省红河州建水县岔科镇	1650	103°03'02"	23°52'25"
JTS2016QN22	云南省红河州泸西县金马镇爵册村	2100	103°45'01"	24°38'07"
JTS2016QN23	云南省怒江州兰坪县	2600	99°07'18"	26°11'15"
JTS2016QN24	云南省大理州弥渡县德苴乡德苴村	1440	100°39'26"	25°07'19"
JTS2016QN25	云南省大理州鹤庆县草海镇马厂	1980	100°04'34"	26°28'42"
JTS2016QN26	云南省大理州洱源县西山乡立坪村	2380	100°04'34"	26°28'42"
JTS2016QN27	云南省大理州剑川县甸南镇上官甸村	2760	99°54'50"	26°27'34"
JTS2016QN28	云南省丽江市古城区九河	2400	100°14'07"	26°51'30"
JTS2016QN29	云南省丽江市玉龙县太安乡	2800	100°05'26"	26°47'06"
JTS2016QN30	云南省丽江市宁蒗县新营盘乡	2580	100°55'30"	27°10'13"
JTS2016QN31	云南省丽江市玉龙县宝山乡高寒村	2700	100°18'16"	27°29'05"
JTS2016QN32	云南省丽江市永胜县	2600	100°45'19"	26°41'32"
JTS2016QN33	四川省凉山州盐源县梅雨镇梅雨堡	2700	101°24'24"	27°27'20"
JTS2016QN34	四川省凉山州盐源县梅雨镇三村	2783	101°23'57"	27°24'00"
JTS2016QN35	四川省凉山州盐源县棉桠乡木邦营	2300	101°17'57"	27°33'07"
JTS2016QN36	云南省腾冲市曲石镇干乍社区百草岭	1805	98°42'40"	25°30'55"

2.8 发芽试验

2.8.1 发芽前处理 取金铁锁种子, 分别用纯化水、0.1%、0.2%、0.3% KMnO_4 和 1.0%、2.5%、5.0% NaClO 处理 10 min, 备用。

2.8.2 发芽条件选择 取净种子粒置滤纸和细砂上, 分别在 15、20、25 $^{\circ}\text{C}$ 恒温培养箱里光照 $12\text{ h}\cdot\text{d}^{-1}$

和黑暗处理, 保持培养皿内水分充足, 每日查看并记录种子发芽情况, 随时挑出腐烂种子并统计。每个处理 100 粒种子, 4 次重复。

2.9 种子分级标准

采用上述研究确定的检验方法, 对收集的 36 份金铁锁种子进行净度、真实性、千粒质量、含水量、

生活力、发芽率测定。通过对数据进行相关性分析、K-均值聚类分析和标准差分析,制定金铁锁种子质量分级标准。

3 结果与分析

3.1 扦样

金铁锁种子净度分析种子每批最大质量为1000 g,送检样品最少为100 g,净度分析样品最少为10 g。

3.2 净度分析

金铁锁种子平均净度达87%,各组样品种子质量的差值均没有偏离原始质量的5%,检验结果有效。

3.3 其他植物种子数目测定

平均每10 g金铁锁种子含其他植物种子226.5粒,平均每千克金铁锁种子含其他植物种子2265粒,样品其他种子数的组间差距为17,在容许差距范围内,检验结果有效。

3.4 真实性鉴定

金铁锁种子为蒴果棒状,种子狭倒卵形,长约 (5.24 ± 0.48) mm、宽约 (1.38 ± 0.20) mm、厚约 (0.97 ± 0.13) mm,黄绿色。

3.5 质量测定

结果显示,百粒法和五百粒法的变异系数 $>4\%$,千粒法的变异系数 $<4\%$ 。因此,金铁锁种子质量测定应采用千粒法。金铁锁种子质量测定结果见表2。

表2 金铁锁种子质量测定结果

测定方法	平均值/g	标准差/g	变异系数
百粒法 ($n=8$)	0.240 9	0.011	0.046
五百粒法 ($n=4$)	1.203 7	0.051	0.042
千粒法 ($n=2$)	2.403 6	0.027	0.011

3.6 含水量测定

金铁锁种子采用低恒温烘干法时,前4 h迅速失去水分,随后失水缓慢,种子含水量趋于稳定,7 h达到恒重,含水量为10.07%。高温烘干法前2 h种子迅速失水,随后失水缓慢,种子含水量趋于稳定,4 h时达到恒重,含水量为10.35%。2种方法比较,金铁锁种子含水量测定宜选择高恒温烘干法。金铁锁种子含水量测定结果见图1。

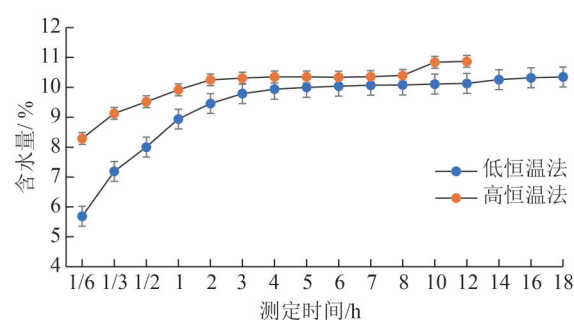
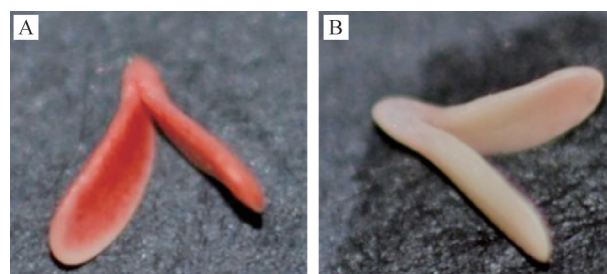


图1 金铁锁种子不同测定时间的含水量

3.7 生活力测定

3.7.1 生活力标准的确定 有生活力的金铁锁种子胚轴、子叶被TTC溶液染为鲜红色或浅红色,染色均匀;无生活力的金铁锁种子胚轴、子叶完全不着色或着浅色,染色不均匀,或局部着色,着色较浅(图2)。



注: A. 有生活力种子; B. 无生活力种子。

图2 金铁锁种子TTC染色效果

3.7.2 生活力测定影响因素 由表3可以看出,对金铁锁种子着色的影响因素中,染色时间 $>$ 染色温度 $>$ TTC质量分数,各温度、TTC质量分数下,金铁锁种子均表现出染色时间越长染色效果越好;3 h内,温度越高着色率越高,但是随着染色时间的延长,30℃时染色率开始升高,且低质量分数TTC表现出优势染色(表3)。因此,选择0.01% TTC溶液、30℃下浸种6 h作为金铁锁种子生活力测定的最佳条件。

3.8 发芽试验

3.8.1 发芽前处理 发芽前未进行消毒处理的金铁锁种子霉烂率达36.5%,消毒处理后能有效降低种子霉烂率。其中,用2.5% NaClO消毒处理的种子发芽率最高为89%,种子霉烂率最低为11%。故金铁锁种子发芽前应先用2.5% NaClO处理,以降低霉烂率。

表3 不同温度、不同TTC质量分数和不同染色时间对金铁锁种子的染色效果 ($\bar{x} \pm s$, $n=3$)

温度/℃	TTC质量 分数/%	着色率/%						
		1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h
25	0.01	1.00±1.00	2.67±1.53	5.33±0.58	7.00±1.00	9.67±0.58	16.00±2.00	16.00±2.00f
	0.05	11.00±2.65	22.00±7.55	36.67±3.79	39.67±3.51	61.00±7.21	65.00±4.58	65.00±4.58bcd
	0.10	14.67±6.51	26.67±5.03	35.00±6.24	54.67±8.02	60.00±4.58	61.67±3.51	61.67±3.51cd
	0.15	1.67±1.15	18.00±7.55	39.67±2.08	56.00±5.57	56.67±5.03	60.67±4.51	60.67±4.51d
30	0.01	2.33±0.58	7.00±1.00	21.00±2.00	63.67±6.03	75.67±2.52	77.33±2.52	77.33±2.52a
	0.05	21.33±5.03	38.00±2.65	67.00±4.00	72.67±1.15	73.67±0.58	74.00±1.00	74.00±1.00a
	0.10	13.67±0.58	34.33±1.53	57.33±1.53	66.00±0.00	67.00±1.00	67.00±1.00	67.00±1.00bc
	0.15	17.67±3.06	43.33±5.03	49.67±2.08	52.00±2.65	52.33±2.52	52.67±2.52	52.67±2.52e
35	0.01	0.67±0.58	14.67±4.73	58.33±1.53	63.00±2.00	67.33±1.15	68.33±1.53	68.33±1.53b
	0.05	6.67±0.58	32.00±2.65	49.67±2.08	61.33±3.06	63.67±2.89	64.33±2.52	64.33±2.52bcd
	0.10	16.67±6.03	39.67±2.89	60.33±5.13	63.67±2.08	65.67±1.15	66.67±2.08	67.00±2.00bc
	0.15	13.33±8.50	38.67±8.02	54.67±5.03	58.33±1.53	60.67±2.08	61.33±1.53	61.33±1.53cd
40	0.01	9.33±4.04	33.33±1.53	53.67±13.01	66.67±5.69	67.00±5.57	67.00±5.57	67.00±5.57bc
	0.05	24.33±0.58	48.67±3.79	66.33±0.58	67.33±1.53	68.00±1.00	68.00±1.00	68.00±1.00b
	0.10	30.67±2.08	55.67±7.02	56.67±7.02	57.67±6.03	59.00±5.57	59.00±5.57	59.00±5.57d
	0.15	53.67±2.08	61.67±7.02	63.33±8.50	65.00±9.00	65.00±9.00	65.00±9.00	65.00±9.00bcd

注: 同列不同小写字母表示 $P<0.05$; 表4同。

3.8.2 发芽试验条件确定 金铁锁种子在滤纸和细砂上均能萌发, 且在不同温度和光照条件下, 滤纸的发芽率和发芽指数较细砂均更高 (除 20℃ 黑暗条件下的发芽指数), 所以滤纸更适合金铁锁种子的萌发; 从滤纸各试验组的发芽率和发芽指数来看, 除 15℃ 黑暗条件下高于光照条件外, 其余均表现出光照条件下较高, 且可明显看出 20℃ 下最高 (表4)。因此, 20℃ 下, 采用滤纸做发芽床, 给予光照的发芽率、发芽势和发芽指数最高, 该条件最适用于金铁锁种子发芽。

表4 不同温度、不同发芽条件下金铁锁种子发芽率测定结果 ($\bar{x} \pm s$, $n=3$)

发芽条件	发芽率/%	发芽势	发芽指数
15℃ 滤纸	光照	45.06±1.76de	30.65±3.34cd
	黑暗	51.26±7.06bcd	35.01±7.08bcd
	光照	42.71±1.49e	33.50±2.38cd
	黑暗	42.71±4.22e	33.84±6.34cd
20℃ 滤纸	光照	59.30±4.43a	42.04±2.81ab
	黑暗	53.51±7.32abc	22.51±6.96e
	光照	57.79±2.70ab	43.38±3.92a
	黑暗	48.74±5.51cde	33.67±6.13cd
25℃ 滤纸	光照	57.79±2.35ab	29.98±4.22de
	黑暗	55.34±1.78abc	38.29±3.45abc
	光照	45.06±4.11de	34.34±4.32cd
	黑暗	43.22±6.95e	34.51±8.86bcd

3.8.3 发芽计数时间确定 金铁锁种子置发芽床后第四天开始逐渐发芽, 第七天后发芽速率明显上升, 15 d后发芽率趋于平稳, 发芽基本结束。因此, 整个发芽计数时间应在第四至十五天, 初次计数时间为4 d, 末次计数时间为16 d。

3.9 种子质量检验方法

本研究从扦样、净度分析、其他植物种子数目测定、真实性鉴定、质量测定、含水量、生活力、发芽率8个指标对金铁锁种子质量检验方法进行研究, 确定适用于金铁锁种子质量指标的检验方法, 见表5。

表5 金铁锁种子质量检验方法

检验项目	检验方法
净度分析	送检样品 100 g, 净度分析试样 10 g
其他种子数	其他种子数测定试样 100 g
发芽率	发芽前 2.5% NaClO 处理 10 min, 以滤纸作为发芽床, 于 20℃ 恒温培养箱中 12 h·d ⁻¹ 光照培养, 计数时间为第四至十六天
生活力	于 30℃ 用 0.01% TTC 溶液染色 6 h
含水量	高恒温烘干法 (130±2)℃, 烘干 4 h
质量测定	千粒法
真实性鉴定	外观形态比较

3.10 种子质量分级标准制定

3.10.1 种子质量检测结果 根据表5所示的金铁锁种子质量检验方法, 测定从主产区收集的36份金

铁锁种子的发芽率、生活力、含水量、千粒质量、净度、其他种子率6个质量指标,结果见表6。

表6 36份不同来源的金铁锁种子质量指标分析结果

指标	最小值	最大值	平均值	标准差	变异系数
发芽率/%	2.00	87.00	61.50	17.60	0.29
生活力/%	6.00	99.00	78.90	14.70	0.19
含水量/%	8.37	11.25	10.40	0.66	0.64
千粒质量/g	1.940	3.246	2.464	0.361	0.150
净度/%	63.00	98.00	87.40	8.10	0.93
其他种子率/%	0.10	9.75	1.56	2.28	1.46

3.10.2 分级指标的确定

3.10.2.1 相关性分析 对36份金铁锁种子进行相关性分析(Pearson),结果见表7。结果显示,有5个测量指标均表现出极显著的正相关关系($P<0.01$)。种子的生活力、千粒质量和净度对发芽率都有显著的影响,千粒质量和净度间,净度和其他种子率间也存在着较好的相关关系;含水量与各指标间相关性不显著,故不纳入分级指标。故可采用发芽率、生活力、千粒质量、净度和其他种子率5个指标作为金铁锁种苗质量的分级指标。

3.10.2.2 K-均值聚类分析 由于JTS2016QN13号种子生活力和发芽率明显低于其他组,属于不合格种子,故将其排除分级(后将分为不合格种子级别),剩下的35组数据针对发芽率、生活力、千粒质量、净度和其他种子率采用K-均值聚类进行分析,将种子质量分为3个等级,结果见表8。

3.10.3 质量分级标准及评定方法 由于其他种子数是不易控制的变量,差异巨大,不宜将其作为分级的主要参考项目,故以金铁锁种子发芽率、生活力、千粒质量和净度4项指标的K聚类中心值作为金铁锁种子分级标准的主要参考值,结合生产实践

经验和检验的可操作性,最终制定的金铁锁种子质量分级标准见表9。该分级方法采用最低定级原则,即任何一项指标不符合规定标准都不能作为相应等级的合格种子。

4 讨论

近年,金铁锁种子产量大,各地主要采用种子直播的生产方式。种子是金铁锁药材规范化生产的首要条件和基础,优质的种子对稳定和提高金铁锁药材的产量和质量起着极为重要的作用。建立金铁锁种子检验规程和质量分级标准将为金铁锁的规范化生产奠定良好的基础。

在种子分级标准的4个参考指标中,发芽率、生活力最为重要,可以直接反映种子在田间的用量和出苗率,是实现种子效能的一个重要指标;千粒质量可反映种子成熟度和幼苗的长势等情况。虽然,净度和其他种子数、含水量的高低不是种子生物学特性所决定的,对种子质量的影响较小,但金铁锁为草本植物,且种子颗粒较小,采收加工时极易引入其他种子,易受人为因素和客观因数的影响,播种后不易控制杂草,增加除草的困难,因此在制定金铁锁种子质量标准时应将净度作为一个重要指标进行考虑。此外,发芽率的测定也需要在净度的基础上进行,所以净度对种子质量标准等级的划分具有重要的参考作用。种子含水量与种子发芽率无显著相关性,只与种子的安全贮藏和种子寿命相关,一般情况下在干燥低温条件下贮藏都有利于保持种子的活力。因此,把发芽率、生活力、千粒质量、净度作为金铁锁种子质量分级的重要指标。其他种子数虽然与种子质量存在相关性,但因其受人为影响较大,可以通过后期加工改变,故不作为分级的主要参考项目。

表7 36份不同来源的金铁锁种子质量检测标间的相关性分析

指标	发芽率	生活力	含水量	千粒质量	净度	其他种子率
发芽率	1					
生活力	0.772**	1				
含水量	-0.036	-0.215	1			
千粒质量	0.594**	0.324	0.315	1		
净度	0.457**	0.246	0.188	0.427**	1	
其他种子率	-0.056	-0.068	-0.126	-0.039	-0.766**	1

注: ** $P<0.01$ 。

表8 金铁锁种子各指标K-均值聚类分析结果

级别	参数				其他种子率/%
	发芽率/%	生活力/%	千粒质量/g	净度/%	
I	77.38	86.31	2.79	95.38	0.74
II	63.25	80.00	2.36	81.00	3.18
III	44.40	75.20	2.19	85.10	0.58

表9 金铁锁种子分级标准

级别	发芽率/%	生活力/%	千粒质量/%	净度/%	外形特征
I	≥77	≥86	≥2.8	≥95	饱满, 基本无杂质
II	≥63	≥80	≥2.4	≥85	较饱满, 有少许瘪粒及杂质
III	≥44	≥75	≥2.2	≥81	有瘪粒及杂质

参考文献

- [1] 魏建和, 陈士林, 程慧珍, 等. 中药材种子种苗标准化工程[J]. 世界科学技术—中医药现代化, 2005, 7(6): 104-108.
- [2] 中国科学院昆明植物研究所. 云南种子植物名录: 上册[M]. 昆明: 云南人民出版社, 1984: 259.
- [3] 兰茂. 滇南本草: 第1卷[M]. 昆明: 云南人民出版社, 1976: 86.
- [4] 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: 230.

- [5] 袁琳, 马银海, 尹震花, 等. 金铁锁体外抗氧化活性研究[J]. 中国实验方剂学杂志, 2012, 18(6): 109-112.
- [6] 毛泽玲, 沈云亨, 周李刚. 金铁锁的化学成分与生物活性的研究进展[J]. 中华中医药学刊, 2016, 34(12): 2883-2887.
- [7] 陈翠, 赵文林, 程远辉, 等. 金铁锁种苗质量分级标准研究[J]. 现代中药研究与实践, 2020, 34(4): 1-4.
- [8] 王华磊, 吕小梨, 赵致, 等. 不同种苗质量对金铁锁田间出苗和幼苗生长的影响[J]. 种子, 2010, 29(11): 85-86.
- [9] 李进瞳, 靳云西, 林晖才, 等. 金荞麦种子质量检验方法[J]. 中国现代中药, 2020, 22(2): 250-254.
- [10] 王书云, 袁王俊, 刘亚芳, 等. 金银花种子质量检验方法与分级标准研究[J]. 中国现代中药, 2019, 21(12): 1662-1668.
- [11] 陈彩霞, 贾彩凤, 李先恩, 等. 知母种子质量分级标准的研究[J]. 中国现代中药, 2020, 22(2): 231-242.
- [12] 朱常成, 尹子丽. 濒危药用植物金铁锁的资源调查研究[J]. 中国民族民间医药, 2017, 26(13): 133-138.
- [13] 朱常成, 徐士奎, 钱子刚, 等. 金铁锁的地理分布及分布区的初步分析[J]. 中国现代应用药学杂志, 2007, 24(1): 28-31.
- [14] 杨云丽, 陈翠, 赵菊, 等. 金铁锁生态学初步研究[J]. 中国农学通报, 2009, 25(18): 367-371.

(收稿日期: 2020-09-08 编辑: 戴玮)