

萝卜种质资源耐抽薹性鉴定评价

张素君, 邱 杨, 宋江萍, 王海平, 张晓辉, 沈 镒, 李锡香

(中国农业科学院蔬菜花卉研究所/农业部蔬菜作物基因资源与种质创制北京科学观测实验站, 北京 100081)

摘要:以来源于国内外的 73 份代表性萝卜种质为研究对象, 以 4 °C 春化处理种子 21 d, 田间鉴定评价萝卜种质的耐抽薹性。结果显示, 田间生长 136 d 时, 9 份国外材料仍未显薹, 表现为极耐抽薹, 其中来源于韩国(6 份)和日本(1 份)的大萝卜资源 7 份, 来源于日本的黑萝卜和俄罗斯的樱桃萝卜各 1 份。采用 7 个指标对显薹开花的 64 份萝卜种质进行系统评价分析表明, 各指标的次数分布基本符合正态分布, 薹期薹高略向低值区域偏离。方差分析结果显示, 7 个指标在不同材料间的差异显著。相关性分析表明, 显薹期和开花期的相关性达到极显著水平, 显薹期和开花期均可作为评价萝卜抽薹早晚的指标。抽薹速度与花期薹高、薹高差、抽薹天数的相关性达到极显著水平, 综合了这 4 个指标的描述特性, 较好地反映了不同萝卜种质的抽薹能力。花期薹高与薹高差、抽薹速度的相关性极显著, 可用该指标评价抽薹能力, 简单易行。分别用主成分分析和隶属函数法评价 64 份抽薹开花萝卜种质的耐抽薹性, 不同耐性种质均能被很好地区分开, 其中筛选出的 2 份耐抽薹种质的评价结果一致, 主成分聚类分出 1 份极不耐抽薹种质。

关键词:萝卜; 耐抽薹; 鉴定评价; 主成分分析; 隶属函数法

Identification for the Tolerance to Bolting of Radish Germplasm Resources

ZHANG Su-jun, QIU Yang, SONG Jiang-ping, WANG Hai-ping,

ZHANG Xiao-hui, SHEN Di, LI Xi-xiang

(The Institute of Vegetables and Flowers, Chinese Academy of Agricultural Sciences/Beijing Research Station of Vegetable Crop Gene Recource and Germplasm Enhancement, Ministry of Agriculture, Beijing 100081)

Abstract: In this study, 73 radish accessions were selected as materials, whose seeds were treated at 4 °C for 21 days, to identify bolting tolerance of radish germplasm. The results showed that 9 materials from foreign countries were classified as the level of high tolerance to bolting. Among them, 7 accessions were *R. sativus* L. var. *longipinnatus* Bailey originated from Korea (6) and Japan (1) respectively, 1 Japanese accession belonged to *R. sativus* L. var. *niger*, 1 Russian accession belonged to *R. sativus* L. var. *radicola* Pers. 7 indexes were used to evaluate bolting characteristics of 64 bolting accessions. Frequency distribution of all indexes accorded with normal distribution, stem height at bolting stage slightly biased to low value area. Significance analysis showed that 7 indexes were at highly significant level, indicating that bolting features of tested accessions expressed significant difference. Correlation analysis showed that budding and flowering date were different in highly significant level. Flowering date could be selected to effectively evaluate the bolting tolerance of radish germplasm. Bolting speed reached a highly significant correlation level with stem height at flowering stage, stem height at budding stage, and number of bolting days. Bolting speed could well reflect bolting ability of radish germplasm. The stem height at flowering stage reached a very significant correlation with number of bolting days and bolting speed, which could be used to evaluate bolting ability

收稿日期: 2013-05-06 修回日期: 2013-07-26 网络出版日期: 2014-01-24

URL: <http://www.cnki.net/kcms/detail/10.13430/j.cnki.jpgr.2014.02.006.html>

基金项目: “十二五”国家科技支撑项目(2013BAD01B04-1, 2012BAD02B01); 农业部园艺作物生物学和种质创制重点实验室项目

第一作者研究方向为蔬菜种质资源。E-mail: sujun1987_good@126.com

通信作者: 沈镒, 研究方向为蔬菜种质资源。E-mail: shendi@caas.cn

李锡香, 研究方向为蔬菜种质资源。E-mail: lix0612@163.com

conveniently. To evaluate the tolerance to bolting of radish germplasm using principal component analysis and subordinate function method, radish germplasm were well separated. 2 radish germplasm were screened to be highly tolerant accordingly. Only 1 radish germplasm was screened to be susceptible to bolting as principal component analysis.

Key words: radish; tolerance to bolting; identification and evaluation; principal component analysis; subordinate function

萝卜 (*Raphanus sativus* L.) 是我国重要蔬菜作物。萝卜萌动的种子及生长的植株在一定的低温条件下均可通过春化, 在长日照和适宜的温度下抽薹、开花。春化温度和时间以及光周期是影响植物抽薹开花的关键因素。萝卜植株先期抽薹指肉质根膨大未达到商品成熟度以前满足了其阶段发育所需的条件就开始抽薹开花的现象。先期抽薹是萝卜生产中的主要问题之一, 在春季萝卜生产和高海拔地区夏季萝卜栽培中较易发生, 严重影响了萝卜的产量和品质。选育耐抽薹品种是解决萝卜先期抽薹的根本途径。关于十字花科作物耐抽薹性的鉴定评价方法早有报道, 余阳俊等^[1-2]将白菜萌芽种子于 3 ℃ 春化 20 d, 控制光周期 16 h (夜间补光, 光强 100 ~ 130 μmol/ m² · s, 将显蕾期、短缩茎(薹)长及抽薹指数作为大白菜抽薹性评价指标。杨小明^[3]将紧实度作为田间鉴定春甘蓝耐抽薹性的评价指标; 室内耐抽薹性鉴定结果显示, 甘蓝 10 片真叶期幼苗于 5 ℃ 下处理 30 d 可以明显区分材料间抽薹性的差异。黄丹琼等^[4]以 2 叶 1 心期幼苗进入花芽分化所需最少低温处理时间为指标, 从而快速鉴定萝卜抽薹开花性状。但其操作过程复杂, 不适于大量种质资源的鉴定评价, 萝卜耐抽薹鉴定评价方法还有待进一步完善。

我国萝卜种质资源十分丰富, 本试验以中国农业科学院蔬菜花卉研究所资源课题组提供的不同类型的萝卜自交系为研究对象, 以显蕾期和开花期等作为耐抽薹性的主要评价指标, 综合评价萝卜种质的耐抽薹性, 旨在完善萝卜耐抽薹性的鉴定评价方法, 筛选耐抽薹优异种质, 为进一步深入挖掘萝卜耐抽薹相关基因及耐抽薹萝卜的种质创新及品种选育奠定基础。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试萝卜材料共 73 份, 均是由中国农业科学院蔬菜花卉研究所资源课题组提供的不同类型自交

系, 其原始具体种质名称和来源地见表 1。供试材料中包括大萝卜 (*R. sativus* L. var. *longipinnatus* Bailey) 66 份, 樱桃萝卜 (*R. sativus* L. var. *radicola* Pers) 3 份 (编号 78、56 和 79), 黑萝卜 (*R. sativus* L. var. *niger*) 2 份 (编号 73 和 74), 长莢萝卜 (*R. sativus* L. var. *caudatus*) 与油料萝卜 (*R. sativus* L. var. *oleifera*) 各 1 份。供试材料的来源地分布广泛, 国外种质 30 份分别来自韩国 (19 份)、日本 (6 份)、乌克兰 (2 份)、俄罗斯 (1 份) 和印度 (2 份); 国内种质 41 份分布在河北、天津、江苏、河南、四川、辽宁等 16 个省、市、自治区; 来源地不明种质 2 份。

1.2 试验方法

1.2.1 田间试验 于 2012 年 9 月 22 日, 将 73 份萝卜种子在 28 ℃ 光照培养箱中催芽 1 d, 至种子萌芽长约 0.2 ~ 0.4 cm 后放入 2 ~ 4 ℃ 冷库中春化 21 d, 10 月 15 日将其播种于中国农业科学院蔬菜花卉研究所育苗温室 10 cm × 10 cm 的育苗钵中, 控制温度 15 ~ 25 ℃, 补光光强约 80 μmol/ m² · s, 补光时间 10 h (5:30-8:30 和 17:30-22:30)。每重复 10 株, 3 次重复, 随机区组排列。2012 年 12 月 9 日将育苗钵移至日光温室, 温度控制在 15 ~ 25 ℃, 不再补光, 正常田间管理。试验截止于 2013 年 2 月 28 日。

1.2.2 耐抽薹性评价方法 在萝卜种质抽薹开花期, 每天观察并记录各材料不同单株是否显蕾、开花, 依据下述方法分别测量并记录不同单株的显蕾期、蕾期薹高、开花期、花期薹高、抽薹天数、薹高差、抽薹速度等各项指标。在试验结束时未全部抽薹开花的材料, 只统计显蕾开花植株的各项指标数据。

显蕾期 (BD, budding date): 播种至肉眼可见花蕾的天数。

蕾期薹高 (BH, stem height at budding stage): 显蕾时, 测量从基部真叶到花蕾的高度。

开花期 (FD, flowering date): 播种到第 1 朵花瓣开花的天数。

花期薹高 (FH, stem height at flowering stage): 第 1 朵花开放时, 测量从真叶基部到第 1 朵花的高度。

表 1 试验材料编号、名称和来源

Table 1 The serial number, name, and origin of varieties in the experiment

编号 No.	材料名称 Name	来源地 Origin	编号 No.	材料名称 Name	来源地 Origin	编号 No.	材料名称 Name	来源地 Origin	编号 No.	材料名称 Name	来源地 Origin
1	(S-3)-X3	日本	20	绛县白	陕西	45	宜阳钻子萝卜	河南	65	圆红	北京
2	夏露	韩国	21	白萝卜	湖北	46	秦菜二号	陕西	66	长红	未知
3	白秋美浓-D1-D10	韩国	22	YR-10	韩国	47	当地青萝卜	陕西	67	春早红	未知
4	白秋美浓-D1-D3	韩国	23	YR-5	韩国	48	YR-X1	韩国	68	小辛庄青萝卜	天津
5	生粹大根-D2-D3	韩国	26	YR-X6	韩国	50	白光春-74	韩国	69	二路缨子	天津
6	生粹大根 D2-D5	韩国	28	白光春-29	韩国	51	白玉春-7	韩国	70	心里美	甘肃
7	秋诒-D2-D9	日本	29	白玉春-108	韩国	52	新白玉	韩国	71	绿皮绿心大萝卜	天津
8	秋诒 D2(2)-D4	日本	31	白玉春-11	韩国	53	涿州萝卜	河北	72	心里美	河北
9	夏白玉	韩国	32	秋白二号	韩国	54	西农萝卜	陕西	73	(F-1)-X1	日本
10	红心萝卜	四川	33	夏秋美浓	韩国	55	心里美	甘肃	74	(S-3)-X4	日本
11	三尺白	辽宁	35	春白二号	韩国	56	克谢尼亚紫皮	乌克兰	75	板叶晏种	江苏
12	翘头青	甘肃	36	8344 雄	内蒙古	57	心里美萝卜	北京	76	大樱洋红萝卜	浙江
13	密县露地青	河南	37	902 雄	内蒙古	58	心里美	甘肃	78	克谢尼亚白皮	乌克兰
14	武城露八分	山东	38	新生	山西	59	德州心里美	山东	79	8 俄-X6	俄罗斯
15	白皮长萝卜	河北	39	国光	山西	60	河西务青萝卜	安徽	80	油萝卜	印度
16	上碑白萝卜	河北	41	狗×西	陕西	61	大青萝卜	天津	81	长莢萝卜	印度
17	滑县马蹄黄	河南	42	心里美	宁夏	62	车头红	山东			
18	嵩县牛角萝卜	河南	43	堰师大青萝卜	河南	63	大红袍	宁夏			
19	水萝卜	山东	44	武陟透心红	河南	64	赤长 20 日大根	日本			

抽薹天数(ND,number of bolting days):显蕾期至开花期的天数。

薹高差(DH,difference of stem height):花期薹高与蕾期薹高之间的高度差。

抽薹速度(BS,bolting speed):薹高差/抽薹天数。

1.2.3 数据统计与分析 利用 SAS 软件对上述 7 项指标数据进行方差分析和相关性分析。将各项指标采用 10 级模式分类,统计 7 项指标不同级数的种质份数。10 级模式分类标准为:1 级 < X -2σ,10 级 ≥ X +2σ,每级之差为 0.5σ,X 为平均值,σ 为标准差;各性状的平均值、标准差、最大值、最小值、变异系数的计算采用 SAS 软件完成。

依据公式(1)和(2)计算与耐抽薹性正相关和负相关指标的隶属度^[5]。

$$U_{ij} = \frac{X_{ij} - X_{jmin}}{X_{jmax} - X_{jmin}}(1)$$

$$U_{ij} = 1 - \frac{X_{ij} - X_{jmin}}{X_{jmax} - X_{jmin}}(2)$$

式中:U_{ij}表示 i 种类 j 指标的耐抽薹性隶属函数值;X_{ij}表示 i 种类 j 指标的测定值;X_{jmin}表示所有种类 j 指标的最小值;X_{jmax}表示所有种类 j 指标的最大值;i

表示某份材料;j 表示某项指标。根据上述公式先分别计算出各株系 7 项指标的隶属度,然后取同种不同株系 7 项指标的算术平均数作为平均隶属度使用。

参照张文娥等^[5]的方法,按照平均隶属度将耐抽薹性分为 5 组:0.80 ~ 1.00 为极耐抽薹(HT,high tolerance);0.60 ~ 0.79 为耐抽薹(T,tolerance);0.40 ~ 0.59 为中等耐抽薹(MT,middle tolerance);0.2 ~ 0.39 为不耐抽薹(LT,low tolerance);0 ~ 0.19 为极不耐抽薹(S,susceptible)。

2 结果与分析

2.1 极耐抽薹萝卜种质的筛选及评价

2012 年冬季,将供试的 73 份萝卜材料的种子低温春化处理 21 d 后,在日光温室进行耐抽薹性鉴定评价,截至田间生长 136 d 时,64 份材料均已经抽薹开花,但仍有 9 份基本未显蕾,表现为极耐抽薹。9 份极耐抽薹材料均来源于国外,其中来源于韩国(6 份)和日本(1 份)的大萝卜种质共 7 份,来源于日本的黑萝卜种质 1 份,来源于俄罗斯的樱桃萝卜种质 1 份。从肉质根皮色和肉色看,白白白肉的有 5 份,皮色白中带浅绿而肉色为白色的有 2 份,黑皮白肉的 1 份,紫皮紫肉的 1 份(表 2)。

表 2 极耐抽薹萝卜种质的品种名称、来源地和主要性状

Table 2 Name,origin and general characteristics of radish that classified as the level of high tolerance to bolting

编号 No.	材料名称 Name	来源地 Origin	肉质根皮色 Exterior color of fleshy root		肉质根 肉色 Color of flesh	肉质根 形状 Fleshy root shape	叶型 Leaf type
			地上部	地下部			
			Above- ground	Under-ground			
1	(S-3)-X3	日本	白	白	白	长圆锥形	花叶
22	YR-10	韩国	白	白	白	长圆锥形	花叶
23	YR-5	韩国	白	白	白	长圆柱形	花叶
28	白光春萝卜	韩国	白	白	白	长圆锥形	花叶
50	白光春萝卜	韩国	浅绿	白	白	长圆锥形	花叶
31	白玉春萝卜	韩国	白	白	白	圆柱形	花叶
52	新白玉	韩国	浅绿	白	白	圆柱形	花叶
74	(S-3)-X4	日本	黑	黑	白	近圆形	花叶
79	8 俄-X6	俄罗斯	紫红	紫红	浅紫	近圆形	板叶

2. 2 抽薹性相关指标的基本统计分析及其次数分布

2.2.1 不同评价指标的基本统计分析 对显蕾开花 的 64 份种质耐抽薹性相关指标进行基本统计分析,结果表明,不同种质间蕾期薹高的变异系数最大,达到 53.09%,其次为抽薹速度。开花期的变异系数最小,为 15.23%。表明供试材料不同种质间耐抽薹性差异较大(表 3)。显蕾期和开花期是与植株抽薹开花紧密相关的 2 个重要时期,其极差分别达到 75.00 d 和 66.55 d。抽薹天数的极差也达到 24.62 d。表明不同材料不仅在抽薹开花的初始时间上而且在抽薹至开花的持续天数上均表现出较大差异。另外,不同种质间的薹高也有明显差异。蕾期薹高和花期薹高的变异系数分别为 53.09% 和 25.20%,分布范围分别在 1.00 ~ 8.00 cm 和 15.36 ~ 49.70 cm 之间。2 个时期的薹高差的变化范围在 11.03 ~ 48.37 cm 之间。花薹长短与显蕾和开花时期并未呈现一一对应的关系。抽薹速度反映了在植株显蕾后到开花这段时间的花薹伸长速度,其变异系数为 30.86%,分布范围在 0.40 ~ 1.61 cm/d 之间。

对在鉴定中显蕾开花的 64 份材料的 7 个评价指标进行双方面分类的方差分析,结果显示,不同材料间的差异均具有统计学意义,表明在 4 ℃ 处理 21 d 的春化条件下,供试萝卜材料不仅在能否抽薹上具有一定差异,且已抽薹开花的材料,其耐抽薹特性也呈现较大差异。为了检测调查数据的可靠性,对评价指标的重复间进行显著性分析,其中显蕾期的差异有统计学意义,受其影响,抽薹天数差异也具有统计学意义,表明该指标的调查结果更易受基因型差异及外界环境条件的影响。

表 3 耐抽薹性相关指标的基本分析结果

Table 3 Basic analysis results of indexes related with tolerance to bolting

性状 Traits	平均值 Average	标准差 SD	变异系数 (%) CV	最大值 Max.	最小值 Min.	极差 Range
显蕾期(d)BD	64.50	13.67	21.19	104.00	29.00	75.00
开花期(d)FD	92.65	14.11	15.23	132.71	66.16	66.55
蕾期薹高(cm)BH	2.95	1.57	53.09	8.00	1.00	7.00
花期薹高(cm)FH	27.14	6.84	25.20	49.70	15.36	34.34
抽薹天数(d)ND	28.14	5.61	19.92	43.59	18.97	24.62
薹高差(cm)DH	24.21	6.59	27.24	48.37	11.03	37.34
抽薹速度(cm/d)BS	0.87	0.27	30.86	1.61	0.40	1.21

2.2.2 不同评价指标的次数分布 对显蕾开花的 64 份萝卜种质的 7 项耐抽薹性相关指标的测定数据按照 1.2.3 中的 10 级模式进行分级,根据各级别的种质份数分别绘制各指标的次数分布图(图 1 ~ 图 7)。从分布特性看,7 个评价指标基本符合正态分布的特点,蕾期薹高略向低值区域偏离。

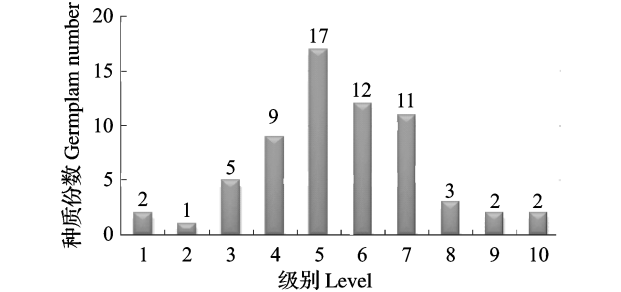


图 1 显蕾期次数分布图

Fig. 1 Distribution plot for budding date

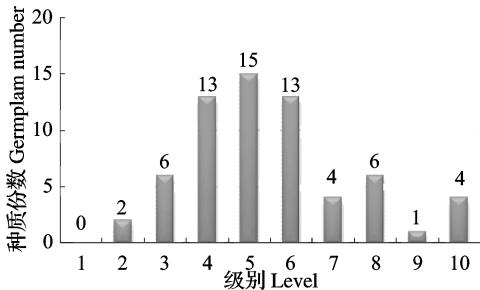


图 2 开花期次数分布图

Fig. 2 Distribution plot for flowering date

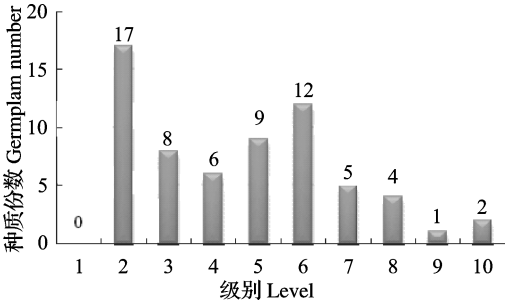


图 3 蕾期薹高次数分布图

Fig. 3 Distribution plot for stem height at budding stage

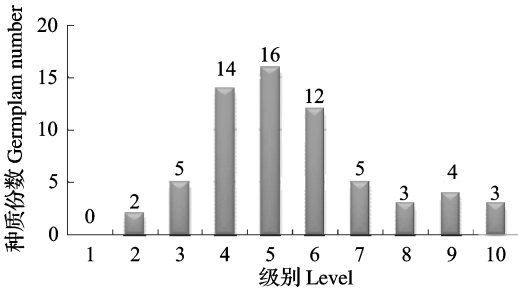


图 4 花期薹高次数分布图

Fig. 4 Distribution plot for stem height at flowering stage

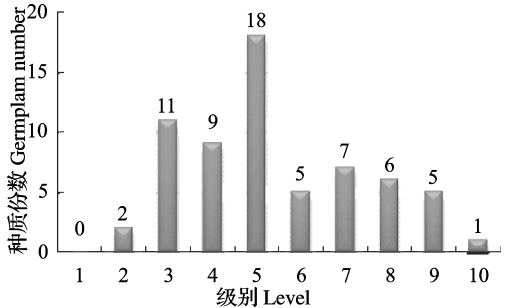


图 5 抽薹天数次数分布图

Fig. 5 Distribution plot for number of bolting days

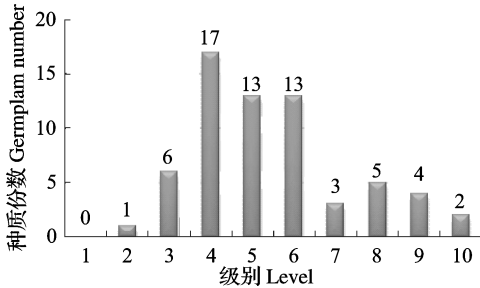


图 6 薹高差次数分布图

Fig. 6 Distribution plot for difference of stem height

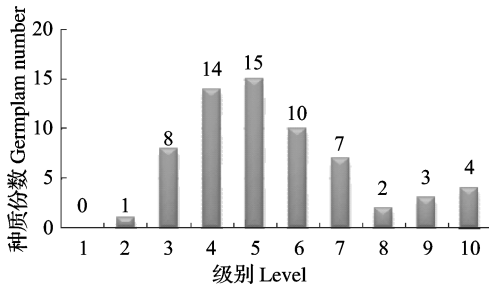


图 7 抽薹速度次数分布图

Fig. 7 Distribution plot for bolting speed

2.3 抽薹性评价指标的相关性分析

为了进一步研究耐抽薹评价指标间的协同变异程度,利用 SAS 软件对 64 份种质的 7 个评价指标进行相关性分析,结果见表 4。从表 4 中数据可以明显看出,不同萝卜种质的显蕾期(BD)和开花期(FD)为极显著正相关,相关系数达到 0.920。高度的相关性表明,可选取其中 1 个指标进行萝卜大量种质资源的鉴定评价。其中开花期只需目测即可完成,简单易行,可操作性强,试验误差小,是首选的耐抽薹性评价指标;抽薹速度(BS)与花期薹高(FH)、薹高差(DH)、抽薹天数(ND)的相关性均达到极显著水平,这 4 个指标均描述了显蕾至开花这一段时间萝卜植株抽薹的快慢。抽薹速度这一指标综合了其他 4 个指标的描述特性,较好地反映了不同萝卜种质抽薹能力。

表 4 耐抽薹性相关指标的相关性分析

Table 4 Correlation analysis of bolting index

	BD	FD	BH	FH	ND	DH	BS
BD	1						
FD	0.920 **	1					
BH	0.043	-0.061	1				
FH	0.050	0.069	0.224	1			
ND	-0.115	0.283 *	-0.258 *	0.058	1		
DH	0.044	0.086	0.004	0.974 **	0.114	1	
BS	0.078	-0.118	0.149	0.797 **	-0.491 **	0.787 **	1

* 表示相关性达显著水平, ** 表示相关性达极显著水平

* indicates significant correlation, ** indicates highly significant correlation

2.4 不同评价指标的主成分分析

利用 SAS 软件对 64 份抽薹开花种质的 7 个耐抽薹相关指标进行主成分分析。计算各成分的特征值并选择主成分个数。其中前 3 项成分包含了 7 个评价指标 87% 的信息,符合统计的要求^[6]。第 1 主成分包括花期薹高、薹高差和抽薹速度 3 个指标,均用于描述植株抽薹的速度;第 2 主成分主要包括显蕾期和开花期,主要描述抽薹性的早晚;第 3 主成分主要包括抽薹天数和蕾期薹高 2 个指标。

将选择的前 3 项主成分作为聚类变量,采用类

平均数法,用 CLUSTER 和 TREE 过程对 64 份萝卜种质进行系统聚类分析,结果见图 8。在距离系数约 1.2 处,64 份萝卜种质从下到上明显分为 4 类群,各类群各项指标平均值见表 5。第 I 类群(编号 29 和 56)和第 III 类群(编号 73 和 78)均只包括 2 份种质,第 II 类群仅包括 1 份油萝卜种质,其余 59 份种质并未明显分开,聚为第 IV 类群。在第 I 类群和第 III 类群中,4 份材料的显蕾期和开花期相近,均比

第 IV 类群种质的相关指标晚 30 d 左右,表现为晚抽薹。而第 III 类群种质的平均抽薹速度仅为第 I 类群种质的 56.71%,差异很大。第 I 类群为抽薹晚但抽薹快的种质,第 III 类群是抽薹晚且抽薹慢的种质。第 II 类群油萝卜种质的显蕾期和开花期均比第 IV 类群种质的平均指标早 30 d 左右,抽薹速度仅为第 IV 类群种质的 45.45%,为早抽薹但抽薹较慢的种质。

表 5 4 类群各项指标的平均值
Table 5 Every index average of 4 groups

类群	份数	显蕾期(d)	开花期(d)	蕾期薹高	花期薹高	抽薹天数	薹高差	抽薹速度
Group	Number	BD	FD	(cm) BH	(cm) FH	(d) ND	(cm) DH	(cm/d) BS
I	2	90.90	122.54	3.00	45.62	31.64	42.62	1.34
II	1	29.47	66.16	1.00	15.59	36.68	14.59	0.40
III	2	98.94	126.30	3.50	24.22	27.36	20.72	0.76
IV	59	63.04	90.94	2.94	26.81	27.91	23.86	0.88

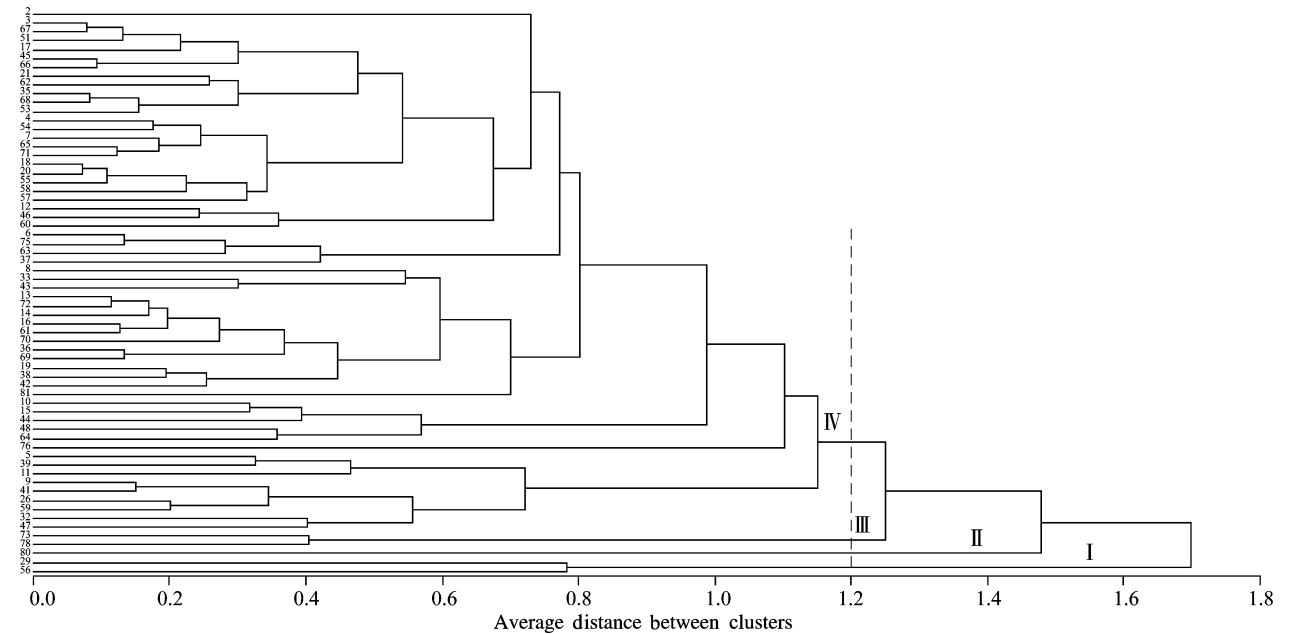


图 8 基于 7 个抽薹性指标的主成分聚类图
Fig. 8 Dendrogram of principal component clustering based on 7 bolting related indexes

2.5 萝卜种质耐抽薹性的综合评价

利用隶属函数法综合评价萝卜的耐抽薹性,计算 64 份萝卜种质 7 项指标的平均隶属度,主要分布在 0.24~0.69 之间。按照平均隶属度将萝卜种质的抽薹性分为 5 组,分组结果见表 6,各组不同指标的平均值见表 7。在 64 份材料中,耐抽薹种质(T)为 9 份,包括主成分分析中第 III 类群的 2 份材料。其开花期(FD)和显蕾期(BD)平均值分别为 78.94 d 和 111.96 d,抽薹速度(BS)低至 0.61 cm/d。在 9 份耐抽薹种质中,6 份来自国外,其中日本 3 份、韩国 2 份、

乌克兰 1 份,中国的河北、北京和陕西各 1 份;就萝卜的不同变种分类来看,大萝卜 7 份,樱桃萝卜和黑萝卜各 1 份;从产品器官的主要特性看,白皮白肉、白绿皮白肉及红皮白肉的各 2 份,黑皮白肉的有 1 份。14 份种质被划分为不耐抽薹(LT)级别,其平均开花期(FD)和显蕾期(BD)分别为 58.38 d 和 84.72 d,明显早于其他 2 类种质。平均花期薹高(FH)为 35.95 cm,比中等耐抽薹种质(MT)高近 10 cm,抽薹速度(BS)高达 1.26 cm/d。其中 59 号的隶属度最低,为 0.24,为供试材料中表现最不耐抽薹的种质,该材料是来源于

我国山东省德州的心里美萝卜。中等耐抽薹种质 (T)与不耐抽薹种质(LT)之间。在 64 份种质中,未 (MT)包括 41 份材料,各项指标均介于耐抽薹种质 划分出极耐抽薹和极不耐抽薹种质。

表 6 平均隶属度及耐抽薹性级别

Table 6 Average membership and tolerance to bolting

编号 No.	平均隶属度 Average membership	耐抽薹性 Tolerance	编号 No.	平均隶属度 Average membership	耐抽薹性 Tolerance	编号 No.	平均隶属度 Average membership	耐抽薹性 Tolerance
2	0. 65	T	32	0. 41	MT	59	0. 24	LT
3	0. 53	MT	33	0. 33	LT	60	0. 58	MT
4	0. 54	MT	35	0. 51	MT	61	0. 49	MT
5	0. 30	LT	36	0. 49	MT	62	0. 50	MT
6	0. 46	MT	37	0. 52	MT	63	0. 43	MT
7	0. 60	T	38	0. 38	LT	64	0. 65	T
8	0. 49	MT	39	0. 35	LT	65	0. 64	T
9	0. 34	LT	41	0. 36	LT	66	0. 49	MT
10	0. 52	MT	42	0. 35	LT	67	0. 46	MT
11	0. 32	LT	43	0. 35	LT	68	0. 52	MT
12	0. 52	MT	44	0. 57	MT	69	0. 45	MT
13	0. 55	MT	45	0. 52	MT	70	0. 46	MT
14	0. 48	MT	46	0. 58	MT	71	0. 56	MT
15	0. 63	T	47	0. 31	LT	72	0. 43	MT
16	0. 41	MT	48	0. 69	T	73	0. 68	T
17	0. 54	MT	51	0. 55	MT	75	0. 56	MT
18	0. 48	MT	53	0. 48	MT	76	0. 55	MT
19	0. 37	LT	54	0. 68	T	78	0. 66	T
20	0. 55	MT	55	0. 48	MT	80	0. 51	MT
21	0. 45	MT	56	0. 33	LT	81	0. 45	MT
26	0. 32	LT	57	0. 51	MT			
29	0. 51	MT	58	0. 44	MT			

表 7 隶属函数法相关指标的基本分析结果

Table 7 Basic analysis results of subordinate function with related indexes

耐抽薹性 Tolerance	份数 Number	显蕾期 (d)BD	开花期 (d)FD	蕾期薹高 (cm)BH	花期薹高 (cm)FH	抽薹天数 (d)ND	薹高差 (cm)DH	抽薹速度 (cm/d)BS
T	9	78. 94	111. 96	3. 26	23. 16	33. 02	19. 90	0. 61
MT	41	63. 43	91. 12	2. 83	25. 01	27. 69	22. 18	0. 82
LT	14	58. 38	84. 72	3. 04	35. 95	26. 35	32. 91	1. 26

3 讨论

3.1 萝卜耐抽薹鉴定评价方法

3.1.1 春化处理 萝卜是种子春化植物,春化温度和时间以及光周期是影响植物抽薹开花的关键因素。毛忠良等^[7]、慧麦侠等^[8]和杨暹等^[9]分别在花椰菜、白菜和芥兰上研究证明春化温度影响不同品种的抽薹开花,温度越低,春化效果越显著。S. Tzay- Fa^[10]认为,萝卜在 5 ℃处理 20 d 可以完全通过春化。在2 ~

4 ℃条件下春化处理已萌动的萝卜种子,在 10 ~ 30 d 内随着春化天数的增加,萝卜抽薹开花期提前,且抽薹率提高^[11]。汪炳良等^[12]将冬性品种一点红和春性品种短叶 13 的萌动种子在 5 ℃和10 ℃条件下分别处理 10 ~ 40 d,结果表明,低温处理明显促进了萝卜花芽分化和显蕾、抽薹及开花。宋正旭等^[13]用 3 份萝卜材料的单株种子低温处理后春播,经春化处理 21 d 栽入日光温室后 35 d 不抽薹的单株,其后代有可能 4 月中旬露地播种不抽薹。在本试验中,采用 4 ℃春化

处理 21 d 进行萝卜耐抽薹性的评价,64 份材料通过春化并抽薹开花,占总材料数的 87.67%,表明 4 ℃ 春化处理 21 d 对大多数萝卜种质而言是较适宜的春化处理条件,但对少数极耐抽薹种质则需要延长春化处理时间以使其抽薹开花。

3.1.2 鉴定评价指标 为了进一步筛选适宜萝卜耐抽薹鉴定的评价指标,本研究共采用与抽薹早晚和抽薹快慢相关的 7 项指标进行比较分析。结果显示,显蕾期和抽薹天数的试验重复间差异有统计学意义,表明其可重复性差,易受环境影响,与已报道的结果一致^[1]。主成分分析结果显示,第 1 主成分和第 2 主成分累积贡献率达 0.68,从抽薹早晚和抽薹速度两方面描述了萝卜的抽薹性。相关性分析表明,显蕾期和开花期呈极显著正相关关系,相关系数达 0.92,可选取其中一个指标进行评价分析。显蕾期的调查时间早,可快速评价萝卜种质的抽薹性,但费时费力且易受环境影响。开花期调查准确、简便,但所需鉴定评价时间较长。在实际应用中,可根据不同试验要求,确定评价指标,在降低人力成本的同时提高数据的准确性。抽薹速度与花期薹高、薹高差和抽薹天数的相关性均达到极显著水平,综合了其他指标的特性,较好地反映了不同萝卜种质在抽薹快慢上的差异。在试验群体较大时,也可考虑选用花期薹高简单评价不同萝卜种质的抽薹速度。

3.1.3 不同数据处理及分析方法的比较 主成分分析方法主要是利用多个主成分,对材料进行综合比较,将性状相近的材料聚在一起,便于判断不同材料之间的差异性。而隶属函数法根据性状与研究目标的正负相关性分别计算隶属度,依据隶属度平均值进行分类,可以消除个别指标带来的片面性,使总体差异更具可比性。在本试验中,利用主成分分析方法鉴定评价萝卜种质的抽薹性,由于同类指标被划分在同一主成分中,因而在抽薹早晚和抽薹快慢方面表现不同的种质均被分在不同的类群中,较好地反映了萝卜种质在抽薹性方面的差异。而隶属函数法的评价结果虽大部分与主成分分析结果一致,但由于对所有评价指标采用平均的权重分配,导致个别种质的耐抽薹性综合评价结果略有不同。

3.2 不同类型萝卜种质的耐抽薹鉴定评价

不同类型耐抽薹萝卜种质的筛选评价是萝卜优异种质创新的重要基础。从目前的鉴定评价结果看,耐抽薹萝卜材料大多来源于国外材料,且多为大白萝卜资源。赵丽萍^[14]在进行萝卜的耐抽薹性标记研究时,共选用了 35 份耐抽薹品种,分别

来自韩国(18 份)、日本(10 份)和中国(7 份),国外材料占到 80%,其中极晚抽薹的材料均来源于日本和韩国。本试验中,在 73 份供试种质中评价筛选出 9 份极耐抽薹和 9 份耐抽薹种质,其中 15 份来源于国外,这与前人结果一致。而据李鸿渐等^[15]记载,我国长江中下游和青藏高原有耐抽薹的品种群,分别为长白品种群和长红品种群,代表性品种有黑叶头、武汉的春不老和拉萨大萝卜等。从不同品种特性看,青萝卜与白萝卜相比较易抽薹,樱桃萝卜的耐抽薹性介于二者之间,目前这两类萝卜的耐抽薹材料均较少。在本研究中,供试的 4 份青萝卜种质(编号 68~71)均表现为中等耐抽薹,但在 3 份樱桃萝卜种质中筛选获得了 1 份极耐抽薹材料(编号 79)。我国具有丰富的萝卜种质资源,目前在国家蔬菜种质资源中期库中收集保存了萝卜资源 2125 份,其中约 2000 份均为我国地方品种。因此,我国萝卜种质资源的耐抽薹性鉴定及筛选对加快我国萝卜耐抽薹优异种质创新和新品种选育具有重要意义。

参考文献

- [1] 余阳俊,赵岫云,徐家炳,等. 大白菜室内苗期冬性鉴定方法研究[J]. 园艺学进展,2000(4):308-311
- [2] 余阳俊,张凤兰,赵岫云,等. 大白菜晚抽薹性快速评价方法[J]. 中国蔬菜,2004(6):16-18
- [3] 杨小明. 春甘蓝耐抽薹性鉴定方法的研究[D]. 重庆:西南大学,2009
- [4] 黄丹琼,龚义勤,张慧蓉,等. 萝卜花芽分化特征与抽薹特性快速鉴定[C]//中国园艺学会十字花科蔬菜分会第六届学术研讨会暨新品种展示会论文集. 北京:中国园艺学会,2008
- [5] 张文娥,王飞,潘学军. 应用隶属函数法综合评价葡萄种间抗寒性[J]. 果树学报,2007,24(6):849-853
- [6] 张尧庭,方开泰. 多元统计分析引论[M]. 北京:科学出版社,1982:332-339
- [7] 毛忠良,潘耀平,岱忠良,等. 花椰菜的花蕾异常及防止[J]. 江西园艺,2001(6):26-27
- [8] 慧麦侠,张鲁刚,巩振辉,等. 春化温度对大白菜花芽分化和抽薹的影响[J]. 西北植物学报,2004,24(12):2359-2361
- [9] 杨暹,杨运英. 苗期温度对芥兰花芽分化、产量与品质形成的影响[J]. 华南农业大学学报:自然科学版,2002,23(2):5-7
- [10] Tzay-Fa S. Effect of day and night temperature variation and of high temperature on devernalization in radish[J]. Acta Hort., 2000,514:157-162
- [11] 王淑芬,徐文玲,何启伟,等. 春化深度对萝卜抽薹的影响及抽薹过程中 GA₃ 和 IAA 含量的变化[J]. 山东农业科学,2003(6):20-21
- [12] 汪炳良,邓俭英,曾广文. 萌动种子低温处理对萝卜花芽分化及植株生长影响[J]. 浙江大学学报,2003,29(5):504-508
- [13] 宋正旭,周英,李凌,等. 春萝卜耐抽薹性鉴定及留种方法研究[J]. 山东农业科学,2009(5):27-28
- [14] 赵丽萍. 萝卜抽薹性遗传分析与春萝卜种质标记鉴定[D]. 南京:南京农业大学,2007
- [15] 李鸿渐,汪隆植,张谷雄. 以春化特性为基础的萝卜品种分类的探讨[J]. 南京农学院学报,1983(3):31-35