

速生型大白菜种质资源耐抽薹性鉴定与综合评价

张淑霞, 杨晓云, 司朝光, 张清霞, 宋永骏

(青岛市农业科学研究院 山东青岛 266100)

摘要:以 98 份速生型大白菜种质为研究对象, 选用与抽薹开花相关的 7 个主要特征性状为耐抽薹性评价指标, 进行相关性分析、主成分分析和隶属函数分析, 综合评价速生型大白菜种质的耐抽薹性。结果表明, 蕾期薹高变异系数最大, 开花期的变异系数最小。相关性分析表明, 现蕾期与开花期存在极显著正相关, 说明观测现蕾期和开花期均可以判定试材的抗抽薹性, 简单可靠。开花期薹高与薹高差存在极显著正相关, 说明开花期薹高可以表明材料的抽薹速度。主成分分析将 7 个指标转化为 2 个主成分因子, 累计贡献率达 79.325 2%。采用隶属函数法将 98 份种质划分为 3 个类型, 筛选出耐抽薹种质 11 份。

关键词:速生型大白菜; 种质资源; 抽薹性; 评价

中图分类号: S634.1

文献标志码: A

文章编号: 1673-2871(2025)07-054-08

Identification and comprehensive evaluation of resistance to bolting in fast-growing Chinese cabbage germplasm resource

ZHANG Shuxia, YANG Xiaoyun, SI Chaoguang, ZHANG Qingxia, SONG Yongjun

(Qingdao Academy of Agricultural Science, Qingdao 266100, Shandong, China)

Abstract: Taking 98 fast-growing Chinese cabbage germplasm as research objects, 7 main characteristic traits related to bolting and flowering were selected as the evaluation indicators for bolting tolerance. Correlation analysis, principal component analysis, and membership function analysis were conducted to comprehensively evaluate the bolting tolerance of fast-growing Chinese cabbage germplasm. The results showed that the highest coefficient of variation was the bud stage, while the lowest coefficient of variation was the flowering stage. The correlation analysis showed that there was a highly significant positive correlation between the budding stage and the flowering stage, indicating that observing both the budding and flowering stages could determine the resistance of the tested materials to bolting, which was simple and reliable. There was a highly significant positive correlation between the height of flowering period and the height difference of flowering period, indicating that the size of flowering period could indicate the bolting speed of the material. Principal component analysis converted 7 indicators into 2 principal component factors, with a cumulative contribution rate of 79.325 2%. The 98 germplasm resources were divided into 3 types using the membership function method, and 11 germplasm resources were screened for their resistance to bolting.

Key words: Fast-growing Chinese cabbage; Germplasm resource; Bolting; Evaluation

大白菜是我国种植的主要蔬菜之一, 近年来, 随着消费习惯的改变, 速生型大白菜(快菜)因其速生、耐揉、丰产、抗热、抗逆等特点备受消费者喜爱, 在生产中种植面积大量增加^[1-2]。种植类型也从开始的耐热耐湿型转向多季节发展, 春季、高山冷凉和越冬类型种植面积逐年增加, 因此耐抽薹类型品种的市场需求也在不断增加^[3-5]。大白菜是种子春化植物, 春化温度、时间及光周期是影响抽薹开花

的关键因素。目前, 针对大白菜、甘蓝、萝卜等十字花科作物的耐抽薹性鉴定已有很多方法。余阳俊等^[6-7]研究认为, 显蕾期、短缩茎(薹)长及抽薹指数可作为大白菜耐抽薹性评价指标。杨小明^[8]研究田间鉴定春甘蓝耐抽薹性的指标是叶球的紧实度。张素君等^[9]认为, 花期薹高可用以评价萝卜的耐抽薹能力且简单易行。杨平等^[10]在芜菁的研究中认为显蕾期、开花期、抽薹时间及叶片数 4 个指标可代

收稿日期: 2024-11-04; 修回日期: 2025-03-09

基金项目: 青岛市科技惠民示范引导专项(22-3-7-xdny-3-nsh)

作者简介: 张淑霞, 女, 研究员, 主要从事大白菜新品种选育及栽培技术研究。E-mail: smppe@126.com

表所有抽薹指标 85.34%的信息。速生型大白菜生长期短,春季种植直播 35~40 d 即可采收,采收时短缩茎即使已伸长现蕾,有的品种花薹也不会伸出外叶轮廓顶部或生长速度慢,对产量影响不显著。因此,速生型大白菜耐抽薹性的评价指标能否等同结球大白菜还需进一步研究。

目前,针对耐抽薹性的研究多是将试材在标准的温度和光照处理下通过春化后进行,笔者从事大白菜育种工作多年,在实际育种过程中发现标准的光、温处理和自然条件下通过春化,两种条件下鉴定得到的育种材料在耐抽薹性上有时不一致。青岛地区每年 1—3 月气温波动幅度较大,低温时间长且连续,为自然条件下春化十字花科类蔬菜耐抽

薹鉴定提供了适宜的试验环境条件。笔者利用 98 份速生型大白菜种质,通过种子直播的方式在自然条件下通过春化,采用遗传多样性分析、相关性分析、主成分分析和隶属函数法对其性状指标进行分析,筛选速生型大白菜种质耐抽薹性评价指标,为后续耐抽薹速生型大白菜育种提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料

试验选用 98 份速生型大白菜自交系,均由青岛市农业科学研究院提供。材料名称与来源见表 1。

1.2 方法

试验于 2023 年 1—5 月在青岛市农业科学研究

表 1 参试速生型大白菜种质来源
Table 1 Germplasm origin of fast-growing Chinese cabbage for testing

编号 No.	名称 Name	来源 Origin	编号 No.	名称 Name	来源 Origin
1	极光快菜-1 Jiguangkuaicai-1	北京慕兰多国际农业有限公司 Beijing Mulanduo International Agriculture Co., Ltd.	16	速生 2 号-1 Susheng No. 2-1	青岛兴业种子有限公司 Qingdao Xingye Seed Co., Ltd.
2	速生 568-1 Susheng 568-1	青岛胶研种苗有限公司 Qingdao Jiaoyan Seedling Co., Ltd.	17	早熟 8 号-1 Zaoshu No. 8-1	浙江依农种业有限公司 Zhejiang Yinong Seed Industry Co., Ltd.
3	速生 368-1 Susheng 368-1	青岛胶研种苗有限公司 Qingdao Jiaoyan Seedling Co., Ltd.	18	牛早秋-1 Niuzaoqiu-1	山东鲁蔬种业有限责任公司 Shandong Lushu Seed Industry Co., Ltd.
4	极品快菜-1 Jipinkuaicai-1	北京龙耘种业有限公司 Beijing Longyun Seed Industry Co., Ltd.	19	夏阳-1 Xiayang-1	梅州市三农种业有限公司 Meizhou Sannong Seed Industry Co., Ltd.
5	快丰快菜-1 Kuaifengkuaicai-1	北京龙耘种业有限公司 Beijing Longyun Seed Industry Co., Ltd.	20	南白 1 号-1 Nanbai No. 1-1	不详 Unknown
6	快丰快菜-2 Kuaifengkuaicai-2	北京龙耘种业有限公司 Beijing Longyun Seed Industry Co., Ltd.	21	新 5 号-1 Xin No. 5-1	浙江依农种业有限公司 Zhejiang Yinong Seed Industry Co., Ltd.
7	碧莹-1 Biying-1	北京宜才园农业科技推广有限公司 Beijing Yicaiyuan Agricultural Technology Promotion Co., Ltd.	22	CRKZ1-1	青岛市农业科学研究院 Qingdao Academy of Agricultural Science
8	京研快菜-1 Jingyankuaicai-1	京研益农(北京)种业科技有限公司 Jingyan Yinong(Beijing) Seed Industry Technology Co., Ltd.	23	绿岭速腾 5 号-1 Lulingsuteng No. 5-1	南京绿领种业有限公司 Nanjing Green Collar Seed Industry Co., Ltd.
9	MS61-1	青岛市农业科学研究院 Qingdao Academy of Agricultural Science	24	绿岭速腾 5 号-2 Lulingsuteng No. 5-2	南京绿领种业有限公司 Nanjing Green Collar Seed Industry Co., Ltd.
10	南韩 6 号-1 Nanhan No. 6-1	不详 Unknown	25	绿岭速腾 5 号-3 Lulingsuteng No. 5-3	南京绿领种业有限公司 Nanjing Green Collar Seed Industry Co., Ltd.
11	绿岭速腾-1 Lvlingsuteng-1	南京绿领种业有限公司 Nanjing Green Collar Seed Industry Co., Ltd.	26	极光快菜-2 Jiguangkuaicai-2	北京慕兰多国际农业有限公司 Beijing Mulanduo International Agriculture Co., Ltd.
12	南快 1 号-1 Nankuai No. 1-1	不详 Unknown	27	速生 568-2 Susheng 568-2	青岛胶研种苗有限公司 Qingdao Jiaoyan Seedling Co., Ltd.
13	福禧-1 Fuxi-1	福建福禧种子有限公司 Fujian Fuxi Seed Co., Ltd.	28	速生 368-2 Susheng 368-2	青岛胶研种苗有限公司 Qingdao Jiaoyan Seedling Co., Ltd.
14	福禧-2 Fuxi-2	福建福禧种子有限公司 Fujian Fuxi Seed Co., Ltd.	29	极品快菜-2 Jipinkuaicai-2	北京龙耘种业有限公司 Beijing Longyun Seed Industry Co., Ltd.
15	双耐-1 Shuangnai-1	武汉武蔬种业有限责任公司 Wuhan Wushu Seed Industry Co., Ltd.			

表1 (续)
Table 1 (Continued)

编号 No.	名称 Name	来源 Origin	编号 No.	名称 Name	来源 Origin
30	快丰快菜-3 Kuaifengkuaicai-3	北京龙耘种业有限公司 Beijing Longyun Seed Industry Co., Ltd.	52	德阳王 Deyangwang	福州农播王种苗有限公司 Fuzhou Nongbowang Seed Co., Ltd.
31	快丰快菜-4 Kuaifengkuaicai-4	北京龙耘种业有限公司 Beijing Longyun Seed Industry Co., Ltd.	53	浙白8号 Zhebai No. 8	浙江依农种业有限公司 Zhejiang Yinong Seed Industry Co., Ltd.
32	碧莹-2 Biying-2	北京宜才园农业科技推广有限公司 Beijing Yichaiyuan Agricultural Technology Promotion Co., Ltd.	54	快丰快菜-5 Kuaifengkuaicai-5	北京龙耘种业有限公司 Beijing Longyun Seed Industry Co., Ltd.
33	京研快菜-2 Jingyankuaicai-2	京研益农(北京)种业科技有限公司 Jingyan Yinong(Beijing) Seed Industry Technology Co., Ltd.	55	绿岭快菜 Lvlingkuaicai	南京绿领种业有限公司 Nanjing Green Collar Seed Industry Co., Ltd.
34	MS61-2	青岛市农业科学研究院 Qingdao Academy of Agricultural Science	56	CRK8	青岛市农业科学研究院 Qingdao Academy of Agricultural Science
35	南韩6号-2 Nanhan No. 6-2	不详 Unknown	57	新5号-3 Xin No. 5-3	浙江依农种业有限公司 Zhejiang Yinong Seed Industry Co., Ltd.
36	绿岭速腾-2 Lülingsuteng-2	南京绿领种业有限公司 Nanjing Green Collar Seed Industry Co., Ltd.	58	夏阳303 Xiayang 303	梅州市三农种业有限公司 Meizhou Sannong Seed Industry Co., Ltd.
37	南快1号-2 Nankuai No. 1-2	不详 Unknown	59	地方品种 Landrace	山东 Shandong
38	福禧-3 Fuxi-3	福建福禧种子有限公司 Fujian Fuxi Seed Co., Ltd.	60	飞毛腿快菜-1 Feimaotuihuaicai-1	北京慕兰多国际农业有限公司 Beijing Mulanduo International Agriculture Co., Ltd.
39	福禧-4 Fuxi-4	福建福禧种子有限公司 Fujian Fuxi Seed Co., Ltd.	61	飞毛腿快菜-2 Feimaotuihuaicai-2	北京慕兰多国际农业有限公司 Beijing Mulanduo International Agriculture Co., Ltd.
40	双耐-2 Shuangnai-2	武汉武蔬种业有限责任公司 Wuhan Wushu Seed Industry Co., Ltd.	62	全能快菜 Quannengkuaicai	北京龙耘种业有限公司 Beijing Longyun Seed Industry Co., Ltd.
41	速生2号-2 Susheng No. 2-2	青岛兴业种子有限公司 Qingdao Xingye Seed Co., Ltd.	63	新极品快菜一号-1 Xinjipinkuaicai No. 1-1	北京龙耘种业有限公司 Beijing Longyun Seed Industry Co., Ltd.
42	早熟8号-2 Zaoshu No. 8-2	浙江依农种业有限公司 Zhejiang Yinong Seed Industry Co., Ltd.	64	速生368-3 Susheng 368-3	青岛胶研种苗有限公司 Qingdao Jiaoyan Seedling Co., Ltd.
43	牛早秋-2 Niuzaoqiu-2	山东鲁蔬种业有限责任公司 Shandong Lushu Seed Industry Co., Ltd.	65	新苗二号-3 Xinmiao No. 2-3	河南九圣禾新科种业有限公司 Henan Jiushenghe New Science Seed Industry Co., Ltd.
44	夏阳-2 Xiayang-2	梅州市三农种业有限公司 Meizhou Sannong Seed Industry Co., Ltd.	66	新苗二号-4 Xinmiao No. 2-4	河南九圣禾新科种业有限公司 Henan Jiushenghe New Science Seed Industry Co., Ltd.
45	南白1号-2 Nanbai No. 1-2	不详 Unknown	67	黄白2号-3 Huangbai No. 2-3	不详 Unknown
46	新5号-2 Xin No. 5-2	浙江依农种业有限公司 Zhejiang Yinong Seed Industry Co., Ltd.	68	新极品快菜 一号-2 Xinjipinkuaicai No. 1-2	北京龙耘种业有限公司 Beijing Longyun Seed Industry Co., Ltd.
47	CRKZ1-2	青岛市农业科学研究院 Qingdao Academy of Agricultural Science	69	新苗二号-5 Xinmiao No. 2-5	河南九圣禾新科种业有限公司 Henan Jiushenghe New Science Seed Industry Co., Ltd.
48	绿岭速腾5号-4 Lülingsuteng No. 5-4	南京绿领种业有限公司 Nanjing Green Collar Seed Industry Co., Ltd.	70	快丰快菜-6 Kuaifengkuaicai-6	北京龙耘种业有限公司 Beijing Longyun Seed Industry Co., Ltd.
49	绿岭速腾5号-5 Lülingsuteng No. 5-5	南京绿领种业有限公司 Nanjing Green Collar Seed Industry Co., Ltd.	71	楷地金丝八号-1 Kaidijinsi No. 8-1	汕头市楷农种子有限公司 Shantou Kainong Seed Co., Ltd.
50	绿岭速腾5号-6 Lülingsuteng No. 5-6	南京绿领种业有限公司 Nanjing Green Collar Seed Industry Co., Ltd.	72	地方品种 Landrace	山东 Shandong
51	闽皇快菜 Minhuangkuaicai	福州闽蔬农业科技有限公司 Fuzhou Minshu Agricultural Technology Co., Ltd.	73	飞毛腿快菜-3 Feimaotuihuaicai-3	北京慕兰多国际农业有限公司 Beijing Mulanduo International Agriculture Co., Ltd.

表 1 (续)
Table 1 (Continued)

编号 名称 No. Name	来源 Origin	编号 名称 No. Name	来源 Origin
74 极光快菜-3 Jiguangkuaicai-3	北京慕兰多国际农业有限公司 Beijing Mulanduo International Agriculture Co., Ltd.	87 京研快菜 2 号 Jingyankuaicai No. 2	京研益农(北京)种业科技有限公司 Jingyan Yinong(Beijing) Seed Industry Technology Co., Ltd.
75 速生 368-4 Susheng 368-4	青岛胶研种苗有限公司 Qingdao Jiaoyan Seedling Co., Ltd.	88 京研快菜 4 号 Jingyankuaicai No. 4	京研益农(北京)种业科技有限公司 Jingyan Yinong(Beijing) Seed Industry Technology Co., Ltd.
76 新苗二号-1 Xinmiao No. 2-1	河南九圣禾新科种业有限公司 Henan Jiushenghe New Science Seed Industry Co., Ltd.	89 京丰快菜-2 Jingfengkuaicai-2	北京绿色阳光种子有限公司 Beijing Green Sunshine Seed Co., Ltd.
77 新苗二号-2 Xinmiao No. 2-2	河南九圣禾新科种业有限公司 Henan Jiushenghe New Science Seed Industry Co., Ltd.	90 北京青梗小白菜 Beijing Qinggeng-xiaobaicai	沈阳丰华种业有限公司 Shenyang Fenghua Seed Industry Co., Ltd.
78 新极品快菜二号 Xinjipinkuaicai No. 2	北京龙耘种业有限公司 Beijing Longyun Seed Industry Co., Ltd.	91 丰莹 Fengying	北京宜才园农业科技推广有限公司 Beijing Yicaiyuan Agricultural Technology Promotion Co., Ltd.
79 京丰快菜-1 Jingfengkuaicai-1	北京绿色阳光种子有限公司 Beijing Green Sunshine Seed Co., Ltd.	92 碧莹-3 Biyiing-3	北京宜才园农业科技推广有限公司 Beijing Yicaiyuan Agricultural Technology Promotion Co., Ltd.
80 楷地金丝八号-2 Kaidijinsi No. 8-2	北京龙耘种业有限公司 Beijing Longyun Seed Industry Co., Ltd.	93 双冠 Shuangguan	天津兴科种子有限公司 Tianjin Xingke Seed Co., Ltd.
81 楷地金丝八号-3 Kaidijinsi No. 8-3	北京龙耘种业有限公司 Beijing Longyun Seed Industry Co., Ltd.	94 无双 Wushuang	天津兴科种子有限公司 Tianjin Xingke Seed Co., Ltd.
82 紫快菜-1 Zikuaicai-1	青岛市农业科学研究院 Qingdao Academy of Agricultural Science	95 卓生快菜 Zhuoshengkuaicai	北京卓生农业科技有限公司 Beijing Zhuosheng Agricultural Technology Co., Ltd.
83 紫快菜-2 Zikuaicai-2	青岛市农业科学研究院 Qingdao Academy of Agricultural Science	96 麒麟 1 号 Qilin No. 1	温州市神鹿种业有限公司 Wenzhou Shenlu Seed Industry Co., Ltd.
84 黄白 1 号 Huangbai No. 1	不详 Unknown	97 麒麟 2 号 Qilin No. 2	温州市神鹿种业有限公司 Wenzhou Shenlu Seed Industry Co., Ltd.
85 黄白 2 号-1 Huangbai No. 2-1	不详 Unknown	98 京研快菜-3 Jingyankuaicai-3	京研益农(北京)种业科技有限公司 Jingyan Yinong(Beijing) Seed Industry Technology Co., Ltd.
86 黄白 2 号-2 Huangbai No. 2-2	不详 Unknown		

院试验基地进行。2023 年 1 月在育苗温室直播 98 份速生型大白菜种子,穴盘育苗,约 7 d 出苗。每份材料保留穴盘苗 18 株,3 次重复。整个育苗期内(约 35 d)温室平均温度为 15 °C,最高为 24 °C,最低为 6 °C,有效光强为 5000~9000 lx。生长期进行虫害防治。幼苗长至 2 叶 1 心时浇灌 1% 商品化全营养液水溶肥 800 倍液(青岛海研)。从第 1 份试材进入现薹期开始调查记录各项指标。

1.3 数据采集与分析

现薹期/d:从播种至肉眼可见植株花薹的时间。

薹期薹高/cm:现薹时从植株基部真叶到花薹的高度。

开花期/d:从播种至植株第一朵花开放的时间。

开花期薹高/cm:开花时从植株基部真叶到第 1 朵花的高度。

抽薹时间/d:从现薹期到开花期的时间。

薹高差/cm:开花期薹高与现薹期薹高的差值。

抽薹速度/(cm·d⁻¹):薹高差/抽薹时间。

用 Excel 进行常规数据处理。用 DPS 和 SPSS 进行相关性分析等分析。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^[11]。

$$U_{ij}=(X_{ij}-X_{j\min})/(X_{j\max}-X_{j\min}); \quad (1)$$

$$U_{ij}=1-(X_{ij}-X_{j\min})/(X_{j\max}-X_{j\min}). \quad (2)$$

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; $X_{j\min}$ 表示所有种类 j 指标的最小值; $X_{j\max}$ 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试材 7 项指标的隶属度,将 7 项指标的算术平均数作为平均隶属度。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 速生型大白菜种质耐抽薹性不同评价指标的基本统计分析

对试验中 98 份试材的抽薹指标进行分析, 结果见表 2。变异系数最大的是薹期薹高, 为

38.65%, 其次是抽薹速度, 为 25.36%; 开花期的变异系数最小, 为 6.01%, 表明不同材料间耐抽薹性差异较大。现薹期和开花期可衡量植物抽薹开花早晚, 也是两个紧密相连的指标, 其极差分别为 21.63 和 21.77 d。抽薹时间的极差为 16.7 d, 表明不同材料间不仅在现薹时间上存在差异, 而且从现薹到开花的时间上也存在差异。薹期薹高和开花期薹高的最大值和最小值分别为 3.73、0.46 cm 和 34.33、13.5 cm。薹高差的变化范围为 11.25~31.52 cm。各材料间抽薹速度也存在较大差异, 变异系数为 25.36%。

表 2 耐抽薹性相关指标的基本统计分析

Table 2 Basic analysis results of indexes related with tolerance to bolting

性状 Traits	平均值 Average	标准差 SD	最大值 Max	最小值 Min	极差 Range	变异系数 CV/%
现薹期 Bad development period/d	63.54	4.72	78.80	57.17	21.63	7.42
薹期薹高 Buds sprout length/cm	1.85	0.71	3.73	0.46	3.27	38.65
开花期 Flowering period/d	77.54	4.66	90.60	68.83	21.77	6.01
开花期薹高 Length of flower/cm	22.77	4.01	34.33	13.50	20.83	17.59
抽薹时间 Days of bolting/d	13.99	2.75	25.20	8.50	16.70	19.68
薹高差 Bolt height difference/cm	20.92	4.01	31.52	11.25	20.27	19.06
抽薹速度 Bolting speed/(cm·d ⁻¹)	1.54	0.39	2.93	0.91	2.02	25.36

2.2 速生型大白菜种质耐抽薹性相关指标的相关性分析

由相关性分析可知, 存在相关性且表现为极显著相关的指标有 14 对, 见表 3。不同材料间现薹期与开花期表现为极显著正相关, 相关系数为 0.96; 现薹期、开花期与抽薹速度间相关系数分别

为-0.51 和-0.58, 表现为极显著负相关, 说明试材现薹及开花时间越长, 其抽薹速度越慢, 这与田间实际表现是一致的。抽薹速度与薹期薹高的相关性达到极显著水平, 相关系数为 0.98, 表明试材抽薹时间越长, 其抽薹速度越慢, 这与田间实际表现一致, 证明了现薹期和开花期作为耐抽薹

表 3 耐抽薹性相关指标的相关性分析

Table 3 Correlation analysis of bolting index

指标 Index	现薹期 Bad development period	薹期薹高 Buds sprout length	开花期 Flowering period	开花期薹高 Length of flower	抽薹时间 Days of bolting	薹高差 Bolt height difference/cm	抽薹速度 Bolting speed
现薹期 Bad development period	1.00						
薹期薹高 Buds sprout length	-0.54**	1.00					
开花期 Flowering period	0.96**	-0.61**	1.00				
开花期薹高 Length of flower	0.37**	-0.06	0.40**	1.00			
抽薹时间 Days of bolting	0.05	0.13	0.26**	0.32**	1.00		
薹高差 Bolt height difference	0.31**	-0.02	0.36**	0.98**	0.39**	1.00	
抽薹速度 Bolting speed	-0.51**	0.98**	-0.58**	0.03	0.14	0.09	1.00

注:**表示在 0.01 水平极显著相关。

Note: ** indicates extremely significant correlation at 0.01 level.

指标的可靠性。

2.3 速生型大白菜耐抽薹性评价指标的主成分分析

对 98 份试材的 7 个耐抽薹相关指标进行主成分分析,结果见表 4。表明第一、第二主成分的特征值均大于 1,具有一定的代表性,方差贡献率分别为 47.502 8% 和 31.822 4%,累计方差贡献率达 79.325 2%,反映了原始变量的绝大部分信息,符合统计的要求。因此,可以选择前 2 个主成分代替原来的 7 个性状指标来评价不同速生型大白菜的耐抽薹性,用于下一步的综合评价分析。

从表 5 中可知,第一、第二主成分的特征值分

表 4 耐抽薹指标主成分分析的特征值及贡献率
Table 4 Characteristic values and contribution rates of principal component analysis of bolting tolerance indicators

主成分 Principal component	特征值 Eigenvalue	贡献率 Contribution rate/%	累计贡献率 Cumulative contribution rate/%
1	3.325 2	47.502 8	47.502 8
2	2.227 6	31.822 4	79.325 2
3	0.800 9	11.441 8	90.767 0
4	0.613 0	8.757 8	99.524 8
5	0.025 9	0.370 4	99.895 2
6	0.006 6	0.094 8	99.989 9
7	0.000 7	0.010 1	100.000 0

表 5 耐抽薹相关性状与主成分之间的向量关系

Table 5 Vector relationship between bolting tolerance related traits and principal components

指标 Index	现薹期 Bad development period	薹期薹高 Buds sprout length	开花期 Flowering period	开花期薹高 Length of flower	抽薹时间 Days of bolting	薹高差 Bolt height difference	抽薹速度 Bolting speed
主成分 1 Principal component 1	0.482 4	-0.414 0	0.512 6	0.306 0	0.112 1	0.279 7	-0.385 7
主成分 2 Principal component 2	-0.047 0	0.370 2	-0.016 5	0.502 6	0.382 4	0.534 6	0.419 4

3 讨论与结论

一种快速有效的耐抽薹性鉴定评价体系的构建可加快筛选耐抽薹种质资源、提高育种效率。笔者将速生型大白菜种质播种后,经自然生长条件通过春化,采用 7 个评价指标在抽薹开花期对 98 份种质进行相关性分析、主成分分析及隶属函数法分析。结果表明,不同指标的变异系数不同,变异系数最大的是薹期薹高,其次是抽薹速度,开花期的变异系数最小,表明不同材料间耐抽薹性差异较大。

相关性分析表明,现薹期和开花期均可以作为

别为 3.325 2、2.227 6。对前两个主成分的特征向量进行分析,结果表明:第一主成分主要受现薹期(0.482 4)、薹期薹高(-0.414 0)和开花期(0.512 6)的影响,且数值较大,其中现薹期和开花期为正效应,薹期薹高为负效应,主要描述植株抽薹的时间;第二主成分主要受开花期薹高(0.502 6)、薹高差(0.534 6)和抽薹速度(0.419 4)的影响,且数值较大,均表现为正效应,主要描述植株抽薹的速度。

2.4 速生型大白菜种质耐抽薹性评价

由表 6 可知,每份试材 7 个指标的平均隶属度分布于 0.29~0.72,可分为 3 组。各组不同指标的平均值见表 7。耐抽薹种质(T, tolerance)11 份,现薹期和开花期平均值分别为 65.19 和 83.50 d,抽薹速度平均为 1.38 cm·d⁻¹,平均隶属度均值为 0.63;中等耐抽薹种质(MT, middle tolerance)60 份,现薹期和开花期平均值分别为 64.63 和 78.54 d,抽薹速度平均为 1.57 cm·d⁻¹,平均隶属度均值为 0.48;不耐抽薹种质(LT, low tolerance)27 份,现薹期和开花期平均值分别为 60.47 和 72.90 d,抽薹速度平均为 1.52 cm·d⁻¹,平均隶属度均值为 0.34。耐抽薹(T, tolerance)种质比不耐抽薹种质(LT, low tolerance)的现薹期和开花期分别晚 4.72 和 10.60 d。98 份种质中无极耐抽薹材料(HT, high tolerance)和极不耐抽薹材料(S, susceptible)。

速生型大白菜耐抽薹性的筛选指标。现薹期、开花期与抽薹速度呈极显著负相关,也佐证了试材抽薹时间越长,其抽薹速度越慢,这与张胜雪等^[12]在萝卜中的研究结果一致。实际应用中可以根据具体情况进行选择,早期对大量速生型大白菜种质资源进行耐抽薹材料筛选时选取开花期即可,简单方便易于操作;现薹期可用于少量试材的鉴定,结果准确。

主成分分析方法主要是采用多个主成分,对试材进行综合比较,将性状相近的材料聚在一起,便于判断不同材料间的差异性^[13-14]。本试验主成分分析中第一、第二主成分累计贡献率为 79.325 2%,

表6 98份速生型大白菜种质的平均隶属度及耐抽薹性评价

Table 6 Evaluation of the average membership degree and bolting tolerance of 98 fast-growing Chinese cabbage germplasm resources

编号 No.	平均隶属度 Average membership	耐抽薹性 Tolerance									
1	0.60	T	26	0.53	MT	51	0.62	T	76	0.45	MT
2	0.45	MT	27	0.44	MT	52	0.42	MT	77	0.51	MT
3	0.56	MT	28	0.44	MT	53	0.46	MT	78	0.36	LT
4	0.37	LT	29	0.35	LT	54	0.37	LT	79	0.35	LT
5	0.30	LT	30	0.42	MT	55	0.72	T	80	0.61	T
6	0.47	MT	31	0.46	MT	56	0.51	MT	81	0.43	MT
7	0.45	MT	32	0.31	LT	57	0.42	MT	82	0.74	T
8	0.39	LT	33	0.49	MT	58	0.51	MT	83	0.60	T
9	0.59	MT	34	0.41	MT	59	0.57	MT	84	0.55	MT
10	0.60	T	35	0.36	LT	60	0.30	LT	85	0.33	LT
11	0.34	LT	36	0.48	MT	61	0.40	MT	86	0.45	MT
12	0.40	MT	37	0.43	MT	62	0.52	MT	87	0.39	LT
13	0.39	LT	38	0.46	MT	63	0.37	LT	88	0.60	T
14	0.43	MT	39	0.56	MT	64	0.47	MT	89	0.35	LT
15	0.24	LT	40	0.59	MT	65	0.44	MT	90	0.50	MT
16	0.50	MT	41	0.50	MT	66	0.47	MT	91	0.51	MT
17	0.43	MT	42	0.43	MT	67	0.31	LT	92	0.35	LT
18	0.45	MT	43	0.34	LT	68	0.46	MT	93	0.49	MT
19	0.41	MT	44	0.56	MT	69	0.55	MT	94	0.32	LT
20	0.62	T	45	0.54	MT	70	0.39	LT	95	0.40	MT
21	0.31	LT	46	0.48	MT	71	0.60	T	96	0.54	MT
22	0.48	MT	47	0.38	LT	72	0.48	MT	97	0.62	T
23	0.41	MT	48	0.48	MT	73	0.48	MT	98	0.30	LT
24	0.54	MT	49	0.48	MT	74	0.58	MT			
25	0.33	LT	50	0.29	LT	75	0.50	MT			

表7 3个类群各相关指标的平均值

Table 7 Average values of relevant indicators for three groups

耐抽薹性 Tolerance	种质份数 Germplasm number	现蕾期 Bad development period/d	蕾期薹高 Buds sprout length/cm	开花期 Flowering period/d	开花期薹高 Length of flower/cm	抽薹时间 Days of bolting/d	薹高差 Bolt height difference/cm	抽薹速度 Bolting speed/(cm·d ⁻¹)	平均隶属度均值 Mean membership degree
T	11	65.19	1.17	83.50	25.63	18.31	24.46	1.38	0.63
MT	60	64.63	1.68	78.54	22.97	13.91	21.29	1.57	0.48
LT	27	60.47	2.49	72.90	21.16	12.42	18.66	1.52	0.34

从抽薹早晚和抽薹速度 2 个方面描述了速生型大白菜的耐抽薹性,这与在菘蓝中的研究结果一致^[15],而张素君等^[9]在萝卜的主成分分析中第一主成分为抽薹速度。与其他作物主成分因子不同的原因可能是选用性状指标不同或属间植物学性状差异较大。

隶属函数法是将多个研究指标相结合共同对作物性状进行综合评价的方法,通过多个指标与目标之间的正、负相关性及平均隶属度,对试验材料

进行综合评价。其优点是消除了单个指标的片面性,突出了整体差异的可比性,在作物的抗性研究中可对多个指标进行综合比较,使评价结果更加全面,更具有可靠性^[16-17]。通过平均隶属度法将速生型大白菜种质的耐抽薹性划分为 3 类,得到 11 份耐抽薹材料。但该方法虽然能够全面反映不同资源材料的综合差异,但工作量大,费工费时。

综上所述,根据速生型大白菜生长速度快的特点、栽培目的和试验目标,现蕾期和开花期均可进行

速生型大白菜耐抽薹性鉴定,不仅简单易行,还可以降低成本,数据准确可靠,对优异种质鉴定、评价和新品种选育具有重要意义。运用外观性状进行抽薹性鉴定易受时间、材料及外界环境的影响,对作物生长情况观测统计时受主观因素的影响较大,因此下一步应在速生型大白菜耐抽薹性状 QTL 定位、耐抽薹性鉴定的分子标记辅助育种技术等方面深入研究,在苗期即可进行耐抽薹性鉴定,省工省时,是提高速生型大白菜耐抽薹品种选育效率的有效途径。

参考文献

- [1] 张凤兰,徐家炳.中国大白菜产业发展现状及品种需求和育种对策[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,2008.
- [2] 王效睦,白静,谢坤,等.我国大白菜种质资源的研究与利用[J].山东农业科学,2016,48(3):143-149.
- [3] 张淑江,李菲,章时蕃,等.“十一五”我国大白菜遗传育种研究进展[J].中国蔬菜,2011(6):1-8.
- [4] 张凤兰,于拴仓,余阳俊,等.“十三五”我国大白菜遗传育种研究进展[J].中国蔬菜,2021(1):22-32.
- [5] 罗智敏,张斌,闻凤英,等.苗用型大白菜品种应用现状及展望[J].中国蔬菜,2014(4):1-3.
- [6] 余阳俊,赵岫云,徐家炳,等.大白菜室内苗期耐抽薹鉴定方法[J].中国蔬菜,2002(1):29-30.
- [7] 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.
- [8] 杨小明.春甘蓝耐抽薹性鉴定方法的研究[J].重庆:西南大学,2009.
- [9] 张素君,邱杨,宋江萍,等.萝卜种质资源耐抽薹性鉴定评价[J].植物遗传资源学报,2014,15(2):262-269.
- [10] 杨平,杨鸿基,杨建超,等.芜菁种质资源抽薹性状鉴定及评价[J].分子植物育种,2022,20(4):1363-1372.
- [11] 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.
- [12] 张胜雪,范伟强,郑思宇,等.青萝卜种质资源耐抽薹性鉴定及亲缘关系分析[J].分子植物育种,2022,20(19):6566-6576.
- [13] 陈重远,张大双,张习春,等.基于主成分分析和聚类分析对籼稻资源品质性状的综合评价[J].分子植物育种,2021,19(24):8330-8340.
- [14] 肖艳,张倩倩,原让花,等.基于主成分分析和聚类分析的大白菜耐抽薹种质资源评价[J].中国瓜菜,2023,36(5):37-43.
- [15] 吴红,丁银花,李霞,等.菘蓝种质资源耐抽薹性评价及耐抽薹种质筛选[J].分子植物育种,2024,22(24):8212-8222.
- [16] 王雪美,范一旋,张瑜,等.菠菜种质资源耐抽薹性评价与分析[J].上海师范大学学报(自然科学版),2023,52(4):432-442.
- [17] 刘娟,黎黎,陆柄辰,等.普通白菜种质资源耐抽薹性评价及耐抽薹种质的筛选[J].中国蔬菜,2019(9):37-43.