

不同迷你胡萝卜品种的生物特性评价及主成分分析

王晓敏^{1,2,3,4}, 潘兵青¹, 王晓艳¹, 张美君¹, 胡新华⁵, 付金军⁵, 高艳明^{1,2,3,4}, 李建设^{1,2,3,4}
(1. 宁夏大学农学院, 银川 750021; 2. 宁夏设施园艺(宁夏大学)技术创新中心, 银川 750021; 3. 宁夏现代设施园艺工程技术研究中心, 银川 750021; 4. 宁夏优势特色作物现代分子育种重点实验室, 银川 750021; 5. 宁夏巨丰种苗有限责任公司, 银川 750021)

摘要: 以5个不同的迷你胡萝卜品种为试验材料, 比较其抗逆性、商品性、产量、肉质根形态、品质性状等共25个指标, 基于主成分分析法、隶属函数法对5个品种进行综合评价, 以期筛选性状优良的品种。结果表明, Propeel产量最高(178 167.70 kg·hm⁻²), 其次是Tastypeel(169 351.90 kg·hm⁻²), 二者显著高于其他3个品种; β -胡萝卜素含量无显著差异; 可溶性固形物含量存在极显著差异, 其中Slendercut最高(18.97%); Slendercut含水量最低, 口感最好; 根中粗、根肩粗、根长、虫害率、抽薹率等对迷你胡萝卜综合性状影响较大; 综合性状最好的是Tastypeel, D值为0.722, 其次是Crispycut和Propeel, 分别为0.688和0.667。Slendercut品质和口感最好, 但产量最低, 可作为高品质胡萝卜栽培; 若兼顾产量、品质及抗逆性, 以Tastypeel最佳。

关键词: 迷你胡萝卜; 主成分分析; 隶属函数分析; 生物学特性

中图分类号: S631.2

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X(2020)02-0309-09

Evaluation of biological characteristics and principal component analysis of different baby carrot varieties

WANG Xiaomin^{1,2,3,4}, PAN Bingqing¹, WANG Xiaoyan¹, ZHANG Meijun¹,
HU Xinhua⁵, FU Jinjun⁵, GAO Yanming^{1,2,3,4}, LI Jianshe^{1,2,3,4}

(1. School of Agriculture, Ningxia University, Yinchuan 750021; 2. Ningxia Facility Horticulture (Ningxia University) Technology Innovation Center, Yinchuan 750021; 3. Ningxia Modern Facility Horticulture Engineering Technology Research Center, Yinchuan 750021; 4. Key Laboratory of Modern Molecular Breeding for Dominant and Special Crops in Ningxia, Yinchuan 750021; 5. Ningxia Jufeng Seedlings Limited Liability Company, Yinchuan 750021)

Abstract: Five baby carrot varieties were used to compare 25 indexes of stress resistance, commodity, yield, fleshy root morphology and quality traits, etc., which were further comprehensively evaluated based on principal component analysis and subordinate function method in order to screen cultivars with good traits. The results showed that Propeel yield was the highest (178 167.70 kg·hm⁻²), followed by Tastypeel (169 351.90 kg·hm⁻²), which were significantly higher than the other three varieties; there was no significant difference in β -carotene content, but there was a significant difference in soluble solid content, of which Slendercut was the highest (18.97%), while slendercut had the lowest water content and the best taste. The root diameter, root shoulder diameter, root length, insect attack rate and bolting percentage had greater impacts on the comprehensive characteristics of baby carrot. Tastypeel had the best comprehensive characteristics with the D value of 0.722, followed by Crispycut and Propeel, with the D value of 0.688 and 0.667, respectively. Slendercut had the best quality and taste, but its yield was the lowest, which could be used as a high-quality carrot cultivation variety. Tastypeel was the best choice with overall consideration of the yield, quality and stress resistance.

Key words: baby carrot; principal component analysis; subordinate function analysis; biological characteristics

胡萝卜 (*Daucus carota* L.) 被誉为“长寿菜”和“土人参”, 营养丰富, 质脆味美, 具有多种保健功能和药用价值^[1-4], 含有丰富的类胡萝卜素, 是天然的抗氧化剂, 能够清除人体内多余的自由基,

收稿日期: 2019-06-26

基金项目: 宁夏回族自治区农业育种专项(NXNYYZ20150303)和2016年宁夏重点研发计划项目园区专项共同资助。

共同第一作者: 王晓敏, 博士, 副教授。E-mail: wangxiaomin_1981@163.com 潘兵青, 本科生。E-mail: 1312508931@qq.com

降低慢性疾病的发生率^[5]。现今胡萝卜成为人们餐桌上不可缺少的食物。我国是世界上最大的生产国,栽培面积占全世界42%^[3],但大多数为普通胡萝卜,迷你胡萝卜的种植面积十分微小,且鲜见相关的报道。随着经济的迅速发展及人民生活水平的提高,普通胡萝卜已不能满足人们对其品质的要求,而迷你胡萝卜较普通胡萝卜口味清淡,口感甜脆,粗纤维少^[6],很受人们的喜爱。20世纪末,美国的迷你胡萝卜产业发展到了顶峰,人均年消费超过5 kg,销量增长一倍之多,大约占到1/3的胡萝卜鲜食市场,其价格高出普通鲜食胡萝卜的1~2倍^[7]。近年来,蔬菜趋向零食化发展,再加上明星效应,网络上、超市中随时可以购买迷你胡萝卜,但大多数直接从美国进口,价格不菲,所以迷你胡萝卜在我国有着广阔的市场。

宁夏地处温带大陆性气候,四季分明,春迟夏短,年平均气温8.5℃左右。这与胡萝卜喜温和凉爽的气候条件^[8]相适应。目前宁夏种植的胡萝卜品种全部为普通胡萝卜,还未进行迷你胡萝卜栽培,所以积极推广适宜宁夏栽培的迷你胡萝卜,将具有较高的经济价值。因此,作者根据宁夏的生产需求,结合迷你胡萝卜栽培技术,于2017年5月20号在银川市永宁县宁夏大学试验农场日光温室阳畦地种植5个迷你胡萝卜品种,通过观察肉质根色泽、中柱色泽、根形、髓心条纹,测定单根质量、肉质根根长、肉质根横径、心柱横径、肉质风味、可溶性固形物含量、β-胡萝卜素含量等25个指标,基于主成分分析法分别对迷你胡萝卜品种主要指标数据标准化后,计算隶属函数值并进行累加,评价其综合性状,以期筛选出适宜宁夏地区栽培的高品质、高风味及高产量的迷你胡萝卜品种,为迷你胡萝卜在宁夏栽培提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

供试材料为中国海升集团提供的5个迷你胡萝卜品种。供试品种编号、名称及来源见表1。

1.2 试验地概况

试验地设在宁夏中部黄河冲积平原永宁县境内宁夏大学实验农场的日光温室阳畦,位于北纬38°38'~38°26',东经105°49'~106°22'。地处中温带干旱气候区,光照充足,昼夜温差大,年平均气温8.7℃,降水量201.4 mm,无霜期平均167 d^[9]。平均日照时数达2 866.7 h,全年太阳总辐射量141.7 kJ·cm⁻²。

表1 供试品种名称及品种来源

Table 1 Name and source of varieties for test		
编号 No.	品种名称 Species name	品种来源 Source
迷你1号 Baby carrot No.1	Slendercut	拜尔-纽内姆
迷你2号 Baby carrot No.2	Tastypeel	孟山都-圣尼斯
迷你3号 Baby carrot No.3	PS07101441	孟山都-圣尼斯
迷你4号 Baby carrot No.4	Crispycut	拜尔-纽内姆
迷你5号 Baby carrot No.5	Propeel	孟山都-圣尼斯

1.3 试验方法

1.3.1 试验设计 试验按照完全随机区组设计,设5个处理,重复3次,每个小区面积9.8 m²,试验区两边各设置1垄保护行,各处理田间管理措施一致。

本试验采取高垄覆膜的栽培方法,播种前深耕翻25~30 cm(耕作深度≥25 cm),按每亩(667 m²)施有机肥150 kg,氮磷钾复合肥40 kg,磷酸二铵40 kg,重过磷酸钙75 kg,硫酸钾25 kg,腐殖酸水溶性肥2袋为基肥。垄底宽80 cm,垄面宽60 cm,垄中距140 cm,沟深30 cm,垄面铺3根滴灌带,6行定植,每行距离滴灌带4 cm,行距约8 cm,株距1.5 cm。于2017年5月20号,采用条播方式进行播种,在每垄上用木棒划出6条浅沟,沟深0.6~0.9 cm,把种子均匀撒播入沟内,覆细砂1 cm左右,播种后覆无纺布。

1.3.2 田间管理 2017年6月14日进行除草间苗,隔1.5 cm留1株苗。采用滴灌的方式,要求播种至出苗每2~3 d滴1次,苗出全后,一般每7 d滴1次水,每次2 h;2017年7月13日进入伏天,2 d滴1次水,每次3~4 h,收获前15 d禁止滴水,防止发生肉质根开裂。定苗后约5 d开始追肥,复合肥(N:P:K=15:6:35)每亩11.91 kg;21 d第2次追肥,每亩施复合肥23.82 kg;28 d第3次追肥,每亩施复合肥17.87 kg;42 d第4次追肥,每亩施复合肥23.82 kg;62 d第5次追肥,每亩施复合肥17.87 kg。定苗后每隔10 d喷低毒药剂防治病虫害。根据植株特征判断,叶片不再生长,不见新叶,下部叶片变黄,于2017年9月23日收获。

1.4 生物学性状的测定方法

1.4.1 观察记载项目指标 收获前统计每小区白粉病发病率及抽薹率。收获后按小区单收计产,每小区随机抽取30株,调查裂根、分叉、病虫害发生情况,统计病害率、虫害率、裂根率、分叉率和商品率;再随机抽取12株,对其单根质量、肉质根根长、肉质根肩横径、肉质根横径、根形、心柱横径、肉质根色泽、心柱色泽、髓心条纹、β-胡萝卜素含量、可溶性固形物含量、含水量和肉质风味进行观测记载。

1.4.2 外观性状的测定方法 将12根胡萝卜分为4组,3根为1组,用1/100的电子秤称量,每组称量后平均值为单根质量;心柱横径测量肉质根顶端肩部到底部膨大处的距离;用游标卡尺测量肉质根横径分为根肩粗和根中粗;心柱横径为根中粗部位的

中柱^[10];肉质根形态分为圆锥和圆柱。观察肉质根的外表皮色泽、韧皮部色泽和心柱色泽是否一致。胡萝卜心柱大小是评价一个胡萝卜品种品质好坏的一个重要指标^[11],心柱越小品质越好。对所测性状进行赋值,具体见表2。

表 2 迷你胡萝卜性状赋值
Table 2 Appraisal traits of baby carrot

商品整齐度赋值 Commodity uniformity assignment	根形赋值 Root shape assignment	三色赋值 Three color assignment	口感赋值 Taste assignment		
高 (1)	圆柱 (1)	三色一样 (2)	甜 (1)	脆 (1)	水 (1)
中 (0)		两色为 (1)	中 (0)	中 (0)	中 (0)
低 (-1)	圆锥 (0)	三色都不同 (0)	苦 (-1)	蔫 (-1)	柴 (-1)
界线赋值 Boundary linear assignment	碎圈赋值 Broken circle assignment	髓心条纹赋值 Medullary stripe assignment	根光洁度赋值 Root finish assignment	绿肩赋值 Green shoulder assignment	
有 (1)	有 (1)	有 (1)	较光 (1)	多 (-3)	
			一般 (0)	中 (-2)	
				少 (-1)	
无 (0)	无 (0)	无 (0)	差 (-1)	无 (0)	

1.4.3 品质性状的测定方法 采收后从各品种中随机选取3个胡萝卜,取其根中段,放入榨汁机中,研磨出胡萝卜汁测定可溶性糖含量;放入研钵中研磨测 β -胡萝卜素含量。可溶性糖含量参考于玉红等^[12]的方法,即用手持可溶性固形物测定仪测定。 β -胡萝卜素含量的测定参照国标规定的方法采用石油醚-丙酮混合溶液萃取可见分光光度计比色法进行测定,具体参考张建华等^[13]的方法。按照上述的选取方法,参考王新伟等^[14]的方法对胡萝卜切块进行含水量测定。每个测定重复3次。

1.5 数据处理

采用Excel 2010进行数据统计、计算及隶属函数分析,DPS 7.01统计软件中新复极差法进行数据差异显著性分析,SPSS 2.0进行相关性分析及主成分分析。

利用公式计算各迷你胡萝卜品种标准化后数据的综合指标的隶属函数值^[15-16]:

$$u(X_j) = (X_j - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min}) \quad j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (1)$$

式中, X_j 表示第 j 个综合指标; X_{\max} 和 X_{\min} 分别表示第 j 个综合指标的最大值和最小值。

权重计算公式:

$$W_j = P_j / \sum_{j=1}^n P_j \quad j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2)$$

式中, P_j 表示不同迷你胡萝卜品种第 j 个综合指标的贡献率。

综合评价 D 值计算公式:

$$D = \sum_{j=1}^n [u(X_j) \times W_j] \quad j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (3)$$

2 结果与分析

2.1 迷你胡萝卜品种的抗逆性与商品性比较

由表3可以看出,在5个参试的迷你胡萝卜品种中,迷你3号的白粉率最高,为0.48%,极显著高于其余参试品种。迷你4号的抽薹率最高,为1.43%,与其他4个品种存在极显著差异;其次是迷你2号,为0.48%,极显著高于剩余3个参试品种。病害率5个参试品种均为0.00。迷你4号的虫害率最高,为20%,极显著高于其余4个品种;其次是迷你5号,为6.67%,与剩余3个品种存在极显著差异。迷你4号的裂根率和商品率为0.00,极显著低于其余4个品种。迷你3号的分叉率最高,为6.67%,极显著高于其他品种;其次是迷你1号和迷你2号,均为3.33%,与迷你4号和迷你5号存在极显著差异。因此可以得出抗逆性最强的是迷你1号和迷你2号,最弱的是迷你4号。商品整齐度良好,均无绿肩。

2.2 迷你胡萝卜品种的产量比较

由表4可知,在5个参试的胡萝卜品种中,迷你5号折合产量最高,为178 167.70 kg·hm⁻²,与迷你1号存在极显著差异,显著高于迷你3号和迷你4号;其次是迷你2号为169 351.90 kg·hm⁻²,显著高于迷你1号、迷你3号和迷你4号;迷你1号的折合产量最低,为62 476.27 kg·hm⁻²。

表 3 迷你胡萝卜品种的抗逆性与商品性比较

Table 3 Adversity resistance and commodity comparison of baby carrot varieties

品种 Variety	白粉病发病率/% Incidence of powdery mildew	抽薹率/% Bolting percentage	病害率/% Disease rate	虫害率/% Insect pest rate
迷你 1 号 Baby carrot No.1	0.00 ^{bb}	0.00 ^{cc}	0.00	3.33 ^{cc}
迷你 2 号 Baby carrot No. 2	0.00 ^{bb}	0.48 ^{bb}	0.00	3.33 ^{cc}
迷你 3 号 Baby carrot No.3	0.48 ^{aa}	0.00 ^{cc}	0.00	0.00 ^{dd}
迷你 4 号 Baby carrot No.4	0.00 ^{bb}	1.43 ^{aa}	0.00	20.00 ^{aa}
迷你 5 号 Baby carrot No.5	0.00 ^{bb}	0.00 ^{cc}	0.00	6.67 ^{bb}

裂根率/% Root splitting rate	分叉率/% Bifurcation ratio	商品整齐度赋值结果 Valuation results of commodity uniformity	绿肩赋值结果 Green shoulder assignment results	商品率/% Commodity rate
3.33 ^{aa}	3.33 ^{bb}	0.00	0.00	90.00 ^{aa}
3.33 ^{aa}	3.33 ^{bb}	0.00	0.00	90.00 ^{aa}
3.33 ^{aa}	6.67 ^{aa}	0.00	0.00	90.00 ^{aa}
0.00 ^{bb}	0.00 ^{cc}	0.00	0.00	80.00 ^{bb}
3.33 ^{aa}	0.00 ^{cc}	0.00	0.00	90.00 ^{aa}

注：表中大小写字母分别表示 0.01 和 0.05 水平的显著性差异

Note: The uppercase and lowercase letters in the table indicate significant differences at the 0.01 and 0.05 level, respectively

表 4 迷你胡萝卜品种的产量比较

Table 4 Yield comparison of baby carrot varieties

品种 Variety	平均单根质量/g Average single root weight	小区产量/kg Plot yield	折合产量/kg·hm ⁻² Yield
迷你 1 号 Baby carrot No.1	24.22 ^{cb}	61.23 ^{bb}	62 476.27 ^{bb}
迷你 2 号 Baby carrot No.2	66.50 ^{abAB}	165.96 ^{abAB}	169 351.90 ^{abAB}
迷你 3 号 Baby carrot No.3	52.89 ^{bcAB}	81.54 ^{abAB}	83 199.27 ^{abAB}
迷你 4 号 Baby carrot No.4	36.78 ^{bcB}	83.34 ^{abAB}	85 036.47 ^{abAB}
迷你 5 号 Baby carrot No.5	87.34 ^{aa}	174.60 ^{aa}	178 167.70 ^{aa}

注：表中大小写字母分别表示 0.01 和 0.05 水平的显著性差异，下同；小区面积 9.8 m²

Note: The uppercase and lowercase letters in the table indicate significant differences at the 0.01 and 0.05 level, respectively, and the same below; the area of the tested plot is 9.8 m²

表 5 迷你胡萝卜品种肉质根形态数量性状比较

Table 5 Comparison of morphological and quantitative characters of fleshy roots of baby carrot varieties

品种 Variety	根形赋值结果 Root shape assignment results	根长/cm Root length	根肩粗/cm Root shoulder diameter	根中粗/cm Root diameter	根形指数 Root index	心柱横径/mm Transverse diameter of column
迷你 1 号 Baby carrot No.1	0.00	21.44 ^{cb}	1.23 ^{cc}	1.25 ^{bc}	1.02 ^{bb}	4.14 ^{db}
迷你 2 号 Baby carrot No.2	0.00	25.20 ^{abAB}	2.13 ^{abAB}	1.93 ^{abAB}	1.13 ^{abAB}	8.75 ^{abA}
迷你 3 号 Baby carrot No.3	0.00	23.36 ^{bcAB}	2.40 ^{aa}	1.84 ^{abAB}	1.31 ^{aa}	5.42 ^{cdB}
迷你 4 号 Baby carrot No.4	0.00	23.30 ^{bcAB}	1.70 ^{bcB}	1.42 ^{bcB}	1.20 ^{abAB}	6.65 ^{bcAB}
迷你 5 号 Baby carrot No.5	0.00	26.82 ^{aa}	2.44 ^{aa}	2.03 ^{aa}	1.20 ^{abAB}	8.88 ^{aa}

2.3 迷你胡萝卜品种的肉质根形态比较

由表 5 和表 6 可知，5 个参试的胡萝卜品种根形赋值结果都为 0.00，说明根形均为圆锥。迷你 5 号根长最长，为 26.82 cm；其次是迷你 2 号，为 25.20 cm，均与迷你 1 号存在极显著差异。迷你 5 号的根

肩粗最大，为 2.44 cm；其次是迷你 3 号，为 2.40 cm，均与迷你 1 号、迷你 4 号存在极显著差异。迷你 5 号的根中粗最大，为 2.03 cm，与迷你 1 号、迷你 4 号存在极显著差异；其次是迷你 2 号，为 1.93 cm，与迷你 1 号存在极显著差异。根形指数最小的是迷

你 1 号, 为 1.02, 与迷你 3 号存在极显著性差异。心柱横径最大的是迷你 5 号, 为 8.88 mm, 与迷你 1 号、迷你 3 号存在极显著差异, 与迷你 4 号存在显著性差异; 其次是迷你 2 号, 为 8.75 mm, 与迷你 1 号、迷你 3 号也存在极显著差异。除了迷你 5 号外表皮光滑, 迷你 2 号根光洁度比较差, 其余品种均为一。除了迷你 3 号三色不一致外, 其余三色均

为一致。髓心条纹赋值结果最低的是迷你 5, 为 0.67, 与迷你 3 号无显著性差异, 与其他 3 个品种均有显著性差异。界限赋值结果最低的是迷你 3 号, 为 0.67, 与迷你 5 号无显著性差异, 显著低于其他 3 个品种。迷你 5 号碎圈赋值最低, 为 0.89, 其余品种均为 1, 品种间无显著性差异。

表 6 迷你胡萝卜品种肉质根形态质量性状比较

Table 6 Comparison of morphological and quality characters of fleshy roots of baby carrot varieties

品种 Variety	根光洁度性状描述 Description of smoothness of root	根光洁度赋值结果 Smoothness assignment result of root skin	三色性状描述 Description of tricolor trait	三色赋值结果 Three color assignment result	
迷你 1 号 Baby carrot No. 1	肩部裂纹较少, 根光泽度较差	0.00 ^{bB}	根外皮色、韧皮部色、心柱色均为橙色	2.00	
迷你 2 号 Baby carrot No. 2	肩部裂纹较多, 根光泽度差	-1.00 ^{cC}	根外皮色、韧皮部色、心柱色均为橙色	2.00	
迷你 3 号 Baby carrot No. 3	肩部裂纹较少, 根光泽度较差	0.00 ^{bB}	根外皮色、韧皮部色均为橙色, 心柱色为深橙色	1.00	
迷你 4 号 Baby carrot No. 4	肩部裂纹较少, 根光泽度较差	0.00 ^{bB}	根外皮色、韧皮部色、心柱色均为橙色	2.00	
迷你 5 号 Baby carrot No. 5	大部分肩部裂纹无, 根光泽度较好	0.33 ^{aA}	根外皮色、韧皮部色、心柱色均为橙色	2.00	
髓心条纹性状描述 Character description of medullary stripe	髓心条纹赋值结果 Medullary stripe assignment result	界线性状描述 Boundary linear description	界线赋值结果 Boundary line assignment result	碎圈性状描述 Character description of broken circle	碎圈赋值结果 Broken circle assignment result
均有	1.00 ^{aA}	均有	1.00 ^{aA}	均有	1.00 ^{aA}
均有	1.00 ^{aA}	均有	1.00 ^{aA}	均有	1.00 ^{aA}
大部分有	0.89 ^{abA}	大部分有	0.67 ^{bA}	均有	1.00 ^{aA}
均有	1.00 ^{aA}	均有	1.00 ^{aA}	均有	1.00 ^{aA}
均有	0.67 ^{bA}	大部分有	0.89 ^{abA}	大部分有	0.89 ^{aA}

表 7 迷你胡萝卜品种的品质性状比较

Table 7 Quality characters comparison of baby carrot varieties

品种 Variety	β -胡萝卜素含量/ $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ β -carotene content	可溶性固形物/% Soluble solid	含水量/% Water content	口感性状描述 Description of taste character	口感赋值结果 Taste assignment result
迷你 1 号 Baby carrot No.1	25.88 ^{aA}	18.97 ^{aA}	85.40 ^{bB}	整体甜度较高, 大部分脆度较高, 整体水分较低	0.52 ^{aA}
迷你 2 号 Baby carrot No.2	18.58 ^{aA}	9.57 ^{eE}	93.36 ^{aA}	整体甜度较低, 大部分脆度较低, 整体水分较高	0.00 ^{bB}
迷你 3 号 Baby carrot No.3	20.85 ^{aA}	11.43 ^{dD}	90.23 ^{aAB}	大部分甜度较低, 脆度较低, 整体水分较低	0.00 ^{bcB}
迷你 4 号 Baby carrot No.4	22.91 ^{aA}	13.27 ^{cC}	92.62 ^{aA}	整体甜度较低, 大部分脆度低, 大部分水分较高	-0.11 ^{bcdB}
迷你 5 号 Baby carrot No.5	15.97 ^{aA}	14.40 ^{bB}	90.51 ^{aA}	整体甜度不高, 大部分脆度较低, 少数脆度低, 整体水分较低	-0.11 ^{bdB}

2.4 迷你胡萝卜品种的品质性状的比较

由表 7 可以看出, β -胡萝卜素含量无显著性差异, 迷你 1 号的含量最高为 25.88 $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$; 迷你 2 号含

量最低为 18.58 $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ 。可溶性固形物, 迷你 1 号最高, 为 18.97%; 其次是迷你 5 号, 为 14.40%, 各品种间均存在极显著差异。含水量最高的为迷你 2 号,

表 8 迷你胡萝卜品种的生物学性状间相关性
Table 8 Correlation of biological characters of baby carrot varieties

性状 Characters	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2	-0.344									
3	-0.477	0.898*								
4	0.250	-0.942**	-0.953**							
5	0.802	-0.504	-0.764	0.534						
6	0.250	-0.942**	-0.953**	1.000**	0.534					
7	-0.337	-0.134	-0.115	0.318	-0.357	0.318				
8	-0.182	-0.092	-0.008	0.197	-0.399	0.197	0.948**			
9	0.455	-0.255	-0.281	0.304	0.138	0.304	0.650	0.791		
10	0.244	-0.331	-0.369	0.450	0.075	0.450	0.829*	0.883*	0.951**	
11	0.727	0.057	0.018	-0.132	0.233	-0.132	0.102	0.358	0.786	0.560
12	-0.364	0.152	0.148	0.032	-0.483	0.032	0.954**	0.943**	0.641	0.773
13	0.147	-0.179	0.211	-0.147	-0.275	-0.147	-0.302	-0.059	0.001	-0.174
14	-1.000**	0.344	0.477	-0.250	-0.802	-0.250	0.337	0.182	-0.455	-0.244
15	-0.086	0.471	0.163	-0.343	0.275	-0.343	-0.552	-0.722	-0.673	-0.655
16	-0.943**	0.471	0.490	-0.343	-0.642	-0.343	0.124	-0.074	-0.641	-0.442
17	0.250	0.344	0.000	-0.250	0.534	-0.250	-0.649	-0.762	-0.502	-0.555
18	0.001	0.198	0.153	-0.303	0.219	-0.303	-0.919*	-0.981**	-0.885*	-0.956**
19	-0.329	-0.257	0.050	0.041	-0.228	0.041	-0.485	-0.503	-0.698	-0.680
20	-0.035	0.588	0.386	-0.394	-0.237	-0.394	0.551	0.595	0.559	0.547
21	-0.049	-0.247	-0.086	0.049	0.137	0.049	-0.770	-0.808*	-0.790	-0.821*

性状 Characters	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12	0.211										
13	0.248	-0.305									
14	-0.727	0.364	-0.147								
15	-0.414	-0.463	-0.582	0.086							
16	-0.803	0.179	-0.329	0.943**	0.412						
17	-0.160	-0.571	-0.516	-0.250	0.943**	0.086					
18	-0.465	-0.893*	0.083	-0.001	0.731	0.242	0.711				
19	-0.608	-0.593	0.592	0.329	-0.028	0.292	-0.137	0.581			
20	0.500	0.746	-0.462	0.035	-0.004	0.030	-0.015	-0.584	-0.883*		
21	-0.549	-0.871*	0.428	0.049	0.281	0.138	0.257	0.830*	0.903*	-0.925*	

注：“*”和“**”分别为0.05及0.01水平上的显著性差异。1. 白粉病发病率/% Incidence of powdery mildew; 2. 抽薹率/% Bolting percentage; 3. 虫害率/% Insect pest rate; 4. 裂根率/% Root splitting rate; 5. 分叉率/% Bifurcation ratio; 6. 商品率/% Commodity rate; 7. 折合产量/kg·hm⁻² Output conversion; 8. 根长/cm Root length; 9. 根肩粗/cm Root shoulder diameter; 10. 根中粗/cm Root diameter; 11. 根形指数 Root index; 12. 心柱横径/mm Transverse diameter of column; 13. 根光洁度赋值结果 Smoothness assignment result of root skin; 14. 三色赋值结果 Three color assignment result; 15. 髓心条纹赋值结果 Medullary stripe assignment result; 16. 界线赋值结果 Boundary line assignment result; 17. 碎圈赋值结果 Broken circle assignment result; 18. β -胡萝卜素含量/mg·100 g⁻¹ β -carotene content; 19. 可溶性固形物/% Soluble solid; 20. 含水量/% Water content; 21. 口感赋值结果 Taste assignment result

Note: “*” and “**” refer to significant difference at the 0.05 and 0.01 level, respectively

表 9 主成分特征向量及累计贡献率
Table 9 Principal component eigenvector and cumulative contribution rate

项目 Item	性状 Character	主成分 Principal component		
		I	II	III
特征值 Characteristic value		8.273	6.003	4.010
贡献率/% Contribution rate		39.396	28.587	19.095
累计贡献率/% Accumulative contribution rate		39.396	67.982	87.077
特征向量 Characteristic vector	白粉病发病率/% Incidence of powdery mildew	0.185	-0.791	0.546
	虫害率/% Insect pest rate	-0.244	0.837	0.268
	裂根率/% Root splitting rate	0.340	-0.691	-0.516
	分叉率/% Bifurcation ratio	-0.041	-0.87	0.352
	商品率/% Commodity rate	0.340	-0.691	-0.516
	折合产量/kg·hm ² Output conversion	0.849	0.335	-0.326
	根长/cm Root length	0.925	0.307	-0.220
	根肩粗/cm Root shoulder diameter	0.953	-0.188	0.183
	根中粗/cm Root diameter	0.991	-0.109	-0.017
	根形指数 Root index	0.586	-0.236	0.611
	心柱横径/mm Transverse diameter of column	0.824	0.532	-0.116
	根光洁度赋值结果 Smoothness assignment result of root skin	-0.125	-0.158	-0.271
	三色赋值结果 Three color assignment result	-0.185	0.791	-0.546
	髓心条纹赋值结果 Medullary stripe assignment result	-0.683	0.121	0.458
	界线赋值结果 Boundary line assignment result	-0.397	0.764	-0.347
	碎圈赋值结果 Broken circle assignment result	-0.602	-0.146	0.628
	β -胡萝卜素含量/mg·100 g ⁻¹ β -carotene content	-0.980	-0.137	0.144
	可溶性固形物/% Soluble solid	-0.682	-0.098	-0.642
	含水量/% Water content	0.609	0.535	0.565
	口感赋值结果 Taste assignment result	-0.857	-0.332	-0.349

表 10 迷你胡萝卜品种综合指标值、隶属函数值、权重、D 值及综合评价

Table 10 Comprehensive index value, subordinate function value, weight, D value and comprehensive evaluation value of baby carrot varieties

品种 Variety	综合指标值 Comprehensive index value			隶属函数值 Subordinate function value			D 值 D value	综合评价 Comprehensive evaluation value
	F_1	F_2	F_3	$u(X_1)$	$u(X_2)$	$u(X_3)$		
	迷你 2 号 Baby carrot No.2	0.612	0.407	0.062	0.813	0.687	0.576	0.722
迷你 4 号 Baby carrot No.4	-0.606	1.235	0.916	0.324	1.000	1.000	0.688	2
迷你 5 号 Baby carrot No.5	1.077	0.262	-1.099	1.000	0.632	0.000	0.667	3
迷你 3 号 Baby carrot No.3	0.331	-1.414	0.917	0.700	0.000	1.000	0.536	4
迷你 1 号 Baby carrot No.1	-1.414	-0.490	-0.797	0.000	0.349	0.150	0.145	5
权重 Weight				0.462	0.326	0.213		

为 93.36%；其次为迷你 4 号，为 92.62%。迷你 1 号含水量最低，为 85.40%，与迷你 3 号存在显著性差异，与其他品种间存在极显著差异。口感赋值结果，迷你 1 号的最高为 0.52，与其他品种间存在极显著差异；迷你 4 号和迷你 5 号最低均为 -0.11。

2.5 迷你胡萝卜品种生物学性状的相关性分析

由于 5 个迷你胡萝卜品种的危害率、商品整齐

度赋值、绿肩赋值和根形赋值均一致，因此对剩余的 21 个性状进行相关性分析、主成分分析及隶属函数综合评价。由表 8 可知，白粉病发病率与三色赋值结果和界线赋值结果达到极显著负相关，相关系数为 -1.000 和 -0.930；商品率与抽蔓率和虫害率呈显著负相关，相关系数为 -0.942 和 -0.953，说明抽蔓率、虫害率越高商品率越低。折合产量与

根长、根中粗、心柱横径存在显著正相关, 相关系数为 0.948、0.829 和 0.954, 与 β -胡萝卜素含量呈显著负相关, 相关系数为 -0.919; 根中粗与根肩粗有显著正相关, 相关系数为 0.951, 与根长有显著正相关, 相关系数为 0.883; 心柱横径与根长有极显著正相关, 相关系数为 0.943, 说明产量与肉质根形态正相关性较强; 口感赋值结果与 β -胡萝卜素含量和可溶性固形物含量呈显著正相关, 相关系数为 0.830 和 0.903, 与含水量、根长、根中粗和心柱横径呈显著负相关, 相关系数为 -0.925、-0.808、-0.821 和 -0.871, 说明营养物质含量越高口感越好, 肉质根越大口感反而下降。

2.6 迷你胡萝卜品种生物学性状的主成分分析

通过主成分分析, 可以将原始 21 个性状指标转化为 3 个互不相关的综合指标。由表 9 可以看出, 前 3 个主成分特征值均大于 1 且累计贡献率大于 85%, 因此, 可以作为综合指标有效代替原始指标所含信息, 各主成分中性状指标的特征向量绝对值最大为该主成分中代表指标。

第一主成分的特征值为 8.273, 贡献率为 39.396%, 根中粗、根肩粗、根长、折合产量、心柱横径载荷量正向较大, 分别为 0.991、0.953、0.925、0.849 和 0.824, 这些性状主要与迷你胡萝卜肉质根形态和产量有关, β -胡萝卜素含量和口感赋值结果有较高的负向载荷量, 分别为 -0.980 和 -0.857, 说明在第一主成分中 β -胡萝卜素含量和口感受迷你胡萝卜肉质根形态和产量制约。

第二主成分的特征值为 6.003, 贡献率为 28.587%, 载荷正向值较大的虫害率、三色赋值、有抽薹率、界线赋值结果, 分别为 0.837、0.791、0.789 和 0.764, 这些性状主要反应了迷你胡萝卜的抗逆性与商品性, 载荷负向值较大的有分叉率为 -0.870, 说明在第二主成分中分叉率会制约迷你胡萝卜的抗逆性和商品性。

第三主成分的特征值为 4.010, 贡献率为 19.095%, 碎圈赋值结果和根形指数的载荷向量正值较大, 分别为 0.628 和 0.611, 这些性状主要表现了迷你胡萝卜的品质性状, 可溶性固形物的载荷向量负值较大为 -0.642, 说明可溶性固形物含量对迷你胡萝卜品质影响较大。

2.7 迷你胡萝卜品种生物学性状的隶属函数分析

采用隶属函数法, 对各迷你胡萝卜品种标准化后的数据的综合指标利用公式 1 计算隶属函数值 $u(X_j)$, 运用公式 2 计算 3 个主成分的权重, 分别为 0.462、0.326 和 0.213 (表 10)。按照公式 3 计算各

迷你胡萝卜综合指标 D 值, 并依据 D 值的大小进行综合排序, D 值越大表明该品种综合性状越好。其中迷你 2 号 D 值最大, 为 0.722, 表明其综合性状在这 5 个品种中最好; 其次是迷你 4 号, 为 0.688, 说明其综合性状较迷你 2 号差一些; 迷你 5 号 D 值为 0.667 略低于迷你 4 号, 说明其综合性状较迷你 4 号略差, 但比其他 2 个品种好; 迷你 1 号的 D 值最小, 所以综合性状最差。因此, 迷你 2 号、迷你 4 号和迷你 5 号这 3 个品种性状优良。

3 讨论与结论

本研究对 5 个参试迷你胡萝卜品种在抗逆性和商品性、产量、肉质根形态、品质性状方面进行分析, 结合主成分分析和隶属函数法综合评价。结果表明, 主成分中根中粗、根肩粗、根长、折合产量、心柱横径等对迷你胡萝卜综合性状影响较大, 说明肉质根形态和产量在实际生产中占有重要地位。隶属函数综合评价中迷你 2 号综合性状表现突出, 综合排名第一, 根长 25.20 cm, 根形指数 1.13, 三色相同, 单根质量 66.50 g, 折合产量为 169 351.90 kg·hm⁻², 只是口感相较迷你 1 号差一些, 产量低于迷你 5 号。迷你 4 号整体性状表现较好, 根长 23.30 cm, 根形指数 1.20, 单根质量 36.78 g, 折合产量较低为 85 036.47 kg·hm⁻², 根光洁度稍差。迷你 5 号根长最长为 26.82 cm, 折合产量最大为 178 167.70 kg·hm⁻², 口感相较迷你 1 号、迷你 2 号和迷你 3 号差一些。

研究表明, 抽薹现象在大白菜^[17]、甘蓝^[18]和萝卜^[19]等作物中普遍存在。胡萝卜是绿体春化型蔬菜, 需要经过严格低温处理才能抽薹开花。根据杨金兰等^[20]和刘莉洁^[21]的研究, 胡萝卜出现抽薹的原因有品种特性、生育期、高温长日照、低温条件、种子的纯度与质量、播种过早等。“先期抽薹”会导致肉质根韧皮部和木质部木栓化, 产品的产量和质量受到影响, 造成严重损失^[21-22]。鲍生有等^[23]报道的 101 份胡萝卜材料中, 于秋季栽培的只有个别材料出现先期抽薹现象, 比例不超过 0.5%; 于春季栽培的 64 份材料出现先期抽薹现象, 其中 17 份材料抽薹率达到 5% 以上。本试验中迷你 1 号、迷你 3 号、迷你 5 号抽薹率均为 0, 迷你 2 号抽薹率为 0.48%, 低于 1% (鲍生有等^[23]根据对生产是否有影响, 以抽薹率 1% 为界, 抽薹率低于 1% 为耐抽薹材料, 而抽薹率高于 1% 的抽薹材料为不耐抽薹材料), 说明其耐抽薹性较好, 迷你 4 号抽薹率为 1.43%, 高于 1%, 耐抽薹性较差, 产生先期抽苔的原因可能是在春季种植和长日照, 宁夏五月气温较低导致

胡萝卜苗期受低温春化而发生抽臺的机率增加^[24],光照时数逐渐增加对胡萝卜先期抽臺存在一定的诱导效应,建议可以推迟种植或于秋季栽培。

迷你 1 号的根形均匀,表皮光滑,根光洁度好,口感最好,但是产量较低,其原因可能是迷你 1 号的根肩和根中较细,单根质量较轻,相同密度的情况下产量较其他品种低,若要求产品口感和品质高一些可以考虑种植。有研究表明,水果胡萝卜(皇帝型),每亩产量为 6 000~8 000 kg,最高可达 10 000 kg^[7]。本试验迷你 2 号和迷你 5 号每亩产量超过 10 000 kg。其他品种的产量每亩在 5 000 kg 左右,高于于玉红等^[12]报道的普通胡萝卜每亩 3 000~4 500 kg 的产量,若考虑高产品种推荐迷你 2 号和迷你 5 号。

β -胡萝卜素在胡萝卜中含量丰富,是合成维生素 A 的前体物质,有较好的抗氧化能力,能清除自由基,在组织代谢中是关键调节信号因子^[25-26]。根据马超等^[27]的研究:“比瑞”和“美国高山大根” β -胡萝卜素最高,均为 $1.1 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$;“汉城六寸”、“北海道七寸”、“法国阿雅”和“红中华 F1”的 β -胡萝卜素含量居中,分别是 $0.66 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ 、 $0.57 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ 、 $0.49 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ 和 $0.44 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ 。张建华等^[13]研究中所测 β -胡萝卜素含量为 $50\sim 80 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$,吴彦博^[28]报道中的红芯六号 β -胡萝卜素含量为 $100\sim 120 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。本试验中,5 个参试迷你胡萝卜品种中, β -胡萝卜素含量最高的是迷你 1 号,为 $25.88 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$,含量最低的是迷你 5 号,为 $15.97 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$,各品种间无显著性差异。出现 β -胡萝卜素含量不等的原因是所测品种及方法不同,因此可比性较差,应研发更为先进方便准确的方法测量 β -胡萝卜素含量。

参考文献:

- [1] 阮婉贞. 胡萝卜的营养成分及保健功能[J]. 中国食物与营养, 2007, 13(6): 51-53.
- [2] 刘英. 胡萝卜远红外干燥特性及品质的研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2018: 6.
- [3] 牟晓卉. 适于烟威地区种植出口胡萝卜品种筛选及生产关键技术研究[D]. 烟台: 烟台大学, 2018: 6.
- [4] 孟宁生. 乌兰察布地区四个主栽胡萝卜品种的比较分析及最佳种植密度初探[D]. 呼和浩特: 内蒙古大学, 2013: 4.
- [5] 蒋海伟, 杨婷婷, 李红艳, 等. 茄子、紫薯和胡萝卜中植物化学物之间的抗氧化相互作用[J]. 中国食品学报, 2016, 16(7): 17-24.
- [6] 王明总, 班用名. 水果胡萝卜高产优质栽培技术[J]. 中国蔬菜, 2011(9): 53-54.
- [7] 庄飞云, 胡鸿, 方智远. 微型胡萝卜概念及市场前景[J]. 北京农业, 2008(17): 9-10.
- [8] 余立云. 宁夏引黄灌区胡萝卜栽培[J]. 蔬菜, 2005(8): 14.
- [9] 朱小芳, 曹兵. 宁夏永宁县城市绿化树种调查与分析[J]. 中国城市林业, 2018, 16(6): 44-48.
- [10] 庄飞云, 朱德蔚. 胡萝卜种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京: 中国农业出版社, 2007.
- [11] 张其骏. 胡萝卜类胡萝卜素及其品质的研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2002: 5.
- [12] 于玉红, 孙铁良, 谭慧明, 等. 胡萝卜品种引种比较试验[J]. 农业科技通讯, 2014(6): 118-120.
- [13] 张建华, 张忠兵, 乌云. 胡萝卜中 β -胡萝卜素测定的方法[J]. 内蒙古农业大学学报(自然科学版), 2000, 21(1): 121-124.
- [14] 王新伟, 孔德超, 马中苏. 牛至油对胡萝卜膜含水量和水溶性的影响[J]. 食品工业, 2015, 36(10): 45-47.
- [15] 全倩, 施明, 贺建勋, 等. 5 种葡萄砧木耐旱性评价及鉴定指标的筛选[J]. 核农学报, 2018, 32(9): 1814-1820.
- [16] 张倩男. 基于表型性状及 SSR、SNP 标记的樱桃番茄种质资源遗传多样性分析[D]. 银川: 宁夏大学, 2018.
- [17] 顾爱侠, 张雅琨, 赵建军, 等. 添加结球甘蓝 4 号染色体对不同基因型大白菜抽臺及 *BrFLCs* 基因表达的影响[J]. 园艺学报, 2015, 42(12): 2405-2411.
- [18] 王神云, 刘振宁, 李建斌, 等. 春甘蓝抽臺的生理与相关基因转录分析[J]. 分子植物育种, 2011, 9(5): 605-610.
- [19] 张素君, 邱杨, 宋江萍, 等. 萝卜种质资源耐抽臺性鉴定评价[J]. 植物遗传资源学报, 2014, 15(2): 262-269.
- [20] 杨金兰, 刘艳波, 张舜. 萝卜生产中抽臺的原因及其预防措施[J]. 北方园艺, 2015(23): 71-74.
- [21] 刘莉洁. 胡萝卜 CONSTANS-like 基因的克隆及功能研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2016: 5.
- [22] 郭军, 祖艳侠, 吴永成, 等. 萝卜属抽臺开花相关基因 FLC 的预测及分析[J]. 浙江农业学报, 2014, 26(3): 656-660.
- [23] 鲍生有, 欧承刚, 庄飞云, 等. 胡萝卜春季栽培先期抽臺的调查与分析[J]. 中国蔬菜, 2010(6): 38-42.
- [24] 张安文. 新型胡萝卜品种筛选及栽培技术研究[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2013: 12.
- [25] 李超, 贾炳玉, 高民, 等. β -胡萝卜素的生物学作用及其机理[J]. 动物营养学报, 2018, 30(8): 2931-2937.
- [26] 曲惠名, 王莹, 楚杰, 等. β -胡萝卜素抗氧化作用的研究[J]. 饲料工业, 2018, 39(2): 9-14.
- [27] 马超, 王天文, 李锦康. 胡萝卜的主要性状及 β -胡萝卜素含量分析[J]. 北方园艺, 2012(15): 31-33.
- [28] 吴彦博. 氮、磷、钾配施对西宁市郊胡萝卜、马铃薯和西芹生产特性的影响[D]. 兰州: 兰州大学, 2015: 10.