

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2022.04.006

10个叶菜型甘薯品种茎尖性状的分析与评价

李静, 傅玉凡, 黄雨, 王璐璐, 李佳欣, 冉海榕

西南大学 生命科学学院/重庆市甘薯工程技术研究中心, 重庆 400715

摘要: 在对10个叶菜型甘薯品种6个采收时期的基部分枝数和茎尖的20个性状进行加减符号标签法判别的基础上, 再对这些性状的变异方差、Person相关、权重值、主成分及隶属函数进行了解析和品种综合评价。结果表明: 茎尖产量与基部分枝数和茎尖质量之积显著正相关, 基部分枝数的变异方差受采收期主导, 茎尖质量的变异方差受品种主导。茎尖质量与叶柄的总质量、叶柄长度和叶柄在茎尖质量中的比例显著正相关, 与茎在茎尖质量中的比例显著负相关。10个品种21个性状的加减符号法判别、隶属函数及主成分得分的高低排序较为一致, 品种Y3和Y7属于“叶型叶菜品种”, Y8和Y10属于“柄型叶菜品种”, Y4和Y9属于“茎型叶菜品种”, Y1和Y6属于“分枝型叶菜品种”, Y2和Y5属于“交叉型叶菜品种”。叶柄是影响茎尖质量的重要器官。

关键词: 叶菜型甘薯; 茎尖; 性状; 叶柄; 品种

中图分类号: S531 **文献标志码:** A

文章编号: 1673-9868(2022)04-0045-09

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Analyzing and Evaluating the Vine Tip Traits of 10 Leaf-Vegetable Sweetpotato Varieties

LI Jing, FU Yufan, HUANG Yu,
WANG Lulu, LI Jiixin, RAN Hairong*School of Life Science, Southwest University / Chongqing Engineering and
Technology Research Center for Sweetpotato, Chongqing 400715, China*

Abstract: Based on the identification of the number of base branches and 20 traits of vine tip in 10 leaf-vegetable sweetpotato varieties in 6 topping periods by differentiating with addition or subtraction symbolic label method, the variance variation, Person correlation, membership function and principal component of those traits were analyzed and comprehensively evaluated. The results showed the vine tip yield significantly positively correlated with the product of vine tip weight and number of base branches. The variation of number of base branches were dominated by vine topping time, and the variation of per vine tip weight was dominated by variety. The per vine tip weight significantly positively correlated with total blades weight, total petioles weight, petiole length and ration of petiole weight to vine tip weight, and signifi-

收稿日期: 2020-08-30

基金项目: 财政部 农业农村部国家现代农业产业技术体系建设专项(CARS-10-C18); 重庆市技术创新与应用发展专项(cstc2019jcsx-gksbX0100).

作者简介: 李静, 硕士研究生, 主要从事甘薯遗传育种的研究。

通信作者: 傅玉凡, 博士, 研究员。

cantly negatively correlated with ration of stem weight to vine tip weight. The order of differentiating with addition or subtraction symbolic labeling, and scores of membership function with weighted value and principal component orders for 10 varieties were similar. Varieties Y3 and Y7 belonged to “foliage-type” of Leaf-vegetable sweetpotato, Y8 and Y10 belonged to “petiole-type” of leaf-vegetable sweetpotato, Y4 and Y9 belonged to “stem-type”, Y1 and Y6 belonged to “branches-type”, and other varieties belonged to “cross-type”. Petiole was the important organ, which influences the per vine tip weight.

Key words: leaf-vegetable sweetpotato; vine tip; trait; petiole; variety

甘薯藤蔓不仅生物产量高,而且营养丰富和饲用价值高,是重庆、四川等地生猪、山羊、奶牛等畜牧家禽的重要饲料来源^[1]。甘薯藤蔓顶部及其以下 10~15 cm 节段称为茎尖,重庆、四川等西南薯区又俗称为茗尖。质地鲜嫩、无苦涩味、适口性好的茎尖是重庆、四川、湖北、福建等南方地区市民喜爱的传统蔬菜,这类茎尖用于食用的甘薯品种称为叶菜型甘薯品种^[2],其品种的选育越来越受到甘薯育种学家的重视。叶菜型品种的产业化利用已经成为西南薯区、南方薯区甘薯产业的重要方向之一^[3]。甘薯茎叶营养组成、功能成分及其生理机能的研究一直是近期甘薯研究的热点之一^[4-9]。如 Sun 等^[10]报道来自国内的商薯 19、徐薯 22、渝紫薯 7 号等 40 个甘薯品种叶片的粗蛋白、粗纤维、粗脂肪、碳水化合物和灰分的含量每 100 g 分别介于 16.69~31.08 g, 9.5~14.26 g, 2.08~5.28 g, 42.03~61.36 g, 7.39~14.66 g 之间,富含 K, P, Ca, Mg, Fe, Mn 和 Cu 等矿质元素,并且这些品种叶片的多酚含量与其抗氧化能力呈极显著正相关($p < 0.0001$)。再如紫肉甘薯品种渝紫薯 7 号不仅块根产量和色素含量高以及熟食口感好^[11],而且其茎叶因多酚、黄酮种类丰富、含量高,具有很好的离体抗氧化活性和细胞内活性氧抑制等生理功能^[12-13],是一个薯、蔓均可加工成功能食品的优质品种^[14],可实现块根、藤蔓的综合利用,提高单位面积的种植效益。

与淀粉型、食用型、紫薯型甘薯品种的研究相比较,有关叶菜型品种栽培^[14-16]、育种^[17-18]的研究起步较晚,进展较慢。本文首次系统报道了 10 个叶菜型品种茎尖性状的分析和评价研究结果,以为叶菜型品种育种与栽培的进一步研究提供参考。

1 材料与方法

1.1 供试材料

以 2019 年全国叶菜型新品种联合鉴定重庆点试验中的 EC15(Y1),广菜薯 7 号(Y2)、桂薯菜 14-7(Y3)、湘菜薯 3 号(Y4)、薯绿 2 号(Y5)、海大 7798(Y6)、阜菜薯 13-14(Y7)、黔菜薯 2 号(Y8)、福薯 25(Y9)和福薯 7-6(Y10)10 个品种为供试材料。

1.2 田间试验设计及其概况

田间鉴定试验采取完全随机区组排列小区,3 次重复。每小区面积 4.2 m²,种植 6 行,行距 30 cm,株距 20 cm,90 株/小区。2019 年 6 月 20 日栽插,7 月 20 日首次采收茎尖,其后每间隔 10 d 再次采收,共采收 6 次,于 9 月 8 日结束。

1.3 取样与测定

计数每个小区的藤蔓基部分枝数后采摘茎尖并称量(茎尖总质量),再充分混匀采得的茎尖,随机取标准的茎尖(长度 15 cm,叶片、叶柄和茎完整)7 株,用剪刀将单个茎尖的叶片、叶柄和茎分离,测定每片叶片的最大长度与最大宽度、叶柄长度,称量单个茎尖叶片、叶柄和茎的总质量。

1.4 性状数据的处理与评价

1.4.1 性状及其加减符号标签法判别

本文以单个茎尖为单位的性状包括:茎尖质量(T1),叶片总质量(T2),叶柄总质量(T3),茎总质量(T4),叶片或叶柄或节间数(T5),叶片总长(T6)与总宽(T7),叶片大小(长度×宽度,简单类比光合面积)之和(T8),叶柄总长(T9);叶片质量平均值(T10=T2/T5),叶柄质量平均值(T11=T3/T5),节间质量平均值(T12=T4/T5),叶片长度平均值(T13=T6/T5),叶片宽度平均值(T14=T7/T5),叶片大小平均值

($T_{15} = T_8/T_5$), 叶柄长度平均值($T_{16} = T_9/T_5$), 节间长度平均值($T_{17} = 15/T_5$, 15 是茎尖取样长度为 15 cm), 叶片($T_{18} = T_2/T_1 \times 100$)和叶柄($T_{19} = T_3/T_1 \times 100$)以及茎($T_{20} = T_4/T_1 \times 100$)分别占茎尖质量的比例. 以试验小区为测定单位的性状包括基部分枝数/单株(T_{21})和茎尖产量.

为了直观判别性状数值在品种间的变化趋势, 在把每个叶菜型品种每个性状 6 个采收期的值进行平均($A_{\text{品种内}}$)的基础上, 再把 10 个品种进行平均, 得到品种间平均值($A_{\text{品种间}}$). 根据 $(A_{\text{品种内}} - A_{\text{品种间}})/A_{\text{品种间}}$ 的增减幅度对性状进行加减符号标签法判别: 性状值增减幅度 $R \leq 5\%$, 评价标注为“0”; $5\% < R \leq 10\%$, 评价标注为“+ (表示增加)”或“- (表示减少)”; $10\% < R \leq 20\%$, 评价标注为“++”或“--”; $R > 20\%$, 评价标注为“+++”或“---”.

1.4.2 性状间的相关性

采用 SPSS 16.0 分析茎尖产量和茎尖质量(T_1)与其余 20 个性状之间的 Person 相关系数.

1.4.3 性状的权重值、隶属函数值和各品种隶属函数权重综合评价得分

计算每个采收时期 21 个性状在品种间的变异系数, 分析每个性状变异系数在 21 个性状变异系数总和中的权重值 W_j , 每个品种每个性状的隶属函数值 U_{ij} 和每个品种隶属函数权重综合评价得分 D_i [19-20].

其中,

$$W_j = C_j / \sum C_j \quad j = 1, 2, 3, \dots, 21 \quad (1)$$

式中, W_j 为第 j 个性状的权重值, C_j 为第 j 个性状在品种间的变异系数.

$$U_{ij} = (X_{ij} - X_{j\min}) / (X_{j\max} - X_{j\min}) \quad i = 1, 2, 3, \dots, 10, j = 1, 2, 3, \dots, 21 \quad (2)$$

式中, U_{ij} 为第 i 个品种的第 j 个性状的隶属函数值, X_{ij} 为第 i 品种的第 j 个性状的值, $X_{j\min}$, $X_{j\max}$ 分别为第 j 个性状在 10 个品种里的最小值和最大值.

$$D_i = \sum (W_j \times U_{ij}) \quad i = 1, 2, 3, \dots, 10, j = 1, 2, 3, \dots, 21 \quad (3)$$

式中, D_i 为第 i 个品种的隶属函数权重综合评价得分值.

1.4.4 性状的主成分分析和各品种在主成分上的综合评价得分

采用 DPS 数据处理系统对每个采收时期 10 个品种的 21 个性状进行主成分分析, 并计算每个品种在主成分上的综合评价得分 Y_i .

$$Y_i = \sum (F_{ip} \times E_{ip}) \quad i = 1, 2, 3, \dots, 10, p = 1, 2, 3, 4 \quad (4)$$

式中, Y_i 为主成分分析法得到的第 i 个品种性状的主成分综合评价得分, F_{ip} 为第 i 个品种第 p 个主成分 (>1) 的得分值, E_{ip} 为第 p 个主成分的方差贡献率 [21].

2 结果与分析

2.1 21 个性状品种间平均值及各品种的加减符号标签法判别

根据与品种间平均值的增减及其程度对每个品种 21 个性状进行的加减符号标签法判别结果见表 1. 从表 1 可以看出, 品种 Y3 和 Y7 叶片方面性状的“+”标签符号较多, 而叶柄与茎方面性状的“-”标签符号较多, 说明其叶片方面的性状表现突出, 明显特点是叶片的数量较多, 叶片质量平均值最轻, 叶片大小之和最大, 叶柄与茎质量较轻, 叶柄与茎长度较短, 属于“叶型叶菜品种”; 品种 Y8 和 Y10 叶片和叶柄方面性状的“+”标签符号较多, 叶柄性状表现突出, 如叶片质量平均值、叶柄长度与质量的平均值、总长、总质量的数值和叶柄在茎尖质量中的比例均较高, 分枝少, 属于“柄型叶菜品种”; 品种 Y4 和 Y9 叶片、叶柄部位性状的“-”标签符号较多、茎部位性状的“+”标签符号较多, 叶柄性状表现较弱, 茎性状表现突出, 如叶片总质量和叶片大小之和的数值、叶柄平均长度与平均质量、总长与总质量的数值和叶柄在茎尖质量中的比例均较低, 茎在茎尖质量中的比例较高, 属于“茎型叶菜品种”; Y1 和 Y6 基部分枝数性状突出, 其余多数性状表现居于中间类型, 属于“分枝型叶菜品种”; 品种 Y2 和 Y5 的表现处于前述类型的交叉, 其中 Y2 多数性状表现偏向茎型品种 Y4 和 Y9, Y5 多数性状表现偏向分枝型品种 Y1 和 Y6, 属于“交叉型叶菜品种”.

表 1 21 个性状的品种间平均值及各品种加减符号标签法判别

性状	性状 平均值	各品种性状的加减符号标签									
		Y3	Y7	Y8	Y10	Y4	Y9	Y1	Y6	Y2	Y5
茎尖 T1 单株茎尖质量/g	10.67	--	0	++	+++	--	--	0	+	--	-
T18 叶片占茎尖质量比例/%	43.49	0	+	--	-	0	0	0	+	0	0
T19 叶柄占茎尖质量比例/%	28.32	--	-	+++	+++	+	--	+	-	----	----
T20 茎占茎尖质量比例/%	28.19	+	-	--	----	0	++	--	0	+++	++
T21 基部分枝数	4.48	0	-	----	----	+	0	++	++	++	+
叶片 T2 叶片总质量/g	4.61	--	++	0	+++	--	--	+	++	----	0
T5 叶片数	6.60	++	+++	----	-	----	----	0	+	+	+++
T6 叶片总长/cm	50.00	++	+++	----	+	----	----	0	0	--	++
T7 叶片总宽/cm	43.76	+++	++	0	0	----	----	0	+	0	0
T8 叶片大小之和/cm ²	343.89	+++	+++	0	++	--	----	0	0	----	--
T10 叶片质量平均值/g	0.73	----	--	+++	+++	++	+	0	0	----	----
T13 叶片长度平均值/cm	7.66	0	++	+	++	+	0	0	-	----	--
T14 叶片宽度平均值/cm	6.78	+	-	+++	0	+	0	0	0	--	----
T15 叶片大小平均值/cm ²	53.78	0	0	+++	++	++	0	0	--	----	----
叶柄 T3 叶柄总质量/g	2.93	----	0	+++	+++	--	----	+	0	----	----
T9 叶柄总长/cm	47.98	--	++	+++	+++	--	----	++	0	----	-
T11 叶柄质量平均值/g	0.52	----	----	+++	+++	++	----	0	--	----	----
T16 叶柄长度平均值/cm	7.65	----	--	+++	+++	++	--	++	--	----	----
茎 T4 茎总质量/g	3.13	-	0	0	0	--	0	-	+	++	+
T12 节间质量平均值/g	0.48	----	----	+++	0	++	+++	--	-	0	--
T17 节间长度平均值/cm	2.48	--	----	+++	0	+++	+++	0	--	--	----

2.2 21 个性状的方差分析

品种与采收期二因素方差分析的结果表明(数据略),采收期和品种均对茎尖产量和 21 个性状有极显著效应.采收期因素对茎尖产量和茎总质量(T4)、叶片大小之和(T8)、节间质量(T12)、基部分枝数(T21)4 个性状起主导效应,品种因素对其余 17 个性状起主导效应,其中采收期因素对茎尖产量、基部分枝数的效应值(F 值)远大于品种因素的效应值,品种因素对叶柄平均质量及叶柄总质量、叶柄平均长度和叶柄总长度以及叶片(或叶柄或节间)数的效应值远大于采收期因素的效应值.除了茎尖产量、叶柄总长(T9)、基部分枝数(T21)不存在品种与采收期互作效应以外,其余性状均存在显著或极显著互作效应,但效应值较小.

2.3 茎尖产量、茎尖质量与其他性状的相关性

每个采收时期品种间的茎尖产量与 T1 至 T21 性状相关性均无统计学意义,但是茎尖产量与产量构成因素的基部分枝数和茎尖质量之乘积(种植密度因素在本研究中是固定的)呈正相关,其中采收期 1,4,5,6 的相关系数分别为 0.98,0.65,0.83,0.71,达到统计学意义.

每个采收时期品种间的茎尖质量(T1)与品种间叶片总质量(T2)、叶柄总质量(T3)、叶柄总长(T9)、叶柄占茎尖质量的比例(T19)呈显著或极显著正相关,与茎占茎尖质量的比例(T20)呈显著或极显著负相关(表 2).在绝大多数采收时期,品种间茎尖质量(T1)与品种叶片平均质量(T10)、叶柄的平均质量(T11)和它们的平均长度(T13,T16)呈显著或极显著正相关,而与基部分枝数(T21)呈显著负相关(表 2).

表 2 与茎尖质量(T1)显著或极显著相关的性状及其相关系数

采收期	T2	T3	T9	T10	T11	T13	T16	T19	T20	T21
1	0.88**	0.88**	0.67*	/	/	/	/	0.66*	-0.64*	/
2	0.95**	0.95**	0.94**	0.69*	0.78**	0.66*	0.74*	0.86**	-0.87**	-0.70*
3	0.77**	0.94**	0.92**	/	0.77**	0.67*	0.76**	0.85**	-0.85**	/
4	0.93**	0.96**	0.95**	0.87**	0.87**	0.72*	0.86**	0.83**	-0.82**	-0.72*
5	0.80**	0.92**	0.95**	0.86**	0.77**	0.68*	0.74*	0.78**	-0.88**	/
6	0.77**	0.89**	0.93**	0.64*	0.66*	/	0.69**	0.73*	-0.89**	-0.69*

注: 相关性不显著的性状和相关系数未列出, * 与 ** 分别表示 $p < 0.05$, $p < 0.01$, 差异有统计学意义。

由于叶柄长度性状(该性状的测定容易操作)与茎尖质量存在显著正相关性, 因此, 进一步对叶柄总长(T9)和平均长度(T16)与其他性状的相关性进行了分析。结果表明: 叶柄长度不仅与叶柄质量(T3, T11)及叶柄占茎尖质量比例(T19)呈极显著正相关, 而且与叶片质量平均值(T10)、节间质量平均值(T12)、叶片长度平均值(T13)与宽度平均值(T14)及其叶片大小平均值(T15)呈显著或极显著正相关, 与茎占茎尖质量比例(T20)呈显著或极显著负相关(表 3 和表 4)。

表 3 与叶柄总长度(T9)显著或极显著相关的性状及其相关系数

采收期	T3	T11	T13	T15	T16	T19	T20	T21
1	0.77**	/	/	/	/	0.73*	-0.90**	/
2	0.87**	0.68*	0.73*	0.68*	0.73*	0.82**	-0.93**	-0.69*
3	0.88**	0.70**	0.74*	0.64*	0.76*	0.82**	-0.84**	/
4	0.92**	0.81**	0.79**	0.76*	0.85**	0.84**	-0.83**	-0.73*
5	0.96**	0.85**	0.75*	0.72*	0.86**	0.90**	-0.93**	/
6	0.87**	/	/	/	0.66*	0.75*	-0.93**	-0.75**

注: 相关性不显著的性状和相关系数未列出, * 与 ** 分别表示 $p < 0.05$, $p < 0.01$, 差异有统计学意义。

表 4 与叶柄平均长度(T16)显著或极显著相关的性状及其相关系数

采收期	T3	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T17	T18	T19	T20	T21
1	0.82**	0.72*	0.95**	/	0.75*		0.69*	/	/	0.96**	-0.68*	
2	0.85**	0.94**	0.95**	/	0.78**	0.88**	0.91**	/	/	0.89**	-0.77**	-0.81**
3	0.93**	0.86**	0.98**	0.69*	0.71*	0.81**	0.89**	0.71*	-0.88**	0.99**	-0.84**	
4	0.95**	0.97**	0.98**	0.92**	0.84**	0.94**	0.96**	0.80**	/	0.96**	-0.88**	-0.73*
5	0.93**	0.86**	0.99**	0.89**	0.65*	0.79**	0.85**	0.81**	-0.86**	0.99**	-0.84**	-0.63*
6	0.93**	0.91**	0.99**	0.70*	/	0.70*	0.72*	0.77**	-0.83**	0.98**	-0.72*	

注: 相关性不显著的性状和相关系数未列出, * 与 ** 分别表示 $p < 0.05$, $p < 0.01$, 差异有统计学意义。

2.4 21 个性状的权重值及各品种隶属函数权重综合评价 D_i 值

每个采收时期 21 个性状在品种间变异系数的权重值分析结果表明, 无论哪一个采收时期, 叶柄相关的叶柄平均质量(T11)和总质量(T3)、叶柄平均长度(T16)3 个性状的权重值都较高, 均排在 21 个性状的前 3 位, 三者权重值累计高于 0.23 以上, 表明叶柄性状在品种间差异大。叶片的平均长度(T13)、叶片占茎尖质量比例(T18)、茎总质量(T4)或叶片的总宽度(T7)权重值相对较低, 权重值累计低于 0.069, 表明这些性状在品种间的变化较小(表 5)。

每个采收时期每个品种在 21 个性状上的隶属函数权重综合评价 D_i 值及其品种间排序结果见表 6。无论哪一个采收期, 品种 Y8 和 Y10 的 D_i 值均较大, 多居于品种间第 1 或第 2 位, 而品种 Y9 和 Y2 的 D_i 值

均较小,多居于品种间的第 9 位或第 10 位.就 6 个采收期 D_i 值的平均值而言,品种 Y8,Y10,Y7 分别排在第 1,2 和 3 位,品种 Y5,Y9 和 Y2 分别排在第 8,9 和 10 位.

表 5 6 个采收时期茎尖部分性状品种间变异系数的权重值

采收期 1		采收期 2		采收期 3		采收期 4		采收期 5		采收期 6	
性状	权重值										
T11	0.093 7	T11	0.105 0	T11	0.128 8	T11	0.133 3	T11	0.137 5	T11	0.117 2
T3	0.076 3	T3	0.090 0	T3	0.090 0	T3	0.096 4	T3	0.103 8	T3	0.078 5
T16	0.060 5	T16	0.062 5	T16	0.081 1	T16	0.071 4	T16	0.081 2	T16	0.072 8
T14	0.028 3	T13	0.022 6	T13	0.024 7	T4	0.024 1	T7	0.024 6	T13	0.023 5
T13	0.022 3	T4	0.021 7	T18	0.019 2	T7	0.019 4	T18	0.023 3	T18	0.019 6
T18	0.018 5	T18	0.013 6	T4	0.017 0	T18	0.017 0	T4	0.017 1	T4	0.013 8

注:表中只列出了权重值排名前 3 位和排后 3 位的农艺性状权重值.

表 6 各品种隶属函数权重综合评价 D_i 值及品种间排序

采收期	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10	
D_i 数值	1	0.349	0.320	0.435	0.461	0.275	0.592	0.441	0.501	0.325	0.581
	2	0.470	0.287	0.392	0.288	0.323	0.461	0.512	0.644	0.283	0.615
	3	0.412	0.278	0.384	0.348	0.305	0.318	0.485	0.620	0.290	0.604
	4	0.413	0.261	0.300	0.371	0.304	0.384	0.415	0.733	0.243	0.645
	5	0.482	0.226	0.321	0.367	0.355	0.375	0.473	0.618	0.306	0.689
	6	0.393	0.325	0.478	0.461	0.365	0.455	0.471	0.604	0.439	0.504
平均	0.420	0.283	0.385	0.383	0.321	0.431	0.466	0.620	0.314	0.606	
采收期	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10	
D_i 排序	1	7	9	6	4	10	1	5	3	8	2
	2	4	9	6	8	7	5	3	1	10	2
	3	4	10	5	6	8	7	3	1	9	2
	4	4	9	8	6	7	5	3	1	10	2
	5	3	10	8	6	7	5	4	2	9	1
	6	8	10	3	5	9	6	4	1	7	2
平均	5	10	7	6	8	4	3	1	9	2	

2.5 21 个性状的主成分分析及各品种的主成分综合评价 Y_i 值

表 7 列出了 21 个性状中主成分特征向量值绝对值较大的性状.

析出的主成分因子在不同的采收期有差异,如主成分 1 在采收期 1 主要集中在叶片的总宽度(T7)、叶片大小之和(T8)和节间平均质量(T12)上,采收期 2 主要集中在叶柄的平均长度(T16)和总长度(T9)上,采收期 3 主要集中在节间平均长度(T17)和节间平均质量(T12)上,采收期 4 主要集中在叶柄总质量(T3)和叶柄平均质量(T11)以及节间平均质量(T12)上,采收期 5 主要集中在叶柄占茎尖质量比例(T19)上,采收期 6 主要集中在叶柄平均长度(T16)、叶片大小之和(T8)和叶片平均宽度(T14)上.

不同品种在不同采收期以及不同主成分上的得分不一样(数据略).例如就主成分 1 而言,品种 Y8 和 Y10 在每个采收期均得到高于其他品种的正值,而品种 Y3 和 Y5 在采收期 1,Y2 和 Y9 在采收期 2 以及 Y2 和 Y5 在采收期 3,4,5,6 分别得到绝对值较大的负值,其余品种在各个采收期主成分 1 上的得分介于上述正负值之间.就主成分 2 而言,品种 Y7 在 6 个采收期的主成分 2 上的正值得分比其他品种频率较多、数值较高,而 Y2,Y5 和 Y9 在采收期 1,Y4 和 Y9 在采收期 2,3,4,Y2,Y4 和 Y5 在采收期 5 以及 Y2 和 Y4 在采收期 6 得到绝对值相对最大的负值.

表 7 各主成分中特征向量值绝对值(E)较大的性状

采收期	$E \geq 0.30$ 的性状			
	主成分 1	主成分 2	主成分 3	主成分 4
1	T8(0.63) T7(-0.55); T12(-0.43)	T20(0.83); T18(0.37)	T16(0.64) T15(-0.40)	T17(0.79) T10(-0.33)
2	T16(0.69) T9(-0.61)	T3(0.63) T1(-0.58)	T21(0.52); T18(0.34); T4(0.30); T12(0.33) T19(-0.30)	/
3	T17(0.86) T12(-0.34)	T14(0.62); T13(0.45) T15(-0.41); T8(-0.36)	T18(0.59); T19(0.32); T3(0.30) T2(-0.35)	T16(0.80) T9(-0.48)
4	T12(0.36); T3(0.30) T11(-0.73)	T16(0.79) T9(-0.45)	T6(0.58); T14(0.46) T5(-0.40); T8(-0.38)	/
5	T19(0.83)	T16(0.78) T9(-0.43)	T10(0.76) T2(-0.53)	T18(0.72); T9(0.30) T2(-0.35); T10(-0.30)
6	T16(0.48); T8(0.34) T14(-0.53)	T20(0.70); T19(0.37); T17(0.33)	T10(0.47); T5(0.41); T3(0.37) T17(-0.31)	T17(0.50) T19(-0.71)

注: 表内括号中数值为该性状特征向量值。

表 8 列出了各个采收期 10 个品种在主成分上的综合评价得分及其在品种间的排序。Y8, Y10 处于第 1 或 2 位的排序较多, 而 Y2 和 Y5 处于第 9 或 10 位的排序较多。就 6 个采收期 Y_i 的平均值而言, 品种 Y8, Y10, Y7 分别排在第 1, 2 和 3 位, 品种 Y9, Y5 和 Y2 分别排在第 8, 9 和 10 位。

Y_i 与 D_i 的品种间排序基本一致。

表 8 各品种在主成分上的综合评价得分 Y_i 及品种间排序

采收期	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10	
Y_i 数值	1	-0.48	-2.07	-0.93	1.27	-2.31	0.73	-0.15	1.82	-0.36	2.47
	2	1.18	-2.54	0.34	-1.89	-1.19	0.92	1.96	1.80	-2.93	2.35
	3	0.07	-2.45	-0.61	0.04	-1.95	-1.27	0.65	3.98	-1.36	2.90
	4	0.51	-2.68	-1.78	-0.39	-2.22	-0.95	0.50	5.14	-1.97	3.84
	5	0.95	-2.78	-1.66	-0.00	-1.59	-0.69	0.14	3.35	-1.59	3.88
	6	0.27	-3.57	-0.19	0.21	-1.50	-0.86	0.18	3.51	-0.55	2.50
	平均	0.42	-2.68	-0.81	-0.13	-1.79	-0.35	0.55	3.27	-1.46	2.99
Y_i 排序	1	7	9	8	3	10	4	5	2	6	1
	2	4	9	6	8	7	5	2	3	10	1
	3	4	10	6	5	9	7	3	1	8	2
	4	3	10	7	5	9	6	4	1	8	2
	5	3	10	9	5	7	6	4	2	8	1
	6	3	10	6	4	9	8	5	1	7	2
	平均	4	10	7	5	9	6	3	1	8	2

3 讨论与结论

叶菜型甘薯茎尖因再生能力强,一个生长季节里可多次采摘,从而实现高产和高效^[3]。多次采摘形成的茎尖总产量是采摘期平均产量与茎尖再生系数两因素之积^[22],而采摘期平均产量的构成因素包括基部分枝数、茎尖质量和种植密度。到目前为止,有关茎尖叶片、叶柄和茎形态与质量及其结构、分枝再生能力及其品种间的差异^[17,23]和这些差异对茎尖质量乃至茎尖产量影响的研究较少。

本文 10 个品种 21 个性状的加减符号法判别、隶属函数及主成分得分的高低排序较为一致,品种 Y3 和 Y7 属于“叶型叶菜品种”,Y8 和 Y10 属于“柄型叶菜品种”,Y4 和 Y9 属于“茎型叶菜品种”,Y1, Y6 属于“分枝型叶菜品种”,Y2 和 Y5 属于“交叉型叶菜品种”。

本试验中,10 个品种的种植密度、采摘次数相同,因此茎尖产量(采摘期平均产量)的构成因素为基部分枝数与茎尖质量。相关性的分析结果显示茎尖产量与基部分枝数和茎尖质量之乘积显著正相关,但与任何单个构成因素不相关,或许是因为茎尖质量与基部分枝数呈显著负相关有关,性状变异方差的分析结果显示基部分枝数受采收期主导,茎尖质量受品种主导。

就品种间而言,与茎尖质量呈显著与极显著正相关的性状包括叶片的总质量(T2)和平均质量(T10)及平均长度(T13)、叶柄的总质量(T3)与平均质量(T11)、叶柄的总长(T9)和平均长度(T16)、叶柄占茎尖质量的比(T19),呈显著负相关的性状为茎占茎尖质量的比(T20)。21 个性状的变异系数权重值分析显示,无论哪个采收时期,性状权重值排在前 3 位的性状均为叶柄相关的叶柄平均质量(T11)和总质量(T3)、叶柄平均长度(T16),说明这 3 个性状在品种间的差异较大。

对叶柄总长度(T9)和平均长度(T16)与其他性状的进一步相关性进行分析表明,叶柄长度不仅与叶柄质量(T3, T11)及叶柄占茎尖质量比(T19)呈极显著正相关,而且与叶片平均质量(T10)、节间平均质量(T12)、叶片平均长度(T13)与平均宽度(T14)及其叶片大小的平均值(T15)呈显著或极显著正相关,与茎占茎尖质量比(T20)呈显著或极显著负相关。表明叶柄的长短与叶片的空间形态布局合理与否、茎尖整体生长良好与否密切相关。本文中 Y10, Y8 叶柄方面性状表现突出,叶片平均质量高;品种 Y9, Y2 叶柄性状表现较弱,茎性状表现突出,叶片总质量和叶片大小之和的数值均较低,而茎在茎尖质量中的比例较高,通过茎支撑植株获取更多光合产物。

本文研究结果初步表明,由于叶柄支撑着茎尖叶片群体的空间分布,叶柄的长短、个数的多少及其健壮程度影响叶片的多少、长宽、质量以及叶片群体对光、热、水等资源的利用,可能是影响茎尖质量及产量的重要器官,值得进一步关注和深入研究。

参考文献:

- [1] 陈艳,王之盛,张晓明,等.常用粗饲料营养成分和饲用价值分析[J].草业学报,2015,24(5):117-125.
- [2] 赵樱,谢小焕,傅玉凡,等.甘薯苗期茎尖多酚含量对其 DPPH·清除反应的影响[J].西南大学学报(自然科学版),2015,37(2):39-45.
- [3] 张立明,汪宝卿.甘薯高产高效栽培十大关键技术[M].北京:中国农业科学技术出版社,2015.
- [4] WOOLFE J A. Sweetpotato, an Untapped Food Resource [M]. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1992: 92-104, 165-178.
- [5] ISLAM M S, YOSHIMOTO M, YAHARA S, et al. Identification and Characterization of Foliar Polyphenolic Composition in Sweetpotato (*Ipomoea batatas* L.) Genotypes [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2002, 50(13): 3718-3722.
- [6] ISLAM S. Sweetpotato (*Ipomoea batatas* L.) Leaf: Its Potential Effect on Human Health and Nutrition [J]. Journal of Food Science, 2006, 71(2): R13-R21.

- [7] 傅玉凡,曾令江,杨春贤,等. 叶菜型甘薯茎尖黄酮类化合物含量在不同品种、部位和采收期的变化 [J]. 中国中药杂志, 2010, 35(9): 1104-1107.
- [8] 谢小焕,赵樱,罗薇,等. 不同甘薯品种苗期茎尖醇溶提取物清除 DPPH· 的行为特征差异 [J]. 中国农业科学, 2013, 46(2): 270-281.
- [9] 靳艳玲,谭力,杨林,等. 不同品种甘薯不同部位的抗氧化活性研究 [J]. 食品研究与开发, 2019, 40(12): 51-58.
- [10] SUN H N, MU T H, XI L S, et al. Sweet Potato (*Ipomoea batatas* L.) Leaves as Nutritional and Functional Foods [J]. Food Chemistry, 2014, 156: 380-389.
- [11] 顾东东,胡春霞,傅玉凡,等. 紫肉甘薯新品种“渝紫薯7号”产量、食用品质的表现及其稳定性分析 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2015, 37(6): 35-42.
- [12] SUN H N, MU B N, SONG Z, et al. The *In Vitro* Antioxidant Activity and Inhibition of Intracellular Reactive Oxygen Species of Sweet Potato Leaf Polyphenols [J]. Oxidative Medicine and Cellular Longevity, 2018: 9017828.
- [13] MAKORI S I, MU T H, SUN H N. Total Polyphenol Content, Antioxidant Activity, and Individual Phenolic Composition of Different Edible Parts of 4 Sweet Potato Cultivars [J]. Natural Product Communications, 2020, 15(7): 1-12.
- [14] 王铁固,欧行奇,赵双锁,等. 茎尖采摘次数对叶菜型甘薯薯块产量及品质的影响 [J]. 河南农业大学学报, 2008, 42(6): 609-612.
- [15] 魏猛,唐忠厚,陈晓光,等. 不同氮素水平对叶菜型甘薯光合作用及生长特性的影响 [J]. 江苏农业学报, 2014, 30(1): 87-91.
- [16] 邱永祥,李国良,刘中华,等. 不同肥料种类及用量对秋季叶菜用甘薯产量与品质影响的研究 [J]. 江苏师范大学学报(自然科学版), 2017, 35(3): 39-43.
- [17] 欧行奇,卫秀英,李新华. 不同甘薯品种茎尖重量及形态结构比较分析 [J]. 湖北农业科学, 2008, 47(9): 1010-1012.
- [18] 徐飞,曹清河,袁起,等. 茎尖菜用甘薯生产现状与发展建议 [J]. 江苏农业科学, 2015, 43(9): 5-8.
- [19] 张朝阳,许桂芳. 利用隶属函数法对4种地被植物的耐热性综合评价 [J]. 草业科学, 2009, 26(2): 57-60.
- [20] 孙凯,张胜利,朱弘博,等. 利用隶属函数法对不同基因型甘薯耐盐碱能力的分析与评价 [J]. 东北师大学报(自然科学版), 2015, 47(2): 115-119.
- [21] 李祥栋,潘虹,陆秀娟,等. 蕙苡种质的主要营养组分特征及综合评价 [J]. 中国农业科学, 2018, 51(5): 835-850.
- [22] 李坤培,张启堂. 甘薯生物学 [M]. 重庆:西南师范大学出版社, 2020.
- [23] FU Y F, WANG W Q, WU J Y, et al. Yield Composition Analysis of Vine Tip of Leaf-Vegetable Sweetpotato [J]. Agricultural Science & Technology, 2009, 10(3): 88-91.

责任编辑 周仁惠