

刘宜洋,陈 祥,刘晶晶,等. 精简化栽培番茄种质的评价与筛选[J]. 江苏农业科学,2025,53(6):152-161.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2025.06.019

精简化栽培番茄种质的评价与筛选

刘宜洋¹, 陈 祥¹, 刘晶晶¹, 王晓敏^{1,2,3}, 胡新华⁴, 付金军⁴, 高艳明^{1,2,3}, 李建设^{1,2,3}

(1. 宁夏大学葡萄酒与园艺学院,宁夏银川 750000; 2. 宁夏现代设施园艺工程技术研究中心,宁夏银川 750000;

3. 宁夏优势特色作物现代分子育种重点实验室,宁夏银川 750000; 4. 宁夏巨丰种苗有限责任公司,宁夏银川 750000)

摘要:番茄精简化栽培是一种在植株生长过程中无需搭架、整枝和打杈的新型栽培管理方式,可以极大地减少人力物力的消耗,增加番茄的经济效益。为筛选适合精简化栽培的番茄种质资源,培育适应该栽培方式的番茄新品种,以 37 份有限生长型番茄种质为试验材料,分别进行露地精简化栽培和常规栽培,测定并比较花序、果实、品质、产量性状,通过主成分分析和隶属函数分析,最终进行综合评价。初步筛选出精简化栽培下果形优秀的材料 21 份,品质优秀的材料 10 份,产量优秀的材料 10 份;通过主成分分析将精简化栽培下番茄的 21 个性状归纳提取成 6 个主成分,总贡献率达到 80.614%,借助隶属函数分析和聚类分析将 37 份番茄种质分为 4 类,其中第Ⅱ类是适合精简化栽培的番茄种质,包含 3 份种质,分别是 1 号、20 号、21 号。

关键词:番茄;种质资源;精简化栽培;综合评价;筛选

中图分类号:S641.204 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2025)06-0152-10

近年来,农业种植从业者老龄化严重、农村劳动力减少、蔬菜产业供需矛盾突出、生产力水平低下等问题愈演愈烈,解决劳动力问题是关键所在。番茄(*Solanum lycopersicum*),别称西红柿,原产自南美洲,果实色泽艳丽,富含丰富的维生素和矿质元素,深受消费者喜爱^[1-2]。在番茄生产过程中,搭架绑蔓、整枝打杈等各个阶段都需要投入大量的人力、物力,用工成本高,相对效益低,急需筛选出适合精简化栽培的番茄种质材料。

精简化栽培是一种在番茄生长过程中无需搭架、整枝和打杈的新型栽培管理方式,可以有效减少人力、物力支出。目前关于番茄精简化栽培的研究较少,研究大多集中在轻简化栽培方面,且主要集中在油菜、白菜、水稻上,贺斌将 5 个试验点的 9 种轻简化栽培模式与当地精细耕作模式进行同田对比试验,结果显示,轻简化栽培模式平均节约支出约 18.16%,增加效益 64.23%^[3]。冯健起等研究

发现,与传统栽培模式相比,大白菜轻简化栽培模式平均 667 m² 减少用工 60%~70%,节约种子 60%,节肥 35%,节水 20%,节省成本 30%~40%,提高净菜产量 5%^[4]。孙一标等选育出的适宜轻简化栽培的优质两系杂交中籼稻新品种盐两优丝苗 1 号比对照品种增产 3.64%^[5]。杨斌在番茄生产过程中运用轻简化技术,可节省 30% 绕蔓人工和 20% 采摘人工^[6]。以上轻简化研究仅从栽培技术角度出发,未考虑选育适宜品种,这就导致后续可能会出现降质、减产等一系列问题。目前关于番茄种质资源的研究较多,但主要集中在番茄抗逆性^[7-10]上,鲜有关于适合精简化栽培的种质筛选的研究,因此筛选适合精简化栽培的番茄种质,培育适合精简化栽培的高产、优质番茄品种,对于番茄产业的发展具有重要意义。本研究以 37 份番茄种质资源为研究对象,通过描述统计、主成分分析、隶属函数分析和聚类分析对其主要农艺性状进行分析评价,以期筛选出适合精简化栽培的番茄种质资源材料,为培育适合精简化栽培的番茄品种提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验材料为笔者所在实验室前期筛选出的 36 份番茄种质资源,以以色列 8362 为对照,详细信息如表 1 所示。

收稿日期:2024-02-28

基金项目:宁夏回族自治区农业育种专项(编号:NXNYYZ20200101、NXNYYZ20200104);宁夏回族自治区科技领军人才培养项目(编号:2023GKLRXLX12)。

作者简介:刘宜洋(1999—),男,河北承德人,硕士研究生,主要从事蔬菜生物技术与遗传育种研究。E-mail:1398400798@qq.com。

通信作者:王晓敏,博士,教授,主要从事蔬菜生物技术与遗传育种研究。E-mail:wangxiaomin_1981@163.com。

表 1 番茄种质资源材料信息

编号	种质名称	生长习性	成熟果色
1	21CL2577	有限生长	粉红
2	21CL2579	有限生长	粉红
3	21CL2580	有限生长	粉红
4	21CL2584	有限生长	红
5	21CL2591	有限生长	红
6	21CL2593	有限生长	红
7	21CL2594	有限生长	红
8	21CL2597	有限生长	粉红
9	21CL2599	有限生长	红
10	21CL2600	有限生长	粉红
11	21CL2603	有限生长	粉红
12	21CL2604	有限生长	红
13	21CL2606	有限生长	红
14	21CL2607	有限生长	红
15	21CL2608	有限生长	红
16	21CL2609	有限生长	红
17	21CL2610	有限生长	红
18	21CL2625	有限生长	橘黄
19	21CL2635	有限生长	红
20	21CL2638	有限生长	红
21	21CL2641	有限生长	红
22	21CL2643	有限生长	红
23	21CL2645	有限生长	红
24	21CL2647	有限生长	红
25	21CL2648	有限生长	红
26	21CL2654	有限生长	红
27	21CL2658	有限生长	红
28	21CL2660	有限生长	红
29	21CL2669	有限生长	红
30	21CL2670	有限生长	红
31	21CL2673	有限生长	红
32	21CL2675	有限生长	红
33	21CL2679	有限生长	红
34	21CL2680	有限生长	红
35	21CL2682	有限生长	红
36	21CL2683	有限生长	红
37	以色列 8362	有限生长	红

1.2 试验设计

试验材料于 2022 年 4 月 16 日播种在宁夏大学实验农场 7 号温室(38°27'N,106°25'E),每份材料播种 28 粒,在 98 孔穴盘中进行育苗,待幼苗长至 5~6 张真叶时,选取大小均匀、长势良好的幼苗,采用半高垄双行覆膜栽培方式进行露地定植,垄高 20 cm,畦宽 80 cm,株距 40 cm,采用随机区组试验设计,试验分为精简化栽培(完全不搭架、不整枝、

不打杈)和常规栽培(搭架且整枝)2 种模式,其他浇水、施肥及养护方式一致。每份材料每处理定植 12 株,从每个小区选取 3 株长势基本一致的番茄材料用于指标调查。

1.3 测定指标及方法

参考李锡香等的方法^[11],对供试番茄种质材料的首花序节位、单花序花数、单花序果数、果实纵经、果实横径、果形指数、单果重、果实整齐度、果梗洼大小、果实木栓化大小、果肉厚度、裂果率、畸形果率、商品果率、硬度、可溶性固形物含量、一穗单株产量、单株产量、小区产量、株高、茎粗进行调查并记录,其中果实重量间整齐度指标采用果实整齐度系数法(CR 法)测定,具体公式为:

$$CR = \sum_{i=1}^n X_{\min} / \sum_{a=1}^n X_{\max}。$$

式中:CR 表示番茄品种整齐度系数; X_{\min} 表示样本中某个相对最小果重; X_{\max} 表示样本中某个相对最大果重。CR 值越小,表示果实重量间整齐度越低;CR 值越接近于 1,则整齐度越高;CR = 1,则表示样品果大小无差异^[12]。

测定所用仪器包括 GY-4 数字式果实硬度计、K70 电子秤、MST-150T 数显游标卡尺、TD-45 数显糖度计等。

1.4 数据统计分析

采用 Excel 2016 进行数据统计、计算,IBM SPSS 25 进行数据差异显著性分析、主成分分析、隶属函数分析和聚类分析。计算综合指标的隶属函数值和综合指标权重,并对各指标进行综合评价。

(1)各番茄材料标准化后数据的综合指标隶属函数值的计算公式为:

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

式中: X_j 表示番茄材料第 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。

(2)权重计算公式为:

$$W_j = P_j / \sum_{j=1}^n P_j, j = 1, 2, 3, \cdots, n。$$

式中: W_j 表示为番茄材料第 j 个综合指标在所有评价指标中的权重; P_j 表示不同番茄材料第 j 个综合指标的贡献率。

(3)综合评价值计算公式为:

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

式中:D 值反映材料的综合得分情况,按 D 值大小对试验用番茄材料进行综合排名^[13-14]。

2 结果与分析

2.1 精简化栽培与常规栽培番茄种质性状比较

2.1.1 番茄种质花序性状比较 与常规栽培相比,不同材料在精简化栽培下出现不同变化情况,如表

2 所示,在精简化栽培下,7 号材料的首花序节位最低,为 5.00 节,与 6 号(5.67 节)、15 号(5.67 节)、36 号(5.67 节)、37 号(5.67 节)差异不显著;27 号材料的首花序节位最高,为 8.00 节,与 1 号(7.67 节)、4 号(7.67 节)、13 号(7.67 节)等 8 份材料差

表 2 精简化栽培与常规栽培下不同番茄种质花序性状比较

编号	首花序节位(节)			单花序花数(朵)			单花序果数(个)		
	精简化栽培	常规栽培	变幅(%)	精简化栽培	常规栽培	变幅(%)	精简化栽培	常规栽培	变幅(%)
1	7.67±0.47ab	7.67±0.47ab	0.00	6.33±0.94ab	6.00±0.82bc	5.50	3.33±0.47ef	3.33±0.47g	0.00
2	7.00±0.00bed	7.33±1.25abc	-4.50	5.33±0.47bc	5.33±0.94cd	0.00	4.67±0.47bed	4.33±0.47ef	7.85
3	6.67±0.47cde	7.33±0.47abc	-9.00	5.00±0.00bed	4.67±0.47cd	7.07	4.00±0.00cdef	4.67±0.47def	-14.35
4	7.67±0.47ab	6.00±0.82def	27.83	4.67±0.47cd	5.00±0.00cd	-6.60	4.67±0.47bed	4.33±0.47ef	7.85
5	6.67±0.47cde	6.33±1.25cde	5.37	5.00±0.82bed	6.00±1.63bc	-16.67	4.33±0.47bede	3.33±0.47g	30.03
6	5.67±0.47fg	5.00±0.00f	13.40	5.00±0.00bed	5.00±0.00cd	0.00	4.67±0.47bed	4.33±0.47ef	7.85
7	5.00±0.00g	5.33±0.47ef	-6.19	5.33±0.47bc	5.67±1.25bed	-6.00	3.33±0.47ef	4.00±0.00efg	-16.75
8	7.33±0.47abc	7.67±0.47ab	-4.43	5.67±0.47abc	5.33±0.47cd	6.38	4.33±0.47bede	3.67±0.47fg	17.98
9	6.67±0.47cde	7.33±0.47abc	-9.00	3.67±0.47d	5.67±0.94bed	-35.27	3.33±0.47ef	4.33±0.47ef	-23.09
10	6.33±0.47def	6.33±0.47cde	0.00	5.33±0.47bc	5.33±0.47cd	0.00	4.67±0.47bed	4.67±0.47def	0.00
11	7.33±0.47abc	7.33±0.47abc	0.00	5.67±0.47abc	7.00±0.00ab	-19.00	4.67±0.47bed	4.33±0.47ef	7.85
12	6.67±0.47cde	6.00±0.00def	11.17	5.33±0.47bc	5.33±0.94cd	0.00	4.33±0.47bede	4.00±0.00efg	8.25
13	7.67±0.47ab	7.67±0.47ab	0.00	4.67±0.47cd	5.00±0.82cd	-6.60	3.67±0.47def	3.33±0.47g	10.21
14	6.67±0.47cde	5.67±0.47def	17.64	4.67±0.47cd	4.33±0.47d	7.85	3.67±0.47def	4.00±0.00efg	-8.25
15	5.67±0.47fg	5.67±0.47def	0.00	3.67±0.47d	4.33±0.94d	-15.24	3.00±0.00f	3.33±0.47g	-9.91
16	6.67±0.47cde	6.67±0.47bed	0.00	6.33±0.47ab	6.00±0.00bc	5.50	5.33±0.47b	5.00±0.00cde	6.60
17	6.33±0.47def	6.67±0.47bed	-5.10	5.67±0.47abc	5.00±0.00cd	13.40	5.33±0.47b	5.00±0.00cde	6.60
18	7.67±0.47ab	7.67±0.47ab	0.00	4.67±0.94cd	4.33±0.47d	7.85	3.33±0.47ef	3.33±0.47g	0.00
19	6.00±0.00ef	6.00±0.00def	0.00	3.67±0.47d	5.67±0.47bed	-35.27	3.33±0.47ef	4.00±0.00efg	-16.75
20	6.00±0.00ef	5.67±0.47def	5.82	5.00±0.00bed	5.33±0.47cd	-6.19	4.33±0.47bede	4.33±0.47ef	0.00
21	6.33±0.47def	6.33±0.47cde	0.00	5.00±0.00bed	5.33±0.47cd	-6.19	5.00±0.00bc	4.67±0.47def	7.07
22	7.67±0.47ab	8.00±0.00a	-4.13	5.33±0.47bc	6.00±0.00bc	-11.17	4.33±0.47bede	5.67±0.47bc	-23.63
23	7.33±0.47abc	7.33±0.47abc	0.00	5.67±0.47abc	7.67±0.47a	-26.08	4.67±0.47bed	5.67±0.47bc	-17.64
24	6.67±0.47cde	6.33±0.47cde	5.37	5.33±0.47bc	5.33±0.47cd	0.00	3.33±0.47ef	3.67±0.47fg	-9.26
25	6.67±0.47cde	6.00±0.00def	11.17	4.67±0.47cd	5.67±0.47bed	-17.64	4.00±0.00cdef	5.00±0.00cde	-20.00
26	7.00±0.00bed	6.67±0.47bed	4.95	6.33±0.47ab	6.00±0.82bc	5.50	3.67±0.47def	4.33±0.47ef	-15.24
27	8.00±0.00a	7.67±0.47ab	4.30	6.33±0.94ab	7.33±0.47a	-13.64	6.33±0.94a	6.67±0.47a	-5.10
28	7.00±0.00bed	6.67±0.47bed	4.95	4.67±0.94cd	4.33±0.47d	7.85	3.33±0.47ef	4.00±0.82efg	-16.75
29	6.33±0.47def	6.67±0.94bed	-5.10	4.67±0.47cd	5.00±0.00cd	-6.60	4.67±0.47bed	5.00±0.00cde	-6.60
30	7.00±0.00bed	7.33±0.47abc	-4.50	5.00±0.82bed	5.67±0.47bed	-11.82	4.00±0.82cdef	4.33±0.47ef	-7.62
31	6.67±0.47cde	6.67±0.47bed	0.00	4.33±0.47cd	4.33±0.47d	0.00	3.67±0.47def	4.00±0.00efg	-8.25
32	6.33±0.47def	5.00±0.00f	26.60	7.00±0.82a	8.00±0.00a	-12.50	5.00±0.00bc	6.00±0.00ab	-16.67
33	6.33±0.47def	6.33±0.47cde	0.00	5.33±0.47bc	5.33±0.47cd	0.00	4.33±0.47bede	4.33±0.47ef	0.00
34	6.67±0.47cde	6.67±0.47bed	0.00	5.67±1.25abc	5.33±0.47cd	6.38	4.67±0.47bed	5.33±0.47bed	-12.38
35	7.00±0.00bed	7.67±0.47ab	-8.74	4.67±1.25cd	5.33±0.47cd	-12.38	4.67±1.25bed	4.33±0.47ef	7.85
36	5.67±0.47fg	5.67±0.47def	0.00	6.33±0.47ab	6.00±0.00bc	5.50	4.33±0.47bede	4.67±0.47def	-7.28
37	5.67±0.47fg	6.33±0.47cde	-10.43	4.33±0.47cd	5.33±0.94cd	-18.76	3.67±0.47def	4.67±0.47def	-21.41

注:同列数据后小写字母不同表示在 5% 水平上差异显著。下表同。

异不显著;相较于常规栽培,有 11 份材料的首花序节位下降,12 份材料上升,14 份材料不变。32 号材料的单花序花数最高,为 7.00 朵,与 1 号(6.33 朵)、16 号(6.33 朵)、26 号(6.33 朵)等 10 份材料差异不显著;9 号、15 号、19 号材料的单花序花数最低,为 3.67 朵,与 31 号(4.33 朵)、37 号(4.33 朵)、4 号(4.67 朵)等 16 份材料差异不显著;相较于常规栽培,有 11 份材料的单花序花数上升,19 份材料下降,7 份材料不变。27 号材料的单花序果数最高,为 6.33 个,与所有材料差异显著;15 号材料的单花序果数最低,为 3.00 个,与 1 号(3.33 个)、7 号(3.33 个)、9 号(3.33 个)等 15 份材料差异不显著;相较于常规栽培,有 12 份材料的单花序果数上升,20 份材料下降,5 份材料不变。

2.1.2 番茄种质果实性状比较 由表 3 可知,在精简化栽培下,19 号材料的单果重最高,为 208.15 g,与 37 号(203.45 g)材料差异不显著,32 号材料的单果重最低,为 42.04 g,与 36 号(44.64 g)、34 号(45.68 g)材料差异不显著;相较于常规栽培,有 14 份材料的单果重上升,23 份材料下降,其中 7 号材料的增幅达到 60% 以上。25 号材料的果实整齐度最高,为 96.27%,与 1 号(94.81%)、20 号(93.92%)、33 号(93.92%)等 15 份材料差异不显著;4 号材料的果实整齐度最低,为 79.67%,与 32 号(81.32%)、31 号(82.77%)、3 号(83.26%)等 7 份材料差异不显著;相较于常规栽培,有 19 份材料的果实整齐度上升,18 份材料下降,其中 20 号材料的增幅达到 20% 以上。3 号(0.81)、17 号(0.83)、37 号(0.83)、13 号(0.84)、16 号(0.84)等 5 份材料的果形指数在 0.80~0.86 之间,属于扁圆果形;10 号(0.87)、8 号(0.90)、2 号(0.91)等 14 份的材料果形指数在 0.87~0.99 之间,属于圆形果形;19 号(1.00)、23 号(1.00)、29 号(1.02)等 15 份材料的果形指数在 1.00~1.50 之间,属于高圆果形;34 号(1.55)、31 号(2.15)、36 号(2.86)材料的果形指数大于 1.5,属于长圆果形。

2.1.3 番茄种质品质性状比较 如表 4 所示,在精简化栽培下,32 号材料的硬度最高,为 6.21 kg/cm²,与 25 号(5.98 kg/cm²)、31 号(5.77 kg/cm²)、7 号(5.76 kg/cm²)、16 号(5.73 kg/cm²)等 4 份材料差异不显著;36 号材料的硬度最低,为 3.36 kg/cm²,与 20 号(3.48 kg/cm²)、8 号(3.56 kg/cm²)、13 号(3.61 kg/cm²)等 6 份材料差异不显著;相较于常规

栽培,有 18 份材料的硬度上升,19 份材料下降,其中 25 号材料的增幅达到 60% 以上。在精简化栽培下,16 号材料的可溶性固形物含量最高,为 6.57%,与 13 号(6.47%)、35 号(6.37%)材料差异不显著;14 号材料的可溶性固形物含量最低,为 3.83%,与 20 号(4.07%)、25 号(4.23%)、29 号(4.27%)、31 号(4.27%)等 4 份材料差异不显著;相较于常规栽培,有 7 份材料的可溶性固形物含量上升,28 份材料下降,2 份材料不变,其中 35 号材料的增幅达到 10% 以上。

2.2.4 番茄种质产量性状比较 如表 5 所示,在精简化栽培下,37 号材料的一穗单株产量最高,为 0.68 kg,与 2 号(0.66 kg)材料差异不显著;28 号材料的一穗单株产量最低,为 0.15 kg,与 31 号(0.16 kg)、24 号(0.18 kg)、34 号(0.18 kg)、36 号(0.18 kg)、32 号(0.19 kg)等 5 份材料差异不显著;相较于常规栽培,有 11 份材料的一穗单株产量上升,26 份材料下降,其中 13 号的增幅达到 40% 以上。21 号材料的单株产量最高,为 1.96 kg,与 1 号(1.95 kg)、11 号(1.92 kg)、29 号(1.92 kg)、5 号(1.90 kg)、26 号(1.88 kg)等 5 份材料差异不显著;18 号材料的单株产量最低,为 0.70 kg,与所有材料差异显著;相较于常规栽培,有 17 份材料的单株产量上升,20 份材料下降,其中 1 号、7 号、17 号、8 号、11 号等 5 份材料的增幅达到 20% 及以上。21 号材料的小区产量最高,为 31.20 kg,与 1 号(30.43 kg)、11 号(30.14 kg)、5 号(29.93 kg)、4 号(29.73 kg)、29 号(29.70 kg)等 5 份材料差异不显著;18 号材料的小区产量最低,为 10.42 kg,与所有材料差异显著;相较于常规栽培,有 17 份材料的小区产量上升,20 份材料下降,其中 17 号(29.08%)、1 号(28.18%)、7 号(25.57%)等 6 份材料增幅达到 20% 以上。

2.2 精简化栽培下番茄种质资源主成分分析

选取 21 个性状进行主成分分析,以特征值高于 1.00 为标准进行提取,结果如表 6 所示,在精简化栽培下,21 个成分的前 6 个主成分累计贡献率达到 80.614%,可以代表大部分参数,其中第 1 主成分的特征值为 8.141,方差贡献率为 38.765%,单果重(0.943)、果梗洼大小(0.926)、一穗单株产量(0.920)、果实横径(0.876)、果实木栓化大小(0.816)、单株产量(0.780)、小区产量(0.777)、果肉厚度(0.761)、茎粗(0.674)具有较高正向载荷,

表 3 精简化栽培与常规栽培下不同番茄种质果实性状比较

编号	单果重(g)			果实整齐度(%)			果形指数		
	精简化栽培	常规栽培	变幅(%)	精简化栽培	常规栽培	变幅(%)	精简化栽培	常规栽培	变幅(%)
1	172.23±8.08c	127.88±11.12lm	34.68	94.81±0.40ab	93.62±3.47ab	1.27	1.10±0.07fghi	0.96±0.07efghijk	14.58
2	155.54±5.54e	175.06±9.27ef	-11.15	93.87±1.57abc	89.11±3.46abcdefg	5.34	0.91±0.05klmno	0.90±0.04ghijk	1.11
3	146.04±10.62g	174.63±5.90f	-16.37	83.26±3.49klm	88.77±3.28abcdefg	-6.21	0.81±0.08o	0.86±0.03hijk	-5.81
4	138.62±5.55h	138.43±9.10jk	0.14	79.67±3.53m	91.58±4.08abcd	-13.01	0.94±0.06ijklmno	1.03±0.01efghi	-8.74
5	147.55±5.48fg	183.29±14.69e	-19.50	90.83±3.17bedefgh	90.91±3.40abcde	-0.09	0.97±0.07hijklmno	1.02±0.00efghij	-4.90
6	70.74±5.29o	65.74±9.49uv	7.61	92.29±3.07abcdefg	91.34±3.79abcd	1.04	1.04±0.04fghijk	1.09±0.07efg	-4.59
7	124.42±9.07ij	76.22±11.90st	63.24	85.30±3.48ijkl	87.34±2.66bedefgh	-2.34	0.98±0.09hijklmn	0.96±0.11efghijk	2.08
8	124.81±7.28ij	101.83±8.30o	22.57	93.25±3.11abcdef	87.50±4bedefgh	6.57	0.90±0.05klmno	0.93±0.05fghijk	-3.23
9	160.49±6.22de	121.36±5.22m	32.24	90.8±0.81bedefgh	78.32±3.22jk	15.93	0.97±0.06hijklmno	1.08±0.04efg	-10.19
10	170.85±6.33c	146.47±11.90hij	16.65	91.39±3.55abcdefg	90.44±3.45abcdef	1.05	0.87±0.03lmno	0.93±0.05fghijk	-6.45
11	130.15±5.27i	154.78±11.76gh	-15.91	91.71±1.57abcdefg	93.91±2.74a	-2.34	0.97±0.11hijklmno	1.00±0.07efghijk	-3.00
12	129.12±5.07i	159.82±7.32g	-19.21	83.90±1.17jklm	89.27±3.22abcdefg	-6.02	0.98±0.03hijklmn	1.07±0.06efg	-8.41
13	120.08±8.66jk	96.31±6.79op	24.68	87.78±2.54ghijk	91.88±2.39abcd	-4.46	0.84±0.00mno	0.85±0.01ijk	-1.18
14	157.97±6.71de	151.27±9.06hi	4.43	93.81±2.54abcd	92.50±0.53abc	1.42	0.94±0.09ijklmno	1.05±0.02efghi	-10.48
15	153.62±5.60ef	141.37±9.06jk	8.67	88.80±2.26defghij	90.39±1.39abcdef	-1.76	1.05±0.07fghijk	0.94±0.10fghijk	11.70
16	72.35±7.28no	91.97±8.40pq	-21.33	83.89±1.86jklm	87.43±3.41bedefgh	-4.05	0.84±0.05mno	0.99±0.09efghijk	-15.15
17	68.24±6.61op	83.86±5.52rs	-18.63	88.75±1.99efghij	79.92±3.68ijk	11.05	0.83±0.01no	0.82±0.03k	1.22
18	78.40±8.80n	162.04±8.89g	-51.62	93.11±2.23abcdef	86.54±3.56cedefgh	7.59	1.15±0.11efg	1.05±0.13efgh	9.52
19	208.15±8.54a	170.13±14.66f	22.35	87.83±1.72ghijk	85.74±2.99defghi	2.44	1.00±0.03ghijklm	0.97±0.02efghijk	3.09
20	163.74±4.94d	154.59±11.57gh	5.92	93.92±2.81abc	76.48±3.53k	22.80	0.94±0.06ijklmno	0.97±0.01efghijk	-3.09
21	183.67±7.94b	175.91±9.90ef	4.41	91.66±0.95abcdefg	92.28±3.23abc	-0.67	0.92±0.03ijklmno	0.94±0.08fghijk	-2.13
22	90.46±8.14m	113.26±11.93n	-20.13	85.61±2.17ijkl	82.97±1.1hij	3.18	1.13±0.04efgh	1.10±0.02ef	2.73
23	63.13±10.97p	142.99±9.25ij	-55.85	90.93±2.72bedefgh	88.22±0.76abcdefgh	3.07	1.00±0.03ghijklm	0.91±0.06fghijk	9.89
24	68.74±5.82op	211.85±15.96c	-67.55	84.38±2.05ijklm	90.44±2.52abcdef	-6.70	1.15±0.12efg	1.02±0.01efghij	12.75
25	116.12±8.50k	174.66±7.54f	-33.52	96.27±3.44a	84.40±2.44fghi	14.06	1.08±0.05fghij	1.00±0.03efghijk	8.00
26	143.11±7.88gh	196.10±12.05d	-27.02	88.70±2.94fghij	92.69±0.74abc	-4.30	0.95±0.03ijklmno	0.93±0.04fghijk	2.15
27	73.39±6.17no	144.14±11.18ij	-49.08	88.00±1.45ghijk	92.40±1.23abc	-4.76	1.15±0.04efg	1.14±0.05e	0.88
28	54.35±9.43q	97.79±12.81op	-44.42	93.76±0.45abcde	87.58±2.41abcdefgh	7.06	0.99±0.06ghijklm	0.86±0.06hijk	15.12
29	139.10±5.44h	239.02±10.34b	-41.80	85.93±2.72hijkl	89.02±2.93abcdefgh	-3.47	1.02±0.07ghijkl	0.91±0.03fghijk	12.09
30	155.45±11.63e	183.30±13.05e	-15.19	86.05±2.22hijkl	84.85±3.51efghi	1.41	1.20±0.10ef	0.95±0.12efghijk	26.32
31	50.81±7.48qr	73.33±12.41tu	-30.71	82.77±1.93lm	89.42±3.23abcdef	-7.44	2.15±0.06b	1.85±0.18b	16.22
32	42.04±7.70s	58.05±14.32vw	-27.58	81.32±2.91lm	92.51±3.59abc	-12.10	1.28±0.04de	1.31±0.03d	-2.29
33	101.38±6.44l	88.07±11.99qr	15.11	93.92±2.85abc	88.20±1.10abcdefgh	6.49	1.10±0.05fghi	1.78±0.15b	-38.20
34	45.68±9.29rs	61.76±14.80vw	-26.04	84.59±2.76ijkl	87.49±2.25bedefgh	-3.31	1.55±0.13c	1.61±0.13c	-3.73
35	84.81±7.18m	133.70±8.73kl	-36.57	83.48±2.64klm	83.13±2.70ghij	0.42	1.40±0.03d	1.32±0.07d	6.06
36	44.64±7.65rs	57.16±9.59w	-21.90	89.07±2.48cedefghi	79.95±3.25ijk	11.41	2.86±0.13a	3.13±0.20a	-8.63
37	203.45±8.84a	275.73±10.18a	-26.21	88.78±2.92defghij	89.91±3.01abcdef	-1.26	0.83±0.07no	0.83±0.06jk	0.00

商品果率(-0.657)具有较高负向载荷;第2主成分特征值为2.567,方差贡献率为12.225%,单花序果数(0.687)、单花序花数(0.631)、首花序节位(0.630)具有较高正向载荷;第3主成分的特征值为2.096,方差贡献率为9.982%,果实纵经(0.731)、果形指数(0.651)具有较高正向载荷;第4

主成分的特征值为1.608,方差贡献率为7.658%,株高(0.694)具有较高正向载荷;第5主成分的特征值为1.311,方差贡献率为6.244%,硬度(-0.539)具有较高负向载荷;第6主成分的特征值为1.205,方差贡献率为5.740%,单花序果数(0.526)具有较高正向载荷。

表 4 精简化栽培与常规栽培下不同番茄种质品质性状比较

编号	硬度 (kg/cm ²)			可溶性固形物含量 (%)		
	精简化栽培	常规栽培	变幅 (%)	精简化栽培	常规栽培	变幅 (%)
1	3.94 ± 0.10klmnop	4.35 ± 0.17hijkl	-9.43	5.30 ± 0.16defg	5.43 ± 0.19efg	-2.39
2	4.64 ± 0.08ghij	3.23 ± 0.11m	43.65	4.70 ± 0.22ijklmn	4.73 ± 0.19ij	-0.63
3	4.31 ± 0.08ijklm	3.41 ± 0.10m	26.39	4.83 ± 0.33ghijkl	4.97 ± 0.31ghij	-2.82
4	5.37 ± 0.28bcde	4.84 ± 0.27fghij	10.95	4.37 ± 0.12lmno	6.17 ± 0.24cd	-29.17
5	4.97 ± 0.14defgh	4.95 ± 0.58efghij	0.40	4.73 ± 0.25hijklm	5.17 ± 0.21fghi	-8.51
6	4.24 ± 0.19jklm	4.48 ± 0.34ghijk	-5.36	5.27 ± 0.25defg	7.63 ± 0.17a	-30.93
7	5.76 ± 0.26abc	5.23 ± 0.21defg	10.13	5.07 ± 0.09fghij	6.10 ± 0.22cd	-16.89
8	3.56 ± 0.11op	4.83 ± 0.18fghij	-26.29	5.17 ± 0.26defgh	6.60 ± 0.08b	-21.67
9	5.51 ± 0.32bcd	3.69 ± 0.37lm	49.32	4.30 ± 0.29mno	5.73 ± 0.17de	-24.96
10	4.71 ± 0.40fghij	4.47 ± 0.19ghijk	5.37	5.20 ± 0.14defg	6.70 ± 0.16b	-22.39
11	4.71 ± 0.43fghij	4.48 ± 0.04ghijk	5.13	5.63 ± 0.31cd	5.83 ± 0.09de	-3.43
12	4.23 ± 0.21jklm	6.41 ± 0.52b	-34.01	4.50 ± 0.08lmno	4.83 ± 0.17hij	-6.83
13	3.61 ± 0.05nop	4.95 ± 0.44efghij	-27.07	6.47 ± 0.12a	6.47 ± 0.09bc	0.00
14	4.94 ± 0.29defgh	5.35 ± 0.15def	-7.66	3.83 ± 0.09p	5.00 ± 0.16fghij	-23.40
15	4.88 ± 0.13efghi	5.05 ± 0.19defghi	-3.37	4.57 ± 0.09lmn	5.10 ± 0.29fghi	-10.39
16	5.73 ± 0.14abc	5.67 ± 0.25cde	1.06	6.57 ± 0.21a	6.80 ± 0.14b	-3.38
17	5.51 ± 0.19bcd	5.39 ± 0.13def	2.23	5.27 ± 0.21defg	5.17 ± 0.29fghi	1.93
18	5.03 ± 0.29defg	4.37 ± 0.43hijkl	15.10	5.57 ± 0.21de	5.77 ± 0.26de	-3.47
19	4.13 ± 0.30jklmno	4.39 ± 0.35hijkl	-5.92	4.53 ± 0.12lmno	4.60 ± 0.29j	-1.52
20	3.48 ± 0.11p	3.89 ± 0.06klm	-10.54	4.07 ± 0.09op	4.73 ± 0.09ij	-13.95
21	4.28 ± 0.10ijklm	5.04 ± 0.17defghi	-15.08	4.60 ± 0.22klmn	5.03 ± 0.29fghij	-8.55
22	5.35 ± 0.60cde	5.40 ± 0.09def	-0.93	5.47 ± 0.25def	5.87 ± 0.09de	-6.81
23	4.50 ± 0.22ghijk	4.78 ± 0.54fghij	-5.86	5.47 ± 0.12def	6.17 ± 0.26cd	-11.35
24	5.10 ± 0.22defg	4.49 ± 0.29ghijk	13.59	5.27 ± 0.25defg	5.47 ± 0.17ef	-3.66
25	5.98 ± 0.36ab	3.67 ± 0.52lm	62.94	4.23 ± 0.12nop	4.60 ± 0.16j	-8.04
26	3.71 ± 0.23mnop	3.30 ± 0.39m	12.42	5.40 ± 0.28def	5.03 ± 0.05fghij	7.36
27	4.20 ± 0.12jklmn	4.26 ± 0.43ijkl	-1.41	5.13 ± 0.09efghi	5.00 ± 0.16fghij	2.60
28	5.31 ± 0.44cdef	4.18 ± 0.44jkl	27.03	5.43 ± 0.29def	5.43 ± 0.17efg	0.00
29	4.37 ± 0.15hijkl	5.80 ± 0.06bcd	-24.66	4.27 ± 0.21mnop	4.13 ± 0.12k	3.39
30	3.81 ± 0.36lmnop	4.48 ± 0.31ghijk	-14.96	5.40 ± 0.28def	5.17 ± 0.29fghi	4.45
31	5.77 ± 0.41abc	5.03 ± 0.50efghi	14.71	4.27 ± 0.17mnop	4.10 ± 0.28k	4.15
32	6.21 ± 0.09a	7.12 ± 0.47a	-12.78	5.03 ± 0.17fghijk	5.17 ± 0.25fghi	-2.71
33	5.39 ± 0.09bcde	5.14 ± 0.13defgh	4.86	4.57 ± 0.05lmn	6.00 ± 0.22d	-23.83
34	5.52 ± 0.17bcd	4.77 ± 0.37fghij	15.72	5.23 ± 0.21defg	5.27 ± 0.09fgh	-0.76
35	5.53 ± 0.32bcd	6.25 ± 0.17bc	-11.52	6.37 ± 0.33ab	5.77 ± 0.12de	10.40
36	3.36 ± 0.16p	4.56 ± 0.25ghijk	-26.32	6.00 ± 0.08bc	7.53 ± 0.21a	-20.32
37	4.62 ± 0.26ghij	4.66 ± 0.34fghijk	-0.86	4.63 ± 0.24jklmn	5.47 ± 0.17ef	-15.36

2.3 精简化栽培下番茄种质资源隶属函数分析和综合评价

对原始数据进行标准化处理,得出每个主成分的隶属函数值,最后根据“2.3”节中番茄种质资源的主成分分析,以各因子所对应的方差贡献率与提取的总方差贡献率的比值作为权重,得出主成分综合评价模型 $D = U_1 \times 0.480\ 9 + U_2 \times 0.151\ 7 + U_3 \times$

$0.123\ 8 + U_4 \times 0.095\ 0 + U_5 \times 0.077\ 5 + U_6 \times 0.071\ 2$ (U 代表主成分)。在精简化栽培下不同番茄种质隶属函数综合指数差异较大(表 7),分布在 0.289 ~ 0.765 之间,排在前 5 的材料分别是 21 号、1 号、20 号、2 号、19 号,其得分值分别为 0.765、0.714、0.704、0.687、0.673。

表 5 精简化栽培与常规栽培下不同番茄种质产量性状比较

编号	一穗单株产量(kg)			单株产量(kg)			小区产量(kg)		
	精简化栽培	常规栽培	变幅(%)	精简化栽培	常规栽培	变幅(%)	精简化栽培	常规栽培	变幅(%)
1	0.61±0.02b	0.44±0.01mn	38.64	1.95±0.05ab	1.52±0.07ijk	28.29	30.43±0.98ab	23.74±1.21jk	28.18
2	0.66±0.05a	0.64±0.07defg	3.13	1.81±0.09de	2.00±0.05b	-9.50	28.32±1.25defg	31.29±1.06ab	-9.49
3	0.50±0.02d	0.60±0.02ghij	-16.67	1.76±0.08ef	1.55±0.09hij	13.55	27.32±1.09fgh	23.85±1.84ijk	14.55
4	0.58±0.03bc	0.49±0.04lm	18.37	1.87±0.05bcd	1.67±0.09defg	11.98	29.73±1.03abcd	25.97±1.76efgh	14.48
5	0.56±0.05c	0.63±0.02efgh	-11.11	1.90±0.08abc	1.62±0.10fghij	17.28	29.93±1.41abc	25.22±1.81ghij	18.68
6	0.30±0.01j	0.25±0.01t	20.00	1.20±0.02lmn	1.20±0.03n	0.00	17.90±0.30o	18.77±0.46n	-4.64
7	0.38±0.01fg	0.28±0.01st	35.71	1.59±0.03h	1.26±0.02mn	26.19	24.41±1.03jk	19.44±0.52mn	25.57
8	0.46±0.02e	0.35±0.02pq	31.43	1.86±0.05cd	1.51±0.07jk	23.18	28.52±0.61cdef	23.71±0.95jk	20.29
9	0.51±0.00d	0.43±0.08n	18.60	1.87±0.05bcd	1.65±0.02efgh	13.33	29.42±1.06bcd	26.06±0.42defgh	12.89
10	0.56±0.02c	0.56±0.04ijk	0.00	1.67±0.06g	1.59±0.06ghij	5.03	26.39±0.83hi	24.72±0.88hij	6.76
11	0.55±0.02c	0.59±0.04ghij	-6.78	1.92±0.05abc	1.60±0.07ghij	20.00	30.14±0.98ab	24.62±1.54hij	22.42
12	0.51±0.02d	0.56±0.04ijk	-8.93	1.56±0.04hi	1.74±0.09de	-10.34	24.47±0.74jk	26.89±1.29defg	-9.00
13	0.40±0.02f	0.28±0.02st	42.86	1.48±0.04i	1.33±0.04lm	11.28	23.36±0.58k	20.93±0.43lm	11.61
14	0.50±0.04d	0.54±0.03jkl	-7.41	1.74±0.02efg	1.96±0.04bc	-11.22	27.63±0.33efgh	30.85±0.92ab	-10.44
15	0.38±0.03fg	0.43±0.02n	-11.63	1.16±0.03mn	0.98±0.01p	18.37	18.09±0.61no	14.82±0.16o	22.06
16	0.33±0.02hij	0.41±0.01no	-19.51	1.54±0.02hi	1.72±0.04def	-10.47	23.81±0.46jk	27.23±0.4def	-12.56
17	0.31±0.02ij	0.36±0.02op	-13.89	1.36±0.03j	1.08±0.04o	25.93	20.86±0.77l	16.16±0.96o	29.08
18	0.22±0.01k	0.44±0.04mn	-50.00	0.70±0.02p	0.87±0.03q	-19.54	10.42±0.49q	12.65±0.34p	-17.63
19	0.58±0.04bc	0.59±0.04ghij	-1.69	1.71±0.04fg	1.89±0.07c	-9.52	26.36±1.05hi	29.42±1.06bc	-10.40
20	0.59±0.05bc	0.58±0.03ghij	1.72	1.71±0.04fg	1.55±0.06hij	10.32	26.94±0.89gh	23.81±1.53ijk	13.15
21	0.62±0.04b	0.62±0.02fghi	0.00	1.96±0.04a	1.75±0.09de	12.00	31.20±0.80a	27.17±1.70defg	14.83
22	0.34±0.02hi	0.55±0.05jkl	-38.18	1.50±0.05i	1.43±0.07kl	4.90	23.84±0.94jk	22.35±1.02kl	6.67
23	0.23±0.01k	0.57±0.01hijk	-59.65	1.28±0.02k	1.77±0.04d	-27.68	19.72±0.46lm	27.95±0.74cd	-29.45
24	0.18±0.01l	0.68±0.03cdef	-73.53	1.23±0.02klm	1.63±0.06fghi	-24.54	18.93±0.53mno	25.36±0.78fghij	-25.35
25	0.38±0.03fg	0.70±0.07c	-45.71	0.91±0.03o	1.42±0.08kl	-35.92	13.54±0.48p	21.82±0.83l	-37.95
26	0.45±0.03e	0.69±0.06cd	-34.78	1.88±0.06abcd	1.92±0.05bc	-2.08	29.23±0.90bcd	30.35±0.65b	-3.69
27	0.39±0.02fg	0.62±0.01fghi	-37.10	1.72±0.04fg	1.63±0.09fghi	5.52	26.98±0.70gh	25.79±1.30fghi	4.61
28	0.15±0.01l	0.33±0.02pqrs	-54.55	1.13±0.05n	1.59±0.05ghij	-28.93	17.86±0.67o	24.89±0.76hij	-28.24
29	0.56±0.03c	1.03±0.07b	-45.63	1.92±0.04abc	1.96±0.07bc	-2.04	29.70±0.85abcd	30.84±1.06ab	-3.70
30	0.57±0.02c	0.68±0.05cde	-16.18	1.87±0.01bcd	1.90±0.06c	-1.58	29.64±0.46bcd	30.18±0.95b	-1.79
31	0.16±0.00l	0.25±0.01t	-36.00	1.52±0.03hi	1.55±0.01hij	-1.94	23.97±0.62jk	24.44±0.34hij	-1.92
32	0.19±0.01l	0.29±0.01qrst	-34.48	1.23±0.05klm	1.42±0.03kl	-13.38	19.14±0.89mno	22.22±0.39kl	-13.86
33	0.40±0.01f	0.34±0.01pqr	17.65	1.56±0.04hi	1.62±0.01fghi	-3.70	24.81±0.59jk	25.59±0.24fghij	-3.05
34	0.18±0.01l	0.29±0.01rst	-37.93	1.26±0.04kl	1.54±0.01hij	-18.18	19.51±1.00lmn	24.29±0.22hij	-19.68
35	0.35±0.01gh	0.52±0.02kl	-32.69	1.59±0.07h	1.75±0.10de	-9.14	25.15±1.07ij	27.81±1.51cde	-9.56
36	0.18±0.01l	0.25±0.01t	-28.00	0.86±0.03o	0.79±0.03q	8.86	12.99±0.79p	11.90±0.55p	9.16
37	0.68±0.02a	1.16±0.07a	-41.38	1.85±0.05cd	2.10±0.03a	-11.90	29.06±0.78bcde	32.55±0.55a	-10.72

2.4 精简化栽培下番茄种质聚类分析

根据精简化栽培番茄种质的模糊隶属函数综合评价指数进行聚类分析,结果如图 1 所示,在距离为 8 时可分为 4 类。第Ⅰ类是较为适合精简化栽培的番茄种质,包括对照材料 37 号以及 13 号、29 号、3 号等 17 份种质;第Ⅱ类是适合精简化栽培的番茄种质,包括 1 号、20 号、21 号等 3 份种质;第Ⅲ类是

不适合精简化栽培的番茄种质,包括 6 号、15 号、7 号等 7 份种质;第Ⅳ类是极不适合精简化栽培的番茄种质,包括 18 号、28 号、25 号等 10 份种质,表明不同番茄种质对精简化栽培管理的适应性差异较大。

2.5 不同类别精简化番茄种质主要指标差异

由表 8 可知,第Ⅰ类番茄种质占比较高,无突出

表 6 番茄种质资源主成分分析

性状	载荷					
	主成分 1	主成分 2	主成分 3	主成分 4	主成分 5	主成分 6
首花序节位	0.035	0.630	-0.186	0.068	0.122	-0.396
单花序花数	-0.380	0.631	-0.001	-0.029	0.334	0.240
单花序果数	-0.213	0.687	-0.018	0.011	-0.089	0.526
果实纵经	0.195	-0.422	0.731	0.129	0.270	0.086
果实横径	0.876	-0.115	0.006	0.117	-0.207	0.046
果形指数	-0.555	-0.132	0.651	0.131	0.311	0.018
单果重	0.943	-0.205	0.067	-0.013	0.039	0.080
果实整齐度	0.276	-0.231	-0.507	0.419	0.384	0.044
果梗洼大小	0.926	-0.165	-0.023	-0.005	0.103	0.078
果实木栓化大小	0.816	-0.049	-0.443	0.049	-0.027	-0.072
果肉厚度	0.761	-0.107	-0.162	-0.087	0.150	-0.273
裂果率	0.576	0.359	-0.043	-0.460	0.382	-0.230
畸形果率	0.224	0.081	0.540	0.246	-0.500	-0.337
商品果率	-0.657	-0.370	-0.323	0.240	-0.001	0.428
硬度	-0.412	-0.150	-0.246	-0.513	-0.539	0.036
可溶性固形物	-0.457	0.451	0.043	0.374	0.023	-0.284
一穗单株产量	0.920	0.073	0.087	-0.040	0.056	0.243
单株产量	0.780	0.383	0.256	-0.122	-0.100	0.236
小区产量	0.777	0.382	0.264	-0.117	-0.113	0.232
株高	0.249	0.381	-0.104	0.694	-0.238	0.007
茎粗	0.674	-0.116	-0.073	0.353	-0.109	0.091
特征值	8.141	2.567	2.096	1.608	1.311	1.205
贡献率(%)	38.765	12.225	9.982	7.658	6.244	5.740
累计贡献率(%)	38.765	50.990	60.972	68.631	74.874	80.614

性状;第Ⅱ类番茄种质的果形指数为 0.99,单果重为 173.21 g,一穗单株产量为 0.6 kg、单株产量为 1.88 kg、小区产量为 29.52 kg,果实和产量表现较为优秀,但硬度为 3.90 kg/cm²,可溶固形物含量为 4.66%,品质表现较差。第Ⅲ、Ⅳ类番茄种质的单果重分别为 96.58、65.38 g,属于小果材料,但硬度和可溶固形物含量分别为 5.12、5.33 kg/cm² 和 5.28%、5.27%,品质表现较为优秀。

3 讨论与结论

由于番茄常规栽培需要搭架或吊蔓、整枝、打杈等一系列繁杂的农事操作,需要消耗大量的人力物力,而近年来我国人口老龄化,农村劳动力不足,因此实用、省力的轻简化栽培管理方式应运而生。岳智臣等对秋季露地甘蓝进行轻简化栽培,实现每 667 m² 产量增加 8.9%,节省用工 44.7%,减少化肥成本 9.2%,减少农药成本 41.7%,提高效益

59.8%^[15]。邵秀丽等改良长豇豆搭架模式,将“人”形竹架+立柱铁丝+尼龙绳固定相结合,节省了竹竿,减少了绑绳环节,与传统模式相比,每 667 m² 可节省 100 元以上^[16]。周春燕等应用轻简化栽培技术种植露地花椰菜,与传统栽培模式相比,用工量减少 15%~20%,水肥投入减少 20%,使商品率上升的同时,规模效应与劳动力生产效益提高 20% 以上^[17]。但就目前来看,仅从栽培技术角度出发的轻简化栽培是不够的,需要精准筛选适合精简化栽培的种质资源材料,培育出适合精简化栽培的番茄品种。因此,本试验对 37 份种质单一性状进行比较,并利用指标归一化变异系数计算权重,采用模糊隶属函数综合指数对 37 份番茄种质进行综合比较分析,考虑到各评价指标的优先顺序,克服了传统方法利用单一指标评价的局限性,弥补了单一或少数几个指标评价的不足。

本研究首先对 37 份种质的花序、果实、品质等

表 7 番茄种质资源隶属函数分析及综合评价

编号	精简化栽培隶属函数值						综合评价
	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6	
1	0.913	0.662	0.417	0.343	0.816	0.386	0.714
2	0.916	0.652	0.336	0.149	0.670	0.565	0.687
3	0.778	0.625	0.658	0.207	0.210	0.334	0.610
4	0.806	0.732	0.579	0.000	0.193	0.508	0.621
5	0.749	0.522	0.402	0.429	0.261	0.847	0.610
6	0.413	0.416	0.238	0.664	0.344	0.743	0.434
7	0.574	0.265	0.517	0.301	0.000	0.682	0.457
8	0.721	0.651	0.344	0.677	0.544	0.765	0.649
9	0.965	0.279	0.345	0.436	0.243	0.569	0.650
10	0.784	0.473	0.510	0.626	0.175	0.747	0.638
11	0.683	0.714	0.485	0.789	0.187	0.890	0.650
12	0.670	0.503	0.420	0.468	0.321	0.838	0.580
13	0.699	0.632	0.641	1.000	0.016	0.000	0.608
14	0.840	0.271	0.313	0.527	0.287	0.828	0.615
15	0.626	0.000	0.332	0.352	0.339	0.554	0.441
16	0.412	0.902	0.327	0.350	0.032	0.488	0.446
17	0.300	0.582	0.200	0.419	0.147	1.000	0.380
18	0.333	0.213	0.102	0.614	0.478	0.238	0.317
19	1.000	0.199	0.461	0.453	0.302	0.536	0.673
20	0.905	0.415	0.533	0.555	0.453	0.731	0.704
21	0.992	0.591	0.552	0.612	0.233	0.758	0.765
22	0.499	0.702	0.283	0.472	0.263	0.498	0.482
23	0.415	0.747	0.107	0.707	0.354	0.491	0.456
24	0.375	0.411	0.428	0.115	0.448	0.314	0.364
25	0.437	0.203	0.060	0.139	0.454	0.498	0.332
26	0.785	0.721	0.392	0.189	0.755	0.382	0.639
27	0.536	1.000	0.279	0.460	0.477	0.837	0.584
28	0.327	0.431	0.000	0.592	0.254	0.315	0.321
29	0.745	0.489	0.540	0.249	0.276	0.885	0.607
30	0.733	0.512	0.623	0.432	0.478	0.702	0.635
31	0.286	0.326	1.000	0.260	0.097	0.324	0.366
32	0.121	0.550	0.432	0.067	0.242	0.971	0.289
33	0.519	0.367	0.263	0.312	0.345	0.789	0.450
34	0.147	0.515	0.526	0.394	0.254	0.790	0.327
35	0.301	0.631	0.625	0.275	0.266	0.648	0.411
36	0.000	0.310	0.959	0.816	1.000	0.811	0.379
37	0.948	0.245	0.351	0.473	0.290	0.896	0.667

性状进行比较,并利用精简化栽培相对常规栽培的变化反映不同种质对于精简化栽培的适应性,变化幅度越大,表示精简化栽培对番茄生长的影响越大。本研究初步筛选出精简化栽培下果形指数在 0.90~1.10 之间的优秀材料 21 份,包括 19 号、23 号、29 号等;果实硬度高于 5.00 kg/cm²,果实可溶

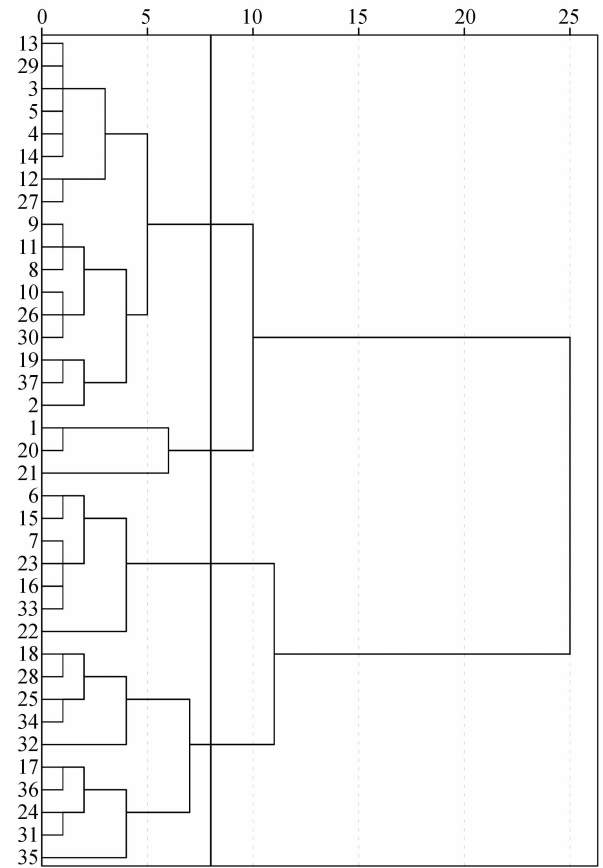


图1 精简化栽培番茄种质聚类分析结果

性固形物含量高于 5.00% 的品质优秀的材料有 10 份,包括 7 号、16 号、17 号、18 号、22 号、24 号、28 号、32 号、34 号、35 号;一穗单株产量、单株产量、小区产量均位于前 15 的材料有 10 份,包括 1 号、2 号、4 号、5 号、9 号、11 号、14 号、21 号、29 号、30 号。

番茄的选育,不能仅考虑单个性状,应综合多个性状,对其进行综合分析与评价^[18-19]。主成分分析可以将众多的初始变量整合成少数几个相互无关的主成分变量,并尽可能包含初始变量的全部信息,并利用这些新的变量来代替以前的变量进行分析,可以有效地对样本进行分类和评价^[20-22]。文军琴等将引进的 50 份番茄品种的 23 个农艺性状简化为 6 个主成分,并利用主成分分值进行综合评价,共筛选出 10 个优良番茄品种^[23]。韩兰兰等通过对 130 份番茄种质的 22 个性状进行主成分分析,并进行种质资源的综合评价,得到排名前 5 的种质资源^[24]。范惠冬等对 74 份番茄种质资源的 34 个表型性状进行研究,提取前 9 个主成分并利用隶属函数法计算表型综合值,通过聚类分析将 74 份大果番茄种质分为 11 个组群,筛选出 6 份特殊种质,3 份核心种质^[25]。本研究将精简化栽培下番茄的 21 个

表 8 不同组别番茄种质主要性状差异

类别	首花序节位 (节)	单花序花数 (朵)	单花序果数 (个)	果形指数	单果重 (g)	果实整齐度 (%)	硬度 (kg/cm ²)	可溶性固形物含量 (%)	一穗单株产量 (kg)	单株产量 (kg)	小区产量 (kg)
I	6.86Aa	5.02Aa	4.23Aa	0.96Bc	147.28Bb	88.56Bb	4.44Bb	4.89Bb	0.53Bb	1.79Bb	28.01Bb
II	6.67ABa	5.45Aa	4.22Aa	0.99Bbc	173.21Aa	93.46Aa	3.90Cc	4.66Bc	0.60Aa	1.88Aa	29.52Aa
III	6.34Bb	5.24Aa	4.24Aa	1.02Bb	96.58Cc	88.68Bb	5.12Aa	5.28Aa	0.34Cc	1.41Cc	21.80Cc
IV	6.67ABa	5.3Aa	4.17Aa	1.44Aa	65.38Dd	87.75Bb	5.33Aa	5.27Aa	0.23Dd	1.18Dd	18.24Dd

注:同列数据后大写字母不同表示在 1% 水平上差异显著。

性状归纳提取成 6 个主成分,总贡献率达到 80.614%,能较为全面地反映番茄的性状信息,并借助隶属函数分析得到综合评价价值,通过聚类分析将 37 份番茄种质分为 4 类,第 I 类是较为适合精简化栽培的番茄种质,共 17 份种质材料,占比为 45.95%;第 II 类是适合精简化栽培的番茄种质,共 3 份种质材料,占比为 8.11%;第 III 类是不适合精简化栽培的番茄种质,共 7 份种质材料,占比为 18.92%;第 IV 类是极不适合精简化栽培的番茄种质,共 10 份种质材料,占比为 27.03%。

综上所述,在精简化栽培下,19 号、23 号、29 号等 21 份材料果形指数在 0.9~1.1 之间,是果形优秀的材料,品质优秀的材料有 7 号、16 号、17 号、18 号、22 号、24 号、28 号、32 号、34 号、35 号,产量优秀的材料有 1 号、2 号、4 号、5 号、9 号、11 号、14 号、21 号、29 号、30 号。借助主成分分析、隶属函数分析和聚类分析将 37 份番茄种质分为 4 类,其中第 II 类是适合精简化栽培的番茄种质,包含 3 份种质,分别是 1 号、20 号、21 号。研究结果可为选育适于精简化栽培的番茄新品种提供亲本材料与理论依据。

参考文献:

[1]李丽梅,杨超沙,张立永,等. 优质番茄种质资源品质分析及综合评价[J]. 华北农学报,2020,35(增刊1):85-92.

[2]娄茜棋,梁 燕. 五类不同果色番茄种质资源品质分析[J]. 浙江农业学报,2023,35(3):582-589.

[3]贺 斌. 滇西南油菜轻简化栽培模式筛选[J]. 安徽农业科学,2018,46(17):48-49,64.

[4]冯健起,丁 聪,冉 冉,等. 开封秋大白菜轻简化栽培关键技术及经济效益分析[J]. 中国瓜菜,2023,36(11):161-165.

[5]孙一标,胡 蕾,施 伟,等. 适宜轻简化栽培优质两系杂交中粳稻盐两优丝苗 1 号的选育[J]. 江苏农业科学,2022,50(18):309-313.

[6]杨 斌. 番茄轻简化技术集成[J]. 蔬菜,2022(10):74-75.

[7]李新宇,李 磊,陈利达,等. 番茄匍柄霉叶斑病拮抗细菌的筛选与鉴定[J]. 园艺学报,2020,47(4):741-748.

[8]郑家瑞,李云洲. BTH 诱导番茄耐番茄斑萎病毒(TSWV)研究

[J]. 核农学报,2022,36(3):489-496.

[9]刘聪聪,兰超杰,李 欢,等. 樱桃番茄苗期对淹水胁迫的响应及其耐涝性评价[J]. 核农学报,2020,34(3):650-660.

[10]沈心彦,侯晓雷,孙培楠,等. 分子标记辅助选择改良加工番茄的耐旱性[J]. 园艺学报,2023,50(7):1429-1443.

[11]李锡香,杜永臣. 番茄种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京:中国农业出版社,2006.

[12]景士西,张耀良,景 绚. 果实大小整齐度评价方法的研究[J]. 北方果树,1992(3):6-10.

[13]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.

[14]王晓敏,刘珮君,郑福顺,等. 宁夏露地夏茬大果番茄杂交组合的综合评价[J]. 云南大学学报(自然科学版),2022,44(1):160-170.

[15]岳智臣,俞国红,薛向磊,等. 杭州秋季露地甘蓝轻简化增效栽培技术简析[J]. 浙江农业科学,2023,64(5):1103-1106.

[16]邵秀丽,姚秋菊,张慎璞,等. 河南地区早熟大蒜-长豇豆套种宜机化轻简化栽培模式[J]. 中国瓜菜,2023,36(3):135-139.

[17]周春燕,毛舒香,黄惠萍,等. 优质轻简高效生产技术(十二)露地花椰菜轻简化栽培技术规程[J]. 中国蔬菜,2022(12):104-108.

[18]刘珮君,王晓敏,李国花,等. 166 份番茄种质资源的综合评价[J]. 云南大学学报(自然科学版),2020,42(4):792-803.

[19]马 越,李玉姗,赵连佳,等. 15 份番茄种质资源在新疆适应性综合评价[J]. 新疆农业科学,2022,59(5):1099-1109.

[20]李艳红,聂 俊,郑锦荣,等. 华南地区樱桃番茄表型性状遗传多样性分析及综合评价[J]. 园艺学报,2021,48(9):1717-1730.

[21]袁东升,王晓敏,赵宇飞,等. 100 份番茄种质资源表型性状的遗传多样性分析[J]. 西北农业学报,2019,28(4):594-601.

[22]韩兰兰,刘 燕,郑于莉,等. 130 份番茄种质资源表型性状的综合评价[J]. 江苏农业科学,2023,51(18):148-156.

[23]文军琴,闫超凡,邵登魁,等. 50 份番茄品种在青海高原地区的适应性综合评价[J]. 中国蔬菜,2023(9):48-57.

[24]韩兰兰,刘 燕,郑于莉,等. 130 份番茄种质资源表型性状的综合评价[J]. 江苏农业科学,2023,51(18):148-156.

[25]范惠冬,郑土金,郑建超,等. 74 份大果番茄种质资源表型性状遗传多样性分析及综合评价[J]. 江苏农业科学,2023,51(15):121-129.