

网络出版时间:2023-02-10 11:00

DOI:10.13207/j.cnki.jnwfufu.2023.08.012

网络出版地址:https://kns.cnki.net/kcms/detail//61.1390.S.20230209.1540.003.html

河西地区适宜种植水果萝卜品种的筛选

栾倩倩, 蔺毅, 严宗山, 李彦荣, 陈亮,
杨世梅, 王翠丽, 周彦芳

(甘肃省农业工程技术研究院 设施农业与装备研究所, 甘肃 武威 733006)

【摘要】【目的】在河西地区引进 8 种国内优质的水果萝卜, 筛选适宜当地种植的水果萝卜品种, 为新品种选育、种质资源创新和新品种推广提供理论依据。【方法】选取适宜鲜食的 8 种水果萝卜品种(七星、华懿水果萝卜、潍县萝卜、串心红、苹果脆、申萌脆梨、醉红和君川景福, 依次编号为 T1~T8)为试材, 测定叶长、叶宽、最大展幅、地上部根长、根粗, 气孔导度(G_s)、净光合速率(P_n)、胞间 CO_2 浓度(C_i)、蒸腾速率(T_r)、叶绿素含量 SPAD 值、水分利用效率(WUE), 以及可溶性固形物、维生素 C、可溶性糖、粗纤维含量和产量等指标, 结合感官评价法对水果萝卜品质进行综合评价。【结果】8 种水果萝卜出苗率有差异, 出苗最早的为 T2; 8 种水果萝卜果实发育时间为 40~48 d, 生长势和整齐度表现良好; 植株生长性状存在丰富的多样性, T7 地上部根最长, T2 根最粗, T7 叶长和叶宽显著高于其余品种(T6、T8 叶宽除外); T2 叶片 P_n 、 G_s 、 C_i 、 T_r 、SPAD 表现最好; WUE 呈先升后降的趋势(除 T8 外); 不同品种风味品质的感官评价综合得分为 15.50~22.31, T2 最高; 不同品种可溶性固形物含量为 7.06~10.29 mg/g, 维生素 C 含量为 9.75~15.23 mg/hg, 可溶性糖含量为 4.83~9.16 mg/g, 粗纤维含量为 12.27%~18.87%; T2 的单根质量、小区产量和单位面积产量最高, 较 T7 分别显著增加 73.00%, 55.05% 和 54.21%。【结论】引种河西地区后, 8 种水果萝卜品种农艺性状和果实品质表现出丰富的多样性, 其中 T2 的综合得分和产量最高, 适宜作为河西地区水果萝卜种植及种质创新的材料。

【关键词】 水果萝卜; 品种选育; 河西地区

【中图分类号】 S631.102

【文献标志码】 A

【文章编号】 1671-9387(2023)08-0099-08

Screening of suitable fruit radish varieties in Hexi area

LUAN Qianqian, LIN Yi, YAN Zongshan, LI Yanrong, CHEN Liang,
YANG Shimei, WANG Cuili, ZHOU Yanfang

(Institute of Facility Agriculture and Equipment, Gansu Academy of Agricultural Engineering Technology,
Wuwei, Gansu 733006, China)

Abstract: 【Objective】 This study introduced eight high quality domestic fruit radish varieties and screened varieties suitable for Hexi area to provide basis for new variety breeding, germplasm resource innovation and new variety promotion. 【Method】 Eight varieties of fruit radish suitable for fresh eating (Qixing, Huayi fruit radish, Weixian radish, Chuanxin hong, Apple crisp, Shenmeng crisp pear, Zuihong and Junchuan jingfu, numbered T1—T8 in turn) were selected. Leaf length, leaf width, maximum width, root length and root thickness of the ground part were determined. Stomatal conductance (G_s), net photosynthetic rate (P_n), intercellular CO_2 concentration (C_i), transpiration rate (T_r), chlorophyll SPAD value, water use efficiency (WUE), soluble solid, vitamin C, soluble sugar, crude fiber content, yield and other in-

【收稿日期】 2022-04-16

【基金项目】 甘肃省技术创新引导计划资金项目(20CX9NA019)

【作者简介】 栾倩倩(1993—), 女, 甘肃陇西人, 助理研究员, 硕士, 主要从事蔬菜育种与栽培研究。E-mail: 1120159982@qq.com

【通信作者】 周彦芳(1972—), 男, 甘肃天水人, 副研究员, 硕士, 主要从事作物土壤肥料研究。E-mail: 151245056@qq.com

dexes were evaluated comprehensively by sensory evaluation method.【Result】 The seedling emergence rate of radish was different among the eight varieties,with the earliest of T2. The fruit development time was 40—48 days,and the growth potential and uniformity of all varieties were good. There was abundant diversity in plant growth traits. T7 had the longest aboveground root,T2 had the largest root,and T7 had higher leaf length and width than other cultivars(except T6,T8 leaf width). P_n , G_s , C_i , T_r and SPAD, in T2 leaves were the best. WUE of all varieties except T8 increased first and then decreased with the progression of growth period. The comprehensive scores of sensory evaluation of flavor quality of different varieties were 15.50—22.31,and T2 was the highest. The contents of soluble solid,soluble sugar,vitamin C and crude fiber were 7.06—10.29 mg/g,4.83—9.16 mg/g,9.75—15.23 mg/hg and 12.27%—18.87%, respectively. T2 had the highest single root weight,plot yield and unit area yield,which were increased significantly by 73.00%,55.05% and 54.21% compared with T7.【Conclusion】 After being introduced into Hexi area,the agronomic traits and fruit quality of the eight fruit radish varieties showed rich diversity. T2 had the highest comprehensive score and highest yield, and it was suitable for fruit radish planting and germplasm innovation in Hexi area.

Key words: Hexi area; fruit radish; varieties screen

水果萝卜(*Raphanus sativus* L.)是十字花科萝卜属草本植物,其主要食用部位为肉质直根,营养价值高,含有丰富的 V_c 、还原糖、膳食纤维,是受欢迎的大众蔬菜之一^[1]。目前,我国的水果萝卜品种有 80 多种,主要分布在天津、山东、江苏、河北等省市^[2],主要栽培品种为北京心里美、天津沙窝萝卜、潍县萝卜^[3]。随着市场需求量的不断扩大,现有水果萝卜产量已无法满足市场需求。因此,通过引种选育优质、稳产的水果萝卜成为主要育种目标。

甘肃河西地区鲜食水果型萝卜品种缺乏,鲜有当地生食水果型萝卜品种。该地区水果萝卜品种更新缓慢,主栽品种单一、产量品质低、经济效益低,已成为制约该地区水果萝卜产业发展的主要因素;另外,针对品种选择缺乏系统的研究报道,优良品种选择缺乏参考依据,存在盲目引种的现象。因此,选择适宜河西地区气候和栽培条件的水果萝卜品种,是攻克河西地区水果萝卜产业发展的关键。

本研究以消费者喜欢的 8 份水果萝卜种质资源为试材,在甘肃河西地区进行引种栽培,对萝卜农艺性状、光合指标和品质性状进行系统鉴定和评估,筛选出种植效益好、品质高、抗病性强,适宜在河西地区种植的水果萝卜品种,以期为水果萝卜种质资源创新利用及当地新品种培育提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2021 年 8—10 月在甘肃省武威市凉州区黄羊镇甘肃省农业工程技术研究院春秋大棚进

行,正常田间管理。前茬作物为豌豆,测试土壤为灌漠土,0~20 cm 耕层的土壤理化性质为:pH 7.41,有机质 12.46 g/kg,有效磷 16.85 mg/kg,速效钾 174.82 mg/kg。

1.2 试验材料

供试 8 个水果萝卜品种分别为七星(T1)、华懿水果萝卜(T2)、潍县萝卜(T3)、串心红(T4)、苹果脆(T5)、申萌脆梨(T6)、醉红(T7)及君川景福(T8)。品种依次由天津科润蔬菜研究所及河北青县、山东潍坊、河北沧州、山东淄博、山东济南、四川绵阳、甘肃靖远的农技推广中心提供。

1.3 试验设计

试验采用随机区组排列,设置 3 个区组,每区组 8 个品种,小区面积为 13 m²,每区组各品种定植顺序随机确定。栽培以平起种植(行距 30 cm、株距 25 cm),每小区约 140 株,于 2021 年 8 月 5 日在春秋大棚直播,长有 2 片真叶时进行间苗,间苗期间松土,防治蚜虫、软腐病等病虫害,其余管理措施一致。

1.4 测定项目与方法

1.4.1 生物学性状 2021 年 8 月 5 日开始,对供试品种的物候期进行观测记录,出苗率为出苗棵数占总棵数的百分比。于萝卜苗期、生长期、膨大期、成熟期,依据《萝卜种质资源描述规范和数据标准》,调查叶长、叶宽、最大展幅、地上部根长、根粗等农艺性状。判断植株生长势的标准是看整体长势:长势统一且植株健壮为强,长势不一致为中等,长势矮小为一般;整齐度的评价标准主要依据株高,株高一致为好,株高较一致为良好,株高不一致为一般^[4]。

1.4.2 光合参数 于水果萝卜不同生育期,每个品种连续选取健康的植株 5 株测定其叶片光合指标。选择晴天上午 09:00—11:00,利用便携式光合测定仪(Li6400XT)对地上第 4 片功能叶片测定光合参数,包括净光合速率(P_n)、气孔导度(G_s)、胞间 CO_2 浓度(C_i)和蒸腾速率(T_r)。测定条件设置为叶片温度 28 ℃、光强 1 000 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, CO_2 浓度 400 $\mu\text{mol}/\text{mol}$ 。叶绿素含量使用 SPAD 502 型便携式叶绿素仪测定。最后计算叶片水分利用效率(WUE),计算公式^[5-8]为:

$$\text{WUE}=\text{净光合速率}/\text{蒸腾速率}。$$

1.4.3 风味品质感官评价 对 8 种水果萝卜的风味品质进行打分感官鉴评^[9-10],评价指标包括肉色、表皮色、肉质、皮。肉色分为翠绿、红色、白色、紫红色;表皮色分为翠绿色、深绿色、鲜红色和白色;肉质分为脆度、软硬度、粗细度和甜辣度;皮分为厚薄度和辣度。采用 5 分制,分值高低代表品质优劣。

选 10 位身体健康且年龄在 35 周岁左右的专业人员参与试验,取新鲜的水果萝卜切成小块,由试验者进行品尝打分,尝完一个品种立即用纯净水漱口,休息 1 min 后进行下一个品种品尝试验,根据 10 位专业人员对水果萝卜的评级,对水果萝卜进行综合评分。

1.4.4 果实品质 于肉质根成熟时,在小区内随机选取 6 个生长一致的各品种水果萝卜成熟果实备

测。用糖度仪 TD-45^[11]测定可溶性固形物含量,用 2,6-二氯酚靛酚比色法^[12]测定维生素 C 含量,用硫酸-蒽酮比色法^[13]测定可溶性糖含量,用酸碱洗涤法粗纤维测定仪(SQL-6 型)^[14]检测粗纤维含量。

1.4.5 产 量 对成熟期 8 个水果萝卜品种的单根质量、小区产量进行测定,利用小区产量计算单位面积产量(kg/hm^2)。

1.5 数据处理及分析

试验数据采用 SPSS 22.0 软件(Duncan’s 新复极差法 $P<0.05$)进行差异显著性分析,利用 Excel 2010 软件进行数据作图。

2 结果与分析

2.1 8 个水果萝卜品种果实发育物候期的比较

8 个水果萝卜品种在河西地区果实发育物候期的表现见表 1。由表 1 可知,8 个品种出苗期集中在 8 月 30 日—9 月 2 日,且以 T2 出苗最早,其次为 T1、T3、T4,出苗最晚的品种为 T8。萝卜始收期在 10 月 9 日—10 月 20 日。不同的品种出苗率和出苗时间表现一致,出苗越早的品种,相应始收期也越早,且以 T2 出苗率最高。8 个水果萝卜品种在河西地区的果实发育时间为 40~48 d;T1 和 T5 属于早中熟品种,成熟期最短,发育时间为 40 d;T8 成熟期最长,果实发育时间为 48 d。除 T7、T8 外,其余品种生长势和整齐度均表现良好。

表 1 8 个水果萝卜品种的果实发育物候期
Table 1 Fruit development phenology phases of 8 fruit radish varieties

品种 Cultivar	来源 Origin	出苗率/% Emergence rate	出苗期(月-日) Seedling period	始收期 (月-日) Harvest period	果实发育 时间/d Fruit developing period	生长势 Growth potential	整齐度 Uniformity
T1	天津市 Tianjin	93.7	08-31	10-09	40	强 Strong	好 Good
T2	河北青县 Qingxian, Hebei	97.2	08-30	10-11	43	强 Strong	好 Good
T3	山东潍坊 Weifang, Shandong	93.0	08-31	10-10	41	强 Strong	良好 Excellent
T4	河北沧州 Cangzhou, Hebei	95.1	08-31	10-10	41	强 Strong	好 Good
T5	山东淄博 Zibo, Shandong	93.0	09-01	10-10	40	强 Strong	好 Good
T6	山东济南 Ji'nan, Shandong	93.0	09-01	10-12	42	中等 Medium	好 Good
T7	四川绵阳 Mianyang, Sichuan	93.7	09-01	10-14	44	一般 General	一般 General
T8	甘肃靖远 Jingyuan, Gansu	92.3	09-02	10-20	48	一般 General	一般 General

注:T1~T8 分别代表品种七星、华懿水果萝卜、潍县萝卜、串心红、苹果脆、申萌脆梨、醉红和君川景福。下表同。
Note:T1—T8 are Qixing, Huayi fruit radish, Weixian radish, Chuanxinhong, Apple crisp, Shenmeng crisp pear, Zuihong and Junchuan jing-fu cultivar, respectively. The same below.

2.2 8 个水果萝卜品种植株生物性状的比较

8 个水果萝卜品种植株生物性状见表 2。由表 2 可知,除 T6 和 T8 外,T7 叶长和叶宽均显著高于其余品种,T7 叶长分别比 T1~T6 高出 24.89%,9.74%,12.35%,14.08%,5.82%,15.31%;T7 叶宽分别比 T1~T5 高出 29.70%,38.94%,

13.15%,18.18%,6.87%;最大展幅从大到小依次为 T8>T7>T2>T4>T3>T1>T6>T5;地上部根以 T7 最长,为 13.39 cm,T5 最短,为 4.81 cm;根粗以 T2 最大,分别比 T1、T3~T8 高出 79.90%,59.49%,21.09%,21.31%,13.70%,57.67%,21.74%。

表 2 8 个水果萝卜品种植株生物性状的比较

品种 Cultivar	叶长/cm Leaf length	叶宽/cm Leaf width	最大展幅/cm Leaf maximum width	地上部根长/cm Above ground roots long	根粗/cm Root diameter
T1	25.64±1.03 d	11.28±0.35 e	51.28±0.53 c	10.15±0.60 b	3.83±0.22 d
T2	29.18±0.62 b	10.53±0.41 f	58.44±0.41 b	11.54±0.36 b	6.89±0.27 a
T3	28.50±1.48 b	12.93±0.46 cd	54.54±0.57 c	9.10±0.43 c	4.32±0.19 d
T4	28.07±0.52 b	12.38±0.53 d	56.18±0.44 c	9.94±1.20 c	5.69±0.16 bc
T5	30.26±0.60 b	13.69±0.32 c	49.74±0.42 d	4.81±0.15 e	5.68±0.16 c
T6	27.77±0.88 c	14.46±0.62 ab	51.13±1.20 c	6.02±0.37 d	6.06±0.34 b
T7	32.02±1.04 a	14.63±0.60 a	59.40±0.77 b	13.39±0.32 a	4.37±0.41 c
T8	31.70±0.75 a	14.10±0.64 abc	60.83±0.95 a	5.46±0.11 d	5.66±0.12 ab

注:数据为“均值±标准差”,同列数据后标不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。下表同。
Note:Data are “means±SE”. Different lowercase letters indicate significant difference ($P<0.05$). The same below.

2.3 8 个水果萝卜品种叶片光合特性的比较

8 个水果萝卜品种叶片光合特性见图 1。由图 1-A 可知,8 个水果萝卜品种叶片 P_n 呈先升后降的变化趋势,在生长期达到峰值。生长期和成熟期均

以 T2 品种叶片 P_n 最高,显著高于其余品种;T7 最低,显著低于其余品种。苗期,T1、T2、T3 间差异不显著,T7 显著低于其余品种。

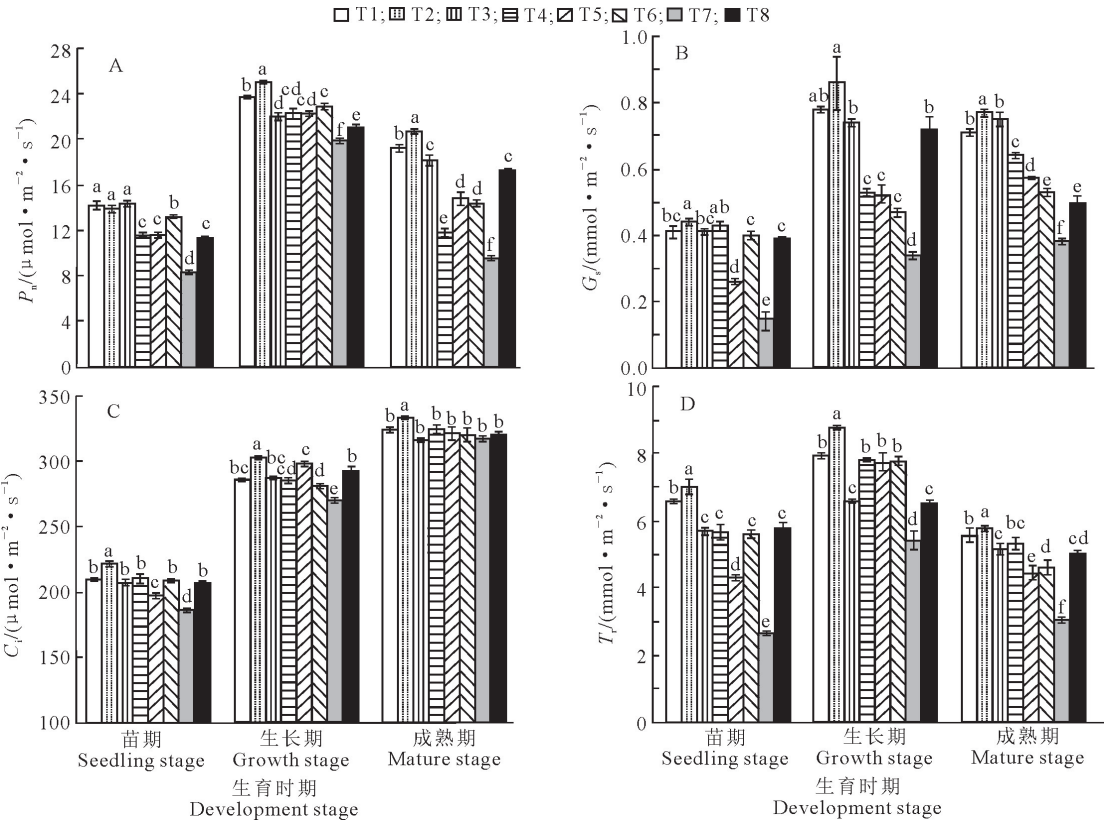


图 1 8 个水果萝卜品种叶片光合特性的比较

Fig. 1 Comparison of leaf photosynthetic characteristics of 8 fruit radish varieties

由图 1-B 可知,除 T1、T2、T8 叶片 G_s 呈先升后降的趋势外,其余品种叶片均呈逐渐上升的趋势。苗期,T2 品种叶片 G_s 显著高于除 T4 外的其余品种,T7 最低;生长期,除 T1 外,T2 显著高于其余品种,较 T3~T8 分别显著增加 15.11%,38.00%,40.00%,45.14%,60.47%和 16.44%;成熟期,T1 与 T3、T6 与 T8 无显著差异,T2 最高,T7 最低。

由图 1-C 可知,8 个水果萝卜品种叶片 C_i 呈递增趋势,在成熟期达到最高。3 个生育期内,T2 的 C_i 均最高。生长期和成熟期,T2 叶片 C_i 显著高于其余品种;苗期和生长期,除 T2 外的其他品种差异比成熟期大。

由图 1-D 可知,8 个水果萝卜品种叶片 T_r 呈先

升后降的趋势,生长期达到最高。整个生育期内,T2 叶片 T_r 显著高于其余品种。

由图 2-A 可知,8 个水果萝卜品种叶片叶绿素含量 SPAD 在生长期最高。整个生育期 SPAD 值以 T2 最高,为 53.3;T7 最低,为 43.17;T2 显著高于 T7 23.47%。

由图 2-B 可知,除 T8 外,其余萝卜品种叶片 WUE 呈先升后降的趋势,生长期达到最高,成熟期最低。3 个生育期内,均以 T4 最低,与其他品种均有显著性差异;成熟期,以 T8 最高,为 $34.6\ \mu\text{mol/mol}$,从大到小依次表现为 $T8>T1>T6>T2>T5>T7>T3>T4$ 。

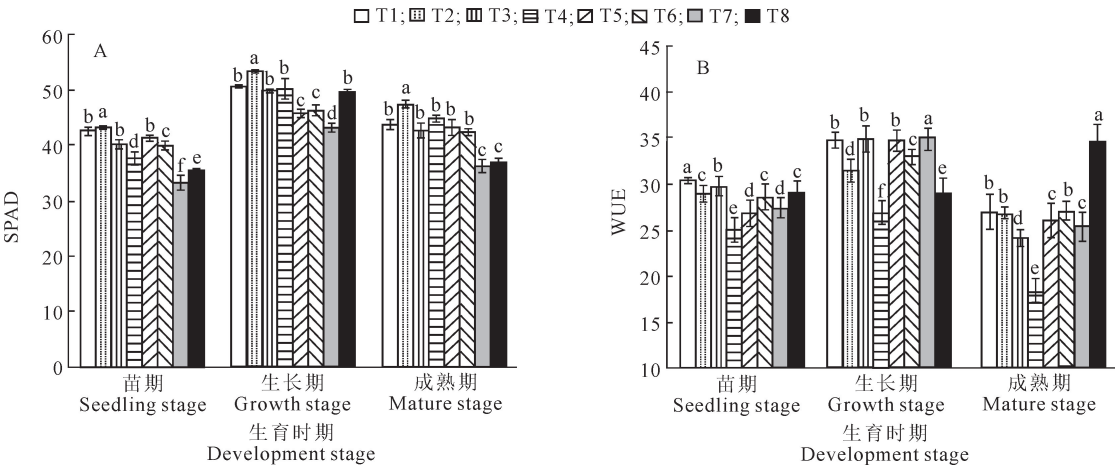


图 2 8 个水果萝卜品种叶片叶绿素含量 (SPAD) 和水分利用效率 (WUE) 的比较

Fig. 2 Comparison of SPAD and WUE of 8 fruit radish varieties

2.4 8 个水果萝卜品种风味品质感官评价的比较

和皮 4 个方面评价,评价结果见表 3。

水果萝卜的风味品质主要从肉色、表皮色、肉质

表 3 8 个水果萝卜品种综合风味品质的感官评价

Table 3 Sensory evaluation of flavor quality of 8 fruit radish varieties

品种 Cultivar	肉色 Flesh color	表皮色 Cuticular color	肉质 Flesh quality				皮 Hull		总分 Total score
			脆度 Crisp	软硬度 Softness hardness degree	粗细度 Degree of thickness	甜辣度 Sweet peppery degree	厚薄度/mm Thickness degree	辣度 Peppery degree	
T1	翠绿 Verdure	翠绿色 Emerald green	3.33	3.60	4.00	3.00	3.20	3.10	20.23
T2	翠绿 Verdure	翠绿色 Emerald green	3.50	3.78	3.70	4.00	3.33	4.00	22.31
T3	翠绿 Verdure	深绿色 Dark green	3.10	3.10	3.20	3.00	3.23	3.00	18.63
T4	红色 Red	翠绿色 Emerald green	3.00	3.23	3.00	3.00	3.10	2.60	17.93
T5	白色 White	深绿色 Dark green	2.80	2.85	3.00	2.86	3.43	2.60	17.54
T6	翠绿 Verdure	深绿色 Dark green	3.00	3.00	3.00	3.00	3.10	2.80	17.90
T7	紫红色 Amaranth	鲜红色 Bright red	2.20	2.80	2.50	3.00	3.00	2.00	15.50
T8	白色 White	白色 White	2.10	2.80	2.56	2.00	4.00	2.10	15.56

从表 3 可知,水果萝卜综合风味品质最好的为 T2,其次是 T1 和 T3,这 3 种水果萝卜生食口感好,

辛辣味低,味甜可口,在甘肃地区具有良好的推广价值;风味品质较差的品种为 T7,其辣味重,口感微苦,不宜生食。

2.5 8 个水果萝卜品种营养品质的比较

水果萝卜中的可溶性固形物、维生素 C、可溶性

糖、粗纤维含量等直接影响水果萝卜的风味和口感。由表 4 可知,T2 品种的可溶性固形物、维生素 C、可溶性糖含量均显著高于其余品种,分别高出 T7 56.21%,89.65%和 45.75%,但其粗纤维含量显著低于其余品种。

表 4 8 个水果萝卜品种营养品质的比较

Table 4 Comparison of nutritional quality of 8 fruit radish varieties

品种 Cultivar	可溶性固形物/(mg·g ⁻¹) Soluble solid content	V _C /(mg·hg ⁻¹)	可溶性糖/(mg·g ⁻¹) Sugar content	粗纤维/% Crude fiber content
T1	9.46 b	13.12 b	7.93 b	13.04 d
T2	10.29 a	15.23 a	9.16 a	12.27 e
T3	9.36 b	12.05 b	6.83 c	16.71 b
T4	8.65 c	11.32 c	6.12 c	18.87 a
T5	7.84 d	10.55 d	5.31 d	18.33 a
T6	8.95 c	11.64 c	6.42 c	16.37 bc
T7	7.06 e	9.75 e	4.83 e	16.28 bc
T8	8.14 cd	10.83 d	5.61 d	15.98 c

2.6 8 个水果萝卜品种产量的比较

由表 5 可知,8 个水果萝卜品种的产量由高到低依次为:T2>T8>T3>T4>T5>T1>T6>T7。

与 T2 相比,T7 的单根质量、小区产量、单位面积产量分别显著降低了 73.00%,55.05%和 54.21%;T1 的 3 个指标与 T4 和 T5 无显著差异。

表 5 8 个水果萝卜品种产量的比较

Table 5 Comparison of yield of 8 fruit radish varieties

品种 Cultivar	单根质量/kg Single root weight	小区产量/kg Plot yield	单位面积产量/(kg·hm ⁻²) Yield per unit
T1	0.53±0.00 d	63.86±0.00 d	3 274.87±0.00 d
T2	1.00±0.04 a	119.66±4.79 a	6 136.41±245.64 a
T3	0.61±0.03 c	80.11±3.94 c	4 108.02±202.05 c
T4	0.57±0.01 cd	73.48±1.29 cd	3 768.00±66.15 cd
T5	0.51±0.01 d	67.40±1.32 d	3 456.41±67.69 d
T6	0.39±0.02 e	72.55±3.72 e	3 720.51±190.77 e
T7	0.27±0.02 f	53.79±0.02 f	2 809.74±0.04 f
T8	0.83±0.01 b	108.44±1.31 b	5 561.03±67.18 b

3 讨 论

水果萝卜因甜而不腻、色泽美观、营养价值高,深受消费者喜爱。分析水果萝卜的生物性状和品质性状表现,对于水果萝卜种质资源创新和改良遗传有不可或缺的作用^[9,15]。本试验从山东、河北等地收集 8 份优质水果萝卜种质资源,调查分析其农艺性状及品质,结果表明,8 个品种在叶长、叶宽、最大展幅、地上部根长、根粗上差异较大,其中 T2 根粗及叶片 SPAD 值、P_n、G_s 和 T_r 表现最佳,T7 叶长、叶宽、地上部根长表现较好。说明不同水果萝卜品种的光合特性表现多样,综合地上部生长及光合特性,T2 表现最好。说明不同水果萝卜种质资源具有遗传多样性。

采用感官评价筛选优质水果萝卜是一种常见的技术手段^[16],可以得到主要性状,包括根性端正、肉色颜色、肉质致密、口感甜味、辣味及空心。陈迈等^[15]对

66 份水果萝卜种质资源进行感官综合评价,筛选出优质水果萝卜;梁曹雯等^[17]对 7 种泡萝卜采用感官评价,区分其品质;王成慧等^[18]对秋青类型 14 个萝卜品种进行品种筛选的综合评价,得到了适宜在青岛地区种植的品种是潍萝卜 3 号、翘头青水萝卜。本研究对 8 份水果萝卜资源进行了感官评价,最终发现 T2 的口感最佳,与农艺性状、品质性状统计结果较一致。

水果萝卜肉质根有着丰富的营养物质,包括维生素 C、蛋白质、可溶性固形物和硫苷等^[19-22]。韩敏等^[19]发现,可溶性糖含量是影响萝卜营养品质的重要因子;袁华玲等^[22]发现,还原糖和蛋白质是影响风味的主要成分;袁伟玲等^[23]通过测定生食萝卜品质指标筛选出了优质的生食萝卜品种。研究发现,可溶性糖等营养成分的大量消耗显著增加了萝卜的糖心^[24-25]。朱国龙等^[26]发现,萝卜肉质根纤维素含量与蔗糖及淀粉含量间显著负相关。本研究对 8 份

水果萝卜的可溶性固形物、维生素 C、可溶性糖、粗纤维含量进行测定,结果显示,各水果萝卜品种品质差异明显,其中 T2 表现最佳,其可溶性固形物、维生素 C、可溶性糖含量显著高于其余品种,粗纤维含量显著低于其余品种,这与地上部生长和光合指标相一致,也与前人的研究相一致。

产量的形成取决于很多因素,如品种、栽培模式、施肥等^[27]。本研究结果表明,不同水果萝卜品种产量呈现显著差异,且以 T2 产量最高,为 6 136.41 kg/hm²;T7 最低,比 T2 显著降低 54.21%。T2 虽然在风味和产量方面表现较好,但其不耐贮藏。推测可能是因为随着贮藏时间延长,肉质根内的纤维素和木质素含量增加,可溶性糖含量下降,提高了萝卜糖心的程度。韩敏等^[19]也有类似发现,T2 贮藏的具体影响机制有待进一步研究。

4 结 论

甘肃河西地区引种的 8 份水果萝卜品种农艺性状和果实品质表现出丰富的多样性,其中华懿水果萝卜(T2)的综合得分最高、营养品质佳、产量高,适宜作为甘肃河西地区水果萝卜种植及种质创新的材料。

[参考文献]

[1] Salerno A, Pierandreif, Rea E, et al. Definition of internal morphology and structural changes due to dehydration of radish (*Raphanus sativus* L. cv. *Suprella*) using magnetic resonance imaging spectroscopy [J]. Journal of Food Quality, 2005, 25: 428-438.

[2] 汪隆植,何启伟. 中国萝卜 [M]. 北京:科学技术文献出版社, 2005.

Wang L Z, He Q W. Chinese radish [M]. Beijing:Scientific and Technological Documents Publishing House, 2005.

[3] 姚星伟,李素文,王 洲,等. 我国水果萝卜品种类型及产业发展对策 [J]. 中国蔬菜, 2007(8): 42-44.

Yao X W, Li S W, Wang Z, et al. Varieties and industrial development countermeasures of fruit radish in China [J]. China Vegetables, 2007(8): 42-44.

[4] 陈 亮,张肖凌,李彦荣,等. 戈壁日光温室厚皮甜瓜黄沙栽培适应性研究 [J]. 北方园艺, 2020(18): 49-57.

Chen L, Zhang X L, Li Y R, et al. Yellow sand cultivation adaptability of muskmelon in desert solar greenhouse [J]. Northern Horticulture, 2020(18): 49-57.

[5] 李义博,陶福禄. 提高小麦光能利用效率机理的研究进展 [J]. 中国农业气象, 2022, 43(2): 93-111.

Li Y B, Tao F L. Research progress on the mechanism of high light use efficiency in wheat [J]. Chinese Journal of Agrometeorology, 2022, 43(2): 93-111.

[6] 杜祥备,王家宝,刘小平,等. 减氮运筹对甘薯光合作用和叶绿素荧光特性的影响 [J]. 应用生态学报, 2019, 30(4): 1253-1260.

Du X B, Wang J B, Liu X P, et al. Effects of nitrogen fertilizer reduction management on photosynthesis chlorophyll fluorescence characteristics of sweet potato [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2019, 30(4): 1253-1260.

[7] 索荣臻,王明玖,赵天启,等. 野生大豆与栽培大豆杂交后代不同品种(系)的光合特性比较与聚类分析 [J]. 中国油料作物学报, 2020, 42(2): 255-263.

Suo R Z, Wang M J, Zhao T Q, et al. Comparison of photosynthetic characteristics and cluster analysis in *Glycine soja* and strains from *Glycine soja* × *Glycine max* cross [J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2020, 42(2): 255-263.

[8] 罗 密,尹 旺,邓仁菊,等. 不同甘薯品种(系)的光合特性研究 [J]. 西南农业学报, 2022, 35(5): 1039-1047.

Luo M, Yin W, Deng R J, et al. Study on photosynthetic characteristics of different sweet potato varieties(lines) [J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2022, 35(5): 1039-1047.

[9] 付康军. 水果萝卜种质资源评价及品质特性研究 [D]. 杭州:浙江农林大学, 2014.

Fu K J. Fruit radish germplasm evaluation and quality characteristics research [D]. Hangzhou: Zhejiang A&F University, 2014.

[10] 陈 迈. 水果萝卜引种及其高效栽培技术研究 [D]. 杭州:浙江农林大学, 2018.

Chen M. Study on the introduction and efficient cultivation technology of fruit radish [D]. Hangzhou: Zhejiang A&F University, 2018.

[11] 赵世杰,苍 晶. 植物生理学实验指导 [M]. 北京:中国农业科学技术出版社, 2016.

Zhao S J, Cang J. Experimental guidance in plant physiology [M]. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 2016.

[12] 朱兆富,沈喜梅,邵丽君. 紫外分光光度法测定酒葡萄原汁中的维生素 C [J]. 分析试验室, 2002(6): 100-102.

Zhu Z F, Shen X M, Shao L J. Determination of ascorbic acid in vine-grape raw-juice ultraviolet spectrophotometry [J]. Chinese Journal of Analytical Laboratory, 2002(6): 100-102.

[13] 丁雪梅,张晓君,赵 云,等. 蒽酮比色法测定可溶性糖含量的试验方法改进 [J]. 黑龙江畜牧兽医, 2014(23): 230-233.

Ding X M, Zhang X J, Zhao Y, et al. Determination of soluble sugar by anthracene colorimetric method [J]. Heilongjiang Animal Husbandry and Veterinary Medicine, 2014(23): 230-233.

[14] 梁 萌,郭玉秋,杨志强,等. 碱溶液和纤维测定仪对粗纤维含量检测的影响研究 [J]. 中国饲料, 2021(15): 68-71.

Liang M, Guo Y Q, Yang Z Q, et al. Study on the effects of alkali solutions and fiber analyzers on the determination of crude fiber content [J]. China Feed, 2021(15): 68-71.

[15] 陈 迈,朱志玉,陈胜芝,等. 水果萝卜的引种选育及栽培研究

进展 [J]. 北方园艺, 2017(21): 176-181.

Chen M, Zhu Z Y, Chen S Z, et al. Research progress on introduction, breeding and cultivation of fruit radish [J]. Northern Horticulture, 2017(21): 176-181.

[16] 刘春香, 阚世红, 杨 军, 等. 潍县萝卜肉质根木质部与韧皮部叶绿素含量的相关分析 [J]. 中国蔬菜, 2012(16): 47-50.

Liu C X, Kan S H, Yang J, et al. Correlation analysis of chlorophyll content between xylem and phloem in Weixian radish fleshy roots [J]. China Vegetables, 2012(16): 47-50.

[17] 梁曹雯, 李清明, 邓洁红, 等. 泡萝卜感官评价及质构相关性分析 [J]. 湖南农业科学, 2016(8): 99-102.

Liang C W, Li Q M, Deng J H, et al. Correlation between texture and sensory evaluation of pickled radish [J]. Hunan Agricultural Sciences, 2016(8): 99-102.

[18] 王成慧, 杨延杰, 林 多. 青岛地区秋延后生食萝卜品比试验 [J]. 辽宁农业科学, 2013(3): 7-10.

Wang C H, Yang Y J, Lin D. Comparison of different raw radish varieties under delayed cultivation in Qingdao [J]. Journal of Liaoning Agricultural Sciences, 2013(3): 7-10.

[19] 韩 敏, 张文娟, 刘 丽, 等. 贮藏期‘潍县萝卜’肉质根纤维素、木质素含量与蔗糖代谢的相关性研究 [J]. 西北农业学报, 2021, 30(5): 717-724.

Han M, Zhang W J, Liu L, et al. Correlation between contents of cellulose and lignin and sucrose metabolism of ‘Weixian Radish’ taproot during storage [J]. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica, 2021, 30(5): 717-724.

[20] Lu Z L, Liu L W, Li X Y, et al. Analysis and evaluation of nutritional quality in Chinese radish (*Raphanus sativus* L.) [J]. Agricultural Sciences in China, 2008, 7(7): 823-830.

[21] 李媛媛, 赵 静, 张 军, 等. 低温贮藏期间萝卜不同部位可溶性糖变化规律研究 [J]. 西北农业学报, 2019, 28(10): 1639-1646.

Li Y Y, Zhao J, Zhang J, et al. Change of soluble sugar in skin and flesh tissues of radish taproot with low temperature storage [J]. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica, 2019, 28(10): 1639-1646.

[22] 袁华玲, 赵帜平, 张部昌, 等. 萝卜风味品质与营养成分相关及通径分析 [J]. 安徽大学学报(自然科学版), 1995(S1): 169-172.

Yuan H L, Zhao Z P, Zhang B C, et al. Correlation and path analysis of flavor quality and nutritional components in radish [J]. Journal of Anhui University(Natural Science Edition), 1995(S1): 169-172.

[23] 袁伟玲, 崔 磊, 甘彩霞, 等. 不同生食萝卜品质指标的评价分析 [J]. 长江蔬菜, 2017(12): 27-29.

Yuan W L, Cui L, Gan C X, et al. Analysis and evaluation on quality indicators of different fresh radish cultivars [J]. Journal of Changjiang Vegetables, 2017(12): 27-29.

[24] 李寿田, 龚义勤, 周健民, 等. 萝卜贮藏期间木质素含量变化与糠心的关系 [J]. 园艺学报, 2001, 28(6): 562-564.

Li S T, Gong Y Q, Zhou J M, et al. Relationship between changes of lignin content in different parts of radish root and hollowness during storage [J]. Acta Horticulturae Sinica, 2001, 28(6): 562-564.

[25] 张 丽, 宋曙辉, 王文琪, 等. 不同萝卜品种营养成分比较 [J]. 北方园艺, 2010(20): 57-58.

Zhang L, Song S H, Wang W Q, et al. Comparison of nutrients in different radish varieties [J]. Northern Horticulture, 2010(20): 57-58.

[26] 朱国龙, 王 转, 龙怀玉, 等. 负压供水下土壤水分对樱桃萝卜生长及水分利用效率的影响 [J]. 中国农业科技导报, 2020, 22(12): 127-136.

Zhu G L, Wang Z, Long H Y, et al. Effects of soil moisture on growth and water use efficiency of cherry radish under negative pressure irrigation [J]. Journal of Agricultural Science and Technology, 2020, 22(12): 127-136.

[27] 李媛媛, 王冰林, 张 军, 等. 不同萝卜肉质根中可溶性糖组分及含量分析 [J]. 北方园艺, 2017(4): 4-9.

Li Y Y, Wang B L, Zhang J, et al. Component and content analysis of soluble sugar in various radish cultivars [J]. Northern Horticulture, 2017(4): 4-9.