

不同砧穗组合对苹果生长、品质及产量的影响

霍强强¹, 李高潮¹, 曹 珊², 何婉茹¹, 王俊峰¹, 李丙智¹

(1. 西北农林科技大学 园艺学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 西北农林科技大学 食品科学与工程学院, 陕西 杨凌 712100)

摘 要:以‘M9-T337’和‘M26’为中间砧和自根砧, 基础为八棱海棠, 对照为乔化砧八棱海棠, 接穗品种分别为“富士”与“嘎啦”, 比较各砧穗组合的树体生长势、果实品质及产量的差异。结果表明: 自根砧和中间砧砧穗组合树体矮小, 中短枝比例均显著高于乔化砧砧穗组合, 且自根砧短枝比例也高于中间砧。“富士”各砧穗组合果实品质评价排序, ‘富士/M9-T337’/‘八棱海棠’>‘富士/M9-T337’>‘富士/M26/八棱海棠’>‘富士/M26’>‘富士/八棱海棠’, “嘎啦”各砧穗组合果实品质评价排序, ‘嘎啦/M26/八棱海棠’>‘嘎啦/M9-T337/八棱海棠’>‘嘎啦/M9-T337’>‘嘎啦/M26’>‘嘎啦/八棱海棠’。“富士”与“嘎啦”各砧穗组合产量表现, 自根砧>中间砧>乔化砧, 其中‘富士/M9-T337’与‘嘎啦/M9-T337’5年累计产量最高。综合分析后认为, ‘富士/M9-T337’与‘嘎啦/M9-T337’砧穗组合在陕西千阳地区表现最佳, 适宜大力发展。

关键词:苹果; 生长; 砧穗组合; 品质; 产量

中图分类号:S 661.105⁺.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)10-0025-07

栽培苹果树的树体通常是由接穗品种和砧木组成的一个共生整体^[1]。砧穗组合的选择是实现果树优质高产的基础, 但由于砧木与接穗之间相互作用, 使砧木和接穗表现出不同的性状, 有些性状的改变会影响到果树的生长、结果、产量、品质以及生理生化特性等各个方面, 进而影响经济效益^[2-4]。根据砧木利用方式不同, 目前砧穗组合之间存在自根砧型、中间砧型和乔化砧型 3 种类型, 其中自根砧和中间砧又属于矮化砧。矮化砧比乔化砧具有树体矮小, 适于密植、结果早、产量高、果实品质优良、管理方便等优点^[5-6]。张秀芝等^[7]比较‘M26’中间砧、‘M9-T337’自根砧、乔化砧八棱海棠和山定子, 结果表明矮化砧相比乔化砧, 果实具有较高的单果质量、可溶性固形物和可滴定酸含量。白海霞等^[8]研究表明,

‘M26’自根砧较‘M26’中间砧具有有早果、品质优、丰产、树势强健等特点。王贵平等^[9]研究发现, ‘M26’中间砧和‘M9’自根砧嫁接“富士”苹果后, 树体生长表现良好, 具有结果早、产量高、品质优、管理简便等优势。薛晓敏等^[10]研究表明, ‘M26’中间砧比‘M9’和‘SH’系作中间砧对“富士”苹果树体的矮化效应好, 具有早实、丰产性强、果实品质优等特点。该试验主要探讨“富士”和“嘎啦”2 个品种以及目前应用最广泛的矮化砧木‘M26’和‘M9-T337’之间所组成的砧穗组合对苹果生长和果实品质及产量的影响, 旨在明确不同砧穗组合间存在的差异, 比较砧穗组合之间优劣, 为陕西省宝鸡千阳地区发展矮砧密植, 选择适宜的砧穗组合提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料取自西北农林科技大学宝鸡千阳苹果试验示范站果园, 该园在 2012 年采用矮砧大苗建园, 株行距为 1.3 m×4.0 m。选取该果园 5 年生具有代表性、树体大小、长势基本一致的苹果树为试验材料, 其砧穗组合分别为‘富士/M9-T337(自根砧)’、‘富士/M26(自根砧)’、‘富士/M9-T337(中间砧)/八棱海棠’、‘富士/M26(中间砧)/八棱海棠’、‘富士/八棱海棠(乔砧)’; ‘嘎啦/M9-T337(自根砧)’、‘嘎啦/M26(自根砧)’、‘嘎啦/M9-T337(中间砧)/八棱海棠’、‘嘎啦/M26(中间砧)/八棱海棠’、‘嘎啦/八棱海棠(乔

第一作者简介:霍强强(1993-), 男, 硕士研究生, 研究方向为果树栽培与推广。E-mail: aa1569284316@qq.com.

责任作者:李高潮(1967-), 男, 本科, 副教授, 现主要从事果树种质资源评价与苗木繁育等研究工作。E-mail: lgc1166@126.com.

基金项目:公益性行业(农业)科研专项资助项目(20123075-08); 杨凌示范区科技示范推广能力提升资助项目(TS-2016-05); 西北农林科技大学推广资助项目(TGZX-2016-11); 陕西省农业科技创新与攻关资助项目(2016NY-077); 陕西省重大农技推广试点资助项目(2017PG-00)。

收稿日期:2017-02-04

砧)’.其中‘富士/八棱海棠’和‘嘎啦/八棱海棠’为对照砧穗组合。

1.2 试验方法

1.2.1 树体生长势调查 2016年11月落叶后,依次调查树高、干高(地面距离第一主枝的高度)、干周(嫁接口以上10 cm处周长)、中心干分生枝数量,并统计树体的长枝(>15 cm)、中枝(5~15 cm)、短枝(<5 cm)数量,计算各枝类比例,每种砧穗组合重复5次,求平均值。

1.2.2 果实品质测定 2016年“富士”与“嘎啦”成熟时,每砧穗组合采摘30个果实,带回实验室进行相关指标测定。单果质量采用凯丰电子天平测定;果形指数采用数显游标卡尺,分别测量其最大纵径和最大横径,计算果形指数;果面色度采用CR-400型色差计,测定光泽明亮度 L^* 值、色泽红/紫 a^* 值、黄色程度 b^* 值,并根据 $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ 计算 C^* 值, C^* 值表示色饱和度,即鲜艳程度;果肉硬度采用GS-15巧型水果质地分析仪测定;可溶性固形物含量采用PAL-1型数显糖度计测定;可滴定酸含量采用GMK-835F型苹果酸度计测定。

1.3 数据分析

采用Excel软件对数据进行分析与处理,采用

表 1

不同砧穗组合对苹果树生长势的影响

Table 1

Effect of different stock-scion combinations on apple plant growth vigor

砧木类型	砧穗组合	株高	干高	干周	15 cm 以上中心干分枝数	枝类组成	Branch types proportion/%	
Rootstock type	Stock-scion combinations	Tree height /m	Height of the first main branch/cm	Trunk girth /cm	The center stem of branch number over 15 cm	长枝	中枝	短枝
自根砧 Self-rooted rootstock	‘富士/M9-T337’	3.6aA	67bA	18.3aA	47abAB	16.56aA	12.38aA	71.06cC
	‘富士/M26’	3.5aA	58aA	18.8aA	41aA	21.15abA	13.56aA	65.29bBC
中间砧 Interstock	‘富士/M9-T337/八棱海棠’	3.5aA	64bA	18.5aA	51bB	23.21bA	14.28aA	62.51bB
	‘富士/M26/八棱海棠’	3.4aA	60abA	18.4aA	47abAB	23.57bA	15.06aA	61.37bB
乔化砧 Standard stock	‘富士/八棱海棠’(CK)	4.0bB	81cC	28.3cB	53bB	29.17cB	16.67bB	54.16aA
	变异系数 CV/%	6.51	18.48	21.44	9.63	17.40	16.11	9.78
自根砧 Self-rooted rootstock	‘嘎啦/M9-T337’	3.5aA	63bA	18.6aA	48aA	15.87aA	11.51aA	72.62bcB
	‘嘎啦/M26’	3.4aA	62bA	17.9aA	45aA	19.14bAB	12.74aA	68.12bA
中间砧 Interstock	‘嘎啦/M9-T337/八棱海棠’	3.3aA	56abA	17.0aA	47aA	20.51bB	15.20bA	64.29bA
	‘嘎啦/M26/八棱海棠’	3.4aA	55aA	18.0aA	48aA	21.01bB	14.91bA	64.08bA
乔化砧 Standard stock	‘嘎啦/八棱海棠’(CK)	4.0bB	70cB	22.6bB	55bB	30.14cC	14.42bA	55.44aA
	变异系数 CV/%	7.88	6.63	11.63	7.78	16.48	20.49	9.76

注:同列数据后标不同大、小写字母分别表示处理间达 $P<0.01$ 和 $P<0.05$ 差异显著水平。下同。

Note: Values in the same column followed by different capital, lowercase letters mean significant at $P<0.01$ and $P<0.05$ levels, respectively. The following table is the same below.

SPSS 19.0 软件进行统计分析,并采用 MATLAB 进行灰色关联度分析。

2 结果与分析

2.1 不同砧穗组合对苹果树生长的影响

由表1可以看出,“富士”品种矮化砧穗组合在株高、干高、干周、中心干分枝数、枝类组成方面与对照乔化砧穗组合存在显著差异,变异系数达6.51%~21.44%。“嘎啦”品种表现与“富士”具有一致性。矮化砧各砧穗组合间,从株高性状来看,“富士”与“嘎啦”的自根砧和中间砧砧穗组合差异不大,这可能是由于矮化密植的高纺锤树形,减弱不同矮化砧的矮化效果。从干高来看,“富士”与“嘎啦”的自根砧和中间砧各砧穗组合间均存在差异,其中“富士/M9-T337”和“嘎啦/M9-T337”最高,分别为67 cm和63 cm。从干周来看,“富士”与“嘎啦”品种的自根砧和中间砧砧穗组合差异不大较相近。从中心干分枝数来看,“富士”自根砧和中间砧各砧穗组合间略有差异,而“嘎啦”的各砧穗组合间相差不大。从枝类组成来看,“富士/M9-T337”和“嘎啦/M9-T337”砧穗组合的长枝、中枝、短枝与其它矮化砧穗组合存在显著差异,而其它矮化砧穗组合间差异不显著。

2.2 不同砧穗组合对苹果果实品质的影响

由表 2 可知,“富士”和“嘎啦”各砧穗组合在单果质量、果形指数不存在显著差异,变异系数偏小。从果面色度来看,“富士”和“嘎啦”各砧穗组合在 L^* 、 a^* 值均不存在显著差异,但从 b^* 值来看,“富士”品种的各砧穗组合之间不存在显著差异,而“嘎啦”品种的乔化砧砧穗组合与其它砧穗组合之间存在显著差异,表明乔化砧果实果面色度黄色程度较高。从 C^* 值来看,“富士”的各砧穗组合间存在显著差异,其中‘富士/M9-T337/八棱海棠’最大为 33.27,即色泽

鲜艳度最高,“富士/八棱海棠”最小为 29.48,即色泽鲜艳度略低;“嘎啦”则表现为乔化砧的色泽鲜艳度最高,为 36.42,且矮化砧各砧穗组合间差异不显著。从硬度来看,“富士”和“嘎啦”的各砧穗组合间无显著差异,变异系数较低。从可溶性固形物含量和可滴定酸含量来看,“富士”品种的乔化砧砧穗组合均显著低于矮化砧,而矮化砧砧穗组合间差异不显著;“嘎啦”各砧穗组合间的可溶性固形物含量间无显著差异,但从可滴定酸含量来看,乔化砧砧穗组合与矮化砧砧穗组合差异显著,矮化砧砧穗组合间无差异。

表 2 不同砧穗组合对苹果果实品质的影响

Table 2 Effect of different stock-scion combinations on apple fruit quality									
砧穗组合 Stock-scion combinations	单果质量 Fruit weight /g	果形指数 Fruit shape index	果面色度 Color and lustre of peach pericarp				硬度 Firmness /(kg·cm ⁻²)	可溶性固形物含量 Soluble solids content/%	可滴定酸含量 Titratable acid content/%
			L^*	a^*	b^*	C^*			
‘富士/M9-T337’*‘Fuji/M9-T337’	268.1aA	0.877aA	56.72aA	23.18aA	20.29aA	31.55abA	6.970aA	17.4bB	0.38bA
‘富士/M26’*‘Fuji/M26’	257.7aA	0.835aA	56.64aA	24.26aA	21.29aA	32.38bA	6.970aA	16.5bB	0.35bA
‘富士/M9-T337/八棱海棠’	275.2aA	0.849aA	56.48aA	22.48aA	24.28aA	33.27bA	6.937aA	17.6bB	0.36bA
‘Fuji/M9-T337/M. micromalus’									
‘富士/M26/八棱海棠’	269.5aA	0.883aA	55.93aA	24.01aA	19.97aA	31.38abA	6.840aA	16.6bB	0.39bA
‘Fuji/M26/M. micromalus’									
‘富士/八棱海棠’(CK)	252.4aA	0.852aA	61.29aA	20.28aA	21.29aA	29.48aA	7.219aA	14.9aA	0.31aA
‘Fuji/M. micromalus’									
变异系数 CV/%	3.51	2.35	3.81	6.99	7.95	4.46	2.01	6.42	8.70
‘嘎啦/M9-T337’*‘Gala/M9-T337’	173.3aA	0.877aA	61.98aA	22.23aA	24.85aA	33.12aA	8.523aA	13.8aA	0.22aAB
‘嘎啦/M26’*‘Gala/M26’	166.0aA	0.876aA	60.38aA	22.66aA	23.85aA	32.90aA	8.798aA	13.8aA	0.19aA
‘嘎啦/M9-T337/八棱海棠’	172.7aA	0.895aA	58.96aA	25.38aA	23.88aA	34.85aA	9.092aA	14.4aA	0.15aA
‘Gala/M9-T337/M. micromalus’									
‘嘎啦/M26/八棱海棠’	174.4aA	0.885aA	61.65aA	23.59aA	23.47aA	33.79aA	8.684aA	14.6aA	0.20aA
‘Gala/M26/M. micromalus’									
‘嘎啦/八棱海棠’(CK)	164.1aA	0.880aA	60.51aA	20.25aA	29.61bB	36.42bA	8.927aA	14.2aA	0.30bB
‘Gala/M. micromalus’									
变异系数 CV/%	2.76	0.88	1.97	8.23	10.16	4.23	2.48	2.53	26.14

2.3 不同砧穗组合对果实品质的影响灰色关联度分析评价

2.3.1 各砧穗组合果实品质与理想品种主要指标平均值 各砧穗组合品种和理想品种主要指标的平均值见表 3,其中理想品种的 9 个品质指标值根据实际情况、GB/T 10651-2008《鲜苹果》指标要求及园艺专家意见制定^[11]。

2.3.2 无量纲化处理 将表 3 数据进行纲化处理,为消除不同量纲和数量级对品质评价的影响,对 9 个品质指标进行初始化,初始化方法为各品质指标值与理想值间距离的绝对值:公式为, $x_i' = \left| 1 - \frac{x_i}{x_0} \right|$,式中: x_i' 为各指标的初始化值; x_i 为各指标实测值; x_0 为理想指标值,处理结果见表 4。

2.3.3 果实品质指标间关联系数 首先根据公式 $\Delta X_{i(K)} = |X_{0(K)} - X_{i(K)}|$ ($i=1,2,\dots,5; K=1,2,\dots,9$), 求出 X_0 和 X_i 间各对应点的绝对差值,即求出 2 个

层次差。从表 5 可知,“富士”各砧穗组合二级最小差 $\min_i \min_k \Delta i(k) = 0.0189$,二级最大差 $\max_i \max_k \Delta i(k) = 0.3489$;“嘎啦”二级最小差 $\min_i \min_k \Delta i(k) = 0$,二级最大差 $\max_i \max_k \Delta i(k) = 0.6450$ 。然后则把求得的 2 个层次差和各数列相应的 $\Delta i(k)$ 数值代入关联系数 $\zeta_{i(k)}$ 的计算公式,并且 $\rho = 0.5$, 求出 X_0 对各 X_i 各性状的关联系数 $\zeta_{i(k)}$ 结果如表 6。等权关联度评价果实品质,只有当各品质指标在重要性同等条件下才能使用,但事实上,各个品质指标的重要性是不同的,必须用加权关联度才能正确评价。因此结合分级标准,并征求有关专家意见,采用层次分析法^[12],赋予各品质指标关联系数以不同的权重 W_k (表 6),之后根据等权关联程度 r_i 和加权关联程度 r_i^* 公式,计算关联度。根据表 6 可知,各砧穗组合果实品质评价结果排序为‘富士/M9-T337/八棱海棠’>‘富士/M9-T337’>‘富士/M26/八棱海棠’>‘富士/M26’>富士/八棱海棠;“嘎啦/M26/八

棱海棠”>“嘎啦/M9-T337/八棱海棠”>“嘎啦/M9-T337>嘎啦/M26”>“嘎啦/八棱海棠”。

$$\zeta_{i(k)} = \frac{\Delta(\min_i \min_k) + \rho \Delta(\max_i \max_k)}{\Delta_{i(k)} + \rho \Delta(\max_i \max_k)}, r_i = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \zeta(k), r_i^* = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \zeta(k) w_k$$

表 3

各砧穗组合品种与理想品种主要指标平均值

Table 3 Mean value of main index of the stock-scion combinations variety and the ideal variety

X	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉
X ₀	300.0	0.900	60.00	30.00	18.00	35.00	6.500	18.0	0.45
X ₁	268.1	0.877	56.72	23.18	20.29	31.55	6.970	17.4	0.38
X ₂	257.7	0.835	56.64	24.26	21.29	32.38	6.970	16.5	0.35
X ₃	275.2	0.849	56.48	22.48	24.28	33.27	6.937	17.6	0.36
X ₄	269.5	0.883	55.93	24.01	19.97	31.38	6.840	16.6	0.39
X ₅	252.4	0.852	61.29	20.28	21.29	29.48	7.219	14.9	0.31
X ₀	200.0	0.800	60.00	30.00	18.00	35.00	8.000	15.0	0.20
X ₁	173.3	0.877	61.98	22.23	24.85	33.12	8.523	13.8	0.22
X ₂	166.0	0.876	60.38	22.66	23.85	32.90	8.798	13.8	0.19
X ₃	172.7	0.895	58.96	25.38	23.88	34.85	9.092	14.4	0.15
X ₄	174.4	0.885	61.65	23.59	23.47	33.79	8.684	14.6	0.20
X ₅	164.1	0.880	60.51	20.25	29.61	36.42	8.927	14.2	0.30

注: C₁~C₉, 分别表示单果质量、果形指数、L*、a*、b*、C*、硬度、可溶性固形物含量、可滴定酸含量。X₀ 表示“富士”与“嘎啦”的理想品种, X₁~X₅ 分别表示“富士/M9-T337”、“富士/M26”、“富士/M9-T337/八棱海棠”、“富士/M26/八棱海棠”、“富士/八棱海棠”; “嘎啦/M9-T337”、“嘎啦/M26”、“嘎啦/M9-T337/八棱海棠”、“嘎啦/M26/八棱海棠”、“嘎啦/八棱海棠”。以下同。

Note: C₁—C₉ present single fruit weight, fruit shape index, L*, a*, b*, C*, firmness, soluble solids content, titratable acid content. X₀ present idea variety of ‘Fuji’ and ‘Gala’, X₁—X₅ present ‘Fuji/M9-T337’, ‘Fuji/M26’, ‘Fuji/M9-T337/M. micromalus’, ‘Fuji/M26/M. micromalus’, ‘Fuji/M. micromalus’, ‘Gala/M9-T337’, ‘Gala/M26’, ‘Gala/M9-T337/M. micromalus’, ‘Gala/M26/M. micromalus’, ‘Gala/M. micromalus’. The same as below.

表 4

无量纲化处理

Table 4 Data reduction with non-dimensional change

X	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉
X ₀	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0
X ₁	0.893 7	0.974 4	0.945 3	0.772 7	1.127 2	0.901 4	1.072 3	0.966 7	0.844 4
X ₂	0.859 0	0.927 8	0.944 0	0.808 7	1.182 8	0.925 1	1.072 3	0.916 7	0.777 8
X ₃	0.917 3	0.943 3	0.941 3	0.749 3	1.348 9	0.950 6	1.067 2	0.977 8	0.800 0
X ₄	0.898 3	0.981 1	0.932 2	0.800 3	1.109 4	0.896 6	1.052 3	0.922 2	0.866 7
X ₅	0.841 3	0.946 7	1.021 5	0.676 0	1.182 8	0.842 3	1.110 6	0.827 8	0.688 9
X ₀	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0
X ₁	0.866 5	1.096 3	1.033 0	0.741 0	1.380 6	0.946 3	1.065 4	0.920 0	1.100 0
X ₂	0.830 0	1.095 0	1.006 3	0.755 3	1.325 0	0.940 0	1.099 8	0.920 0	0.950 0
X ₃	0.863 5	1.118 8	0.982 7	0.846 0	1.326 7	0.995 7	1.136 5	0.960 0	0.750 0
X ₄	0.872 0	1.106 3	1.027 5	0.786 3	1.303 9	0.965 4	1.085 5	0.973 3	1.000 0
X ₅	0.820 5	1.100 0	1.008 5	0.675 0	1.645 0	1.040 6	1.115 9	0.946 7	1.500 0

表 5

两极差值

Table 5 Absolute differences between the two poles

△X	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉
X ₀	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0
△X ₁	0.106 3	0.025 6	0.054 7	0.227 3	0.127 2	0.098 6	0.072 3	0.033 3	0.155 6
△X ₂	0.141 0	0.072 2	0.056 0	0.191 3	0.182 8	0.074 9	0.072 3	0.083 3	0.222 2
△X ₃	0.082 7	0.056 7	0.058 7	0.250 7	0.348 9	0.049 4	0.067 2	0.022 2	0.200 0
△X ₄	0.101 7	0.018 9	0.067 8	0.199 7	0.109 4	0.103 4	0.052 3	0.077 8	0.133 3
△X ₅	0.158 7	0.053 3	0.021 5	0.324 0	0.182 8	0.157 7	0.110 6	0.172 2	0.311 1
X ₀	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0
△X ₁	0.133 5	0.096 2	0.033 0	0.259 0	0.380 6	0.053 7	0.065 4	0.080 0	0.100 0
△X ₂	0.170 0	0.095 0	0.006 3	0.244 7	0.325 0	0.060 0	0.099 8	0.080 0	0.050 0
△X ₃	0.136 5	0.118 8	0.017 3	0.154 0	0.326 7	0.004 3	0.136 5	0.040 0	0.250 0
△X ₄	0.128 0	0.106 3	0.027 5	0.213 7	0.303 9	0.034 6	0.085 5	0.026 7	0.000 0
△X ₅	0.179 5	0.100 0	0.008 5	0.325 0	0.645 0	0.040 6	0.115 9	0.053 3	0.500 0

表 6

各砧穗组合品种与理想品种的关联系数

Table 6

Relational coefficients between the stock-scion combinations variety and the ideal variety

ζ	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	r_i	r_i^*	等权关联度排序
												Equal-weighted incidence degree sequence
ζ_1	0.106 3	0.025 6	0.054 7	0.227 3	0.127 2	0.098 6	0.072 3	0.033 3	0.155 6	0.736 6	0.761 9	2
ζ_2	0.141 0	0.072 2	0.056 0	0.191 3	0.182 8	0.074 9	0.072 3	0.083 3	0.222 2	0.678 0	0.682 5	4
ζ_3	0.082 7	0.056 7	0.058 7	0.250 7	0.348 9	0.049 4	0.067 2	0.022 2	0.200 0	0.711 7	0.789 1	1
ζ_4	0.101 7	0.018 9	0.067 8	0.199 7	0.109 4	0.103 4	0.052 3	0.077 8	0.133 3	0.737 7	0.734 6	3
ζ_5	0.158 7	0.053 3	0.021 5	0.324 0	0.182 8	0.157 7	0.110 6	0.172 2	0.311 1	0.617 9	0.578 4	5
ζ_1	0.133 5	0.096 2	0.033 0	0.259 0	0.380 6	0.053 7	0.065 4	0.080 0	0.100 0	0.739 0	0.763 1	3
ζ_2	0.170 0	0.095 0	0.006 3	0.244 7	0.325 0	0.060 0	0.099 8	0.080 0	0.050 0	0.749 8	0.754 9	4
ζ_3	0.136 5	0.118 8	0.017 3	0.154 0	0.326 7	0.004 3	0.136 5	0.040 0	0.250 0	0.744 3	0.771 4	2
ζ_4	0.128 0	0.106 3	0.027 5	0.213 7	0.303 9	0.034 6	0.085 5	0.026 7	0.000 0	0.791 5	0.826 5	1
ζ_5	0.179 5	0.100 0	0.008 5	0.325 0	0.645 0	0.040 6	0.115 9	0.053 3	0.500 0	0.676 2	0.712 0	5
ζ_6	0.25	0.05	0.02	0.06	0.02	0.11	0.12	0.27	0.10			

2.4 不同砧穗组合对苹果产量的影响

从表 7 可知,自根砧‘富士/M9-T337’和‘嘎啦/M9-T337’2 种砧穗组合栽植当年,就有一定产量,早果性较强,并且 2012—2016 年累计产量明显高于其它砧穗组合,且每年产量也均高于其它砧穗组合,其中“富士/M9-T337”自根砧 2016 年 667 m² 产量达 3 329 kg,‘嘎啦/M9-T337’自根砧 2016 年 667 m² 产

量达 3 277 kg。中间砧各砧穗组合比自根砧砧穗组合早果性较弱,形成一定产量时间晚,“富士”中间砧各砧穗组合间每年产量相差不大,但‘嘎啦/M9-T337/八棱海棠’和‘嘎啦/M26/八棱海棠’在 2014—2015 年间存在较大差异。乔化砧早果性较矮化砧晚、早期产量较低,在“富士”与“嘎啦”品种上具有一致性。

表 7

不同砧穗组合 2012—2016 年产量统计

Table 7

Statistics of yield by different stock-scion combinations from 2012 to 2016

砧穗组合 Stock-scion combinations	667 m ² 产量 Yield of 667 m ² /kg					5 年累计产量
	2012	2013	2014	2015	2016	Cumulative yield for 5 years
‘富士/M9-T337’ ‘Fuji/M9-T337’	77	256	1 254	1 448	3 329	6 364
‘富士/M26’ ‘Fuji/M26’	—	—	—	—	2 474	—
‘富士/M9-T337/八棱海棠’ ‘Fuji/M9-T337/M. micromalus’	0	0	796	1 596	2 431	4 823
‘富士/M26/八棱海棠’ ‘Fuji/M26/M. micromalus’	0	0	829	1 475	2 346	4 650
富士/八棱海棠(CK) Fuji/M. micromalus	0	0	0	152	1 356	1 508
‘嘎啦/M9-T337’ ‘Gala/M9-T337’	74	397	1 272	2 017	3 277	7 037
‘嘎啦/M26’ ‘Gala/M26’	—	—	—	—	2 337	—
‘嘎啦/M9-T337/八棱海棠’ ‘Gala/M9-T337/M. micromalus’	0	0	741	1 139	1 744	3 624
‘嘎啦/M26/八棱海棠’ ‘Gala/M26/M. micromalus’	0	0	429	859	1 754	3 042
‘嘎啦/八棱海棠’(CK) ‘Gala/M. micromalus’	0	0	270	713	947	1 930

注:矮化砧每 667 m² 栽植数为 128 株,乔化砧每 667 m² 栽植数为 68 株。

Note:667 m² plant 128 of dwarfing rootstock,667 m² plant 68 of standard stock.

3 讨论与结论

砧穗间的相互作用对苹果树体最明显的影响表现在树冠形态、枝类组成、生物量及树体开花结果习性的改变。王贵平等^[13]研究表明,中间砧‘M26’和中间砧‘M9’矮砧的矮化作用在树高和平均冠径均显著低于乔砧树,该研究结果与其一致。该研究表明,“富士”和“嘎啦”品种的自根砧和中间砧砧穗组合的中短枝比例均显著高于对照乔砧砧穗组合,长枝比例均显著低于对照乔砧砧穗组合,与前人研究一致^[13-15]。赵同生等^[16]和李丙智等^[17]研究结果显示,矮化程度好,短枝率高,有利于矮砧苹果树营养物质的积累,容易形成花芽,实现早期丰产。该研究

中的自根砧砧穗组合的短枝比例均高于中间砧,并且‘富士/M9-T337(自根砧)’相比‘富士/M9-T337(中间砧)/八棱海棠’和‘富士/M26/八棱海棠(中间砧)’具有早果现象,并且嘎啦自根砧砧穗组合具有同样现象。

张秀芝等^[7]研究‘M26’中间砧、‘SH’中间砧、‘M9-T337’自根砧、乔砧 4 种砧木的果实品质,结果表明矮化砧苹果果实个较大,综合品质较优。赵玲玲等^[18]对 4 种不同砧穗组合的果实品质研究发现,‘M26’自根砧和中间砧相比乔化砧的“红将军”苹果果实内在品质较好。该研究利用层析分析法对 9 个品质指标赋予权重,并通过灰色关联度分析法对“富

士”与“嘎啦”的各砧穗组合的果实品质进行评价排序,结果表明,“富士/M9-T337/八棱海棠”>“富士/M9-T337”>“富士/M26/八棱海棠”>“富士/M26”>“富士/八棱海棠”;“嘎啦/M26/八棱海棠”>“嘎啦/M9-T337/八棱海棠”>“嘎啦/M9-T337”>“嘎啦/M26”>“嘎啦/八棱海棠”,其中矮化砧品质均优于乔砧,矮化砧中以“富士/M9-T337/八棱海棠”和“嘎啦/M26/八棱海棠”砧穗组合最好,其结果与前人一致。

前人研究表明^[5-6,19]矮化砧具有结果早、产量高、见效快、品质优等特点。李永焘等^[20]研究“嘎啦”及“富士”自根砧与中间砧的产量及品质,发现自根砧单株产量极高,品质方面也优于中间砧。权学利等^[21]调查研究发现矮化自根砧果园矮小密植,在生长势、结果等方面明显优于矮化中间砧,结果早,丰产稳产,品质优良。该研究通过统计苹果树幼树期5年累计产量表明,自根砧砧穗组合产量>中间砧穗组合产量>乔砧砧穗组合产量,在早果性方面,自根砧砧穗组合>中间砧穗组合>乔砧砧穗组合,与前人研究结果一致。

该研究通过对10种不同砧穗组合的苹果树在生长势、果实品质及产量方面的表现进行分析评价,结果表明,自根砧砧穗组合>中间砧砧穗组合>乔砧砧穗组合,其中“富士/M9-T337”和“嘎啦/M9-T337”2种砧穗组合从各方面表现最优,适宜在陕西千阳地区应用,优先参考这2种砧穗组合。

参考文献

- [1] 李天忠,张志宏.现代果树生物学[M].北京:科学出版社,2008:133.
- [2] 关军锋,魏邵冲,徐迎春,等.不同中间砧对“金冠”苹果果实品质及矿质营养的影响[J].河北农业科学,2004,8(4):19-21.
- [3] 阎振立,张全军,过国南,等.产地和砧木对华盛顿苹果芳香物质及风味的影响[J].果树学报,2007,24(3):263-267.
- [4] 薛晓敏,路超,王金政,等.山东省不同地区M26矮化中间砧对

苹果树生长发育、果实产量与品质的影响[J].山东农业科学,2012,44(6):53-57.

- [5] 马宝焜,徐继忠,孙建设.关于我国苹果矮砧密植栽培的思考[J].果树学报,2010(1):105-109.
- [6] 李丙智,张林森,韩明玉,等.世界苹果矮化砧木应用现状[J].果农之友,2007(7):4-6.
- [7] 张秀芝,郭江云,王永章,等.不同砧木对富士苹果矿质元素含量和品质指标的影响[J].植物营养与肥料学报,2014(2):414-420.
- [8] 白海霞,高彦,高鹏,等.M26自根砧与中间砧苹果树栽培表现初报[J].山西果树,2007(6):10-11.
- [9] 王贵平,王金政,薛晓敏,等.苹果M9自根砧、M26中间砧生产评价报告[J].山东农业科学,2011(11):41-43.
- [10] 薛晓敏,路超,王金政,等.矮化中间砧对苹果树生长结果及果实品质的影响[J].落叶果树,2012(1):5-7.
- [11] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局.GB/T10651-2008鲜苹果[S].北京:中国标准出版社,2008.
- [12] CAI Q, LIU J, KING L. A comprehensive model for assessing lake eutrophication[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2002, 13(12): 1674-1678.
- [13] 王贵平,王金政,师忠轩,等.M系苹果矮化砧木与砧穗组合研究[J].江西农业学报,2011,23(9):44-46.
- [14] 顾曼如.苹果不同砧穗组合的生长结果特性研究I生长发育特性[J].落叶果树,1983(1):1-4.
- [15] 温树英,伊凯.富士苹果嫁接在M系矮化中间砧上的生育表现[J].北方果树,1982(2):24-27.
- [16] 赵同生,赵国栋,张朝红,等.不同矮化中间砧对“宫崎短枝富士”树体生长、产量和品质的影响[J].果树学报,2016(11):1379-1387.
- [17] 李丙智,韩明玉,李高潮.千阳矮砧苹果[M].杨凌:西北农林科技大学出版社,2013.
- [18] 赵玲玲,姜中武,宋来庆,等.不同砧木对红将军苹果果实品质和香气物质的影响[J].华北农学报,2014,29(S1):234-238.
- [19] 王建斌.长富2苹果矮化中间砧密植与乔砧密植的比较试验[J].山西农业科学,2004,32(1):43-45.
- [20] 李永焘,张水绒,李晓斌,等.矮化自根砧苹果树的主要优缺点[J].果农之友,2016(4):37-38.
- [21] 权学利,李媛,赵仕国.苹果矮化自根砧优质高效栽培技术[J].中国园艺文摘,2016,32(10):190-191.

Effects of Different Stock-scion Combinations on Apple Growth, Fruit Quality and Yield

HUO Qiangqiang¹, LI Gaochao¹, CAO Shan², HE Wanru¹, WANG Junfeng¹, LI Bingzhi¹

(1. College of Horticulture, Northwest Agriculture and Forestry University, Yangling, Shaanxi 712100; 2. College of Food Science and Engineering, Northwest Agriculture and Forestry University, Yangling, Shaanxi 712100)

Abstract: The experiment was conducted with ‘M9-T337’ and ‘M26’ as the self-rooted rootstock and interstock, rootstock for *M. micromalus*, the scion variety for ‘Fuji’ and ‘Gala’, compared with effects of different stock-scion combinations on apple growth, fruit quality and yield. The results showed, the stock-scion combinations of self-rooted rootstock and interstock of the tree height were dwarfism, the proportion of middle and short branches more than standard stock, and the proportion of short branches of self-rooted rootstock more than interstock. The cultivars ‘Fuji’ of evaluation and sorting of fruit quality ‘Fuji/M9-T337’ / ‘*M. micromalus*>Fuji/M9-T337’>

DOI:10.11937/bfyy.201710007

西瓜主蔓和果实生长发育数学模型的研究

王志强, 刘声锋, 郭松, 董瑞, 田梅, 于蓉

(宁夏农林科学院 种质资源研究所, 宁夏 银川 750002)

摘要:以‘Sugarlee’西瓜为试材,通过观测不同发育时期主蔓长度、果实纵径、果实横径和果实质量的变化过程,研究了西瓜主蔓和果实的生长变化规律,并建立了西瓜主蔓和果实的生长发育数学模型,为西瓜高产高效栽培提供科学依据。结果表明:西瓜主蔓的生长主要分为2个时期,一个是快速生长期,一个是缓慢生长期;果实纵径、果实横径和果实质量的生长主要分为5个时期,且表现出慢-快-慢-快-慢的生长节奏;西瓜果实质量的增加量在花后12 d和22 d有2个明显的高峰。西瓜开花后天数与西瓜主蔓、果径和果实质量的回归方程,并对各指标进行相关分析。回归方程相关系数较高,拟合优度较好,置信度达到99.99%。

关键词:西瓜;主蔓;生长发育;数学模型

中图分类号:S 651 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-0009(2017)10-0031-04

西瓜 (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum and Nakai) 是一种世界性的园艺作物,栽培历史悠久,分布地域广泛,素有“夏季水果之王”的美称。西瓜是宁夏一大优势特色农产品。宁夏种植的西瓜果大、瓤甜、产量高,不仅能满足宁夏全区人们的生活需要,而且还远销周边省市地区。西瓜作为一种营养价值极高的夏季消暑水果,在显著提高农民经济效益

的同时,对稳定人们的日常生活和夏季水果市场的消费极为重要。

西瓜果实发育和产量的形成密切相关,果实发育的好坏直接影响到产量的大小和品质的高低。因此果实生长动态变化规律对于以果实为生产目的西瓜来说尤为重要。西瓜是主蔓结果为主的一种蔓生植物,了解主蔓生长变化规律有助于了解西瓜结果后对主蔓及植株的影响过程。果实生长发育的数学模型被广泛应用在荔枝^[1]、甜柿^[2]、苹果^[3]、梨^[4]、砧瓜^[5]、油桃^[6]、杂交榛^[7]等作物中。在西瓜的研究中,段金辉等^[8]对西瓜果实的纵横径进行了研究,建立了果实生长模型;常高正等^[9]通过对“中华拳王”西瓜授粉后果实发育过程进行观察,描述了果径和果实质量的变化过程。但尚鲜见对西瓜主蔓和果实质量变化生长发育数学模型的研究。通过西瓜主要器官的生长发育数学模型,可以明确生长期间的变化规律,为在生产栽培和育种过程中确定合理的田间

第一作者简介:王志强(1979-),男,硕士,副研究员,现主要从事西瓜栽培和育种等研究工作。E-mail: wzq2003135@163.com.

责任作者:刘声锋(1964-),男,本科,研究员,现主要从事西瓜栽培和育种等研究工作。E-mail: shengfeng.liu@163.com.

基金项目:宁夏回族自治区自然科学基金资助项目(NZ16120);宁夏农林科学院科技创新先导资金资助项目(NKYG-15-02);现代农业产业技术体系建设专项“中卫综合试验站”资助项目(CARS-26-41)。

收稿日期:2016-12-12

‘Fuji/M26/*M. micromalus*’ > ‘Fuji/M26’ > ‘Fuji/*M. micromalus*’. The cultivars ‘Gala’ of evaluation and sorting of fruit quality as follow, ‘Gala/M26’/‘*M. micromalus*’ > ‘Gala/M9-T337’/‘*M. micromalus*’ > ‘Gala/M9-T337’ > ‘Gala/M26’ > ‘Gala’/‘*M. micromalus*’. The ‘Fuji’ and ‘Gala’ of all stock-scion combinations of yield performance, self-rooted rootstock > interstock > standard stock, and ‘Fuji/M9-T337’ and ‘Gala/M9-T337’ five years cumulative production were highest than else. After comprehensive analysis, it was found the ‘Fuji/M9-T337’ and ‘Gala/M9-T337’ stock-scion combinations had the best performance in Qianyang area of Shaanxi Province, which was suitable for vigorous development.

Keywords: apple; growth; stock-scion combinations; quality; yield