

# 黄土高原苹果产区不同苹果砧穗组合的综合评价

王宜熊,王金鑫,李雪薇,马锋旺,管清美,徐记迪

(西北农林科技大学园艺学院/旱区作物逆境生物学国家重点实验室,陕西杨凌 712100)

**摘要:**通过选取渭北乾县果友试验站的五种砧穗组合作为研究对象,包括烟富6号/M26/八棱海棠、烟富3/T337、烟富3/M26、烟富6/M26、烟富3/M26/新疆野苹果,系统地测定了果树的生长状况、果实品质和产量,并采用隶属函数法对五种苹果砧穗组合的水分利用效率、果实品质、产量和单果重等指标进行了综合评价。其中烟富3号/T337无论是在果重、果实品质还是产量中都非常的出众。本研究为黄土高原地区苹果园砧穗组合的选择提供参考。

**关键词:**苹果;黄土高原地区;果实品质;砧穗组合

**中图分类号:**S363 **文献标识码:**A **文章编号:**0488-5368(2026)04-0058-05

## Comprehensive Evaluation of Different Apple Rootstock-Scion Combinations in Loess Plateau Apple-Producing Region

WANG Yixiong, WANG Jinxin, LI Xuewei, MA Fengwang, GUAN Qimei, XU Jidi

(State Key Laboratory of Crop Stress Biology for Arid Areas/College of Horticulture, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** In this study, five apple rootstock-scion combinations from the Guoyou Experimental Station in Qianxian County, Weibei, were selected, including Yanfu 6/M26/Baleng crabapple, Yanfu 3/T337, Yanfu 3/M26, Yanfu 6/M26, and Yanfu 3/M26/Xinjiang wild apple. The growth traits, fruit quality, and yield were systematically measured, and a comprehensive evaluation of water use efficiency, fruit quality, yield, and single-fruit weight among the five apple rootstock-scion combinations was conducted using the membership function method. Yanfu 3/T337 was superior in terms of single-fruit weight, fruit quality, and yield. This study provides a useful reference for the selection of apple rootstock-scion combinations for apple orchards in the Loess Plateau region.

**Key words:** Apple; Loess Plateau; Fruit quality; Rootstock-scion combination

黄土高原地区作为我国面积最大的苹果生产地,苹果产业是当地农业发展和农民增收的主要来源之一<sup>[1,2]</sup>。但多集中在山地和丘陵等干旱、半干旱地区,这些地方的供水条件较差,水资源在不同地区和苹果树的不同生长阶段分布不均<sup>[3,4]</sup>,导致苹果的产量和品质被严重的限制<sup>[5]</sup>。此外西北地区的土壤质量不及东部地区,土壤中的养分可能不足以支持苹果树的生长,需要额外的肥料补充<sup>[6]</sup>。

如果在种植过程中没有采取适当的管理措施,可能会导致土地污染和环境破坏<sup>[7]</sup>,从而对人类健康和环境保护构成威胁。砧穗组合是果树栽培中通过科学匹配接穗与砧木形成的共生体系,优化配置对果树生产有着决定性的影响<sup>[8]</sup>。在黄土高原苹果主产区,适宜的砧穗组合不仅能显著增强树体的抗逆能力,包括抗旱、抗寒及抗病性,还能提升果实外观品质与内在风味等,更可降低约15%~30%的

收稿日期:2025-02-26 修回日期:2025-04-10

基金项目:陕西省自然科学基金(2024JC-YBQN-0166);作物抗逆与高效生产全国重点实验室开放课题(SKLC-SRHPKF18);河北省农林科学院科技创新专项(2022KJCXZX-SGS-4)。

第一作者简介:王宜熊(1999-),硕士研究生,主要从事果树水分高效利用研究。

通信作者:徐记迪。

田间管理成本<sup>[9]</sup>。反之,不当的砧木选择会引发砧穗不亲和现象,导致嫁接成活率下降、树势衰退等连锁反应<sup>[10]</sup>。因此依据生产中不同砧穗组合的表现,筛选出当地合适的砧穗组合是非常必要的。

本研究以乾县果友试验站的五种不同苹果砧穗组合为对象,包括烟富 6/M26/八棱海棠、烟富 3/T337、烟富 3/M26、烟富 6/M26、烟富 3/M26/新疆野苹果,对其生长状况、果实品质及产量等进行测定,以筛选出适合黄土高原地区苹果栽培的最优砧穗组合<sup>[11]</sup>,为当地老果园更新栽培模式及确定砧穗组合提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验区概况

试验于 2021 年至 2022 年在咸阳市乾县果友协会试验站进行,当地海拔约 800 m,年平均降雨量 573~590 mm。由于境内地貌特点、气候差异等原因,气温东南稍高,西北偏低<sup>[12]</sup>。

### 1.2 试验材料与设计

挑选了试验站内现有的五种 8~9 a 生的优质苹果砧穗组合作为研究对象,株行距统一设定为 3 m×4 m。这些组合细致分类为:烟富 6 号/M26/八棱海棠、烟富 3 号/T337、烟富 3 号/M26、烟富 6 号/M26 以及烟富 3 号/M26/新疆野苹果。

为了全面评估不同砧穗组合的生长表现,将全年的生长周期划分为以下几个阶段:萌芽期、开花期、新梢生长期、果实生长发育期、以及落叶休眠期。在每个生长阶段,随机选取了 5 株果树,对它们的生长指标、果实品质和产量进行了细致的观察与测量。

### 1.3 测定项目及方法

1.3.1 土壤水分参数 土壤含水量采用烘干称重法。在果园内苹果树冠下随机采取 5 份土壤样本,土钻取样深度为 60 cm 左右,每 20 cm 为 1 层<sup>[13]</sup>,对其进行称重,再将土壤放置烘箱中,设定温度为 105~110 ℃,烘干至恒重,然后放置在干燥器中冷却 20 min 后,立即称重。

1.3.2 树体生长指标 在 5 月末至 6 月初,对试验树进行树体生长指标的测定。从每株处理树的树冠外围选择 5 个新梢进行标记。利用卷尺,每隔 15 d 对这些标记新梢的长度进行一次测量,以监测其生长动态。根据枝条的长度将试验树的枝条分为以下几类:叶丛枝(枝长小于 0.5 cm)、短枝(0.5~5.0 cm)、中枝(5.1~15.0 cm)、长枝(15.1~30.0 cm)以及发育枝(枝长超过 30.0

cm)。通过对这些不同长度枝条的数量进行统计,可以更全面地了解树体的生长状况和枝条分布特征。

1.3.3 叶片光合特性测定 在八月中旬,从每株处理树中挑选大约 10 片健康且生长状况良好的叶片作为样本。利用 CIRAS-3 便携式光合仪在晴朗的上午 8:00 至 11:00 内,对不同砧穗组合果树叶片的光合速率进行系统的测定。

1.3.4 果实品质的测定 果实采收时对每个处理组进行随机抽样采摘。选取 10 个样本,采用精密称量法测定单果重。果实的横径和纵径使用游标卡尺进行测量,并据此计算果型指数<sup>[14]</sup>。使用 SMS TA.XT Plus 质构仪测定果实质地。可溶性固形物含量使用 RHBO-90 型手持折射仪进行测定。可滴定酸含量通过酸碱滴定法进行测定。色泽的测定则使用色差仪(CHROMA METER CR-400)进行。

1.3.5 产量 单株产量:用每株树的平均单果重和果实数量计算得出。

667 m<sup>2</sup> 产量:通过各组合的平均单株产量和该组合每 667 m<sup>2</sup> 株数计算得出。

### 1.4 隶属函数的计算

通过计算各砧穗组合相关指标的隶属函数值,隶属函数值越大则性状越优,从而筛选出最优的砧穗组合。其计算方式为:

$$M(X_i) = (X_i - \text{Min}X) / (\text{Max}X - \text{Min}X)$$

$X_i$  作为某一砧穗组合在某一品质指标上的测量值。 $\text{Max}X$  表示该品质指标的最大值, $\text{Min}X$  表示同一品质指标的最小值。计算了各个砧穗组合的隶属函数值之后,采用加权系数法来综合评价果实品质的满意度。这种方法考虑了各个品质指标的相对重要性,

综合满意度的计算公式是基于对各单项品质指标相对满意度的统计,并利用加权系数来反映各指标的相对重要性。具体公式如下:

$$A = \sum_{i=1}^n Y_i E_i$$

式中:A 为不同砧穗组合的综合满意度; $Y_i$  为各因素指标对应的相对满意度; $E_i$  为各单因素指标的加权数,满足  $0 \leq E_i \leq 1$ , $n$  为因素指标的个数。具体因素指标加权系数参考李鹏、赵爽等<sup>[15,16]</sup>赋予单果重、固酸比、产量、长期水分利用效率、瞬时水分利用效率的加权数分别为 0.25、0.2、0.25、0.15、0.15。

### 1.5 数据分析

使用 Stata (Statistics/Data Analysis) 17 对试验

数据进行方差分析,用最小显著差法(LSD)进行多重比较,用 GraphPad Prism 8 和 Microsoft Excel 2021 软件进行作图和数据统计。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同砧穗组合的枝类组成

根据表 1 的数据可以看出,五种组合的新梢长度范围在 19~34cm 之间。其中可看出以 M26 为砧木时,该组合的成枝力较弱,如烟富 3 号/M26 的

组合新梢生长量为 19.42、烟富 6 号/M26 的新梢生长量为 22.95。

在总枝量方面,烟富 6 号/M26/八棱海棠最少,平均每株仅有 208 个。烟富 3 号/T337 的枝量最多,平均每株有 333 个。同时除了烟富 3 号/M26 之外,其他四个砧穗组合的叶丛枝和短枝的总占比均高于 70.00%,显示出较高的成花潜力,这对于提高产量是非常有利的。

表 1 五种不同砧穗组合枝组占比情况

| 砧穗组合             | 叶丛枝占比/% | 短枝占比/% | 中枝占比/% | 长枝占比/% | 发育枝占比/% | 主枝数 | 新梢长度/cm    |
|------------------|---------|--------|--------|--------|---------|-----|------------|
| 烟富 6 号/M26/八棱海棠  | 42.31   | 34.13  | 12.02  | 7.69   | 3.85    | 208 | 33.47±3.05 |
| 烟富 3 号/T337      | 41.74   | 34.53  | 13.21  | 6.01   | 4.50    | 333 | 25.23±2.17 |
| 烟富 3 号/M26       | 42.34   | 25.23  | 18.02  | 9.91   | 4.50    | 222 | 19.42±2.21 |
| 烟富 6 号/M26       | 43.38   | 29.68  | 15.53  | 7.31   | 4.11    | 219 | 22.95±1.95 |
| 烟富 3 号/M26/新疆野苹果 | 41.70   | 34.32  | 15.50  | 9.96   | 5.90    | 271 | 32.74±4.02 |

### 2.2 五种不同砧穗组合的果实质地

由表 2 可看出这五种不同苹果砧穗组合的果实质地情况。果皮硬度烟富 3 号/M26 最高,为 7.93;其次是烟富 6 号/M26,为 7.82;最低的是烟富 3 号/T337,为 6.69。烟富 6 号/M26/八棱海棠在果皮延展性上数值最高,为 104.61;最低的是烟

富 3 号/M26,为 98.44。果肉硬度从高到低依次为烟富 6 号/M26、烟富 3 号/M26、烟富 6 号/M26/八棱海棠、烟富 3 号/M26/新疆野苹果、烟富 3 号/T337。果肉脆度从高到低依次为烟富 6 号/M26、烟富 3 号/M26/新疆野苹果、烟富 3 号/T337、烟富 6 号/M26/八棱海棠、烟富 3 号/M26。

表 2 五种不同砧穗组合的果实质地

| 砧穗组合             | 果皮硬度/N      | 果皮延展性/min     | 果肉硬度/N      | 果肉脆度/kg·sec |
|------------------|-------------|---------------|-------------|-------------|
| 烟富 6 号/M26/八棱海棠  | 7.38±0.21ab | 104.61±1.63a  | 0.23±0.01bc | 3.69±0.02a  |
| 烟富 3 号/T337      | 6.69±0.23b  | 101.22±0.85bc | 0.20±0.01d  | 3.70±0.02a  |
| 烟富 3 号/M26       | 7.93±0.21a  | 98.44±1.17c   | 0.24±0.01b  | 3.57±0.03a  |
| 烟富 6 号/M26       | 7.82±0.19a  | 99.20±1.30bc  | 0.26±0.01a  | 3.73±0.02a  |
| 烟富 3 号/M26/新疆野苹果 | 7.76±0.30a  | 101.95±0.98ab | 0.22±0.01cd | 3.72±0.03a  |

注:同列数据后的不同小写字母表示处理间差异显著( $P<0.05$ )。

### 2.3 五种不同砧穗组合的果实品质

通过表 3 可看出这五种不同砧穗组合的果实品质。其中烟富 3 号/T337 的单果重最高,平均重量达到 252.52 g;其次是烟富 6 号/M26/八棱海棠,平均重量为 242.52 g;而烟富 3 号/M26/新疆野苹果的果实最轻,平均重量为 230.09 g。果型指数,从大到小依次为烟富 6 号/M26/八棱海棠、烟富 6 号/M26、烟富 3 号/T337、烟富 3 号/M26/新疆野苹果、烟富 3 号/M26。在果皮颜色的色度指标中,L\* 值代表果皮的明亮度,数值越大表示果皮越明亮,在这一指标烟富 3 号/M26 的 L\* 值最高,烟富 3 号/M26/新疆野苹果的 L\* 值最低;a\* 值代表果皮颜色从绿色到红色的转变,数值越高表示果

皮颜色越偏向红色,烟富 3 号/M26/新疆野苹果的 a\* 值最高,烟富 3 号/M26 最低;b\* 值代表果皮颜色从蓝色到黄色的转变,数值越高表示果皮颜色越偏向黄色,烟富 3 号/M26 的 b\* 值最高,烟富 6 号/M26/八棱海棠最低。可溶性固形物含量,烟富 6 号/M26 组合的含量最高,达到 15.05%;而烟富 6 号/M26/八棱海棠组合的含量最低,为 13.65%。可溶性滴定酸含量最高的是烟富 6 号/M26 组合,为 0.66%;最低的是烟富 3 号/T337 组合,为 0.50%。固酸比从高到低的顺序依次是烟富 3 号/T337、烟富 3 号/M26、烟富 3 号/M26/新疆野苹果、烟富 6 号/M26、烟富 6 号/M26/八棱海棠。

表3 五种不同砧穗组合的果实品质

| 砧穗组合               | 单果重<br>/g | 果型<br>指数 | 果面色度   |        |        | 可溶性固形<br>物含量/% | 可滴定酸<br>含量/% | 固酸比   |
|--------------------|-----------|----------|--------|--------|--------|----------------|--------------|-------|
|                    |           |          | L*     | a*     | b*     |                |              |       |
| 烟富6号/M26           | 242.52±   | 0.92±    | 55.16± | 31.74± | 16.45± | 13.65±         | 0.63±        | 21.66 |
| /八棱海棠              | 0.07b     | 0.04a    | 3.06ab | 2.23a  | 0.78b  | 0.85b          | 0.14a        |       |
| 烟富3号/T337          | 252.52±   | 0.89±    | 56.94± | 30.04± | 17.25± | 14.26±         | 0.50±        | 28.18 |
|                    | 14.54a    | 0.01ab   | 1.67a  | 2.12a  | 0.45b  | 0.35ab         | 0.07b        |       |
| 烟富3号/M26           | 236.94±   | 0.83±    | 57.53± | 28.08± | 18.57± | 14.56±         | 0.52±        | 27.89 |
|                    | 17.43b    | 0.02b    | 1.54a  | 2.07a  | 0.88a  | 0.32ab         | 0.06b        |       |
| 烟富6号/M26           | 231.39±   | 0.90±    | 55.70± | 29.58± | 17.60± | 15.05±         | 0.66±        | 22.80 |
|                    | 18.97b    | 0.03ab   | 1.23ab | 1.76a  | 0.71b  | 0.46a          | 0.07a        |       |
| 烟富3号/M26/新疆<br>野苹果 | 230.09±   | 0.84±    | 53.91± | 32.87± | 17.91± | 15.02±         | 0.63±        | 23.69 |
|                    | 12.31b    | 0.02ab   | 0.43ab | 0.54a  | 0.37b  | 0.25ab         | 0.05a        |       |

## 2.4 不同苹果砧穗组合水分利用效率的比较

表4可得到不同砧穗组合的产量及长期水分利用效率和瞬时水分利用效率指标。烟富3号/T337的单株产量及667 m<sup>2</sup>产量在五种砧穗组合中都是最高的,丰产性最佳。而烟富3号/M26/新疆野苹果的单株产量及667 m<sup>2</sup>产量在五种砧穗组合中都是最低的。净光合速率以烟3/T337金和烟

3/M26的数值最高,分别为21.43 μmol/m<sup>2</sup>·s和21.46 μmol/m<sup>2</sup>·s;而烟3/M26/新疆野苹果的净光合速率最低,为19.22 μmol/m<sup>2</sup>·s。同时烟富3号/T337还具备最高的长期水分利用效率,为5.25 g/kg。具有最高的瞬时水分利用效率的是烟富3号/M26组合,为5.04 μmol/mol。

表4 五种不同砧穗组合的水分利用效率

| 砧穗组合         | 单株产量<br>(kg) | 667 m <sup>2</sup> 产量<br>(kg/667m <sup>2</sup> ) | 长期水分<br>利用效率<br>(g/kg) | 净光合速率<br>(μmol/m <sup>2</sup> ·s) | 蒸腾速率<br>(mmol/m <sup>2</sup> ·s) | 瞬时水分<br>利用效率<br>(μmol/mol) |
|--------------|--------------|--|------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|----------------------------|
| 烟6/M26/八棱海棠  | 26.7         | 2 135  | 4.07                   | 20.71                             | 4.29                             | 4.86                       |
| 烟3/T337      | 34.5         | 2 756  | 5.25                   | 21.43                             | 4.42                             | 4.86                       |
| 烟3/M26       | 23           | 1 727  | 3.5                    | 21.46                             | 4.27                             | 5.04                       |
| 烟6/M26       | 21.8         | 1 741  | 3.32                   | 20.16                             | 4.74                             | 4.28                       |
| 烟3/M26/新疆野苹果 | 21           | 1 683  | 3.28                   | 19.22                             | 5.27                             | 3.68                       |

## 2.5 不同砧穗组合的综合评价

表5是乾县果友试验站五种砧穗组合各项指标的综合评价。其中可以看出烟富3号/T337在果重、固酸比、产量、长期水分利用效率等指标上相对满意度均较高,综合评价为0.196,排序最高;烟

富3号/M26/新疆野苹果在产量、长期及瞬时水分利用效率方面满意度均较低,综合评价为0.012,排序最低。综合这五种砧穗组合的评价来看,烟富3号/T337无论是在果重、果实的品质还是产量都非常出众。

表5 不同砧穗组合的综合评价

| 砧穗组合           | 单果重   | 固酸比   | 产量    | 长期水分<br>利用效率 | 瞬时水分<br>利用效率 | 品质综合<br>满意度(Q) | 水分综合<br>满意度(E) | 综合<br>评价 | 排序 |
|----------------|-------|-------|-------|--------------|--------------|----------------|----------------|----------|----|
| 烟富6号/M26/八棱海棠  | 0.554 | 0     | 0.421 | 0.4          | 0.87         | 0.244          | 0.191          | 0.087    | 3  |
| 烟富3号/T337      | 1     | 1     | 1     | 1            | 0.865        | 0.7            | 0.28           | 0.196    | 1  |
| 烟富3号/M26       | 0.305 | 0.956 | 0.041 | 0.113        | 1            | 0.278          | 0.167          | 0.089    | 2  |
| 烟富6号/M26       | 0.058 | 0.174 | 0.054 | 0.02         | 0.44         | 0.063          | 0.069          | 0.026    | 4  |
| 烟富3号/M26/新疆野苹果 | 0     | 0.311 | 0     | 0            | 0            | 0.062          | 0              | 0.012    | 5  |

### 3 讨论

由于黄土高原苹果产区的生态条件有着显著的空间异质性,从东南部半湿润区到西北部半干旱区,其降水量、温度及土壤侵蚀风险呈阶梯式变化<sup>[17]</sup>。这种环境分异对苹果砧穗组合的适应性提出了多维度的要求:要满足干旱胁迫下的水分高效利用,也需抵抗暴雨冲刷导致的根系裸露风险,同时还要应对暖干化趋势下的物候期紊乱。有研究表明,砧木与接穗的互作关系通过调控根系生长、光合产物分配及抗逆基因表达,直接影响植株对区域环境压力的响应能力<sup>[18]</sup>,因此要根据当地的气候及环境条件选择适宜的砧穗组合。

不同的砧穗组合对果树的影响也是不同的,果树成花力的强弱从一定程度上是受树体枝类组成的影响。长枝和发育枝过多会使果树的养分偏向营养生长,降低了成花潜力,导致产量下降<sup>[19]</sup>。本研究得到的结果与此一致,烟富 3 号/M26/新疆野苹果的长枝和发育枝占比最高,而在单株产量及 667 m<sup>2</sup> 产量均为最低。苹果砧穗组合的选择是一个复杂的过程,需要综合考虑果树生长特性、果实品质目标和种植区环境条件等诸多因素。科学合理的砧穗组合不仅能显著提高苹果的生产效率,还能促进果树健康生长,保证果实品质的优异表现。

本研究通过测定乾县果友试验站五种苹果砧穗组合的枝叶生长情况、枝组类型、果实品质、产量、水分利用效率等,利用隶属函数法对各砧穗组合进行了综合评价,并对其进行排序。由高到低依次是烟富 3 号/T337、烟富 3 号/M26、烟富 6 号/M26/八棱海棠、烟富 6 号/M26、烟富 3 号/M26/新疆野苹果。烟富 3 号/T337 在这五种组合中表现最佳,适合在当地推广种植。

### 参 考 文 献:

[1] 杨文杰,吴发启,方丽. 陕西省渭北黄土高原苹果发展战略研究[J]. 西北农业学报, 2004(3): 158-161

[2] 张宏. 黄土高原是我国优质苹果核心产区之我见[J]. 中国果树, 2019(1): 114-116.

[3] 霍学喜,刘天军,刘军弟,等. 2020 年度中国苹果产业发展报告(精简版)[J]. 中国果菜, 2022, 42(2): 1-6.

[4] 黄丽,范兴科. 陕北矮化栽培山地苹果幼树需水规律预判[J]. 水土保持学报, 2018, 32(6): 8.

[5] XiaolinSong, XiaodongGao, XiningZhao, *et al.* Spatial distribution of soil moisture and fine roots in rain-fed apple orchards employing a rainwater collection and infil-

tration (RWCI) system on the Loess Plateau of China [J]. *Agricultural Water Management*, 2017 (184): 170-177.

[6] GuoweiNan, NingWang, LeiJiao, *et al.* A new exploration for accurately quantifying the effect of afforestation on soil moisture: A case study of artificial Robinia pseud-acacia in the Loess Plateau (China) [J]. *ForestEcologyandManagement*, 2019(433): 459-466.

[7] 沙广利. 关于苹果矮化砧与矮化栽培几个问题的探讨[J]. 中国果树, 2020(3): 6-10.

[8] 霍强强,李高潮,曹珊,等. 不同砧穗组合对苹果生长、品质及产量的影响[J]. 北方园艺, 2017(10): 25-31.

[9] 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.

[10] 左培杰,张学超,孟祥鹏,等. 新疆野苹果嫁接亲和性研究[J]. 落叶果树, 2025, 57(1): 11-15.

[11] 陈欣欣. 不同矮砧苹果砧穗组合评价[D]. 山东: 青岛农业大学, 2016.

[12] 孙道雯. 新型城镇化导向下乾县乡村聚落体系发展规划策略研究[D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2017.

[13] 祁巧云,刘萍,王睿峰,等. 陕北地区苹果不同砧穗组合综合评价与需水规律研究[J]. 陕西农业科学, 2023, 69(11): 31-37.

[14] 任珂. 青砧 1 号不同砧穗组合在阿克苏地区生长、结果及适应性差异分析[D]. 阿拉尔: 塔里木大学, 2022.

[15] 李鹏,王益权,梁化学. 渭北不同树龄苹果品质因子分析与综合评价[J]. 食品科学, 2016, 37(3): 49-54.

[16] 赵爽,马子清,张雨田,等. 陕西渭北地区不同时期控水对苹果产量、品质和水分利用效率的影响[J]. 北方园艺, 2022(21): 38-43.

[17] 张小美,高春瑞,闫晓斌,等. 典型山西黄土高原区土壤有机质的空间异质性及空间插值预测[J]. 山西农业科学, 2023, 51(7): 785-792.

[18] 赵莹莹. 苹果不同砧穗组合在洛川产区的适应性研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2017.

[19] 张宝娟. 渭北不同砧穗组合苹果幼树早花性与易成形性的评价[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2017.

[20] 聂琳,曹依静,赵红亮,等. 不同化学疏花剂对“美八”“粉红女士”苹果疏除效果及果实品质的影响[J]. 陕西农业科学, 2025, 71(2): 47-51.

[21] 司琪,姜建军,李探,等. 6 个苹果品种的果实品质差异分析[J]. 河北果树, 2024(2): 5-6.

[22] 魏江彤,王星辰,付笑敏,等. 不同覆盖和生长调节剂处理对“长富 2 号”苹果花期和果实品质的影响[J]. 陕西农业科学, 2023, 69(10): 64-69.