

网络出版时间:2020-08-13 16:07 DOI:10.13207/j.cnki.jnwafu.2021.02.012
网络出版地址:https://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20200812.1408.015.html

全有机营养袋式栽培不同西瓜品种产量与品质评价

王雪威¹,孙玉东²,李建明¹

(1 西北农林科技大学 园艺学院,陕西 杨凌 712100;2 江苏省淮阴市农科所,江苏 淮阴 223001)

[摘要] 【目的】筛选适宜全有机营养袋式栽培的专用西瓜品种,为西瓜设施栽培提供理论依据和技术支持。【方法】采用有机基质配合有机营养液的袋式栽培方式,对分属于京欣(8个品种)、西农8号(7个品种)、早春红玉(2个品种)、小兰(3个品种)和红小玉(4个品种)5个类型共计24个西瓜品种进行试验观察,其中前2个类型的15个西瓜品种采用爬地栽培模式,其余3个类型的9个西瓜品种采用吊蔓栽培模式。通过分析伸蔓期、坐果期、果实发育期和全生育期等重要的生长发育周期,第一朵雌花节位、生长势和坐果难易等生长特性指标,单果质量、每公顷产量等产量指标,果实中心和边部可溶性固形物、可溶性糖、还原糖、可溶性蛋白、维生素C含量等品质指标,采用主观层次分析法、客观熵权法对各单一指标进行赋权,再利用基于博弈论的组合赋权法计算各指标权重,最后采用TOPSIS分析法对各西瓜品种的果实产量与品质进行综合评价。【结果】爬地栽培品种中早熟性最好的为金城5号,第一朵雌花节位为7.80节,果实发育期28d;吊蔓栽培品种中早熟性最好的为1807WME167,第一朵雌花节位为6.60节,果实发育期27d;参试西瓜品种普遍生长势强、坐果易。爬地栽培品种中1712WME237果皮厚度最小,为6.92mm;吊蔓栽培品种中的1807WME339果皮厚度最小,为3.04mm。爬地栽培品种中单果质量最大且每公顷产量最高的为西农8号,分别达6.08kg和 9.1×10^4 kg;吊蔓栽培品种中早春红玉单果质量最大且每公顷产量最高,分别达2.23kg和 5.58×10^4 kg。24个西瓜品种中,可溶性固形物含量最高的为1807WME338,其中心可溶性固形物含量为11.32%,边部可溶性固形物含量为8.77%;可溶性糖和还原性糖含量最高的均为美都,分别为25.19和35.42mg/g;可溶性蛋白含量最高的为1812WME023,达90.04μg/g;维生素C含量最高的为小兰,达57.26μg/g。采用基于博弈论的组合赋权法确定的各指标最终权重排序为:单果质量>可溶性蛋白含量>维生素C含量>还原糖含量>中心可溶性固形物含量>每公顷产量>边部可溶性固形物含量>可溶性糖含量。基于TOPSIS分析法对西瓜果实产量和品质综合分析得出,爬地栽培模式下京欣类型中美都综合评价价值最高,1812WME006次之;西农8号类型中西农8号综合评价价值最高;在吊蔓栽培模式下,早春红玉类型中的早春红玉、小兰类型中的小兰、红小玉类型中的红小玉综合评价价值最高。【结论】京欣、西农8号、早春红玉、小兰和红小玉5个类型中适宜全有机营养袋式栽培的西瓜品种分别为美都、西农8号、早春红玉、小兰和红小玉。

[关键词] 全有机营养袋式栽培;西瓜栽培;西瓜品种筛选;综合评价

[中图分类号] S651.06⁺2

[文献标志码] A

[文章编号] 1671-9387(2021)02-0084-13

Evaluation of yield and quality of different watermelon varieties cultured in full organic nutrition bags

WANG Xuwei¹, SUN Yudong², LI Jianming¹

(1 College of Horticulture, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 Jiangsu Huaiyin Institute of Agricultural Science, Huaiyin, Jiangsu 223001, China)

[收稿日期] 2020-01-14

[基金项目] 陕西省重点研发计划项目(2018TSCXL-NY-05-03);江苏省农业重大新品种创制项目“优质多抗西瓜新品种创制”(PZCZ201717);青海省蔬菜产业科技创新平台集成示范项目(QNKP-2018-03-01)

[作者简介] 王雪威(1995—),女,吉林榆树人,在读硕士,主要从事设施作物生理生态及有机栽培研究。

E-mail: wangxuwei77@163.com

[通信作者] 李建明(1966—),男,陕西洛川人,教授,博士,博士生导师,主要从事设施农业工程与蔬菜生理生态研究。

E-mail: lijianming66@163.com

Abstract: 【Objective】 The selection of watermelon varieties suitable for full organic nutrition bag cultivation was conducted to provide basis and support for facility cultivation. **【Method】** Bag cultivation with organic substrate and organic nutrient solution was used to plant 24 watermelon varieties belonging to five types of Jingxin (8 varieties), Xinong 8 hao (7 species), Zaochunhongyu (2 species), Xiaolan (3 species) and Hongxiaoyu (4 species). The 15 varieties of the first 2 types were used for ground cultivation mode, while the remaining 9 species were used for hanging tendril cultivation mode. The growth period indexes of seeding time, engraftment period stage, stretch vines, fruit, fruit maturation and whole growth period, growth indexes of first female flower's node, degree of vigorous growth and degree of easy fruiting, yield indexes of fruit quality and yield per hectare yield, and quality indexes of fruit center and edge of soluble solids, soluble sugar, reducing sugar, soluble protein content and vitamin C were determined. The subjective analytic hierarchy process (AHP) and the objective entropy weight method were adopted for single index empowerment, the game theory was used to calculate index weight, and fruit yield and quality of watermelon varieties were evaluated by TOPSIS analysis. **【Result】** The best early maturity of ground cultivars was Jincheng 5 hao with the first female flower at 7.80 nodes and the fruit development period of 28 days. Among the cultivars with hanging tendrils, the best early maturity was 1807WME167 with the first female flower at 6.60 nodes and the fruit development period of 27 days. The tested watermelon varieties generally had strong growth potential and easy fruit setting. The 6.92 mm pericarp thickness of 1712WME237 was the smallest among the cultivated cultivars. The 3.04 mm peel thickness of 1807WME339 was the smallest among hanging vine cultivars. Xinong 8 hao had the highest single fruit quality of 6.08 kg and the highest yield per hectare of 9.1×10^4 kg. The single fruit quality and yield per hectare of Zaochunhongyu were the highest of 2.23 kg and 5.58×10^4 kg. Among the 24 watermelon varieties, 1807WME338 had highest content of soluble solid with central soluble solid content of 11.32% and edge soluble solid content of 8.77%. The highest contents of soluble sugar and reducing sugar were found in Meidu (25.19 and 35.42 mg/g). 1812WME023 had the highest soluble protein content of 90.04 $\mu\text{g/g}$. The highest vitamin C content of 57.26 $\mu\text{g/g}$ was obtained in Xiaolan. The final weights of indexes determined by the combination weighting method based on game theory were in the order of single fruit quality > soluble protein content > vitamin C content > reducing sugar content > center soluble solid content > per hectare yield > side soluble solid content > soluble sugar content. According to the comprehensive analysis of watermelon fruit yield and quality based on TOPSIS analysis method, the comprehensive evaluation value of Meidu was the highest, followed by 1812WME006. Xinong 8 hao had the highest comprehensive evaluation value in its group. The comprehensive evaluation values of Zaochunhongyu, Xiaolan and Hongxiaoyu were the highest among their groups. **【Conclusion】** The watermelon varieties suitable for total organic nutrition bag cultivation in Jingxin, Xinong 8 hao, Zaochunhongyu, Xiaolan and Hongxiaoyu groups were Meidu, Xinong 8 hao, Zaochunhongyu, Xiaolan and Hongxiaoyu, respectively.

Key words: total organic nutrition bag culture; watermelon cultivation; variety screening of watermelon; comprehensive evaluation

西瓜是我国的重要经济作物,2016 年播种面积已达 232.2 万 hm^2 ,总产量为 80 064.9 t^[1]。其果实多汁、味甜,含多种维生素、矿物质,是人们最为喜爱的夏季果品^[2]。西瓜种植在农业增效、农民增收和种植业结构调整中发挥着重要作用^[3-4]。近年来,为有效克服土壤连作障碍,基质栽培广泛运用到西瓜栽培中^[5]。随着经济的快速发展和人们生活水平的

提高,西瓜生产由片面追求丰产品种向优质品种转变,栽培模式也由传统栽培向有机栽培转变^[6]。由有机基质和有机营养液组成的全有机营养栽培模式,具有成本低、污染小、能够提高西瓜品质等优势,但也需要选育适于进行设施栽培的西瓜品种。

关于有机栽培,前人已经进行了一些研究,如王鹏等^[7]研究发现,采用有机基质栽培可明显促进番

茄的生长发育进程,使果实品质显著提高;李惠等^[8]研究表明,有机浸提液显著提高了番茄的净光合效率及各部位氮、磷、钾的含量;黄楠等^[9]研究表明,袋式基质栽培能够提高西瓜的产量和品质;杜少平等^[10]研究表明,有机营养能够增加西瓜营养生长阶段对氮、磷、钾养分的吸收,促进源库协调发展,从而实现西瓜产量和品质的提升。优良品种是实现优质高产栽培的关键,目前国内选育了大量的西瓜品种^[11],但是有关有机基质配合有机营养液的袋式栽培专用品种的筛选研究尚未见报道。本试验在有机基质配合有机营养液的模式下进行西瓜栽培,对参试的 24 个西瓜品种进行生长时期、生长特性、商品性状、产量和品质等指标测定和综合评价,以期筛选

表 1 供试西瓜品种类型及其品种

Table 1 Variety types and varieties of watermelon tested

类型 Type	品种 Variety	类型 Type	品种 Variety
京欣 Jingxin	1712WME237	西农 8 号 Xinong 8 hao	1812WME022
	1812WME001		1812WME023
	1812WME006		1812WME049
	1812WME024		1812WME050
	1812WME028		1812WME051
	1812WME029		西农 8 号 (CK3) Xinong 8 hao
	欣喜 1 号(CK1) Xinxi 1 hao	早春红玉 Zaochunhongyu	金城 5 号 (CK4) Jincheng 5 hao
红小玉 Hongxiaoyu	美都(CK2) Meidu		苏梦 9 号 Sumeng 9 hao
	1807WME338		早春红玉 (CK5) Zaochunhongyu
	1807WME339	小兰 Xiaolan	1807WME167
	1807WME151		1706WME124
	红小玉 (CK7) Hongxiaoyu		小兰 (CK6) Xiaolan

供试基质由本课题组筛选确定^[12],将腐熟牛粪、菇渣和珍珠岩以体积比 3∶3∶4 混合配制而成,其理化性质和养分含量为:体积质量 0.366 g/cm³,通气孔隙 21.35%,持水孔隙 47.02%,总孔隙 68.37%,pH 6.86,电导率 2 160 μS/cm,速效氮 2 343.51 mg/kg,速效磷 1 026.66 mg/kg,速效钾 2 312.01 mg/kg,有机质 230.56 g/kg。

供试西瓜品种均采用基质袋式栽培,栽培袋长 0.8 m,宽 0.25 m,高 0.16 m,每袋基质体积 24 L。利用水肥一体化系统进行施肥和灌溉。

施肥所用有机营养液配方为本课题组根据前期试验结果^[13]确定的,将风干后腐熟的猪粪、牛粪和羊粪,分别与水按质量比 1∶10 混合后搅拌,在有氧条件下浸提 72 h 后取上清液过滤,得到腐熟的猪粪、牛粪、羊粪浸提液,将 3 种浸提液按体积比 4∶1∶1 混合,并稀释 3.07 倍待用。其养分含量及理化性质为:速效氮 161 mg/L,速效磷 34.67 mg/L,速效钾 317.08 mg/L,pH 7.02,电导率 1.76 mS/cm。

出适宜全有机营养袋式栽培模式下表现优良的西瓜品种,为西瓜设施栽培提供理论依据和技术支持。

1 材料与方法

1.1 试验场地与材料

试验在陕西杨凌千玉乡土风情园大跨度非对称大棚内进行,大棚长 85 m,跨度 17 m。供试西瓜包括 5 个类型的 24 个品种,种子全部来源于江苏省农业科学院。除 7 个对照品种外,其余 17 个品种均为新的杂交品种,其中进行爬地栽培的类型为京欣和西农 8 号,进行吊蔓栽培的类型为早春红玉、小兰和红小玉。供试西瓜品种类型及对应品种见表 1。

1.2 试验设计与管理

供试西瓜品种于 2019-02-18 进行穴盘育苗,当西瓜幼苗长至 3 叶 1 心时定植于大棚,采用基质袋式栽培的方式,每个品种设 4 个试验小区,随机区组排列。将复合基质装进长条形基质袋中,每个基质袋定植 2 株,爬地栽培品种,株距 0.4 m,行距 1.5 m,小区面积 12 m²,每个小区定植 20 株,每个品种定植 80 株;吊蔓栽培品种,株距 0.4 m,行距 1 m,小区面积 8 m²,每个小区定植 20 株,每个品种定植 80 株。在靠近温室大门的一侧种植 2 行保护行,与相邻小区的品种相同。京欣和西农 8 号采取三蔓整枝(保留主蔓和 2 条侧蔓);早春红玉、小兰、红小玉采取单蔓整枝,主蔓 40 cm 时进行吊蔓。定植前将基质浇透,利用水肥一体化系统进行施肥和灌水。在植株全生育期,实时监测基质的含水量、电导率及 pH 值,以决策施肥和灌溉量。各品种达到成熟标准时及时采收并进行数据采集与统计。

1.3 试验内容与方法

1.3.1 西瓜生育期及田间表现观测 供试西瓜苗

均于 2019-03-27 定植,随后每个品种随机标记 10 株瓜苗,记录其生长时期(伸蔓期、坐果期),并统计果实的发育期以及全生育期等指标。各生长时期的判断标准:定植期记录定植当天日期,伸蔓期记录 50% 蔓长达到 40 cm 时的日期,坐果期记录 70% 果实坐果(授粉)时的日期,果实发育期记录自雌花开放(进行人工授粉)到采收日之间的历时(d),全生育期记录自播种至采收日之间的历时(d)。

记录第一朵雌花节位,即自子叶向上到雌花开放节位。田间生长表现参考“国家西瓜品种试验方案”调查记载标准^[14],将生长势的评判标准分为弱、较弱、中、较强、强 5 级;坐果难易的评判标准分为难、较难、中、较易、易 5 级。

1.3.2 西瓜果实商品性状指标的观测 在西瓜成熟后,每个品种随机取样 10 株,观察果皮颜色、底色、覆色条带、瓢色;用直尺测量果实的纵径、横径,计算果形指数(纵径与横径的比值)^[15];用游标卡尺测量果皮厚度^[14]。果皮颜色分为花皮、绿皮、黑皮、黄皮;底色分为白(白、绿白),黄(浅黄、黄、深黄),绿(浅绿、绿、黄绿、深绿、墨绿);覆色条带分为条带(狭条带、宽条带),齿带(狭齿带、宽齿带)和网状;瓢色分为乳白、淡红、红、深红、淡黄、黄、橙黄。果皮厚度记录自瓜皮边缘到瓜瓢红白、黄白交界处的厚度。根据果形指数判断果形:果形指数 <1.0 为扁圆,果形指数 $=1.0$ 为圆形,果形指数 $1.0\sim1.1$ 为高圆,果形指数 $1.1\sim1.2$ 为短椭圆,果形指数 $1.2\sim1.4$ 为椭圆,果形指数 >1.4 为长椭圆。由 30 人对瓜瓢品尝后评出肉质口感指标,肉质评判的标准包括脆、紧、沙、软、绵。

1.3.3 西瓜果实产量指标的测定 测定单果质量时,每个品种随机取 10 个果实,在电子天平上称量每个果实的质量(kg),取平均值。每公顷产量(kg/hm^2)按各品种小区面积产量折算^[16]。

1.3.4 西瓜品质指标的测定 西瓜中心和边部可溶性固形物含量均采用 RHBO-90 型手持折光仪测定,还原糖、可溶性糖含量采用蒽酮比色法^[17]测定,可溶性蛋白含量采用考马斯亮蓝 G-250 染色法^[18]测定;维生素 C 含量采用钼蓝比色法^[17]测定。

1.3.5 西瓜产量指标与品质指标权重的确定 首先,采用层次分析法(AHP)^[19]计算产量指标和单一品质指标的权重。根据所测定的各个品质指标的性质和关联程度建立综合评价层次结构关系,将综合评价目标层(C)分为产量(C_1)、风味品质(C_2)和营养品质(C_3)3 个准则层;其中产量包括单果质量

(C_{11})和折合每公顷产量(C_{12})2 个指标层;风味品质包括中心可溶性固形物含量(C_{21})、边部可溶性固形物含量(C_{22})、可溶性糖含量(C_{23})3 个指标层;营养品质包括还原糖含量(C_{31})、可溶性蛋白含量(C_{32})、维生素 C 含量(C_{33})3 个指标层。评估层次结构构建后,运用比例标度法^[19]确定属性指标间的优先级并建立判断矩阵,利用 Yaahp 6.0 软件计算各层次相关元素的权重。

其次,采用熵权法^[9]计算产量指标和单一品质指标的权重。运用 EXCEL 软件将产量和单一品质指标的实测数据进行归一化处理,消除各指标之间量纲不同带来的影响,然后采用熵权法计算各指标的客观权重。

最后,采用基于博弈论的组合赋权法计算产量指标和单一品质指标的最终权重。根据博弈论原理,采用 AHP 法和熵权法对各指标赋权后,得到 2 个指标权重向量,可构造一个基本的权重集化模型,进行运算即可得到最终权重^[20]。

1.3.6 西瓜果实综合性状评价值的计算 采用向量归一化法对产量指标和单一品质指标实测值进行无量纲化处理(均视为正向指标)。根据组合赋权法确定的产量指标和单一品质指标权重,采用 TOPSIS 分析法形成加权判断矩阵,得到各西瓜品种综合营养品质指标的相对贴适度 C_j ($0 < C_j < 1$),将 C_j 作为衡量西瓜综合性状高低的标准,其值越接近 1,表示西瓜综合性状越好^[21]。

1.4 数据处理

试验数据采用 Excel 2018 软件进行统计,采用 SPSS 19.0 软件进行处理分析。

2 结果与分析

2.1 参试西瓜品种生育期及田间表现的比较

由表 2 可知,供试西瓜品种的第一朵雌花节位、果实发育期、全生育期、生长势、坐果难易均有一定的差异。第一朵雌花节位越低、果实发育期和全生育期越短,说明早熟性越好。对表 2 数据进行分析可知,各类型西瓜品种中早熟性最好的分别为京欣类型中的 1812WME024,第一朵雌花节位为 8.20 节,果实发育期 32 d,全生育期 120 d;西农 8 号类型中的金城 5 号,第一朵雌花节位为 7.80 节,果实发育期 28 d,全生育期 124 d;早春红玉类型中的苏梦 9 号,第一朵雌花节位为 8.60 节,果实发育期 28 d,全生育期 106 d;小兰类型中的 1807WME167,第一朵雌花节位为 6.60 节,果实发育期 27 d,全生育期

107 d;红小玉类型中的红小玉,第一朵雌花节位为 7.40 节,果实发育期 28 d,全生育期 111 d。

品种中的早春红玉和 1706WME124 生长势为中,其他均为强或较强。

生长势是指植物生长发育的旺盛程度,客观反映了西瓜植株的生命力^[22]。由表 2 可知,京欣类型中的 1712WME237 和欣喜 1 号的生长势强;西农 8 号类型中的西瓜品种生长势普遍为强或较强,只有 1812WME050 和金城 5 号的生长势为中;吊蔓栽培

坐果难易是反映植物生殖生长强弱的重要评判标准。由表 2 可知,爬地栽培品种中 1812WME029、欣喜 1 号、西农 8 号的坐果难易程度为中,而其他品种均为易或较易。

表 2 参试西瓜品种的生育期及田间表现

Table 2 Growth period and field performance of watermelon varieties

品种 Variety	伸蔓期(月-日) Extension of trailing length date	坐果期 (月-日) Fruiting period	第一朵雌花节位 The first female flower node	果实发育期/d Fruit development date	全生育期/d Total reproductive period	生长势 Growth potential	坐果难易 Difficulty of sitting fruit
1712WME237	05-04	05-16	11.80±0.98 b	35.70±0.64 a	124.10±1.10 f	强 Strong	易 Easy
1812WME001	05-08	05-20	12.60±0.66 a	34.20±0.40 b	124.80±0.96 e	中 Medium	中 Medium
1812WME006	05-09	05-24	11.30±0.46 c	31.10±0.70 d	127.80±1.52 b	较弱 A little weak	易 Easy
1812WME024	05-03	05-17	8.20±0.75 g	31.90±0.30 cd	119.90±2.26 g	较强 A little strong	较易 A little easy
1812WME028	05-01	05-21	9.30±0.90 d	32.60±1.11 bc	126.00±1.29 d	较弱 A little weak	易 Easy
1812WME029	05-02	05-20	8.50±1.63 f	34.00±0.77 b	127.00±0.94 c	中 Medium	中 Medium
欣喜 1 号 Xinxi 1 hao	05-09	05-18	7.60±1.02 h	31.60±1.36 cd	124.10±0.96 f	强 Strong	中 Medium
美都 Meidu	05-01	05-16	8.60±0.66 e	36.70±1.68 a	130.00±2.91 a	较强 A little strong	较易 A little easy
1812WME022	05-05	05-20	11.20±0.75 a	36.20±1.47 c	138.00±0.92 a	较强 A little strong	较易 A little easy
1812WME023	05-07	05-22	8.20±0.60 d	41.00±1.26 b	138.00±0.99 a	强 Strong	易 Easy
1812WME049	05-08	05-15	7.30±0.90 f	36.90±0.70 c	127.90±0.99 b	较强 A little strong	较易 A little easy
1812WME050	05-04	05-20	9.80±0.75 c	36.10±0.30 c	138.00±1.25 a	中 Medium	易 Easy
1812WME051	05-04	05-15	10.50±1.28 b	42.00±0.63 b	127.00±1.13 c	强 Strong	易 Easy
西农 8 号 Xinong 8 hao	05-08	05-21	6.70±0.78 g	46.80±0.75 a	127.00±1.49 c	强 Strong	中 Medium
金城 5 号 Jincheng 5 hao	05-04	05-25	7.80±0.75 e	28.00±0.00 d	124.10±1.47 d	中 Medium	较易 A little easy
苏梦 9 号 Sumeng 9 hao	04-26	05-07	8.60±0.66 b	28.00±0.63 a	105.90±1.69 b	较强 A little strong	较易 A little easy
早春红玉 Zaochunhongyu	05-06	05-14	10.30±1.00 a	30.20±0.75 a	115.00±1.41 a	中 Medium	较易 A little easy
1807WME167	04-26	05-10	6.60±0.66 c	27.00±0.89 b	106.90±0.99 b	强 Strong	易 Easy
1706WME124	05-10	05-23	10.30±1.00 a	30.00±1.00 a	114.10±1.10 a	中 Medium	较易 A little easy
小兰 Xiaolan	04-28	05-05	8.10±0.83 b	27.80±1.08 b	104.00±1.47 c	较强 A little strong	易 Easy
1807WME338	05-08	05-13	9.10±0.94 c	28.20±0.60 b	112.90±2.00 b	强 Strong	易 Easy
1807WME339	05-05	05-13	11.60±1.11 a	31.60±0.49 a	117.00±1.75 a	强 Strong	中 Medium
1807WME151	04-29	05-12	10.20±0.87 b	27.90±0.83 b	103.00±1.37 d	较强 A little strong	易 Easy
红小玉 Hongxiaoyu	04-28	05-13	7.40±0.80 d	27.70±0.46 b	111.20±1.57 c	较强 A little strong	易 Easy

注:同列数据后标不同小写字母表示同一西瓜类型不同品种间差异显著($P<0.05$),下表同。

Note:Different lowercase letters indicate significant differences between different varieties in same watermelon type ($P<0.05$),the same below.

2.2 参试西瓜品种果实商品性状的比较

各参试西瓜品种商品性状中的果皮颜色、底色、覆色条带、果形指数、果形、瓢色、肉质等指标如表 3 所示,其中果皮厚度是十分重要的商品性状。在爬地栽培品种中,1712WME237 果皮厚度最小,为 6.92 mm;吊蔓栽培品种中,1807WME339 果皮厚度最小,为 3.04 mm。各类型西瓜品种果皮厚度由小到大依次为:京欣类型为 1712WME237 <

1812WME024 < 1812WME006 < 欣喜 1 号 < 1812WME001 < 美都 < 1812WME028 < 1812WME029,西农 8 号类型为 1812WME051 < 1812WME023 < 1812WME050 < 金城 5 号 < 1812WME022<1812WME049<西农 8 号,早春红玉类型为苏梦 9 号<早春红玉,小兰类型为 1706WME124<1807WME167<小兰,红小玉类型为 1807WME339 < 1807WME151 < 红小玉 <

1807WME338。

表 3 参试西瓜品种果实商品性状
Table 3 Commercial characters of fruits of watermelon varieties

品种 Variety	果皮颜色 Peel color	底色 Bottom color	覆色条带 Colour Strip	果形指数 Fruit shape index	果形 Fruit shape	瓤色 flesh color	肉质 Flesh texture	果皮厚度/mm Pericarp thickness
1712WME237	黑皮 Black	墨绿 Atrovirens	窄齿带 Narrow dentate stripe	0.94±0.09 b	扁圆 Oblateness	淡红 Light red	脆 Crisp	6.92±0.66 d
1812WME001	绿皮 Green	绿 Green	窄齿带 Narrow dentate stripe	1.01±0.03 ab	圆形 Roundness	深红 Crimson	沙 Mushy	10.29±1.45 abc
1812WME006	绿皮 Green	绿 Green	宽齿带 Wide dentate stripe	1.08±0.06 a	高圆 High roundness	红 Red	脆 Crisp	8.13±1.29 cd
1812WME024	绿皮 Green	黄绿 Kelly	宽齿带 Wide denatte stripe	1.04±0.06 ab	圆形 Roundness	淡红 Light red	紧 Tight	7.77±1.16 d
1812WME028	黑皮 Black	深绿 Dark green	窄齿带 Narrow dentate stripe	1.12±0.04 a	高圆 High roundness	橙黄 Aurantiacus	脆 Crisp	11.34±0.11 ab
1812WME029	绿皮 Green	绿 Green	窄齿带 Narrow dentate stripe	1.04±0.05 ab	圆形 Roundness	淡红 Light red	紧 Tight	12.04±1.25 a
欣喜 1 号 Xinxi 1 hao	绿皮 Green	深绿 Dark green	窄齿带 Narrow dentate stripe	1.05±0.04 ab	圆形 Roundness	红 Red	脆 Crisp	9.28±0.75 bcd
美都 Meidu	绿皮 Green	绿 Green	宽齿带 Wide denatte stripe	1.01±0.05 ab	圆形 Roundness	红 Red	脆 Crisp	10.35±0.70 abc
1812WME022	绿皮 Green	浅绿 Reseda	窄齿带 Narrow dentate stripe	1.24±0.06 a	短椭圆 Short ellipse	深红 Crimson	软 Soft	9.78±1.05 a
1812WME023	绿皮 Green	浅绿 Reseda	宽齿带 Wide denatte stripe	0.95±0.01 c	扁圆 Oblateness	深红 Crimson	软 Soft	8.30±1.94 a
1812WME049	绿皮 Green	深绿 Dark green	网纹 Overlapping curve	1.23±0.05 a	短椭圆 Short ellipse	淡红 Light red	软 Soft	10.03±0.77 a
1812WME050	绿皮 Green	黄绿 Kelly	窄齿带 Narrow dentate stripe	1.25±0.07 a	椭圆 Ellipse	红 Red	紧 Tight	8.96±1.82 a
1812WME051	绿皮 Green	浅绿 Reseda	宽齿带 Wide denatte stripe	1.09±0.04 b	高圆 High roundness	深红 Crimson	软 Soft	7.91±0.86 a
西农 8 号 Xinong 8 hao	绿皮 Green	绿 Green	窄齿带 Narrow dentate stripe	1.23±0.09 a	短椭圆 Short ellipse	红 Red	紧 Tight	11.23±2.84 a
金城 5 号 Jincheng 5 hao	绿皮 Green	绿 Green	宽齿带 Wide denatte stripe	1.25±0.09 a	椭圆 Ellipse	红 Red	脆 Crisp	9.53±1.10 a
苏梦 9 号 Sumeng 9 hao	绿皮 Green	浅绿 Reseda	宽齿带 Wide denatte stripe	1.10±0.03 a	高圆 High roundness	深红 Crimson	脆 Crisp	5.51±1.52 a
早春红玉 Zaochunhongyu	绿皮 Green	绿 Green	窄齿带 Narrow dentate stripe	1.21±0.04 a	短椭圆 Short ellipse	红 Red	脆 Crisp	6.01±0.52 a
1807WME167	绿皮 Green	绿 Green	窄齿带 Narrow dentate stripe	1.09±0.04 a	高圆 High roundness	黄 Yellow	紧 Tight	5.94±0.34 a
1706WME124	绿皮 Green	绿 Green	网纹 Overlapping curve	1.12±0.02 a	高圆 High roundness	橙黄 Aurantiacus	沙 Mushy	5.35±0.23 a
小兰 Xiaolan	绿皮 Green	绿 Green	宽齿带 Wide denatte stripe	1.01±0.05 a	圆形 Roundness	黄 Yellow	紧 Tight	6.04±0.59 a
1807WME338	黑皮 Black	墨绿 Atrovirens	窄齿带 Narrow dentate stripe	1.05±0.01 a	高圆 High roundness	红 Red	脆 Crisp	5.18±1.03 a
1807WME339	黑皮 Black	墨绿 Atrovirens	窄齿带 Narrow dentate stripe	1.03±0.07 a	圆形 Roundness	红 Red	脆 Crisp	3.04±0.54 b
1807WME151	绿皮 Green	绿 Green	窄齿带 Narrow dentate stripe	1.07±0.02 a	高圆 High roundness	红 Red	脆 Crisp	4.75±0.43 ab
红小玉 Hongxiaoyu	绿皮 Green	绿 Green	窄齿带 Narrow dentate stripe	1.08±0.02 a	高圆 High roundness	红 Red	脆 Crisp	4.97±0.79 a

2.3 参试西瓜品种产量的比较

由表 4 可见,京欣类型中 1812WME006 的单果质量最大且每公顷产量最高,分别达 5.40 kg 和 9.00×10⁴ kg,单果质量最小、每公顷产量最低的均为 1812WME024,分别为 3.05 kg 和 4.58×10⁴ kg;西农 8 号类型中西农 8 号单果质量最大且每公顷产

量最高,分别达 6.08 kg 和 9.12×10⁴ kg,单果质量最小、每公顷产量最低的均为 1812WME050,分别为 2.71 kg 和 3.84×10⁴ kg。吊蔓栽培品种中单果质量最大且每公顷产量最高的均为早春红玉,分别达 2.23 kg 和 5.58×10⁴ kg,单果质量最小、每公顷产量最低的均为红小玉,分别为 1.14 kg 和 2.85×10⁴ kg。

表 4 参试西瓜品种的产量
Table 4 Yield of watermelon varieties

品种 Variety	单果质量/kg Single fruit weight	每公顷 产量/($\times 10^4$ kg) Yield per hectare	品种 Variety	单果质量/kg Single fruit weight	每公顷 产量/($\times 10^4$ kg) Yield per hectare
1712WME237	3.25±1.12 de	4.87±1.68 cd	1812WME051	3.34±0.97 b	4.45±1.30 bc
1812WME001	5.20±1.47 ab	8.23±2.33 a	西农 8 号 Xinong 8 hao	6.08±2.03 a	9.12±3.05 a
1812WME006	5.40±0.84 a	9.00±1.40 a	金城 5 号 Jincheng 5 hao	3.10±1.60 b	4.65±2.40 bc
1812WME024	3.05±0.58 e	4.58±0.87 d	苏梦 9 号 Sumeng 9 hao	1.84±0.69 a	4.37±1.63 a
1812WME028	4.20±1.04 cd	6.30±1.56 bc	早春红玉 Zaochunhongyu	2.23±0.73 a	5.58±1.82 a
1812WME029	3.98±0.57 cde	6.29±0.90 bc	1807WME167	1.60±0.45 a	4.00±1.13 a
欣喜 1 号 Xinxi 1 hao	4.33±0.88 bc	6.49±1.32 b	1706WME124	1.34±0.48 a	3.34±1.19 a
美都 Meidu	4.21±1.22 cd	6.66±1.93 b	小兰 Xiaolan	1.53±0.65 a	3.82±1.63 a
1812WME022	3.42±0.65 b	5.12±0.97 bc	1807WME338	1.48±0.39 a	3.69±0.98 a
1812WME023	3.03±0.50 b	4.79±0.79 bc	1807WME339	1.57±0.67 a	3.92±1.66 a
1812WME049	3.57±0.87 b	5.95±1.45 b	1807WME151	1.40±0.49 a	3.50±1.22 a
1812WME050	2.71±0.63 b	3.84±0.89 c	红小玉 Hongxiaoyu	1.14±0.36 a	2.85±0.91 a

2.4 参试西瓜品种果实的综合品质

西瓜果实品质主要包括风味品质和营养品质^[23-24],其中风味品质指标包括中心可溶性固性物、边部可溶性固形物和可溶性糖含量,营养品质指标包括可溶性蛋白、维生素 C 和还原糖含量。

由表 5 可知,各单一品质指标最优的西瓜品种各不相同。京欣、西农 8 号、早春红玉、小兰、红小玉 5 个西瓜类型中,中心可溶性固性物含量最高的西瓜品种分别为 1812WME001、1812WME023、早春红玉、小兰和 1807WME338,边部可溶性固形物含

量最高的西瓜品种分别为 1812WME001、1812WME023、早春红玉、1807WME167 和 1807WME338,可溶性糖含量最高的西瓜品种分别为美都、金城 5 号、苏梦 9 号、小兰和红小玉,可溶性蛋白含量最高的西瓜品种分别为 1812WME006、1812WME023、苏梦 9 号、小兰和 1807WME339,维生素 C 含量最高的西瓜品种分别为 1812WME029、1812WME022、早春红玉、小兰和红小玉,还原糖含量最高的西瓜品种分别为美都、1812WME049、苏梦 9 号、1807WME167 和红小玉。

表 5 参试西瓜品种果实的综合品质
Table 5 Comprehensive quality of watermelon varieties

品种 Variety	风味品质 Flavor quality			营养品质 Nutritional quality		
	可溶性固形物含量/% Soluble solids content		可溶性糖含量/ (mg·g ⁻¹) Soluble sugar content	可溶性蛋白含量/ (μg·g ⁻¹) Soluble protein content	维生素 C 含量/ (mg·g ⁻¹) Vitamin C content	还原糖含量/ (mg·g ⁻¹) Reduced sugar content
	中心 Centrality	边部 Border				
1712WME237	9.87±0.05 c	7.50±0.08 c	15.58±3.37 b	36.58±6.55 c	20.22±2.53 ab	20.65±2.45 bcd
1812WME001	10.97±0.12 a	8.23±0.12 a	12.44±1.90 b	50.99±16.19 bc	17.53±1.42 ab	22.16±2.83 bc
1812WME006	10.70±0.08 ab	7.60±0.08 c	10.22±0.49 b	82.29±3.32 a	17.16±5.19 ab	11.59±1.47 d
1812WME024	9.50±0.08 d	6.90±0.00 d	10.75±2.00 b	68.87±12.24 ab	15.33±1.40 b	13.47±2.59 cd
1812WME028	10.03±0.12 c	7.47±0.05 c	14.27±2.83 b	52.68±3.93 bc	18.93±1.74 ab	26.28±5.12 ab
1812WME029	10.57±0.40 b	6.77±0.05 d	12.58±1.52 b	62.68±2.54 b	21.13±1.86 a	21.30±1.60 bcd
欣喜 1 号 Xinxi 1 hao	10.47±0.09 b	8.13±0.12 a	9.96±0.89 b	50.86±2.58 bc	17.26±0.88 ab	12.34±4.03 cd
美都 Meidu	10.57±0.05 b	7.93±0.09 b	25.19±10.65 a	56.53±6.09 b	17.53±0.70 ab	35.42±9.09 a
1812WME022	8.60±0.08 f	6.17±0.17 cd	8.26±1.55 b	39.82±1.92 cd	22.10±2.13 a	12.25±3.98 a
1812WME023	10.40±0.08 a	6.77±0.09 a	10.03±4.57 b	90.04±5.15 a	20.33±0.93 a	10.81±2.77 a
1812WME049	8.33±0.05 g	5.63±0.05 e	17.41±5.19 ab	17.61±1.08 e	14.47±1.60 c	20.47±8.98 a
1812WME050	9.20±0.00 d	6.87±0.12 a	14.93±3.71 ab	39.39±1.65 cd	14.90±2.33 bc	17.53±2.37 a
1812WME051	10.10±0.08 b	6.30±0.00 c	12.51±2.42 ab	44.97±4.17 c	19.52±1.46 abc	15.72±0.83 a
西农 8 号 Xinong 8 hao	9.67±0.05 c	6.50±0.00 b	13.23±0.61 ab	66.14±6.07 b	20.17±2.44 ab	15.15±1.05 a
金城 5 号 Jincheng 5 hao	8.80±0.08 e	6.07±0.05 d	22.18±6.45 a	34.24±1.27 d	18.82±3.51 abc	15.99±0.67 a
苏梦 9 号 Sumeng 9 hao	9.97±0.05 b	8.33±0.05 a	22.25±2.80 a	49.69±1.18 a	18.39±1.59 a	10.75±2.76 a

表 5(续) Contiued table 5

品种 Variety	风味品质 Flavor quality			营养品质 Nutritional quality		
	可溶性固形物含量/% Soluble solids content		可溶性糖含量/ (mg·g ⁻¹) Soluble sugar content	可溶性蛋白含量/ (μg·g ⁻¹) Soluble protein content	维生素 C 含量/ (μg·g ⁻¹) Vitamin C content	还原糖含量/ (mg·g ⁻¹) Reduced sugar content
	中心 Centrality	边部 Border				
早春红玉 Zaochunhongyu	10.40±0.00 a	8.70±0.08 a	22.05±3.60 a	40.39±3.93 b	26.99±4.06 a	9.83±1.02 a
1807WME167	9.67±0.09 b	7.83±0.05 a	19.90±1.91 a	47.01±5.47 b	21.30±4.79 b	21.79±2.30 a
1706WME124	9.43±0.09 c	7.63±0.05 b	22.12±1.73 a	27.01±1.59 c	29.15±1.21 b	20.70±0.37 a
小兰 Xiaolan	10.27±0.09 a	7.53±0.12 b	22.64±1.52 a	83.33±6.10 a	57.26±3.18 a	12.09±0.74 b
1807WME338	11.23±0.05 a	8.77±0.24 a	21.92±2.49 a	57.05±1.50 b	39.09±3.49 a	10.96±1.28 ab
1807WME339	10.03±0.05 c	8.20±0.00 b	22.31±3.79 a	69.35±6.92 a	27.26±0.73 b	8.12±0.89 b
1807WME151	10.57±0.17 b	7.13±0.05 d	22.12±3.93 a	53.37±0.64 bc	42.42±3.49 a	13.88±3.79 a
红小玉 Hongxiaoyu	9.30±0.00 d	7.90±0.08 c	23.10±3.78 a	47.18±2.12 c	45.76±1.90 a	15.97±1.15 a

2.5 西瓜品种产量指标与品质指标权重的确定

为筛选出最适宜全有机基质袋培的西瓜品种,需建立综合性状(产量和品质)评价指标,将西瓜各个单一品质指标和产量综合起来进行客观准确地评价分析。采用 AHP 法计算的产量指标和品质指标的权重见表 6。由表 6 可知,判断矩阵的一致性检验系数(CR)均小于 0.10,说明权重具有整体的满意一致性。西瓜各产量指标和品质指标权重的排序为:中心可溶性固形物含量 C₂₁>边部可溶性固形物含量 C₂₂>可溶性蛋白含量 C₃₂>还原糖含量 C₃₁>每公顷产量 C₁₂=单果质量 C₁₁>可溶性糖含量 C₂₃>维生素 C 含量 C₃₃。

采用熵权法确定各指标的权重排序为:单果质

量 C₁₁(0.281 6)>维生素 C 含量 C₃₃(0.226 6)>还原糖含量 C₃₁(0.172 4)>可溶性蛋白含量 C₃₂(0.148 5)>每公顷产量 C₁₂(0.109 0)>可溶性糖含量 C₂₃(0.036 7)>边际可溶性固形物含量 C₂₂(0.017 9)>中心可溶性固形物含量 C₂₁(0.007 3)。

采用基于博弈论的组合赋权法确定的各指标最终权重排序为:单果质量 C₁₁(0.203 0)>可溶性蛋白含量 C₃₂(0.155 0)>维生素 C 含量 C₃₃(0.148 2)>还原糖含量 C₃₁(0.143 1)>中心可溶性固形物含量 C₂₁(0.114 8)>每公顷产量 C₁₂(0.104 6)>边部可溶性固形物含量 C₂₂(0.080 6)>可溶性糖含量 C₂₃(0.050 7)。

表 6 基于层次分析法(AHP)计算的西瓜产量指标和品质指标的权重

Table 6 Weights of yield and quality indexes of watermelon based on the analytic hierarchy process (AHP)

层次 Layer		局部权重(W) Local weights	最终权重(ω) Final weights	一致性检验参数 Consistency test parameters
目标层 C Target layer C	C ₁	0.197 6	0.197 6	CR=0.09<0.10 λ _{max} =3.053 7
	C ₂	0.490 5	0.490 5	
	C ₃	0.311 9	0.311 9	
产量准则层 C ₁ Yield criterion layer C ₁	C ₁₁	0.500 0	0.098 8	CR=0 λ _{max} =2.000 0
	C ₁₂	0.500 0	0.098 8	
	C ₂₁	0.524 7	0.257 3	
风味品质准则层 C ₂ Flavor quality criteria layer C ₂	C ₂₂	0.333 8	0.163 7	CR=0.09<0.10 λ _{max} =3.053 8
	C ₂₃	0.141 6	0.069 4	
	C ₃₁	0.333 8	0.104 1	
营养品质准则层 C ₃ Nutrition quality criteria layer C ₃	C ₃₂	0.524 7	0.163 6	CR=0.09<0.10 λ _{max} =3.053 8
	C ₃₃	0.141 6	0.044 2	

注:C₁₁.单果质量;C₁₂.每公顷产量;C₂₁.中心可溶性固形物含量;C₂₂.边部可溶性固形物含量;C₂₃.可溶性糖含量;C₃₁.还原糖含量;C₃₂.可溶性蛋白含量;C₃₃.维生素 C 含量。CR.矩阵一致性检验系数(<0.10),即具有整体的满意一致性;λ_{max}.最大特征值。

Note:C₁₁. Single fruit quality;C₁₂. Yield per hectare;C₂₁. Soluble solid content in the center;C₂₂. Edge soluble solid content;C₂₃. Soluble sugar content;C₃₁. Reducing sugar content;C₃₂. Soluble protein content;C₃₃. Vitamin C content. CR. The matrix consistency test coefficient (<0.10), i. e., the overall satisfactory consistency;λ_{max}. The largest eigenvalue.

2.6 基于 TOPSIS 分析法的各西瓜品种果实综合性状评价

不同西瓜品种综合性状评价值(C_j)及其排序见

表 7。由表 7 可以看出,京欣类型中综合性状评价价值最高、综合性状表现最好的是美都,1812WME006 次之,1812WME024 表现最差;西农 8 号类型中西

农 8 号综合性状评价值最高、综合性状表现最好，1812WME023 次之，1812WME050 表现最差；早春红玉类型中早春红玉表现最好；小兰类型中小兰表现最好，1706WME124 表现最差；红小玉类型中红小玉表现最好，1807WME339 表现最差。

表 7 基于 TOPSIS 法确定的不同品种西瓜果实综合性状指标及其排序

Table 7 Comprehensive trait indexes and their ranking of watermelon fruits from different varieties determined by TOPSIS method

品种 Variety	单果质量 Single fruit quality	每公顷产量 Output per hectare	中心可溶性 固形物含量 Central soluble solids content	边际可溶性 固形物含量 Marginally soluble solids content	可溶性总糖含量 Total soluble sugar content	还原糖含量 Reduced sugar content
1712WME237	0.044 5	0.041 1	0.041 3	0.042 4	0.039 9	0.052 2
1812WME001	0.071 2	0.060 0	0.046 0	0.046 6	0.035 8	0.056 1
1812WME006	0.074 0	0.073 4	0.044 8	0.043 0	0.033 0	0.029 3
1812WME024	0.041 9	0.035 6	0.039 8	0.039 0	0.033 7	0.034 1
1812WME028	0.057 5	0.046 2	0.042 0	0.042 2	0.038 2	0.066 5
1812WME029	0.054 5	0.047 0	0.044 3	0.038 3	0.036 0	0.053 9
欣喜 1 号 Xinxī 1 hao	0.059 3	0.061 2	0.043 9	0.046 0	0.032 7	0.031 2
美都 Meidu	0.057 7	0.050 5	0.044 3	0.044 9	0.052 2	0.089 6
1812WME022	0.046 8	0.037 2	0.036 0	0.034 9	0.030 5	0.031 0
1812WME023	0.041 5	0.042 4	0.043 6	0.038 3	0.032 7	0.027 4
1812WME049	0.048 9	0.049 7	0.034 9	0.031 9	0.042 2	0.051 8
1812WME050	0.037 1	0.022 0	0.038 6	0.038 8	0.039 0	0.044 4
1812WME051	0.045 7	0.036 1	0.042 3	0.035 6	0.035 9	0.039 8
西农 8 号 Xinong 8 hao	0.083 3	0.058 4	0.040 5	0.036 8	0.036 8	0.038 3
金城 5 号 Jincheng 5 hao	0.042 5	0.026 5	0.036 9	0.034 3	0.048 3	0.040 5
苏梦 9 号 Sumeng 9 hao	0.025 2	0.036 3	0.041 8	0.047 1	0.048 4	0.027 2
早春红玉 Zaochunhongyu	0.030 6	0.038 0	0.043 6	0.049 2	0.048 1	0.024 9
1807WME167	0.021 9	0.032 8	0.040 5	0.044 3	0.045 4	0.055 1
1706WME124	0.018 3	0.024 4	0.039 5	0.043 2	0.048 2	0.052 4
小兰 Xiaolan	0.020 9	0.035 2	0.043 0	0.042 6	0.048 9	0.030 6
1807WME338	0.020 2	0.035 7	0.047 1	0.049 6	0.048 0	0.027 7
1807WME339	0.021 5	0.038 2	0.042 0	0.046 4	0.048 5	0.020 6
1807WME151	0.019 2	0.036 0	0.044 3	0.040 3	0.048 2	0.035 1
红小玉 Hongxiaoyu	0.015 6	0.036 3	0.039 0	0.044 7	0.049 5	0.040 4
S+	0.083 3	0.073 4	0.047 1	0.049 6	0.052 2	0.089 6
S-	0.015 6	0.022 0	0.034 9	0.031 9	0.030 5	0.020 6

品种 Variety	可溶性蛋白含量 Soluble protein content	维生素 C 含量 Vitamin C content	d^+	d^-	C_j	排序 Sort
1712WME237	0.028 8	0.034 7	0.038 8	0.020 5	0.345 5	7
1812WME001	0.040 2	0.030 1	0.032 5	0.033 2	0.505 2	3
1812WME006	0.064 9	0.029 4	0.035 6	0.037 5	0.513 1	2
1812WME024	0.054 3	0.026 3	0.042 2	0.021 1	0.333 6	8
1812WME028	0.041 5	0.032 5	0.032 9	0.029 4	0.472 2	4
1812WME029	0.049 4	0.036 2	0.033 0	0.027 6	0.455 3	5
欣喜 1 号 Xinxī 1 hao	0.040 1	0.029 6	0.038 6	0.026 5	0.407 2	6
美都 Meidu	0.044 6	0.030 1	0.031 4	0.036 4	0.536 6	1
1812WME022	0.031 4	0.037 9	0.041 7	0.017 7	0.297 6	5
1812WME023	0.071 0	0.034 9	0.040 5	0.026 8	0.398 6	2
1812WME049	0.013 9	0.024 8	0.043 1	0.021 3	0.330 5	3
1812WME050	0.031 1	0.025 6	0.045 4	0.015 2	0.250 5	7
1812WME051	0.035 5	0.033 5	0.040 5	0.018 7	0.316 3	4
西农 8 号 Xinong 8 hao	0.052 2	0.034 6	0.032 9	0.036 9	0.528 5	1
金城 5 号 Jincheng 5 hao	0.027 0	0.032 3	0.043 5	0.016 1	0.269 7	6
苏梦 9 号 Sumeng 9 hao	0.039 2	0.031 5	0.047 0	0.013 9	0.228 2	2

表 7(续) Contiued table 7

品种 Variety	可溶性蛋白含量 Soluble protein content	维生素 C 含量 Vitamin C content	d^{+}	d^{-}	C_j	排序 Sort
早春红玉 Zaochunhongyu	0.031 8	0.046 3	0.044 0	0.015 6	0.261 2	1
1807WME167	0.037 1	0.036 5	0.043 1	0.018 0	0.293 9	2
1706WME124	0.021 3	0.050 0	0.045 2	0.016 7	0.269 3	3
小兰 Xiaolan	0.065 7	0.098 2	0.038 1	0.035 9	0.484 9	1
1807WME338	0.045 0	0.067 0	0.041 9	0.022 4	0.348 8	3
1807WME339	0.054 7	0.046 8	0.045 0	0.020 1	0.308 4	4
1807WME151	0.042 1	0.072 8	0.040 5	0.023 4	0.366 5	2
红小玉 Hongxiaoyu	0.037 2	0.078 5	0.040 8	0.024 9	0.379 3	1
S+	0.071 0	0.098 2				
S-	0.013 9	0.024 8				

注: C_j 表示相对贴近度; S+和 S- 分别表示理想解和负理想解; d^{+} 和 d^{-} 分别表示各品种与理想解和负理想解的加权距离。
Note: C_j denotes relative closeness; S+ and S- denote ideal solution and negative ideal solution; d^{+} and d^{-} denote the weighted distance between each variety and the ideal solution and the negative ideal solution, respectively.

3 讨 论

评价西瓜品种果实产量和品质的指标有多种, 每种指标的衡量标准不同但又相互关联。张帆等^[25]研究表明, 西瓜各个品质性状均与综合评价结果呈极显著相关性, 说明品质是由许多性状共同构成的一个综合性状, 并且各个性状相互联系, 构成一个统一的有机体, 任意一个性状都可以直接或间接对目标性状产生作用。仅凭单一品质指标很难准确评价西瓜品种的优劣, 因此需要对产量和各品质指标进行综合评价。本试验通过主观层次分析法和客观熵权法对各单一指标进行赋权, 再利用基于博弈论的组合赋权法计算各指标的权重, 然后用近似理想解法构建西瓜产量和品质的综合评价指标, 对供试西瓜品种的产量和品质指标进行了综合评价, 筛选出了表现最优的西瓜品种。

本试验在全有机袋式栽培模式下进行, 通过第一朵雌花节位、果实发育期、全生育期等数据, 筛选出参试品种中早熟性表现最为优异的品种, 与前人^[26-28]采用传统的土壤栽培进行品种比较试验结果相比, 本试验筛选出的早熟性优异品种第一朵雌花降低 1~2 个节位, 果实发育期缩短 3~4 d, 全生育期差异不大, 说明全有机营养基质袋式栽培对于西瓜品种的早熟性稍有提高。更低的节位, 更短的果实发育期, 意味着更早地进入生殖生长阶段, 能够提早上市时间, 提高生产效益。本试验通过对参试西瓜品种果皮底色、条带、瓢色的观察, 果形、果皮厚度的测量及肉质的品尝结果, 综合评价了各西瓜品种的商品性状。果实的外观是消费者购买时的重要评判标准, 果皮颜色和瓢色新颖的品种可作为礼品瓜,

增加消费者的购买欲望, 提高品种的经济效益^[29]。其中表现优异的小兰和早春红玉不仅是彩瓢, 而且果皮薄、瓢质酥脆。

有研究表明, 有机肥可促进西瓜地上部和根系的生长, 从而促进西瓜有机物质合成及产量的形成^[30]。反映品种产量的指标包括单果质量和每公顷产量, 单果质量能够部分反映水分的利用效率, 在徐锦华等^[31]和孙德玺等^[32]的研究中, 西瓜单果质量较本试验中的数据偏低, 说明全有机营养袋式栽培的西瓜水分利用效率更高。同时, 每公顷产量达到了相同品种土壤栽培的 1.5~2 倍^[31-32], 这主要是由于设施基质袋式栽培的方式较传统土壤栽培的种植密度大, 提高了设施的空间利用率, 能够在单位面积内种植更多的植株, 从而提高了果实的总产量, 提升了生产效益。

可溶性固形物含量是西瓜果实品质最主要的测量指标之一, 已有研究表明, 施用有机肥能够促进无机养分和碳水化合物向果实的运转和分配, 显著提高西瓜的品质指标^[33], 特别是可溶性固形物含量^[34-36]。与前人^[29,31-32]在土壤中栽培相同品种的西瓜试验数据相比, 本试验中西瓜可溶性固形物含量较低, 可能是由于基质的透水率较大, 保水能力较土壤弱, 需要进行更多次数的灌溉来保证植株的正常生长, 因此水分供给较土壤栽培充足, 使得基质栽培的西瓜含水率较高, 导致中心可溶性固形物的含量下降, 但也保持了西瓜更加爽脆的口感。另外, 可溶性蛋白、可溶性糖、Vc 含量也是非常重要的营养指标, 与陈钢等^[37]在土壤中栽培相同品种的西瓜试验结果相比较, 本研究采用基质袋式栽培西瓜的可溶性糖、可溶性蛋白、Vc 含量均有提高, 曾令涛等^[38]

的研究也证明有机栽培能够提高西瓜可溶性糖、V_C等品质指标的含量。全有机营养基质袋式栽培是否能提高西瓜的其他品质指标还有待研究。

综合前人的研究结果可知,全有机基质袋式栽培对于西瓜品种的总产量提高效果明显,品质指标中可溶性蛋白、可溶性糖、V_C含量有提升,但可溶性固形物含量略有下降,这或许是由于试验时间、气候等不同造成的差异,还有待进一步研究。

4 结 论

本试验结果表明,早熟性最好的西瓜品种有京欣类型中的 1812WME024,西农 8 号类型中的金城 5 号,早春红玉类型中的苏梦 9 号,小兰类型中的 1807WME167,红小玉类型中的红小玉。利用主观层次分析法和客观熵权法,再采用基于博弈论的组合赋权法确定西瓜果实产量和品质各单一指标的最终权重,其排序为:单果质量>可溶性蛋白含量>维生素 C 含量>还原糖含量>中心可溶性固形物含量>每公顷产量>边部可溶性固形物含量>可溶性糖含量。运用 TOPSIS 模型对各类型不同西瓜品种果实产量与品质进行综合评价,得出京欣、西农 8 号、早春红玉、小兰和红小玉 5 个类型中适宜全有机营养袋式栽培的西瓜品种分别为美都、西农 8 号、早春红玉、小兰和红小玉。

[参考文献]

[1] 王娟娟. 我国瓜菜产业现状与发展方向 [J]. 中国蔬菜, 2017 (6): 1-6.
Wang J J. Present situation and development direction of melon and vegetable industry in China [J]. China Vegetables, 2017 (6): 1-6.

[2] 郭 尚, 田如霞, 王宇楠. 西瓜果实糖分积累研究综述 [J]. 中国农业通报, 2010, 26(20): 271-274.
Guo S, Tian R X, Wang Y N. The reviews of sugar accumulation in watermelon fruits [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2010, 26(20): 271-274.

[3] 曹春信, 刘新华, 张伟春, 等. 设施西瓜高产高效栽培技术研究 [J]. 园艺与种苗, 2017(8): 41-43.
Cao C X, Liu X H, Zhang W C, et al. Research on high yield and high efficiency cultivation technology of watermelon in facility [J]. Horticulture & Seed, 2017(8): 41-43.

[4] 王小征, 徐 茂. 春大棚小果型西瓜品种比较试验 [J]. 中国蔬菜, 2014, 27(6): 41-43.
Wang X Z, Xu M. Evaluation of small watermelon varieties in spring greenhouse [J]. China Vegetables, 2014, 27(6): 41-43.

[5] 汤 谧, 赵鸿飞, 别之龙, 等. 不同栽培基质对西甜瓜果实质地的影响 [J]. 北方园艺, 2012(6): 4-6.

Tang M, Zhao H F, Bie Z L, et al. Effects of different cultivation substrates on fruit quality of muskmelon [J]. Northern Horticulture, 2012(6): 4-6.

[6] 何 毅, 洪日新, 攀学军, 等. 优质中果型无籽西瓜新品种“桂系二号”选育及栽培要点 [J]. 中国农学通报, 2005, 21(9): 332-333.
He Y, Hong R X, Pan X J, et al. Breeding and cultivation of a new high quality medium fruit seedless watermelon variety “Guixi er hao” [J]. China Agricultural Science Bulletin, 2005, 21(9): 332-333.

[7] 王 鹏, 王 净, 刘社平, 等. 不同基质配比对番茄生长发育、产量和果实品质的影响 [J]. 江苏农业科学, 2016, 44(5): 211-213.
Wang P, Wang J, Liu S P, et al. Effects of different matrix ratio on growth, yield and fruit quality of tomato [J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2016, 44(5): 211-213.

[8] 李 惠, 李建明, 丁 明, 等. 堆肥浸提液对番茄、黄瓜种苗生长及养分吸收的影响 [J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2017, 45(2): 123-127.
Li H, Li J M, Ding M, et al. Effects of compost extract on growth and nutrient absorption of tomato and cucumber seedlings [J]. Journal of Northwest A&F University (Nat Sci Ed), 2017, 45(2): 123-127.

[9] 黄 楠, 刘继培, 赵 跃, 等. 袋式基质栽培对不同果型西瓜生长、产量及品质的影响 [J]. 中国瓜菜, 2019, 32(8): 70-73.
Hang N, Liu J P, Zhao Y, et al. Effects of bagged substrate culture on growth, yield and quality of watermelon of different fruit types [J]. China Cucurbits and Vegetables, 2019, 32(8): 70-73.

[10] 杜少平, 马忠明, 薛 亮. 不同有机肥对砂田西瓜产量、品质和养分吸收的影响 [J]. 应用生态学报, 2019, 30(4): 1269-1277.
Du S P, Ma Z M, Xue L. Effects of different kinds of organic fertilizer on fruit yield, quality and nutrient uptake of watermelon in gravel-mulched field [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2019, 30(4): 1269-1277.

[11] 李干琼, 王志丹. 我国西瓜产业发展现状及趋势分析 [J]. 中国瓜菜, 2019, 32(21): 79-83.
Li G Q, Wang Z D. Analysis on the development status and trend of watermelon industry in China [J]. China Cucurbits and Vegetables, 2019, 32(21): 79-83.

[12] 王鹏勃, 李建明, 丁娟娟, 等. 番茄育苗基质理化特性及其对幼苗生长影响的研究 [J]. 干旱地区农业研究, 2014, 32(5): 137-142.
Wang P B, Li J M, Ding J J, et al. Physiological characteristics of tomato seedling substrate and its effect on seedling growth [J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2014, 32(5): 137-142.

[13] 李 惠. 有机浸提液的制备及其在蔬菜上应用效果的分析 [D]. 陕西杨凌: 西北农林科技大学, 2017.
Li H. Preparation of organic extract and its application effect on vegetables [D]. Yangling, Shaanxi: Northwest A&F University, 2017.

- [14] 肖欢.小果型西瓜品种(早春荳)引进筛选初报[J].西北园艺,2014(5):47-49.
Xiao H. Preliminary report on the introduction and selection of small-fruit watermelon varieties (early spring stubble) [J]. Northwest Horticulture, 2014(5):47-49.
- [15] 马双武,刘君璞.西瓜种质资源描述规范和数据标准[M].北京:中国农业出版社,2005.
Ma S W, Liu J P. Description specification and data standard of watermelon germplasm resources [M]. Beijing:China Agriculture Press, 2005.
- [16] 杨小振,张显,马建祥,等.滴灌施肥对大棚西瓜生长、产量及品质的影响[J].农业工程学报,2014,30(7):109-118.
Yang X Z, Zhang X, Ma J X, et al. Effects of drip fertigation on growth, yield and quality of watermelon in plastic greenhouse [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2014, 30(7):109-118.
- [17] 李合生.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2000:195-196.
Li H S. Physiological and biochemical principles and techniques [M]. Beijing:Higher Education Press, 2000:195-196.
- [18] 高俊凤.植物生理学实验指导[M].北京:高等教育出版社,2006:142-143.
Gao J F. Plant physiology experimental guidance [M]. Beijing:Higher Education Press, 2006:142-143.
- [19] Albayrak E, Erensal Y C. Using analytic hierarchy process (AHP) to improve human performance:an application of multiple criteria decision making problem [J]. Journal of Intelligent Manufacturing, 2004, 15(4):491-503.
- [20] 赵奎,刘维发,曾鹏,等.基于博弈论组合赋权 TOPSIS 法的深部进路参数优选[J].有色金属科学与工程,2018,9(2):70-74.
Zhao K, Liu W F, Zeng P, et al. The game theory approach to parameter optimization of deep combination weighting method based on TOPSIS [J]. Nonferrous Metals Science and Engineering, 2018, 9(2):70-74.
- [21] Wang F, Kang S Z, Du T S. Determination of comprehensive quality index for tomato and its response to different irrigation treatments [J]. Agriculture Water Management, 2011, 98(8):1228-1238.
- [22] 张保东,刘国栋,代艳侠,等.滴灌频率对温室小西瓜生长势、产量及品质的影响[J].中国瓜菜,2009(6):7-9.
Zhang B D, Liu G D, Dai Y X, et al. Effect of irrigation frequency on plant growth, yield and fruit quality of greenhouse mini watermelon [J]. China Cucurbits and Vegetables, 2009(6):7-9.
- [23] 杨小振,张显,张宁,等.嫁接砧木对西瓜品质影响的研究进展[J].中国瓜菜,2013,26(2):1-5.
Yang X Z, Zhang X, Zhang N, et al. Progress of research on effect of rootstocks on quality of grafted watermelon [J]. China Cucurbits and Vegetables, 2013, 26(2):1-5.
- [24] 黄国启,郑艳敏,郭筠青.影响到西瓜品质的因素及改进措施[J].中国园艺文摘,2009,25(6):163.
Hang G Q, Zheng Y M, Guo Y Q. Factors affecting watermelon quality and improvement measures [J]. Chinese Horticulture Abstracts, 2009, 25(6):163.
- [25] 张帆,宫国义,王倩,等.西瓜品质构成分析[J].果树学报,2006,23(2):266-269.
Zhang F, Gong G Y, Wang Q, et al. Analysis of watermelon quality structure [J]. Journal of Fruit Science, 2006, 23(2):266-269.
- [26] 徐亚兰,孙国跃,马江黎,等.响水县中果型西瓜品种比较试验[J].农业科技通讯,2019(9):94-100.
Xu Y L, Sun G Y, Ma J L, et al. Comparative experiment of medium fruit watermelon varieties in Xiangshui County [J]. Agricultural Science and Technology Newsletter, 2019(9):94-100.
- [27] 李晓明,瞿洪,赵桂艳.西农 8 号型西瓜新品种大花龙的选育[J].中国瓜菜,2006(4):15-17.
Li X M, Qu H, Zhao G Y. A new watermelon hybrid-Dahualong [J]. China Cucurbits and Vegetables, 2006(4):15-17.
- [28] 曹春信,吴瑛利,刘新华.浙中地区早春设施小西瓜品种比较试验[J].浙江农业科学,2017,58(6):930-932.
Cao C X, Wu Y L, Liu X H. Comparison of small watermelon varieties in early spring in central Zhejiang province [J]. Journal of Zhejiang Agricultural Sciences, 2017, 58(6):930-932.
- [29] 马长生,胡建斌,杨路明,等.彩虹小果型西瓜新品种‘彩虹瓜之宝’的选育[J].中国瓜菜,2018,31(12):24-26,30.
Ma C S, Hu J B, Yang L M, et al. Breeding of a new mini watermelon cultivar ‘Caihong Guazhibao’ with multicolour flesh [J]. China Cucurbits and Vegetables, 2018, 31(12):24-26, 30.
- [30] Zhao S, Liu D Y, Ling N, et al. Bio-organic fertilizer application significantly reduces the *Fusarium oxysporum* population and alters the composition of fungi communities of watermelon *Fusarium wilt* rhizosphere soil [J]. Biology and Fertility of Soils, 2014, 50(5):765-774.
- [31] 徐锦华,羊杏平,侯茜,等.小果型西瓜新品种苏蜜 8 号的选育[J].中国蔬菜,2015(11):61-63.
Xu J H, Yang X P, Hou Q, et al. A new watermelon with small fruit Sumi 8 hao [J]. China Vegetables, 2015(11):61-63.
- [32] 孙德玺,邓云,朱迎春,等.小果型西瓜新品种中兴红 1 号的选育[J].中国瓜菜,2013,26(6):27-30.
Sun D X, Deng Y, Zhu Y C, et al. A new watermelon with small fruit Zhongxinghong 1 hao [J]. China Cucurbits and Vegetables, 2013, 26(6):27-30.
- [33] 李亚娟,邱慧珍,高启发,等.生物有机肥对保护地西瓜生长、产量和品质的影响[J].土壤与作物,2017,6(2):127-131.
Li Y J, Qiu H Z, Gao Q F, et al. Effects of bio-organic fertilizer on growth, yield and quality of watermelon in protected area [J]. Soil and Crop, 2017, 6(2):127-131.
- [34] 段大海,孙顶国,张培苹.生物有机肥不同用量与方法对西瓜产量和品质的影响[J].当代生态农业,2006,15(1):106-108.
Duan D H, Sun D G, Zhang P P. Effects of different amounts and methods of bio-organic fertilizer on yield and quality of

watermelon [J]. Contemporary Eco-Agriculture, 2006, 15(1): 106-108.

[35] 燕勇飞,何景春. 生物有机肥在西瓜上的应用研究 [J]. 现代农业科技, 2012(14): 215-216.

Yan Y F, He J C. Application of bio-organic fertilizer on watermelon [J]. Modern Agricultural Sciences and Technology, 2012(14): 215-216.

[36] 李庆伟,张亚菲,王应君,等. 有机肥对西瓜品质和产量的影响 [J]. 黑龙江农业科学, 2015(2): 33-36.

Li Q W, Zhang Y F, Wang Y J, et al. Effects of organic fertilizer on watermelon quality and yield [J]. Heilongjiang Agricultural Sciences, 2015(2): 33-36.

[37] 陈 钢,宋桥生,吴礼树. 不同供氮水平对西瓜产量和品质的影响 [J]. 华中农业大学学报, 2007, 26(4): 472-475.

Chen G, Song Q S, Wu L S. Effects of different nitrogen supply levels on yield and quality of watermelon [J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 2007, 26(4): 472-475.

[38] 曾令涛,王东升,王祯祎,等. 蚯蚓堆肥与益生菌配施对土壤肥力及微生物特性的影响 [J]. 土壤, 2016, 48(6): 1100-1107.

Zeng L T, Wang D S, Wang Z W, et al. Effects of worm-composting combined with probiotics on soil fertility and microbial characteristics [J]. Soils, 2016, 48(6): 1100-1107.

.....

(上接第 83 页)

[27] 方玉川,常 勇,黑登照. 2016 年陕西省马铃薯产业发展现状、存在问题及建议 [C]//中国作物学会. 2017 年中国马铃薯大会论文集. 北京:中国作物学会, 2017: 138-141.

Fang Y C, Chang Y, Hei D Z. Development status, existing problems and suggestions of potato industry in Shaanxi Province in 2016 [C]//China Crop Society. China potato conference proceedings in 2017. Beijing: China Crop Society, 2017: 138-141.

[28] 朱兆良. 农田中氮肥的损失与对策 [J]. 土壤与环境, 2000, 9(1): 1-6.

Zhu Z L. Loss of fertilizer N from plants-soil system and the strategies and techniques for its reduction [J]. Soil and Environmental Sciences, 2000, 9(1): 1-6.

[29] 王圣瑞. 陕西省和北京市主要作物施肥状况与评价 [D]. 北京:中国农业大学, 2002.

Wang S R. Fertilization status and evaluation of main crops in Shaanxi and Beijing [D]. Beijing: China Agricultural University, 2002.

[30] 同延安, Ove E, 张树兰, 等. 陕西省氮肥过量施用现状评价 [J]. 中国农业科学, 2004, 37(8): 1239-1244.

Tong Y A, Ove E, Zhang S L, et al. Evaluation of over-application of nitrogen fertilizer in Shaanxi Province [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2004, 37(8): 1239-1244.

[31] 张福锁,陈新平,陈 清,等. 中国主要作物施肥指南 [M]. 北京:中国农业大学出版社, 2009.

Zhang F S, Chen X P, Chen Q, et al. Fertilization guidelines for major crops in China [M]. Beijing: China Agricultural University Press, 2009.

[32] 张福锁,陈新平,崔振岭,等. 主要作物高产高效技术规程 [M]. 北京:中国农业大学出版社, 2010.

Zhang F S, Chen X P, Cui Z L, et al. Technical regulations for high yield and high efficiency of main crops [M]. Beijing: China Agricultural University Press, 2010.

[33] 王小英,陈占飞,胡 凡,等. 陕西省农田化肥投入过量与不足的研究 [J]. 干旱地区农业研究, 2017, 35(6): 159-165.

Wang X Y, Chen Z F, Hu F, et al. Study on the excessive and insufficient of chemical fertilizer inputs on farmland in Shaanxi Province [J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2017, 35(6): 159-165.