

有机肥浸提液对不同品种西瓜产量及品质的影响

王文元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. 江苏省淮阴地区淮阴农业科学研究所, 江苏 淮阴 223001)

摘 要:以 5 个西瓜品种为试材, 通过不同的猪、牛、羊粪有机浸提液配比设置了 3 个有机营养液配方处理, 品种和营养液二因素组合共 15 个处理(T1~T15), 测定各处理西瓜的单果质量、果形指数、产量及可溶性固形物、Vc、可溶性蛋白、可溶性糖、还原糖含量共 8 个指标, 比较各处理间上述指标的差异, 运用因子分析的方法对各处理产量和品质指标进行综合评价, 从中筛选得到高品质的有机营养液和品种组合。结果表明: 营养液和品种耦合对各处理西瓜品质指标的影响极显著; T9 处理(即品种 Z3 与配方 P3 耦合的处理, 用 Z3P3 表示, 下同)还原糖含量最高, 为 57.7 mg · g⁻¹, T7 处理(Z3P1)还原糖含量最低, 为 26.0 mg · g⁻¹; T6(Z2P3)、T13(Z5P1)处理可溶性糖含量最高, 分别为 33.6、33.9 mg · g⁻¹, T7(Z3P1)处理可溶性糖含量最低, 为 14.5 mg · g⁻¹; T6(Z2P3)处理可溶性固形物含量最高, 为 14.0%, T15(Z5P3)处理可溶性固形物含量最低, 为 11.4%; T5(Z2P2)处理 Vc 含量最高, 为 16.7 mg · 100g⁻¹, T4(Z2P1)处理 Vc 含量最低, 为 9.7 mg · 100g⁻¹。利用因子分析得到得分排名前 3 的处理是 T9(Z3P3)、T11(Z4P2)、T6(Z2P3)。当施用有机营养液配方 3 时, 2011WH0045、2011WH0053 两个西瓜品种产量及品质较好, 当施用有机营养液配方 2 时, 2011WH0057 西瓜品种产量及品质较好。

关键词:西瓜; 有机肥浸提液; 品种筛选; 产量; 品质

中图分类号:S651 **文献标志码:**A

Effects of organic fertilizer extract on yield and quality of different watermelon varieties

WANG Wenyan¹, SUN Yudong², LI Jianming¹

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

2. Huaiyin Institute of Agricultural Sciences, Huaiyin, Jiangsu 223001, China)

Abstract: To select high-quality organic watermelon varieties, choose appropriate nutrient solution combinations and provide theoretical basis and technical support for organic watermelon cultivation, five watermelon varieties were used as test materials and three organic nutrient solution formulations were created by mixing different amounts of organic extracts from pig, cow and sheep manure in this study. There were 15 treatments (T1~T15) combined with varieties and nutrient solutions. Eight indexes of single fruit quality, fruit shape index, yield, soluble solid, Vc, soluble protein, soluble sugar and reducing sugar were measured. The differences of the above-mentioned indexes among the treatments were compared. The yield and quality indexes of each treatment were evaluated by factor analysis and from which high-quality organic nutrient solution and variety combination were selected. The results showed that the coupling of nutrient solution and variety had a significant effect on the quality indexes of watermelon. The content of reducing sugar in T9 treatment (That is, the treatment of the coupling of the variety Z3 and the formula P3, represented by Z3P3, the same below) was the highest with 57.7 mg · g⁻¹, and the content of

收稿日期:2021-09-08 修回日期:2021-11-26

基金项目:陕西省技术创新引导专项基金(2021QFY08-04);陕西省科技创新驱动项目-优势产业技术研发(NYKJ-2020-YL-08);陕西省农业科技创新转化项目(NYKJ-2020-YL-08-1)

作者简介:王文元(1997-),女,陕西榆林人,硕士研究生,研究方向为设施作物生理生态及有机栽培。E-mail:W_751588221@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

reducing sugar in T7 treatment (Z3P1) was the lowest with $26.0\text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$. The content of soluble sugar in T6(Z2P3) and T13 (Z5P1) treatment was the highest with $33.6\text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ and $33.9\text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ respectively. The content of soluble sugar in T7 (Z3P1) treatment was the lowest with $14.5\text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$. The soluble solid content of T6 treatment was the highest with 14.0%, and that of T15(Z5P3) treatment was the lowest with 11.4%. The content of vitamin C in T5(Z2P2) treatment was the highest with $16.7\text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$, and the content of vitamin C in T4 (Z2P1) treatment was the lowest with $9.7\text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$. Using factor analysis, the top 3 treatments were T9 (Z3P3), T11(Z4P2) and T6(Z2P3). When organic nutrient solution formula 3 was applied, the yield and quality of 2011WH0045 and 2011WH0053 watermelon varieties were better. When organic nutrient solution formula 2 was applied, the yield and quality of 2011WH0057 watermelon varieties were better.

Keywords: watermelon; organic fertilizer extract; variety screening; yield; quality

西瓜脆嫩多汁,清甜可口,含有多种人体代谢所需的营养物质^[1],是我国重要的经济作物,也是我国设施农业栽培中比较常见的作物之一^[2]。国家统计局数据显示,2019 年我国西瓜种植面积达 151.79 万公顷,产量达 40 539.9 t。随着生活质量的提升,人们对西瓜的需求逐渐由“数量型”转向“品质型”,因此,高品质有机西瓜具有非常广阔的消费前景和发展空间。

有机农业种植技术摒弃了传统种植高化肥用量、高化学药剂用量的做法,选择用更加环保、无公害的有机肥料来满足作物生长过程中的营养需求,大大地减少了环境污染的同时还提高了农产品的安全性和质量^[3]。关于西瓜的有机种植,前人也已进行了一些研究,如高宁^[4]将玉米秸秆反应堆添加到西瓜有机基质中,发现玉米秸秆的添加能显著提高设施小西瓜的产量和品质;王雪威等^[5]研究筛选了适合于全有机袋式栽培的西瓜品种,最终得到适宜全有机袋式栽培的西瓜品种为美都、西农 8 号、早春红玉、小兰和红小兰。陈四明^[6]研究了不同开放程度栽培槽对有机栽培西瓜的产量及品质的影响,结果表明随着栽培槽开放程度增加,有机栽培西瓜的产量、品质均显著增加。刘—^[7]研究结果表明有机肥氮替代比例的增加对于改善土壤质地以及促进西瓜生长都有重要的意义,这与罗双龙等^[8]、杜少平等^[9]研究结论一致。目前有关优质西瓜品种的选育^[10-11]及西瓜有机栽培技术^[12-14]的研究已有很多,但是有关优质西瓜品种配合有机营养液的筛选研究较少。本试验将西瓜品种和营养液配比耦合,对各处理西瓜商品性状、产量、品质等指标测定和综合评价,以期筛选得到高品质有机西瓜品种及营养液组合,为西瓜有机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

试验在西北农林科技大学延安蔬菜试验站下沉式日光温室内进行,温室长 100 m,宽 12 m,下沉深度 1 m。试验所用 5 个西瓜品种种子来源于江苏徐淮地区淮阴农业科学研究所,供试西瓜品种及对应编号见表 1。

表 1 供试西瓜品种名称及瓢色
Table 1 Watermelon varieties and flesh color

编号 Number	品种 Variety	瓢色 Flesh color
Z1	1907WME032	黄色 Yellow
Z2	2011WH0045	红色 Red
Z3	2011WH0053	红色 Red
Z4	2011WH0057	红色 Red
Z5	2007WMH0035	黄色 Yellow

试验所用基质为课题组前期筛选出的基质配方^[15],将腐熟牛粪、菇渣和珍珠岩以体积比 3 : 3 : 4 混合,基本理化性质为 pH 7.0,电导率 $2\ 189\ \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$,容重 $0.3\text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$,持水孔隙 47.5%,通气孔隙 23.4%,总孔隙 69.9%,速效氮含量 $2\ 350.42\text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,速效磷含量 $1\ 053.8\text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,速效钾含量 $2\ 238.3\text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,有机质含量 $223.7\text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

供试西瓜采用基质袋栽培,基质袋长 80 cm,宽 25 cm,高 16 cm,每袋基质体积 24 L,每袋定植西瓜 2 株。

1.2 试验设计与管理

2020 年 12 月 9 日穴盘育苗,待幼苗三叶一心时选取长势一致的植株定植于基质袋内,株距 0.4 m,行距 0.7 m,小区面积 12 m^2 ,每个小区定植 40 株。西瓜三蔓整枝,主蔓 40 cm 长时开始吊蔓,每株留 1 个瓜,开花期人工辅助授粉。利用水肥一体化系统进行施肥和灌水,在西瓜全生育期内实时监测基质含水率、电导率及 pH 值以决策施肥和灌溉量。

试验用有机营养液灌溉施肥,有机营养液来自

腐熟的猪粪、牛粪、羊粪浸提液。具体为:将风干后腐熟的猪粪、牛粪、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。根据前期课题组测定所得有机肥浸提原液中的速效氮质量浓度,以华南农业大学西瓜营养液配方^[16]的全氮质量浓度为标准对猪、牛、羊有机浸提液进行混合、稀释,使得各处理的速效氮质量浓度与华南农业大学西瓜营养液全氮浓度保持一致,设计了 3 个营养液配比处理:配方 1(P1)、配方 2(P2)、配方 3(P3),所含速效养分见表 2。其中速效氮含量采用碱解扩散法测定,速效磷含量采用碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法测定,速效钾采用醋酸铵-火焰光度计法测定^[17]。

为最大限度减小不同批次粪肥间有机营养含量的差异,试验开始前计算好所需腐熟粪肥总量,购买同一批腐熟发酵腐熟原料,搅拌均匀后严格按照要求浸提。

3 个营养液处理及 5 个供试西瓜品种二因素组合共 15 个处理,组合处理编号见表 3。3 次重复,随机区组设计。试验中有机营养液施用从花期开始,每 5 d 一次,每次 500 ml · 株⁻¹,两个月共施用 6 L,即有机浸提液的总灌溉量为 6 L · 株⁻¹。

表 2 有机营养液处理

Table 2 Organic nutrient solution treatment			
配方编号 Number	速效氮 Available nitrogen /(mg · L ⁻¹)	速效磷 Available phosphorus /(mg · L ⁻¹)	速效钾 Available potassium /(mg · L ⁻¹)
P1	161	32.0	653.3
P2	161	32.5	639.7
P3	161	34.7	366.8

表 3 不同西瓜品种与营养液配比组合

Table 3 Combined treatment of different watermelon varieties and nutrient solution ratios	
处理编号 Treatment	品种与营养液处理组合 Combination of variety and nutrient solution treatment
T1	Z1P1
T2	Z1P2
T3	Z1P3
T4	Z2P1
T5	Z2P2
T6	Z2P3
T7	Z3P1
T8	Z3P2
T9	Z3P3
T10	Z4P1
T11	Z4P2
T12	Z4P3
T13	Z5P1
T14	Z5P2
T15	Z5P3

1.3 测定项目与方法

1.3.1 西瓜商品性状 在西瓜成熟后,每个处理随机取 6 个果实,用数显游标卡尺测量果实纵径、横径,果实纵径与横径的比值为果形指数(果实横径在果身平面上两个垂直方向测定两次取平均值);用电子天平称量每个西瓜单果质量(kg),取平均值;产量(kg · hm⁻²)按各处理小区面积产量折算。

1.3.2 西瓜品质 将同一授粉日期的西瓜成熟后按处理采摘,西瓜可溶性固形物含量采用 RHBO-90 型手持折光仪测定,可溶性蛋白含量采用考马斯亮蓝 G-250 染色法测定^[18],还原性糖含量采用 3,5-二硝基水杨酸法测定^[18],可溶性糖含量采用蒽酮-H₂SO₄法测定^[18],Vc 含量采用钼蓝比色法测定^[18]。

1.4 数据处理

试验数据采用 Excel 2018 软件进行统计,采用 SPSS26.0 进行处理分析。

2 结果与分析

2.1 有机肥浸提液对不同品种西瓜商品性状的影响

由表 4 可知,不同品种和营养液处理组合下的西瓜单果质量、产量、果形指数都有显著性差异。T2 处理西瓜单果质量和产量均最高,分别为 1.3 kg 和 1345 kg · hm⁻²,T9 处理单果质量最小、产量最低,分别为 0.9 kg 和 900.8 kg · hm⁻²;果形指数反映西瓜果形,T5 处理西瓜果形指数最大,为 1.19,属于长椭圆形西瓜^[5],T3 处理西瓜果形指数最小,为 1.0,属于扁圆形西瓜^[5]。根据显著性检验的结果,西瓜品种对单果质量和产量的影响达到极显著水平,而营养液处理、品种营养液互作对单果质量和产量无显著性影响;品种、营养液处理对果形指数的影响均达到极显著水平,且品种作用大于营养液作用,而品种营养液互作对其无显著性影响。

2.2 有机肥浸提液对不同品种西瓜品质的影响

由表 5 可知,不同处理西瓜之间品质差异显著。T1 处理可溶性蛋白含量最低,为 0.4 mg · g⁻¹,T2、T3、T5 处理可溶性蛋白含量最高,为 0.6 mg · g⁻¹;T5 处理 Vc 含量最高,达 16.7 mg · 100g⁻¹,T4 处理 Vc 含量最低,为 9.7 mg · 100g⁻¹;T6 处理可溶性固形物含量最高,为 14.0%,T15 处理可溶性固形物含量最低,为 11.4%;T7 处理还原糖、可溶性糖含量均最低,分别为 26.0、14.5 mg · g⁻¹,T9 处理还原糖含量最高,为 57.7 mg · g⁻¹,T6、T13 处理可溶性糖含量最高,分别为 33.6、33.9 mg · g⁻¹。

表 4 不同处理的西瓜商品性状

Table 4 Commercial characters of watermelon with different combinations treatments

处理 Treatment	单果质量/kg Single fruit weight	果形指数 Fruit shape index	产量/(kg·hm ⁻²) Yield
T1	1.1±0.3bcd	1.1±0.0bcd	1063.3±274.6bcd
T2	1.3±0.1a	1.1±0.0cde	1345.0±71.6a
T3	1.0±0.3cd	1.0±0.1e	905.0±304.5cd
T4	1.2±0.2ab	1.1±0.1abc	1198.3±156.6ab
T5	1.2±0.2abc	1.2±0.1a	1172.5±215.8abc
T6	1.2±0.2ab	1.1±0.0abcd	1188.7±173.6ab
T7	1.0±0.2bcd	1.1±0.0cde	1014.2±211.5bcd
T8	1.0±0.3bcd	1.1±0.0cde	1002.5±253.1bcd
T9	0.9±0.1d	1.0±0.1de	900.8±113.2d
T10	1.1±0.2abcd	1.2±0.1ab	1092.5±212.1abcd
T11	1.1±0.2bcd	1.1±0.1cde	1055.8±221.4bcd
T12	1.2±0.2abcd	1.1±0.1abcd	1158.3±174.7abcd
T13	1.1±0.1bcd	1.1±0.0abc	1068.3±136.1bcd
T14	1.0±0.1bcd	1.1±0.1abc	939.2±135.0bcd
T15	0.9±0.1cd	1.1±0.1abc	916.7±139.3cd
显著性检验(<i>F</i> 值) Significance test (<i>F</i> values)			
品种 Varieties	4.0 **	7.5 **	4.0 **
营养液 Nutrient solution	1.8	4.0 **	1.8
品种×营养液 Varieties×nutrient	2.0	1.6	2.0

注:数据为平均值±标准差;同列不同字母表示 $P<0.05$ 水平时差异显著;*、*、* 分别表示在 $P<0.05$ 和 $P<0.01$ 水平差异显著。下同。

Note: The data are mean ± standard deviation; The difference is significant when different letters in the same column represent the level of 0.05; * and * * indicate the significant differences at the levels of $P<0.05$ and $P<0.01$, respectively. The same below.

表 5 不同处理的西瓜品质性状

Table 5 Quality characters of watermelon with different treatments

处理 Treatment	可溶性蛋白 Soluble protein /(mg·g ⁻¹)	Vc/(mg·100g ⁻¹)	可溶性固形物 Soluble solids/%	还原糖 Reducing sugar /(mg·g ⁻¹)	可溶性总糖 Soluble sugar /(mg·g ⁻¹)
T1	0.44±0.3b	14.3±0.1b	11.6±0.1g	30.0±0.8ef	22.9±0.5d
T2	0.6±0.1a	15.1±0.3b	13.0±0.1d	46.6±0.7bc	28.2±0.8bc
T3	0.6±0.1a	14.7±0.4b	11.8±0.1g	49.2±3.2bc	27.4±0.5bcd
T4	0.5±0.0ab	9.7±0.2f	12.5±0.1e	37.3±2.8d	32.3±1.4ab
T5	0.6±0.0a	16.7±0.8a	13.5±0.1c	45.8±1.8bc	28.9±0.1bc
T6	0.5±0.0ab	13.3±0.1c	14.0±0.2a	53.0±1.4ab	33.6±0.7a
T7	0.5±0.0ab	11.5±0.3e	13.0±0.1d	26.0±1.8f	14.5±0.5e
T8	0.5±0.0ab	11.3±0.3e	13.1±0.2d	49.5±2.5bc	25.8±1.2cd
T9	0.5±0.0ab	12.1±0.3de	13.7±0.2b	57.7±11.0a	27.9±3.6bc
T10	0.5±0.0ab	13.3±0.8c	12.2±0.3f	42.5±4.0cd	25.8±1.6cd
T11	0.5±0.0ab	12.1±0.2de	13.0±0.1d	46.2±3.0bc	28.1±0.2bc
T12	0.5±0.0ab	11.9±0.4de	12.4±0.1e	47.1±3.0bc	25.2±0.8cd
T13	0.4±0.0ab	12.1±0.2de	11.8±0.1g	36.5±5.6de	33.9±7.6a
T14	0.4±0.0ab	12.7±0.0cd	11.7±0.1g	44.8±4.5c	29.8±3.8abc
T15	0.5±0.0ab	12.2±1.6de	11.4±0.1h	46.1±3.6bc	29.4±2.2abc
显著性检验(<i>F</i> 值) Significance test (<i>F</i> values)					
品种 Varieties	0.8	38.1 **	303.3 **	1.4	19.0 **
营养液 Nutrient solution	1.5	23.2 **	99.6 **	63.2 **	5.2 *
品种×营养液 Varieties×nutrient	1.8	25.1 **	45.5 **	5.4 **	7.3 **

根据显著性检验的结果,品种因素、营养液因素、品种营养液交互对不同处理西瓜可溶性蛋白含量均无显著性影响,但对 Vc 含量、可溶性固形物含量均有极显著影响,对 Vc 含量的影响品种>品种营养液交互>营养液,对可溶性固形物含量的影响品种>营养液>品种营养液交互;品种因素对还原糖含量并无显著性影响,但营养液因素和品种营养液交互对还原糖含量的影响达极显著水平,且营养液>品种营养液交互;品种因素、品种营养液交互对可溶性糖含量的影响达到极显著水平,且品种>品种营养液交互,营养液因素对可溶性糖含量的影响达显著水平。

2.3 西瓜各指标的因子分析

根据特征值>1 的标准,共提取前 4 个公因子进行因子分析。计算前 4 个公因子载荷矩阵,由于该结果意义不太明确,未能突出公因子的作用,所以对公因子进行方差最大正交旋转,得到旋转后的因子载荷矩阵见表 6。4 个公因子累计方差贡献率为 86.7%,即所含信息占总体信息的 86.7%。前 4 个因子对 8 个指标的贡献率在 17.7%~29.2%。由于因子载荷量反映了变量与公因子的相关性,绝对值越大,相关的密切程度越高,因此在第 1 公因子 F1 中,主要贡献作用的指标为单果质量和产量,因子载荷均为 0.9,F1 方差贡献率为 29.2%;第 2 公因子 F2 中主要贡献作用的指标为可溶性固形物、还原糖,因子载荷分别为-0.8、0.7,F2 方差贡献率为 21.5%;第 3

公因子 F3 中主要贡献作用的指标为果形指数、Vc, 因子载荷分别为 0.9、0.8, F3 方差贡献率为 18.3%; 第 4 公因子 F4 中主要贡献作用的指标为可溶性蛋白、可溶性糖, 因子载荷为 0.9、0.7, F4 方差贡献率为 17.7%。结果表明, 因子分析可以将变量归入代表性公因子中, 从而降低变量数。

2.4 不同处理西瓜各指标综合评价

利用 SPSS 回归分析可得到 4 个公因子得分系数矩阵(表 7)。由表 7 可知不同组合处理西瓜各指

表 6 旋转后的因子载荷矩阵

Table 6 Factor load matrix after rotation				
指标 Index	第一公因子 First common factor	第二公因子 Second common factor	第三公因子 Third common factor	第四公因子 Fourth common factor
单果质量 Single fruit weight	0.9	-0.0	0.1	0.0
产量 Yield	0.9	-0.1	0.1	0.0
可溶性固形物 Soluble solids	0.4	-0.8	-0.0	0.0
还原糖 Reducing sugar	0.5	0.7	0.0	0.1
果形指数 Fruit shape index	0.1	-0.2	0.9	0.0
Vc	0.1	0.4	0.8	0.1
可溶性蛋白 Soluble protein	0.1	-0.1	-0.0	0.9
可溶性糖 Soluble sugar	-0.1	0.6	0.3	0.7
特征值 Characteristic value	2.3	1.7	1.5	1.4
贡献率 Contribution rate	29.2	21.5	18.3	17.7
累计贡献率 Cumulative contribution rate	29.2	50.7	69.0	86.7

标公因子表达式:

$$\begin{aligned} F_1 &= -0.03X_1 - 0.08X_2 + 0.27X_3 - 0.10X_4 + \\ &\quad 0.02X_5 + 0.43X_6 + 0.11X_7 + 0.42X_8 \\ F_2 &= 0.14X_1 - 0.22X_2 + 0.48X_3 + 0.23X_4 - \\ &\quad 0.18X_5 + 0.01X_6 - 0.50X_7 - 0.01X_8 \\ F_3 &= 0.51X_1 + 0.68X_2 - 0.14X_3 + 0.09X_4 - \\ &\quad 0.11X_5 - 0.04X_6 + 0.05X_7 - 0.03X_8 \\ F_4 &= -0.07X_1 - 0.03X_2 - 0.07X_3 + 0.45X_4 + \\ &\quad 0.73X_5 - 0.02X_6 + 0.12X_7 - 0.01X_8 \end{aligned}$$

其中, $X_1, X_2, \dots, X_8$ 分别为各处理指标值。

保存各公因子得分后进行综合评价, 依据表 6 的方差贡献率比例为权数计算综合得分:

$$\begin{aligned} Z &= 29.2/86.7F_1 + 21.5/86.7F_2 + \\ &\quad 18.3/86.7F_3 + 17.7/86.7F_4 \end{aligned}$$

计算结果见表 8, 由表 8 可以看出, T9 处理西瓜最终获得的综合得分最高(88.1), 排名第一, 其次是 T11 处理, 综合得分 81.0, 排名最低的是 T14 处理, 综合得分 63.8。

表 7 不同处理的西瓜指标成分得分系数矩阵

Table 7 Score coefficient matrix of watermelon index components in different combinations				
指标 Index	成分 Component			
	1	2	3	4
可溶性蛋白 Soluble protein	-0.03	0.14	0.51	-0.07
Vc	-0.08	-0.22	0.68	-0.03
可溶性固形物 Soluble solids	0.27	0.48	-0.14	-0.07
还原糖 Reducing sugar	-0.10	0.23	0.09	0.45
可溶性糖 Soluble sugar	0.02	-0.18	-0.11	0.73
单果重 Single fruit weight	0.43	0.01	-0.04	-0.02
果形指数 Fruit shape index	0.11	-0.50	0.05	0.12
产量 Yield	0.42	-0.01	-0.03	-0.01

表 8 不同处理西瓜各公因子得分及排名

Table 8 Scores and rankings of common factors of watermelon in different treatments

处理 Treatment	第 1 公因子 First common factor		第 2 公因子 Second common factor		第 3 公因子 Third common factor		第 4 公因子 Fourth common factor		综合得分 Comprehensive score	综合排名 Comprehensive ranking
	得分 Score	排名 Ranking	得分 Score	排名 Ranking	得分 Score	排名 Ranking	得分 Score	排名 Ranking		
T1	-83.3	14	-248.0	14	814.2	2	-20.0	14	78.5	4
T2	-73.3	8	-210.1	6	688.5	10	-19.4	13	64.8	12
T3	-76.2	10	-223.7	10	742.8	6	-14.4	9	73.0	6
T4	-73.5	9	-220.5	9	722.0	8	-19.1	12	69.3	9
T5	-70.8	6	-220.0	8	725.7	7	-16.5	11	71.7	8
T6	-80.2	11	-240.0	12	797.1	4	-15.5	10	78.9	3
T7	-70.0	5	-202.0	5	682.2	11	-8.7	4	68.8	10
T8	-72.8	7	-214.3	7	718.1	9	-11.8	6	71.7	7
T9	-95.8	15	-277.7	15	914.5	1	-20.4	15	88.1	1
T10	-62.3	4	-189.9	4	638.8	12	-8.8	5	65.2	11
T11	-81.6	12	-241.5	13	808.6	3	-12.9	7	81.0	2
T12	-60.9	2	-177.5	1	613.7	15	-2.1	1	64.8	13
T13	-83.0	13	-237.0	11	788.0	5	-14.4	8	77.0	5
T14	-56.0	1	-181.4	2	616.0	14	-6.0	2	63.8	15
T15	-60.9	3	-184.9	3	623.7	13	-7.5	3	64.0	14

3 讨 论

品质是由许多性状共同构成的综合性状,各个性状之间相互关联,任意一个性状都会对目标性状直接或间接地产生影响^[19],基于此,本文选择用因子分析法将众多西瓜单一品质指标降维成几个没有相关性的综合变量来反映综合品质指标,最终筛选出了品种和营养液最优组合。

果形、果实大小往往是消费者购买时选择的标准,果形以果形指数进行描述,有研究表明果形指数是品种的固有属性,由内在基因控制^[20],但是也有研究表明果形指数既受数量性状的影响,又受环境因素的影响^[21-23]。本文品种因素、营养液因素对果形指数的显著性结果同样表明西瓜果形指数既受品种的极显著影响,又受营养液的极显著影响。

可溶性糖、可溶性固形物、还原糖是影响西瓜风味和品质主要指标。西瓜的甜度与可溶性固形物的含量有直接关系,随着固形物含量的增高,西瓜果实甜度加大^[24],许多国家将可溶性固形物不低于 11.5%~12.0% 作为西瓜育种的重要指标之一^[25]。当西瓜可溶性固形物含量超过 10% 时,口感较甜,超过 12.0% 时,品质属上乘^[26]。本试验中各处理西瓜可溶性固形物含量均在 11.0% 以上,最高能达 14.0%,说明本试验中各西瓜品种和营养液组合均能很好地表现出西瓜优质的口感。目前已有很多研究表明施用有机营养液能够促进果实中营养物质的积累,可溶性糖、可溶性蛋白、Vc 等的含量均能明显提升^[27-29]。西瓜果实糖分的积累,既与自身的遗传信息相关,又与水分、土壤、光照等外界环境因素以及田间管理技术有关^[30]。韦彩会等^[30]研究表明连续多年施用有机肥能明显改善西瓜品质,可溶性糖含量显著提高;蔡东升等^[31]研究表明果实中的可溶性糖、还原糖含量会随着营养液供应量的增加呈现出先增加后降低的趋势;汪炳良等^[32]研究认为基因型和采收期均能显著地影响番茄果实中还原糖含量,基因型与采收期的互作效应能达到极显著水平。本试验的显著性检验结果同样能够说明果实中的可溶性糖、还原糖含量受到营养液、品种营养液互作的影响,且作用效果显著。Vc 又称抗坏血酸,是西瓜功能性成分的组成部分,许多研究表明西瓜 Vc 含量在 $5.1 \sim 7.8 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ ^[2,33-35],本试验 Vc 含量最低的为 $9.7 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$,最高的可达 $16.7 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$,较其他研究所得 Vc 含量都有极大地提升,同样能够说明本试验的有机营养液和品种组合能很好地提升西瓜品质。

综合以上研究成果,本试验所设置的品种和营养液处理对提升西瓜可溶性固形物、Vc、可溶性糖含量有着显著的效果。

4 结 论

西瓜的品质是所有指标综合表现的结果,单一的指标很难全面地评判西瓜品质,因此本试验用因子分析的方法将 15 个处理的 8 个指标降维成 4 个主成分因子,累计方差贡献率达 86.708%,保留了原始数据的大部分信息,通过得分排名,排名前 3 的品种和营养液组合是 T9、T11、T6,即当施用有机营养液配方 3 时,2011WH0045、2011WH0053 两个品种西瓜产量及品质较好,当施用有机营养液配方 2 时,2011WH0057 西瓜品种产量及品质较好。

参 考 文 献:

- [1] 梁克红,朱大洲,卢林纲,等.几种常见西瓜品种中功能成分比较分析[J].食品工业,2017,38(12):164-166.
LIANG K H, ZHU D Z, LU L G, et al. Comparative analysis of functional components in several common watermelon varieties [J]. The Food Industry, 2017, 38(12): 164-166.
- [2] 赵孟媛.地膜覆盖与灌水量对设施栽培西瓜产量和品质影响的研究[D].昆明:云南大学,2019.
ZHAO M Y. Study on the effect of film mulching and irrigation amount on yield and quality of protected horticulture watermelon [D]. Kunming: Yunnan University, 2019.
- [3] 邓桂芹.浅析我国有机农业种植技术的应用[J].特种经济动植物, 2021,24(6):81-82.
DENG G Q. Analysis on the application of organic agricultural planting technology in China[J]. Special Economic Animals and Plants, 2021, 24(6): 81-82.
- [4] 高宁.冬春温室行下玉米秸秆反应堆小西瓜有机基质栽培技术[J].蔬菜,2019,(1):39-41.
GAO N. Organic substrate cultivation techniques of corn straw reactor and small watermelon in winter and spring greenhouse[J]. Vegetables, 2019,(1): 39-41.
- [5] 王雪威,孙玉东,李建明.全有机营养袋式栽培不同西瓜品种产量与品质评价[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2021,49(2):84-96.
WANG X W, SUN Y D, LI J M. Evaluation of yield and quality of different watermelon varieties cultured in full organic nutrition bags[J]. Journal of Northwest A&F University(Natural Science Edition), 2021, 49(2): 84-96.
- [6] 陈四明.槽式有机基质栽培对西瓜和甜椒生长发育、生理特性及施肥效应的影响[D].泰安:山东农业大学,2010.
CHEN S M. Effects of trough organic cultivation on growth, physiological characteristics, and fertilization of watermelon and sweet pepper [D]. Taian: Shandong Agricultural University, 2010.
- [7] 刘一.有机肥氮替代下交替根区滴灌水氮耦合效应及对西瓜生长的影响[D].淮北:淮北师范大学,2019.
LIU Y. Effects of water and nitrogen supply and its impacts on growth

- of watermelon under alternate partial rootzone drip irrigation with different nitrogen substitute ratio of organic fertilizer to chemical fertilizer [D]. Huaibei: Huaibei Normal University, 2019.
- [8] 罗双龙,马忠明,薛亮,等.有机肥与氮肥配施对膜下滴灌西瓜生长、产量和品质的影响[J].干旱地区农业研究,2021,39(1):136-142.
- LUO S L, MA Z M, XUE L, et al. Influence of the combination application of organic manure and nitrogen fertilizer to watermelon growth, yield and quality under mulched drip-irrigation condition[J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2021, 39(1): 136-142.
- [9] 杜少平,马忠明,薛亮.有机无机肥配施对砂田西瓜产量、品质及水氮利用率的影响[J].果树学报,2020,37(3):380-389.
- DU S P, MA Z M, XUE L. Effect of manure combined with chemical fertilizers on fruit yield, fruit quality and water and nitrogen use efficiency in watermelon grown in gravel-mulched field [J]. Journal of Fruit Science, 2020, 37(3): 380-389.
- [10] 孙玉东,张朝阳,徐兵划,等.西瓜新品种‘苏梦7号’,[J].园艺学报,2020,47(1):197-198.
- SUN Y D, ZHANG C Y, XU B H, et al. A new watermelon cultivar ‘Sumeng 7’[J]. Acta Horticulturae Sinica, 2020, 47(1): 197-198.
- [11] 顾妍,赵建锋,张朝阳,等.设施栽培西瓜新品种‘苏梦4号’的选育[J].中国瓜菜,2019,32(6):60-61,64.
- GU Y, ZHAO J F, ZHANG C Y, et al. Breeding of new watermelon cultivar ‘Sumeng No.4’[J]. China Cucurbits and Vegetables, 2019, 32(6): 60-61, 64.
- [12] 常梅梅,王亮,崔海成,等.酒泉戈壁沙漠西瓜有机基质穴栽技术及应用[J].中国蔬菜,2021,(1):110-112.
- CHANG M M, WANG L, CUI H C, et al. Technology and application of organic substrate hole planting of watermelon in Jiuquan Gobi Desert[J]. China Vegetables, 2021, (1): 110-112.
- [13] 苏英京.大棚西瓜丰产型有机栽培技术方案[J].中国瓜菜,2019,32(6):78-79.
- SU Y J. Technical scheme of high yield organic cultivation of watermelon in greenhouse[J]. China Cucurbits and Vegetables, 2019, 32(6): 78-79.
- [14] 刘德强.有机西瓜栽培技术[J].现代农村科技,2018,(7):19-20.
- LIU D Q. Cultivation techniques of organic watermelon[J]. Modern Rural Science and Technology, 2018,(7): 19-20.
- [15] 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研究[J].干旱地区农业研究,2014,32(5):137-142,250.
- WANG P B, LI J M, DING J J, et al. Study on physical and chemical characteristics of compound substrate and effects on the growth of tomato seedling[J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2014, 32(5): 137-142, 250.
- [16] 王雪威.全有机营养袋栽培西瓜杂交组合筛选及营养液配方优化研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2021.
- WANG X W. Study on the screening special watermelon hybrid combination and nutrient solution formula optimization of full organic nutrition bag cultivation [D]. Yangling: Northwest A&F University, 2021.
- [17] 高俊凤.植物生理学实验指导[M].北京:高等教育出版社,2006.
- GAO J F. Experimental guidance of plant physiology [M]. Beijing: Higher Education Press, 2006.
- [18] 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.
- [19] 齐乃敏,杨少军,朱龙英,等.番茄主要品质性状的遗传研究进展[J].上海农业学报,2006,22(4):140-143.
- QI N M, YANG S J, ZHU L Y, et al. Advance in genetic research into main quality characters of tomato [J]. Acta Agriculturae Shanghai, 2006, 22(4): 140-143.
- [20] ZALAPA J E, STAUB J E, MCCREIGHT J D, et al. Detection of QTL for yield-related traits using recombinant inbred lines derived from exotic and elite US western shipping melon germplasm[J]. Theoretical and Applied Genetics, 2007, 114(7): 1185-1201.
- [21] 王贤磊,高兴旺,李冠,等.甜瓜遗传图谱的构建及果实与种子 QTL 分析[J].遗传,2011,33(12):1398-1408.
- WANG X L, GAO X W, LI G, et al. Construction of a melon genetic map with fruit and seed QTLs [J]. Hereditas, 2011, 33(12): 1398-1408.
- [22] 陈克农,张红卓,袁丽伟,等.甜瓜果形指数的 F2 代遗传研究[J].北方园艺,2016,(19):1-4.
- CHEN K N, ZHANG H Z, YUAN L W, et al. Genetic inheritance analysis on melon fruit index in F2 generation[J]. Northern Horticulture, 2016,(19): 1-4.
- [23] 王淑芳,王如英.西瓜果实可溶性固形物含量配合力测定分析[J].河北农业大学学报,1988,(3):8-14.
- WANG S F, WANG R Y. Analysis of combining ability about the content of soluble solid in watermelon fruits [J]. Journal of Agricultural University of Hebei, 1988,(3): 8-14.
- [24] 孙慧.设施西瓜新品种比较试验[D].哈尔滨:东北农业大学,2018.
- SUN H. Comprehensive evaluation of the new watermelon varieties in protected horticulture [D]. Harbin: Northeast Agricultural University, 2018.
- [25] 介邓飞.麒麟瓜内部品质在线无损检测技术的实验研究[D].杭州:浙江大学,2014.
- JIE D F. Research on non-destructive on-line detection system for internal quality of Qilin watermelon [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2014.
- [26] 范兵华,马乐乐,任瑞丹,等.有机营养液灌溉频次和灌水量对设施甜瓜产量、品质及肥水利用效率的影响[J].应用生态学报,2019,30(4):1261-1268.
- FAN B H, MA L L, REN R D, et al. Effects of irrigation frequency of organic nutrient solution and irrigation amount on yield, quality, fertilizer and water use efficiency of melon in facility [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2019, 30(4): 1261-1268.
- [27] 庞姝姝.有机液肥发酵研究以及在番茄基质栽培中的应用[D].晋中:山西农业大学,2018.
- PANG S S. Fermentation of organic liquid fertilizer and its application in tomato substrate cultivation [D]. Jinzhong: Shanxi Agricultural University, 2018.
- [28] 李惠.有机浸提液的制备及其在蔬菜上应用效果的分析[D].杨凌:西北农林科技大学,2017.
- LI H. The preparation of compost extracts and application on vegetables [D]. Yangling: Northwest A&F University, 2017.