



赵平,李学涛,康振友,等.基于熵权的DTOPSIS法和灰色关联度分析法在西瓜品种综合评价中的应用[J].黑龙江农业科学,2021(1):79-87.

基于熵权的DTOPSIS法和灰色关联度分析法在西瓜品种综合评价中的应用

赵平¹,李学涛²,康振友¹,冯燕青³,崔方让³,韩京峰³

(1.昌乐县西瓜研究所,山东昌乐 262400;2.潍坊市农业农村局,山东潍坊 261061;3.昌乐县农业农村局,山东昌乐 262400)

摘要:为了给西瓜新品种鉴定和评价提供依据和方法,本研究将基于熵权的DTOPSIS法和灰色关联度分析法应用到西瓜品种的综合评价中。结果表明:通过调查单瓜重、果皮厚度、果实含糖量、外观质量、内在口感等8个指标,对18个西瓜品种进行分析评价,初步筛选出适宜昌乐及周边地区种植的品种为龙盛佳越、京美10K02和龙盛佳华。DTOPSIS法计算出品种间 C_i 值的最大差异达到65.07%,灰色关联度分析法中加权联系数 r_i' 值的最大差异仅为35.13%。相关性分析表明基于熵权的DTOPSIS法和灰色关联度分析法计算出的品种排名具有一致性,两者与仅依据单瓜重计算的排名均不具有一致性。研究认为,DTOPSIS法和灰色关联度分析法都能对西瓜品种作出科学的评价,其中DTOPSIS法具有相对更好的评价效果。

关键词:西瓜;综合评价;灰色关联度;DTOPSIS法;熵值

西瓜是夏季消暑解渴佳品,深受广大人民群众所喜爱。西瓜在我国各省、市均有种植^[1]。近年来,我国西瓜种植品种更新换代的速度不断加快,采用简便有效的方法对品种进行评价,对筛选和推广新品种具有重要意义。传统方法多采用方差分析、新复极差分析等方法对产量或几个经济性状进行分析和评判,存在指标量纲不一致等诸多问题,不能全面、客观地评价品种的好坏^[2]。

DTOPSIS法和灰色关联度分析法可以将各项指标归纳成统一的量化标准,再根据评价目标与理想目标的接近程度或关联程度进行排序,以此进行综合评价,近年来已广泛应用于小麦^[3-4]、玉米^[5-8]、水稻^[9-10]、大豆^[11-12]等作物,对品种的选择评价起到了重要作用。不同的选种目标需要选择不同性状作为评价指标并科学地分配指标权重,从而使分析结果更接近于实际。在DTOPSIS法和灰色关联分析法的实际使用中,权重系数往往采用专家赋值或等权法,具有一定的主观性、局限性,在评价指标较多时难以进行科学、准确的评价。熵权法一种客观赋权方法,其权重计算包含了所有指标的影响,可以有效剔除评价体系中对

结果贡献不大的指标,克服了权重主观赋值法的缺点,提高了评价的客观性^[13],现已被应用到各个领域^[14-17]。目前,将熵权法与DTOPSIS法和灰色关联分析法结合建立基于客观赋值的科学分析方法用于西瓜品种的综合评价,鲜有相关报道。

本研究以山东省昌乐县种植的18个西瓜品种为试验材料,根据当地瓜农的选种习惯选择8个评价指标,利用熵权法对各评价指标赋权,分别采用DTOPSIS法和灰色关联度分析法对其进行评价,筛选出适合当地种植的新品种,旨在为瓜农生产提供指导,也为西瓜品种综合评价提供新思路。

1 材料与方法

1.1 材料

参试的西瓜品种共18个,品种名称及供种单位信息详见表1。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 试验于2020年在山东省潍坊市昌乐西瓜科技示范园进行。试验地土壤类型为沙壤土,肥力中等。采用完全随机试验,试验不设重复。试验小区面积48 m²(12 m×4 m),每个小区种植1行,株距为0.4 m,行距为4 m。每个小区栽培约30株,栽培密度为417株·667 m⁻²。采

收稿日期:2020-10-26

第一作者:赵平(1983—),男,硕士,农艺师,从事西甜瓜育种及栽培技术研究。E-mail:clnyj2011@163.com。

用爬蔓栽培,三蔓整枝,留果部位均从第 3 雌花开始留果,人工辅助授粉,1 株留 1 果。

1.2.2 田间管理 试验于 1 月 1 日播种。1 月 10 日进行嫁接育苗,采用插接法,使用南瓜作为砧木(品种名:砧西 618,青岛金妈妈农业科技有限公司)。2 月 19 日定植,定植时对瓜苗进行筛选,确保各参试品种的瓜苗长势相对一致。采用

昌乐大拱棚西瓜生产中常用的五膜覆盖保温方法(即大棚膜、二棚膜、3 m 拱膜、2 m 拱膜、地膜)。缓苗水采用大水漫灌,其它生长期采用滴灌。3 月 25 日开始授粉。5 月 15 日采收。定植前按每 667 m²施用稻壳 10 m³、发酵鸡粪 640 kg、生物菌肥 250 kg、大豆 100 kg、氮磷钾复混肥(15-15-15)25 kg。其他田间管理按照常规栽培进行。

表 1 参试西瓜品种的基本信息

序号	品种名称	供种单位	序号	品种名称	供种单位
1	龙盛 9 号	黑龙江省农业科学院园艺分院	10	京美 9K	京研益农(北京)种业科技有限公司
2	龙盛佳力	黑龙江省农业科学院园艺分院	11	京美 10K01	京研益农(北京)种业科技有限公司
3	龙盛佳越	黑龙江省农业科学院园艺分院	12	京美 10K02	京研益农(北京)种业科技有限公司
4	龙盛佳品	黑龙江省农业科学院园艺分院	13	京美 10K03	京研益农(北京)种业科技有限公司
5	龙盛佳华	黑龙江省农业科学院园艺分院	14	京美 11K	京研益农(北京)种业科技有限公司
6	龙盛 184	黑龙江省农业科学院园艺分院	15	京美 12K	京研益农(北京)种业科技有限公司
7	鄂抗 1 号	湖北省农业科学院经济作物研究所	16	糖王 1 号	安徽江淮园艺种业股份有限公司
8	陕农 11 号	西北农林科技大学	17	糖王 9 号	安徽江淮园艺种业股份有限公司
9	京美 8K	京研益农(北京)种业科技有限公司	18	糖王 12 号	安徽江淮园艺种业股份有限公司

1.2.3 测定项目及方法 在选择评价指标时,要综合考虑选种目标、当地瓜农种植习惯等因素,既要照顾产量、品质等重点性状,又要兼顾其他因素。昌乐及周边地区瓜农在选择早春大果型西瓜品种时,主要考虑以下几个方面:有较高产量;果实外形周正、皮色美观、瓢色鲜艳,能够达到西瓜收购商要求;西瓜定植后,出雌花早、出雌花齐、雌花密;西瓜糖度高、纤维少、口感好。根据瓜农的选种特点,本试验设计采集 8 个指标,分为客观指标和主观指标两大类。

客观指标主要包括第一开放雌花节位、雌花间隔节位、单瓜重、果皮厚度、中心果肉可溶性固形物含量、近皮果肉可溶性固形物含量 6 个指标。各指标取 6 个重复的平均值。可溶性固形物测定使用手持式折光糖度仪进行测定。

主观指标包括外观质量和内在口感两个指标。邀请当地从事西甜瓜农技推广工作的 6 位农艺师对参试品种进行打分,取平均值。外观质量主要考察品种的长势、果实的外观、剖面外观等,满分 50 分;内在口感主要考察果实的肉质、口感、纤维数量,是否有异味等,满分 50 分。

1.2.4 分析方法 ①熵权法。熵权法是一种客观的赋权方法,它能客观反映某项指标在评价体系中的重要程度。采用熵值法赋权可有效地消除

主观因素的影响,使评价结果更加科学合理。在品种评价中,某个指标的信息熵越小,则该指标提供的信息量就越大,在评价中的贡献就越大,其指标的权重值也越大。

计算各项指标的熵值:

$$e_j = -\frac{1}{\ln N} \sum_{i=1}^N P_{ij} \ln P_{ij}$$

其中, P_{ij} 为第 i 个品种的第 j 个指标的值占全部品种第 j 个指标值之和的比重。

计算各指标的权重:

$$w_j = \frac{1 - e_j}{\sum_{i=1}^N (1 - e_j)}$$

②DTOPSIS 法。DTOPSIS 法可以将多个品种的多个指标无量纲化,使其可以相互比较,再通过建立正理想解与负理想解,使目标品种的优劣程度转化为对理想解的相对接近度,按照接近度序列,可对品种进行优劣评价。

对指标进行无量纲化处理。按照筛选目标,将指标分为正向指标和逆向指标,形成比较矩阵:

$$Y = (y_{ij})_{m \times n}$$

其中,正向指标公式为: $y_{ij} = x_{ij} / x_{\max(j)}$ 。

负向指标公式为 $y_{ij} = x_{\min(j)} / x_{ij}$, x_{ij} 为第 i 个品种的第 j 个指标的值。

建立加权决策矩阵:

$Z = (y_{ij} \times w_j)_{m \times n}$,

其中, w_j 为第 j 个指标的权重。

计算各指标的理想解 S^+ 和负理想解 S^- :

$S^+ = \{S_1^+, S_2^+, \dots, S_n^+\}$, 其中, $S_j^+ = \max(z_j)$

$S^- = \{S_1^-, S_2^-, \dots, S_n^-\}$, 其中, $S_j^- = \min(z_j)$

计算各品种与理想材料的接近度 C_i :

$C_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-}$,

其中, $D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (z_{ij} - s_j^+)^2}$,

$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (z_{ij} - s_j^-)^2}$

③灰色关联度分析法。灰色关联度分析法是首先需要构建由最佳指标组成的理想品种,然后将理想品种与各参试品种组成关联系数矩阵,计算各品种与理想品种的关联系数,按照关联系数的大小对品种进行排序,从而评判品种的优劣。

对指标进行无量纲化处理。计算方法同 DTOPSIS 法。

确定理想品种并计算差值。以各指标的最大值组成理想品种 X_0 , 计算参试品种各指标与理想品种各指标的差值, 公式为: $\Delta i(j) = |X_0(j) - X_i(j)|$, 并求出各指标的最大差值

$\max \Delta i(j)$ 与最小差值 $\min \Delta i(j)$ 。

计算参试品种各指标与理想品种各指标的关联系数, 公式为:

$\epsilon_i(j) = \frac{\min \Delta_i(j) + \rho \max \Delta_i(j)}{\Delta_i(j) + \rho \max \Delta_i(j)}$,

式中, ρ 为分辨系数, 取值 0.5。

计算各参试品种的关联度。等权关联度计算

公式为: $r_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \epsilon_i(j)$, 加权关联度计算公式

为: $r_i' = \sum_{j=1}^n w_j \epsilon_i(j)$

1.2.5 数据处理 使用 Excel 2019 和 SPSS 26 软件进行相关数据处理。采用单因素方差分析和新复极差法计算数据的差异显著性。

2 结果与分析

2.1 参试品种各指标调查结果及方差分析

由表 2 可知, 在第一开放雌花节位、雌花间隔节位、单瓜重、果皮厚度、中心果肉可溶性固形物含量、近皮果肉可溶性固形物含量 6 个客观指标中, 各品种间的差异均达到显著水平, 除雌花间隔节位外, 其他指标中各品种间的差异均达到极显著水平, 说明这 6 个农艺性状可以作为品种综合评价的指标。

表 2 参试品种各指标方差分析

指标	平方和			自由度			均方		F	P
	处理间	处理内	总变异	处理间	处理内	总变异	处理间	处理内		
第一开放雌花节位	261.19	120.67	381.85	17	90	107	15.36	1.34	11.46	0.0001
雌花间隔节位	122.41	338.67	461.07	17	90	107	7.20	3.76	1.91	0.0264
单瓜重	75.76	40.71	116.48	17	90	107	4.46	0.45	9.85	0.0001
果皮厚度	0.31	0.42	0.72	17	90	107	0.02	0.01	4.01	0.0001
中心果肉可溶性固形物含量	14.20	14.35	28.55	17	90	107	0.84	0.16	5.24	0.0001
近皮果肉可溶性固形物含量	20.17	11.85	32.03	17	90	107	1.19	0.13	9.01	0.0001

由表 3 可知, 在参试品种中, 京美 10K03 和龙盛 184 的果皮厚度最小, 这两个品种与其它品种差异极显著, 但两者间差异不显著, 且其它 16 个品种间差异不显著。龙盛佳力和龙盛佳越的近皮果肉可溶性固形物含量较高, 这两个品种与其他 16 个品种差异极显著, 但两者间差异不显著, 且在其他 16 个品种中, 京美 11K 与其它品种差异均不显著。京美 10K02 的第一开放雌花节位最小, 但它与京美 11K、京美 9K 差异不显著。

糖王 1 号的雌花间隔节位最小, 但它与糖王 12 等 10 个品种差异不显著。鄂抗 1 号的单瓜重最大, 但它与龙盛佳华等 4 个品种差异不显著。陕农 11 的中心果肉可溶性固形物含量最高, 但它与龙盛 9 号等 3 个品种差异不显著。结果表明, 在单一指标下新复极差分析可以很好地体现品种两两之间的差异性, 但难以对所有品种进行综合区分和评价。

表 3 参试品种各指标平均值

品种名称	第一开放 雌花节位	雌花间 隔节位	单瓜重/kg	果皮厚 度/cm	中心果肉可溶性 固形物含量/%	近皮果肉可溶性 固形物含量/%	外观 质量	内在 口感
龙盛 9 号	9.33 bcBCDE	5.67 abcdAB	11.52 cdeBCD	1.40 aA	10.77 abAB	8.57 bcBC	45.67	42.93
龙盛佳力	8.33 cdCDEF	7.00 abcAB	11.78 bcdBC	1.33 aA	10.53 abABCD	9.60 aA	43.67	42.57
龙盛佳越	7.67 deDEFG	5.33 abcdAB	12.37 abcAB	1.37 aA	10.30 bcdeBCDEF	9.33 aA	44.33	46.14
龙盛佳品	9.33 bcBCDE	6.00 abcdAB	11.43 defBCD	1.37 aA	10.27 bcdeBCDEF	8.43 bcdBCD	44.33	45.79
龙盛佳华	8.33 cdCDEF	5.33 abcdAB	13.03 aA	1.37 aA	9.67 fF	8.67 bB	46.00	44.86
龙盛 184	10.33 bBC	6.33 abcAB	10.81 efgCDE	1.20 bB	9.87 defDEF	8.63 bBC	43.00	42.43
鄂抗 1 号	10.33 Bbc	5.00 abcdAB	13.04 aA	1.40 aA	10.27 bcdeBCDEF	7.80 eD	48.63	43.70
陕农 11	8.67 cdBCDEF	7.33 abA	10.59 fgDE	1.32 aA	11.00 aA	7.88 deCd	43.09	42.59
京美 8K	9.67 bcBCD	6.00 abcdAB	10.77 efgCDE	1.32 aA	10.65 abABC	8.55 bcBC	43.88	43.67
京美 9K	7.33 defG	6.67 abcAB	12.57 abAB	1.33 aA	10.47 bcABCDE	8.37 bcdBCD	45.07	42.66
京美 10K01	8.67 cdBCDEF	5.67 abcdAB	10.81 efgCDE	1.33 aA	9.93 cdefDEF	8.05 deBCD	44.63	41.26
京美 10K02	6.00 fG	6.67 abcAB	10.14 gE	1.35 aA	10.42 bcABCDE	8.42 bcdBCD	46.23	43.58
京美 10K03	8.67 cdBCDEF	7.33 abA	12.25 abcdAB	1.20 bB	9.97 cdefCDEF	8.67 bB	45.67	40.29
京美 11K	6.33 efG	7.67 aA	10.83 efgCDE	1.35 aA	9.93 cdefDEF	8.25 bcdeBCD	44.29	42.96
京美 12K	10.33 bBC	4.67 bcdAB	10.83 efgCDE	1.38 aA	10.35 bcdABCDEF	8.42 bcdBCD	43.82	43.15
糖王 1 号	10.33 bBC	3.67 dB	12.00 bcdAB	1.32 aA	10.43 bcABCDE	8.55 bcBC	43.21	43.07
糖王 9 号	12.33 aA	5.67 abcdAB	11.57 cdeBCD	1.33 aA	9.83 defDEF	8.05 deBCD	44.17	42.31
糖王 12	10.67 bAB	4.33 cdAB	11.87 bcdBC	1.35 aA	9.77 efEF	8.12 cdeBCD	44.63	42.66

注:同列数据后不同的大小写字母分别表示在 0.01 和 0.05 水平差异显著。下同。

2.2 熵权法确定各指标的权重

从表 4 中可知,各指标权重由高到低依次为第一开放雌花节位>雌花间隔节位>单瓜重>近皮果肉可溶性固形物含量>果皮厚度>中心果肉可溶性固形物含量>内在口感>外观质量。其中,第一开放雌花节位和雌花节位间隔两项指标权重累计超过 0.81,表明这两项指标在本次综合评价中的影响最大。单瓜重指标权重排名第三,这是由于各品种单瓜重的离散程度较小,品种间的差异可能是由于测量误差造成的,因此通过熵权法确定各指标权重时,单瓜重获得权重较低。

2.3 各指标无量纲化处理

由于各指标的单位不同,在进行分析前,首先对各指标进行无量纲化处理。将 8 个指标分为两大类:正向指标 5 个,分别是单瓜重、中心果肉可溶性固形物含量、近皮果肉可溶性固形物含量、外观质量和内在口感,指标取值越大越好;负向指标 3 个,分别是第一开放雌花节位、雌花间隔节位和果皮厚度,指标取值越小越好(表 5)。

表 4 各指标的熵值和权重

指标	熵值	权重
第一开放雌花节位	0.994775	0.436219
雌花间隔节位	0.995430	0.381558
单瓜重	0.999096	0.075485
果皮厚度	0.999713	0.023938
中心果肉可溶性固形物含量	0.999781	0.018304
近皮果肉可溶性固形物含量	0.999555	0.037111
外观质量	0.999846	0.012877
内在口感	0.999826	0.014507

2.4 DTOPSISIS 法分析结果

由表 6 可知, G_i 值排序前 5 位的品种依次为:京美 10K02>龙盛佳越>京美 11K>龙盛佳华>京美 9K。

2.5 灰色关联度分析法分析结果

由表 7 可知,等权灰色关联系数 r_i 排序前 5 位的品种依次为:龙盛佳越>鄂抗 1 号>龙盛嘉华>京美 10K02>糖王 1 号。加权关联系数 r_i' 排序前 5 位的品种依次为:京美 10K02>糖王 12>京美 11K>龙盛佳越>糖王 1 号。

表 5 指标无量纲化处理

品种名称	第一开放 雌花节位	雌花间 隔节位	单瓜重	果皮厚度	中心果肉可溶 性固形物含量	近皮果肉可溶 性固形物含量	外观质量	内在口感
龙盛 9 号	0.642857	0.764118	0.883436	0.857143	0.981818	0.895833	0.939132	0.930429
龙盛佳力	0.720000	0.618571	0.903374	0.902256	0.954545	1.000000	0.898005	0.922627
龙盛佳越	0.782609	0.811875	0.948620	0.875912	0.936364	0.968750	0.911577	1.000000
龙盛佳品	0.642857	0.721667	0.876534	0.875912	0.936364	0.875000	0.911577	0.992414
龙盛佳华	0.720000	0.811875	0.999233	0.875912	0.881818	0.906250	0.945918	0.972258
龙盛 184	0.580645	0.683684	0.828988	1.000000	0.900000	0.895833	0.884228	0.919593
鄂抗 1 号	0.580645	0.866000	1.000000	0.857143	0.936364	0.812500	1.000000	0.947117
陕农 11	0.692308	0.590455	0.812117	0.909091	1.000000	0.822917	0.886079	0.923060
京美 8K	0.620690	0.721667	0.825920	0.909091	0.972727	0.895833	0.902324	0.946467
京美 9K	0.818182	0.649500	0.963957	0.902256	0.954545	0.875000	0.926794	0.924577
京美 10K01	0.692308	0.764118	0.828988	0.902256	0.900000	0.843750	0.917746	0.894235
京美 10K02	1.000000	0.649175	0.777607	0.888889	0.945455	0.875000	0.950648	0.944517
京美 10K03	0.692042	0.590723	0.939417	1.000000	0.909091	0.906250	0.939132	0.873212
京美 11K	0.947368	0.564783	0.830521	0.888889	0.900000	0.864583	0.910755	0.931079
京美 12K	0.580645	0.927857	0.830521	0.869565	0.945455	0.875000	0.901090	0.935197
糖王 1 号	0.580833	0.927195	0.920245	0.909091	0.945455	0.895833	0.888546	0.933463
糖王 9 号	0.486486	0.764118	0.887270	0.902256	0.890909	0.843750	0.908287	0.916992
糖王 12	0.562324	1.000000	0.910276	0.888889	0.890909	0.843750	0.917746	0.924577

表 6 DTOPSIS 法计算结果

品种名称	各品种与正 理想解的距 离 D^+	各品种与负 理想解的距 离 D^-	各品种与理 想材料的接 近度 C_i	C_i 值 排序
龙盛 9 号	0.180215	0.102545	0.362658	11
龙盛佳力	0.190163	0.104591	0.354842	12
龙盛佳越	0.119051	0.160560	0.574227	2
龙盛佳品	0.188864	0.091113	0.325430	13
龙盛佳华	0.141765	0.139856	0.496611	4
龙盛 184	0.219588	0.061499	0.218791	18
鄂抗 1 号	0.190105	0.123218	0.393262	10
陕农 11	0.206608	0.090392	0.304350	15
京美 8K	0.197107	0.083898	0.298563	16
京美 9K	0.155605	0.148955	0.489082	5
京美 10K01	0.162260	0.117744	0.420509	9
京美 10K02	0.135022	0.226327	0.626339	1
京美 10K03	0.206090	0.091169	0.306700	14
京美 11K	0.168241	0.201098	0.544482	3
京美 12K	0.185526	0.144577	0.437975	8
糖王 1 号	0.185109	0.144723	0.438778	7
糖王 9 号	0.241654	0.076527	0.240513	17
糖王 12	0.191166	0.169628	0.470152	6

表 7 灰色关联分析法计算结果

品种名称	等权关联 系数 r_i	r_i 排序	加权关联系 数 r'_i	r'_i 排序
龙盛 9 号	0.6888	10	0.5139	11
龙盛佳力	0.7082	7	0.5074	12
龙盛佳越	0.7578	1	0.6073	4
龙盛佳品	0.6796	12	0.4959	13
龙盛佳华	0.7341	3	0.5837	7
龙盛 184	0.6637	15	0.4654	18
鄂抗 1 号	0.7360	2	0.5683	8
陕农 11	0.6513	16	0.4671	17
京美 8K	0.6732	14	0.4861	15
京美 9K	0.7103	6	0.5620	9
京美 10K01	0.6384	17	0.5162	10
京美 10K02	0.7269	4	0.7174	1
京美 10K03	0.6998	9	0.4913	14
京美 11K	0.6758	13	0.6242	3
京美 12K	0.6805	11	0.5858	6
糖王 1 号	0.7110	5	0.6002	5
糖王 9 号	0.6362	18	0.4704	16
糖王 12	0.7078	8	0.6724	2

2.6 不同分析方法的结果比较

2.6.1 分析结果的一致性检验 在日常生产中,瓜农往往以单瓜重或产量作为选择西瓜品种的唯一指标。在本试验中,不同西瓜品种的 DTOPSIS 法及灰色关联度分析法的排序结果与仅以单瓜重作为评价指标的排序结果均存在一定差异。从图 1 中各方法的排名趋势线可以看出, r_i 值排名趋势线与单瓜重排名趋势线的吻合程度较好。相关性分析表明, r_i 值排序结果与单瓜重排序结果呈极显著正相关。由表 8 可知, C_i 值排序结果、 r_i' 值排序结果与单瓜重排序结果的相关性均不显著,这是由于采用熵权法确定各指标权重时,单瓜重的权重占比不到 8%,因此以熵权为基础的排序结果与单瓜重排序结果相关性较低。

对表 8 的数据进一步比较可以看出, C_i 值排序结果、 r_i 值排序结果、 r_i' 值排序结果三者呈极显著正相关,说明 3 种方法对于品种的综合评价具有一致性。其中, r_i' 值排序结果与 C_i 值排序结果的相关系数达到 0.93,说明在相同的指标赋值情况下,不同分析方法对结果的影响较低,因此相

关性较高;而 r_i' 值排序结果与 r_i 值排序结果的相关系数仅为 0.63,说明相同分析方法下,指标的不同赋值对结果的影响较大,导致相关系数降低。由此表明,在本次综合评价中各指标的权重对结果的影响要高于两种分析方法对结果的影响。此外, C_i 值排序结果与 r_i 值排序结果的相关系数为 0.67,要高于 r_i' 值排序结果与 r_i 值排序结果的相关系数。从图 1 中各方法的排名趋势线可以看出, C_i 值排名趋势线与 r_i' 值排名趋势线和 r_i 值排名趋势线的吻合程度要高于 r_i' 值排名趋势线与 r_i 值排名趋势线的吻合程度。

表 8 不同分析方法的相关性分析

项目	单瓜重排序	C_i 值排序	r_i 值排序	r_i' 值排序
单瓜重排序	1			
C_i 值排序	0.29	1		
r_i 值排序	0.65**	0.67**	1	
r_i' 值排序	0.25	0.93**	0.63**	1

注:* 在 0.05 级别相关性显著,** 在 0.01 级别相关性显著。

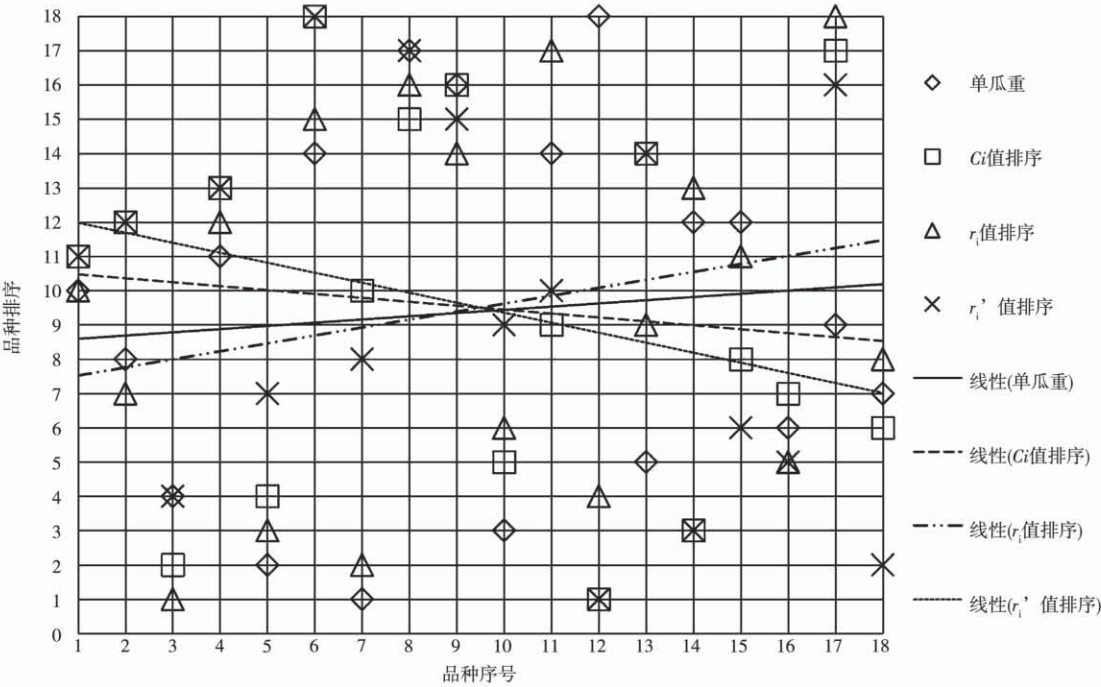


图 1 各品种不同方法排名分布

2.6.2 DTOPSIS 法和灰色关联度法的优势 由表 9 可知,单瓜重排名前 5 位的分别是鄂抗 1 号、龙盛佳华、京美 9K、龙盛佳越、京美 10K03,但他们的单瓜重差异均不显著,仅依据这一指标难以

对各品种进行有效地评价。差异值是指各种分析方法反映研究对象之间彼此区分的程度,差异值越大,相应的分析方法更能体现出不同对象的差异性。由表 9 可知, r_i 值的最大差异值为

16.05%, r_i' 值的最大差异值为 35.13%, 说明在灰色关联度分析中, 基于熵权的加权系数法比等权系数法更能表现出各品种的差异性。 C_i 值的最大差异值为 65.07%, 均高于 r_i 值和 r_i' 值的最大差异值, 说明 DTOPSIS 法的综合评价效果要比灰色关联度法更好。DTOPSIS 法和灰色关联度分析法综合了各品种所有评价指标的表现, 在品种评价上具有更强的可靠性。

2.6.3 不同分析方法下的综合评价 对表 9 的数据进一步比较可以看出, 龙盛 9 号、龙盛佳力、龙胜佳品、龙盛 184、京美 10K02、京美 10K03、京美 11K 共 7 个品种各自的 C_i 值和 r_i' 值排名完全一致, 京美 8K、京美 10K01 和糖王 9 号共 3 个品种各自的 C_i 值和 r_i' 值排名仅相差 1 名, 龙盛佳

越、鄂抗 1 号、陕农 11、京美 12K 和糖王 1 号共 5 个品种各自的 C_i 值和 r_i' 值排名仅相差 2 名, 龙盛佳华的 C_i 值和 r_i' 值排名相差 3 名, 京美 9K 和糖王 12 的 C_i 值和 r_i' 值排名相差 4 名, 说明基于熵权的 DTOPSIS 法和灰色关联度分析法的评价结果基本一致。其中, 京美 10K02 的 C_i 值和 r_i' 值排名均为第 1, 说明此品种在所有参试品种中综合表现最优。京美 11K 的 C_i 值和 r_i' 值排名均为第 3, 龙盛佳越的 C_i 值排名第 2、 r_i' 值均排名第 4, 龙盛佳华的 C_i 值排名第 4、 r_i' 值均排名第 7, 说明上述 3 个品种的综合表现均较为优秀。此外, 龙盛佳越的 r_i 值排名分别为第 1、单瓜重排名第 4, 龙盛佳华的 r_i 值排名第 3、单瓜重排名第 2, 说明这两个品种在所有参试品种中具有较高的产量。

表 9 不同分析方法结果比较

品种名称	单瓜重		DTOPSIS 法		灰色关联分析法			
	排名	显著性	排名	C_i 值差异值/%	排名	等权关联系数 r_i 差异值/%	排名	加权关联系数 r_i' 差异值/%
龙盛 9 号	10	11.52 cdeBCD	11	42.10	10	9.12	11	28.36
龙盛佳力	8	11.78 bcdBC	12	43.35	7	6.56	12	29.28
龙盛佳越	4	12.37 abcAB	2	8.32	1	0.00	4	15.35
龙盛佳品	11	11.43 defBCD	13	48.04	12	10.33	13	30.87
龙盛佳华	2	13.03 aA	4	20.71	3	3.14	7	18.63
龙盛 184	14	10.81 efgCDE	18	65.07	15	12.42	18	35.13
鄂抗 1 号	1	13.04 aA	10	37.21	2	2.88	8	20.79
陕农 11	17	10.59 fgDE	15	51.41	16	14.06	17	34.89
京美 8K	16	10.77 efgCDE	16	52.33	14	11.18	15	32.24
京美 9K	3	12.57 abAB	5	21.91	6	6.27	9	21.66
京美 10K01	14	10.81 efgCDE	9	32.86	17	15.76	10	28.05
京美 10K02	18	10.14 gE	1	0	4	4.09	1	0
京美 10K03	5	12.25 abcdAB	14	51.03	9	7.66	14	31.52
京美 11K	12	10.83 efgCDE	3	13.07	13	10.83	3	12.99
京美 12K	12	10.83 efgCDE	8	30.07	11	10.21	6	18.34
糖王 1 号	6	12.00 bcdAB	7	29.95	5	6.18	5	16.33
糖王 9 号	9	11.57 cdeBCD	17	61.60	18	16.05	16	34.43
糖王 12	7	11.87 bcdBC	6	24.94	8	6.60	2	6.28

注: 差异值(%) = $[\max C_i(\text{或 } r_i \text{ 或 } r_i') - \text{各品种的 } C_i(\text{或 } r_i \text{ 或 } r_i')]/\max C_i(\text{或 } r_i \text{ 或 } r_i') \times 100$ 。

3 结论与讨论

品种的综合评价是新品种审定和推广的前提, 其目的是鉴定不同生态区内品种的产量、适应性等表现, 为品种的区域布局和生产推广提供依

据。以产量高低评价品种优劣一直是常用的筛选方法, 但产量易受到样本大小、测量误差等因素干扰。如何选择合适的评价指标并应用科学、快速的评价方法, 对品种进行全面、客观地综合评价,

始终是农业科技工作者关注的一个问题。杨光华^[18]等选择单瓜重、中心糖含量、果皮厚度等8个农艺性状对8个西瓜品种进行综合评估,筛选出适合三亚地区种植的西瓜品种。张先亮^[19]等选择单瓜重、中心糖含量、边糖含量、果皮厚度等10个农艺性状对4个西瓜品种进行评价,认为西瓜品种菊城龙旋风的综合性状最优秀,适合在开封乃至河南地区推广种植。本研究中选择指标是基于当地瓜农的选种标准,选择了单瓜重、果皮厚度等6个农艺性状作为评价指标,并将外观质量、内在口感两个主观打分项列为评价指标,指标的选择既包含品种的田间表现,又兼顾市场导向和瓜农需求,与生产实际相接近,具有较强的代表性。

本研究首次将DTOPSIS法和灰色关联度分析法同时应用到西瓜综合评价中。DTOPSIS法和灰色关联度分析法都是应用灰色理论,它们通过对数据的无量纲化处理,将品种“综合性状”这一模糊指标量化为参试品种与理想品种的相对接近程度,解决了各个指标间没有统一的度量标准而难以比较的问题,为品种综合评价提供了较为准确的依据^[20]。因此,这两种方法较仅依据单一性状表现进行优先度排序更为客观、准确。在DTOPSIS法和灰色关联度分析法的应用中,评价指标权重赋值大小非常重要,关系到品种的综合评价结果,但目前权重赋值尚无统一标准。熵权法是一种客观赋权方法,其权重计算完全按照指标间数值的离散程度来设置。利用熵权法计算各指标的权重,既可以发挥DTOPSIS法和灰色关联度分析法在小样本数据分析中的优势,又能有效排除人为干扰因素,提高了评价的科学性和客观性。

本研究鉴定出龙盛佳越、京美10K02和龙盛佳华表现优秀,其中龙盛佳越是东北地区大面积推广品种;京美10K02在山东、吉林等地表现优秀,开始在全国显出良好推广势头;龙盛佳华在黑龙江等地表现优秀。这一结果与生产实际是相符的,说明采用基于熵权的DTOPSIS法和灰色关联度分析法对西瓜进行综合评价是科学的,同时也表明上述品种可以在山东省昌乐县及周边西瓜产区进一步示范推广。

参考文献:

- [1] 范敏,郭平安,何艳军,等.浙江西瓜研究70年发展回顾与展望[J].中国瓜菜,2019,32(8):31-35.
- [2] 杨昆,吴才文,覃伟,等.DTOPSIS法和灰色关联度法在甘蔗新品种综合评价中的应用比较[J].西南农业学报,2015,28(4):1542-1547.
- [3] 陈慧,王冀川.基于灰色关联度及DTOPSIS法的南疆冬小麦品种的综合评判[J].江苏农业科学,2019,47(10):102-108.
- [4] 杨丽娟,付亮,蒋志凯,等.2016—2018年度国家区试小麦品种品质性状灰色关联度分析与评价[J].中国农学通报,2020,36(19):135-140.
- [5] 叶开梅,陈泽辉,祝云芳,等.基于主成分分析与灰色关联度分析的玉米自交系综合评价[J].种子,2019,38(10):87-92,96.
- [6] 郭永忠,杨彩霞,邹军,等.灰色局势决策在玉米品种综合评价中的应用[J].西北农业学报,2007(4):92-95.
- [7] 刘建娜,何春伟,康同五.灰色局势决策在玉米新品种评价中的应用初探[J].玉米科学,2006(2):50-52.
- [8] 卫勇强,赵保献,雷晓兵,等.灰色关联度分析和DTOPSIS法综合评价玉米新品种[J].江西农业学报,2009,21(6):11-14.
- [9] 蒋聪,刘慰华,杨旭昆,等.灰色关联度分析和DTOPSIS法在云南粳稻品种综合评价中的应用[J].西南农业学报,2020,33(5):907-912.
- [10] 林彦宇,张忠学,徐丹,等.基于熵权的灰色关联模型在水稻栽培中的评价[J].农机化研究,2014,36(7):54-56,66.
- [11] 侯乐新,郭巍杰,王培田.灰色局势决策在大豆新品种评价中的应用初探[J].河南农业科学,2004(9):31-33.
- [12] 管凯,周青,张志民,等.灰色关联度和DTOPSIS法综合分析河南区域试验中大豆新品种(系)的农艺性状表现[J].大豆科学,2018,37(5):664-671.
- [13] 刘瑞显,张国伟,杨长琴.基于熵权理论的灰色关联度法在棉花耐盐性评价中的应用[J].核农学报,2017,31(2):402-409.
- [14] Fatemeh B, Ali R S. Identification of a gene set associated with colorectal cancer in microarray data using the entropy method[J]. Cell Journal, 2019, 20(4): 569-575.
- [15] Zhou F, Sun S, Zhu G. Evaluation of the development of circular agriculture in Chongqing City based on entropy method[J]. Asian Agricultural Research, 2014, 6(9): 54-59.
- [16] Li P Y, Wu J H, Qian H. Groundwater quality assessment based on entropy weighted osculating value method[J]. International Journal of Environmental Sciences, 2010, 1(4): 621-630.
- [17] Su X, Yang W. Entropy method based evaluation for plant landscape in tourist scenic spots[J]. Asian Agricultural Research, 2017, 9(9): 36-39, 46.
- [18] 杨光华,王学林,曹明,等.基于灰色关联分析的西瓜品种综合评估[J].北方园艺,2018(7):22-26.
- [19] 张先亮,吴占清,霍治邦,等.西瓜新品种的灰色关联度多

维综合评估[J]. 山西农业科学, 2014, 42(10): 1067-1070.

在新引烤烟新品种综合评价中的应用比较[J]. 中国烟草学报, 2012, 18(4): 35-40.

[20] 李彦平, 李淑君, 吴娟霞, 等. DTOPSIS 法和灰色关联度法

Application of DTOPSIS Method and Grey Relational Analysis Based on Entropy Weight in Comprehensive Evaluation of Watermelon Varieties

ZHAO Ping¹, LI Xue-tao², KANG Zhen-you¹, FENG Yan-qing³, CUI Fang-rang³, HAN Jing-feng³

(1. Changle Watermelon Research Institute, Changle 262400, China; 2. Weifang Agriculture and Rural Bureau, Weifang 261061, China; 3. Changle Agriculture and Rural Bureau, Changle 262400, China)

Abstract: In order to provide basis and method for identifying and estimating the new watermelon varieties, DTOPSIS method and grey relational analysis based on entropy weight were applied to the analysis and evaluation of watermelon varieties. The methods were used to evaluate eighteen watermelon varieties from 8 indexes, such as fruit weight, fruit rind thickness, soluble solid content, quality and taste. The results showed that Longshengjiayue, Jingmei 10K02 and Longshengjiahua were suitable for planting in Changle and surrounding areas. Comparison results between these two methods showed that the biggest difference of C_i value in DTOPSIS method was 65.07%, but the biggest difference of the weighting correlation number r'_i in grey relational analysis had only 35.13%. The results of correlation analysis showed that the varieties had a consistent ranking in the calculation method of DTOPSIS method and grey relational analysis based on entropy weight, and were not consistent with the rankings based simply on the fruit weight of the varieties. Both of the DTOPSIS method and grey relational analysis can make scientific comprehensive evaluation of watermelon varieties, among which the DTOPSIS method has a relatively better evaluation effect.

Keywords: watermelon; comprehensive evaluation; grey relational degree analysis; DTOPSIS method; entropy

(上接第 78 页)

Establishment of Rapid Propagation System in Raspberry Tissue Culture by Orthogonal Experiment

WANG Yu

(Horticultural Branch of Heilongjiang Academy of Agriculture Sciences, Harbin 150069, China)

Abstract: To promote the factory seedling cultivation of raspberry, the raspberry varieties of "Double-season 2381" and "Single-season 1132", introduced from Russia were used as experimental materials. The stem segment was used as explants. The orthogonal experiment was used to screen the best culture medium of axillary bud germination, cluster bud proliferation and tissue culture seedling rooting, so as to establish the technology system of rapid propagation. The results showed that the best medium of axillary bud germination "Double-season 2381" was 6-BA $1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ + NAA $0.3 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, and "Single-season 1132" was 6-BA $1.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ + TDZ $0.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ + NAA $0.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, the germination rate was 91.7% and 92.3%, respectively, the growth rate of the axillary buds was fast and the leaf color was green. The best medium of cluster bud proliferation "Double-season 2381" was 6-BA $2.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ + TDZ $0.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ + NAA $0.1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, "Single-season 1132" was 6-BA $1.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ + TDZ $1.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ + NAA $0.3 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, the multiplication coefficients were 6.7 and 6.2, respectively, the growth rate of cluster buds was fast and the leaf color was green. The best medium of tissue culture seedling rooting "Double-season 2381" and "Single-season 1132" were $1/2\text{MS}$ + IBA $0.2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, the rooting rate was 96.9% and 95.1%, respectively, the rooting speed of tissue culture seedlings was fast and the leaf color was green.

Keywords: raspberry; orthogonal experiment; tissue culture; optimization medium