

# 新疆阿克苏地区春油菜品种鉴定及综合评价

郭文博<sup>1</sup>, 李海峰<sup>1</sup>, 温云梦<sup>1</sup>, 付彦博<sup>2</sup>, 扁青永<sup>2</sup>,  
刘志刚<sup>1</sup>, 朱锦泉<sup>2</sup>, 魏彦宏<sup>2</sup>, 刘国宏<sup>1</sup>

(1.新疆农业科学院吐鲁番农业科学研究所,新疆吐鲁番838000; 2.新疆农业科学院拜城农业试验站,新疆阿克苏842304)

**摘要:**针对新疆油菜目前存在品种混杂退化、单产偏低、含油量偏低、品质低、高产品种缺乏等问题,以67个高产高抗的春油菜品种为供试材料,以一级分枝数、二级分枝数、有效分枝总数、株高、主序角果数、主序长度、每角粒数、单株角果数、千粒重、产量及倒伏率等指标为鉴定依据,采用加权隶属函数、主成分分析、相关性分析和聚类分析进行综合评价,以期建立新疆油菜综合评价指标体系,筛选出适宜新疆栽培的高产油菜品种。结果表明:参试品种的产量范围为1 857~5 314.5 kg·hm<sup>-2</sup>,变异系数为0.151。油菜有效分枝总数、株高、茎粗、主序角果数、每角粒数、单株角果数、产量和倒伏率可以作为衡量春油菜综合评分的主要性状,其中有效分枝总数和每角粒数与综合评价(D值)相关系数最高,分别达到0.82和0.81( $P<0.01$ )。通过逐步回归分析构建回归方程发现,各品种估计精度高于90%,表明构建的回归方程中14个农艺参数对油菜高产性具有较明显影响,该方程也可用于油菜高产评价。根据各品种的综合表现,鉴定出‘青杂12号’和‘陇油19号’为适宜在新疆阿克苏地区种植的春油菜品种。

**关键词:**春油菜;品种鉴定;综合评价;新疆阿克苏地区

**中图分类号:**S565.4; S338 **文献标志码:**A

## Identification and comprehensive evaluation of spring rapeseed varieties in Aksu region of Xinjiang

GUO Wenbo<sup>1</sup>, LI Haifeng<sup>1</sup>, WEN Yunmeng<sup>1</sup>, FU Yanbo<sup>2</sup>, BIAN Qingyong<sup>2</sup>,  
LIU Zhigang<sup>1</sup>, ZHU Jinquan<sup>2</sup>, WEI Yanhong<sup>2</sup>, LIU Guohong<sup>1</sup>

(1. Institute of Turpan Academy of Agricultural Sciences, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Turpan, Xinjiang 838000, China; 2. Baicheng Agricultural Experimental Station, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Aksu, Xinjiang 842304, China)

**Abstract:** Xinjiang oilseed rape currently faces challenges such as mixed varieties and degradation, low yields, low oil content, low quality, and a lack of high-yielding varieties. It is essential to establish a comprehensive evaluation index system for oilseed rape in Xinjiang to identify high-yield oilseed rape varieties suitable for cultivation in the region. In this experiment, 67 high-yielding and high-resistant spring rapeseed varieties were selected as study materials. Eleven parameters were selected for evaluation based on the identification criteria, including the number of primary branches, the number of secondary branches, the total number of effective branches, plant height, the number of angular fruits in the main sequence, the length of the main sequence, the number of grains per angle, the number of angular fruits per plant, thousand-grain weight, production and yield, and the lodging rate. Various methods, such as weighted subordinate functions, principal component analysis, correlation analysis, and cluster analysis, were used to conduct a thorough evaluation. The results showed that the yields of the tested varieties ranged from 1 857~5 314.5 kg·hm<sup>-2</sup> with a coefficient of variation of 0.151. The total effective branches, plant height, stem thickness, number of angiosperms in the main sequence, number of kernels per angiosperm, number of angiosperms per plant, yield, and collapse rate of spring rape were used as the main traits to measure the

收稿日期:2024-04-07

修回日期:2024-07-05

基金项目:新疆维吾尔自治区重大科技专项(2022A02008-6)

作者简介:郭文博(1996-),男,甘肃白银人,硕士,主要从事作物栽培生理研究。E-mail:gwbo0903@163.com

通信作者:刘国宏(1979-),男,新疆奇台人,研究员,主要从事土壤耕作与水肥高效利用研究。E-mail:lghdjs@163.com

comprehensive score of spring rape. Among these factors, the total number of productive branches and the number of grains per spike showed the highest correlation coefficients with the comprehensive evaluation ( $D$  value), reaching 0.82 and 0.81 ( $P < 0.01$ ), respectively. The regression equation was constructed using stepwise regression analysis. The estimation accuracy for each variety exceeded 90%, suggesting that the 14 agronomic parameters in the equation significantly influenced the yield of rapeseed. Moreover, the equation was also used to assess high yield of rapeseed. Finally, based on the comprehensive performance of the varieties, 'Qingza 12' and 'Longyou 19' were identified as suitable for planting in the Aksu region of Xinjiang.

**Keywords:** spring rapeseed; variety identification; comprehensive evaluation; Aksu region of Xinjiang

油菜是我国第一大油料作物,种植面积达 725.3 万  $\text{hm}^2$ <sup>[1]</sup>,2022 年我国国产油料榨油量为 1553.1 万吨,占全国食用油消费总量的 29%,是我国重要的食用油来源<sup>[2]</sup>。甘蓝型油菜 (*Brassica napus* L.) 具有高产高抗的优良品种特性,已成为我国栽培面积最大的油菜品种<sup>[3]</sup>。针对目前新疆地区油菜存在的品种混杂退化、单产偏低、含油量偏低、品质低、高产高油品种缺乏等问题<sup>[4]</sup>,广泛收集区内外油菜种质资源,建立新疆油菜综合评价指标体系,筛选适宜新疆产区栽培的高产高抗油菜品种,对提高新疆油菜经济效益、推动油菜产业技术创新、助力新疆油料产业高质量发展具有重要意义。

作物的遗传多样性导致作物易受外界环境影响<sup>[5]</sup>。因气候条件与生态环境不同<sup>[6]</sup>,不同种植区引入的优质油菜品种会表现出与原产地较大的差异<sup>[7]</sup>。目前用于作物品种筛选的方法较多,其中高稳系数法仅采用单一指标评价作物的稳产性和高产性<sup>[8]</sup>;最小离差平方和聚类分析法<sup>[9]</sup>、主成分分析和隶属函数法<sup>[10]</sup>、同异联系势分析法对典型的概率分布较高,限于品种间进行;DTOPSIS 法对参考性状的选择和权重大小的确定要求较高<sup>[11-12]</sup>;灰色关联度分析法易受主观影响<sup>[13-14]</sup>。本研究选择  $K$  均值聚类,结合主成分分析和相关性分析对隶属函数进行加权后综合评价赋值( $D$  值),建立油菜高产品种筛选体系,然后通过逐步回归分析<sup>[14]</sup>构建  $D$  值的回归方程,并进行估计精度的预测,利用该方程求得产量综合评价回归值( $D$  值),也可预测其它油菜品种的高产性。

为更有效地收集和利用新疆内外不同生态区的油菜品种,本研究从甘肃、陕西、湖北、青海、新疆等地区引入 67 个春油菜品种,在新疆阿克苏地区拜城县进行区域试验,调查记录各品种的生育期,测定其产量构成因子及抗倒伏性,通过整合的数学综合评价模型,建立新疆春油菜高产品种的筛选体系,构建油菜高产评价的回归方程,以期筛选出适宜新疆种植的高产高抗春油菜品种,为当地新品种

的筛选提供理论依据与技术支持。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料与试验地概况

1.1.1 试验材料 参试油菜品种共 67 份,其中甘蓝型油菜 66 个,芥菜型油菜('拜城黄')1 个,具体品种名称及来源见表 1。

1.1.2 试验地概况 试验于 2023 年在新疆阿克苏地区拜城县新疆农科院拜城农业试验站示范园区(41°79'N,81°87'E)进行,该地区属大陆性温带干旱型气候,无霜期 133~163 d,年均降水量 171.13 mm。试验地土壤为棕漠土,含有机质 27.84  $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,碱解氮 55  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,速效磷 38.2  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,速效钾 139  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,pH 值为 8.28,电导率 329  $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ 。2023 年试验地气象资料源于 WheatA 小麦芽-农业气象大数据系统(图 1)。

### 1.2 试验方法

1.2.1 试验设计 试验采用完全随机区组设计,每个品种种植 1 个小区,小区面积为 18  $\text{m}^2$ (3 m×6 m),重复 3 次。油菜于 2023 年 4 月 11—12 日播种,人工条播,行距 20 cm,播种密度为  $6 \times 10^5$  株· $\text{hm}^{-2}$ ,8 月 10 日完成全部的收获工作。前茬作物为玉米,未使用封闭除草剂。整地前施用 375  $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  磷酸二铵做基肥,蕾薹期追施 150  $\text{kg} \cdot \text{hm}^2$  尿素(N 46%)和 75  $\text{kg} \cdot \text{hm}^2$  复合肥(N :  $\text{P}_2\text{O}_5$  :  $\text{K}_2\text{O}$  = 12% : 13% : 25%)。灌溉采用滴灌方式,铺设模式为一管四行,苗期灌水 300  $\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ ,蕾薹期灌水 525  $\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ ,开花期灌水 375  $\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ ,成熟期灌水 300  $\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

1.2.2 试验取样 各试验小区随机选择 3 个样方,进行人工收获,清点株数,晾晒干燥后进行人工脱粒,筛除破碎的果荚及瘪粒,称重后获得单个样方的实收产量<sup>[9]</sup>。在油菜成熟期收取代表性植株 10 株,测定株高、分枝高度、一级有效分枝数、二级有效分枝数、有效分枝总数、茎粗、主序角果数、主序角果长度、角果长度、每角粒数、单株角果数、千粒重、单

株产量<sup>[15]</sup>,每个小区 15 次重复。在油菜生育期发生田间实际倒伏起开始调查田间倒伏率,油菜植株与地面的夹角小于 45°即定义为倒伏植株<sup>[16]</sup>。

1.2.3 油菜品种综合评价赋值 采用加权隶属函数法,将各指标进行综合评价赋值(D 值)<sup>[17]</sup>,计算公式如下:

表 1 参试春油菜名称及来源

Table 1 Name and source of tested spring rapeseed

编号 Code	材料名称 Material name	材料来源 Source of material	编号 Code	材料名称 Material name	材料来源 Source of material
C07	陇油 10 号 Longyou 10		C33	陇油杂 1 号 Longyouza 1	
C65	冠油杂 303 Guanyouza 303		C14	陇油杂 2 号 Longyouza 2	甘肃福成农业科技开发有限公司
C67	冠油杂 701 Guanyouza 701	甘肃汇丰种业有限责任公司	C15	陇油杂 3 号 Longyouza 3	Gansu Fucheng Agricultural Science and Technology Development Limited Company
C49	汇丰一号 Huifeng 1	甘肃汇丰种业有限责任公司	C66	福油 1 号 Fuyou 1	
C26	汇丰二号 Huifeng 2	甘肃汇丰种业有限责任公司	C43	福油 2 号 Fuyou 2	
C04	陇油 11 号 Longyou 11		C46	福油 5 号 Fuyou 5	
C02	陇油 19 号 Longyou 19		C05	鸿油 88 Hongyou 88	陕西鸿源种业有限公司
C31	利油杂 1 号 Liyouza 1	湖北利众种业科技有限公司	C11	秦油 558 Qinyou 558	Shaanxi Hongyuan Seed Industry Limited Company
C21	利油杂 3 号 Liyouza 3	湖北利众种业科技有限公司	C22	沔油 306 Fengyou 306	
C56	利油杂 6 号 Liyouza 6	湖北利众种业科技有限公司	C03	圣光 127 Shengguang 127	武汉联农种业科技有限责任公司
C01	青杂 12 号 Qingza 12		C08	华油杂 655R Huayouza 655R	Wuhan Liannong Seed Industry Technology Limited Company
C06	青杂 15 号 Qingza 15		C10	华油杂 62 Huayouza 62	
C23	青杂有限 1 号 Qingzayouxian 1		C13	金油杂 9 号 Jingyouza 9	
C12	青杂 9 号 Qingza 9		C64	饲油 2 号 Siyou 2	
C30	青杂 11 号 Qingza 11	青海互丰农业科技有限公司	C38	华试 1 号 Huashi 1	
C27	青杂 4 号 Qingza 4	青海互丰农业科技有限公司	C47	华试 2 号 Huashi 2	
C29	青杂 5 号 Qingza 5	青海互丰农业科技有限公司	C60	华试 3 号 Huashi 3	
C18	互丰 4 号 Hufeng 4		C42	华试 4 号 Huashi 4	
C63	互丰 5 号 Hufeng 5		C25	华试 5 号 Huashi 5	
C34	互丰 6 号 Hufeng 6		C20	华试 6 号 Huashi 6	湖北国科高新技术有限公司
C57	青杂 7 号 Qingza 7		C19	华试 7 号 Huashi 7	Hubei Guoke High-Tech Limited Company
C24	中油 750 Zhongyou 750		C40	华试 9 号 Huashi 9	
C55	中油 982 Zhongyou 982		C37	华试 10 号 Huashi 10	
C39	大地 199 Dadi 199	武汉市农业科学院	C54	华试 11 号 Huashi 11	
C59	大地 95 Dadi 95	武汉市农业科学院	C41	华试 14 号 Huashi 14	
C48	希望 958 Xiwang 958		C17	华试 20 号 Huashi 20	
C16	希望 122 Xiwang 122		C51	华试 21 号 Huashi 21	
C36	烁洋油 66 Shuofengyou 66		C35	华试 23 号 Huashi 23	
C58	烁洋油 2 Shuofengyou 2		C45	华试 24 号 Huashi 24	
C62	烁洋油 18 Shuofengyou 18		C52	华试 25 号 Huashi 25	
C53	烁洋油 693 Shuofengyou 693	甘肃烁洋种业有限公司	C61	塔油 3 号 Tayou 3	新疆塔城 Tacheng, Xinjiang
C28	云油杂 15 Yunyouza 15	甘肃烁洋种业有限公司	C09	拜城黄 Baichenghuang	新疆拜城 Baicheng, Xinjiang
C44	云油杂 28 Yunyouza 28	甘肃烁洋种业有限公司			
C32	烁洋油 963 Shuofengyou 963				
C50	烁洋油 067 Shuofengyou 067				

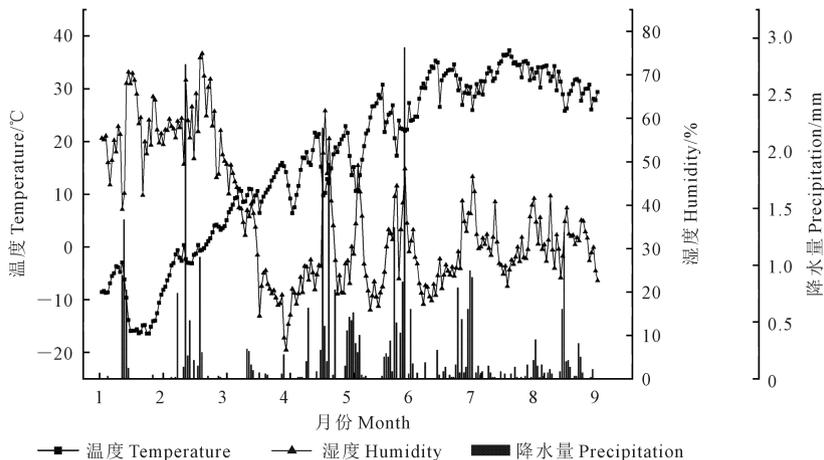


图 1 试验地气象条件

Fig.1 Temperature and humidity conditions of the experimental field

$$u(X_{ij}) = \frac{X_{ij} - X_{j\min}}{X_{j\max} - X_{j\min}} \quad (1)$$

$$u(X_{ij}) = 1 - \frac{X_{ij} - X_{j\min}}{X_{j\max} - X_{j\min}} \quad (2)$$

$$W_j = \frac{CV_j}{\sum_{j=1}^n CV_j} \quad (3)$$

$$D = \sum_{j=1}^n [u(X_{ij}) \times W_j] \quad (4)$$

式中,  $u(X_{ij})$  为各指标隶属函数值;  $X_{ij}$  为  $i$  材料中第  $j$  项指标的测定值;  $X_{j\max}$  和  $X_{j\min}$  分别为供试材料中第  $j$  项指标测定值的最大值和最小值。若所测指标与评价性质正相关, 则采用公式(1)计算隶属函数值, 反之则采用公式(2)计算;  $CV_j$  为供试材料隶属函数值的变异系数;  $W_j$  为  $CV_j$  在总变异中所占的权重;  $D$  为综合评价赋值。

### 1.3 数据处理

使用 WPS 2021 整理计算数据, 用 SPSS 27 统计软件进行描述性统计、 $K$  均值聚类分析、主成分分析、相关性分析及系统聚类分析对品种进行分类, 采用 Origin 2021 绘图。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同春油菜品种产量的 $K$ 均值聚类分析

通过对 67 个春油菜的各性状进行描述性统计分析(表 2), 不同春油菜品种的分枝高度、二级分枝数、有效总分枝数、角果长度、每角粒数、产量和倒伏率均表现出较大差异, 变异系数均大于 0.20, 其中二级分枝数的变异系数明显高于其他性状, 达到 0.62。因此, 二级分枝数是鉴别油菜品种的重要性状。

$K$  均值聚类算法为一种迭代求解的聚类分析算法。如图 2 所示, 根据产量  $K$  均值分析结果将 67 个春油菜品种分成三类, 第一类为高产品种, 包括‘青杂 12 号’、‘陇油 19 号’、‘圣光 127’、‘陇油 11 号’、‘鸿油 88’、‘青杂 15 号’等, 理论产量范围为 3 690.00~5 314.05  $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ; 第二类为较高产品种, 包括‘利油杂 3 号’、‘洋油 306’、‘青杂有限 1 号’、‘中油 750’、‘华试 5 号’、‘汇丰二号’等, 理论产量范围为 2 820~3 675  $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ; 第三类为相对产量较低品种, 包括‘华试 24 号’、‘福油 5 号’、‘华试 2 号’、‘希望 958’、‘汇丰一号’、‘烁洋油 067’等, 产量范围为 1 856.55~2 805  $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

表 2 不同品种油菜各性状的描述性统计分析

Table 2 Descriptive statistics analysis of various traits in different varieties of spring rapeseed

指标 Index	$X_1$ /cm	$X_2$ /Br.	$X_3$ /Br.	$X_4$ /Br.	$X_5$ /cm	$X_6$ /mm	$X_7$ /No.
最小值 Minimum	35.40	3.80	0.00	2.00	102.00	6.45	36.20
最大值 Maximum	89.80	7.60	6.40	13.80	171.00	15.00	78.00
平均值 Average	64.20	5.60	2.30	7.90	148.80	11.10	53.40
标准误差 Standard error	1.60	0.10	0.20	0.30	1.700	0.20	1.20
标准偏差 Standard deviation	12.80	1.00	1.50	2.20	13.70	1.80	9.50
变异系数 Coefficient of variation	0.20	0.18	0.62	0.28	0.09	0.16	0.18

指标 Index	$X_8$ /cm	$X_9$ /cm	$X_{10}$ /No.	$X_{11}$ /No.	$X_{12}$ /g	$X_{13}$ /( $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ )	$X_{14}$ /%
最小值 Minimum	37.40	5.65	120.80	13.30	3.00	1857.00	15.00
最大值 Maximum	78.20	117.30	336.60	28.20	5.30	5314.50	60.00
平均值 Average	57.50	65.60	215.10	22.00	4.10	3297.00	28.60
标准误差 Standard error	0.90	2.40	6.80	0.40	0.10	6.50	1.10
标准偏差 Standard deviation	7.70	19.80	55.50	3.60	0.50	53.6	8.30
变异系数 Coefficient of variation	0.13	0.30	0.26	0.16	0.11	0.24	0.29

注:  $X_1$ : 分枝高度;  $X_2$ : 一级分枝数;  $X_3$ : 二级分枝数;  $X_4$ : 有效分枝总数;  $X_5$ : 株高;  $X_6$ : 茎粗;  $X_7$ : 主序角果数;  $X_8$ : 主序长度;  $X_9$ : 角果长度;  $X_{10}$ : 每角粒数;  $X_{11}$ : 单株角果数;  $X_{12}$ : 千粒重;  $X_{13}$ : 产量;  $X_{14}$ : 倒伏率。下同。

Note:  $X_1$ : Branch height;  $X_2$ : Number of primary effective branches;  $X_3$ : Number of secondary effective branches;  $X_4$ : Total number of effective branches;  $X_5$ : Plant height;  $X_6$ : Stem thickness;  $X_7$ : Number of effective siliques on the main inflorescence;  $X_8$ : Main stem length;  $X_9$ : Silique length;  $X_{10}$ : Number of individual siliques;  $X_{11}$ : Silique Number;  $X_{12}$ : Thousand kernel weight;  $X_{13}$ : Yield;  $X_{14}$ : Lodging rate. The same below.

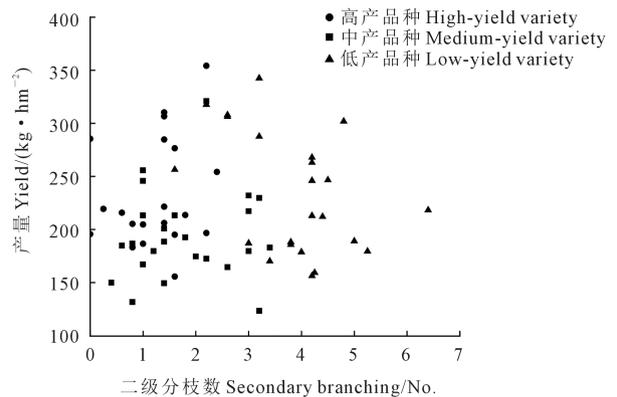


图 2  $K$  均值聚类分析图

Fig.2  $K$  means clustering analysis plot

## 2.2 不同春油菜品种的主成分分析

主成分分析将多个单一指标转化为综合性指标,其中每个主成分都能够反映原始变量的大部分信息,且所含信息互不重复,既能保留原始数据的特征,又体现了相对独立的信息。对67个春油菜品种的14个指标进行主成分分析可知(表3、4),前5个公因子累积贡献率为71.534%,可以概括各指标的总信息量。第1公因子特征值及贡献率分别为3.591和25.650%,主要反映一级分枝数、二级分枝数、有效分枝总数和每角粒数;第2公因子特征值及贡献率分别为2.075和14.823%,主要反映株高、分枝高度及产量;第3公因子特征值及贡献率分别为1.681和12.004%,主要反映角果长度和单株角果数;第4公

因子特征值及贡献率分别为1.467和10.480%,主要反映主序长度;第5公因子特征值及贡献率分别为1.201和8.577%,主要反映产量和倒伏率。

## 2.3 不同春油菜品种的加权隶属函数分析

通过对67个春油菜品种综合性状进行加权隶属函数分析发现(表5),株高的变异系数最小,说明品种间各指标的隶属函数值差异较小,但二级分枝数变异系数最高(0.615),说明品种间各指标的隶属函数值差异最大,是区别品种差异的重要指标。各指标隶属函数值权重( $u$ )表现为二级分枝数>角果长度>有效分枝总数>倒伏率>单株角果数>产量>分枝高度>一级分枝数>主序角果数>每角粒数>茎粗>主序长度>千粒重>株高。

表3 各综合指标贡献率及因子载荷矩阵

Table 3 Contribution of each composite indicator and factor loading matrix

主成分 Principal component	起始特征值 Initial eigenvalue			提取载荷平方和 Extraction eigenvalue		
	特征值 Eigenvalue	贡献率 Contribution rate/%	累积贡献率 Cumulative contribution rate/%	特征值 Eigenvalue	贡献率 Contribution rate/%	累积贡献率 Cumulative contribution rate/%
1	3.591	25.650	25.650	3.591	25.650	25.650
2	2.075	14.823	40.472	2.075	14.823	40.472
3	1.681	12.004	52.477	1.681	12.004	52.477
4	1.467	10.480	62.957	1.467	10.480	62.957
5	1.201	8.577	71.534	1.201	8.577	71.534
6	0.925	6.608	78.142			
7	0.766	5.469	83.611			
8	0.632	4.516	88.127			
9	0.589	4.207	92.334			
10	0.413	2.947	95.281			
11	0.318	2.269	97.550			
12	0.249	1.777	99.327			
13	0.063	0.454	99.781			
14	0.031	0.219	100.000			

表4 各综合指标的负荷量及权重

Table 4 Load capacity and weight for each composite indicator

指标 Index	负荷量 Load capacity					综合主成分值 Comprehensive principal component value	权重 Weight/%
	1	2	3	4	5		
$X_1$	-0.035	0.284	-0.119	0.035	-0.068	1.674	0.038
$X_2$	0.113	-0.017	-0.139	-0.148	0.047	-0.153	-0.003
$X_3$	0.122	-0.101	-0.041	0.058	-0.016	1.598	0.036
$X_4$	0.132	-0.075	-0.099	-0.029	0.033	1.080	0.024
$X_5$	0.056	0.208	-0.040	0.280	-0.211	5.169	0.116
$X_6$	0.036	0.027	0.151	-0.266	-0.367	-2.796	-0.063
$X_7$	0.070	0.137	0.211	0.042	-0.109	5.871	0.132
$X_8$	0.051	-0.019	0.184	0.387	-0.162	5.897	0.133
$X_9$	-0.012	0.020	0.343	-0.072	0.051	3.793	0.085
$X_{10}$	0.126	-0.013	0.049	-0.002	0.137	4.767	0.107
$X_{11}$	0.025	0.078	0.265	-0.185	0.288	5.510	0.124
$X_{12}$	0.028	0.147	-0.054	-0.233	-0.016	-0.330	-0.007
$X_{13}$	0.039	0.208	-0.088	-0.007	0.387	6.250	0.141
$X_{14}$	-0.016	-0.030	0.073	0.207	0.463	6.148	0.138

表 5 67 个春油菜品种综合性状的加权隶属函数值

Table 5 Weight affiliation function values of 67 spring rapeseed varieties for composite traits

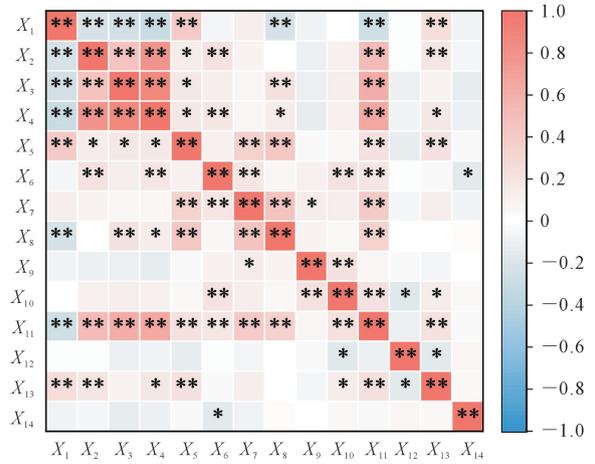
指标 Index	平均值 Mean	标准差 Standard deviation	变异系数 Coefficient of variation	权重 Weight
$X_1$	64.207	12.678	0.197	0.054
$X_2$	5.608	0.981	0.175	0.048
$X_3$	2.344	1.442	0.615	0.168
$X_4$	7.901	2.224	0.281	0.077
$X_5$	148.846	13.645	0.092	0.025
$X_6$	11.023	1.768	0.160	0.044
$X_7$	53.363	9.433	0.177	0.048
$X_8$	57.507	7.599	0.132	0.036
$X_9$	65.644	19.676	0.300	0.082
$X_{10}$	215.063	55.131	0.256	0.070
$X_{11}$	21.983	3.583	0.163	0.045
$X_{12}$	4.130	0.466	0.113	0.031
$X_{13}$	219.802	53.191	0.242	0.066
$X_{14}$	28.582	8.232	0.288	0.073

## 2.4 不同春油菜品种的相关性分析

通过 67 个春油菜品种综合性状与  $D$  值的相关性分析发现(图 3),  $D$  值主要与一级分枝数、二级分枝数、有效分枝总数、株高、主序角果数、主序长度、每角粒数、单株角果数、产量存在极显著正相关关系( $P<0.01$ ), 其中有效分枝总数与每角粒数相关系数最高, 分别达到 0.82 和 0.81。值得注意的是, 每角粒数与分枝数、主序角果数也存在极显著正相关关系( $P<0.01$ ), 单株角果数也与主序长度间存在极显著正相关关系( $P<0.01$ )。

## 2.5 高产春油菜品种的聚类分析与综合评价

为达到高产的鉴定目标, 将通过  $D$  值聚类分析绘制谱系图(图 4), 将  $K$  均值聚类分析中得到的高产品种分为三类, A 类为在干旱种植区综合性状表现相对较优的品种, 包括‘青杂 12 号’、‘陇油 19 号’、‘陇油 11 号’、‘青杂 15 号’、‘华油杂 655R’、‘拜城黄’、‘华油杂 62 号’、‘陇油杂 2 号’、‘华试 7 号’、‘华试 6 号’、‘陇油杂 3 号’, 共 11 个; B 类为在干旱种植区综合性状表现中等的品种, 包括‘圣光 127’、‘鸿油 88’、‘秦油 558’、‘青杂 9 号’、‘金油杂 9 号’、‘互丰 4 号’、‘陇油 10 号’、‘希望 122’, 共 8 个; C 类为表现相对较差的品种‘华试 20 号’。中轴散点图结果表明, ‘青杂 12 号’、‘陇油 19 号’、‘圣光 127’、‘陇油 11 号’、‘鸿油 88’、‘青杂 15 号’、‘华油杂 655R’、‘拜城黄’等品种的产量及  $D$  值相对较高, 综合其聚类和中轴散点图所得结果鉴定出‘青杂 12 号’和‘陇油 19 号’两个表现较优品种(图 5)。



注:  $X_1$ : 分枝高度;  $X_2$ : 一级分枝数;  $X_3$ : 二级分枝数;  $X_4$ :

有效分枝总数;  $X_5$ : 株高;  $X_6$ : 茎粗;  $X_7$ : 主序角果数;  $X_8$ : 主序长度;  $X_9$ : 角果长度;  $X_{10}$ : 每角粒数;  $X_{11}$ : 单株角果数;  $X_{12}$ : 千粒重;  $X_{13}$ : 产量;  $X_{14}$ : 倒伏率。\* 和 \*\* 分别表示在  $P<0.05$  和  $P<0.01$  水平差异显著。

Note:  $X_1$ : Branch height;  $X_2$ : Number of primary effective branches;  $X_3$ : Number of secondary effective branches;  $X_4$ : Total number of effective branches;  $X_5$ : Plant height;  $X_6$ : Stem thickness;  $X_7$ : Number of effective siliques on the main inflorescence;  $X_8$ : Main stem length;  $X_9$ : Silique length;  $X_{10}$ : Number of individual siliques;  $X_{11}$ : Silique Number;  $X_{12}$ : Thousand kernel weight;  $X_{13}$ : Yield;  $X_{14}$ : Lodging rate. \* and \*\* indicate significant differences at the  $P<0.05$  and  $P<0.01$  level, respectively.

图 3 67 个春油菜品种综合性状与  $D$  值的相关性分析  
Fig.3 Correlation analysis of 67 spring rapeseed varieties in terms of composite traits and  $D$  value

## 2.6 不同春油菜品种逐步回归分析

通过进一步分析各单项农艺参数与油菜各品种特性之间的关系, 筛选可靠的鉴定油菜高产的农艺参数, 建立油菜高产的数学模型, 将高产综合评价  $D$  值作为因变量, 各单项农艺参数的产量构成因子系数为自变量, 利用逐步回归分析法建立最优回归方程(式 5), 而后利用建立的回归方程对油菜高产进行预测, 对回归方程的估计精度进行评价, 表明各品种的估计精度均可达到 90% 以上, 本研究构建的回归方程中 14 个农艺参数对油菜高产性具有较明显影响, 该方程也可用于油菜高产评价。

$$D_1 = 0.001 + 1.381X_1 + 1.378X_2 + 1.024X_3 + 0.812X_4 + 0.065X_5 + 1.054X_6 + 0.855X_7 + 1.425X_8 + 1.021X_9 + 1.037X_{10} + 0.91X_{11} - 0.001X_{12} + 0.89X_{13} + 1.044X_{14}$$

$$(R^2 = 0.994, P < 0.001)$$

(5)

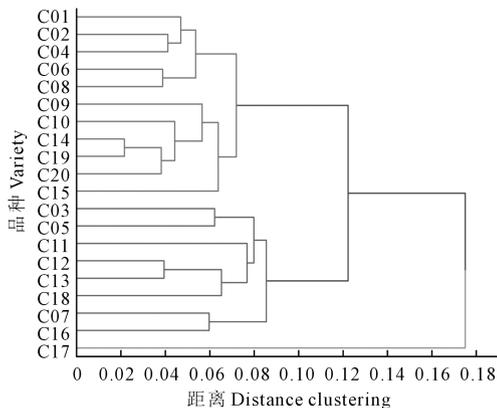


图 4 20 个高产春油菜品种的综合评价聚类分析

Fig.4 Cluster analysis of the comprehensive evaluation of 20 high-yielding spring rapeseed varieties

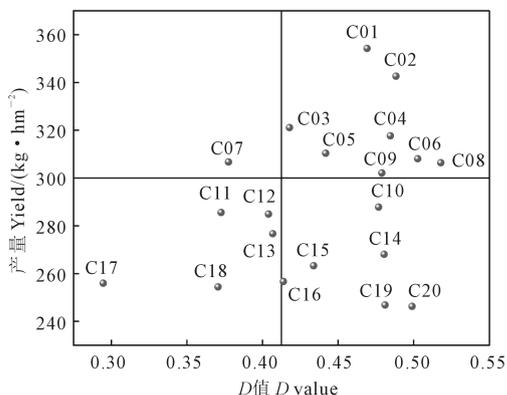


图 5 D 值与油菜产量间的中轴散点图

Fig.5 Scatterplot of the median axis between D value and spring rapeseed yield

式中,  $D_1$  为构建的油菜高产评价数学模型的综合评价回归值,  $X_1$  代表分枝高度,  $X_2$  代表一级分枝数,  $X_3$  代表二级分枝数,  $X_4$  代表有效分枝总数,  $X_5$  代表株高,  $X_6$  代表茎粗,  $X_7$  代表主序角果数,  $X_8$  代表主序长度,  $X_9$  代表角果长度,  $X_{10}$  代表单株角果数,  $X_{11}$  代表每角粒数,  $X_{12}$  代表千粒重,  $X_{13}$  代表产量,  $X_{14}$  代表倒伏率, 是评价油菜高产的主要性状。

### 3 讨论

新疆油菜生产目前存在品种混杂退化、单产偏低、含油量偏低、品质低、高产品种缺乏等问题<sup>[18]</sup>, 收集区内外油菜种质资源, 建立新疆油菜综合评价指标体系, 鉴定适宜新疆栽培的高产油菜品种已成为当务之急。在不同的土壤类型和气候条件下, 同一品种的产量表现存在差异<sup>[19]</sup>, 这在前人对不同生态气候下小麦<sup>[20]</sup>、白蜡<sup>[21]</sup> 等作物的研究中得到证实。鉴定的高产品种配合合理的栽培制度才能保证高产<sup>[22]</sup>。本研究对引进的 67 个春油菜品种的产量构成因子进行描述性统计分析发现, 不同春油菜品种的分枝高度、二级分枝数、有效总分枝数、角果长度、每角粒数、产量和倒伏率均有着较大差异, 其中二级分枝数变异系数达到 0.62, 表明各品种的差异较大, 这些指标对鉴定春油菜高产品种具有重要意义。这与李辉等<sup>[23]</sup> 在北方寒旱区甘蓝型冬油菜的产量评价研究结果一致。

油菜的产量构成主要有株高、分枝高度、一级有效分枝数、二级有效分枝数、有效分枝总数<sup>[24]</sup>、茎粗、主序角果数、主序长度、角果长度、每角粒数、单株角果数、千粒重<sup>[25]</sup> 和产量, 而倒伏会增加油菜的机械损失率从而降低油菜产量<sup>[26-28]</sup>。为精确筛选指标, 本研究对 67 个春油菜品种的 14 个指标进行

主成分分析, 将 14 个指标归为 5 个公因子, 但总贡献率偏低 (71.534%); 且部分品种产量构成因子间存在较大差异, 一方面可能是品种区域适应性不同造成的, 如青杂系列来自高海拔地区, 而华油杂系列更适应长江中下游地区的气候条件; 另一方面可能是品种的感温性和感光性存在差异, 如供试的陇油系列是春油菜, 而华油杂系列属于半冬性油菜; 此外还可能是本研究的种植密度与适宜种植密度存在差异, 最终导致产量构成差异明显。

模糊隶属函数在品种鉴定和抗性资源筛选中应用较广<sup>[29]</sup>。本研究利用隶属函数对参试品种的主成分分析结果进行分级评价发现, 所有产量构成指标中, 二级分枝数变异系数最高 (0.615), 说明品种间该指标的隶属函数值差异最大, 是区别各品种的重要指标, 这也与李小勇等<sup>[30]</sup> 的研究结果一致。聚类分析是将具有相近特征种质资源合为一类的分类方法<sup>[31]</sup>。本研究中聚类分析及产量与综合表现 D 值的中轴双标图联合分析结果表明, ‘青杂 12 号’ 和 ‘陇油 19 号’ 更适宜在新疆阿克苏地区种植。通过逐步回归分析构建的回归方程对油菜进行高产预测, 同时对回归方程的估计精度进行评价, 各品种的估计精度均能达到 90% 以上, 表明本研究构建的回归方程中的 14 个农艺参数对油菜高产性具有明显影响, 该方程可用于油菜高产评价。

### 4 结论

通过加权隶属函数对引进的 67 份春油菜进行品种鉴定及综合评价, 得到有效分枝总数、株高、茎粗、主序角果数、每角粒数、单株角果数、产量和倒伏率可作为衡量春油菜综合性状的主要指标。根据春油菜在新疆阿克苏地区种植的生育期、抗性与

产量构成因子表现,在 67 个引进品种中筛选出 20 个高产品种,并通过加权隶属函数得到性状的综合表现  $D$  值及田间表现,鉴定出‘青杂 12 号’和‘陇油 19 号’为适宜在新疆阿克苏地区种植的春油菜品种。

#### 参考文献:

- [1] LIU C, FENG Z C, XIAO T H, et al. Development, potential and adaptation of Chinese rapeseed industry[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2019, 41(4): 485-489.
- [2] 中华人民共和国国家统计局. 中国统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2022: 261.  
National Bureau of Statistics of the People's Republic of China. China statistical yearbook[M]. Beijing: China Statistics Press, 2022: 261.
- [3] KUAI J, WANG J J, ZUO Q S, et al. Effects and mechanism of higher plant density on directly-sown rapeseed in the Yangtze river basin of China[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2018, 51(24): 4625-4632.
- [4] CHEN W J, LIU J D, JIANG K X, et al. Identification and analysis of *BnKNOX* gene family in *Brassica napus* L. [J]. Acta Agronomica Sinica, 2023, 49(11): 2991-3006.
- [5] 陈雷, 万素梅. 新疆伊犁地区春油菜种质资源筛选及灰色综合评价[J]. 江苏农业科学, 2021, 49(6): 60-67.  
CHEN L, WAN S M. Screening and gray comprehensive evaluation of spring oilseed rape germplasm resources in Xinjiang Yili area [J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2021, 49(6): 60-67.
- [6] SZAA L, CEGIELSKA T T, ADAMSKA E, et al. Assessment of genetic effects on important breeding traits in reciprocal DH populations of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) [J]. Journal of Integrative Agriculture, 2018, 17(1): 76-85.
- [7] YU X Y, WANG C Y, LI D S, et al. Formation mechanism of yield stability in high-yielding rapeseed varieties[J]. Acta Agronomica Sinica, 2023, 49(6): 1601-1615.
- [8] 丛日环, 张智, 鲁剑巍. 长江流域不同种植区气候因子对冬油菜产量的影响[J]. 中国油料作物学报, 2019, 41(6): 894-903.  
CONG R H, ZHANG Z, LU J W. Climate impacts on yield of winter oilseed rape in different growth regions of the Yangtze river basin[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2019, 41(6): 894-903.
- [9] 张宇庆, 朱展望, 刘易科, 等. 应用高稳系数分析法评价长江中下游麦区品种的高产性及稳产性[J]. 湖北农业科学, 2020, 59(24): 32-34, 40.  
ZHANG Y Q, ZHU Z W, LIU Y K, et al. Evaluation of high and stable yield ability of wheat varieties in middle and lower reaches of Yangtze river by high-stable yield coefficient method [J]. Hubei Agricultural Sciences, 2020, 59(24): 32-34, 40.
- [10] ZHANG XX, PAN Y H, REN F L, et al. Establishment of an accurate evaluation method for drought resistance based on multilevel phenotype analysis in sorghum[J]. Acta Agronomica Sinica, 2019, 45(11): 1735-1745.
- [11] YAN W K. Optimal use of biplots in analysis of multi-location variety test date[J]. Acta Agronomica Sinica, 2010, 36(11): 1805-1819.
- [12] 邵美红, 程楚, 程思明, 等. 运用 DTOPSIS 法对鲜食甜玉米新品种在浙西北地区适应性的综合评价[J]. 江西农业学报, 2017, 29(6): 25-28.  
SHAO M H, CHENG C, CHENG S M, et al. DTOPSIS method was used to comprehensively evaluate the adaptability of new fresh sweet corn varieties in northwest Zhejiang[J]. Acta Agriculturae Jiangxi, 2017, 29(6): 25-28.
- [13] 周长军. 不同分析方法在黑龙江省玉米联合体试验中的应用及比较分析[J]. 中国种业, 2020, (6): 41-45.  
ZHOU C J. Application and comparative analysis of different analytical methods in maize combine trials in Heilongjiang province [J]. China Seed Industry, 2020, (6): 41-45.
- [14] YAN M J, HUANG W Z, HU J T, et al. Analysis on grey correlation of mainly properties in two rice type[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2011, 27(15): 44-47.
- [15] 张春艳, 庄克章, 吴荣华, 等. 基于熵值赋权的 DTOPSIS 法对鲁南地区 11 个饲用燕麦品种的综合评价研究[J]. 作物杂志, 2022, (4): 62-68.  
ZHANG C Y, ZHUANG K Z, WU R H, et al. Comprehensive evaluation of 11 feed oat varieties in southern Shandong by DTOPSIS method based on entropy weighting[J]. Crops, 2022, (4): 62-68.
- [16] XU N Y, WANG Y, WANG D T, et al. Construction of cotton fiber quality index and weighted genotype by trait (WGT) biplot analysis [J]. Acta Agronomica Sinica, 2023, 49(5): 1262-1271.
- [17] GONG R L, SONG B, YANG Z Y, et al. Effects of sowing date and density on lodging resistance and yield of different rapeseed cultivars [J]. Acta Agronomica Sinica, 2023, 49(10): 2777-2792.
- [18] LOU H X, JI J L, KUAI J, et al. Effects of planting density on yield and lodging related characters of reciprocal hybrids in *Brassica napus* L. [J]. Acta Agronomica Sinica, 2021, 47(9): 1724-1740.
- [19] 李孟琼, 周岩, 罗丹, 等. 耐迟播短生育期油菜品种的鉴定与筛选[J]. 中国油料作物学报, 2023, 45(6): 1238-1246.  
LI M Q, ZHOU Y, LUO D, et al. Identification and selection of late sowing tolerant rapeseed (*Brassica napus* L.) accessions [J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2023, 45(6): 1238-1246.
- [20] 李强, 贾东海, 顾元国, 等. 新疆春油菜冬播对产量和品质的影响[J]. 中国农业大学学报, 2019, 24(8): 27-40.  
LI Q, JIA D H, GU Y G, et al. Effect of sowing before winter on the yield and quality of spring rapeseed in Xinjiang [J]. Journal of China Agricultural University, 2019, 24(8): 27-40.
- [21] CHEN F B, YANG K C, RONG T Z, et al. Analysis of genetic diversity of maize hybrids in the regional tests in Sichuan and Southwest China [J]. Frontiers of Agriculture in China, 2008, 2(2): 162-171.
- [22] 邵千顺, 杨琳. 不同生态区域旱地冬小麦品种(系)生态适应性筛选[J]. 干旱地区农业研究, 2021, 39(6): 1-9, 18.  
SHAO Q S, YANG L. Selection of ecological adaptability of winter wheat varieties (lines) in different ecological regions [J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2021, 39(6): 1-9, 18.
- [23] 李辉, 魏家萍, 董小云, 等. 北方旱寒区甘蓝型冬油菜产量、品质及抗倒性的分析评价[J]. 干旱地区农业研究, 2023, 41(4): 21-31.  
LI H, WEI J P, DONG X Y, et al. Evaluation and analysis of yield, quality and lodging resistance of *Brassica napus* in the drought and cold areas of Northern China [J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2023, 41(4): 21-31.