



周长军. 雷达图法综合评价抗线虫大豆品种(系)农艺性状[J]. 黑龙江农业科学, 2024(7):6-11.

雷达图法综合评价抗线虫大豆品种(系)农艺性状

周长军

(黑龙江省农业科学院 大庆分院/国家大豆产业技术体系大庆综合试验站, 黑龙江 大庆 163316)

摘要:为筛选出综合性状优良的抗线虫大豆品种(系),以 2020—2021 年抗线虫大豆品种(系) 11 个主要农艺性状的 5 点试验数据均值为评价指标,利用雷达图法进行综合评价分析。结果表明,百粒重最大、单株粒重最高、SCN 指数与倒伏级别最低的品系为 17-665,其综合评价和产量数据排名均为第 1,说明该品系抗病性、抗倒性、丰产性较其他品种(系)突出;产量排名第 2 位(2020 年)和第 4 位(2021 年)的品系为 17-555,因 SCN 指数偏高,单株粒重低,其他性状中等偏上,在综合评价分析中排名均较产量排名下降;而 2 年产量排名第 8 位的品系为 17-474,倒伏级别最低,单株荚数、单株粒数及百粒重较高,综合性状较好,在综合评价分析中排名第 3 位(2020 年)和第 2 位(2021 年);各农艺性状表现较差的品系 17-388 产量及综合评价排名均为第 10 位;对照品种齐农 5 号在 2 年 5 点试验中产量与综合评价排名较小,说明在不同年际间、不同试验地点齐农 5 号表现稳定,适宜作为黑龙江省大豆区域试验对照品种。

关键词:雷达图分析法;抗线虫大豆;农艺性状;综合评价

大豆是我国传统的粮食油料作物之一^[1],除了含有丰富的油脂、蛋白质等营养元素外,还含有一些大豆异黄酮、大豆磷脂和维生素 E 等对人体有特殊生物学作用的活性物质^[2]。大豆在我国农业生产及社会经济生活中占有重要地位,而且随着人民生活水平的不断提高,大豆需求也迅猛增加,目前我国已成为全球最主要的大豆进口国^[3-4]。因此在有限的耕地条件下,创造并应用优良品种是单位面积土地上获得更高产量的必然选择^[5]。优良的大豆品种不仅表现在产量上的优势,还需结合品种抗病性、抗倒性等综合性状的表现来全面衡量,因此很多育种者以异地鉴定方式来掌握自育大豆品种在不同生态环境中农艺性状的综合表现,但对异地鉴定的大豆品种在不同生态环境的丰产性、稳产性,大多采用方差和新复极差分析产量,或对几个性状进行互作效应评价,分析方法繁琐且存在片面性^[6]。而且育种家多以产量作为评价品种优劣的主要指标,进而造成部分品种在实际应用中推广困难。因此对品种做异地筛选鉴定时,用适当的分析方法对品种的主要性状及产量作出科学的综合评价是有必要的^[7]。

目前,分析农作物品种稳定性和适应性的方法有灰色关联度分析法、DTOPSIS 法、GGE 双坐

标图法和 AMMI 模型分析法等^[8-13]。而雷达图分析法是一种基于评价对象,构建多变量的对比分析方法,对多个变量指标进行综合处理与统计分析,能够直观、形象地反映评价对象的综合特性^[14-15],其在医学、教育等领域中应用广泛^[16-18]。近年来,众多学者也将雷达图法应用于作物新品种农艺性状的综合评价上,并取得了良好的效果,为作物新品种农艺性状综合评价提供了新的方法。程君奇等^[19]和封俊^[20]采用雷达图分析法对烤烟主要化学成分协调性进行综合评价,方长云等^[21]基于雷达图分析法初步评价稻米食味品质,常世豪等^[22]利用雷达图法分析区试大豆品种的丰产性和稳产性,刘哲等^[23]利用雷达图法对玉米区域试验品种综合评价。本研究以 2020—2021 年抗线虫大豆品种(系)在 5 个试验点 11 个主要农艺性状数据均值为评价指标,采用雷达图法对抗线虫大豆品种(系)的 11 个农艺性状进行综合评价分析,为筛选出综合性状优良的抗线虫大豆品种(系)提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料

试验材料为黑龙江省农业科学院大庆分院 2018 年选育的 9 个抗线虫大豆品系,分别为 17-665、

收稿日期:2023-11-30

基金项目:黑龙江省省属科研院所科研业务费项目(CZKYF2023-1-B004);国家大豆产业技术体系大庆综合试验站(CARS-04-CES07)。

作者简介:周长军(1977—),男,硕士,副研究员,从事大豆遗传育种与栽培研究。E-mail:andazhouchangjun@163.com。

17-555、18-2819、17-21、18-3106、18-3282、17-474、17-26、17-388 及对照品种齐农 5 号。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 试验采取随机区组设计,3 次重复,5 行区,行长 6.00 m,行距 0.65 m,小区面积 19.50 m²,试验于 2020—2021 年在安达市、杜蒙县、齐齐哈尔市、大庆市和龙江县进行,各试验点播种、管理、收获条件保持一致。

1.2.2 测定项目及方法 农艺性状测定:苗后 25~30 d,每品种挖根 5 株,计大豆根部胞囊线虫寄生数量,折算 SCN 指数;结荚鼓粒末期观察品种倒伏级;成熟时计录熟期,且每品种取连续 10 株测量株高、节数、有效分枝、单株荚数、单株粒数、单株粒重、百粒重等性状,3 次重复全区收获计产,以上性状均值作为评价指标。

数据标准化处理:按照公式(1)~(3)对评价指标数据进行标准化处理。

$$R_{ij} = r_{ij} / \max r_{ij} \quad (1)$$

$$R_{ij} = r_0 / (|r_{ij} - r_0| + r_0) \quad (2)$$

$$R_{ij} = 1 - r_{ij} / \max r_{ij} \quad (3)$$

式中, r_{ij} 为各农艺性状评价指标原始数值; r_0 为根据育种目标和生产实际确立的第 j 个中性评价指标最优值; $\max r_{ij}$ 为第 j 个正向评价指标的最大值; R_{ij} 为评价指标标准化处理后的数值。

综合性评价计算:各农艺性状评价指标的变异系数 C_i 值与权重 W_i 值由公式(4)与公式(5)计算得到;根据公式(6)、公式(7)求得各农艺性状评价指标的角度 θ_i 及相邻 2 个评价指标间的夹角 α_i ;根据公式(8)和公式(9)计算各农艺性状评价指标围成的多边形雷达图面积 S ,其数值越大说明该品种总体优势越强,反之则较弱^[15]。

根据公式(10)和公式(11)各农艺性状评价指标围成的多边形雷达图周长 L_i ;最后根据公式(12)和公式(13),计算参试品种雷达图周长评价向量(V_x), V_x 反映各农艺性状均衡性和综合贡献,其数值越大越好^[19],以及综合性评价值(Y),并对综合评价大小进行排序, Y 值越大证明综合性状越好,相反值越小表示综合性状越差^[24]。

$$C_i = \sigma / \bar{R} \quad (4)$$

$$W_i = C_i / \sum_{i=1}^n C_i \quad (5)$$

$$\theta_i = 360W_i \quad (6)$$

$$\alpha_i = (\theta_i + \theta_j) / 2 \quad (7)$$

$$S_i = 1/2 \times R_i \times R_j \times \sin \alpha_i \quad (8)$$

$$S = \sum_{i=1}^n S_i \quad (9)$$

$$L_i = (R_i^2 + R_j^2 - 2R_i R_j \cos \alpha_i)^{1/2} \quad (10)$$

$$L = \sum_{i=1}^n L_i \quad (11)$$

$$V_x = 4\pi \times S / L^2 \quad (12)$$

$$Y = (S \times V_x)^{1/2} \quad (13)$$

式中, C_i 、 σ 、 \bar{R} 分别为第 i 个农艺性状评价指标的变异系数、标准差、平均值; n 为评价指标数量; W_i 和 θ_i 分别为第 i 个农艺性状评价指标的权重和对应的角度, α_i 为相邻 2 个指标(i 和 j)的夹角; S 为多边形雷达图面积; L 为多边形雷达图周长; i 和 j 是指相邻的 2 个评价指标。

1.2.3 数据分析 以参试抗线虫大豆品种(系)为评价对象,11 个主要农艺性状测定均值为评价指标,采用 Excel 2007 对评价指标数据进行标准化处理计算评价指标权重,由评价指标权重转化为相邻指标数轴的夹角,将相邻的不同数轴上的指标数值用折线连接形成雷达图,通过提取雷达图的特征向量面积和周长,构建更加适于比较的定量综合评价函数,用综合评价函数值的大小评价抗线虫大豆品种(系)的优劣^[25]。

2 结果与分析

2.1 大豆品种(系)农艺性状评价

由表 1 可知,2 年异地鉴定试验,9 个参试品系中有 4 个品系产量较对照品种齐农 5 号高(表 1),其中品系 17-665 产量排名第 1,产量为 2 422.3 kg·hm⁻² (2020 年)和 2 523.4 kg·hm⁻² (2021 年),较对照品种齐农 5 号分别增产 100.6 kg·hm⁻² 和 97.7 kg·hm⁻²,其农艺性状中产量构成因素单株粒重和百粒重最高,且株高、生育期适中;产量排名 2~4 位的品系分别为 17-555、18-2819 和 17-21,2 年试验排名前 4 位品系较对照品种齐农 5 号增产 8.3~86.2 kg·hm⁻²,但 2020 年与 2021 年品系 17-555 与 17-21 产量排名顺序有变化,品系 17-555 产量排名由 2020 年的第 2 名下降至 2021 年的第 4 名,品系 17-21 由 2020 年的第 4 名上升至 2021 年的第 2 名,主要因为品系 17-555 在 2020 年单株荚数较 17-21 高,而 2021 年低;品系 18-2819 产量排名均为第 3 名,其产量构成因素中单株粒数最多,其他品系较对照品种齐农 5 号产量低,且 2 年试验排名顺序没有变化。

表 1 2020—2021 年参试大豆品种(系)农艺性状表现

年份	品种 (系)	生育期/ d	株高/ cm	倒伏 级别/ 级	节数/ 节	有效 分枝/ 个	SCN 指数/ %	单株 荚数/ 个	单株 粒数/ 粒	单株 粒重/ g	百粒重/ g	产量/ (kg·hm ⁻²)
2020	17-665	114.2	78.7	0.10	19.7	1.17	4.8	38.4	84.3	18.74	20.11	2422.3
	17-555	116.9	74.6	0.10	17.2	1.69	18.9	41.5	86.1	16.25	18.50	2407.9
	18-2819	113.5	93.2	0.70	20.3	4.32	7.6	36.5	88.7	17.91	16.42	2383.0
	17-21	117.8	97.5	0.68	15.9	0.77	6.9	33.9	74.1	17.9	15.53	2334.0
	齐农 5 号	114.6	88.6	0.36	18.2	0.12	21.4	32.4	71.2	17.43	16.71	2321.7
	18-3106	113.4	84.3	0.17	16.4	1.03	11.2	31.9	69.1	16.54	18.40	2286.6
	18-3282	113.6	86.1	0.62	18.4	0.68	18.7	30.9	65.4	17.11	15.70	2280.8
	17-474	115.9	69.4	0.07	15.1	1.82	10.5	37.6	81.6	15.87	17.61	2240.4
	17-26	114.8	80.2	0.31	17.3	1.77	35.8	29.8	62.3	15.22	18.42	2234.0
	17-388	111.7	97.1	1.14	16.4	2.59	9.7	31.5	71.3	17.30	17.89	2221.8
2021	17-665	115.4	83.6	0.20	19.2	1.30	3.9	41.6	89.7	20.14	19.31	2523.4
	17-555	118.4	111.3	0.80	16.3	0.80	3.4	36.7	78.2	18.62	15.62	2434.0
	18-2819	113.1	104.6	1.00	20.5	3.50	3.5	39.1	93.4	18.24	15.87	2484.0
	17-21	117.2	78.9	0.20	16.8	1.60	12.8	43.6	88.3	19.05	17.35	2507.9
	齐农 5 号	115.6	94.1	0.40	17.9	0.40	15.6	35.4	79.5	17.95	16.64	2425.7
	18-3106	115.2	86.2	0.20	17.3	1.20	6.3	34.6	76.8	17.32	18.20	2390.5
	18-3282	114.6	92.3	0.60	18.9	0.80	16.9	34.9	70.4	17.64	15.63	2383.5
	17-474	116.4	76.5	0.20	15.7	1.60	8.7	39.1	89.4	16.21	17.42	2338.7
	17-26	116.2	85.3	0.40	17.5	1.70	26.3	33.2	65.1	16.21	18.26	2336.0
	17-388	112.7	103.2	1.40	17.1	2.70	4.2	34.2	76.5	16.02	18.40	2324.5

2.2 评价指标标准化处理和权重的计算

评价指标中节数、有效分枝、单株荚数、单株粒数、单株粒重、百粒重、产量为正向指标,值越大越好;株高、生育期为中性指标;SCN 指数、倒伏级别为逆向指标,值越小越好^[14-15]。

根据最大值法对 10 个品种在 5 个地点的农艺性状及产量进行无量纲化处理(表 2),标准化

处理后各性状评价指标数值均为越高表现越好,品系 18-2819 的节数和有效分枝及单株粒数、品系 17-555(2020 年)和 17-21(2021 年)的单株荚数、品系 17-665 的单株粒重和百粒重及产量、品系 17-665(2020 年)和 17-555(2021 年)的 SCN 指数、品系 17-474 的倒伏级别、品系 17-665 的生育期,在评价性状中表现最佳。

表 2 2020—2021 年参试大豆品种(系)各农艺性状值标准化处理

年份	品种 (系)	生育期	株高	倒伏 级别	节数	有效 分枝	SCN 指数	单株 荚数	单株 粒数	单株 粒重	百粒 重	产量
2020	17-665	0.9965	0.9313	0.9123	0.9704	0.2708	0.8659	0.9253	0.9504	1.0000	1.0000	1.0000
	17-555	0.9803	0.8912	0.9123	0.8473	0.3912	0.4721	1.0000	0.9707	0.8663	0.9204	0.9941
	18-2819	0.9905	0.9117	0.3860	1.0000	1.0000	0.7877	0.8795	1.0000	0.9572	0.8159	0.9838
	17-21	0.9728	0.8715	0.4035	0.7833	0.1782	0.8073	0.8169	0.8354	0.9572	0.7711	0.9636
	齐农 5 号	1.0000	0.9590	0.6842	0.8966	0.0278	0.4022	0.7807	0.8027	0.9305	0.8308	0.9585
	18-3106	0.9896	0.9922	0.8509	0.8079	0.2384	0.6872	0.7687	0.7790	0.8824	0.9154	0.9440
	18-3282	0.9913	0.9869	0.4561	0.9064	0.1574	0.4777	0.7446	0.7373	0.9144	0.7811	0.9416
	17-474	0.9888	0.8451	0.9386	0.7438	0.4213	0.7067	0.9060	0.9200	0.8449	0.8761	0.9249

表 2 (续)

年份	品种 (系)	生育期	株高	倒伏 级别	节数	有效 分枝	SCN 指数	单株 荚数	单株 粒数	单株 粒重	百粒 重	产量
2021	17-26	0.9983	0.9468	0.7281	0.8522	0.4097	0.0000	0.7181	0.7024	0.8128	0.9164	0.9223
	17-388	0.9753	0.8751	0.0000	0.8079	0.5995	0.7291	0.7590	0.8038	0.9251	0.8900	0.9172
	17-665	0.9991	0.9197	0.8571	0.9366	0.3714	0.8517	0.9541	0.9604	1.0000	1.0000	1.0000
	17-555	0.9755	0.8230	0.4286	0.7951	0.2286	0.8707	0.8417	0.8373	0.9245	0.8089	0.9647
	18-2819	0.9796	0.8757	0.2857	1.0000	1.0000	0.8669	0.8968	1.0000	0.9057	0.8219	0.9841
	17-21	0.9855	0.8782	0.8571	0.8195	0.4571	0.5133	1.0000	0.9454	0.8466	0.8985	0.9940
	齐农 5 号	0.9991	0.9734	0.7143	0.8732	0.1143	0.4068	0.8119	0.8512	0.8913	0.8617	0.9598
	18-3106	0.9974	0.9443	0.8571	0.8439	0.3429	0.7605	0.7936	0.8223	0.8600	0.9425	0.9459
	18-3282	0.9923	0.9924	0.5714	0.9220	0.2286	0.3574	0.8005	0.7537	0.8759	0.8094	0.9436
	17-474	0.9923	0.8585	0.8571	0.7659	0.4571	0.6692	0.8968	0.9572	0.8049	0.9021	0.9269
	17-26	0.9940	0.9356	0.7143	0.8537	0.4857	0.0000	0.7615	0.6970	0.8049	0.9456	0.9251
	17-388	0.9763	0.8876	0.0000	0.8341	0.7714	0.8403	0.7844	0.8191	0.8947	0.9529	0.9202

由表 3 可知,各性状变异系数由高到低依次为有效分枝、倒伏级别、SCN 指数、单株粒数、单株荚数、节数、百粒重、单株粒重、株高、产量、生育期。其中有效分枝、倒伏级别、SCN 指数这 3 个性状变异系数较大,说明其遗传变异程度高。

表 3 参试大豆品种(系)各农艺性状变异系数、权重、角度、夹角值

年份	品种 (系)	生育期	株高	倒伏 级别	节数	有效 分枝	SCN 指数	单株 荚数	单株 粒数	单株 粒重	百粒 重	产量
2020	c_i	0.0095	0.0548	0.4911	0.0950	0.7443	0.4402	0.1118	0.1216	0.0631	0.0822	0.0316
	w_i	0.0042	0.0244	0.2187	0.2300	0.3315	0.1961	0.0498	0.0542	0.0281	0.0366	0.0141
	θ_i	1.5230	8.7852	78.7478	15.2327	119.3430	70.5926	17.9211	19.4956	10.1106	13.1802	5.0682
	α_i	5.1541	43.7665	46.9903	67.2879	94.9678	44.2568	18.7083	14.8031	11.6454	9.1242	3.2956
2021	c_i	0.0093	0.0587	0.4785	0.0818	0.5961	0.4729	0.0930	0.1143	0.0658	0.0750	0.0304
	w_i	0.0045	0.0283	0.2305	0.0394	0.2872	0.2278	0.0448	0.0550	0.0317	0.0361	0.0146
	θ_i	1.6170	10.1841	82.9837	14.1830	103.3894	82.0168	16.1362	19.8174	11.4039	13.0001	5.2684
	α_i	5.9005	46.5839	48.5833	58.7862	92.7031	49.0765	17.9768	15.6107	12.2020	9.1342	3.4427

2.3 参试品种(系)产量及综合性评价价值分析

雷达图分析数据中各品种(系)的面积数值越大证明丰产性越好,而在面积数值一定的情况下,周长越小稳产性越好,但面积越大一般周长越长,因此为了全面衡量不同年际间、不同试验地点参试品种综合农艺性状指标的优劣,采用提取雷达图面积和周长特征量构建品种农艺性状综合评价价值函数^[6],来筛选丰产和稳产的品种。综合评价价值结果为,2020 年综合评价价值结果由大到小依次为 17-665>18-2819>17-474>17-555>18-3106>17-26>齐农 5 号>17-21>18-3282>17-388,2021 年综合评价价值结果由大到小依次为 17-665>

17-474>17-21>18-3106>18-2819>齐农 5 号>17-555>18-3282 >17-26>17-388。2 年都以品系 17-665 排名第 1,综合评价价值分别为 1.160(2020 年)和 1.209(2021 年)除品系 17-388 两年排名均为第 10 外),其他品种(系)综合评价价值排名都存在变化,排名变化幅度较大为 17-555、18-2819、17-21 和 17-26,其中 17-555、18-2819 和 17-26 从 2020 年的排名第 4、第 2 和第 6 位下降至 2021 年的第 7、第 5 和第 9 位,而 17-21 的排名从 2020 年的第 8 位上升至 2021 年的第 3 位,其他品种(系)排名变化较小,品种(系)年际间排名出现变化是综合考量其农艺性状的结果。

表 4 参试大豆品种(系)综合评价结果

品种(系)	雷达图分析										产量分析			
	面积		周长		周长评价向量		综合评价值		排名		产量/(kg·hm ⁻²)		排名	
	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021
17-665	1.648	1.734	5.037	5.083	0.816	0.843	1.160	1.209	1	1	2422.3	2523.4	1	1
17-555	1.457	1.133	4.658	4.725	0.844	0.638	1.109	0.850	4	7	2407.9	2434.0	2	4
18-2819	1.833	1.828	5.749	5.825	0.697	0.677	1.130	1.113	2	5	2383.0	2484.0	3	3
17-21	1.013	1.487	4.626	4.696	0.595	0.847	0.777	1.122	8	3	2334.0	2507.9	4	2
齐农 5 号	0.986	1.111	4.259	4.293	0.683	0.758	0.820	0.918	7	6	2321.7	2425.7	5	5
18-3106	1.303	1.476	4.397	4.675	0.847	0.849	1.050	1.119	5	4	2286.6	2390.5	6	6
18-3282	0.910	1.039	4.416	4.371	0.586	0.683	0.730	0.842	9	8	2280.8	2383.5	7	7
17-474	1.482	1.493	4.667	4.703	0.855	0.848	1.125	1.126	3	2	2240.4	2338.7	8	8
17-26	0.991	1.031	4.215	4.374	0.701	0.677	0.834	0.836	6	9	2234.0	2336.0	9	9
17-388	1.039	1.277	5.081	5.421	0.506	0.546	0.725	0.835	10	10	2221.8	2324.5	10	10

3 讨论

本研究中如果单由产量数据评价参试品种(系),不考虑其他综合性状表现,2020 年与 2021 年品种(系)间产量排名变化不大,但品种(系)间抗病性、抗倒性、产量构成因素等性状差异较大,因此为全面客观地衡量参试品种(系)的优劣,本研究利用雷达图法引入抗病性、抗倒性、产量构成因素等性状来进行综合评价。

经 2 年 5 点异地鉴定试验数据分析,品种(系)综合评价排序相较于产量数据排名变化较大,总体表现为,品种(系)17-555、17-21、齐农 5 号、18-3282 综合评价值相较于产量数据排名下降,品系 18-3106、17-474、17-26 综合评价值相较于产量数据排名上升,但年际间增降幅有差异,而品系 18-2819 在 2020 年表现为上升,2021 年为下降。

品种间的综合评价值分析数据与产量数据存在差异性,与常世豪等^[22]分析黄淮海夏大豆区域试验结果有一致性。参试品种具体表现为,品系 17-665 综合评价值和产量数据排名均为第 1,说明其产量性状与综合性状都表现优异,在衡量品种优劣的各农艺性状中,其百粒重最大、单株粒重最高、SCN 指数与倒伏级最低,说明该品系抗病性、抗倒性、丰产性较其他品种(系)突出;2020 年产量排名第 2 位和 2021 年第 4 位的 17-555 品系,在综合评价值分析中排名较产量排名分别下降 2 位和 3 位,在农艺性状数据中,其 SCN 指数偏高,单株粒重偏低,其他性状亦并不特别突出,因此在综合性状评价分析中排名下降;而 2 年鉴定试验产量排名第 8 位的品系 17-474,在综合评

价值分析中排名上升至第 3 位(2020 年)和第 2 位(2021 年),在农艺性状数据表中可以看出,其倒伏级最低,单株荚数、单株粒数及百粒重较高,综合性状良好,因此在综合评价值中排名提升幅度较大;2020 年产量排名第 4 位的品系 17-21,在综合评价值中排名降至第 8 位,降幅较大,而 2021 年由第 2 位降至第 3 位,降幅较小,原因可能为土壤肥力、出苗差等情况导致株高、SCN 指数等性状出现波动较大,进而导致年际间降幅差异较大;品系 17-388 在产量及综合评价值中均排名第 10,说明其产量与其他各农艺性状表现都较差;对照品种齐农 5 号在 2 年 5 点试验中产量与综合评价值排名变化不大,说明齐农 5 号在不同年际间不同试验地点均表现稳定,适宜用作黑龙江省大豆区域试验对照品种。

4 结论

综上所述,利用雷达图法综合分析参试品系农艺性状及结合产量性状表现得出,品系 17-665 百粒重(20.11/19.31)大、单株粒重(18.74/20.14)高、SCN 指数(4.8/3.9)与倒伏级别(0.1/0.2)低,说明该品系抗病性、抗倒性、丰产性较其他品种(系)突出,可以作为参加黑龙江省区域试验大豆品种,而其他品种(系)通过雷达图法对各农艺性状得到全面分析,其结果有很大的利用和参考价值。

参考文献:

[1] 李国清,丛新军,李国瑜,等.鲁中地区肥料与根瘤菌合理配施对大豆生长的影响[J].大豆科学,2021,40(5):682-687.
[2] 常汝镇.国内外大豆生产动态及研究进展[J].中国食物与营养,2000,6(1):13-15.
[3] 吕美琴.福建省近年来育成春大豆品种农艺性状的遗传变

- 异、相关性及主成分分析[J]. 中国种业, 2019(6):55-57.
- [4] 于敏, 柏娜, 姜明伦. 中国大豆产业“走出去”现状及对策[J]. 农业展望, 2018, 14(11):91-95.
- [5] 谭春燕, 李振动, 朱星陶, 等. AMMI 模型在贵州大豆品种区域试验中的应用[J]. 贵州农业科学, 2019, 47(7):10-13.
- [6] 鲁凯, 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.
- [7] 周长军, 陈井生, 田中艳, 等. 4 种方法在大豆品种(系)异地鉴定中的应用及比较分析[J]. 安徽农业科学, 2020, 48(16):39-41, 81.
- [8] 周长军. 黑龙江省西部大豆植株生物量和产量及产量构成的灰色关联度分析[J]. 黑龙江农业科学, 2020(7):7-10.
- [9] 张晓申, 韩燕丽, 樊永强, 等. 基于灰色关联度和 DTOPSIS 法对谷子区域试验的综合评价[J]. 种子, 2022, 41(9):121-126, 133.
- [10] 刘博, 卫玲, 樊云茜, 等. 基于 AMMI 模型的黄淮海夏大豆国家区试产量分析[J]. 中国农学通报, 2015, 31(27):69-74.
- [11] 周长军, 田中艳, 吴耀坤, 等. 不同生态环境抗线虫大豆品种综合性状分析[J]. 黑龙江农业科学, 2022(6):1-5.
- [12] 叶夕苗, 程鑫, 安聪聪, 等. 马铃薯产量组分的基因型与环境互作及稳定性[J]. 作物学报, 2020, 46(3):354-364.
- [13] 严威凯. 双标图分析在农作物品种多点试验中的应用[J]. 作物学报, 2010, 36(11):1805-1819.
- [14] 邓禄军, 夏锦慧, 卢扬, 等. 雷达图分析法在马铃薯品种特征综合评价中的应用[J]. 贵州农业科学, 2013, 41(7):59-62, 66.
- [15] 白伟, 孙占祥, 张立祯, 等. 基于雷达图分析的耕层构造效应综合评价[J]. 生态学杂志, 2020, 39(4):1369-1376.
- [16] 王梓琪, 肖思曲, 程雨, 等. 贵州省医疗保障能力综合评价: 基于 TOPSIS、聚类、雷达图实证研究[J]. 中国医院, 2019, 23(12):17-20.
- [17] 李健, 蔡红丹, 申利未, 等. 基于 EGM-雷达图分析法的数字医疗信息服务水平综合评价[J]. 医学与社会, 2020, 33(2):39-44.
- [18] 苏顺宝. 基于多维评价模型的长春市某中学教学评价系统的研究[D]. 大连:大连海事大学, 2017.
- [19] 程君奇, 曹景林, 李亚培, 等. 基于雷达图的湖北烤烟主要化学成分协调性综合评价[J]. 湖北农业科学, 2016, 55(13):3387-3389, 3392.
- [20] 封俊. 基于 VBA 雷达图的攀枝花烤烟质量综合分析[D]. 雅安:四川农业大学, 2017.
- [21] 方长云, 胡贤巧, 邵雅芳, 等. 基于雷达图分析法初步评价稻米食味品质的研究[J]. 中国稻米, 2017, 23(2):13-17.
- [22] 常世豪, 耿臻, 杨青春, 等. 利用雷达图分析大豆品种的丰产性和稳产性[J]. 粮食科技与经济, 2020, 45(7):48-51.
- [23] 刘哲, 王虎, 杨建宇, 等. 品种筛选多环境测试作图分析方法[J]. 农业工程学报, 2011, 27(10):142-147.
- [24] 常世豪, 耿臻, 杨青春, 等. 改进雷达图分析法在大豆品种选育中的应用[J]. 大豆科学, 2020, 39(6):862-868.
- [25] 李潇潇, 高钰琪, 游海燕, 等. 雷达图法的改进及其在军队医院卫勤信息化评价中的应用[J]. 解放军医院管理杂志, 2009, 16(1):18-20.

Comprehensive Evaluation of Agronomic Traits of Nematode Resistant Soybean Varieties (Lines) by Radar Map Method

ZHOU Changjun

(Daqing Branch, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences / Daqing Comprehensive Test Station of National Soybean Industrial Technology System, Daqing 163316, China)

Abstract: In order to screen out soybean varieties (lines) with excellent comprehensive characteristics and resistance to nematodes, and the 5-point experimental data mean of 11 main agronomic traits of nematode resistant soybean varieties (lines) from 2020 to 2021 were used as the evaluation index in this study. The Radar chart method was used for comprehensive evaluation analysis. The results showed that the line 17-665 with the highest 100-seed weight, the highest weight of single plant seed, and the lowest SCN index and lodging level ranked first in both comprehensive evaluation and yield data, indicating that its disease resistance, lodging resistance, and high yield were more prominent than other varieties (lines); The strain 17-555, ranked 2nd (2020) and 4th (2021) in terms of yield, had a relatively high SCN index, low weight of per plant seed, and other traits that were above average. In the comprehensive evaluation analysis, its ranking had decreased compared to the yield ranking; The strain 17-474, which ranks 8th in yield over a period of 2 years, had the lowest lodging level, higher number of pods per plant, seeds per plant, and 100-seed weight. It had good comprehensive traits and ranked 3rd (2020) and 2nd (2021) in comprehensive evaluation analysis; The strain 17-388 with poor performance in various agronomic traits ranked 10th in terms of yield and comprehensive evaluation; The yield and comprehensive evaluation ranking of the control variety Qinong 5 was relatively low in the 2-year 5-point experiment, indicating that Qinong 5 performed stably in different years and experimental locations, making it suitable as a regional trial control variety for soybean in Heilongjiang Province.

Keywords: Radar map method; nematode resistant soybean; agronomic traits; comprehensive assessment