

高粱耐瘠薄品种的鉴定与分类

王玉斌^{1,2}, 平俊爱^{1,2*}, 李慧明^{1,2}, 牛皓^{1,2}, 吕鑫^{1,2}, 楚建强^{1,2} (1. 山西农业大学高粱研究所/高粱遗传与种质创新山西省重点实验室, 山西晋中 030600; 2. 农业部黄土高原作物基因资源与种质创制重点实验室, 山西太原 030031)

摘要 针对过量施肥造成的土壤退化和污染以及高粱在贫瘠土壤生产的现状, 开展高粱材料耐瘠薄鉴定筛选对高粱耐瘠育种十分必要。采用 90 份高粱材料(46 份农家种和 44 份亲本系), 分别在瘠薄试验地和正常施肥地开展田间耐瘠鉴定试验, 调查了株高、穗长、千粒重和籽粒产量。结果显示, 除个别材料株高、穗长和千粒重没有下降以外, 4 个性状总体出现下降, 对土壤瘠薄的敏感程度由高到低依次为籽粒产量、穗长、千粒重、株高。综合耐瘠指数并采用 5 级分类方法, 鉴定出 1 级材料 15 份, 2 级材料 18 份, 3 级材料 28 份, 4 级材料 9 份, 5 级材料 20 份, 验证了高粱农家种耐瘠资源丰富。

关键词 高粱; 耐瘠薄; 鉴定; 评价; 农家种

中图分类号 S514 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2020)23-0061-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2020.23.015



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Identification and Classification of Sorghum Infertile Varieties

WANG Yu-bin^{1,2}, PING Jun-ai^{1,2}, LI Hui-ming^{1,2} et al (1. Sorghum Research Institute, Shanxi Agricultural University/Shanxi Key Laboratory of Sorghum Genetics and Germplasm Innovation, Jinzhong, Shanxi 030600; 2. Key Laboratory of Crop Genetic Resources and Germplasm Development on Loess Plateau, Ministry of Agriculture, Taiyuan, Shanxi 030031)

Abstract Due to the soil degradation and pollution caused by excessive fertilization and the present situation of sorghum production in barren soil, it is necessary to carry out the identification and screening of sorghum breeding materials for barren resistance breeding. 90 sorghum materials, including 46 farm species and 44 parent lines, were used to carry out the field barren resistance identification test in barren test land and normal fertilization land respectively. The experiment investigated plant height, spike length, 1 000-grain weight and grain yield, respectively. The results showed that except the plant height, spike length and 1 000-grain weight of some materials did not decline, the four traits generally declined, and the sensitivity degree to soil barren from high to low was grain yield, spike length, 1 000-grain weight, plant height. According to the comprehensive barren resistance index, 15 first-class materials, 18 second-class materials, 28 third-class materials, 9 fourth-class materials and 20 fifth-class materials were identified by the five-class classification method, which verified the rich barren tolerance resources of sorghum farm species.

Key words Sorghum; Resistance to barrenness; Identification; Evaluation; Peasant species

土壤养分亏缺是限制我国农业发展的关键因素^[1], 近年来农业生产中过量使用肥料造成土壤退化和环境破坏问题十分严重^[2]。如何实现养分资源的高效利用及作物的高产、优质且环境友好已成为当今农业发展的重要研究课题。在诸多的提高作物养分利用效率的方法和途径中, 充分利用作物自身的遗传特性^[3]、挖掘自身利用养分的潜力、选育养分高效利用的基因型品种是缓解养分不足和提高作物产量的有效途径^[4]。高粱是世界第五大作物, 在不良环境下具有较高的产量^[5]。但随着高粱主粮地位的下降, 其主要种植区域向土壤更加贫瘠地区转移, 单纯筛选高粱对某一种养分的利用对育种和生产实践的意义有限^[6], 而在瘠薄土壤中筛选耐瘠高粱育种材料对高抗新品种选育具有重要现实意义。鉴于此, 笔者选用 90 份高粱材料, 分别在瘠薄试验地和正常施肥地种植, 调查了株高、穗长、千粒重和籽粒产量, 利用综合

耐瘠系数和耐瘠指数评价筛选出耐瘠薄材料, 旨在为今后开展耐瘠薄品种选育奠定基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料 试验所用供试材料 90 份, 分别由山西省农业科学院高粱研究所和辽宁省农业科学院创新中心提供, 其中农家种 46 份、亲本系 44 份(表 1)。

1.2 试验设计 试验于 2018—2019 年 4—10 月在山西省农业科学院高粱研究所(榆次、东白)试验基地进行。试验设置常规试验田和养分(瘠薄)胁迫试验田 2 个处理, 常规试验田养分含量为全氮 1 052.00 mg/kg、有效磷 4.82 mg/kg、速效钾 241.23 mg/kg; 养分(瘠薄)试验田养分含量为全氮 589.00 mg/kg、有效磷 2.32 mg/kg、速效钾 111.67 mg/kg。试验采用随机排列, 3 次重复, 小区面积 6 m², 两行区种植。留苗密度 8 000 株/hm²。田间管理同大田。成熟前选 5 株取样, 测量株高、穗长, 取平均值, 成熟后收获测产, 计 5 株籽粒产量, 考测千粒重。

1.3 数据处理 采用 Excel 2010 软件进行数据统计; 采用 Spass 19.0 软件开展聚类等相关分析。采用综合耐瘠系数(CTC)、耐瘠指数(TI)的评价方法对供试材料耐瘠性进行评价。计算公式如下:

$$\text{耐瘠系数: CTC} = \frac{\text{瘠薄胁迫后的测量值}}{\text{正常的测量值}} \quad (1)$$

$$\text{综合耐瘠系数: CTC} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\text{瘠薄条件测量值}}{\text{正常条件测量值}} \quad (2)$$

基金项目 现代农业产业技术体系建设专项(CARS-06); 国家重点研发计划项目(2018YFD1001000); 酿造专用高粱育种及利用山西省科技创新重点团队运行补助(201805D131012-6); 山西省科技基础条件平台项目(201605D121018); 山西省农业科学院优势课题组项目(YCX2018D2YS11); 山西省农业科学院农业科技创新研究课题(YCX2020YQ38); 高粱遗传育种与种质创新山西省重点实验室青年基金课题(2019Q-3)。

作者简介 王玉斌(1986—), 男, 山西平顺人, 助理研究员, 硕士, 从事高粱遗传育种工作。* 通信作者, 研究员, 硕士, 从事高粱遗传育种工作。

收稿日期 2020-04-07

表1 供试材料名称及来源

Table 1 Names and origins of tested materials

序号 Code	品种名称 Variety name	来源 Origin	类型 Type	序号 Code	品种名称 Variety name	来源 Origin	类型 Type
NJ1	SX8-4	山西/晋中	恢复系	NJ46	郑梁7	河南/郑州	恢复系
NJ2	SX6-7	山西/晋中	恢复系	NJ47	万荣农家种	山西/万荣	农家种
NJ3	SX1-2	山西/晋中	恢复系	NJ48	歙县农家种	安徽/歙县	农家种
NJ4	SX1-1	山西/晋中	恢复系	NJ49	月高粱	山东/莒南	农家种
NJ5	SX17-5	山西/晋中	恢复系	NJ50	小高粱	山西/孝义	农家种
NJ6	SX11-10	山西/晋中	恢复系	NJ51	Romagnolo	德国	改良系
NJ7	SX2-4	山西/晋中	恢复系	NJ52	红壳棒子	黑龙江/双城	农家种
NJ8	SXYC12	山西/晋中	保持系	NJ53	Drought	美国	改良系
NJ9	SX1-7	山西/晋中	恢复系	NJ54	牛心红	黑龙江/望奎	农家种
NJ10	SX314B	山西/晋中	恢复系	NJ55	MERASI	美国	农家种
NJ11	SX21-10	山西/晋中	保持系	NJ56	黑壳棒子	黑龙江/讷河	农家种
NJ12	SX2-5	山西/晋中	恢复系	NJ57	源高粱	陕西/铜川	农家种
NJ13	SX9-7	山西/晋中	恢复系	NJ58	黑老婆	河南/邓县	农家种
NJ14	SX12-4	山西/晋中	恢复系	NJ59	二鹅黄	山西/阳高	农家种
NJ15	SX17-8	山西/晋中	恢复系	NJ60	大八叶	黑龙江/密山	农家种
NJ16	SX13-5	山西/晋中	恢复系	NJ61	平利农家种	陕西/平利	农家种
NJ17	晋长旱B	山西/晋中	保持系	NJ62	T高粱	湖北/宜昌	农家种
NJ18	SX3-1	山西/晋中	保持系	NJ63	Roce	德国	改良系
NJ19	SX13-9	山西/晋中	保持系	NJ64	岚皋农家种	陕西/岚皋	农家种
NJ20	SX15-7	山西/晋中	恢复系	NJ65	MN-3091	美国	改良系
NJ21	SX15-9	山西/晋中	恢复系	NJ66	LR118	黑龙江/哈尔滨	恢复系
NJ22	SX21-5	山西/晋中	恢复系	NJ67	T高粱	湖北/钟祥	农家种
NJ23	SX11-7	山西/晋中	保持系	NJ68	T高粱	湖北/兴山	农家种
NJ24	SX12-1	山西/晋中	保持系	NJ69	气死风茭	山西/繁峙	农家种
NJ25	SX5-4	山西/晋中	保持系	NJ70	绛县农家种	山西/绛县	农家种
NJ26	SX22-10	山西/晋中	保持系	NJ71	气死雾	山东/济南	农家种
NJ27	SX10-6	山西/晋中	保持系	NJ72	大甜秆	湖北/竹山	农家种
NJ28	SX22-3	山西/晋中	改良系	NJ73	岚皋农家在	陕西/岚皋	农家种
NJ29	SX9-9	山西/晋中	保持系	NJ74	南漳农家种	湖北/南漳	农家种
NJ30	山阴农家种	山西/晋中	农家种	NJ75	大宁高粱	山西/大宁	农家种
NJ31	八叶齐	河北/承德	农家种	NJ76	唐恢 7924	河北/唐山	恢复系
NJ32	吉 R107	吉林/长春	恢复系	NJ77	TAM428B	美国	保持系
NJ33	糖甜甜	山西/稷山	农家种	NJ78	黑壳蛇眼	辽宁/台安	农家种
NJ34	吉 R13	吉林/长春	恢复系	NJ79	猪抬头	山西/阳高	农家种
NJ35	哈 R158	黑龙江/哈尔滨	恢复系	NJ80	吉 4190B	吉林/长春	保持系
NJ36	墨江农家种	云南/墨江	农家种	NJ81	Sumac	匈牙利	改良系
NJ37	老来白	辽宁/北票	农家种	NJ82	京农二号	北京/密云	保持系
NJ38	DT高粱	陕西/岚皋	农家种	NJ83	甘芝甜高粱	陕西/商南	农家种
NJ39	灵丘农家种	山西/灵丘	农家种	NJ84	海里站	河北/丰南	农家种
NJ40	巢县农家种	安徽/巢县	农家种	NJ85	SPV472	印度	农家种
NJ41	大青米	内蒙古/通辽	农家种	NJ86	瞎八石	辽宁/昌图	农家种
NJ42	定远农家种	安徽/定远	农家种	NJ87	红壳高粱	山西/昔阳	农家种
NJ43	Geke	德国	改良系	NJ88	棒棒高粱	陕西/安康	农家种
NJ44	黑高粱	陕西/宁陕	农家种	NJ89	小高粱	陕西/岚皋	农家种
NJ45	黄罗伞	山西/陵川	农家种	NJ90	红窝白	河北/承德	农家种

耐瘠指数: $TI = CTC \times \text{瘠薄胁迫产量} / \text{瘠薄胁迫产量的平均值}$ (3)

耐瘠分级方法: 参照张桂香 1997 年高粱耐瘠 5 级分类方法^[7](表 2)。

2 结果与分析

2.1 土壤瘠薄胁迫对高粱性状的影响 从表 3 可以看出, 供试材料的株高、穗长、千粒重和籽粒产量在对照和瘠薄处

理的变异系数均较大, 说明所选高粱品种群体较丰富, 试验具有一定的代表性。根据平均值统计结果可以看出, 在土壤瘠薄胁迫下, 高粱 4 个性状(株高、穗长、千粒重和产量)的平均值下降, 说明土壤瘠薄会影响株高、穗长、千粒重和产量。从瘠薄地与对照的差值可以看出, 各品种的穗长和千粒重对土壤瘠薄胁迫的表现不一, 有些品种的株高、穗长和千粒重在胁迫下会增加, 而所有品种的籽粒产量均下降。高粱在土

壤瘠薄胁迫处理与正常土壤肥力处理的各项指标比值为各项指标的相对值及耐瘠系数。相对值与变异系数的比值越小,说明性状指标对土壤瘠薄胁迫敏感程度越大。从表 3 可以看出,4 个性状对土壤瘠薄的敏感程度由高到低依次为籽粒产量、穗长、千粒重、株高。

表 2 高粱耐瘠分类标准

Table 2 Classification standard of sorghum barren resistance

级别 Grade	综合耐瘠指数 Comprehensive barren resistance index	耐瘠性 Barren resistance
1 级 Grade 1	≤0.50	极强
2 级 Grade 2	0.51~0.60	强
3 级 Grade 3	0.61~0.80	中等
4 级 Grade 4	0.81~1.00	弱
5 级 Grade 5	>1.00	极弱

2.2 高粱耐瘠系数和耐瘠指数分析 由公式(1)计算所有单个性状的耐瘠系数,由公式(2)计算综合耐瘠系数,由公式(3)计算耐瘠指数,结果见表 4。从表 4 可以看出,在 4 个性

状的耐瘠系数中,株高、穗长和千粒重的最大值均大于 1,说明这 3 个性状存在 CK≤瘠薄胁迫的材料。株高耐瘠系数的变异系数最小,说明高粱株高对土壤瘠薄胁迫最不敏感,籽粒产量耐瘠系数的变异系数最大,说明该性状对瘠薄胁迫较敏感。综合来看,耐瘠指数的变异系数明显大于综合耐瘠系数,说明在土壤瘠薄胁迫下产量性状差异最显著。

2.3 高粱耐瘠分类 参照张桂香 1997 年高粱耐瘠 5 级分类方法对高粱品种进行分类。依据耐瘠指数,将 90 份材料划分为 5 类(表 5):1 级材料 $TI \geq 1.0$,为 15 份;2 级材料 $0.8 \leq TI < 1.0$,为 18 份;3 级材料 $0.6 \leq TI < 0.8$,为 28 份;4 级材料 $0.5 \leq TI < 0.6$,为 9 份;5 级材料 $0.5 < TI$,为 20 份。其中,1 级供试高粱品种为 NJ28、NJ57、NJ71、NJ72、NJ73、NJ75、NJ78、NJ81、NJ82、NJ83、NJ85、NJ86、NJ88、NJ89、NJ90,这些品种中,除 NJ28 号和 NJ81 号为改良系外,其余 13 个品种均为农家种。而 5 级材料中除 NJ30、NJ33 和 NJ68 为农家种外,其余品种均为育种所用亲本系。

表 3 养分(瘠薄)胁迫对高粱产量性状的影响

Table 3 Effects of nutrient stress(barren) on the yield characters of sorghum

指标 Index	株高 Plant height//cm			穗长 Ear length//cm			千粒重 1 000-grain weight//g			籽粒产量 Grain yield//g		
	CK	瘠薄地 Barren land	比对照 增减 Compared with CK	CK	瘠薄地 Barren land	比对照 增减 Compared with CK	CK	瘠薄地 Barren land	比对照 增减 Compared with CK	CK	瘠薄地 Barren land	比对照 增减 Compared with CK
平均值 Mean	264.90	227.38	37.52	22.92	18.74	4.18	28.93	24.48	4.45	219.56	88.44	131.12
最大值 Maximum	400.80	390.00	10.80	48.50	40.00	8.50	45.20	39.20	6.00	425.00	205.00	220.00
最小值 Minimum	90.50	80.00	10.50	12.00	9.00	3.00	18.80	12.40	6.40	90.00	30.00	60.00
标准差 Standard deviation	65.65	58.91	71.73	5.94	6.24	23.28	5.36	5.83	2.90	72.00	33.81	4.02
变异系数 Variable coefficient	0.25	0.26	0.55	0.26	0.33	0.62	0.19	0.24	0.70	0.33	0.38	0.90

表 4 高粱耐瘠薄系数和耐瘠指数的比较

Table 4 Comparison of the fertility tolerance indexes and coefficients of sorghum

指标 Index	耐瘠系数 Fertility tolerance coefficient					耐瘠指数 Fertility tolerance indexes
	株高 Plant height	穗长 Ear length	千粒重 1 000-grain weight	籽粒产量 Grain yield	综合 Comprehensive	
平均值 Mean	0.86	0.81	0.85	0.44	0.74	0.76
最大值 Maximum	1.12	1.15	1.10	0.95	0.91	1.91
最小值 Minimum	0.67	0.57	0.49	0.14	0.59	0.21
标准差 Standard deviation	0.07	0.13	0.13	0.20	0.08	0.35
变异系数 Variable coefficient	0.09	0.16	0.16	0.46	0.11	0.46

表 5 高粱供试材料耐瘠分类

Table 5 Classification of barren resistance of tested sorghum materials

耐瘠分类 Classification of barren resistance	材料编号 Material code	数量 Quantity
1 级 Grade 1	NJ28、NJ57、NJ71、NJ72、NJ73、NJ75、NJ78、NJ81、NJ82、NJ83、NJ85、NJ86、NJ88、NJ89、NJ90	15
2 级 Grade 2	NJ8、NJ43、NJ47、NJ48、NJ50、NJ51、NJ53、NJ56、NJ59、NJ61、NJ65、NJ66、NJ69、NJ76、NJ77、NJ79、NJ80、NJ84	18
3 级 Grade 3	NJ11、NJ21、NJ23、NJ24、NJ26、NJ27、NJ29、NJ31、NJ32、NJ35、NJ36、NJ39、NJ40、NJ42、NJ45、NJ49、NJ52、NJ55、NJ58、NJ60、NJ62、NJ63、NJ64、NJ67、NJ68、NJ70、NJ74、NJ87	28
4 级 Grade 4	NJ15、NJ16、NJ22、NJ34、NJ37、NJ38、NJ41、NJ44、NJ54	9
5 级 Grade 5	NJ1、NJ2、NJ3、NJ4、NJ5、NJ6、NJ7、NJ9、NJ10、NJ12、NJ13、NJ14、NJ17、NJ18、NJ19、NJ20、NJ30、NJ33、NJ46、NJ68	20

3 结论与讨论

3.1 产量性状为耐瘠筛选的主要指标 中国高粱品种的耐瘠能力有较大差异,早在1984年山西省农业科学院高粱研究所牛天堂对1 009份高粱材料开展了耐瘠性鉴定,按照延迟开花天数、籽粒结实、花序退化及植株是否突然枯死开展了5级耐瘠鉴定^[2],张桂香等^[7]在1997年以耐瘠指数和延迟天数为评价方法,调查了出苗、开花、成熟、株高、茎粗、千粒重、穗粒重指标,并进行了5级耐瘠鉴定。这些早期的研究供试材料较多,但评价方法过于单一且没有育种直接需要的产量性状。此后开展的相关研究多以高粱养分利用效率为主,例如钱晓刚等^[8]在1997年开展的贵州酒用高粱对氮、磷、钾养分的吸收规律研究;杨苞梅等^[9]在2008年开展的不同养分组合对高粱吸收氮、磷、钾养分的影响;王劲松等^[10]在2017年开展的土壤肥力、施肥及其互作对高粱产量、品质及养分利用的影响。后期的研究主要集中于单一养分利用率,且存在供试材料较少、在生产和育种实践中土壤多养分亏缺的问题。该研究利用连续多年培育的耐瘠鉴定圃,对90份高粱材料采用综合耐瘠系数和综合耐瘠指数评价方法来开展高粱耐瘠研究。材料共分为5类,其中1级材料15份、2级材料18份、3级材料28份、4级材料9份、5级材料20份,结果显示高粱株高对土壤瘠薄最不敏感,产量对土壤瘠薄最敏感,这有可能是因为在土壤瘠薄胁迫下高粱更多地将养分用于营养生殖阶段。产量性状可以作为高粱耐瘠评价的主要指标,其结果对于高粱耐瘠育种具有指导意义。

3.2 高粱农家种耐瘠资源丰富 前人对高粱材料的研究主要集中在育种材料和育成杂交种的抗旱、抗病和耐盐碱等,如陈冰嫄等^[11]开展的高粱亲本系萌发期抗旱性鉴定所用材料为主要亲本系材料;姜钰^[12]开展的高粱丝黑穗病菌致病性分化与品种抗病基因标记研究所用材料为育成品种;范娜等^[13]开展的粒用高粱耐盐种质资源鉴定与评价所用材料为亲本系;只有宝力格等^[14]在中国高粱地方种质芽期苗期耐盐性筛选及鉴定研究中所用材料为农家种,但没有解释农家种和目前亲本材料耐盐间的区别。亲本系和育成品种都是育种家根据育种目标,培育出用于培育优良品种而开展的工作^[15]。在育种实践中由于农家种产量低且改良困难没有被育种家大量使用,但农家种是经过长期的自然选择和人工种植形成的品种,其遗传多样性更丰富,开展抗逆性鉴定更有

意义^[16]。该研究结果1级材料中除NJ28号和NJ81号为改良系以外,其余13个均为农家种。而5级材料中除NJ30、NJ33和NJ68为农家种外,其余均为育种所用保持系和恢复系。试验结果表明,供试材料中高粱农家种耐瘠性明显优于亲本系材料,高粱耐瘠育种应注重对农家种的改良,也进一步验证了农家种开展抗逆性鉴定,尤其是耐瘠性鉴定更有意义。

3.3 高粱耐瘠材料的分类评价 该研究选用综合耐瘠系数和耐瘠指数对供试材料进行分类,虽然能区分供试材料的耐瘠性,但仍存在一些问题。因此,应结合生理、分子研究来综合评价耐瘠性,该研究为进一步研究耐瘠基因标记、克隆提供了理论依据。

参考文献

- [1] HUNT C H, HAYES B J, VAN EEUWIJK F A, et al. Multi-environment analysis of sorghum breeding trials using additive and dominance genomic relationships[J]. *Theoretical and applied genetics*, 2020, 133(3): 1009-1018.
- [2] 卢庆善. 高粱学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1997: 249-252.
- [3] 曾科, 杨兰芳, 于婧, 等. 不同类型作物生长对土壤有效氮构成和氮肥转化利用的影响[J]. *河南农业科学*, 2017, 46(1): 58-63.
- [4] 霍可以. 玉米品种的筛选及耐瘠性状研究[D]. 贵阳: 贵州大学, 2007.
- [5] 郝全军, 隋虹杰. 高粱子粒成熟度与养分积累及发芽的关系[J]. *北方农业学报*, 2017, 45(1): 14-17.
- [6] 周紫阳, 马英慧, 王江红, 等. 钾肥施用方式对高粱干物质积累及产量的影响[J]. *河南农业科学*, 2016, 45(4): 76-79.
- [7] 张桂香, 赵学孟, 高儒萍, 等. 高粱遗传资源的耐瘠性鉴定研究[J]. *山西农业科学*, 1997, 25(3): 12-16.
- [8] 钱晓刚, 陆引罡, 魏成熙, 等. 贵州酒用高粱对氮磷钾养分的吸收规律[J]. *土壤通报*, 1997, 28(1): 31-33.
- [9] 杨苞梅, 姚丽贤, 李国良, 等. 不同养分组合对高粱吸收氮磷钾养分的影响[J]. *中国农学通报*, 2008, 24(4): 282-290.
- [10] 王劲松, 董二伟, 武爱莲, 等. 不同肥力条件下施肥对粒用高粱产量、品质及养分吸收利用的影响[J]. *中国农业科学*, 2019, 52(22): 4166-4176.
- [11] 陈冰嫄, 徐宁, 李淑杰, 等. 高粱亲本系萌发期抗旱性鉴定[J]. *中国农业大学学报*, 2018, 23(8): 17-29.
- [12] 姜钰. 高粱丝黑穗病菌致病性分化与品种抗病基因标记研究[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2015.
- [13] 范娜, 白文斌, 彭之东, 等. 粒用高粱耐盐种质资源鉴定与评价[J]. *干旱地区农业研究*, 2018, 36(3): 72-78.
- [14] 宝力格, 陆平, 史梦莎, 等. 中国高粱地方种质芽期苗期耐盐性筛选及鉴定[J]. *作物学报*, 2020, 46(5): 734-744.
- [15] 加依娜·吾永巴衣, 胡文明, 阿迪里·托乎尼亚孜, 等. 基于质量和数量性状混合的高粱遗传多样性分析[J]. *江苏农业科学*, 2019, 47(2): 73-76.
- [16] 罗峰, 李欣禹, 唐朝臣, 等. 影响甜高粱主要农艺和品质性状的环境因子剖析[J]. *中国农业大学学报*, 2019, 24(10): 10-17.