

李志华,王艳秋,邹剑秋. 中国高粱品种资源分析与再利用[J]. 江苏农业科学,2015,43(6):109-112,154.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.06.035

中国高粱品种资源分析与再利用

李志华,王艳秋,邹剑秋
(辽宁省农业科学院创新中心,辽宁沈阳 110161)

摘要:鉴于当前高粱的特性及不同优势在生产、生活中的广泛应用,针对性地对我国部分高粱品种资源在形态学、生物学特性以及遗传规律方面进行了分析。通过分析可以看出,有些高粱品种在某些性状方面存在很强的优势:很多早熟高粱资源品种生育期仅有 90~110 d;部分甜高粱资源的茎汁含糖量达 15% 左右,株高达 300 cm 左右;大量多抗高粱资源品种既耐贫瘠、耐涝、耐盐碱、抗倒伏,又抗蚜虫、螟虫、黑穗病。在高粱主要性状遗传规律上,大部分性状属于显性遗传,对后代继承其亲缘的优良品质有独特的优势。

关键词:高粱;资源;显性遗传;优势利用
中图分类号:S514.024 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2015)06-0109-04

近百年来,人类活动给我们赖以生存的地球带来很大的影响,使原本变化多端的大自然增添了更多不确定因素。由于地球大气的变化,海平面不断上升,有些平坦的土地变为泽国,而有些地方土地荒漠化十分严重。总的来说气候旱涝异常,土地越来越贫瘠,作物病虫害猖獗,因此人们迫切需要一些高产、多抗、质优、适应性强的 高粱品种。

从 20 世纪 60 年代开始,我国把从农村、农家搜集来的地方品种称为品种资源。高粱品种资源是大自然缔造、我们祖先保存、传承下来的一些非常珍贵的品种。这些品种在漫长的物种进化中,经受住了大自然优胜劣汰的考验,走过了千万年历程生存至今。从目前看来它们虽然算不上是精品,但在这漫长、恶劣的历史进程中,一定有其自身的特性和优点。我们应挖掘出它们的潜质并加以利用,使之与现有品种相互结合,达到互补,选育出所需要的、理想的新品种。

本研究就我国部分高粱品种资源进行形态学及生物学表述,对不同类型高粱资源的特定性状遗传规律进行分析,旨在为高粱育种中的合理利用提供参考。

1 多抗资源

1.1 利用因素

就目前看,即使在某一区域,能够具备高产、多抗、质优、适应性强全部特性的品种也很少,而在我国的品种资源中,有很多抗逆性状较强的品种可以利用。从表 1 几个品种资源的抗性上看,这些资源的抗逆性极强^[1],如大粒谷(辽阳)既耐涝、耐盐碱,又抗病虫害、抗倒伏,具有极其优良的基因;吊煞

鸡(兴化)的耐旱、耐盐碱都达到了极耐的水平,这些材料具有很强的研究和再利用价值。

表 1 部分抗逆性较好的高粱品种资源生物学特性

品种名称	生物学特性
大粒谷(辽阳辽阳)	耐贫瘠、耐涝、耐盐碱、抗倒伏,蚜虫、黑穗病危害较轻。
小黑壳(内蒙古哲盟)	耐贫瘠、抗倒伏,蚜虫、螟虫、黑穗病危害轻。
大粒红(黑龙江)	耐贫瘠、抗旱,具有一定的抗蚜虫、黑穗病能力。
吊煞鸡(江苏兴化)	抗旱、极耐涝、极耐盐碱。
红高粱(辽宁朝阳)	耐贫瘠、耐旱、抗倒伏。

1.2 遗传规律

高粱以其特有的多重抗逆性在旱田作物中占有重要地位。在抗旱、耐低温、耐贫瘠、抗倒伏、抗干热风等抗逆性方面,杂种 1 代都较好地继承了父母本的抗性基因,并比父母本表现出更强的抗逆优势。在抗病性方面,一种为多基因类型抗性,具有数量遗传的特点^[2];另一种为单基因抗性,其显隐性因病害种类不同而不同。因此,根据选育的方向及要求,要充分了解上述遗传规律。

2 早熟资源

2.1 利用因素

近 10 年来,特别在东北及西北地区,常常因为春旱导致春季播不下种,秋季霜期无常,难以定夺收获时间。因此,一个品种生育期的长短,在制种和生产上就显得尤为重要,生育期短或者适中的品种,更受种植者的欢迎。

在品种资源中,早熟品种多达几百份,它们不但生育期短,而且具备很强的抗性。如 119 高粱生育期仅有 102 d,且极耐贫瘠性;二户高粱(建平)为 107 d,极度抗旱,在拔节和抽穗期遇干旱也不会减产;黑壳小关东青(朝阳)生育期不是很短,但适应性极强,坡、平、洼地均可种植且米质好(表 2)。在我国的高粱品种资源中,生育期在 115 d 以内的有 50 多份可供利用^[1]。

收稿日期:2014-07-17
基金项目:国家现代农业产业技术体系项目(编号:CARS-06);国家国际科技合作项目(编号:CFC/FIGG/41);辽宁省科技攻关项目(编号:2012215001)。
作者简介:李志华(1963—),男,河北石家庄人,助理研究员,主要从事高粱遗传育种研究。E-mail:785219004@qq.com。
通信作者:邹剑秋,博士,研究员,主要从事高粱遗传育种研究。E-mail:jianqiuzou@126.com。

表 2 部分早熟品种资源

品种名称	生育期(d)
二蛇眼红(河北围场)	91
二娥黄(山西灵丘)	99
119 高粱(辽宁省农业科学院)	102
二户高粱(辽宁建平)	107
八月齐(辽宁朝阳)	105
黑壳小关东青(辽宁朝阳)	116

2.2 遗传规律

关于高粱生育期基因遗传的特性,卢庆善等认为,采用不同亲缘的亲本杂交遗传表现的规律为:早熟×早熟,杂种 1 代表现为早熟;早熟×中熟,杂种 1 代介于中熟偏早,为中早熟;早熟×晚熟,杂种 1 代为中熟偏晚,为中晚熟;晚熟×晚熟,杂种 1 代为晚熟^[3]。

卢庆善等根据高粱生育期基因遗传的原理研究得出:通过选择恰当的亲本杂交,能够在杂交后代里选育出比早亲本更早,或比晚亲本更晚的单株^[3]。可见想要培育早熟品种,第一要素便是选育早熟的原始材料。

3 蛋白质含量较高的资源

3.1 利用因素

蛋白质是一种复杂的有机化合物,是构成组织细胞的主要材料。蛋白质在高粱籽粒中的含量虽然越多越好,但是也要适量。因为蛋白质过多,会影响口味及酿造品质。部分蛋白质含量较高的品种资源^[1]见表 3。

表 3 部分蛋白质含量较高的品种资源

品种名称	蛋白质含量(%)
皮禾柳高粱(山东高密)	14.67
小白高粱(内蒙古昭盟)	13.87
白高粱(新疆库尔勒)	13.85
白狗牙(安徽淮南)	13.48
马尾白(内蒙古昭盟)	13.43

对于一般食用和酿造用高粱来说,籽粒中的蛋白质含量一般以 8%~9% 为宜。上述高粱品种资源是高蛋白含量的品种。皮禾柳高粱(高密)籽粒中的蛋白质含量高达 14.67%,其他 4 个品种的蛋白质含量也在 13% 以上。这些品种可以在改良低蛋白质含量的品种中加以利用。

3.2 遗传规律

高粱籽粒中的蛋白质含量一般在 7%~12% 之间,其蛋白质含量的遗传为数量遗传,杂种 1 代的蛋白质含量基本上介于双亲平均含量之间,极少出现超亲遗传^[3]。因此,要选育蛋白质含量较理想的品种,原始材料所含蛋白质的高低至关重要。

4 赖氨酸含量较高的资源

4.1 利用因素

普通高粱的籽粒像大多数谷类作物一样缺乏赖氨酸^[4],而赖氨酸是人体必需氨基酸之一,能促进人体发育、增强免疫功能,并有提高中枢神经组织功能的作用。因此,恰当选育含赖氨酸较高的品种,无论是从营养学角度,还是从提高米质的适口性方面看都十分必要。部分赖氨酸含量较高的高粱品

种^[1]见表 4。品种资源中,蛋白质中赖氨酸含量在 2.50% 以上的有 250 份左右。表 4 中所列 6 个高粱品种资源的赖氨酸含量在 3.10% 以上,而二户高粱(建平)的赖氨酸含量更是高达 3.55%。

表 4 部分赖氨酸含量较高的品种资源

品种名称	蛋白质中赖氨酸含量(%)
二户高粱(辽宁建平)	3.55
大红壳(黑龙江望奎)	3.31
大红壳(吉林白城)	3.19
香高粱(山东乳山)	3.14
小辈红高粱(甘肃天水)	3.13
八叶齐(内蒙古哲盟)	3.11

4.2 遗传规律

高粱籽粒赖氨酸含量的遗传表现为数量遗传的特点,但在基因遗传上,杂种 1 代赖氨酸含量的高低受父本的影响较大,其籽粒赖氨酸含量均明显地倾向父本^[3]。因此用赖氨酸含量较高的品种资源来改良原始恢复品种材料,会明显地提高杂交种籽粒赖氨酸的含量。

5 籽粒单宁含量较高或较低品种资源

5.1 利用因素

单宁,又称鞣酸,是高粱籽粒的重要成分,在各个领域有着广泛的应用。在酿造应用上,由于单宁是一类重要的天然活性物质,在以高粱为原料的酿酒过程中,籽粒中适量的单宁含量对有害微生物有一定的抑制作用,并能提高出酒率。另外单宁产生的丁香酸、丁香醛等香味物质还能增加酒的芳香。在医学应用上,单宁含有的物质前花青二醇(procyanidols)能保护动脉管壁,防止动脉硬化,同时可抑制胆固醇,预防血栓的产生。在其他应用领域,目前如在石油、矿业、建材、化工、纺织、农林、医药、食品、美容等方面,单宁都得到了广泛的应用。在食用和饲用上,由于单宁是多酚中高度聚合的化合物,能与蛋白质和消化酶形成难溶于水的复合物,所以单宁含量过高不但适口性差,还会妨碍人体对食物的消化吸收,从而引起便秘。用单宁含量较高的高粱喂养动物,会使动物增质量受阻,饲料转化比差。因此在食用、饲用这 2 个方面,单宁在籽粒中的含量越低越好。从以上单宁的特性来看,在选育过程中,所选高粱材料中单宁含量的高低,应根据选育方向及用途而定。在我国的品种资源中,单宁含量较高或较低品种都很多(表 5)^[1]。

表 5 中的高粱品种资源的单宁含量较高的可达 2.1% 以上,如盐亭先锋高粱(绵阳)、烟熏柳子(平邑)、高秆青(洛阳),还有 3 个资源也在 1.60% 以上;较低的单宁含量只有 0.06%,如三变脸(太康)、黏高粱(临沂)。

5.2 遗传规律

由于单宁主要存在于种皮中,因而其遗传比较复杂。高粱籽粒单宁含量的遗传力较高,卢庆善以 3 个不同地点的资料进行计算,测得的单宁含量遗传力为 95.95%^[3]。在杂种 1 代的遗传表现中,如果采用高单宁和低单宁的亲本杂交,结果他为高单宁;如果 2 个低单宁含量的亲本杂交,杂种 1 代的单宁含量则显著增加。因此,在选育亲本时,应充分考虑到所选材料的单宁含量。

表 5 部分籽粒单宁含量较高或较低的高粱品种资源

品种名称	单宁含量(%)
盐亭先锋高粱(四川绵阳)	2.31
烟熏柳子(山东平邑)	2.22
高秆青(河南洛阳)	2.13
马尾高粱(云南镇雄)	1.66
钟祥高粱(湖北钟祥)	1.65
牛心黄(黑龙江)	1.61
三变脸(河南太康)	0.06
黏高粱(山东临沂)	0.06
大白高粱(辽宁锦西)	0.07
香秫秫(山东临沂)	0.07
白高粱(新疆库尔勒)	0.08
三滴水(山西清徐)	0.09

6 食味较好的品种资源

6.1 利用因素

高粱米具有很高的营养价值和食疗保健功效,它富含醇溶性蛋白质、糖类、膳食纤维和钙、磷、铁等元素以及 B 族维生素,另外还含有少量的色氨酸、赖氨酸等人体必需氨基酸等。

一个广受大众欢迎的食用高粱品种,一定是口感好的品种,具有米质柔软、味道香甜且有一定弹性等特点。决定米质口感好坏的因素很复杂,包括蛋白质、赖氨酸、单宁、脂肪、维生素的含量,以及角质率、淀粉结构等性状,其中蛋白质、赖氨酸、单宁含量最为重要。部分食味较好的资源品种的生物学术特性^[1]见表 6。

表 6 部分食味较好的品种资源的生物学特性

品种名称	蛋白质含量(%)	蛋白质中赖氨酸含量(%)	单宁含量(%)	米质性状
八叶齐(辽宁鞍山)	8.94	1.57	0.90	粳性
三黄壳(辽宁盖县)	10.48	2.77	0.63	粳性
小黏棒(辽宁旅大)	9.63	3.32	0.62	糯性
米高粱(辽宁新宾)	9.58	1.77	1.04	糯性
小白高粱(内蒙古昭盟)	13.87	2.16	0.07	粳性
黏高粱(吉林延吉)	11.10	2.52	1.13	糯性
糯高粱(云南丽江)	11.39	1.67	2.34	糯性

表 6 中的高粱品种大都数蛋白质、赖氨酸含量较高,单宁含量较低,但也有个别的品种,如米高粱(新宾)的蛋白质含量并不高,而它的单宁含量却很高;八叶齐(鞍山)的蛋白质含量没有达到高粱的蛋白质含量平均值,赖氨酸含量也很低;糯高粱(丽江)的单宁含量非常高,应该是口感很不好的品种,但实际上它和米高粱(新宾)、八叶齐(鞍山)2 个品种的食味均很好。蛋白质、单宁、赖氨酸这 3 种物质及其他物质的含量究竟在高粱籽粒中存在多少,能达到怎样的理想口味,还有待进一步探索。

6.2 遗传规律

高粱籽粒的品质性状遗传规律较复杂,它包括胚乳性状遗传、蛋白质遗传、赖氨酸遗传、单宁遗传等。高粱籽粒胚乳又可分为硬质(爆裂)、角质、蜡质(糯性)、粉质、甜质、凹陷等类型。角质、蜡质型胚乳结构细密、米饭柔和、适口性好、易消化。蜡质胚乳的淀粉全由支链淀粉组成,在遗传上受 1 对隐

性基因所控制,而粉质胚乳由直链淀粉控制^[3]。

7 甜高粱资源

7.1 利用因素

经过人类疯狂的采挖,地球上的珍稀资源已近枯竭,同时带来的环境污染也严重影响着人类的生存。因此,新能源、清洁能源被全世界大力提倡,如太阳能、风能、生物质能、潮汐能、地热能、氢能、核能等。利用甜高粱茎秆中的糖,通过生物发酵转化为乙醇这一技术,已被一些国家广泛应用。合成的乙醇汽油用作发动机燃料不污染空气,且发动机无须或稍加改装即可燃用,发展前景极其广阔。另外,甜高粱在糖料及饲料用途方面也极具潜质,具有适种范围广、含糖量高、适口性好(对于牲畜)、高产、抗性强等优点。鉴于甜高粱在工业、农业、畜牧业等领域的应用潜力,应通过现有的大量资源,利用相关技术选育出更加贴近需求者要求和让生产者满意的品种。部分甜高粱品种资源如表 7 所示^[1]。

表 7 部分甜高粱品种资源形态及生物学特性

品种名称	茎汁含糖量(%)	分蘖(个)	株高(cm)	中节直径(cm)	总叶片数(张)
甜高粱(河南新县)	14.7	3.0	200	1.2	18
甜秫秆(河南平舆)	13.5	1.5~2.0	280	1.4	21
甜高粱(新疆吐鲁番)	13.5	1.8	275	1.7	28
甜高粱(新疆阿克苏)	16.0	2.4	310	2.1	24

7.2 遗传规律

关于高粱茎秆汁液和锤度的遗传规律,已有研究结果表明,高粱茎秆髓质对多汁为显性,非甜对甜为显性,而且控制这 2 对性状遗传的基因彼此是独立的^[5]。因此,原始材料的品质对其杂种后代的优异水平起着决定性作用。

8 黏高粱资源

8.1 利用因素

黏高粱在食用上具有多样性,如黏米饭、黏豆包、黏糕及各种黏食甜点等;在酿造上具有独特性,如籽粒中所含大量淀粉、适量的蛋白质及矿物质、一定量的单宁,可以酿制出优质白酒。其中闻名中外的贵州茅台、泸州老窖、五粮液等,均以黏高粱作主料酿造而成。因此,黏高粱收购价一直很高,种子也很紧俏。部分黏高粱品种资源形态及生物学特性^[1]见表 8。

表 8 部分黏高粱品种资源形态及生物学特性

品种名称	株高(cm)	穗长(cm)	生育期(d)	米质	产量(kg/hm ²)
黏高粱(江苏如皋)	162	19.5	112	糯性	2 250
黏母鸡(江苏灌云)	257	33.1	119	糯性	1 950
黏老(河北秦皇岛)	347	34.6	116	糯性	3 000
黏秫秫(山东五莲)	340	36.0	120	糯性	1 950
黏高粱(云南大姚)	147	27.0	140	糯性	3 000~4 500

从表 8 可知,这些品种资源的产量虽不是很高,但是有些性状是可利用的,如生育期普遍较短;有些植株不是很高,如黏高粱(如皋)的株高为 162 cm,而黏高粱(大姚)的株高仅 147 cm;有 3 个品种的穗长超过 33 cm。另外,这些品种的抗逆性也普遍很强(表中未列)。

目前黏高粱资源可供选择的优良亲本并不多,因此应当

充分利用我国的品种资源来进行新品种研发与改良。

8.2 遗传规律

高粱籽粒的糯性与否,取决于支链淀粉在籽粒中的含量。孔令旗等以 Hayman 4×4 完全双列杂交方法对高粱籽粒的直链淀粉含量和支链淀粉含量的基因效应进行了研究,结果表明,支链淀粉在高粱籽粒中的遗传性状符合加性-显性模型,受环境影响较小,因而根据表型进行选择有较高的可靠性^[6]。

另外,倪先林等在对 3 个糯性不育系和 12 个糯性恢复系进行研究表明,杂交后代的大多数农艺性状受恢复系的影响比不育系大^[7]。因此在育种过程中,应更加重视恢复系的选择。

9 高秆高粱资源

9.1 利用因素

高粱秆的用途广泛,它即能当架材、喂养牲畜、当柴烧,又能制作板材、工艺品和生活用品,所以秸秆品质较高的高粱,市场需求量也很大。目前我国拥有的相关品种很少,但我国有很多优秀的原始资源,完全能弥补这一不足。部分高秆高粱原始资源的形态及生物学特性^[1]见表 9。

表 9 部分高秆高粱原始资源的形态及生物学特性					
品种名称	株高 (cm)	中部间节 直径 (cm)	地上节 数(节)	生育期 (d)	秸秆 韧性
土白高粱(辽宁兴城)	300	1.7	13~14	130	强
大眼蛇(内蒙古哲盟)	308~337	1.5	14~16	120	较强
小老鸹(辽宁锦县)	300	1.4	13	130	强
红芝麻高粱(辽宁建昌)	316	1.6	13	130	强
白大蛇眼(河北承德)	305	2.0	12	105	强

表 9 所列出 5 个品种的株高都在 300 cm 及以上,其中大眼蛇(哲盟)的株高最高,可达 337 cm;上述品种的秸秆韧性都较强。

表 10 部分帚用高粱原始资源的形态及生物学特性 ^[1]						
品种名称	株高 (cm)	中部间节直径 (cm)	穗颈长 (cm)	茎秆粗细	穗长 (cm)	穗型
狼尾巴草(河北阳曲)	428	1.3	55.7	细	47.0	帚型
花县高粱(广东花县)	390	1.5	59.5	细	39.4	帚型
大披头(山西忻县)	342	1.2	56.4	细	29.8	帚型
白大眼蛇(河北承德)	305	2.0	58.0	粗壮	30.6	帚型

表 11 表型的综合表现		
母本穗型	父本穗型	F ₁ 代穗型
短穗	长穗	长穗
宽穗	窄穗	窄穗
帚型	长穗	长穗
长穗	长穗	短穗
散穗	散穗	紧穗
紧穗	紧穗	紧穗
散穗	散穗	散穗
半帚型	近帚型	帚型
中紧长穗	中紧型长宽穗	紧型宽穗

11 结论与讨论

在我国的高粱品种资源中,还有很多独特的资源,如大粒资源、玻璃质含量较多资源和用于提取色素的颖壳鲜艳的资

9.2 遗传规律

卢庆善等对高粱株高遗传进行了研究,结果表明:高秆与矮秆品种杂交,在杂种 1 代高秆对矮秆表现为部分显性。高粱株高受节数、节间长、穗颈长、穗长的影响^[3]。张文毅在高粱株高及其区段的遗传研究中表明,高粱株高的平均优势指数为 146%,变幅为 106%~216%;茎高的相应数值则分别为 158%、91%~262%^[8]。因此以茎秆产量为栽培目的(如建材、造纸、青饲等),大可利用茎秆的遗传优势,从品种资源中筛选理想的材料。

10 帚用高粱资源

10.1 利用因素

帚用高粱在我国用量很大,所以选育优良帚用高粱必不可少。优良帚用高粱应当兼顾籽粒产量与加工应用的双重特性。生物产量是帚用高粱产量形成的基础,植株过矮或过小,不能形成较大的生物产量;植株过高,虽能获得较大的生物产量,但不利于籽粒产量的形成^[9]。因此,高产帚用高粱的株高应当适中。优良帚用高粱的穗部性状应该是穗长趋于中等水平且无硬芯,以满足固定帚型的需要。

表 10 中的 4 个品种在株高上,除狼尾巴草(曲阳)超高外,其他 3 个品种基本都在理想范围内;穗颈长都超过 55 cm,超过标准;有 2 个品种穗长超过 36 cm,达到理想要求;有 3 个品种的中间节和茎秆直径略细。因此在利用时,要对品种资源进行仔细筛选。

10.2 遗传规律

张文毅等在高粱穗结构的遗传研究中得到的结论是:穗结构性状的超中亲优势特别是超高亲优势,在 F₁ 的表现型上可视作显性效应^[10]。帚型同任何穗型杂交,其 F₁ 代都倾向帚型或者散型,帚型的遗传表现极为显性(表 11)。

源等,在本研究中没有进行分析和论述。

根据本研究分析的资源材料可知,在我国有很多抗逆性强、各种品质性状优异的原始品种,如抗逆性较强的大粒谷(辽阳)、蛋白质含量较高的皮禾柳高粱(高密)、赖氨酸含量较高的二户高粱(建平)、单宁含量较高的盐亭先锋高粱(绵阳)、单宁含量较低的三变脸(太康)等。

当前,除了多抗育种和高产育种外,还有针对某一方面的特殊要求育种,在这一方面,我国的品种资源也有诸多材料可供筛选。如甜高粱(新县)的颈汁含糖量达 14.7%;高秆高粱大眼蛇(哲盟)的株高达 337 cm;帚用高粱狼尾巴(阳曲)穗长达 47 cm,穗颈长达 55.7 cm。

然而,我国这些宝贵的原始高粱品种资源同当代少量的、有限的不育系和恢复系组配过之后,就很少对其进行研究。随着育种技术高速发展和日益成熟,可以将各种先进技术运
(下转第 154 页)

糖作为细胞调节物质也与细胞的渗透势密切相关,可溶性糖含量的提高,增加了细胞的渗透势,提高了植物的抗逆性^[16]。本试验结果表明,6℃低温胁迫可以提高可溶性蛋白和可溶性糖的含量,植物通过自身调节来适应逆境的环境,经 SA 处理后,2 种含量均显著增加,适宜的 SA 处理可以提高紫罗兰植株抗低温胁迫的能力。

植物在低温胁迫环境下,植物体内拥有一套复杂的抗氧化化系统用于清除多余的活性氧,维系活性氧代谢的平衡,其中 SOD、CAT、APX、POD 等是比较重要的抗氧化酶。低温胁迫下,SOD、CAT 酶的活性均显著上升,经 SA 处理,酶活性显著上升,这与辛慧慧等^[15]、李永华等^[18]在棉花、菊花等植物上的研究结果相一致。本研究发现,APX 酶活性经 SA 处理后显著增强,这与史庆华等在黄瓜中的研究结果^[19]相一致,POD 酶活性在低温胁迫时下降,经 SA 处理后上升,这与刘慧英等在西瓜中的研究结果^[17]一致。氧化酶活性的增强,有利于植物提高自身清除活性氧的水平。相关分析表明,SOD、CAT、APX、POD 酶与相对电解质率均呈现显著负相关,相关系数 r 分别为 -0.582 、 -0.575 、 -0.706 、 -0.933 ,这说明水杨酸可以通过提高抗氧化酶的活性,清除活性自由基,提高紫罗兰的抗低温能力。

徐伟慧等在水杨酸对低温胁迫下西葫芦的研究中发现,以 250 mg/L SA 效果最好^[20],史庆华等在水杨酸对黄瓜的研究中发现,100 $\mu\text{mol/L}$ 的处理效果最佳^[19],杜朝昆等在对玉米幼苗高温和低温胁迫的研究中发现,高温胁迫下 300 mmol/L SA 预处理效果最好,而低温胁迫时 150 mmol/L SA 处理效果最好^[7]。综上发现,不同植物在低温胁迫时,SA 的浓度会有所不同,而同一种植物在不同的逆境中,SA 的最佳浓度也会有所不同。本试验发现紫罗兰低温胁迫时最佳的 SA 处理浓度为 0.4 mmol/L。

综合以上分析可知,水杨酸提升紫罗兰的抗低温能力,其生理机制可能就是提升了 SOD、CAT、APX、POD 等抗氧化酶的活性。

参考文献:

- [1] 北京林业大学园林系花卉教研组. 园林花卉学[M]. 北京:中国林业出版社,2000:203.
- [2] 靳文东. 紫罗兰“和谐”系列栽培管理[J]. 中国花卉园艺,2012(24):25-25.
- [3] 王利军,战吉成. 水杨酸与植物抗逆性[J]. 植物生理学通讯,

(上接第 112 页)

用进来,以更好利用这些弥足珍贵的品种资源,为高粱的生产和应用带来新的格局。

参考文献:

- [1] 辽宁省农业科学院. 中国高粱品种志[M]. 北京:农业出版社,1980.
- [2] 卢庆善,孙毅,华泽田. 农作物杂种优势[M]. 北京:中国农业科技出版社,2001.
- [3] 卢庆善,孙毅. 杂交高粱遗传改良[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2005.
- [4] Victorwu Y, Wall J, 魏相. 通过发芽增加高粱蛋白质中赖氨酸

2002,38(6):619-624.

- [4] 孟雪娇,邸昆,丁国华. 水杨酸在植物体内的生理作用研究进展[J]. 中国农学通报,2010,26(15):207-214.
- [5] Horváth E S, Janda T. Induction of abiotic stress tolerance by salicylic acid signaling[J]. Journal of Plant Growth Regulation,2007,26(3):290-300.
- [6] 李彩霞,李鹏,苏永发,等. 水杨酸对镉胁迫下玉米幼苗质膜透性和保护酶活性的影响[J]. 植物生理学通讯,2006,42(5):882-884.
- [7] 杜朝昆,李忠光,龚明. 水杨酸诱导的玉米幼苗适应高温和低温胁迫的能力与抗氧化酶系统的关系[J]. 植物生理学通讯,2005,41(1):19-22.
- [8] He Y, Zhu Z J. Exogenous salicylic acid alleviates NaCl toxicity and increases antioxidative enzyme activity in *Lycopersicon esculentum*[J]. Biologia Plantarum,2008,52(4):792-795.
- [9] 孙艳,崔鸿文,胡荣. 水杨酸对黄瓜幼苗壮苗的形成及抗低温胁迫能力的生理效应[J]. 西北植物学报,2000,20(4):616-620.
- [10] 朱祝军,喻景权, Gerendas J, 等. 氮素形态和光照强度对烟草生长和 H_2O_2 清除酶活性的影响[J]. 植物营养与肥料学报,1998,4(4):379-385.
- [11] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社,2000.
- [12] 张鸽香. 瓜叶菊对低温胁迫的生理反应[J]. 南京林业大学学报:自然科学版,2004,28(5):89-92.
- [13] 韩浩章,王晓立,张丽华. 低温胁迫下水杨酸对香樟幼苗抗寒性的影响[J]. 南方农业学报,2011,42(12):1519-1522.
- [14] 田丹青,葛亚英,潘刚敏,等. 低温胁迫对 3 个红掌品种叶片形态和生理特性的影响[J]. 园艺学报,2011,38(6):1173-1179.
- [15] 辛慧慧,李防洲,侯振安,等. 低温胁迫下棉花幼苗对外源水杨酸的生理响应[J]. 植物生理学报,2014,50(5):660-664.
- [16] 常云霞,徐克东,陈璨,等. 水杨酸对低温胁迫下大豆幼苗生长抑制的缓解效应[J]. 大豆科学,2012,31(6):927-931.
- [17] 刘慧英,朱祝军,吕国华,等. 低温胁迫下西瓜嫁接苗的生理变化与耐冷性关系的研究[J]. 中国农业科学,2003,36(11):1325-1329.
- [18] 李永华,苏志国,李洪涛,等. 水杨酸预处理对低温胁迫下菊花叶片生理活性的影响[J]. 河南农业科学,2010(12):99-101,106.
- [19] 史庆华,朱祝军,徐敏,等. 外源水杨酸对黄瓜叶片几种酶活性和抗氧化物质含量的影响[J]. 园艺学报,2004,31(5):666-667.
- [20] 徐伟慧,周兰娟,王志刚. 外源水杨酸缓解西葫芦幼苗低温胁迫的效应[J]. 浙江农业学报,2013,25(4):764-767.

的含量[J]. 国外农学:杂粮作物,1982(3):16-21.

- [5] 卢庆善. 甜高粱[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2008.
- [6] 孔令旗,张文毅,李振武. 高粱籽粒直链淀粉和支链淀粉含量的基因效应分析[J]. 作物学报,1995(3):319-323.
- [7] 倪先林,赵甘霖,刘天朋,等. 杂交糯高粱主要农艺性状的配合力和遗传力研究[J]. 江苏农业科学,2011,39(3):90-93.
- [8] 张文毅. 论高粱株高及其区段的遗传[J]. 辽宁农业科学,1993(5):1-4.
- [9] 乌艳红,李志明,辛晓平,等. 11 种帚用高粱形态特征分析[J]. 安徽农业科学,2009,37(6):2430-2431,2516.
- [10] 张文毅,李振武,孟广艳. 高粱穗结构的遗传研究 I. 杂种一代的遗传表现[J]. 辽宁农业科学,1985(2):1-5.