

玛咖不同颜色种子表型性状及活力特性分析

尚瑞广, 王兵益

(中国林业科学研究院资源昆虫研究所, 云南 昆明 650224)

摘要:比较分析棕黄色、棕红色和黑色3种颜色玛咖种子的大小、萌发特性、幼苗生长特性和酶活力,探讨3种颜色玛咖种子的表型性状及其与种子活力之间的相关性。结果表明,棕黄色和黑色种子的长、厚、厚宽比、千粒质量、发芽势、发芽率、发芽指数、活力指数、幼苗苗长、根长、单株鲜质量和干质量、POD活性、脱氢酶活性等性状之间无显著差异,但均显著高于棕红色种子($P < 0.05$);棕黄色和黑色种子的新鲜不发芽种子数、死种子数和不正常幼苗数均显著低于棕红色种子($P < 0.05$)。不同颜色玛咖种子的千粒质量与种子的长、厚存在显著正相关($P < 0.05$),种子发芽势、发芽率、发芽指数、活力指数均与千粒质量、POD和脱氢酶呈极显著正相关($P < 0.01$)。说明棕黄色和黑色种子活力高于棕红色种子,萌发能力更强。

关键词:玛咖;表型性状;种子活力;萌发;酶活性

中图分类号:S567.9

文献标识码:A

Phenotypic Traits and Seed Vigor of Maca Seeds with Different Colors

SHANG Rui-guang, WANG Bing-yi

(Research Institute of Resources Insects, Chinese Academy of Forestry, Kunming 650224, Yunnan, China)

Abstract: The size, germination, seeding growth and enzyme activity of the brown-yellow, brown-red and black maca (*Lepidium meyenii*) seeds were analyzed. And the correlation between seed phenotypic traits and seed vigor was studied. The results showed that there were no difference between the traits of the brown-yellow and black seeds, including length, thickness, ratio of width and thickness, kilo-grain weight, germination energy, germination percentage, germination index, vigor index, seedling length, root length, fresh weight and dry weight of each plant, POD and dehydrogenase activity; while the traits of both brown-yellow and black seeds were significantly higher than those of the brown-red seeds ($P < 0.05$). The amount of fresh but ungerminated seeds, blind seeds and abnormal seedlings of the brown-yellow and black seeds were remarkably lower than those of the brown-red seeds ($P < 0.05$). The kilo-grain weight had prominently positive correlation with length and thickness ($P < 0.05$). And all the germination energy, germination percentage, germination index, vigor index had strikingly positive correlation with kilo-grain weight, POD and dehydrogenase activity ($P < 0.01$). Therefore, the vigor and germination ability of brown-yellow and black seeds were better than that of brown-red seeds.

Key words: Maca; *Lepidium meyenii*; phenotypic traits; seed vigor; germination; enzymatic activity

玛咖(*Lepidium meyenii* Walp.)为十字花科独行菜属(*Lepidium*)1年生或2年生的草本植物,原产于秘鲁海拔3 500 m以上的安第斯山区,能够在贫瘠、

缺氧、昼夜温差大、长期冰封等特殊环境下正常生长^[1]。玛咖营养丰富,含有蛋白质、糖类、氨基酸、矿物元素等多种营养成分^[2];大量实验证明其在改善

收稿日期:2014-09-17

基金项目:中国林业科学研究院中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金(CAFYBB2014QA015)、中国林业科学研究院资源昆虫研究所中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金(rirical2013001Z)

作者简介:尚瑞广(1986—),男,河南漯河人,助理研究员,主要从事资源植物培育与利用技术研究. E-mail:shangrg@live.cn

性功能、提高生育力、减少前列腺增生、抗氧化耐疲劳等方面具有较好的功效^[3-6]。近年来,在联合国粮农组织和国际植物遗传资源研究所等国际组织的努力下,玛咖的种植得以逐步推广,玛咖在中国的栽培面积不断加大。

玛咖育苗主要通过种子繁殖,种子为卵形,种子的质量对玛咖的栽培起着关键的作用,生产中发现同一批玛咖种子中存在着种皮颜色的差异。种皮颜色能影响种子的萌发特性,种皮颜色对种子活力的影响因作物不同而有所变化。大多数研究表明,种皮颜色与种子活力成正相关,种皮颜色越深,种子活力越高^[7-9]。齐雪峰等^[10]通过对比绿色和黑色甘草种子发芽率、活力指数、脱氢酶、ATP等生理指标发现,绿籽的种子活力要远远高于黑籽。种子大小对种子活力影响方面,一般来说质量大的种子含有较多的营养物质,具有较好的萌发能力^[11]。种子加工已将大小分级、色选等加工工艺应用于提高作物种子质量上^[9]。对于大规模种植的玛咖,其种子不同颜色及大小对种子质量、幼苗生长的影响缺乏相关研究报导。本研究以棕黄色、棕红色和黑色3种种皮颜色的玛咖种子为材料,探讨不同种皮颜色玛咖种子的表型特征和活力,为玛咖良种选育、高产栽培等提供参考。

1 材料和方法

1.1 材料

供试玛咖种子为2014年6月于云南省会泽县大海乡收获的成熟种子,带回实验室放置冰箱中4℃贮藏。参照比色卡人工分选棕黄色、棕红色和黑色3种颜色种子,每种颜色的种子再均分为3组份进行表型测定与种子活力试验。

1.2 测定内容与方法

1.2.1 种子表型性状 包括千粒质量、种子长、宽、厚、种子长宽比和厚宽比等,共计6个性状指标。千粒质量的测定为随机从各组份中选取1000粒种子,采用精确度为0.0001g的德国赛多利斯电子天平称质量。从各组份中随机选取20粒种子,采用精确度为0.01mm的电子数显游标卡尺测量每粒种子的长、宽、厚,计算种子长宽比和厚宽比。

1.2.2 种子发芽特性 参照农作物种子检验规程进行纸上发芽试验^[12]。从各组份中随机选取100粒种子用于发芽试验。光照和黑暗时间均为12h,温度为25℃,光照强度为3000lx。逐日统计发芽

数,发芽结束参考张淑珍等^[13]统计不正常幼苗、死种子和新鲜不发芽种子的数量。计算发芽势、发芽率、不正常幼苗的百分率、发芽指数和活力指数。

不正常幼苗:幼苗有一个或数个构造不正常,或发育受阻,幼苗有缺陷,如畸形、残缺、由初次感染引起的腐烂等。死种子:变软、变色、发霉的种子。新鲜不发芽种子:试验期间保持清洁和一定硬度,有生长成为正常幼苗潜力的种子。

发芽势% = 达到高峰时正常发芽种子数/参试种子总粒数 × 100%, 发芽率 = 发芽结束正常发芽种子数/参试种子总粒数 × 100%。

发芽指数 = \sum (第t天的发芽数/相应的发芽天数), 活力指数 = 发芽指数 × (苗长 + 胚根长)^[14]。

1.2.3 幼苗生长特性 发芽结束后从每个培养皿中随机选取10株正常幼苗用吸水纸吸干表面水分后用精确度为0.0001g的德国赛多利斯电子天平称鲜质量,用直尺测苗长和幼苗根长,烘干后用精确度为0.0001g的德国赛多利斯电子天平称干质量。

1.2.4 种子酶活力特性 脱氢酶活性测定:参考徐荣等^[15]的方法。从各组份中随机选取50粒,室温下浸泡48h。将种子纵切并去种皮,放入具塞试管中,然后加入5mL 0.1% 2,3,5-三苯基氯化四氮唑(TTC)溶液,置于38℃恒温水浴中黑暗条件下染色1.5h。用1mL蒸馏水快速冲洗1次,再倒入80%丙酮5mL,置于54℃中浸提4h后,用分光光度计测量光密度,根据标准曲线查得相应的TTC含量($\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$),用来表示脱氢酶的活性。TTC标准曲线参考赵连梅等^[16],不同浓度系列溶液制备好后在DU800紫外可见分光光度计下测最大吸收峰。

超氧化物歧化酶(SOD)和过氧化物酶(POD)活力测定:参考李贺琴等^[9]的方法,用各组份室温下浸泡24h的种子为样品,采用氮蓝四唑法和愈创木酚法分别测定SOD和POD的活力^[17]。

1.3 数据统计与分析

数据利用Excel 2003、SAS 8.0和SigmaPlot 10.0进行处理和分析。

2 结果与分析

2.1 三种颜色种子表型性状比较

种子大小常用子粒的平均长、宽、厚或千粒质量来表示,千粒质量是衡量种子品种的主要指标之一。由表1可以看出,种子长度以棕黄色种子最长、黑色次之、棕红色最小;棕黄色种子比棕红色种子长度长

4.32% ($P < 0.05$)。种子厚度以黑色种子的最大、棕黄色次之、棕红色最小;黑色和棕黄色种子的厚度分别比棕红色种子的大 12.77% 和 8.51%,均差异显著 ($P < 0.05$)。3 种颜色种子间宽度和长宽比差异不显

著。三者间厚宽比呈显著差异,黑色种子最大,棕红色种子最小。棕黄色和黑色种子的千粒质量显著大于棕红色 18.09% 和 17.30% ($P < 0.05$)。棕黄色种子的长、厚、千粒质量与黑色种子无显著差异。

表 1 三种颜色种子的表型性状比较

颜色	长/mm	宽/mm	厚/mm	长/宽	厚/宽	千粒重/g
棕黄色	1.93 ± 0.09 a	1.11 ± 0.06 a	0.51 ± 0.05 a	1.74 ± 0.09 a	0.46 ± 0.04 b	0.706 4 ± 0.007 9 a
棕红色	1.85 ± 0.07 b	1.09 ± 0.06 a	0.47 ± 0.04 b	1.71 ± 0.07 a	0.43 ± 0.04 c	0.598 2 ± 0.007 5 b
黑 色	1.89 ± 0.09 ab	1.08 ± 0.07 a	0.53 ± 0.05 a	1.76 ± 0.12 a	0.49 ± 0.05 a	0.701 7 ± 0.009 6 a

注:同列中小写字母表示 $P < 0.05$ 显著差异水平,下同。

2.2 三种颜色种子萌发特性比较

由表 2 可以看出,棕黄色和黑色种子的发芽势与发芽率均显著高于棕红色种子的发芽势与发芽率 ($P < 0.05$),两者的发芽势分别比棕红色的高 26.40% 和 19.33%,发芽率分别比棕红色的高 13.07% 和 11.54%。萌发结束后 3 种颜色种子中新鲜不发芽的种子和死种子的数量以棕红种子中最

多,且显著高于棕黄色和黑色种子 ($P < 0.05$);棕黄色和黑色种子产生的不正常幼苗百分率分别比棕红色种子产生的低 12.67% 和 11.67% ($P < 0.05$),两者的发芽指数、活力指数分别比棕红色的高 22.96% 和 19.90%、61.31% 和 60.52%,均呈显著差异 ($P < 0.05$)。棕黄色和黑色种子各指标间差异不显著。

表 2 三种颜色种子间发芽率的比较

颜色	发芽势/%	发芽率/%	新鲜不发芽种子/个	死种子/个	不正常幼苗百分率/%	发芽指数	活力指数
棕黄色	89.33 ± 3.06 a	98.00 ± 2.00 a	1 ± 0.58 b	1 ± 1.53 b	4.33 ± 1.15 b	28.92 ± 0.87 a	91.88 ± 5.24 a
棕红色	70.67 ± 3.06 b	86.67 ± 2.52 b	8 ± 2.31 a	5 ± 1.00 a	17.00 ± 1.00 a	23.52 ± 0.76 b	56.96 ± 5.47 b
黑 色	84.33 ± 2.52 a	96.67 ± 1.53 a	2 ± 1.00 b	1 ± 0.58 b	5.33 ± 1.53 b	28.20 ± 0.62 a	91.43 ± 4.23 a

2.3 三种颜色种子幼苗生长特性

苗长、根长、单株鲜质量和干质量等幼苗生长指标都以黑色种子幼苗的最大;棕黄色种子幼苗生长指标与黑色种子的相差不大,棕红色种子的幼苗生长指标显著低于黑色和棕黄色种子 ($P < 0.05$) (表 3)。鲜干比能反应植物体内含水量的多少,鲜干比

大水分含量多,说明生命活动旺盛。由表 3 可以看出,棕黄色和黑色种子幼苗的鲜干比分别比棕红色种子幼苗的高 18.30% 和 13.63%,均呈显著差异 ($P < 0.05$)。说明棕黄色和黑色种子幼苗的生命活动比棕红色种子幼苗的旺盛。

表 3 三种颜色种子幼苗生长的比较

颜色	苗长/cm	根长/cm	单株鲜质量/mg	单株干质量/mg	鲜干比
棕黄色	1.25 ± 0.10 a	1.93 ± 0.47 a	6.75 ± 0.28 a	0.53 ± 0.03 a	12.67 ± 0.35 a
棕红色	1.06 ± 0.12 b	1.36 ± 0.49 b	5.04 ± 0.44 b	0.47 ± 0.01 b	10.71 ± 0.71 b
黑 色	1.26 ± 0.12 a	1.98 ± 0.52 a	7.23 ± 0.51 a	0.59 ± 0.02 a	12.17 ± 0.49 a

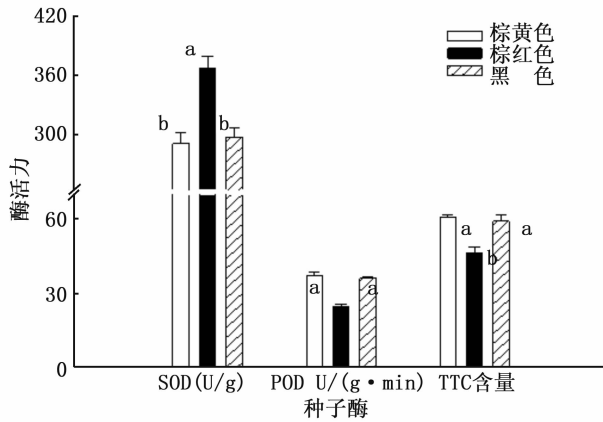
2.4 三种颜色种子酶活力分析

由图 1 可以看出,3 种颜色玛咖种子的 SOD、POD 和脱氢酶活性表现出较大差异,3 种颜色种子中 POD 和脱氢酶活性差异表现一致。SOD 酶活性以棕红色种子的最高,棕红色种子的 SOD 酶活性分别比棕黄色和黑色种子的高 19.20% 和 16.38% ($P < 0.05$)。POD 和脱氢酶活性则以棕红色种子的最低,棕红色种子的 POD 酶活性分别比棕黄色和黑色

种子的低 34.15% 和 31.95%,其脱氢酶活性分别比棕黄色和黑色种子的低 30.71% 和 27.60%,均差异显著 ($P < 0.05$)。棕黄色与黑色种子的 SOD、POD 和脱氢酶活性差异均不显著。

2.5 种子表型性状与生理特性指标的相关性

对 3 种颜色种子的大小、酶活力和萌发特性进行相关分析可以看出 (表 4),不同颜色种子千粒质量与不同颜色种子的长 ($r = 0.697, P < 0.05$)、厚



注:同一酶活性中不同小写字母表示 $P < 0.05$ 显著差异水平

图1 不同颜色种子酶活性比较

($r = 0.748, P < 0.05$) 显著正相关,与宽度相关性不显著。种子 SOD 酶活性与厚度显著负相关 ($r = -0.749, P < 0.05$),与千粒质量极显著负相关 ($r = -0.930, P < 0.01$);POD 和脱氢酶活性均与种子长和厚显著正相关 ($P < 0.05$),与千粒质量极显著正相关 ($P < 0.01$);SOD 与 POD ($r = -0.921, P < 0.01$)、脱氢酶 ($r = -0.915, P < 0.01$) 均极显著负相关,POD 与脱氢酶极显著正相关 ($r = 0.975, P < 0.01$)。种子萌发特性方面,发芽势、发芽率、发芽指数、活力指数均与千粒质量、POD 和脱氢酶极显著正相关,与 SOD 极显著负相关。不正常幼苗数与种子千粒质量、POD、脱氢酶、发芽势、发芽率、发芽指数和活力指数均极显著负相关,与 SOD 酶活力极显著正相关。

表4 性状相关性分析

性状	长	宽	厚	千粒质量	SOD	POD	脱氢酶	发芽势	发芽率	不正常幼苗数	发芽指数	活力指数
长	1.000											
宽	0.658	1.000										
厚	0.436	-0.187	1.000									
千粒质量	0.697*	0.261	0.748*	1.000								
SOD	-0.636	-0.309	-0.749*	-0.930**	1.000							
POD	0.710*	0.296	0.713*	0.997**	-0.921**	1.000						
脱氢酶	0.740*	0.303	0.785*	0.976**	-0.915**	0.975**	1.000					
发芽势	0.565	0.302	0.604	0.901**	-0.908**	0.918**	0.888**	1.000				
发芽率	0.619	0.280	0.660	0.924**	-0.934**	0.934**	0.922**	0.970**	1.000			
不正常幼苗数	-0.562	-0.274	-0.651	-0.966**	0.935**	-0.966**	-0.922**	-0.926**	-0.940**	1.000		
发芽指数	0.581	0.234	0.671*	0.939**	-0.929**	0.949**	0.924**	0.989**	0.987**	-0.950**	1.000	
活力指数	0.606	0.216	0.692*	0.951**	-0.954**	0.952**	0.918**	0.951**	0.984**	-0.962**	0.981**	1.000

注:“*”表示显著相关($P < 0.05$),“**”表示极显著相关($P < 0.01$)。

3 结论与讨论

玛咖不同颜色种子的表型性状存在差异,种子活力因种子颜色不同而不同。本研究表明,棕黄色和黑色种子的长度、厚度、长宽比、厚宽比、千粒质量均大于棕红色种子。棕黄色和黑色种子的发芽势、发芽率、发芽指数、活力指数、幼苗苗长、根长、幼苗干质量和鲜质量均显著高于棕红色种子。萌发结束后,棕黄色和黑色种子的新鲜不发芽种子数、死种子数和不正常幼苗数均显著低于棕红色种子。种子活力高低直接影响种子发芽率,高活力种子发芽早、出苗整齐迅速,具有明显的生长优势^[18]。说明棕黄色和黑色种子在质量和体积上大于棕红色种子,其活力也高于棕红色种子的活力。

不同颜色种子间酶活力特性存在差异。棕黄色和黑色种子的 SOD 酶活力低于棕红色种子,POD 和脱氢酶活力却显著高于棕红色种子。SOD、POD 是植

物体内清除自由基的关键酶,种子可以依赖 POD、SOD 等保护系统酶的协同作用,清除体内一定数量的过剩 O_2^- ,从而使膜系统减轻自由基引发的过氧化作用造成的伤害。脱氢酶是种子呼吸过程中的一类重要催化剂,是检验种子劣变程度的比较敏感指标之一^[19];其活性的大小与种子呼吸作用的强弱及种子活力的高低有密切关系。种子老化过程中氧化还原酶活性是上升还是下降,不同研究者结论不一。吴聚兰等^[20]研究发现,随大豆种子活力下降,SOD 活性上升,POD 活性下降,CAT 则是先升后降;而薄丽萍等^[21]研究表明,不结球白菜种子中 SOD、CAT 随老化时间延长逐渐下降。膜脂过氧化作用及自由基增生是目前被认为引起或加剧种子劣变的重要原因^[18,22]。本研究中棕红色种子 SOD 活性高,POD 和脱氢酶活性低,可能是棕红色种子劣变速度比棕黄色和黑色种子快,棕红色种子中过氧自由基增生较多造成。

种子表型性状与萌发特性和酶活性存在相关性。

本研究表明,种子千粒质量与种子的长、厚存在显著正相关,与赵曦阳等^[23]的研究结果相似。种子发芽势、发芽率、发芽指数、活力指数均与千粒质量、POD和脱氢酶呈极显著正相关。种子表型性状和发芽特性间的关系对选种具有重要意义^[23],在玛咖生产中,可以结合玛咖种子的大小、萌发特性和酶活力等性状,筛选表型性状和萌发特性较优的棕黄色和黑色种子进行育苗、生产。

作物种皮颜色遗传分析发现,不同作物种皮颜色的遗传特点不尽相同。在油菜杂交组合中发现,种皮色泽的形成非常复杂,受基因和环境的影响^[24]。白菜和白菜型油菜种皮颜色遗传分析发现,种皮颜色主要受2对加性-显性-上位性主基因控制,2对主基因间加性效应和显性效应差别较大,且存在明显的交互作用^[25]。小麦种皮颜色遗传分析表明,紫色种皮受2对显性互补基因调控,且2对互补基因具有剂量效应^[26]。豇豆种皮颜色遗传分析也表明,种皮颜色由几对基因共同调控,且有些为等位基因^[27]。单株收获玛咖种子时发现,种子颜色的差异主要存在于不同植株间,个别同一植株收获的种子偶尔夹杂少量杂色种子,说明玛咖种皮颜色基因可能受多基因调控。因此,可以对玛咖种皮颜色遗传分析进行研究,为玛咖种质资源筛选和分子标记辅助育种奠定基础。

参考文献:

[1] León J. The "Maca" (*Lepidium meyenii*) a little known food plant of Peru[J]. *Economic Botany*, 1964,18(2):122-127.

[2] 冯颖,何钊,徐珑峰,等. 云南栽培玛咖的营养成分分析与评价[J]. *林业科学研究*, 2009,22(5):696-700.

[3] Clémenta C, Kneubühler J, Urwyler A, et al. Effect of maca supplementation on bovine sperm quantity and quality followed over two spermatogenic cycles[J]. *Theriogenology*, 2010, 74(2): 173-183.

[4] Fumiaki Uchiyama, Tamaki Jikyo, Ryosuke Takeda, et al. *Lepidium meyenii* (Maca) enhances the serum levels of luteinising hormone in female rats [J]. *Journal of Ethnopharmacology*, 2014,151(2):897-902.

[5] Zha S H, Zhao Q S, Chen J J, et al. Extraction, purification and antioxidant activities of the polysaccharides from maca (*Lepidium meyenii*) [J]. *Carbohydrate Polymers*, 2014,111:584-587.

[6] Eun H C, Jung H K, Jae Y C, et al. Supplementation of standardized lipid-soluble extract from maca (*Lepidium meyenii*) increases swimming endurance capacity in rats [J]. *Journal of Functional Foods*, 2012,4(2):568-573.

[7] 张晓洁,隋洁,胡苏汶. 棉花种子成熟度与活力状况分析[J].

中国棉花,2004,31(12):6-7.

[8] Liu W, Peffley E B, Powell R J, et al. Association of seedcoat color with seed water uptake, germination, and seed components in guar (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub) [J]. *Journal of Arid Environments*, 2007,70:29-38.

[9] 李贺勤,张文键,江绪文,等. 种子大小和种皮颜色对甘蓝种子活力的影响[J]. *种子*, 2013,32(10):46-49.

[10] 齐雪峰,孙群,杨力钢,等. 种皮颜色对乌拉尔甘草种子质量的影响[J]. *种子*, 2007,26(7):31-33.

[11] 魏志刚,高玉池,杨传平,等. 引种盐松不同种源种子表型性状和发芽特性[J]. *东北林业大学学报*, 2009,37(11):7-10.

[12] 国家技术监督局. 农作物种子检验规程[M]. 北京:中国标准出版社,1995.

[13] 张淑珍,徐鹏飞,吴俊江. 作物种子生理学实验[M]. 北京:化学工业出版社,2012,4:29-33.

[14] 尚瑞广,王兵益. 抗坏血酸对玛咖陈种子萌发的影响[J]. *种子*, 2013,32(11):38-41.

[15] 徐荣,韩建国. 草坪型高羊茅种子成熟过程中活力变化及适宜收获期研究[J]. *中国农业科学*, 2003,36(7):834-839.

[16] 赵连梅,池勇志,张春青. TTC-脱氢酶活性测定中标准曲线的影响因素研究[J]. *实验室科学*, 2009,(4):72-74.

[17] 王学奎. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社,2006.

[18] 孙群,王建华,孙宝启. 种子活力的生理和遗传机理研究进展[J]. *中国农业科学*, 2007,40(1):48-53.

[19] 闫慧芳,夏方山,毛培胜. 种子老化及活力修复研究进展[J]. *中国农学通报*, 2014,30(3):20-26.

[20] 吴聚兰,周小梅,范玲娟,等. 人工老化对大豆种子活力和生理生化特性的影响[J]. *中国油料作物学报*, 2011,33(6):582-587.

[21] 薄丽萍,吴震,蒋芳玲,等. 不结球白菜种子活力及抗氧化特性在人工老化过程中的变化[J]. *西北植物学报*, 2011,31(4):0724-0730.

[22] Yin G K, Xin X, Song C, et al. Activity levels and expression of antioxidant enzymes in the ascorbate-glutathione cycle in artificially aged rice seed [J]. *Plant Physiology and Biochemistry*, 2014,80:1-9.

[23] 赵曦阳,王军辉,张金凤,等. 梓树属4个种种子表型性状和发芽特性的研究[J]. *西北农林科技大学学报*, 2008, 36(12): 149-154.

[24] 傅鹰,覃锋,梅家琴,等. 白菜型油菜黄子资源的初步遗传研究[J]. *植物遗传资源学报*, 2010,11(6):729-735.

[25] 王玉刚,吕茜茜,刘亚婷,等. 白菜和白菜型油菜种皮颜色遗传分析[J]. *吉林农业大学学报*, 2013,35(5):535-541.

[26] 杨学明,周森平,姚金保,等. 黑粒小麦宁0726种皮颜色的遗传分析[J]. *江苏农业学报*, 2014,30(4):721-725.

[27] Mustapha Y. Inheritance of seed coat colour pattern in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) [J]. *Bayero Journal of Pure and Applied Sciences*, 2009,2(2):70-74.