

引用格式:

刘璇, 杨倩, 张海清, 贺记外, 闫韞韬, 鞠灏. 甘蓝型油菜种子胎萌发生的影响因子研究[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2022, 48(1): 8–12.

LIU X, YANG Q, ZHANG H Q, HE J W, YAN Y T, JU H. Influencing factors of the vivipary occurrence of rapeseed[J]. Journal of Hunan Agricultural University(Natural Sciences), 2022, 48(1): 8–12.

投稿网址: <http://xb.hunau.edu.cn>



甘蓝型油菜种子胎萌发生的影响因子研究

刘璇, 杨倩, 张海清*, 贺记外, 闫韞韬, 鞠灏

(湖南农业大学农学院, 湖南 长沙 410128)

摘要: 以黄籽油菜‘410’‘456’‘552’和黑籽油菜‘492’为试验材料, 采用花期标记、定期采样、形态和生理分析等方法, 研究了种子胎萌发生时期、环境对胎萌的影响以及胎萌与种子的形态和相关生理指标的关系。结果表明: 4个甘蓝型油菜品种种子胎萌发生在种胚充实阶段(花后 27~36 d 左右), 初始胎萌率为 2.44%~3.90%, 胎萌发生时期越早的品种的胎萌率越高; 种子千粒质量与胎萌率呈显著或极显著正相关(r 为 0.84~0.97), 含水量与胎萌率呈极显著负相关(r 为-0.93~ -0.98); 种胚充实初期高温高湿的外部环境、较薄的种皮及相对较高的脂肪酶活性、可溶性糖含量、呼吸强度均易导致种子胎萌的发生, 而种子电导率、总糖含量与胎萌率的相关性不显著。

关键词: 甘蓝型油菜; 胎萌发生期; 胎萌率; 环境; 种子形态; 生理

中图分类号: S565.401

文献标志码: A

文章编号: 1007-1032(2022)01-0008-05

Influencing factors of the vivipary occurrence of rapeseed

LIU Xuan, YANG Qian, ZHANG Haiqing*, HE Jiwai, YAN Yuntao, JU Hao

(College of Agronomy, Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan 410128, China)

Abstract: To explore the influencing factors of vivipary occurrence of *Brassica napus* L., yellow seed varieties ‘410’ ‘456’ ‘552’ and black seed variety ‘492’ were used to study vivipary occurring stage, the effects of environment on vivipary and the relationship between the vivipary and the morphological and related physiological indexes of seed, by means of flowering stage marking, periodic sampling, morphological and physiological analysis. The results showed that the vivipary of four varieties occurred mainly in embryo enrichment stage (27-36 d after flowering), and the initial vivipary percentage was 2.44%-3.90%, and the earlier vivipary occurred, the higher vivipary rate obtained. The thousand grain weight of seeds was significantly or significantly positively correlated with the vivipary percentage ($r=0.84-0.97$), and the moisture content was significantly negatively correlated with the vivipary percentage ($r=-0.93- -0.98$). External environment with high temperature and high humidity, the thin seed coat and relatively high lipase activity, soluble sugar content and respiratory intensity under enrichment stage of seed embryo were favorable for occurrence of seed vivipary. While there was no significant correlation between the electrical conductivity of seeds, total sugar content and the vivipary percentage.

Keywords: *Brassica napus* L.; vivipary occurring stage; vivipary percentage; environment; seed morphology; physiology

甘蓝型油菜种子生长发育时期如遇到阴雨潮湿的天气, 易导致种子发生胎萌现象, 影响种子的

质量, 造成较大的经济损失^[1]。阮松林等^[2]研究表明, 甘蓝型杂交油菜种子因胎萌问题会引起生活力

收稿日期: 2020-11-22

修回日期: 2022-01-10

基金项目: 国家重点研发计划项目(2018YFD0100905)

作者简介: 刘璇(1994—), 女, 湖南益阳人, 硕士研究生, 主要从事种子科学研究, 1621750675@qq.com; *通信作者, 张海清, 博士, 教授, 主要从事种子科学与技术研究, hunanhongli@aliyun.com

和活力降低。种子一旦发生胎萌现象便很难通过常规技术清除,使得种子净度低于国家种子质量标准。种子胎萌是一种可遗传的特性,受多个基因的调控^[3]。研究^[1]表明,胎萌发生率较高的亲本,其 F₁ 代胎萌发生率和胎萌指数的变异幅度明显高于正常亲本。油菜种子胎萌除受遗传因素影响外,还受到环境因素^[4]、果壳成熟度^[1]、种子生理生化代谢^[5]等多个因素的影响。由于种子胎萌消耗其部分营养和储藏物质,籽粒品质恶化,影响种子加工、贮藏、食用及种用价值;因此,研究种子胎萌发生特性对调控甘蓝型油菜种子胎萌的发生具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试油菜品种‘410’(籽粒黄色)、‘456’(籽粒黄色)、‘552’(籽粒黄色)和‘492’(籽粒黑色)由湖南农业大学油料所提供。

1.2 试验设计

2018 年 10 月 10 日,将 4 个供试品种播种于湖南农业大学耘园基地。每个品种设 3 个小区,小区面积 20 m²。采用温湿度记录仪自动记录小区角果层温度和相对湿度的变化情况。在盛花期,标记主花序当日所开花朵,从第 15 天开始至第 45 天,每隔 3 d 取样 1 次,每次每小区取同一天开花挂牌的 30 个角果,拨开角果观察胎萌粒数,计算胎萌率^[2]。以种子胚根伸出种皮作为胎萌的标准。

1.3 测定指标及方法

取不同观察时期的样本,分别测定千粒质量、含水量及脂肪酶活性。参考唐桂香等^[5]的方法测定含水量,采用碱滴定法测定脂肪酶活性^[6]。3 次重复。

取花后 45 d 的样本测定种皮厚度、种子活力和糖含量。采用石蜡切片法测种皮厚度^[7];采用 DDS-308 电导仪测定电导率^[8];采用 HORIBA 红外线 CO₂ 分析仪测定种子呼吸强度^[9];采用分光光度法^[10]测定种子可溶性糖含量;采用蒽酮比色法^[11]测定种子总糖含量。3 次重复。

1.4 数据处理与统计分析

运用 Excel 2007 对试验数据进行整理、统计及绘图;运用 SPSS 11.5 进行分析;采用最小显著差异法(LSD)进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 种子胎萌发生的时期

从表 1 可以看出,甘蓝型油菜种子胎萌发生的时期和胎萌率品种间存在差异,‘410’胎萌发生时期较早,在花后 27 d 开始出现少量胎萌粒,初始胎萌率为 2.44%;‘456’发生时期稍迟,在花后 33 d 出现胎萌粒,初始胎萌率为 3.90%;‘552’和‘492’胎萌发生时期较晚,在花后 36 d 出现胎萌粒,初始胎萌率分别为 3.13%、3.16%。至花后 45 d,胎萌发生最早的品种‘410’的胎萌率最高,达 11.76%,较初始胎萌率增加了 9.32 个百分点;品种‘456’和‘552’的胎萌率居中,分别为 5.17%和 7.55%;‘492’的胎萌率

表 1 种子胎萌的发生时期及其胎萌率

Table 1 The vivipary occurring stage and the vivipary percentage

开花后天数/d	日均温度/°C	日均相对湿度/%	胎萌率/%			
			‘410’	‘456’	‘552’	‘492’
15	14.17	88.3	0.00	0.00	0.00	0.00
18	16.87	85.3	0.00	0.00	0.00	0.00
21	23.22	77.2	0.00	0.00	0.00	0.00
24	12.28	91.3	0.00	0.00	0.00	0.00
27	15.87	91.9	2.44±0.78	0.00	0.00	0.00
30	19.06	89.1	4.05±0.08	0.00	0.00	0.00
33	21.26	92.5	4.11±0.63	3.90±0.14	0.00	0.00
36	21.35	91.7	8.06±1.62	4.23±0.09	3.13±0.22	3.16±0.57
39	22.06	90.3	8.79±1.85	4.23±0.54	4.11±0.49	3.09±0.40
42	14.93	93.0	9.52±1.98	5.26±1.12	7.46±1.89	3.30±0.05
45	20.61	81.0	11.76±1.13	5.17±0.72	7.55±1.56	3.41±0.33

最低,为3.41%,较初始胎萌率仅增加了0.25个百分点。说明胎萌发生早的品种,其胎萌率也相对较高,且随着花后时间的延长,胎萌不断加重。

2.2 环境因素对种子胎萌的影响

2.2.1 气温变化对胎萌率的影响

从表1可以看出,在花后15~27 d的平均气温波动范围较大,其中花后21 d的气温达到23.22℃,此期间只有‘410’在花后27 d出现了胎萌。在花后30~39 d保持较高气温(平均为20.9℃),期间‘410’的胎萌率持续增加,而‘456’‘552’和‘492’也分别在花后33、36、36 d出现胎萌。虽然花后42 d出现了14.93℃的低温,但此期间各品种的胎萌率仍在上升。对花后21~39 d的气温变化与4个品种花后27~45 d胎萌率进行相关性分析,结果表明两者呈正相关(相关系数分别为0.55、0.35、0.55、0.53),说明气温对油菜种子胎萌的影响作用存在滞后效应,滞后期约6 d。

2.2.2 空气相对湿度变化对胎萌率的影响

从表1可以看出,在花后15~21 d空气相对湿度波动较大,其中花后21 d时的空气相对湿度仅为77.2%,其间各品种均未出现胎萌;在花后24~39 d,空气相对湿度一直稳定在较高水平,平均相对湿度

为91.13%,其间各品种相继发生胎萌,而且胎萌率呈逐渐升高趋势,说明较高的空气湿度是引起胎萌发生和胎萌率升高的重要因素。

2.3 种子的形态与生理对胎萌的影响

2.3.1 种皮厚度、呼吸强度、电导率、糖含量对种子胎萌率的影响

由表2可以看出,黑籽材料‘492’的种皮最厚,为24.87 μm,黄籽材料‘552’‘456’‘410’的种皮平均厚度分别为22.43、21.88、20.10 μm,均显著低于黑籽材料。相关分析结果表明,种皮厚度与胎萌率之间呈显著负相关($r=-0.95$)。品种‘410’的呼吸强度最高,为1.57 mg/(g·h),‘492’的最低,为1.03 mg/(g·h),品种间差异显著,不同品种的胎萌率与其呼吸强度间存在显著正相关($r=0.99$)。品种‘552’的电导率最高,为173.33 μS/cm,‘410’的电导率最低,为165.67 μS/cm,品种间差异不显著。4个品种的总糖含量品种间差异也不显著。‘410’‘456’‘552’‘492’可溶性糖含量分别为7.05%、6.66%、6.53%和6.35%,部分品种间差异显著。相关性分析结果表明,不同品种的胎萌率与其可溶性糖含量呈显著正相关($r=0.99$),与其总糖含量相关不显著。

表2 4个油菜品种花后45 d的种皮厚度、呼吸强度、电导率、糖含量与胎萌率

Table 2 Seed coat thickness, respiratory intensity, electrical conductivity, sugar content and vivipary percentage of four varieties at 45 days after flowering

品种	种皮厚度/μm	呼吸强度/(mg·g ⁻¹ ·h ⁻¹)	电导率/(μS·cm ⁻¹)	总糖/%	可溶性糖含量/%	胎萌率/%
‘410’	(20.10±0.43)c	(1.57±0.02)a	165.67±1.70	24.67±0.90	(7.05±0.10)a	(11.79±1.13)a
‘456’	(21.88±0.43)b	(1.30±0.01)b	168.00±6.68	22.55±0.88	(6.66±0.10)b	(5.27±0.72)bc
‘552’	(22.43±0.42)b	(1.21±0.02)c	173.33±2.36	22.99±0.33	(6.53±0.06)b	(7.55±1.56)b
‘492’	(24.87±0.90)a	(1.03±0.01)d	172.67±4.03	25.92±1.14	(6.35±0.04)c	(3.44±0.33)c

同列数据不同字母表示在0.05水平差异显著。

2.3.2 千粒质量、含水量变化对种子胎萌的影响

从图1、图2可以看出,花后15~24 d,4个品种的千粒质量增速缓慢,种子水分缓慢增加,此时供试材料均未出现胎萌粒;开花27 d后,各品种籽粒质量进入快速增长期,贮藏物质迅速累积,种子含水量呈下降的态势,供试材料陆续发生胎萌,说明在种子物质积累阶段就可发生胎萌,无需达到种

子生理成熟。至花后45 d,供试材料‘410’‘456’‘552’‘492’的千粒质量分别为4.77、3.98、4.28、3.51 g,种子含水量分别降至50.81%、46.99%、47.96%和44.23%。相关性分析结果表明,种子千粒质量与胎萌率呈显著或极显著正相关,含水量与胎萌率呈极显著负相关(表3),说明物质积累较快、脱水速率较慢的品种的胎萌率较高。

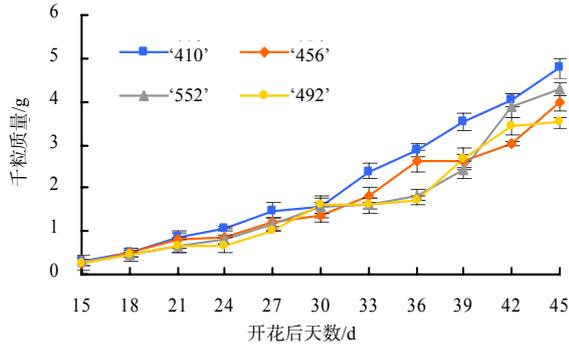


图 1 4 个油菜品种观测期内种子的千粒质量

Fig. 1 The 1000-grain weights of four varieties in observation period

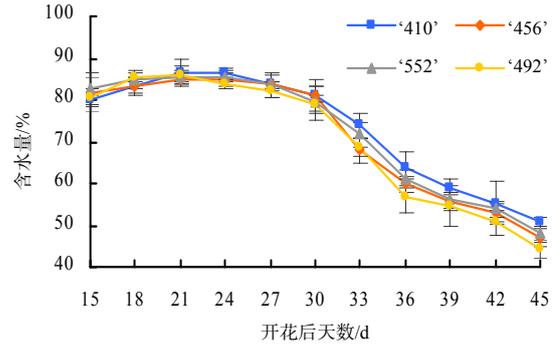


图 2 4 个油菜品种观测期内种子的含水量

Fig. 2 The seed water contents of four varieties in observation period

表 3 温度、相对湿度、千粒质量、含水量和脂肪酶活性与胎萌率的相关系数

Table 3 Correlation coefficients between vivipary percentage and temperature, humidity, thousand grain weight, moisture content and lipase activity

胎萌率	相关系数				
	相对湿度	气温	千粒质量	含水量	脂肪酶活性
S ₄₁₀	0.52	0.55	0.97**	-0.98**	0.87**
S ₄₅₆	0.60	0.35	0.91**	-0.97**	0.76*
S ₅₅₂	0.38	0.55	0.96**	-0.93**	0.72*
S ₄₉₂	0.40	0.53	0.84*	-0.94**	0.56

表示显著相关；*表示极显著相关。S₄₁₀、S₄₅₆、S₅₅₂、S₄₉₂ 分别表示‘410’‘456’‘552’‘492’的胎萌率。

2.3.3 脂肪酶活性对种子胎萌的影响

从图 3 可以看出，4 个供试品种的脂肪酶活性在种子生长发育初期活性均较低，中期显著上升，后期下降。开花后 15~33 d，4 个供试材料的脂肪酶活性差异不大，且均呈缓慢上升趋势。开花 36 d 后品种间差异较大，易胎萌品种‘410’种子的脂肪酶活性高于其他品种的。除黑籽油菜‘492’外，其他 3 个品种的胎萌率与其脂肪酶活性呈显著正相关(表 3)，即脂肪酶活性越高的品种，其胎萌率越高。

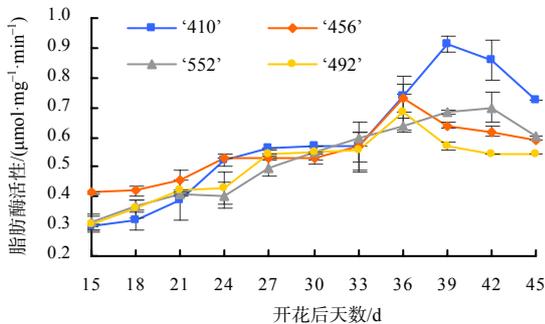


图 3 4 个油菜品种观测期内的脂肪酶活性

Fig. 3 Lipase activities of four varieties in observation period

3 结论与讨论

油菜种子的发育过程可分为 3 个阶段，即细胞

增殖阶段(开花后第 9 天)、种胚发育阶段(开花后第 12~15 天)和种胚充实阶段^[12]。本试验结果表明，4 个甘蓝型油菜品种种子胎萌发生在花后 27~36 d 左右，初始胎萌率为 2.44%~3.90%，说明种子胎萌发生在油菜的种胚充实阶段，种子无需达到生理成熟，这与阮松林等^[2]对甘蓝型油菜的研究结果一致。在生产实际中，应及早掌握不同遗传背景的甘蓝型油菜种子胎萌的发生特性，采取措施，区别预防。

甘蓝型油菜种子萌发与胚根生长具有较强的环境依赖性^[4]，发芽最适温度为 25 °C。本研究结果表明，当空气相对湿度稳定保持在 90%以上水平、平均气温约 20.9 °C 时，各品种相继发生胎萌，高湿条件下高温诱发的胎萌滞后期约 6 d。在生产中应注意田间排水和通风降湿工作，以防胎萌发生。

种皮具有保护种胚和萌发时吸水和透气的作用，其性质、结构随植物种类而异^[13-14]。本研究结果表明，种皮形态是影响甘蓝型油菜种子胎萌发生的重要因素，种皮颜色较浅、厚度较薄、呼吸强度高均易导致胎萌发生，说明种皮厚度在一定程度上阻碍了种子的呼吸，可能对胎萌发生起到一定的抑制作用。在育种工作中，应注意选择种皮厚度适中的品种，以降低胎萌的发生。在种子发育过程中所

发生的形态和生理生化上的变化都与其水分有密切关系^[13]。本研究中,种子胎萌发生在种子的物质积累和脱水过程,当贮藏物质迅速累积,粒重进入快速增长期,种子含水量下降,各品种陆续发生胎萌;种子千粒质量与胎萌率呈显著或极显著正相关(r 为0.84~0.97),含水量与胎萌率之间呈极显著负相关(r 为-0.93~-0.98),说明种子胎萌存在特殊的水分阈值,物质积累较快、脱水速率较慢的品种的胎萌率较高。但种子成熟、脱水至何种程度才能阻止种子胎萌的发生还有待进一步研究。油菜种子的物质积累以油脂为主,脂肪酶等物质的活性变化是影响种子萌发的原因之一^[15]。本研究中,4个供试材料的脂肪酶活性在种子生长发育初期均较低,中期显著上升,后期下降,与张蕙心等^[16]的研究结果一致。从物质代谢途径分析,可能是胎萌品种脂肪酶活性的增强不断催化积累的干物质转变为小分子物质,供种子胎萌所需,此时脂肪酶的水解活动可导致种子可溶性糖含量提高,最终导致种子胎萌率升高。

参考文献:

- [1] 阮松林,颜启传,段宪明,等.甘蓝型杂交油菜种子胎萌发生特性的初步研究[J].种子,1999,18(1):9-11.
- [2] 阮松林,段宪明,胡伟民.甘蓝型杂交油菜种子胎萌发生及其对种子质量的影响[J].浙江大学学报(农业与生命科学版),2000,26(5):573-578.
- [3] GU J W, HOU D L, LI Y H, et al. Integration of proteomic and genomic approaches to dissect seed germination vigor in *Brassica napus* seeds differing in oil content[J]. BMC Plant Biology, 2019, 19(1): 21.
- [4] 冯发强.甘蓝型油菜种子胎萌的遗传与 QTL 定位[D].武汉:华中农业大学,2009.
- [5] 唐桂香,秦叶波,宋文坚,等.拟南芥角果发育和开裂的调控机制及在油菜育种中的应用[J].细胞生物学杂志,2007,29(6):864-868.
- [6] 杨媛,张剑.碱滴定法测定脂肪酶活力影响因素的研究及其在洗涤产品中的应用[J].日用化学工业,2017,47(1):23-27.
- [7] 王金平,张俊梅.白头翁花的石蜡切片制作[J].信阳师范学院学报(自然科学版),2008,21(4):573-576.
- [8] 石海春,柯永培,刘应洪,等.电导率法测定玉米种子活力的优化条件[J].种子,2008,27(5):7-10.
- [9] 徐成彬,吴兆苏.小麦收获前穗发芽的生理生化特性研究[J].中国农业科学,1988,21(3):14-20.
- [10] 姜先刚,刘海龙,张惠,等.不同生长时期人参中总糖、还原糖和可溶性多糖含量变化[J].中国实验方剂学杂志,2013,19(16):142-144.
- [11] 李文砚,韦持章,孔方南,等.蒽酮法测定木奶果果实中可溶性糖含量的研究[J].中国园艺文摘,2015,31(12):7-8.
- [12] 杨文钰,屠乃美.作物栽培学各论[M].2版.北京:中国农业出版社,2011.
- [13] 赵笃乐,王志敏,吴中波.种子水分对小麦种子萌发与休眠调控的研究[J].种子,2001,20(6):22-23.
- [14] 戴思慧,孙小武,熊兴耀,等.三倍体西瓜种子萌发障碍与种皮的关系[J].湖南农业大学学报(自然科学版),2012,38(4):392-397.
- [15] 袁伟伟,谭小力,周佳,等.油菜种子萌发期和形成期脂肪酶活性的动态变化[J].江苏农业学报,2010,26(3):482-486.
- [16] 张蕙心,司龙亭,唐慧珣,等.黄瓜种子萌发中淀粉酶、脂肪酶和过氧化物酶活性变化[J].沈阳农业大学学报,2014,45(1):83-86.

责任编辑:毛友纯

英文编辑:柳正