

油莎豆块茎萌发特性研究

叶岩¹, 张君^{1,2}, 张健¹, 杨松楠¹, 姚丹³, 钱海林¹, 高云飞¹, 陈亮宇¹, 李雪莹^{1*}

(1. 吉林农业大学农学院, 吉林 长春, 130118;

2. 吉林农业大学国家农作物品种审定特性鉴定站, 吉林 长春, 130118;

3. 吉林农业大学生命科学学院, 吉林 长春, 130118)

摘要:为解决油莎豆块茎在种植过程中萌发较慢的问题,以A2、中油莎1号和内蒙古大粒(ND)为材料,通过对3个油莎豆品种的浸种条件、消毒方式以及不同浓度植物生长调节剂组合的筛选,探究油莎豆块茎的最佳消毒方法及最优萌发条件。结果表明:在75%酒精3 min、氯气16 h时消毒效果最好;3个品种均在35°C浸泡3 d时萌发率最高,分别为58.33%、51.67%和43.33%;A2和中油莎1号均在MS+1.0 mg/L 6-BA+0.5 mg/L NAA的培养基上萌发率最高,分别为70.00%和63.33%;内蒙古大粒在MS+0.5 mg/L 6-BA+0.2 mg/L NAA的培养基上萌发率最高,为55.00%。6-BA对块茎的萌发有显著作用,但随着浓度升高对块茎的萌发由促进转为抑制作用。

关键词:油莎豆; 萌发; 消毒; 植物生长调节剂

中图分类号:S565.9 文献标识码:A 文章编号:1007-9084(2023)01-0191-07

Germination characteristics of tiger nut (*Cyperus esculentus* L.)

YE Yan¹, ZHANG Jun^{1,2}, ZHANG Jian¹, YANG Song-nan¹, YAO Dan³, QIAN Hai-lin¹, GAO Yun-fei¹,
CHEN Liang-yu¹, LI Xue-ying^{1*}

(1. College of Agronomy, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China; 2. National Crop Variety Approval and Characteristic Identification Station, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China;
3. College of Life Science, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China)

Abstract: To better understand how to improve the germination of tiger nut tubers during planting, disinfection method and optimal germination conditions of tiger nut tubers were optimized by screening soaking conditions, disinfection methods and combinations of different concentrations of plant growth regulators using 3 tiger nut varieties A2, Z1 (Zhongyousha 1) and ND (Neimenggu Dali). Results showed that the best disinfection effect was achieved at 75% alcohol for 3 min and chlorine for 16 h, and their germination rates all reached the highest at 35°C for 3 days, as 58.33%, 51.67% and 43.33% respectively. The highest germination rate was obtained under MS+1.0 mg/L 6-BA+0.5 mg/L NAA for both A2 (70.00%) and Z1 (63.33%). While for ND, 55.00% was the highest germination rate under MS+0.5 mg/L 6-BA+0.2 mg/L NAA. Although 6-BA had significant effect on tuber germination, but increased concentration might inhibit the germination.

Key words: tiger nut (*Cyperus esculentus* L.); germination; sterilization; plant growth regulator

油莎豆(*Cyperus esculentus* L.),莎草科莎草属植物,又名油莎草、铁荸荠、洋地栗^[1],原产于北非及地中海沿岸一带,1952年引进我国,作为油料作物进行大量栽培^[2]。油莎豆生育期110~130 d,抗逆性强,喜温暖湿润气候,耐旱、耐涝、耐贫瘠且耐盐碱,

对土壤要求不严格,在黑土、泥土、黏土等土质上都能生长,最适宜沙壤土^[3]。其块茎油脂含量约20%~30%,产量高于大豆、花生、油菜等油料作物^[4-6]。

油莎豆是集粮、油、牧、饲于一体的新型油料经济作物,综合利用前景广阔,含有油脂、淀粉、糖、蛋

收稿日期:2022-01-26

基金项目:吉林省科技发展计划项目(20200402020NC)

作者简介:叶岩(1997-),女,硕士研究生,研究方向为油莎豆遗传育种,E-mail: ye_yanyanyan@163.com

* 通讯作者:李雪莹(1989-),女,硕士,讲师,研究方向为经济作物育种,E-mail: xueyingl@jlau.edu.cn

白质和维生素等成分,被称为“地下核桃”、“油料之王”^[7-10]。油莎豆主要用于榨油,出油率30%~40%,品质优于菜籽油和芝麻油。除此之外,还可以加工成食品、饮料,制成酱油、醋和酿酒等;其茎叶细长、柔软、坚韧,可以作为造纸、包装填充及编织的原材料;油莎豆更是制备生物柴油的最佳原料,具有较好的发展潜力^[11-13]。

油莎豆在我国一般不开花或者开花不结实,其遗传多样性很低,现存的优良品种较少^[14]。油莎豆主要以块茎繁殖,是目前已知唯一能在块茎中贮藏大量油脂的作物。但因其长期用块茎繁殖,易出现块茎大小参差不齐、品质下降、产量低等问题。常规杂交方法培育新的优良品种比较困难,而利用组织培养进行无性繁殖研究和解决品种退化问题,是油莎豆品种选育、提纯和繁育的有效方法,但块茎所带杂菌较多,致使组织培养中染菌率过高,这个问题仍未得到有效解决^[15]。目前大部分采用酒精、NaClO和升汞对油莎豆块茎消毒。酒精消毒不彻底,多与其它消毒剂组合使用;升汞虽消毒效果好,但毒性强,危害人体健康;NaClO效果较好,但对外植体有一定的损伤^[16,17]。氯气作为一种广泛的消毒剂,具有很强的渗透和杀菌能力。李海燕等^[18]研究表明,氯气在处理外植体时能有效抑制外源杂菌的污染。

油莎豆块茎表皮坚硬且通透性较差,因此,在播种前要对其进行处理,以促进其萌发。研究表明,播种前冰冻5 d或40℃浸泡20 min均可提高桔梗种子发芽率^[19]。将西番莲种子全剥壳或用5 mg/L GA₃浸泡12 h,是提高种子发芽率的有效方法^[20]。为优化油莎豆块茎萌发体系,本试验以块茎为外植体,研究不同浸种温度和浸种天数对块茎萌发的影响。在此基础上,以MS为基本培养基,同时添加不同浓度的6-BA和NAA诱导萌发,为油莎豆无性快速繁殖生产用无毒块茎奠定技术基础,为选育更加优良的油莎豆新品种提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 材 料

试验材料为中油莎1号(中国农业科学院油料作物研究所选育)、自选品系A2(吉林省农业科学院油莎豆项目组引进)和内蒙古大粒(ND,从吉林省万隆油莎豆有限公司引进)。其中,中油莎1号是我国第一个审定并推广种植的油莎豆新品种,内蒙古大粒是近年在北方广泛种植的油莎豆农家品种,A2是

从非洲种质资源中自选的一个油莎豆新品系。3个材料种植于吉林农业大学国家农作物品种审定特性鉴定站,于2020年10月初收获,越冬贮藏约5个月。

1.2 试验设计及方法

1.2.1 浸种温度与浸种时间 挑选大小、形状整齐一致、无虫食的饱满油莎豆块茎,用75%酒精浸泡3 min,再用2%次氯酸钠溶液浸泡10 min消毒,蒸馏水清洗干净后置于不同温度、不同时间条件下发芽,观测发芽情况。浸种时间梯度设置为1 d、3 d、5 d,分别编号D1、D3、D5;浸种温度梯度设置为15℃、25℃、35℃、45℃,分别编号T15、T25、T35和T45,共12个组合。每个培养皿放30个块茎,每个处理重复3次。

1.2.2 培养基与培养条件 基本培养基为MS+30 g/L蔗糖+7 g/L琼脂,pH为5.8,高压灭菌。诱导萌发时添加不同种类和浓度的激素。

组培室或者人工培养箱内光照25±2℃,光照16 h/d。

1.2.3 块茎消毒 将油莎豆块茎在35℃下浸泡3 d,选取芽眼突出饱满且无虫害的块茎,将表面的须根和鳞片除净,用蒸馏水清洗3~4次,再对块茎进行消毒(表1)。将消毒后的块茎用无菌水清洗3~4次,用无菌滤纸吸干水分后接种到MS培养基上,调节pH至5.8。从接种第3 d开始统计萌发、污染和死亡情况,14 d后,计算各个处理的萌发率、污染率和死亡率。每个处理接种30个块茎,试验重复3次。

1.2.4 促进油莎豆块茎萌发的不同浓度植物生长

表1 不同消毒方式及处理时间

Table 1 Treatment duration of different disinfection methods

组合 Combination	75%酒精 75% alcohol /min	氯气 Chlorine /h
A1	0	0
A2	1	0
A3	3	0
A4	0	8
A5	1	8
A6	3	8
A7	0	16
A8	1	16
A9	3	16
A10	0	24
A11	1	24
A12	3	24

调节剂组合 以MS为基本培养基,添加不同浓度的6-BA和NAA(表2),试验是以品种、6-BA浓度和NAA浓度作3因素3水平的L9(3⁴)正交试验(表3),pH为5.8,从接种第3 d开始统计萌发和死亡情况,14 d后,计算各个处理的萌发率和死亡率。每个处理接种30个块茎,试验重复3次。

表2 促进油莎豆块茎萌发的不同植物生长调节剂处理
Table 2 Plant growth regulator treatments for tiger nut tuber germination

组合 Combination	6-BA/(mg/L)	NAA/(mg/L)
CK	0	0
B1	0.5	0
B2	0.5	0.2
B3	0.5	0.5
B4	1.0	0
B5	1.0	0.2
B6	1.0	0.5
B7	2.0	0
B8	2.0	0.2
B9	2.0	0.5

表3 油莎豆块茎萌发正交表
Table 3 Orthogonal table of tuber germination of tiger nut

组合 Combination	因素 Factors		
	品种 Variety	6-BA/(mg/L)	NAA/(mg/L)
1	A2	0.5	0
2	A2	1.0	0.2
3	A2	2.0	0.5
4	Z1	0.5	0.2
5	Z1	1.0	0.5
6	Z1	2.0	0
7	ND	0.5	0.5
8	ND	1.0	0
9	ND	2.0	0.2

注/Note:Z1:中油莎1号 Zhongyousha 1;ND:内蒙古大粒 Neimenggu dali

1.3 数据分析方法

试验数据整理汇总后,使用唐启义DPS 15.10和微软Excel 2010进行数据分析和作图。

2 结果与分析

2.1 不同消毒处理下油莎豆块茎的萌发、污染和死亡

由表4可知,A2、中油莎1号和内蒙古大粒3个品种均在氯气16 h、酒精3 min(A9)时萌发率最高,分别为61.67%、55.00%和48.34%,并且与其它处理差异显著;在氯气24h、酒精3 min(A12)时污染率

表4 不同消毒处理对油莎豆块茎萌发、污染和死亡的影响

Table 4 Effects of different disinfection treatments on germination, pollution and death of tiger nut tubers /%

消毒处理 Disinfection treatment	A2				Z1				内蒙古大粒 Neimenggu Dali (ND)			
	萌发率 Germination rate	污染率 Pollution rate	死亡率 Mortality	萌发率 Germination rate	污染率 Pollution rate	死亡率 Mortality	萌发率 Germination rate	污染率 Pollution rate	死亡率 Mortality	萌发率 Germination rate	污染率 Pollution rate	死亡率 Mortality
A1	3.33±0.98g	96.67±1.57a	0±1.37g	0±1.57f	100±1.57a	0±0.39f	0±0g	100±1.18a	0±0.39f	0±0.39f	0±3.14c	
A2	6.67±5.7g	93.34±6.29ab	0±1.37g	1.67±0.78f	98.34±0.78a	0±0.39f	0±0g	100±1.18a	0±0.39f	0±0g	0±3.14c	
A3	10±0.98g	88.34±3.93b	1.67±0.98g	3.34±6.29f	96.67±1.57a	0±0.39f	3.33±0g	96.67±1.18a	0±0.39f	3.33±0g	0±3.14c	
A4	25±1.38f	55±0.79c	20±1.37f	18.34±3.93e	61.67±0.78b	20±4.32e	15±2.36f	55±3.54b	20±4.32e	15±2.36f	30±3.14b	
A5	35±1.38de	38.34±0.78e	26.67±1.37def	31.67±0.78cd	41.67±0.78d	26.67±0.39d	28.34±2.36cde	38.34±1.18d	26.67±0.39d	28.34±2.36cde	33.34±1.57b	
A6	48.34±1.37b	23.34±3.14f	28.34±3.73de	43.34±3.15b	25±0.79f	31.67±1.96	38.34±2.36b	20±3.53e	31.67±1.96	38.34±2.36b	41.67±8.64b	
A7	28.34±1.37ef	48.34±0.78d	23.34±3.34ef	25±3.93de	48.34±0.78c	26.67±4.32d	21.67±2.36e	46.67±5.89bc	26.67±4.32d	21.67±2.36e	31.67±14.93b	
A8	36.67±5.7cd	31.67±0.78e	31.67±0.98d	35±0.79c	35±0.79e	30±0.39cd	31.67±2.36bcd	31.67±1.18d	30±0.39cd	31.67±2.36bcd	36.67±1.57b	
A9	61.67±3.34a	5±0.79g	33.33±1.37cd	55±5.5a	13.33±1.57g	31.67±2.75cd	48.33±7.07a	10±1.18f	31.67±2.75cd	48.33±7.07a	41.67±3.93b	
A10	23.34±3.73f	36.67±3.14e	40±3.33bc	18.34±0.78e	46.67±1.57c	35±1.97c	11.67±2.36f	50±3.53c	35±1.97c	11.67±2.36f	38.34±0.79b	
A11	30±3.73def	25±0.79f	45±5.7ab	26.67±3.15de	31.67±0.78e	41.67±2.75b	26.67±4.72de	33.34±3.54d	41.67±2.75b	26.67±4.72de	40±6.29b	
A12	43.34±3.73bc	5±0.79g	51.67±3.73a	38.34±0.78bc	11.67±0.78g	50±5.1a	35±2.36bc	8.34±1.18f	50±5.1a	35±2.36bc	56.67±6.28a	

注:A1~A12:为表1所列的不同消毒方式;同列不同小写字母代表差异显著($p < 0.05$),下同
Note: A1~A12: see to Table 1, treatments of different disinfection methods; different lowercase letters in the same column indicate significant differences at 0.05, the same below

最低,分别为5.00%、11.67%和8.34%,与氯气16 h、酒精3 min的组合(A9)差异不显著,与其它处理差异显著;在氯气24 h、酒精3 min(A12)时死亡率最高,分别为51.67%、50.00%和56.67%。

由表5可知,油莎豆品种、酒精消毒时间和氯气消毒时间均对油莎豆块茎的萌发、污染和死亡有显著影响。在同一品种、同一氯气消毒时间下,萌发率和死亡率随着酒精消毒时间的增加而增加,污染率随着酒精消毒时间的增加而逐渐减少;在同一品种、同一酒精消毒时间下,随着氯气消毒时间的增加,污染率逐渐减少,死亡率逐渐增加,萌发率呈先增加后减少的趋势。

氯气消毒时间和酒精消毒时间在油莎豆块茎萌发、污染和死亡上互作效应明显;油莎豆品种和氯气消毒时间在油莎豆块茎污染上互作效应明显。

综合分析表明,氯气过高虽然会导致污染数减少,但是会影响油莎豆块茎的萌发,导致其死亡率增加,所以综合考虑萌发率、污染率和死亡率,以75%酒精3 min、氯气16 h(A9)消毒效果最好。

2.2 不同浸种温度与浸种时间对油莎豆块茎萌发的影响

由表6可知,A2、中油莎1号和内蒙古大粒3个

品种均在35℃浸泡3d(D3T35)时萌发率最高,分别为58.33%、51.67%和43.33%;在15℃浸泡1d时(D1T15)萌发率最低,分别为25.00%、25.00%和16.67%。

不同浸种处理下油莎豆块茎萌发率方差分析表明,油莎豆品种、浸种温度和浸种时间3个因素彼此之间均无显著交互效应,但它们的主效应分别对油莎豆块茎的萌发有显著影响。多重比较结果表明,A2、中油莎豆1号和内蒙古大粒3个品种之间萌发率均存在显著差异,依次为47.11%、37.08%和30.00%;浸种时间为3 d时萌发率最高,为39.10%,5 d时其次,为36.53%,1 d时最低,为32.36%,与品种因素相似,各浸种时间彼此之间也存在显著差异。浸种温度对萌发率的影响较大,各浸种温度彼此间差异显著,3个品种的萌发率由高到低的温度为35℃(46.67%)>25℃(40.56%)>45℃(32.04%)>15℃(25.00%)。由不同水平的萌发率平均数可知,浸种时间过长或过短、浸种温度过高或过低都会影响油莎豆块茎的萌发,导致其萌发率降低。油莎豆块茎的萌发率随着浸种时间的增加呈先增加后减少的趋势。

2.3 不同植物生长调节剂对油莎豆块茎萌发的影响

表5 不同消毒处理下油莎豆块茎萌发率、污染率和死亡率的方差分析

Table 5 Variance analysis of germination rate, pollution rate and mortality of tiger nut tubers under different disinfection treatments

	变异来源 Source of variation	平方和 Sum of squares	自由度 Degree of freedom	均方 Mean square	F	p
萌发率 Germination rate	A	0.07	2	0.04	31.49	0.00
	B	1.26	3	0.42	373.83	0.00
	C	0.48	2	0.24	211.85	0.00
	A×B	0.00	6.00	0.00	0.48	0.82
	A×C	0.00	4.00	0.00	0.79	0.54
污染率 Pollution rate	B×C	0.12	6.00	0.02	17.16	0.00
	A	0.03	2	0.02	23.57	0.00
	B	5.71	3	1.9	2571.42	0.00
	C	0.98	2	0.49	660.93	0.00
死亡率 Mortality	A×B	0.02	6.00	0.00	4.03	0.00
	A×C	0.00	4.00	0.00	0.36	0.83
	B×C	0.23	6.00	0.04	51.47	0.00
	A	0.03	2.00	0.02	7.38	0.00
死亡率 Mortality	B	1.87	3.00	0.62	295.44	0.00
	C	0.09	2.00	0.04	21.10	0.00
	A×B	0.03	6.00	0.00	2.34	0.05
	A×C	0.00	4.00	0.00	0.57	0.69
	B×C	0.04	6.00	0.01	2.93	0.02

注:A:品种;B:氯气消毒时间;C:酒精消毒时间

Note: A: variety; B: chlorine disinfection time; C: alcohol disinfection time

表6 不同浸种处理对油莎豆块茎萌发的影响
Table 6 Effects of different soaking treatments on tuber germination of tiger nut /%

处理 Handle	A2	中油莎1号 Z1	内蒙古大粒 ND
D1T15	25.00h	25.00g	16.67i
D3T15	31.67fgh	30.00efg	21.67ghi
D5T15	28.33gh	26.67fg	20.00hi
D1T25	41.67cdef	36.67cde	31.67cdef
D3T25	51.67abc	43.33bc	36.67abc
D5T25	48.33abcd	41.67bcd	33.33cde
D1T35	45.00bcde	43.33bc	35.00bcd
D3T35	58.33a	51.67a	43.33a
D5T35	53.33ab	48.33ab	41.67ab
D1T45	33.33fgh	30.00efg	25.00fgh
D3T45	40.00def	35.00de	28.33defg
D5T45	36.67efg	33.33ef	26.67efgh

注: D1、D3、D5 分别代表浸种时间 1 d、3 d、5 d; T15、T25、T35、T45 分别代表浸种温度 15℃、25℃、35℃、45℃

Note: D1, D3 and D5 denote soaking 1 d, 3 d and 5 d respectively; T15, T25, T35, T45 denote soaking at 15, 25, 35 and 45℃ respectively

使用不同浓度的 6-BA 和 NAA 处理油莎豆块茎,表 7 结果表明, A2 和中油莎 1 号都在含有 1.0 mg/L 6-BA、0.5 mg/L NAA(B6)的培养基上萌发率最高,分别为 70.00% 和 63.33%,在含有 2.0 mg/L 6-BA 和不含 NAA(B7)的培养基上萌发率最低,分别为 53.33% 和 50.00%;内蒙古大粒在含有 0.5 mg/L 6-BA、0.2 mg/L NAA(B2)的培养基上萌发率最高,为 55.00%,在含有 2.0 mg/L 6-BA、0.5 mg/L NAA(B9)的培养基上萌发率最低,为 41.67%。

表7 不同植物生长调节剂对油莎豆块茎萌发的影响
Table 7 Effects of different plant growth regulators on tuber germination of tiger nut /%

处理 Handle	A2	中油莎1号 Z1	内蒙古大粒 ND
CK	58.33bed	55.00ab	50.00abcd
B1	58.33bed	55.00ab	53.33ab
B2	60.00bcd	56.67ab	55.00a
B3	61.67abcd	58.33ab	51.67abc
B4	63.33abc	60.00ab	50.00abcd
B5	65.00ab	61.67ab	51.67abc
B6	70.00a	63.33a	48.33abcde
B7	53.33d	50.00b	43.33de
B8	55.00cd	51.67ab	45.00cde
B9	56.67bcd	53.33ab	41.67e

注:CK~B9:为表2所列的不同植物生长调节剂组合

Note: CK~B9: see to Table 2, different combinations of plant grow regulators

方差分析结果表明(表 8),油莎豆品种和不同浓度 6-BA 对油莎豆块茎的萌发有显著影响,不同浓度 NAA 无显著影响。油莎豆品种、6-BA 浓度以及 NAA 浓度之间互作效应不显著。多重比较结果表明,不同品种在植物生长调节剂处理下彼此间的萌发率存在显著差异,萌发率依次为 A2(60.37%)、中油莎豆 1 号(56.67%)和内蒙古大粒(48.89%);在 6-BA 处理下,萌发率随药剂浓度增加呈先增后减的趋势,其中 1 mg/L 6-BA (59.26%)虽较 0.5mg/L (56.67%)提高了萌发率但效果并不显著,但两个浓度与 2 mg/L(50.00%)相比均有显著提高;NAA 处理下萌发率的趋势与 6-BA 相同,然而不同浓度彼此间并不存在显著差异,萌发率依次为 0.2 mg/L (56.11%)、0.5 mg/L(55.74%)和 0 mg/L(54.07%)。

3 讨论

由于油莎豆块茎经过冬季贮藏后会进入休眠状态,因此在种植前或组织培养前打破其休眠十分必要。研究表明对休眠种子进行浸种有利于休眠的打破,而浸种的效果主要由浸种温度和浸种时间控制。前者影响种子的吸胀过程,使种皮软化,而后者打破种子休眠,促进种子萌发^[21-23]。李翠翠等^[24]人在研究文定果种子萌发中发现文定果种子的发芽率会随着浸泡时间的增加而增加,最佳浸种时间为 24 h,若增加浸种时间则会使发芽率降低。黄长林^[25]在研究富贵籽种子萌芽与浸种时间的关系时发现,浸 2~3 d 的富贵籽种子发芽率最高,而浸种 4 d 的发芽率反而降低,这说明浸种的时间并不是越长越好。黄春荣^[26]在油莎豆引种试种试验中,春播就采用了 30℃~40℃浸种 1~2 d 的方法,有趣的是,郝明国等^[27]以油莎豆品种吉农油 6 号为材料发现 25℃浸种 2 d 下萌发效果最佳,35℃浸种 3 d 效果最差,其结果与本研究相悖(35℃浸种 3 d 最佳)。

除浸种处理外,植物生长调节剂也能够影响休眠种子或块茎的萌发。近年来,已有较多促进种子萌发的研究^[28-30],植物生长调节剂也已广泛应用于植物种植产业中,可有效提高种子的发芽率并且缩短萌发时间^[31,32]。不同植物生长调节剂和不同浓度梯度的组合会对油莎豆块茎萌发产生不同的结果,本试验结果表明,低浓度 6-BA(0.5~1.0 mg/L)可以促进块茎萌发,但在 2.0 mg/L 时会抑制萌发,使其萌发数低于对照 CK。

利用组织培养选育、提纯和繁育油莎豆种质是目前行之有效的办法,而外植体的消毒是组织培养

表8 不同植物生长调节剂对油莎豆萌发率的方差分析

Table 8 Variance analysis of different plant growth regulators on germination rate of tiger nut

变异来源 Source of variation	平方和 Sum of squares	自由度 Degree of freedom	均方 Mean square	F	P
品种 Varieties	0.1236	2.0000	0.0618	42.9322	0.0000
6-BA浓度 6-BA concentration	0.0821	2.0000	0.0411	28.5224	0.0000
NAA浓度 NAA concentration	0.0042	2.0000	0.0021	1.4720	0.2473
品种×6-BA浓度 Varieties ×6-BA concentration	0.0161	4.0000	0.0040	2.7999	0.0458
品种×NAA浓度 Varieties ×NAA concentration	0.0085	4.0000	0.0021	1.4720	0.2382
6-BA浓度×NAA浓度 6-BA concentration × NAA concentration	0.0003	4.0000	0.0001	0.0573	0.9935
品种×6-BA浓度×NAA浓度 Varieties × 6-BA concentration × NAA concentration	0.0007	8.0000	0.0001	0.0570	0.9999
误差 Error	0.0389	27.0000	0.0014		
总 Total	0.2745	53.0000			

的第一步。目前油莎豆外植体消毒大部分利用升汞、次氯酸钠和酒精,其中升汞消毒虽然效果好,但需要严苛的操作环境^[33]。由于油莎豆块茎表皮坚硬,其它的单一消毒方式无法满足组织培养的需要,因此找到一种合适的消毒方式就显得尤为重要。在合理的时间范围内,消毒时间越长灭菌效果越好,可以有效地控制污染率,当其超出合理的范围时,污染率降低,但萌发率也降低;消毒剂的浓度提高,消毒效果好,但消毒浓度过高导致种子不宜萌发或者死亡^[34]。本试验结果表明,在75%酒精3 min、氯气16 h(A9)时消毒效果最好且能保证块茎萌发率。

随着我国油莎豆种植面积的逐渐增长,面临着油莎豆品种退化且单一、机械收获困难等问题。因此,利用组织培养进行无性繁殖研究,解决品种退化以及改良收获方式等是后续油莎豆产业的重中之重。

4 结论

本试验以A2、中油莎1号和内蒙古大粒3个品种为研究对象,探讨浸种条件、消毒方式以及不同浓度植物生长调节剂组合对油莎豆块茎萌发的影响,试验结果表明:A2、内蒙古大粒和中油莎1号3个油莎豆品种均在75%酒精3 min、氯气16 h(A9)时消毒效果最好,氯气过高会导致污染率减少,但

是会使死亡率增加;3个品种均在35℃浸泡3 d(D3T35)时萌发率最高,温度过高或过低都会影响油莎豆块茎的萌发;A2和中油莎1号均在MS+1.0 mg/L 6-BA+0.5 mg/L NAA上(B6)的培养基上萌发率最高,分别为70.00%和63.33%,在MS+2.0 mg/L 6-BA(B7)的培养基上萌发率最低,分别为53.33%和50.00%;内蒙古大粒在MS+0.5 mg/L 6-BA+0.2 mg/L NAA(B2)的培养基上萌发率最高,为55.00%,在MS+2.0 mg/L 6-BA+0.5 mg/L NAA(B9)的培养基上萌发率最低,为41.67%。6-BA是诱导萌发的主要因素,6-BA有利于油莎豆块茎的萌发,但当6-BA浓度超过一定范围后会抑制块茎萌发。

参考文献:

- [1] 阳振乐. 油莎豆的特性及其研究进展[J]. 北方园艺, 2017(17): 192-201. DOI:10.11937/bfy.20170541.
- [2] 瞿萍梅, 程治英, 龙春林, 等. 油莎豆资源的综合开发利用[J]. 中国油脂, 2007, 32(9): 61-63. DOI: 10.3321/j.issn: 1003-7969.2007.09.017.
- [3] 瞿萍梅, 程治英, 龙春林, 等. 生物柴油植物“油莎豆”的发展前景[J]. 可再生能源, 2008, 26(1): 106-109. DOI: 10.3969/j.issn.1671-5292.2008.01.028.
- [4] 于红, 敬思群. 油莎豆化学成分及应用研究进展[J]. 食品工业, 2015, 36(6): 242-245.
- [5] 张小燕. 油莎豆的主要高产栽培技术[J]. 农业科技通讯, 2009(6): 165-166. DOI: 10.3969/j.issn.1000-

- 6400.2009.06.079.
- [6] 杨帆, 朱文学. 油莎豆研究现状及展望[J]. 粮食与油脂, 2020, 33(7): 4-6.
- [7] 王瑞元, 王晓松, 相海. 一种多用途的新兴油料作物: 油莎豆[J]. 中国油脂, 2019, 44(1): 1-4. DOI: 10.3969/j.issn.1003-7969.2019.01.001.
- [8] Aljuhaimi F, Ghafoor K, Özcan M M, et al. The effect of solvent type and roasting processes on physico-chemical properties of tigernut (*Cyperus esculentus* L.) tuber oil [J]. *J Oleo Sci*, 2018, 67(7): 823-828. DOI: 10.5650/jos.ess17281.
- [9] 张学昆. 我国油莎豆产业研发进展报告[J]. 中国农村科技, 2019(4): 67-69. DOI: 10.3969/j.issn.1005-9768.2019.04.022.
- [10] 韩丽娟, 李峰. 油莎豆的特性及其栽培[J]. 特种经济动植物, 2003, 6(7): 31. DOI: 10.3969/j.issn.1001-4713.2003.07.030.
- [11] Uddin M K, Juraimi A S, Hossain M S, et al. Purslane weed (*Portulaca oleracea*): a prospective plant source of nutrition, *Omega-3* fatty acid, and antioxidant attributes [J]. *Sci World J*, 2014, 2014: 951019. DOI: 10.1155/2014/951019.
- [12] El-Shenawy M, Fouad M T, Hassan L K, et al. A probiotic beverage made from tiger-nut extract and milk permeate[J]. *Pak J Biol Sci*, 2019, 22(4): 180-187. DOI: 10.3923/pjbs.2019.180.187.
- [13] Glew R H, Glew R S, Chuang L T, et al. Amino acid, mineral and fatty acid content of pumpkin seeds (*Cucurbita* spp) and *Cyperus esculentus* nuts in the Republic of Niger[J]. *Plant Foods Hum Nutr*, 2006, 61(2): 51-56. DOI: 10.1007/s11130-006-0010-z.
- [14] 李佳婷, 高静阳, 孙春雨, 等. 油莎豆快速繁殖体系的研究[J]. 热带亚热带植物学报, 2019, 27(4): 446-451. DOI: 10.11926/jtsb.4024.
- [15] 黄思. 油莎豆茎尖培养体系的构建及高效栽培技术研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2015.
- [16] 瞿萍梅, 龙春林, 程治英, 等. 油莎豆的组织培养和快速繁殖[J]. 植物生理学通讯, 2007, 43(2): 331.
- [17] 李佳婷. 油莎豆的组织培养及多倍体诱导[D]. 广州: 仲恺农业工程学院, 2019.
- [18] 李海燕, 武小霞, 韩英鹏, 等. 影响大豆子叶节再生的因素研究[J]. 东北农业大学学报, 2008, 39(3): 5-8. DOI: 10.19720/j.cnki.issn.1005-9369.2008.03.002.
- [19] 谭玲玲, 胡正海. 不同处理对桔梗种子萌发特性的影响[J]. 种子, 2014, 33(7): 15-18, 23. DOI: 10.16590/j.cnki.1001-4705.2014.07.048.
- [20] 吴淑蓉, 卓钦, 陈发兴. 不同处理方法对西番莲种子萌发的影响[J]. 亚热带农业研究, 2020, 16(3): 180-184. DOI: 10.13321/j.cnki.subtrop.agric.res.2020.03.007.
- [21] 苏晓敏, 李绍才, 孙海龙, 等. 不同热水处理方式对14种硬实种子萌发的影响[J]. 种子, 2019, 38(1): 76-79, 85. DOI: 10.16590/j.cnki.1001-4705.2019.01.076.
- [22] 郭文凯, 孙庆文, 张磊超, 等. 轮钟花种子萌发特性研究[J]. 种子, 2020, 39(10): 36-41. DOI: 10.16590/j.cnki.1001-4705.2020.10.036.
- [23] 张奕, 陈晓峰, 郭玉磊, 等. 不同处理对黄花菜种子萌发的影响[J]. 陕西农业科学, 2021, 67(11): 40-44. DOI: 10.3969/j.issn.0488-5368.2021.11.010.
- [24] 李翠翠, 丘国松, 龙丹丹, 等. 不同浸泡时间和温度条件对文定果种子萌发的影响[J]. 现代园艺, 2019(15): 27-28. DOI: 10.14051/j.cnki.xdyy.2019.15.012.
- [25] 黄长林, 陶秀花, 黄冬华, 等. 不同处理对富贵籽种子萌发的影响研究[J]. 江西农业学报, 2011, 23(10): 70-72. DOI: 10.19386/j.cnki.jxnyxb.2011.10.024.
- [26] 黄春荣, 梁文章, 孙祖东. 非粮生物质能源植物“油莎豆”的产业化前景及对策[J]. 大众科技, 2011, 13(5): 147-149. DOI: 10.3969/j.issn.1008-1151.2011.05.071.
- [27] 郝明国, 张君, 韩笑, 等. 越冬贮藏油莎豆块茎萌发特性初步研究[J/OL]. 吉林农业大学学报: 1-10. [2022-04-14].
- [28] 沈雁, 杨伟波, 刘蕊, 等. 植物生长调节剂及不同温度处理对油莎豆块茎萌发的影响[J]. 西南农业学报, 2010, 23(5): 1464-1467. DOI: 10.16213/j.cnki.scjas.2010.05.033.
- [29] Najhah M Y, Jaafar H, Nakasha J, et al. Shoot multiplication and callus induction of *Labisia pumila* var. *alata* as influenced by different plant growth regulators treatments and its polyphenolic activities compared with the wild plant[J]. *Molecules*, 2021, 26(11): 3229.
- [30] 李秋, 王福超, 李方安. 植物生长调节剂对罗勒种子发芽及幼苗生长的影响[J]. 中国农学通报, 2011, 27(8): 74-78.
- [31] 傅华龙, 何天久, 吴巧玉. 植物生长调节剂的研究与应用[J]. 生物加工过程, 2008, 6(4): 7-12. DOI: 10.3969/j.issn.1672-3678.2008.04.002.
- [32] Amiri S, Panahi B, Mohammadi R, et al. Effect of plant growth regulator combination on direct *in vitro* regeneration of Persian lilac (*Melia azedarach* L.) [J]. *Proc Natl Acad Sci India Sect B Biol Sci*, 2020, 90(2): 261-265. DOI: 10.1007/s40011-019-01099-5.
- [33] 吴琼. 油莎豆再生体系的建立及多倍体诱导[D]. 兰州: 兰州大学, 2009.
- [34] 郭丽, 索素敏, 徐明辉. 组织培养中不同消毒处理对野生薄皮木种子萌发的影响[J]. 分子植物育种, 2022, 20(4): 1325-1330. DOI: 10.13271/j.mpb.020.001325.

(责任编辑:郭学兰)