

杨睿,胡琦,石美,等.植物生长调节剂对波斯菊种子萌发的影响[J].黑龙江农业科学,2019(5):71-76.

植物生长调节剂对波斯菊种子萌发的影响

杨睿,胡琦,石美,廖思,曾艳玲

(中南林业科技大学 经济林培育与保护教育部重点实验室/经济林育种与栽培国家林业局重点实验室,湖南 长沙 410004)

摘要:为促进植物生长调节剂在园林生产中的应用。采用 $L_9(3)^3$ 正交设计法,用赤霉素(GA_3)、6-苄氨基腺嘌呤(6-BA)和 2,4-二氯苯氧乙酸(2,4-D)三种植物生长调节剂组合处理波斯菊种子,研究其对波斯菊种子萌发的影响。结果表明: GA_3 和 2,4-D 对波斯菊种子萌发及幼苗早期生长的影响明显高于 6-BA;采用 $0.5\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ GA_3 处理波斯菊种子,其发芽时间能较对照组缩短 1~2 d;采用 $0.5\sim 1.0\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ GA_3 和 2,4-D 的混合液浸泡波斯菊种子 24 h 后催芽,其萌芽率和发芽指数均较对照组高出 16% 以上,幼苗生长初期生物量也较对照组高出 35% 以上。

关键词:波斯菊;植物生长调节剂;萌发;生物量

植物种子萌芽期和幼苗期对外界环境的敏感性最高,是植物整个生育期的重要时期,种子和幼苗的正常发育关系到植物种子的正常生长和繁殖。在种子萌发的过程中,植物生长调节剂扮演着非常重要的角色。因此植物生长调节剂处理是一种有效的育种方法,在园艺、农业等方面应用较多,也颇有成效^[1-3]。付远洪等^[2]用不同浓度赤霉素(GA_3)和不同浸种温度处理伴娘山月桂种子,其发芽率、发芽势、发芽指数与对照组呈显著差异,萌发启动时期缩短。徐拾佳等^[3]通过不同温度处理和外源生长激素处理,发现细胞分裂素(6-BA)对天人菊种子的萌发有更好的促进作用。杨世露等^[4]通过选择合适浓度的植物生长素对紫皮石斛种苗进行处理,发现生长素(2,4-D)对紫皮石斛的生长周期、发芽速度、生根速度有显著影响。

波斯菊是著名的观赏植物,在我国主要用于盆栽和花坛、花镜等景观布置。目前,波斯菊在生产上常用播种繁殖,大多数研究从光照、温度、播种期、盐胁迫、浸种时间等因素对波斯菊的生理及生长特性的影响等方面开展^[5-10]。植物生长调节剂影响波斯菊种子萌发方面的研究尚少。本研究采用不同浓度的 GA_3 、6-BA 和 2,4-D 组合处理波斯菊种子,并对其萌发特性进行深入研究,筛选

适宜促进波斯菊种子萌发植物生长调节剂处理组合,为其在园林生产中更好的应用提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

波斯菊种子购自江苏花草种业,产地为江苏宿迁,使用前于常温下干燥储藏。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 于 2017 年 5 月,选取健康无病虫害种子用 70% 酒精消毒 1 min 后,用无菌水冲洗 3 次,冲洗完成后用无菌水配置的不同浓度植物生长调节剂溶液浸种,浸种 24 h 后,播种于育苗穴中置于光照充足处,每日上午定时使用喷壶浇水保证土壤湿润^[11]。播种 30 d 内观察记录种子萌发情况,30 d 后对幼苗生长指标和生物量指标进行测定。

以赤霉素(GA_3)、细胞分裂素(6-BA)、生长素(2,4-D)为三因素,各因素设置 0, 0.5, 1.0 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 三个浓度水平对种子萌发进行正交试验处理(表 1),每个处理 10 粒种子,3 次重复。

表 1 正交试验设计

Table 1 Orthogonal experimental design			
水平 Level	因素 Factor		
	A(GA_3)/ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	B(6-BA)/ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	C(2,4-D)/ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)
1	$A_1(0)$	$B_1(0)$	$C_1(0)$
2	$A_2(0.5)$	$B_2(0.5)$	$C_2(0.5)$
3	$A_3(1.0)$	$B_3(1.0)$	$C_3(1.0)$

1.2.2 测定项目及方法 种子萌发指标测定:进行波斯菊种子发芽率、发芽指数、活力指数及平均

收稿日期:2018-12-26
基金项目:2017 年湖南省大学生研究性学习和创新性实验计划项目(湘教通[2017]205)。
第一作者简介:杨睿(1997-),男,在读硕士,从事林业生物技术研究。E-mail:3067212455@qq.com。
通讯作者:曾艳玲(1980-),女,博士,副教授,从事林业生物技术研究。E-mail:zengyanling110@126.com。

发芽日数的测定。萌发率(G)=(第 n 天的出苗种子数/供试种子数)×100%;发芽指数(GI)= $\sum(Gt/Dt)^{[10]}$,式中 Gt 为 t 日内的发芽数,Dt 为相应发芽天数;活力指数(VI)=发芽指数(GI)×平均单株根干质量(S)^[12];

平均发芽日数(MGT)= $\sum(Gt \times Dt)/\sum G$ 。

幼苗生长指标测定:种子播种后第 30 天,使用游标卡尺测量波斯菊幼苗的根长、茎高和地径。

生物量测定:幼苗生长指标测定完后进行波斯菊株高、地径和干重的测定。育苗 30 d 后,将幼苗从育苗穴中取出,洗净泥土,晾干水分,放入烘箱 60 ℃烘干后,分别称量每组幼苗地下部分、地上部分茎和地上部分叶的干重。

1.2.3 数据分析 采用软件 Excel 2010 和 SPSS 22.0 软件进行数据分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理下波斯菊种子发芽状况

萌发率、发芽指数、活力指数和平均发芽时间是检测种子发芽能力的重要指标,植物生长调节剂处理会对种子的发芽能力产生一定的影响。

由表 2 可知,处理组合 A₁B₃C₃ 的萌发率最高,为 100%;A₂B₁C₂ 的发芽指数最高,为 23.87;A₃B₁C₃ 活力指数最高,为 38.31;A₂B₁C₂ 的平均发芽时间最短,为 7.83 d。

在 3 个因素中,根据平均发芽时间判断各指标的极差值表现为 A(GA₃)>B(6-BA)>C(2,4-D),而根据萌芽率、发芽指数和活力指数判断各

指标的极差值均表现为 C(2,4-D)>A(GA₃)>B(6-BA),且 C 水平各指标的极差值远比 A 水平的大。说明 2,4-D 对波斯菊种子萌发率、发芽指数及活力指数影响最大,而对平均发芽时间影响最大的是 GA₃。

在对 4 种发芽指标的显著性分析中发现,GA₃ 对萌芽率和发芽指数的影响显著性 P 值大于 0.05,说明不存在显著影响,对活力指数和平均发芽时间的影响显著性 P 值小于 0.01,说明存在极显著影响;6-BA 对萌芽率和发芽指数的影响显著性 P 值大于 0.05,说明不存在显著影响,对活力指数和平均发芽时间的影响显著性 P 值大于 0.01 小于 0.05,说明存在显著影响;2,4-D 浓度对萌芽率、发芽指数和活力指数的影响显著性 P 值均小于 0.01,说明存在极显著影响,而对平均发芽时间的影响显著性 P 值大于 0.05,说明不存在显著影响。这些分析结果与极差分析结果相一致。

正交试验结果表明,萌发率最佳组合是 A₃B₁C₃,即采用 1.0 mg·L⁻¹GA₃+1.0 mg·L⁻¹2,4-D 处理波斯菊种子,其萌发率可达到最高。发芽指数以及活力指数的最佳组合均为 A₃B₁C₂,即采用 1.0 mg·L⁻¹GA₃+0.5 mg·L⁻¹2,4-D 处理波斯菊种子,其发芽指数和活力指数最佳。平均发芽时间的最优组合为 A₂B₁C₂,即采用 0.5 mg·L⁻¹GA₃+0.5 mg·L⁻¹2,4-D 处理波斯菊种子,其平均发芽时间最短。

表 2 种子萌发正交试验结果
Table 2 Orthogonal test results of seed germination

序号 No.	因素 Factor			X	Y	Z	W
	A(GA ₃)/ (mg·L ⁻¹)	B(6-BA)/ (mg·L ⁻¹)	C(2,4-D)/ (mg·L ⁻¹)	萌发率 Germination rate/%	发芽指数 Germination index	活力指数 Vigor index	平均发芽时间 Average germination timed/d
1	1	1	1	80	18.42	25.05	8.00
2	1	2	2	83	20.00	32.86	10.00
3	1	3	3	100	22.65	33.70	11.20
4	2	1	2	97	23.87	37.38	7.83
5	2	2	3	87	19.18	29.09	7.86
6	2	3	1	67	15.00	25.22	8.75
7	3	1	3	93	21.40	38.31	10.20
8	3	2	1	90	19.75	31.44	12.75
9	3	3	2	87	21.75	37.34	9.50
x ₁	87.67	90.00	79.00				

续表 2

序号 No.	因素 Factor			X	Y	Z	W
	A(GA ₃)/ (mg•L ⁻¹)	B(6-BA)/ (mg•L ⁻¹)	C(2,4-D)/ (mg•L ⁻¹)	萌发率 Germination rate/%	发芽指数 Germination index	活力指数 Vigor index	平均发芽时间 Average germination timed/d
x ₂	83.67	86.67	89.00				
x ₃	90.00	84.67	93.33				
y ₁	20.36	21.23	17.72				
y ₂	19.35	19.64	21.87				
y ₃	20.97	19.80	21.08				
z ₁	30.54	33.58	27.24				
z ₂	30.54	31.13	35.86				
z ₃	35.70	32.09	33.70				
w ₁	9.73	8.68	9.83				
w ₂	8.15	10.20	9.11				
w ₃	10.82	9.82	9.75				
R _x	6.33	5.33	14.34				
R _y	1.62	1.59	4.15				
R _z	5.16	2.45	8.62				
R _w	2.67	1.52	0.72				
P _x	0.198	0.309	0.001				
P _y	0.122	0.093	0.000				
P _z	0.000	0.025	0.000				
P _w	0.000	0.013	0.278				

x_(1,2,3)、y_(1,2,3)、z_(1,2,3) 及 w_(1,2,3) 分别代表因素水平 1、2、3 所对应的试验指标的平均值。R_(X,Y,Z,W) 分别代表 3 因素不同水平在 4 种发芽指标下的极差。P_(X,Y,Z,W) 分别代表 3 因素不同水平在 4 种发芽指标下的显著性差异,下同。
x_(1,2,3)、y_(1,2,3)、z_(1,2,3) and w_(1,2,3) represent the average values of the corresponding test indicators of factor level 1,2 and 3, respectively. R_(X,Y,Z,W) represents the extreme difference of three factors at different levels under four germination indices, respectively. P_(X,Y,Z,W) represents the significant difference of three factors at different levels under four germination indices,the same below.

2.2 不同处理下波斯菊种子萌芽生长状况

幼苗的根长、茎高、地径能比较直观地反映幼苗的生长状况,通常在一定限度内,这些指标的值越大,幼苗生活力越强。植物生长调节剂处理对波斯菊幼苗生长的影响各不相同。组合 A₂B₁C₂ 的根系最长,为 10.36 cm;组合 A₃B₃C₂ 的茎秆最高,为 10.38 cm;组合 A₃B₃C₂ 的地径最大,为 1.46 mm。
由表 3 可知,各因素对各生长指标的影响如下:根长为 C(2,4-D)>A(GA₃)>B(6-BA),茎高为 A(GA₃)>C(2,4-D)>B(6-BA),地径为 B(6-BA)>C(2,4-D)>A(GA₃)。说明这 3 种生长调节剂中对波斯菊幼苗根长、茎高和地径影响最大的分别为 2,4-D、GA₃ 和 6-BA。

在对 3 种萌芽生长状况指标的方差分析中发现,GA₃、6-BA 和 2,4-D 对根长、茎高和地径生长的影响显著性 P 值均小于 0.01,说明存在极显著影响。
正交试验结果表明,促进根延伸的最佳组合是 A₂B₃C₃,即采用 0.5 mg•L⁻¹GA₃+1.0 mg•L⁻¹+1.0 mg•L⁻¹ 2,4-D 处理波斯菊种子,其萌发过程中根长延伸最快;促进茎长高的最佳组合是 A₃B₂C₂,即采用 1.0 mg•L⁻¹GA₃+0.5 mg•L⁻¹6-BA+0.5 mg•L⁻¹ 2,4-D 处理波斯菊种子,其萌发过程中茎高生长最快;促进地径生长的最佳组合是 A₃B₁C₂,即采用 1.0 mg•L⁻¹GA₃+0.5 mg•L⁻¹ 2,4-D 处理波斯菊种子,其萌发过程中地径增粗最快。

表 3 幼苗生长正交试验结果
Table 3 Orthogonal test results of seedling growth

序号 No.	因素 Factor			X	Y	Z
	A(GA ₃)/(mg·L ⁻¹)	B(6-BA)/(mg·L ⁻¹)	C(2,4-D)/(mg·L ⁻¹)	根长 Root length/cm	茎高 Stem height/cm	地径 Ground diameter/mm
1	1	1	1	6.25	10.35	1.02
2	1	2	2	6.73	10.24	1.05
3	1	3	3	8.68	9.13	1.08
4	2	1	2	10.36	9.41	1.2
5	2	2	3	9.65	9.29	1.08
6	2	3	1	8.90	7.90	1.18
7	3	1	3	10.24	9.59	1.07
8	3	2	1	5.20	9.91	1.00
9	3	3	2	6.42	10.38	1.46
x ₁	7.22	8.95	6.78			
x ₂	9.64	7.19	7.84			
x ₃	7.29	9.52	9.52			
y ₁	9.91	9.78	9.39			
y ₂	8.87	9.81	10.01			
y ₃	9.96	9.34	9.34			
z ₁	1.05	1.10	1.07			
z ₂	1.15	1.04	1.24			
z ₃	1.18	1.08	1.08			
R _X	2.42	1.76	2.74			
R _Y	1.09	0.64	0.67			
R _Z	0.13	0.20	0.17			
P _X	0.000	0.000	0.000			
P _Y	0.000	0.001	0.001			
P _Z	0.000	0.000	0.000			

2.3 不同处理下波斯菊幼苗的生物量

生物量是反映作物生长状况的重要指标,主要体现幼苗在一段时间内干物质的积累能力。不同植物生长调节剂处理对波斯菊幼苗的生物量积累影响各不相同。组合 A₂B₁C₂ 的地下部分干重最大,为 4.75 mg;组合 A₃B₁B₃ 的茎干重最大,为 8.33 mg;组合 A₃B₃C₂ 的叶干重最大,为 5.77 mg。

由表 4 可知,GA₃对根干重和地上部分干重影响显著性 *P* 值均小于 0.01,说明存在极显著影响;6-BA 对根干重和叶干重影响的 *P* 值小于 0.01,说明存在极显著影响,对茎干重的 *P* 值大于 0.01 小于 0.05,说明存在显著影响;2,4-D 对

根干重和地上部分干重影响的 *P* 值均小于 0.01,说明存在极显著影响。

在极差值分析中,可发现各因素对各生长指标的影响如下:根干重为 A(GA₃)>C(2,4-D)>B(6-BA),茎干重为 C(2,4-D)>A(GA₃)>B(6-BA),叶干重为 C(2,4-D)>B(6-BA)>A(GA₃)。说明这 3 种生长调节剂中对波斯菊幼苗根干物质积累影响最大的是 GA₃,而对波斯菊幼苗地上部分干物质积累影响最大的是 2,4-D,这与方差分析中的结果相一致。

正交试验结果表明,促进根重量增长的最佳组合是 A₂B₃C₃,即采用 0.5 mg·L⁻¹GA₃+1.0 mg·L⁻¹6-BA+1.0 mg·L⁻¹2,4-D 处理波斯菊

种子,其萌发过程中根干物质积累最快;促进茎重量增长的最佳组合是 A₃B₃C₃,即采用 1.0 mg·L⁻¹ GA₃+1.0 mg·L⁻¹ 6-BA+1.0 mg·L⁻¹ 2,4-D 处理波斯菊种子,其萌发过程中茎干物质积累最快;促

进叶重量增长的最佳组合是 A₃B₂C₂,即采用 1.0 mg·L⁻¹ GA₃+0.5 mg·L⁻¹ 6-BA+ 0.5 mg·L⁻¹ 2,4-D 处理波斯菊种子,其萌发过程中叶干物质积累最快。

表 4 幼苗生物量正交试验结果

Table 4 Orthogonal test results of seedling biomass

序号 No.	因素 Factor			X	Y	Z
	A(GA ₃)/(mg·L ⁻¹)	B(6-BA)/(mg·L ⁻¹)	C(2,4-D)/(mg·L ⁻¹)	根干重 Root dry weight/mg	茎干重 Stem dry weight/mg	叶干重 Leaf dry weight/mg
1	1	1	1	2.61	6.07	4.91
2	1	2	2	3.09	7.17	5.40
3	1	3	3	4.18	7.87	5.13
4	2	1	2	4.75	7.95	5.20
5	2	2	3	3.84	7.35	4.74
6	2	3	1	4.06	5.94	5.17
7	3	1	3	3.69	8.33	4.79
8	3	2	1	2.66	6.87	5.34
9	3	3	2	3.09	7.58	5.77
x ₁	3.29	3.68	3.11			
x ₂	4.22	3.20	3.64			
x ₃	3.15	3.90	3.90			
y ₁	7.04	7.45	6.29			
y ₂	7.08	7.13	7.57			
y ₃	7.59	7.85	7.85			
z ₁	5.15	4.97	5.14			
z ₂	5.04	5.16	5.46			
z ₃	5.30	4.89	4.89			
R _X	0.93	0.58	0.79			
R _Y	0.55	0.32	1.56			
R _Z	0.26	0.39	0.57			
P _X	0.000	0.003	0.000			
P _Y	0.001	0.035	0.000			
P _Z	0.000	0.000	0.000			

3 结论与讨论

种子发芽率、发芽势、发芽指数是表征种子萌发水平最主要的指标^[10]。植物生长调节剂是促进种子萌发生长的重要因素。目前采用 GA₃ 处理种子促进萌发的研究较多,譬如野牛草^[13]、羊草^[14]、玉米^[15]、香茅^[16]种子萌发试验中发现 GA₃ 对发芽促进作用最大,这可能与 GA₃ 和生长素有打破种子休眠的作用有关。本研究结果也显示 GA₃ 对波斯菊种子平均发芽时间存在极显著的影

响,当使用 0.5 mg·L⁻¹ GA₃ 处理种子后其发芽时间较对照组缩短 1~2 d。但是对波斯菊种子萌发率、发芽指数及活力指数影响最大的是 2,4-D,这可能与低浓度生长素可以提高种子内部可溶性蛋白质含量,促进种子萌发有关^[17]。6-BA 对波斯菊种子萌发率和发芽指数影响不大,对活力指数和平均发芽时间也仅存在一定的影响,说明在种子萌发初期赤霉素和生长素类植物调节剂的作用大于分裂素类生长调节剂。种子萌发初期受到的

作用会持续影响到幼苗初期生长。从波斯菊种子萌发后幼苗生长状况来分析,GA₃和2,4-D的作用也明显大于6-BA。

综合各发芽指标和生长状况分析结果表明,使用0.5~1.0 mg·L⁻¹ GA₃和2,4-D的混合液浸泡处理24 h波斯菊种子的生长调节剂组合较为适合用于波斯菊种子催芽。采用0.5~1.0 mg·L⁻¹ GA₃和2,4-D的混合液处理波斯菊种子,其萌芽率和发芽指数均较对照组高出16%以上,幼苗生长初期生物量也较对照组高出35%以上。说明适当浓度的赤霉素和生长素处理种子不仅可以提高出苗率,且有助于幼苗早期生长。

参考文献:

- [1] 张青瑞,崔瑶,施卫省. 激素处理种子对万寿菊发芽和幼苗生长的影响[J]. 土壤与作物,2016,5(1):54-59.
- [2] 付远洪,钱沉鱼,李朝婵,等. 不同浓度赤霉素对伴娘山月桂种子萌发的影响[J]. 种子,2017,36(2):5-8.
- [3] 徐拾佳,刘冬云,安凯. 天人菊种子萌发条件的研究[J]. 河北林业科技,2017(2):37-39,47.
- [4] 杨世露. 生长素对紫皮石斛种苗萌发能力的影响[J]. 农业与技术,2013,33(8):131.
- [5] 潘跃平,毛忠良. 播种期对波斯菊开花结实的影响[J]. 江苏农业科学,1996(3):57-58.
- [6] 田立娟,刘方明,程海涛,等. 三种草本花卉种子萌发期耐盐性测定[J]. 科技信息,2012(26):126.
- [7] 姚悦梅. 播种期和光照时间对波斯菊生长发育的影响[J].

江苏农业科学,2008(1):13-14.

- [8] 潘永飞,戴忠良,潘叶飞. 不同播种期对波斯菊观赏价值的影响[J]. 江西农业学报,2009,21(4):45-47.
- [9] 王少平,朱爱民,朱二刚. 浸种对波斯菊种子发芽的影响[J]. 种子,2000(2):39-41.
- [10] 黄修梅,郝丽珍,惠霖,等. 复合盐碱胁迫对蒙古高原野韭种子萌发的影响[J]. 北方园艺,2018(1):1-6.
- [11] 张潇,周素清,汪莹. 波斯菊穴盘播种栽培技术[J]. 四川林业科技,2014,35(6):127-129.
- [12] 李春雷,马世骏,彭滨,等. 人工老化对玉米种子活力指标、内含物质含量及生理指标的影响[J]. 吉林农业大学学报,2014,36(5):505-509,514.
- [13] 邹竣竹,韩蕾,李德颖,等. 赤霉素和生长素浸种对野牛草种子萌发及幼苗生长生理的影响[J]. 草业科学,2017,34(9):1838-1846.
- [14] 马红媛,梁王伟,黄立华,等. 4种外源激素处理对羊草种子萌发和幼苗生长的影响[J]. 干旱地区农业研究,2008(2):69-73.
- [15] 郑艳冰,党兰,丛永柱,等. 吡啶乙酸与赤霉素对玉米种子萌发和幼苗生长的影响[J]. 安徽农业科学,2014,42(13):3836-3838.
- [16] 王秋燕,张瑜,严琳玲,等. 不同植物外源激素处理对香茅种子萌发的影响[J]. 热带农业科学,2015,35(10):6-8,18.
- [17] 安海梅,姚晓华. 2,4-D预处理对久置青稞种子萌发、幼苗生长和生理特性的影响[J]. 江苏农业科学,2017,45(21):90-93.

Effects of Plant Growth Regulators on Seed Germination of *Cosmos bipinnatus*

YANG Rui, HU Qi, SHI Mei, LIAO Si, ZENG Yan-ling

(Key Laboratory of Cultivation and Protection for Non-Wood Forest Trees, Ministry of Education/Key Laboratory of Non-Wood Forest Products of State Forestry Administration, Central South University of Forestry and Technology, Changsha 410004, China)

Abstract: In order to promote the application of plant growth regulators in garden production. The seeds of *Cosmos bipinnatus* were treated with three plant growth regulators, gibberellin (GA₃), 6-Benzylaminopurine (6-BA) and 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D), by L₉(3)³ orthogonal design, and their effects on seed germination of *Cosmos bipinnatus* were studied. The results showed that the effect of GA₃ and 2,4-D on seed germination and early seedling growth of *Cosmos bipinnatus* was significantly higher than that of 6-BA; the germination time of seeds treated with 0.5 mg·L⁻¹ GA₃ was shorter than that of control group by 1-2 days; the germination rate and germination index of seeds soaked in mixture of 0.5-1.0 mg·L⁻¹ GA₃ and 2,4-D were higher than those of control group by 16% at the beginning of seedling growth. Phase biomass was 35% higher than that of control group.

Keywords: *Cosmos bipinnatus*; plant growth regulators; germination; biomass