

非寄主植物萃取物对瓜列当种子萌发的影响

赵娜娜* 王盼盼 冯佳楠

(新疆农业大学 农学院, 乌鲁木齐 830052)

摘要 为寻找能够刺激瓜列当(*Phelipanche aegyptiaca*)种子发芽的诱捕作物,利用不同浓度的乙醇溶液依次浸泡供试植株,再用正己烷、氯仿和乙酸乙酯依次萃取乙醇浸提液,得到该种植物的正己烷萃取物、氯仿萃取物和乙酸乙酯萃取物。通过室内种子萌发试验,测定不同植物萃取物对瓜列当种子发芽率的影响,明确不同植物各种萃取物对瓜列当种子萌发的诱导情况。结果表明:椒蒿、窃衣、一枝蒿、香青兰和驱虫斑鸠菊可作为诱捕作物,诱导列当种子“自杀式发芽”。氯仿萃取物的诱导效果显著,其次为正己烷萃取物,活性最弱的是乙酸乙酯萃取物。供试植物中椒蒿的氯仿萃取物对瓜列当种子的诱导活性显著,其氯仿萃取物在浓度为 $2.20 \times 10^{-2} \mu\text{g}/\text{mL}$ 时,瓜列当种子发芽率可高达99.20%,表明椒蒿是一种非常有潜力的诱捕作物。

关键词 椒蒿; 植物萃取物; 瓜列当; 种子萌发; 诱捕作物

中图分类号 S476.9

文章编号 1007-4333(2021)05-0030-05

文献标志码 A

Germination stimulation of *Phelipanche aegyptiaca* by extracts derived from non-host plants

ZHAO Nana*, WANG Panpan, FENG Jianan

(College of Agronomy, Xinjiang Agriculture University, Urumqi 830052, China)

Abstract In order to search for the trapping crops that can stimulate the seed germination of *Phelipanche aegyptiaca*, ethanol extracts were firstly obtained by soaking different plants with different concentrations of ethanol. The ethanol extracts were then extracted by n-hexane, chloroform and ethyl acetate in turn to obtain the n-hexane extract, chloroform extract and ethyl acetate extract, respectively. Seed germination experiments were conducted to determine and evaluate the effect of different plant extracts on the germination of *P. aegyptiaca* seeds. The results showed that *Artemisia dracunculus*, *Torilis scabra*, *Artemisia rupestris*, *Vernonia anthelmintica*, and *Dracocephalum moldavica* can be used as trap crops to stimulate the seed the suicide germination of *P. aegyptiaca*. The chloroform extracts had the highest germination activity, followed by n-hexane and ethyl acetate. Among all the tested plants, the chloroform extracts of *A. dracunculus* induced high levels of germination of the seeds (99.20%) at the concentration of $2.20 \times 10^{-2} \mu\text{g}/\text{mL}$, demonstrating that *A. dracunculus* is a promising trap crop candidate for *P. aegyptiaca*.

Keywords *Artemisia dracunculus*; plant extract; *Phelipanche aegyptiaca*; seed germination; trap crop

列当(*Orobanche* 和 *Phelipanche*)是列当科列当属的一类全寄生植物,常寄生于植物的根部,形成吸器侵入寄主根内,吸取寄主植物体内养分和水分,阻碍植物的生长,使寄主植物的产量下降,尤其是对葫芦科、茄科、菊科、伞形科和十字花科植物的生长影响最大^[1]。列当种子细而小,结实量惊人,在土壤中最长可存活10年。广泛分布于亚洲西部、地中海

地区以及非洲东部等地区^[2]。在我国列当属植物大约有23种,主要分布在东北、西北和华北地区^[3]。危害农作物的列当主要有向日葵列当(*O. cumana*)、小列当(*O. minor*)、瓜列当(*P. aegyptiaca*)和弯管列当(*O. cernua*)等。在新疆维吾尔自治区,分布最广泛、危害最为严重的是瓜列当(*P. aegyptiaca*)和向日葵列当(*O. cumana*)^[4]。瓜列当主要寄生在瓜类

收稿日期: 2020-05-28

基金项目: 新疆维吾尔自治区自然科学基金(2017D01B16)

通讯作者: 赵娜娜, 讲师, 主要从事天然产物与化学生物学方面研究, E-mail: znnxnd2013@163.com

和番茄上,尤其以新疆维吾尔自治区的南疆和东疆地区发生最为普遍,寄生率一般在30%~40%,最高可达100%,严重影响寄主植物的正常生长,例如,会导致甜瓜植株萎蔫,降低甜瓜的产量、品质和含糖量^[5]。1994年,因瓜列当寄生,新疆维吾尔自治区的甜瓜和西瓜产量损失达20%~70%^[6]。

列当种子需要在刺激物质的作用下才能萌发,最早被报道的刺激物质独脚金醇来自于杂草独脚金的非寄主植物棉花^[7]。目前为止,研究发现共有3类植物次生代谢产物能够刺激列当种子萌发,包括脱水高粱内酯、倍半萜内酯和独脚金内酯^[8-10]。列当寄主植物可以分泌诱导列当种子萌发的刺激物质,部分非寄生植物也能分泌类似的刺激物质诱导种子萌发,但列当不能成功寄生,最终导致种子死亡,这类非寄主植物被称为“诱捕作物”。寄主植物分泌的次生代谢物质在土壤中不稳定,有必要在非寄主植物中找到类似的可诱导列当种子萌发的刺激物质,但由于不是所有植物都能刺激寄生杂草种子萌发,所以找到合适的植物材料有非常重要的意义^[11]。Fernnde-Apariciol等^[12]研究了41种经济作物的根系分泌物对9种列当属种子萌发的诱导作

用,发现非寄主植物也具有诱导列当种子“自杀式发芽”的能力。马永清等^[11]研究发现在300多种中草药中仅有一小部分浸提液能够刺激瓜列当和向日葵列当种子发芽;金付平等^[13]研究发现在240种中草药中,有40多种中草药的甲醇浸提液能够刺激小列当种子的萌发。

采用“诱捕作物”诱导列当种子“自杀式发芽”是一种常用于防除杂草列当的方法。新疆维吾尔自治区特色植物对瓜列当种子萌发作用的研究尚未见报道。本研究以新疆维吾尔自治区5种特色非寄生植物为研究对象,测定这些植物的正己烷萃取物、氯仿萃取物和乙酸乙酯萃取物对瓜列当种子萌发的刺激作用,旨在探明这些植物萃取物对瓜列当种子发芽的影响,以期为列当的生态绿色防控提供理论参考。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

椒蒿、窃衣、一枝蒿、香青兰和驱虫斑鸠菊的采集信息,见表1。2019年8月瓜列当种子采集于新疆维吾尔自治区哈密市伊吾县淖毛湖镇。

表1 供试植物采集信息

Table 1 Directory of tested plants

种类 Species	拉丁名 Scientific name	科 Family	采集部位 Parts
椒蒿	<i>Artemisia dracunculus</i> L.	菊科	整株
一枝蒿	<i>Artemisia rupestris</i> L.	菊科	茎
驱虫斑鸠菊	<i>Vernonia anthelmintica</i> (L.) Willd.	菊科	种子
窃衣	<i>Torilis japonica</i>	伞形科	整株
香青兰	<i>Dracocephalum moldavica</i> L.	唇形科	茎

1.2 试验方法

1.2.1 植物萃取物的提取

分别将椒蒿、窃衣、一枝蒿、香青兰和驱虫斑鸠菊植株晒干剪碎后,依次用95%乙醇、75%乙醇和50%乙醇浸泡,旋转蒸发器浓缩后得到乙醇浸提液,乙醇浸提液再经有机溶剂正己烷、氯仿、乙酸乙酯依次萃取,旋转蒸发器浓缩得到相应的正己烷萃取物、氯仿萃取物和乙酸乙酯萃取物,分别收集放入棕色瓶中密封保存,置于4℃冰箱中备用。

1.2.2 列当种子的表面消毒及预培养

选取适量的列当种子装入5 mL的离心管中,

用移液枪向离心管中加入适量的1% NaClO溶液,振动摇匀4 min,静置1 min至沉淀;吸出混合液,在离心管中继续加入蒸馏水冲洗3次;再加入75%的乙醇,振动摇匀4 min,静置1 min至沉淀;吸去上层液体,剩余列当种子继续用蒸馏水冲洗3次后,倒在吸水纸上,晾干备用。在一次性培养皿(直径90 mm,高20 mm)内铺上双层直径为90 mm的定性滤纸,加入适量的蒸馏水浸湿,在滤纸上放入多片适当大小的玻璃纤维滤纸,将消毒过的列当种子均匀地撒在玻璃纤维滤纸(Whatman GF/A)片上,盖上培养皿,封口膜密封培养皿,置于25℃,暗培养4 d。

1.2.3 列当种子发芽试验

用电子天平分别称取不同植物的萃取物 100 mg 于 2.0 mL 离心管中,加入 1.4 mL 甲醇稀释 14 倍,此时浓度为 $7.14 \times 10^4 \mu\text{g/mL}$,用甲醇依次将萃取物稀释成 3.57×10^3 、 1.79×10^2 、8.93、 4.50×10^{-1} 和 $2.20 \times 10^{-2} \mu\text{g/mL}$ 。用打孔器将玻璃纤维滤纸打成直径为 8 mm 的滤纸片,移液枪吸取 6 个浓度的溶液各 40 μL 将滤纸片浸湿,放置干燥,每个浓度 10 次重复。最后在 90 mm 的培养皿中铺上双层定性滤纸,加入蒸馏水浸湿至不漏滴以保持培养皿内湿润。将干燥后的玻璃纤维滤纸片放在定性滤纸上,在显微镜下挑选饱满、大小一致的列当种子,每个玻璃纤维滤纸片上放 25~30 粒种子,盖上培养皿,用 Parafilm 封口膜密封,置于 25 $^{\circ}\text{C}$, 黑暗培养。8 d 后,在显微镜下观察列当种子的发芽情况,种子萌发以发芽管突破种皮为标准,计算种子发芽率。甲醇作为空白对照,适当浓度的独角金内酯(GR24)处理为参比对照。

1.3 数据分析

使用 Microsoft Excel 2010 和 SPSS 19.00 对试验数据进行处理和分析,计算列当种子发芽率,运

用 Duncan's 新复极差法分析 0.05 水平上的差异显著性。

$$\text{发芽率} = \frac{\text{发芽种子数}}{\text{供试种子数}} \times 100\% \quad (1)$$

2 结果与分析

2.1 正己烷萃取物诱导瓜列当种子的发芽率

由表 2 可知,在设置的浓度范围 $2.20 \times 10^{-2} \sim 7.14 \times 10^4 \mu\text{g/mL}$ 内,正己烷萃取物对瓜列当种子发芽率的影响表现为低浓度促进,高浓度抑制。在浓度为 $7.14 \times 10^4 \mu\text{g/mL}$ 时,5 种植物的正己烷萃取物均不能刺激瓜列当种子发芽。不同植物的正己烷萃取物对瓜列当种子萌发的影响不同,驱虫斑鸠菊和香青兰的正己烷萃取物在浓度为 $3.57 \times 10^3 \mu\text{g/mL}$ 时,瓜列当种子发芽率最高,分别为 36.55% 和 28.68%;窃衣的正己烷萃取物在浓度为 $1.79 \times 10^2 \mu\text{g/mL}$ 时,瓜列当种子发芽率最高,为 23.45%;椒蒿的正己烷萃取物在浓度为 8.93 $\mu\text{g/mL}$ 时,瓜列当种子发芽率最高,为 14.10%;一枝蒿的正己烷萃取物活性最弱,在浓度为 8.93 $\mu\text{g/mL}$ 时,发芽率最高仅为 3.93%。

表 2 5 种植物的正己烷萃取物诱导瓜列当种子的萌发率

Table 2 Induction of seed germination of *P. aegyptiaca* by five n-hexane extracts %

质量浓度/ $(\mu\text{g/mL})$ Concentration	香青兰 <i>D. moldavica</i>	窃衣 <i>T. scabra</i>	驱虫斑鸠菊 <i>V. anthelmintica</i>	椒蒿 <i>A. dracunculus</i>	一枝蒿 <i>A. rupestris</i>
7.14×10^4	0	0	0	0	0
3.57×10^3	28.68 \pm 0.88 a	2.37 \pm 0.97 b	36.55 \pm 2.47 a	0	0
1.79×10^2	18.12 \pm 1.01 b	23.45 \pm 8.60 a	18.40 \pm 0.98 b	6.67 \pm 1.33 b	0
8.93 $\times 10^0$	11.20 \pm 2.33 c	3.91 \pm 1.22 b	9.39 \pm 0.98 cd	14.10 \pm 1.30 a	3.93 \pm 0.67 a
4.50×10^{-1}	12.00 \pm 1.26 c	5.38 \pm 0.94 b	11.08 \pm 1.98 c	3.73 \pm 0.33 c	0
2.20×10^{-2}	3.91 \pm 1.22 d	2.40 \pm 0.98 b	5.54 \pm 0.94 d	0	1.33 \pm 1.33 b

注:不同小写字母表示在 0.05 水平上有显著差异。下同。

Notes: Different letters represent significant differences at $P < 0.05$. The same below.

2.2 氯仿萃取物诱导瓜列当种子的发芽率

由表 3 可知,在浓度为 $7.14 \times 10^4 \mu\text{g/mL}$ 时,5 种供试植物的氯仿萃取物均不能刺激瓜列当种子发芽。在浓度为 $3.57 \times 10^3 \mu\text{g/mL}$ 时,窃衣的氯仿萃取物能够刺激瓜列当种子发芽,但活性较弱,种子发芽率仅为 8.71%。在低浓度范围内,5 种植物的氯仿萃取物对瓜列当种子萌发有诱导作用,诱导活性由高到低为:椒蒿 > 窃衣 > 香青兰 > 驱虫斑鸠

菊 > 一枝蒿。椒蒿的氯仿萃取物在浓度为 $2.20 \times 10^{-2} \mu\text{g/mL}$ 时,瓜列当种子发芽率最高,可达 99.20%;窃衣的氯仿萃取物在浓度为 8.93 $\mu\text{g/mL}$ 时,瓜列当种子发芽率最高,为 74.61%;香青兰和驱虫斑鸠菊的氯仿萃取物在浓度为 $1.79 \times 10^2 \mu\text{g/mL}$ 时,瓜列当种子发芽率最高,分别为 30.22% 和 24.72%;一枝蒿的氯仿萃取物在浓度为 $2.20 \times 10^{-2} \mu\text{g/mL}$ 时,种子发芽率最高,为 23.08%。

表 3 5 种植物的氯仿萃取物诱导瓜列当种子的发芽率

Table 3 Induction of seed germination of *P. aegyptiaca* by five chloroform extracts %

质量浓度/($\mu\text{g}/\text{mL}$) Concentration	椒蒿 <i>A. dracunculus</i>	窃衣 <i>T. scabra</i>	香青兰 <i>D. moldavica</i>	驱虫斑鸠菊 <i>V. anthelmintica</i>	一枝蒿 <i>A. rupestris</i>
7.14×10^4	0	0	0	0	0
3.57×10^3	0	8.71 ± 0.71 d	0	0	0.80 ± 0.80 c
1.79×10^2	34.36 ± 1.26 c	20.43 ± 4.17 c	30.22 ± 0.55 a	24.72 ± 2.76 a	20.12 ± 7.49 a
8.93×10^0	74.00 ± 1.63 b	74.61 ± 1.54 a	7.69 ± 0.00 bc	9.23 ± 1.39 b	11.94 ± 2.55 b
4.50×10^{-1}	71.48 ± 2.47 b	68.43 ± 3.25 a	10.12 ± 1.65 b	7.80 ± 2.32 b	17.69 ± 4.49 a
2.20×10^{-2}	99.20 ± 0.80 a	39.17 ± 3.68 b	6.10 ± 2.60 c	11.40 ± 2.25 b	23.08 ± 5.01 a

2.3 乙酸乙酯萃取物诱导瓜列当种子的发芽率

由表 4 可知,相比于同一种植物的正己烷部分

和氯仿部分的种子萌发率可知,乙酸乙酯萃取物的生物活性较低,瓜列当种子的发芽率<15.00%。

表 4 5 种植物的乙酸乙酯萃取物诱导瓜列当种子的发芽率

Table 4 Induction of seed germination of *P. aegyptiaca* by five ethyl acetate extracts %

质量浓度/($\mu\text{g}/\text{mL}$) Concentration	窃衣 <i>T. scabra</i>	椒蒿 <i>A. dracunculus</i>	一枝蒿 <i>A. rupestris</i>	香青兰 <i>D. moldavica</i>	驱虫斑鸠菊 <i>V. anthelmintica</i>
7.14×10^4	0	0	0	0	0
3.57×10^3	0	0	6.90 ± 3.46 a	5.79 ± 3.12	0
1.79×10^2	0	0	1.33 ± 1.33 ab	0	3.01 ± 0.18 a
8.93×10^0	11.83 ± 3.68 a	9.07 ± 5.57 a	2.56 ± 2.56 ab	0	2.07 ± 0.07 b
4.50×10^{-1}	14.67 ± 5.81 a	2.67 ± 1.34 a	3.56 ± 1.94 ab	0	2.13 ± 0.09 b
2.20×10^{-2}	7.70 ± 2.05 ab	10.27 ± 6.79 a	2.34 ± 1.17 ab	0	0

3 讨论与结论

在我国的中草药中仅有一小部分中草药的浸提液能够刺激列当种子发芽,说明除寄主植物外,能够刺激列当种子萌发的非寄主植物比较少^[14]。本实验室在前期测定了多种非寄主植物的生物活性,仅筛选出 5 种具有刺激列当种子萌发物质的植物(诱导瓜列当发芽率 $\geq 20\%$):椒蒿、香青兰、一枝蒿、驱虫斑鸠菊和窃衣。对于同一种植物而言,氯仿萃取物刺激瓜列当种子萌发的活性最高,次之为正己烷萃取物,活性最弱的是乙酸乙酯萃取物,说明能够刺激列当种子发芽的物质可能不止一种,且活性不一致。植物体内的成分复杂多样,刺激列当种子萌发的化感物质究竟是单一的化学成分,还是多种化学成分同时在起作用,这有待于进一步研究。

马永清等^[11]研究了 606 种传统中草药浸提液

对瓜列当种子萌发率的影响,结果显示只有 21 种中草药的甲醇浸提液能够刺激瓜列当种子萌发,其中,胖大海(*Sterculia scaphigera* Wall.)的甲醇浸提液原液刺激瓜列当种子的发芽率最高,为 69.60%;金线草(*Antenoron filiforme*)的甲醇浸提液稀释 100 倍后处理瓜列当种子的发芽率为 66.40%,而其他中草药都低于 60%。本试验中椒蒿氯仿萃取物在浓度为 2.20×10^{-2} 时对瓜列当种子萌发的诱导作用最强,瓜列当种子萌发率高达 99.20%,显著优于胖大海和金线草。因此,椒蒿是一种具有潜力的诱捕作物。

诱捕作物的应用可分为 2 个方面,一是采用轮作或间作的模式将诱捕作物种植于列当侵染严重的作物田中,通过诱捕作物分泌的可诱导列当种子萌发的刺激物诱导土壤中列当种子的“自杀式发芽”;二是以活性追踪为指导分离纯化并鉴定种子萌发刺

激物质,如从黄飞蓬(*Dittrichia viscosa*)植物中提取出的菊苣素 D 和 E 对向日葵列当种子萌发具有较好的诱导活性^[15];或以活性化感物质为模板,合成生物除草剂,如以赤霉素和贝壳烯酸为支架,附加在寄生杂草种子萌发过程中起重要作用的 D 环,合成独角金内酯模拟物,其中一些模拟物的活性与 GR24 相当^[16]。

本研究结果表明,椒蒿氯仿提取物具有能够诱导列当种子“自杀式发芽”的物质,对于消减土壤中的列当种子库,减少列当侵染具有重要的意义。但椒蒿在田间的诱捕效果以及诱导瓜列当种子萌发的关键活性物质暂不明确,值得进一步研究。

参考文献 References

- [1] 马永清,董淑琦,任祥祥,安雨,郎明. 列当杂草及其防控措施展望[J]. 中国生物防治学报, 2012, 28(1): 133-138
Ma Y Q, Dong S Q, Ren X X, An Y, Lang M. Parasitic weed *Orobanch* spp and perspective of its control methods[J]. *Chinese Journal of Biological Control*, 2012, 28(1): 133-138 (in Chinese)
- [2] Fernández-Aparicio M, Rubiales D. Differential response of pea (*Pisum sativum*) to *Orobanch crenata*, *Orobanch foetida* and *Phelipanche aegyptiaca* [J]. *Crop Protection*, 2012, 31(1): 27-30
- [3] 宋文坚,曹栋栋,金宗来,周伟军. 我国主要根寄生杂草列当的寄主危害及防治对策[J]. 植物检疫, 2005, 19(4): 230-232
Song W J, Cao D D, Jin Z L, Zhou W J. Host harm and control strategy of main root parasitic weeds in China[J]. *Plant Quarantine*, 2005, 19(4): 230-232 (in Chinese)
- [4] 方黎. 新疆农田常见的两种寄生性列当[J]. 新疆农业科技, 2013(5): 8
Fang L. Two common parasitic *Orobanch* in Xinjiang farmland[J]. *Xinjiang Agricultural Science and Technology*, 2013(5): 8 (in Chinese)
- [5] 吴海荣,强胜. 检疫杂草列当(*Orobanch* L)[J]. 杂草科学, 2006, 24(2): 58-60
Wu H R, Qiang S. *Orobanch* L of quarantine weeds[J]. *Weed Science*, 2006, 24(2): 58-60 (in Chinese)
- [6] Parker C. Observations on the current status of *Orobanch* and *Striga* problems worldwide [J]. *Pest Management Science*, 2009, 65(5): 453-459
- [7] Cook C E, Whichard L P, Wall M E, Egley G H, Coggon P, Luhan P A, Mcphail A T. Germination stimulants II structure of strigol, a potent seed germination stimulant for witchweed (*Striga lutea*) [J]. *Journal of the American Chemical Society*, 2002, 94(17): 6198-6199
- [8] Harro B. Can witchweed be wiped out? [J]. *Science*, 2018, 362(6420): 1248-1249
- [9] Wigchert S C, Zwanenburg B. A critical account on the inception of *Striga* seed germination [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1999, 47(4): 1320-1325
- [10] Xie X N, Kusumoto D, Takeuchi Y, Yoneyama K, Yamada Y, Yoneyama K. 2'-Epi-orobanchol and solanacol, two unique strigolactones, germination stimulants for root parasitic weeds, produced by tobacco[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2007, 55(20): 8067-8072
- [11] 马永清,张维,董淑琦,任祥祥,安雨,郎明. 传统中草药浸提液对 3 种列当种子萌发的诱导作用[J]. 中国科学: 生命科学, 2012, 42(4): 304-315
Ma Y Q, Zhang W, Dong S Q, Ren X X, An Y, Lang M. Induction of seed germination in *Orobanch* spp by extracts of traditional Chinese medicinal herbs [J]. *Science China Life Sciences*, 2012, 42(4): 304-315 (in Chinese)
- [12] Fernández-Aparicio M, Flores F, Rubiales D. Recognition of root exudates by seeds of broomrape (*Orobanch* and *Phelipanche*) species[J]. *Annals of Botany*, 2009, 103(3): 423-431
- [13] 金付平, 华国辉, 马永清, 王德胜, 袁翠萍. 中草药浸提液对小列当种子发芽的影响 [J]. 西北植物学报, 2008, 28(4): 4777-4783
Jin F P, Hua G H, Ma Y Q, Wang D S, Yuan C P. Effect of traditional Chinese medicinal herb extracts on *Orobanch minor* seed germination [J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2008, 28(4): 4777-4783 (in Chinese)
- [14] 贾雪婷, 马永清, 田丰, 安雨. 青藏地区中草药浸提液诱导瓜列当和向日葵列当种子萌发的研究 [J]. 中国农业大学学报, 2016, 21(2): 82-92
Jia X T, Ma Y Q, Tian F, An Y. Study on Chinese medicinal herbs in Qinghai-Tibet inducing germination of *Orobanch cumana* Wallr and *Phelipanche aegyptiaca* Pers seed [J]. *Journal of China Agricultural University*, 2016, 21(2): 82-92 (in Chinese)
- [15] Masi M, Fernández-Aparicio M, Zatout R, Boari A, Cimmino A, Evidente A. Inuloxin E, a new seco-eudesmanolide isolated from *Dittrichia viscosa*, stimulating *Orobanch cumana* seed germination [J/OL]. *Molecules*, [2019-12-30]. DOI: 10.3390/molecules24193479
- [16] Pereira R G, Cala A, Fernández-Aparicio M, Molinillo J M, Boaventur M A, Macías F A. Gibberellic and kaurenoic hybrid strigolactone mimics for seed germination of parasitic weeds [J]. *Pest Management Science*, 2017, 73(12): 2529-2537

责任编辑: 吕晓梅