



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102523785 A

(43) 申请公布日 2012.07.04

(21) 申请号 201210016548.6

(22) 申请日 2012.01.19

(71) 申请人 南京农业大学

地址 210095 江苏省南京市玄武区卫岗1号

(72) 发明人 强胜 张峥 李儒海

(74) 专利代理机构 南京汇盛专利商标事务所

(普通合伙) 32238

代理人 张立荣

(51) Int. Cl.

A01C 1/00 (2006.01)

权利要求书 1 页 说明书 6 页

(54) 发明名称

藏红 T 在种子染色标记示踪方面的应用

(57) 摘要

本发明公开了藏红 T 在种子染色标记示踪方面的应用。本发明采用藏红 T 进行种子染色标记，对种子无害，不影响种子的活性，且染色效果持久。可应用于研究农田生态系统、河流湖泊生态系统、草原生态系统、森林生态系统等多种生态系统中植物种子传播和种子库的研究。

1. 藏红 T 在种子染色标记示踪方面的应用。

2. 根据权利要求 1 所述的藏红 T 在种子染色标记示踪方面的应用,其特征在於:包括以下步骤:

(1)制备藏红 T 染色液:取藏红 T 或藏红 T 及乙醇,加水,混合均匀,使藏红 T 充分溶解,制备藏红 T 染色液;所述藏红 T 染色液中藏红 T 的重量百分浓度为 0.5 ~ 5%,乙醇的体积百分浓度为 0 ~ 70%;

(2)种子染色标记:在植物种子成熟脱落前,取步骤(1)中制备的藏红 T 染色液,在植株的原位喷施或反复涂刷藏红 T 染色液于植物种子上,直至种子被染成红色。

3. 根据权利要求 1 所述的藏红 T 在种子染色标记示踪方面的应用,其特征在於:包括以下步骤:

(1)制备藏红 T 染色液:取藏红 T 或藏红 T 及乙醇,加水,混合均匀,使藏红 T 充分溶解,制备藏红 T 染色液;所述藏红 T 染色液中藏红 T 的重量百分浓度为 0.5 ~ 5%,乙醇的体积百分浓度为 0 ~ 70%;

(2)种子染色标记:采集成熟的植物种子,室内自然风干后,置于步骤(1)中制备的藏红 T 染色液中浸泡 0.5 ~ 5 小时,然后捞出沥干染色液,室内风干后植物种子即被染为红色。

4. 根据权利要求 1 至 3 任一所述的藏红 T 在种子染色标记示踪方面的应用,其特征在於:所述种子来源于农田杂草、森林树木、沼生或水生植物。

5. 根据权利要求 4 所述的藏红 T 在种子染色标记示踪方面的应用,其特征在於:所述种子来源于禾本科、石竹科、毛茛科、藜科、玄参科、柳叶菜科、菊科、苋科、锦葵科、唇形科、茜草科、十字花科、莎草科、海桐花科、木兰科、黄杨科、榆科、椴树科、槭树科、胡桃科、蔷薇科、大戟科、千屈菜科或伞形科植物。

## 藏红 T 在种子染色标记示踪方面的应用

### 技术领域

[0001] 本发明涉及藏红 T 的一种新用途,具体涉及藏红 T 应用于种子染色标记示踪。

### 背景技术

[0002] 种子传播、扩散等将母株生殖周期的末端与它们后代种群的建立连结了起来,现在已广泛认为其对植被结构具有深刻的影响。种子传播对植物种群、群落和生态系统生物学具有很多意义,它不仅影响种群的动态和持续生长,遗传区化,影响生物间的相互作用,还能改变物种的丰富度和分布,进而对群落的结构产生影响。而且,种子传播对农业生态系统中的杂草区系也具有十分重要的意义。研究各种媒介对植物种子的传播、扩散的影响一般采用植物调查种子库数量和空间分布动态或用小球模拟的方法。这些方法能够定性地揭示各种传播途径对植物种子的传播作用和对植物种子库空间动态的影响,不能确定杂草植物种子的传播比例,也难以将植物种子传播与各个生态系统中的群落连结起来。首要的原因是,种子传播循环是复杂的:在种子产生和新一代成株形成之间有很多中间步骤和过程;另一个原因是,种子传播难以跟踪,研究者很难跟踪母株产生的种子传播到新的地方,因而也难以确定它们的命运。近年来,一些新技术和方法的应用,将传播的种子进行标记示踪,在将种子和幼苗与母株对应方面显示了很好的前景。这些标记示踪技术包括:放射性同位素标记法、荧光染料标记法、稳定同位素分析和分子遗传标记等。使用这些方法并成功标记往往需要较大粒的、含有丰富胚乳的种子,且这些被标记种子的检测需要特殊的仪器和较为复杂的操作,使用不方便,费时费工,其中荧光染料标记法和放射性同位素更是存在安全性和环境污染问题,另外,这些方法的花费都较昂贵,因而它们的应用范围受到限制。

### 发明内容

[0003] 本发明的目的是为了解决现有技术中存在的缺陷,提供一种采用藏红 T 进行种子染色标记示踪的方法。

[0004] 为了达到上述目的,本发明提供了一种藏红 T 在种子染色标记示踪方面的应用。藏红 T 在用于未成熟脱落的种子染色时,包括以下步骤:

(1)制备藏红 T 染色液:取藏红 T 或藏红 T 及乙醇,加水,混合均匀,使藏红 T 充分溶解,制备藏红 T 染色液;所述藏红 T 染色液中藏红 T 的重量百分浓度为 0.5 ~ 5%,乙醇的体积百分浓度为 0 ~ 70%;

(2)种子染色标记:在植物种子成熟脱落前,取步骤(1)中制备的藏红 T 染色液,在植株的原位喷施或反复涂刷藏红 T 染色液于植物种子上,直至种子被染成红色。

[0005] 藏红 T 在用于成熟的种子染色时,包括以下步骤:

(1)制备藏红 T 染色液:取藏红 T 或藏红 T 及乙醇,加水,混合均匀,使藏红 T 充分溶解,制备藏红 T 染色液;所述藏红 T 染色液中藏红 T 的重量百分浓度为 0.5 ~ 5%,乙醇的体积百分浓度为 0 ~ 70%;

(2)种子染色标记:采集成熟的植物种子,室内自然风干后,置于步骤(1)中制备的藏

红 T 染色液中浸泡 0.5 ~ 5 小时,然后捞出沥干染色液,室内风干后植物种子即被染为红色。

[0006] 其中,用于染色的种子来源于农田杂草、森林树木、沼生或水生植物,具体来源于以下植物:禾本科如日本看麦娘、看麦娘、茵草、杂草稻、野燕麦、双穗雀稗、稗、长芒稗、马唐、大狗尾草、狗尾草、狼尾草、狗牙根、老芒麦、黑麦草、结缕草、棒头草、长芒棒头草、耿氏硬草、雀麦、早熟禾、鹅观草、芒稷、荻、芦苇、荻草、剪股颖、杂草稻,石竹科如牛繁缕、粘毛卷耳,蓼科如羊蹄、齿果酸模、柳叶蓼,毛茛科如石龙芮、茵茵蒜,藜科如小藜,玄参科如通泉草、马先蒿、波斯婆婆纳、直立婆婆纳、婆婆纳、北水苦苣,柳叶菜科如丁香蓼,菊科如稻槎菜、苦苣菜、野艾蒿、泥胡菜、苍耳、加拿大一枝黄花、小蓬草、苏门白酒草、杓儿菜、一年蓬,苋科如反枝苋、牛膝,锦葵科如苘麻,唇形科如宝盖草,茜草科如猪殃殃,十字花科如遏蓝菜、荠菜,莎草科如蔗草、牛毛毡、青绿苔草、球穗扁莎、水虱草、水蜈蚣、异型莎草,海桐花科如海桐,木兰科如含笑,黄杨科如小叶黄杨,榆科如榆树,椴树科如椴树,槭树科如三角枫、五角枫、鸡爪槭,胡桃科如青钱柳、枫杨,蔷薇科如委陵菜;朝天委陵菜,大戟科如地锦、大地锦、斑地锦,千屈菜科如节节菜,伞形科如蛇床等。

[0007] 本发明相比现有技术具有以下优点:藏红 T 又叫番红 O,是从藏红花柱头中提取的一种天然染色剂。采用藏红 T 进行种子染色标记,对种子无害,不影响种子的活性,且染色效果持久。利用本发明对种子进行染色标记操作简单,成本低,无污染。可应用于研究农田生态系统、河流湖泊生态系统、森林生态系统等多种生态系统中植物种子传播和种子库的研究。

## 具体实施方式

[0008] 下面结合实例对本发明做进一步详细说明。

### [0009] 实施例 1

在茵草子实成熟脱落前(5月底)使用藏红 T 染色液对麦田中茵草植株的种子进行原位染色标记,染色时使用软毛刷蘸藏红 T 染色液对茵草种子反复进行涂刷,直至将原本淡黄色的茵草种子染均匀染至红色。

### [0010] 实施例 2

1. 在夏熟杂草种子成熟期,采集小麦田杂草茵草(*Beckmannia syzigachne*)、日本看麦娘(*Alopecurus japonicus*)的成熟子实,室内自然风干后,用藏红 T 染色液浸泡 2 小时后捞出,放在室内风干。原本淡黄色的茵草、日本看麦娘子实被染为红色。

### [0011] 2. 被标记前后杂草种子的重量、萌发率比较和漂浮能力的比较

种子重量的测定:称量草种子被标记前后的千粒重,重复 5 次。

[0012] 种子萌发率测定:将直径 10 cm 的滤纸铺在相同直径的培养皿中,用水浸湿滤纸,然后分别将 100 粒未标记和染色标记的杂草种子均匀放在滤纸上,加盖,5 次重复,放在 20±1℃,光:暗=12:12 的植物培养箱中。整个实验期间保持滤纸湿润。每 2 天计数一次萌发的杂草种子数量,直至杂草种子不再萌发为止。

[0013] 染色后的茵草和日本看麦娘种子比未染色的重量均稍微增加,但差异不显著(表 1),表明染色处理仅稍微增加了这两种杂草种子的重量,不会改变它们的漂浮特性。染色后的茵草、日本看麦娘种子的萌发率比未染色的稍微降低,差异不显著(表 1),表明染色对这

两种杂草种子的萌发率没有显著影响,即染色不损害它们的活力,染色液安全。

[0014] 表 1 蔺草、日本看麦娘种子染色前后重量及萌发率比较

指标	蔺草		日本看麦娘	
	未染色	染色	未染色	染色
100 粒重量 (mg)±SE	100.22±2.72 a	100.86±2.11 a	162.56±1.26 a	162.80±2.92 a
萌发率 (%)±SE	82.80±3.11 a	81.20±2.17 a	85.00±2.24 a	83.40±2.07 a

注:平均值后的字母相同表示在 0.05 水平上差异不显著。

[0015] 实施例 3

制备不同浓度的藏红 T 染色液:分别取藏红 T 0.5g、1g、2g、3g、4g、5g 加入到 50% 体积百分浓度的 100ml 乙醇溶液中,混合均匀,使藏红 T 充分溶解,制备成藏红 T 染色液。分别将蔺草种子浸泡于不同的藏红 T 染色液中,1 小时后捞出,放在室内自然干燥后,原本淡色的蔺草种子被染为红色,并比较蔺草种子染色前后的发芽率变化。

[0016] 制备不同乙醇浓度的 1% 藏红 T 染色液:取藏红 T 1g,分别加入体积百分浓度为 0%、10%、20%、30%、40%、50%、60%、70% 的 100ml 乙醇溶液,混合均匀,使藏红 T 充分溶解,制备成藏红 T 染色液。分别将蔺草种子浸泡于不同的藏红 T 染色液中,1 小时后捞出,放在室内自然干燥后,原本淡色的蔺草种子被染为红色,并比较蔺草种子染色前后的发芽率变化。

[0017] 发芽率测定时,将蔺草种子分散置于装有湿润滤纸的平皿中,每个平板 50 粒种子,5 次重复,将平皿放在 20±1℃,光:暗=12:12 的植物培养箱中。整个实验期间保持滤纸湿润。每 2 天计数一次萌发的蔺草种子数量,直至种子不再萌发为止。

[0018] 表 2 使用不同浓度藏红 T 染色的蔺草种子的萌发率比较

	水溶液配制	50%百分浓度乙醇配制					
	藏红 T 浓度 (%)	0	0.5	1	2	3	4
蔺草萌发率 (%)	83.6±3.0a	84.0±2.7a	81.2±1.8a	80.0±2.3a	79.4±3.4a	83.6±1.9a	80.4±1.9a

注:平均值(±SE)后的字母相同表示在 0.05 水平上差异不显著。

[0019] 表 3 使用不同百分浓度乙醇配制的藏红 T 染色的蔺草种子的萌发率比较

乙醇百分浓度 (%)	1%的藏红 T 染色液							
	0	10	20	30	40	50	60	70
蔺草萌发率 (%)	81.6±2.4a	82.4±2.4a	83.2±2.7a	80.0±1.8a	82.4±1.4a	82.40±1.6a	77.8±1.5a	75.4±1.8a

注:平均值(±SE)后的字母相同表示在 0.05 水平上差异不显著。

[0020] 使用不同浓度的藏红 T 染色液染色后蔺草的发芽率为没有显著性差异,说明 0.5%–5% 的藏红 T 都可以用于蔺草染色,且染色后不影响蔺草的发芽(表 2)。

[0021] 使用不同浓度乙醇配制的 1% 藏红 T 染色液染色后蔺草的发芽率为没有显著性差异,说明水,或体积百分浓度不高于 70% 的乙醇都可以用于染色液的配制(表 3)。

[0022] 实施例 4

秋季在农田采集成熟的杂草稻种子,晒干后,将种子用藏红 T 染色液浸泡 1 小时后捞出,放在室内自然干燥后,原本淡色杂草稻种子被染为红色。种子干燥后比较杂草稻种子染色前后的发芽率变化。另外将染色的杂草稻种子分别埋入稻田 5cm、10 cm、15cm 土壤中,1 年后观察染色杂草稻种子的颜色变化。

[0023] 发芽率测定时,将杂草稻种子分散置于装有湿润滤纸的平皿中,每个平板 50 粒种子,5 次重复,将平皿放在  $20 \pm 1^\circ\text{C}$ ,光:暗=12:12 的植物培养箱中。整个实验期间保持滤纸湿润。每 2 天计数一次萌发的杂草种子数量,直至杂草稻种子不再萌发为止。

[0024] 最终,杂草稻染色前的发芽率为  $76.2 \pm 9.5\%$ ,使用藏红 T 染色液染色后的发芽率为  $74.8 \pm 10.4\%$ ,染色前后的杂草稻发芽率无显著性差异,说明藏红 T 染色液对杂草稻种子安全性好,不影响其发芽出苗。实验发现,藏红 T 染色的杂草稻种子在埋入稻田 5cm、10 cm、15cm 土壤中 12 个月后所染红色均清晰可辨,说明此染色能持久保持。

#### [0025] 实施例 5

收集在秋季成熟脱落后掉入事先设置的网兜中的椴树翅果,将翅果用藏红 T 染色液浸泡 3 小时后捞出,放在室内自然干燥后,榆树种子和果翅均被染为红色,并比较榆树种子染色前后的发芽率变化。

[0026] 发芽率测定时,将榆树染色前后的种子分别分散置于装有湿润滤纸的平皿中,每皿 25 粒,4 次重复,将平皿放在  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ,光:暗=12:12 的植物培养箱中。整个实验期间保持滤纸湿润。以胚根突破种皮 1mm 作为种子发芽标准,发芽过程中每天观察记录,注意保持滤纸湿润,直到连续 2 d 没有新种子发芽时视为发芽结束,统计染色前后的发芽种子数,计算发芽率、发芽指数。计算公式如下:

$$\text{发芽率 } (G) = \text{种子总发芽数} / \text{供试种子数} \times 100 \%$$

$$\text{发芽指数 } (G_i) = \sum (G_t / D_t)$$

其中:  $G_t$  — 在时间  $t$  的发芽率;  $D_t$  — 相应的发芽天数

染色前后榆树种子发芽高峰均在 2-4 天时,整个发芽过程持续了约 15 天,染色前的发芽率为  $89 \pm 9.5\%$ ,发芽指数  $6.2 \pm 1.4\%$ ;使用藏红 T 染色液染色后的发芽率为  $84 \pm 3.3\%$ ,发芽指数  $5.7 \pm 0.6\%$ ,染色前后的榆树种子发芽率、发芽指数均无显著性差异,说明藏红 T 染色液对榆树种子安全性好,不影响其发芽出苗。

#### [0027] 实施例 6

在秋季采集成熟的沼生马先蒿种子,自然风干后将种子用藏红 T 染色液浸泡 1 小时后捞出,放在室内自然干燥后种子即被染为红色。比较沼生马先蒿种子染色前后的发芽率变化。

[0028] 发芽率测定时,将沼生马先蒿种子分散置于装有湿润滤纸的平皿中,每个平板 50 粒种子,5 次重复,将平皿放在  $20 \pm 1^\circ\text{C}$ ,光:暗=12:12 的植物培养箱中。整个实验期间保持滤纸湿润。每 2 天计数一次萌发的杂草种子数量,直至沼生马先蒿种子不再萌发为止分别统计染色前后的发芽种子数,计算发芽率。

[0029] 染色前沼生马先蒿种子的发芽率为  $69 \pm 7.8\%$ ,使用藏红 T 染色液染色后的发芽率为  $65 \pm 8.2\%$ ,染色前后的榆树沼生马先蒿种子发芽率无显著性差异,说明藏红 T 染色液对沼生马先蒿种子安全性好,不影响其发芽出苗。

#### [0030] 实施例 6

在春夏之交或秋季采集成熟的下表子实(果实和种子),自然风干后将子实用藏红 T 染色液浸泡 1 小时后捞出,放在室内自然干燥后种子即被染为红色。

[0031] 将染色和没有染色的种子分别埋藏于水稻田 10cm 深的土壤中,稻田中保持 5cm 水深,在埋藏 30 天、90 天、150 天后,每种类染色和非染色的种子分别挖出 20 粒以上观察记录种子颜色的变化情况。种子挖出清洗后在  $30 \pm 2^{\circ}\text{C}$  干燥箱内干燥 10-15 天后,若肉眼能分别出染色和非染色的种子的区别,则每种取 5 粒种子在同一条件下对这些种子进行拍照,然后使用 Adobe Photoshop 6.0 软件对种子的颜色进行分析判别。

[0032] 由表 4 可知,埋藏 30 天时所有表中的染色的杂草种子都清晰可辨,埋藏 90 天时只有极少数的杂草种子褪色,埋藏 150 天后仍然有一半以上的种子染色和非染色的可以清楚的区别开。

[0033] 表 4 . 染色的植物种子的颜色随埋藏时间的变化

种类	种子 (果实)	红色敏感性							
		不埋藏		埋藏后 30 天		埋藏后 90 天		埋藏后 150 天	
		染色	褪色	染色	褪色	染色	褪色	染色	褪色
蒴草	颖果	210.5±5.5a	118.1±8.0b	191.5±8.5a	106.3±6.1b	178.8±9.0a	106.1±6.4b	157.4±8.8a	87.3±6.4b
日本看麦娘	颖果	201.3±7.6a	110.1±5.3b	193.8±9.6a	104.5±7.8b	183.9±8.9a	94.2±6.7b	160.2±9.8a	79.4±9.6b
棒头草	颖果	175.5±6.1a	103.8±5.0b	152.9±5.1a	96.2±6.1b	159.1±8.4a	89.8±5.6b	136.2±8.9a	71.3±5.3b
长芒棒头草	颖果	180.1±6.5a	105.9±5.5b	152.4±7.1a	99.3±6.3b	135.3±5.5a	89.8±7.7b	127.5±8.7a	70.5±4.4b
野燕麦	颖果	207.0±6.0a	113.4±6.7b	169.4±3.4a	104.3±5.4b	156.3±10.0a	92.3±8.6b	144.4±5.0a	83.3±10.6b
狄氏硬草	颖果	207.5±4.5a	102.9±4.8b	184.6±8.1a	102.6±4.9b	162.2±10.2a	94.0±5.6b	126.8±7.6a	78.4±3.6b
雀麦	颖果	206.3±13.2a	102.5±6.7b	184.3±5.9a	99.6±5.9b	139.3±6.4a	90.4±6.7b	-	-
早熟禾	颖果	181.3±6.6a	111.5±5.0b	155.9±6.2a	104.2±5.8b	139.2±6.6a	95.3±5.7b	-	-
鹧鸪草	颖果	193.9±5.1a	117.8±7.1b	179.0±6.9a	104.3±4.9b	163.1±5.2a	93.9±3.6b	-	-
看麦娘	颖果	205.0±12.0a	110.0±5.6b	179.5±4.7a	102.4±3.9b	159.8±5.5a	98.0±5.4b	148.4±8.5a	82.3±4.5b
稗	颖果	201.7±5.4a	111.9±7.1b	182.0±4.2a	109.8±5.2b	161.3±6.6a	97.8±4.3b	-	-
长芒稗	颖果	196.6±5.9a	103.3±7.7b	171.0±4.2a	95.0±4.0b	160.3±8.8a	91.3±2.4b	133.1±3.9a	84.6±2.5b
芒稗	颖果	188.5±6.2a	110.3±6.3b	169.3±3.7a	99.0±4.1b	158.2±2.5a	90.8±2.0b	137.8±3.8a	81.2±2.0b
大狗尾草	颖果	196.3±11.6a	109.8±4.2b	169.0±5.6a	96.4±3.6b	153.1±4.3a	93.7±1.8b	131.7±4.4a	81.9±1.1b
狗尾草	颖果	196.6±6.6a	109.4±6.3b	166.0±5.5a	98.9±4.6b	149.6±7.4a	96.7±1.5b	133.9±1.6a	83.3±2.3b
荻	颖果	200.8±10.7a	110.6±2.8b	184.0±4.0a	101.0±3.1b	169.4±2.2a	92.9±1.0b	155.7±6.1a	85.5±2.8b
狼尾草	颖果	173.5±4.5a	106.5±5.5b	151.0±5.8a	89.1±2.9b	-	-	-	-
芦苇	颖果	188.6±4.3a	107.8±3.4b	158.4±4.9a	98.7±3.0b	147.5±5.2a	92.8±2.0b	131.7±3.0a	84.3±3.3b
马唐	颖果	199.5±7.8a	114.3±7.5b	181.0±3.3a	106.1±3.5b	142.3±3.9a	94.6±2.5b	-	-
双穗雀稗	颖果	196.6±10.9a	108.6±6.8b	185.0±3.8a	100.9±5.7b	158.8±2.7a	97.8±2.2b	134.2±4.4a	88.4±1.6b
厚草	颖果	197.9±6.2a	116.7±6.3b	152.4±4.2a	99.8±6.3b	-	-	-	-
假股綫	颖果	191.2±9.2a	110.7±7.8b	179.3±6.6a	100.9±5.7b	155.1±5.8a	95.4±2.2b	135.4±3.3a	86.9±5.3b
杂草稻	颖果	205.3±2.2a	116.3±4.3b	180.2±3.5a	112.3±3.8b	149.2±5.5a	98.2±3.2b	138.3±5.5a	89.2±4.3b
苍耳	瘦果	183.8±7.9a	102.9±6.0b	152.7±4.4a	96.4±5.1b	143.3±2.2a	90.6±3.9b	132.6±3.5a	87.6±1.4b
加拿大一枝 黄花	瘦果	188.7±5.5a	107.1±3.2b	159.3±5.1a	97.6±1.2b	131.7±2.2a	89.6±1.5b	-	-
小蓬草	瘦果	192.3±2.2a	104.5±2.3b	169.2±4.1a	94.4±2.3b	156.5±6.6a	84.4±2.3b	124.6±2.2a	76.3±2.6b
苏门白酒草	瘦果	183.9±5.7a	103.6±4.0b	153.8±3.3a	92.2±1.6b	139.3±3.9a	78.8±3.4b	-	-
烟管头草	瘦果	192.6±2.4a	103.5±2.5b	158.9±2.4a	85.5±2.2b	138.1±2.5a	85.2±1.7b	121.8±2.3a	73.8±1.4b
一年蓬	瘦果	188.0±4.6a	102.9±4.2b	161.3±3.1a	87.4±2.2b	140.7±2.2a	78.0±2.6b	-	-
牛毛毡	小坚果	183.6±6.6a	104.5±2.5b	158.2±3.5a	86.8±1.3b	136.9±1.7a	76.4±0.5b	-	-
喜绿苔草	小坚果	202.6±4.9a	103.1±2.4b	176.4±3.6a	94.9±2.2b	155.8±2.0a	87.1±1.4b	138.2±2.5a	77.1±2.1b
球穗扁莎	小坚果	198.2±10.0a	104.0±2.9b	163.3±2.9a	92.5±2.2b	147.3±2.5a	83.8±2.7b	127.4±5.5a	77.5±2.7b
水虱草	小坚果	161.1±3.8a	95.0±1.5b	129.6±5.6a	83.4±2.0b	-	-	-	-
水蜈蚣	小坚果	183.3±6.3a	102.5±4.8b	163.1±6.6a	95.0±1.5b	146.2±4.4a	86.6±1.9b	-	-
异型莎草	小坚果	203.2±5.7a	106.3±2.7b	183.3±3.9a	96.3±1.7b	158.1±1.9a	86.5±2.2b	148.5±4.5a	77.0±2.2b
大地锦	蒴果	159.0±4.3a	103.3±4.0b	147.1±6.3a	93.7±2.9b	-	-	-	-
地锦	蒴果	186.4±5.2a	103.8±2.0b	158.6±3.4a	96.6±1.2b	146.0±2.6a	85.0±1.4b	128.4±4.4a	77.0±2.0b
斑地锦	蒴果	184.7±5.0a	100.2±2.8b	154.9±3.4a	96.8±1.5b	139.3±1.4a	83.1±1.3b	128.9±2.4a	77.3±1.2b
波斯婆婆纳	蒴果	182.7±2.3a	104.0±2.7b	152.0±2.9a	87.8±1.9b	119.3±3.8a	77.4±1.7b	-	-
直立婆婆纳	蒴果	182.3±3.2a	103.5±2.4b	149.9±7.0a	86.7±1.6b	125.4±1.5a	75.6±1.5b	-	-
婆婆纳	蒴果	181.1±4.2a	104.4±4.1b	151.5±1.3a	84.4±1.8b	123.5±3.4a	76.4±2.8b	-	-
北水苦苣	蒴果	194.3±7.1a	101.0±3.2b	161.0±7.9a	85.1±2.2b	135.4±1.7a	78.7±5.6b	-	-
宝盖草	小坚果	191.6±3.2a	103.6±4.1b	162.3±3.7a	97.0±2.5b	137.08±3.6a	93.1±1.6b	-	-
茴茴蒜	瘦果	210.8±8.3a	106.2±4.1b	182.2±6.3a	99.2±6.6b	158.0±4.2a	85.8±1.5b	130.9±2.6a	74.8±1.9b
石龙芮	瘦果	199.6±4.3a	104.4±2.3b	173.1±2.4a	95.8±2.0b	156.7±2.6a	86.8±1.9b	135.0±4.9a	76.9±2.6b
蛇床	双悬果	201.9±4.7a	100.8±3.5b	170.1±5.4a	95.1±2.8b	148.9±5.5a	85.6±6.2b	126.9±3.3a	74.7±1.2b
泽珍珠菜	蒴果	204.3±6.3a	106.9±3.7b	185.0±3.9a	89.1±1.7b	140.9±2.2a	80.4±3.2b	-	-
朝天委陵菜	瘦果	195.7±10.1a	105.5±3.7b	161.8±2.9a	91.6±4.7b	137.3±1.8a	75.6±1.5b	-	-
节节菜	蒴果	175.0±6.6a	95.6±2.5b	146.2±5.6a	83.7±3.6b	-	-	-	-
牛膝	胞果	198.4±6.2a	104.6±5.2b	169.2±2.6a	94.5±2.5b	157.6±1.9a	85.6±4.1b	134.9±3.5a	82.8±2.8b

注：杂草种子埋藏于水稻田中，埋藏深度 10cm，且稻田中保持 5 厘米的水深。平均值 (±1SD) 后的小写字母不同表示在 0.05 水平上差异显著。