

水田土中鴨舌草種子數目的季節性變化

郭華仁 陳博惠
國立臺灣大學農藝學系

摘 要

本研究在臺北市臺灣大學試驗農場進行，分別於三、五、九與十一月自試驗水稻田區逢機採取 50 個 5.5 公分直徑 17 公分深圓筒土樣，進行土中鴨舌草種子數目估算。每田區 530 平方公尺，計有四重複。估算方法結合分離法與發芽法。種子在 30/25°C 及缺氧的最適環境下能發芽者視為無休眠種子；不能發芽的種子再經一個月冷層積處理後，在最適環境下可以發芽者，視為休眠種子。結果顯示鴨舌草在水田形成持續性種子庫，十一月土樣中種子最高，每平方公尺 12,922 粒。三月及五月種子數目略有遞減，但差異未達 5% 顯著水準。九月份種子數目顯著地最少，僅有 5,014 粒。十一月土樣中種子約有 20% 為具休眠種子，九月份約 0.4%，三、五月份則全無休眠種子。

關鍵詞：鴨舌草、種子、土中種子庫、休眠。

Seasonal Changes in the Seed Number of *Monochoria vaginalis* in the Paddy Soil

Warren H. J. Kuo P. H. Chen

*Department of Agronomy, National Taiwan University,
Taipei, Taiwan, ROC*

Abstract

Seasonal changes in the seed bank of *Monochoria vaginalis* (Burm.f.) Presl var. *plantaginea* Solms were estimated from the paddy soil collected in National

Taiwan University Experimental Farm. The experimental field was divided into four plots with an area of 530 m² for each plot. On each sampling date, 50 sets of soil per plot in Taipei were sampled randomly using soil sample cylinders, which were 5.5 cm in diameter and 17 cm in depth. Sampling time was in September (booting stage of the 2nd crop) and November (grain maturation stage of the 2nd crop) of 1995, and in March (after soil preparation for the planting of the 1st rice crop) and May (booting stage of the 1st crop) of 1996. Seeds were extracted from the soil sample and were germinated under favorite environment, i.e. 30/25°C room temperature and anaerobic condition. Seeds thus germinated were counted as non-dormant. Seeds not germinated were cold stratified for one month and tested again. Seeds thus germinated were counted as dormant. It showed that *Monochoria vaginalis* var. *plantaginea* constituted a persistent seed bank in paddy soil. The highest seed number was found in November (12,922 seeds m⁻²), less but not significant in March and May, and the lowest in September (5,014 seeds m⁻²). In November there were 20 % of seeds classified as dormant. It was 0.4% in September, yet no dormant seeds were found in March and May.

Key words : *Monochoria vaginalis* var. *plantaginea*, dormancy, seed, soil seed bank.

前 言

除草劑的廣泛使用是造成作物增產的主要原因之一⁽¹⁰⁾，然而除草劑雖然用於防除將許多種類的雜草，若干頑強雜草仍然存在。雜草相的單純化無法免除每年除草的工作，反而減少其他生物賴以維生的機會，降低生物多樣性。此外在 1995/96 年間，至少在 42 個國家已發現 124 種雜草產生了抗除草劑的生態型⁽⁹⁾，更加深一般人對於除草劑使用的疑慮。針對這些疑慮，配合其他方法的除草劑使用方式似乎是較為折衷可行的辦法。

在雜草綜合防治方法中，有謂雜草最低密度管理 (threshold management) 者⁽⁸⁾，在低於某密度以下實施雜草防除的成本大於其利潤，因此可以不施用除草劑。此種策略若要成功，對於雜草種子生產、入土、田間萌芽時機、數量及雜草密度的關係等，皆需要有所瞭解與掌握。

土中種子的種類及數目，因氣候、土壤狀況等環境因素及植被、動物、耕作方式等先前經歷而存在差異。而土中種子數目和種類等數據的正確估計，則是瞭解種子動態最基本的手段。取樣的方法在學者所提的報告間差異頗大，但通常認為在取樣土壤總量相等的情況下，取樣數越多結果越準確

(2)。根據 Benoit *et al.* (1989)⁽³⁾ 的看法，在 800~1,000 m² 的土地需採集至少 100 個土壤樣本，才能做合理的種子庫估計。根據 Brown (1992)⁽⁴⁾ 的作法，在 1,000 m² 的林地取 52 個土樣，每樣本約 50 ml；按照 Marshall and Arnold (1994)⁽¹¹⁾ 的方式，在 1,000 m² 的農田取 480 個土樣。

土壤樣品取得後，種子種類及數目的計算常用的方法有兩種，一為分離計數法，另一為土壤發芽法。分離計數法是以物理方法把種子自壤分離出來，直接數種子，而土壤發芽法是把土壤樣本放在一容器，移置到溫室讓幼苗出土，計算幼苗的種類及數目⁽²⁾。分離計數法可以節省空間與時間，但不易分辨出死掉而仍堅硬的種實，此外在分離時可能易於流失極細微的種子，兩者皆會造成誤差。反之土壤發芽法不會流失種子，但是需要空間、設備及較長的時間，而且若有深度休眠無法發芽者，也會低估其數目。在大量土樣的情況下，若所要估算的是土中所有種類的種子，則只能選擇其中的一個方法。

鴨舌草 [*Monochoria vaginalis* (Burm.f.) Presl var. *plantaginea* Solms] 為熱帶及亞熱帶地區水田主要的雜草之一，在國內美濃地區也已作為鄉土蔬菜生產。先前的研究顯示鴨舌草種子在水田狀態下具有週年的休眠循環⁽⁷⁾，推測水田中經常存在有鴨舌草種子。因此不論就雜草綜合防治或就蔬菜省工栽培而言，有必要進一步探討水田土中鴨舌草種子數目的週年變遷。由於鴨舌草種子的大小以及其休眠解除的技術皆能掌握，因此本研究綜合了分離法與發芽法來進行種子庫季節變遷的計數。

材料與方法

整年中分不同時期自水稻田中逢機取土樣，洗除土壤並分離種子，利用溫室萌芽法估算土中種子數目。取樣時所需材料為取樣表、白色塑膠取樣編號條、直徑 5.5 cm 深 17 cm 的採土器（每樣品約 410 ml）、取土用木條、捲皮尺、尼龍繩及尼龍細紗網。

取樣時間

在臺灣大學農場水稻田以四個 530 m² 的試驗田區進行取樣的工作，每個田區取 50 個土樣，取樣的時間分別為 1995 年 9 月 28 日（二期作生育中期）、11 月 18 日（二期作黃熟期）與 1996 年 3 月 7 日（一期作整地後）、5 月 10 日（一期作生育中期）等四次。

取樣方法

將每個田區四周各留下 1 m 的邊行，然後劃分成 442 個 (17×26) 以上的 100 cm² 的正方形格子。以 SAS 程式進行逢機取樣，各田區選 50 個格子作為水田的取樣點。取樣時先在田區中以尼龍繩標出取樣點，然後用採土器取土，

土深 17 cm，然後將土樣置入 32 目之尼龍細紗網袋內。利用自來水把網袋內土壤洗除，所剩留雜質（內含有鴨舌草種子）全部掏入直徑 9 cm 的玻璃培養皿中。

發芽試驗

待 200 個樣品全部處理完成時，隨之在培養皿內加滿蒸餾水。由於鴨舌草種子與空氣接觸下無法發芽 (Chen and Kuo, 1995)，因此水需蓋滿材料上。在發芽培養皿外包覆一層塑膠薄膜，處理完成時立即送至台大人工氣候室之人工照明室 (30/25°C) 進行萌芽試驗，時間為一個月。每週調查鴨舌草的萌芽數一次，在調查一個月後，所有發芽種子視為無休眠；然後將所有玻璃培養皿置於 5°C 冷藏室，進行低溫層積處理達一個月（有效的解除休眠方法，郭及陳，未發表數據），之後移置於人工照明室 (30/25°C) 再進行一個月萌芽試驗，所有發芽種子皆視為休眠種子。

統計方法

本試驗數據之統計分析，皆採用 SAS-PROC 套裝軟體，以逢機區集設計進行變方分析後，計算各處理間最小顯著差異值 (LSD_{0.05})，以比較不同區集以及取樣時間之間數據差異的顯著性。

結果與討論

鴨舌草種子千粒重約 0.163 g，長寬厚度各約 0.92、0.51、與 0.43 mm，在分離時以 32 目之尼龍網即可以有效地防止種子的流失。之前的研究顯示⁽⁶⁾，無休眠性的鴨舌草種子的發芽條件在溫度而言，以 28-32 度最為適宜，此時發芽速率最快最整齊，但在 22 度下也能發芽。種子在土中的深度臨界點為 1.3 cm，深於此臨界點，無休眠性的鴨舌草種子也很難發芽。這些深埋的種子以前稱為處於強制性休眠 (enforced dormancy) 的狀態，由於環境的不適 (即埋於土表 1.5 公分以下)，因而不發芽。不過若休眠的定義是指種子能發芽的環境範圍的寬窄，而不是種子的有無發芽⁽¹⁾，那麼這些在土中挖出來的種子實際上不是休眠種子，只是在深土中無法發芽罷了。

本研究針對週年土中鴨舌草種子數量的估算，與其他雜草種子的估算結果一樣^(3, 12)，小樣品所估算出來的數據，變異相當大 (表一)。即使在水田，種植前經過翻犁，鴨舌草種子在一畝五釐地的區塊田間的分佈仍然相當分歧 (圖一為其中個例)，顯示種子成熟後仍然集聚於母株週遭，即使在水田，種植前經過翻犁，或者在稻田尚有灌水，種子可以漂浮之際，仍然無法使得鴨舌草種子均勻分布。

估算的結果顯示全年土中皆存在有鴨舌草種子。在十一月時，土壤中的

種子量最高 (圖二), 平均為每平方公尺 12,922 粒。此時二期水稻已經達黃熟期等待收割, 土中已經沒有積水, 鴨舌草剛成熟的種子掉在地上也因氧氣的關係而無法發芽⁽⁶⁾, 因此累積相當多的種子數目。然而由於一期水稻收割前的六、七月未曾採樣調查, 因此無法比較兩季水稻收割前的土中鴨舌草種子數目的多寡, 但七月份尚未灌水犁田之前, 土中種子不會少於五月則是可以預期的。

然而就種子數目而言, 三月份與五月份的種子數目, 與十一月者的差異並未達到 0.05 的顯著水準, 顯示經過一個冬季之後, 在第二年一期稻田整田播種, 甚至於水稻生育中期, 鴨舌草種子在田間發芽的數量佔全部種子的比率並不高。這可能是此段期間氣溫偏低所致。反之, 九月份的土壤種子數最少, 平均為 5,014 m⁻², 與其他三次取樣時間者相較, 則顯著地低落, 表示在一期稻收割後到二期稻作生育中期之間, 鴨舌草種子可能曾經大量地發芽。發芽的時機推測是在二期稻作灌水整地以及插秧初期, 因為此期間種子容易轉置到土表 1.5 公分, 有利於發芽的表層, 而此時平均氣溫約 30 度, 鴨舌草種子在灌水後, 所需發芽的時間不到一天 ($1/t = 0.9$)⁽⁶⁾。

在十一月時, 土壤中的鴨舌草種子有最多的休眠種子 (表一)。這些種子經取出置於發芽皿, 在適當的發芽條件下也無法發芽。不過在四個田區當中, 休眠種子所佔的百分比差異頗大, 在第 I、第 II、第 III、第 IV 區分別為 13、41、2、26% (平均 20.5%)。其他的種子, 雖然在適當的發芽條件下可以發芽, 可是在土中卻維持種子的形式, 沒有發芽。十一月份水田已經開始乾涸, 因此假設大部分的鴨舌草種子都已經成熟掉落, 則挖出來的土壤樣品種中, 新鮮成熟掉落的休眠種子僅佔 20%, 表示土壤中前期所留下的種子數量相當可觀。

根據鴨舌草種子埋土休眠週期試驗所顯示的, 五月份的土中鴨舌草種子是處於完全無休眠的狀態, 此時種子發芽所需的溫度環境最寬, 20 到 30 度皆能發芽。而在九月份於水田出土的種子, 在高溫下可以發芽, 但是在低溫下則發芽率低落, 表現出條件式 (conditional) 休眠⁽⁷⁾。根據本研究, 五月份一期水稻發育中期的取樣, 土中仍然未見有休眠種子, 其原因可能有二, 一是此季節所成熟的種子, 不具有先天性的休眠, 其二是五月份之前, 少有成熟的種子掉落在土上。由於五月份土壤種子數目不比三月時多, 因此其原因較可能是鴨舌草種子尚未大量成熟所致。而九月份二期水稻發育中期所取的土樣中, 約有 0.4 % 的種子呈現休眠性, 即在高溫下也不發芽, 推測由於夏季鴨舌草生長速度快, 此時已開始有很少部分種子成熟掉落在土上。此推測可以由⁽⁵⁾ Chiang (1983) 所進行的試驗結果得到佐證; 該研究顯示, 臺中地區在二期稻作下, 鴨舌草播種後到始花期約 38 天, 而一期稻作下則約需 88 天。

表一、鴨舌草在水田土中休眠與無休眠種子數目的季節變遷(seeds m⁻²)Table 1. Seasonal changes in the seed number of *M. vaginalis* in the paddy field; dormant and non-dormant (seeds m⁻²)

Block		28 Sept. 1995	18 Nov. 1995	6 March 1996	10 May 1996
I	a	4594 ± 2110*	5517 ± 6364	4379 ± 4438	4656 ± 3531
	b	7 ± 49	826 ± 3588	0	0
	c	4601 ± 2110	6343 ± 8891	4379 ± 4438	4656 ± 3531
II	a	2658 ± 1389	11553 ± 23216	14858 ± 13766	8827 ± 10082
	b	7 ± 49	8085 ± 16722	0	0
	c	2664 ± 1385	23638 ± 35288	14858 ± 13766	8827 ± 10882
III	a	7828 ± 3291	6968 ± 3458	10333 ± 3936	7821 ± 4055
	b	97 ± 584	117 ± 508	0	0
	c	7925 ± 3406	7085 ± 3433	10333 ± 3936	7821 ± 4055
IV	a	4864 ± 2539	10771 ± 10111	12151 ± 12012	10902 ± 10299
	b	0	3851 ± 10740	0	0
	c	4864 ± 2539	14622 ± 19592	12151 ± 12012	10902 ± 10299

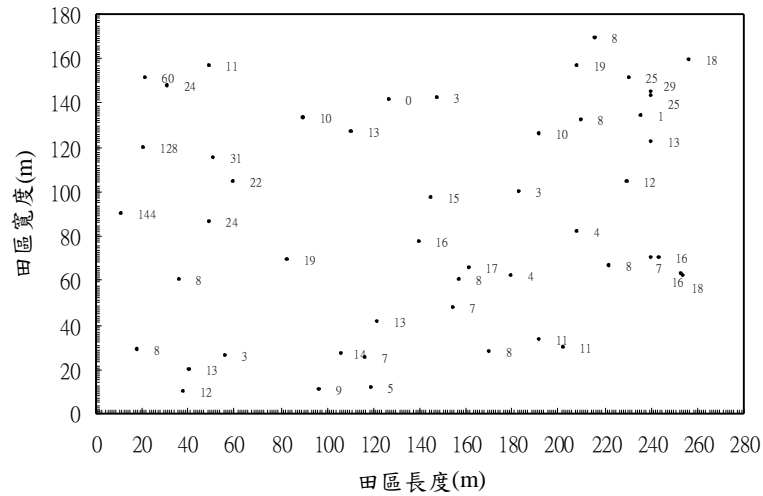
a : 1st germination test, sample un-stratified. (non-dormant seeds)

b : 2nd germination test, sample stratified for one month after the 1st germination test. (dormant seeds)

c : total seeds (= a+b), representing seed number in 17 cm depth soil m⁻².

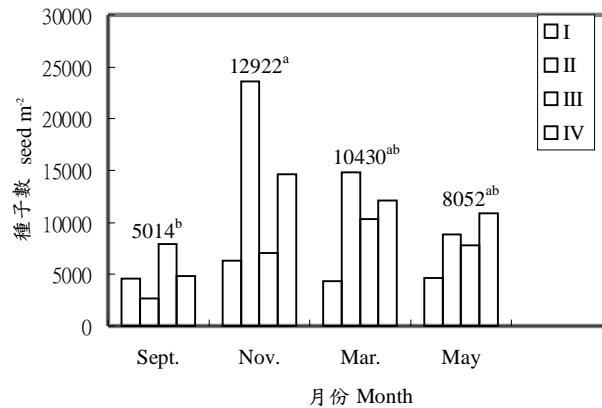
* : ± S.E.

由本試驗以及 Chen and Kuo (1999)⁽⁶⁾ 的研究結果顯示，在臺北地區水田中，鴨舌草種子構成持續性種子庫⁽¹¹⁾。推測若要以耕犁的方式來進行機械式除草⁽⁸⁾，就北部地區水田鴨舌草而言，第二期作整田的效果可能較第一期作者佳。



圖一、單區水田中各土壤樣品中的鴨舌草種子數目：十一月第一區。

Fig.1. Seed number of *M. vaginalis* per soil sample in the first block of the November sampling (each sample 5.5 cm in diameter and 17 cm in depth).



圖二、水田土中鴨舌草種子總數目 (seeds m^{-2}) 的季節變遷。

Fig.2. Seasonal changes in the total seed number (seeds m^{-2}) of *M. vaginalis* from the four paddy plots. Number above columns represents mean of the four plots. Means with the same letters are not significantly different using Duncan's multiple-range test (5% significant level).

引用文獻

1. 郭華仁。 1996。種子生態學及其應用。雜草學會第八屆研討會「除草劑安全使用及草類利用管理」專刊。頁 37-61。藥物毒物試驗所，臺中。
2. Baskin, J. and C. Baskin. 1998. Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination. P.137-141. Academic Press, New York.
3. Bennoit, D.L., D.A. Douglas, A. Derksen and B. Panneton. 1992. Innovative approaches to seedbank studies. Weed Sci. 40:660-669.
4. Brown, D. 1992. Estimating the composition of a forest seed bank: a comparison of the seed extraction and seedling emergence methods. Can. J. Bot. 70:1603-1612.
5. Chiang, M.Y. 1983. Emergence, growth, and reproduction of eleven paddy weeds in two seasons. Weed. Sci. Bull. (Taiwan):1-18.
6. Chen, P.H. and W.H.J. Kuo. 1995. Germination conditions for the non-dormant seeds of *Monochoria vaginalis*. Taiwania 40:419-432.
7. Chen, P.H. and W.H.J. Kuo. 1999. Seasonal changes in the germination of the buried seeds of *Monochoria vaginalis*. Weed Res. 39:107-115.
8. Forcella, F., K. Eradat-Oskoui and S.W. Wagner. 1993. Application of weed seedbank ecology to low-input crop management. Ecol. Applic. 3: 74-83.
9. Heap, I.M. 1997. The occurrence of herbicide-resistant weeds worldwide. Pestic. Sci. 51:235-243.
10. Klingman, G.C. and F.M. Ashton. 1982. Weed Science: Principles and Practices. Wiley, New York.
11. Marshall, E.J.P. and G.M. Arnold. 1994. Weed seed banks in arable fields under contrasting pesticide regimes. Ann. Appl. Biol. 125:349-360.
12. Thompson, K. and J.P. Grime. 1979. Seasonal variation in the seed banks of herbaceous species in the contrasting habitats. J. Ecol. 67:893-921.