

保育耕作制度的雜草管理

報告者：彭筱茵

指導老師：張新軒教授

時間：民國 92 年 4 月 3 日 上午 10 點

地點：112R

Introduction

近年來考慮作物生產經濟效益及環保意識抬頭影響下，保育管理作物生產系統成為日益重要的趨勢；所謂的保育管理作物生產系統，即整合了一些能兼顧水土保持的農作方式。舉例來說，其中一個重要的目標是增加植物殘株碎屑在土壤表面的累積量（如：保育耕作的定義即為至少要累積 30% 以上的植物殘株於土表）。因為改變耕作種植系統及管理策略造成土壤環境的轉變，對雜草族群的整體生長狀況（雜草種組成、密度、發芽率及種子銀行）有極大的影響；而相應的雜草管理策略要如何兼顧有效防除雜草以及降低耕作程度保持水土，就是本篇要探討的課題。接下來，本文將分別先從保育耕作系統造成不同的環境因子影響（主要為土壤），對雜草生長帶來的改變談起，再綜合幾個相關實驗的結果，去研究不同系統下雜草管理的因應策略。

Conservation tillage

定義(by Conservation Technology Information Center, CTIC)：

所有的耕作系統至少要維持 30% 以上的作物殘株在土壤表面上，以減少土壤的流失。

耕作方法類別：

1. no-till (不整地)

收穫後到種植時期，除了種植和外加營養素動作外，均不翻動土壤(soil undisturbance)。作物種在用農具做出的溫床或狹溝中(較窄，2.5-7.5cm寬)，雜草主要靠殺草劑防治，緊急情況下還是可用耕作除草。

2. ridge-till(畦作)

種植前不干擾土壤殘株堆積在畦間，雜草由殺草劑或機器耕作防除。

3. mulch till(敷蓋)

種植前有異動土壤，雜草靠殺草劑及機器耕作防除。

4. strip till(條耕)

作物行上的土壤可耕作，和管理次表面的營養素以利作物生產狀況，但行間的土壤保持在no till狀態減少水土流失。

<參見表一>

土壤性質的影響：

跟傳統耕作法相較，大部分的改變是對土壤有利的。

由於土壤翻動 (soil disturbance) 的減少，增加了土壤中的大孔隙 (macropore, 直徑大於0.06mm)、土壤粒子團聚性 (aggregation) 和有效的有機質 (active organic matter)，由於土壤表面蚯蚓或微生物活動旺盛造成較多的產生)，土壤的滲透和排水力也因此增進；又因為土壤表面及靠近表面數公分處有機質的增加，有幫助了營養元素 (特別是氮)和礦物質的固定；而因土壤沒有被充分混合，氮的氧化、植物殘株分解和雨水造成的酸化效應集中在上部土壤，使得土壤PH質會快速的下降；還有植物殘株的比例增加，造成遮陰的效果，會使土溫降低。

所以較寒冷及較濕的區域不一定適合保育型耕作系統，會使土壤過濕，土溫過低及土壤過酸。

<參見圖一>

雜草生長情形的影響：

1. weed seedbank

耕作最主要的影響是，藉由阻斷雜草種子發育前的生長，阻斷了雜草的生育週期，因而避免雜草種子的重新聚積 (the repopulation of weed seedbank)。舉例來說，一些冬季單年生雜草品種，需要完全不間斷的生育週期才能順利產生種子。也因此，耕作施行的時間是否在雜草生育週期的關鍵時期也是重要的因子。另外，經由耕作混合土壤的作用，雜草種子的分布亦會被改變，被轉移後的位置對發芽可能更有利或更不利，跟不同的雜草品種相關。整體而言，雜草種子分布的深度、密度及廣度和土壤翻動 (soil disturbance) 的程度有關。

保育耕作系統由於減少了耕作，限制了雜草種子的再分布，使得雜草種子多聚積在土壤表面及靠近表面。Yenish 等人 (1992) 在玉米試區中實驗，發現在 no-till 系統下，超過 60%的雜草種子分布在土表下 1 cm 處；在鑿犁耕作 (chisel plow, 亦屬於保育耕作的一種，耕作前用鑿犁翻動土壤，但仍保持足夠量的植物殘株) 下則降為 30%；而傳統的板犁耕作 (moldboard plow) 下，雜草種子則是均勻的分布在土壤層中 (土表至以下 19 cm)。<參見圖二>

因而在保育耕作法 (conservation tillage system) 下，小型種子的一年生禾草和闊葉草因為分布在表層且容易發芽，而取得優勢。反之，在採用板犁耕作的傳統耕犁法，則種子常被埋入深層而無法發芽，因而族群變小，除非下次耕犁時，又將其耕出土表，方能發芽。埋入土壤深層的雜草種子，不發芽的原因，最主要為土壓過高環境不利雜草生長，引發種子的休眠性。

2. weed population shift (雜草族群變遷)

耕作系統的不同改變了土壤的性質，會造成雜草族群密度及組成的轉變 (當然仍需考慮地區、作物種類和土壤類型的影響)。在保育耕作系統下，由於土壤溼度增加、土溫變低 (詳見上文對土壤性質影響部分)，溼度對雜草種子發芽有利，因此整體而言雜草種子萌發率較高；因此對於遮陰的忍受度較高，

或是較適合濕冷環境的雜草品種較具優勢。例如：Arrowleaf sida (*Sida rhombifolia* L.) 在較低溫萌發，且和其他相近的品種 (如 prickly sida) 相比能適應較淺的土壤深度，於是在保育耕作系統下容易成為問題雜草 (Bryson 1993；Smith *et al.* 1991)。而且保育類耕作系統下雜草種類也較多，因為多年生的雜草種子沒有被抑制，單年生與多年生雜草能夠一起出現，以致於整體種類變多。
<參見圖三>

雜草管理策略：

1. use of herbicide (殺草劑的施用)

在保育耕作系統中，覆蓋在土壤表面高比例的植物殘株會影響殺草劑的施用狀況。以下分萌前與萌後殺草劑分別探討之：

preemergence herbicide (萌前殺草劑) —

在保育耕作系統下，有下列幾個影響因素導致萌前殺草劑較低的效力：

- i. 土壤表面較高含量的有機質會和施用在土壤上的殺草劑結合 (binding)，降低殺草劑除草的效力。
 - ii. 土壤表面上的植物殘株會吸附部分殺草劑，降低殺草劑滲透進土壤中的量及速度。
 - iii. 土壤中微生物活動力的增加，會加速殺草劑的代謝，緊接著對殺草劑進行解毒作用，使殺草劑失去效力。
- 因此整體而言，保育耕作下萌前殺草劑的效力是比較差的。

postemergence herbicide (萌後殺草劑) —

在保育耕作制度下，萌後除草劑的使用是最主要的雜草防除方式。在種植前由於沒有利用耕作除草，因此常先施用非選擇性萌後殺草劑，以除去仍存活的冬季植物；又因上述原因使萌前除草劑 (如 alachlor、metribuzin) 效力較差，較無法持續產生作用，因此在作物生長時期中非常需要施用萌後殺草劑，或是在休耕時期也需要用來減弱冬季問題雜草的生長。舉例來說，在 no-till 耕作系統下，若排除在秋季施用萌後殺草劑，小麥產量和對某些單年生禾本科雜草的控制力均有明顯的下降；而在 conventional tillage 下只用萌前殺草劑即已足夠 (Wilson *et al.* 1986)。

由此看來，由於缺乏種植後的耕作除草，加上整體而言保育耕作系統下雜草生長情形是較有利的，似乎需要仰賴更多的萌後殺草劑施用。然而殺草劑對土壤環境造成的一些不良影響，近年來有日益被重視的趨勢，因此如何建立一個整合性的雜草管理系統，同時減少耕作和殺草劑的施用，是今後需要持續發展的重要課題。舉例來說，選擇性的萌後殺草劑對保育耕作的作物，提供了生長時期有效且傷害較低的雜草防除，但卻非常容易過量使用，尤其在單種作物的生產系統 (monocrop system) 下同時也容易增加某些雜草品種的抗藥性 (Powels and Holtum 1994)；此時，採用作物輪作 (crop rotation) 或更替的殺草劑施用模式才能避免雜草抗藥性的產生。關於整合性雜草防除系統中其他方法，將在下文中詳細介紹。

3. herbicide-resistant transgenic crops (抗殺草劑藥性轉殖作物)

採用抗殺草劑藥性的基因轉殖作物，雜草的防除就能成功地只靠萌後殺草劑，這對施行保育耕作系統是相當有利的。例如：種植 glyphosate-resistant soybean，只施用 glyphosate 作為萌後殺草劑，就能成功的控制雜草，不但能減少耕作符合保育耕作的原則，更能排除萌前殺草劑的使用，既方便又節省開支外，更能兼顧保育環境 (Reddy 2001)。Monsanto 公司成功轉殖的 glyphosate-resistant soybean "Roundup Ready™ soybean" 商品被美國豆農廣泛的接受，即是最好的例子。

4. use of cover crop (種植覆蓋作物) <參見圖四、圖五>

通常覆蓋作物有兩種利用方式：

- i. 休耕或休閒時種植，多在早秋種植才能在冬季來臨前建立起，到了早春才能產生足夠的 biomass。
- ii. 和目標作物一起種植，種植在行間，抑制行間的雜草生長。

覆蓋作物最直接的效力在於產生遮陰效果，不利於雜草生長 (若影響到目標作物則需修剪覆蓋作物的高度，通常比作物低但一定要比雜草高)。另外一種效力在於可利用植物的生化相剋作用 (allelopathy，某些植物會分泌剋他性物質，以抑制其棲地其他植物的生長) 抑制雜草的生長。例如：穀用黑麥 (cereal rye) 會產生數種化學物質 (最主要是兩種 hydroxamic acids) 抑制其他作物或雜草的生長 (Chase *et al.* 1991)。

但用覆蓋作物防除雜草要注意的是，在早春覆蓋作物的生長會耗盡土壤儲存的水分 (Munawar *et al.* 1990)，造成跟下一目標作物的生存競爭，因此大部分田間的處理方式為，在種植作物前先用化學方式將覆蓋作物進行脫水；不過對於抑制雜草的效力而言，覆蓋作物越晚脫水抑制效力越高；而對於在行間種植的覆蓋作物，也要盡量選擇和目標作物競爭力低的 (例如：兩者養分需求不衝突者，如大豆及玉米)，所以適當管理策略的設計是很重要的。

另外，雖然覆蓋作物能有效抑制冬季雜草，但其植物殘株不一定能維持抑制效力到夏季雜草，因此配合殺草劑的施用是必要的。整體評估而言，採用覆蓋作物是可行的方法，但其經濟效益不一定比直接用殺草劑好。

穀用黑麥草不論對闊葉雜草或禾本科雜草均有良好的抑制效果，因為其根系廣而深，且會產生生化相剋物質 (allelochemicals)，種植容易，所需養分 (以氮肥來說) 只要跟作物一起施用的肥料即足夠，不會跟作物競爭，故為極佳的覆蓋作物。<參見表二>

5. crop rotation (作物輪作)

在單一作物耕作制度中 (monocrop system)，整個作物環境是一個穩定的循環狀態，亦包含了雜草的生長狀態 (組成種類和族群分布)，所以常對某幾種雜草特別有利，往往造成難以管理的困境；且加上使用的殺草劑因配合該種作物，只有較少的選擇，容易造成雜草產生抗藥性。採用輪作制度由於不同的作物造成不同的生物相，破壞了原有穩定的循環，使得環境不會只利於某幾種雜

草，因此增加的雜草的多樣性；加上殺草劑施用與管理措施的改變，就能更有效抑制之前的問題雜草。

Conclusion

雖然保育耕作制度下整體環境是較有利於雜草生長及繁殖的，但從 1990 年起越來越多新的工具、殺草劑、轉殖基因作物和耕作制度，經由各界對水土保持及農業永續經營的日益重視，不斷地改善、增進保育耕作制度下的雜草管理，使得作物產量和傳統耕作法相比，越來越能相提並論 (Weed management strategies for conservation tillage in the 1990's, A. Douglas Worsham, Crop Science Department, North Carolina State University)。但和其他耕作法相同的是，雜草的管理與防除需要靠整合性的措施，單靠某一種是無法達到最佳化的管理的。〈參見表三〉

表一 不同保育耕作制度的操作措施簡要表

All systems maintain at least 30% of the crop residues on the surface.

<i>Tillage system</i>	<i>Operation involved</i>
No-till	Soil undisturbed prior to planting, which occurs in narrow seedbed, 2.5 to 7.5 cm wide. Weed control primarily by herbicides.
Ridge till (till, plant)	Soil undisturbed prior to planting, which is done on ridges 10 to 15 cm higher than row middles. Residues moved aside or incorporated on about one-third of soil surface. Herbicides and cultivation to control weeds.
Strip till	Soil undisturbed prior to planting. Narrow and shallow tillage in row using rotary tiller, in-row chisel, and so on. Up to one-third of soil surface is tilled at planting time. Herbicides and cultivation to control weeds.
Mulch till	Soil surface disturbed by tillage prior to planting, but at least 30% of residues left on or near soil surface. Tools such as chisels, field cultivators, disks, and sweeps are used (e.g., stubble mulch). Herbicides and cultivation to control weeds.
Reduced till	Any other tillage and planting system that keeps at least 30% of residues on the surface.

Definitions used by Conservation Technology Information Center, West Lafayette, Ind.

表二 不同覆蓋作物其殘株敷蓋抑制雜草(闊葉和禾本科)的效果比較

Mulch type ^b	% Weed Control ^d	
	Broadleaf ^e	Grass ^f
Rye	85 ab	70 b
Wheat	74 c	61 bc
Barley	75 c	54 bc
Oats	80 bc	64 b
None	63 d	41 d
Nonec	90 a	81 a

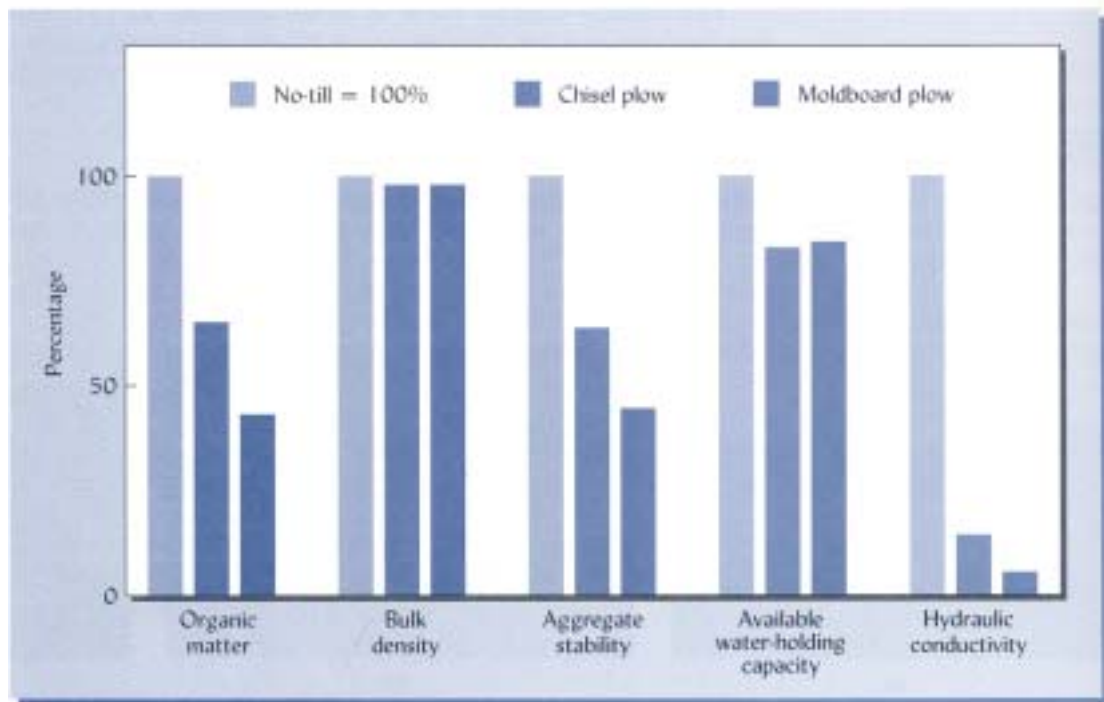
小型禾穀類覆蓋作物對雜草防除的影響，在北卡羅來州的兩個地區進行兩年取樣的平均值，平均值後所標字母相同者表無顯著差異，每一試區均用相同的殺草劑噴施處理。

表三 整合性的保育耕作雜草防除措施(覆蓋作物加殺草劑的施用)

Table 4.
Effect of pre-emergent herbicides, cover crop, or tillage on corn weed control 45 days after planting (12).

Cover Crop	Herbicide	No Herbicide	
		Broadleaf weeds	Grass weeds
<i>percent control</i>			
Rye	100	85	79
Crimson clover	100	68	68
Sub. clover	100	95	75
Hairy vetch	98	18	18
No-tillage	99	23	20
Tillage	99	0	0

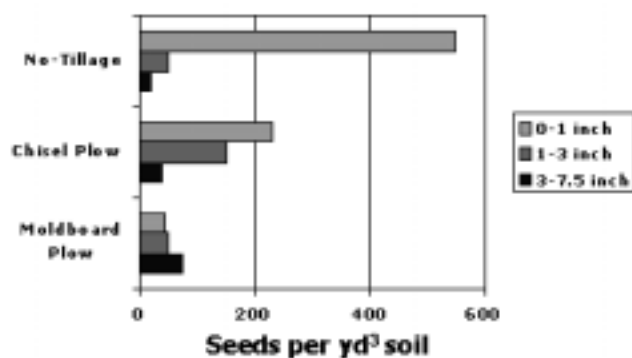
圖一 不同耕作制度對土壤性質的影響



比較三種耕作制度對土壤有機質含量及數種重要物理性質的影響 (28 年的觀測值，在 Ohio 的 alfisol (一種中等酸度的壤土 clay) 土壤區)。以 no-till 設為 100% 為準，除了土壤容積密度較無差異外，其他的土壤性質在 no-till 耕作方法下均較為有利。

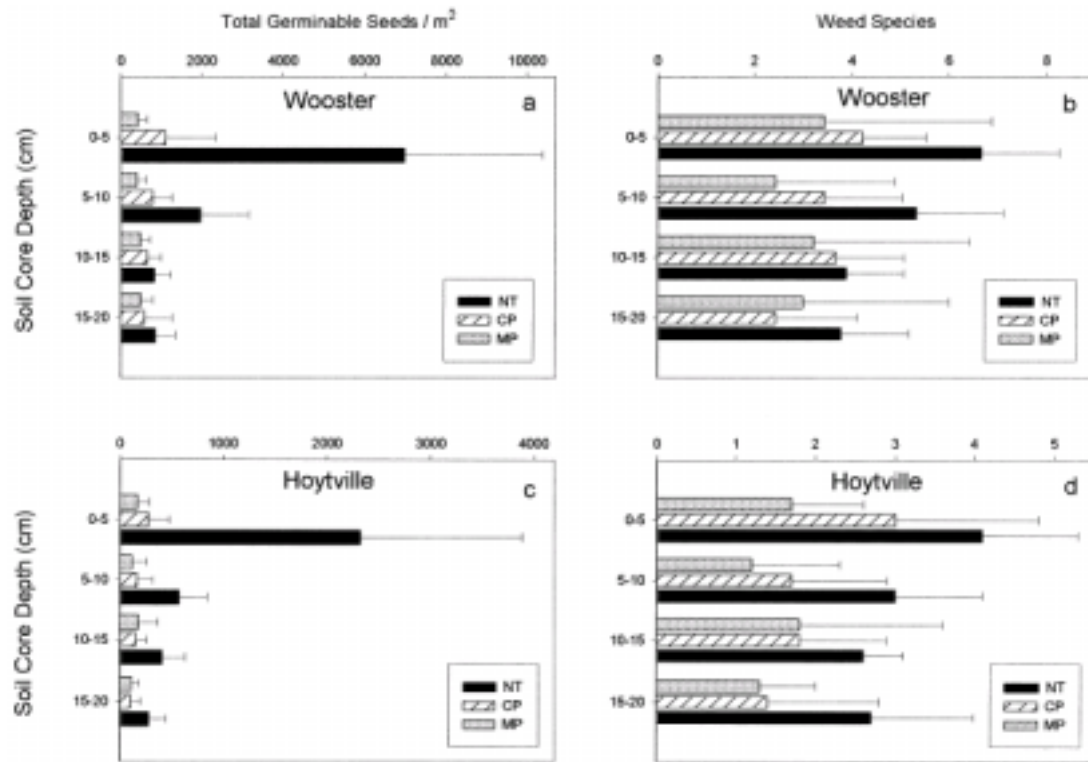
圖二 不同耕作制度對 seedbank 分布的影響

Influence of Tillage on Weed Seed Distribution in Soil Profile



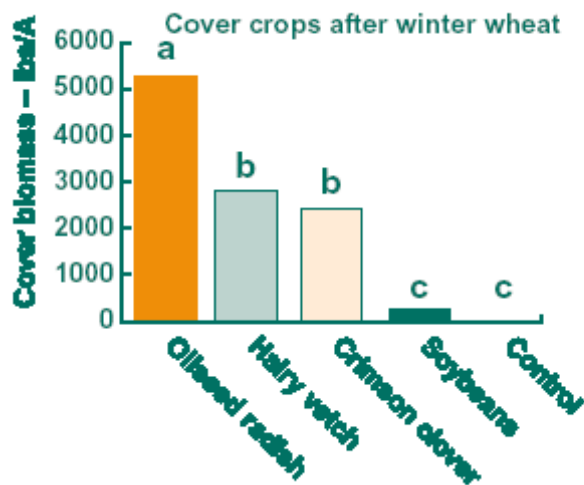
Yerish, Doll and Butler, Univ. of Wis., 1992.

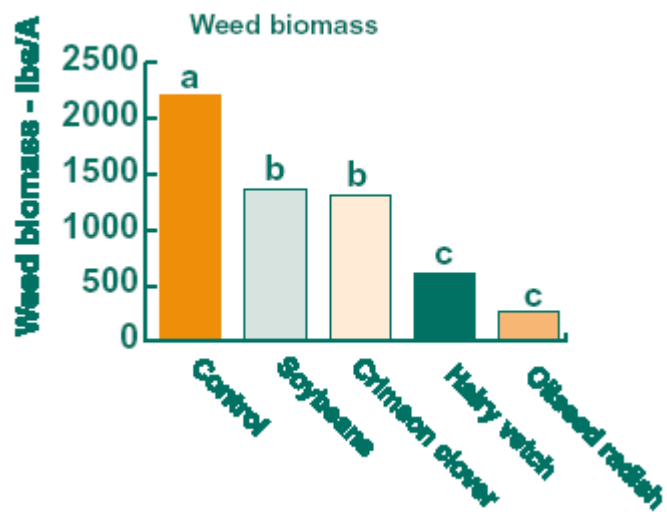
圖三 不同耕作制度對雜草族群生長及組成的影響



萌芽的雜草種子數 (a, c) 和雜草品種數 (b, d) 在四層土壤深度中的分布情形，在三種耕作制度連續耕作 35 年的玉米試區 (位於 Wooster (a, b), Hoytville (c, d))。資料中的數據為取樣三年三重複的平均值及標準偏差。

圖四 圖五 覆蓋作物的有無對雜草防除的影響





Control : 不種植覆蓋作物的

對照組