

# Quantitatively Predicting Seedling Emergence in Summer Annual Upland Weeds in Kanto Region Kuroboku Soil

Shigeru Takayanagi\*

## Summary

Predicting weed seedling emergence is essential in integrated weed management. We developed ways to predict quantitative seedling emergence and simulation model for seasonal emergence patterns of several weed species.

We must be able to predict, reasonably accurately, species composition and seedling density from seed reserves in soil sampled just after cultivation. Theoretical calculations indicate it is necessary to collect 30 or 15 soil cores, each of 5.1 cm in diameter by 5 cm deep (100 ml) or 8 cm in diameter by 4 cm deep (200 ml), in each field. Weed seeds were separated from soil using a proprietary apparatus based on float-selection : it was operated 5 to 10 minutes per soil sample.

Based on the core size of soil samples, viable seed numbers and emergence depth of species, we derived the following formula to predict potential numbers of seedling emergence.

$$y = (1/P) (\sum A_i / (F/G)) (1 \pm U) x$$

where  $y$  is the annual potential number of emerged seedlings of a given weed species (plants  $m^{-2}$ ) after cultivation,  $x$  is the viable seed numbers of a given weed species in a soil cores of  $P$   $m^2$  surface area and  $H$  cm depth,  $A_i$  is the average emergence of a species in the  $i$ th layer of soil divided into  $G$  cm layers from the soil surface, and  $U$  is the reliability range, i.e., usually 0.50.

In general, we gained good agreement between predictions by the above formula and observations in the annual potential number of emerged seedlings of 8 weed species.

Independently of the above methods, a model using air temperature and soil moisture was developed to simulate the seasonal emergence pattern of 6 weed species based on the following equations:

$$Y = 1 / (1 + k \cdot \exp(-\lambda \cdot \ln X))$$

$$X = \sum x_i$$

$$X = a (TM - T_0) \cdot b (WS - W_0)$$

$$\text{If } TM \geq 25 \text{ then } TM = 25,$$

$$\text{If } WS \geq 65 \text{ then } WS = 65,$$

$$\text{If } TM < T_0 \text{ or } WS < W_0 \text{ then } x = 0$$

where  $Y$  is the accumulated emergence ( $0 < Y < 1$ ),  $X$  is the daily accumulated values of emergence equivalent ( $x$ ),  $i$  is the  $i$ th day after cultivation,  $TM$  is the daily mean temperature ( $^{\circ}C$ ),  $WS$  is the daily soil moisture content (water % / dry soil), and  $T_0$ ,  $W_0$ ,  $a$ ,  $b$ ,  $\lambda$  and  $k$  are parameters.

The value of parameters was determined by the Simplex Method based on data on field experiments in which 14 different cultivated dates were selected for 4 years.

Good fitness was gained between simulations and observations in seasonal emergence patterns of 6 weed species for different cultivated dates.

We combined these methods and the model to predict the quantitative emergence of a given weed species at an optional point in time after cultivation. Based on these, we will construct integrated weed management.

にモデル式を外挿し、モデルのパラメータに最もフィットする値をコンピュータで試行錯誤的に求めたものである。したがって本報告のⅣ章のモデルは、一見、メカニズムモデルの体裁はとっているものの、実際には回帰モデルとメカニズムモデルの中間に位置するモデルと考えられる。

雑草の季節的発生パターンをメカニカルな予測モデルとして、現時点で最も完成度が高いと評価されているのはVleeshouwersとKropff<sup>(88)</sup>のコンポーネントモデルである<sup>(31)</sup>。このモデルは雑草が発生に達するまでの過程を「休眠」、「発芽」、「出芽前生長」の3つのサブモデル（コンポーネント）に分解し、それぞれのサブモデルをメカニスティックかつ生理学的に記述したうえで、再構築したものである。しかしながら、こうしたメカニズムモデルは問題解決にとって最も有力である反面、モデルの構築も極めて困難であると言われている<sup>(31)</sup>。そして、実用性からは回帰モデルの方が柔軟性があるといわれる。

1) および2) のアプローチを通して、引用したモデルの大部分においては、雑草の発生数を圃場で観察された最終的な発生数に基づいて基準化している。そのためこれらのモデルでは、発生数の経時変化を相対的に予測することは可能でも、発生数の絶対値を予測することはできない。これに対して

Benech-Arnoldら<sup>(6)</sup> およびVleeshouwersら<sup>(88)</sup>のモデルでは、埋土種子集団の中の雑草種子数を既知としておくことによって、発生の絶対数と発生のタイミングの両方を予測することを可能にしている。たとえばBenech-Arnoldら<sup>(6)</sup>の場合は、モデルの適合度を検証するための圃場試験の各処理区ごとに、圃場で発生した個体数と発生終了後に土壌から回収した未発芽種子のうちTTC検定によって活力があると判別された種子の数とを合計して、それぞれの処理区における埋土種子数の初期値としている。またVleeshouwersら<sup>(88)</sup>の場合は、殺雑草種子処理を施した土壌に一定数の雑草種子を混入し、この土壌を圃場の木枠内に敷き詰めることにより人工的な埋土種子集団をつくり、これを初期値として季節的発生パターンのシミュレーションモデルを策定している。

本報告のⅣ章で述べたモデルは、各雑草種の最終発生数を1として相対的な季節的発生パターンをシミュレートしたものである。しかし、1986年のケースを除き、モデルのパラメータを求めるために実施したいずれの試験においても、各雑草種の土壌中の活力種子密度を圃場耕起直後に調査している（Ⅲ章参照）。したがってⅣ章のモデルにこれらのデータを取り入れれば、埋土種子密度は既知となるので、本モデルによって発生数の絶対値と発生のタイミングの両方を予測することが可能である。

## Ⅵ 摘 要

雑草の発生予測の基礎的研究手法を確立するため、関東黒ボク土地帯の主要一年生畑夏雑草を対象として、これら雑草種の圃場耕起後年間可能発生数ならびに季節的発生パターンの予測法を開発した。

1. 土壌コアのサイズは直径5.1cm、深さ5cm（容積100ml）または直径8cm、深さ4cm（容積200ml）の金属円筒コアが扱いやすく、また入手も容易であるので適している。
2. 雑草種子を含む土壌のサンプリングの点数は、サンプリング理論と実際の圃場における埋土雑草種子密度の実態解析から導いて、推定精度D値を0.20~0.30とすれば容積200mlコアでは1区画当たり15前後、容積100mlコアでは30前後が適当である。
3. 埋土種子の土壌からの分離回収には炭酸カリ

50%溶液を用いた比重分離法を採用し、回収操作は筆者らの考案した「土壌中雑草種子分離回収装置」で行った。分離回収した雑草種子の同定と活力判別は原則として実体顕微鏡下で行い、活力判別には種子押し潰し法を採用した。

4. 対象圃場における対象雑草種の耕起後年間可能発生数 $y$ は次式によって予測できる。

$$y = (T/P) \left( \sum A_i / (F/G) \right) (1 \pm U) \hat{m}$$

ここでTは対象圃場またはコドラートの面積 $\text{cm}^2$ 、Pはコアの表面積 $\text{cm}^2$ 、 $A_i$ は土壌*i*層における対象雑草種子の相対出芽率、Fはコアの深さcm、Gは $A_i$ の値を求めたときの土壌層の刻み幅cm、Uは推定誤差の幅の値、 $\hat{m}$ はサンプリングした土壌中に含まれる対象雑草の活力種子数の平均値である。

5. 上式では雑草種子の土壌中垂直分布密度は、コアの深さの範囲においては均等であることが前提条件となっている。ロータリ耕直後の圃場において、地表12cmまでの深さの土壌を2cm刻みの6層に分けて種子密度を調べた結果、検出された5雑草種いずれの種子密度とも6土壌層間で有意差は認められず、先述の前提条件は確認された。
6.  $A_i$ を求める土壌層の刻み幅（上式のG）は0.5cmとした。すなわち、9雑草種についてポットの覆土深を0.5cmずつ変化させて出芽試験を行い、各雑草種の各覆土深区における出芽程度をそれぞれの雑草種が最高出芽率を示した区の値を1.0と基準化して表した。すると土壌i層の $A_i$ はi層上部と下部の覆土深区における出芽程度を平均して求められる。そして各土壌層の $A_i$ を積算したものが $\sum A_i$ である。
7. 年間発生可能数の予測式に関する実証試験は、4年次、4月～7月の期間に時期を変えてロータリ耕を実施した圃場におけるメヒシバ、イヌビエ、シロザ、アメリカイヌホウズキ、アキノエノコログサ、ホソアオゲイトウ、ハルタデおよびカヤツリグサを対象に行った。予測値は実測値と概して良好に一致し、推定誤差の幅Uの値は0.50が適当と判断された。
8. 6雑草種について、それぞれの季節的発生パターンを耕起後毎日の気温と土壌水分とによってシミュレートするモデルを以下のように策定した。

$$Y=1/(1+k \times \exp(-\lambda \times \ln X))$$

$$X=\sum x_i$$

$$x_i=a(TM-T_0) \times b(WS-W_0)$$

ただし、 $TM \geq 25$ のときは $TM=25$

$WS \geq 65$ のときは $WS=65$

$TM < T_0$ または $WS < W_0$ のときは $x=0$

ここでYは耕起後の累積出芽率 ( $0 < Y < 1$ )、Xは耕起後毎日の出芽当量xの日積算値 (iは耕起後i日目を示す)、TMは日平均気温 (°C)、WSは1日の土壌水分 (重量含水比%) であり、 $T_0$  (出芽下限温度°C)、 $W_0$  (出芽下限水分%) およびa, b,  $\lambda$ , kはパラメータである。

9. 4年次の4～7月までの期間、時期を変えて耕起を行う合計14区を圃場に設け、メヒシバは14区全部、イヌビエとシロザは10区、アキノエノコログサは4区、ホソアオゲイトウは2区、ハルタデは1区についての出芽数を定期的にカウントし、この調査結果と調査期間中毎日の日平均気温と土壌水分の実測値を基に、各パラメータの値をシンプレックス法で求めた。求めたパラメータ値を用いてシミュレートした季節的発生パターンは、各雑草種とも実測値とよく一致した。
10. 以上の耕起後年間発生可能数の予測手法と季節的発生パターンのシミュレーションモデルとを組み合わせることによって、圃場耕起後、任意の時点における対象雑草種の発生数が予測できる。したがって、本研究で開発した雑草の発生予測法は、今後、総合的雑草防除体系を組み立てるに当たり、大きな役割を果たすことになるであろう。

## 謝 辞

本研究の遂行に当たり、前耕地環境部長野口勝可博士には貴重な御助言と本報告の御校閲を賜った。また畑雑草研究室からは、多種類の畑雑草種子を分譲いただくとともに同研究室割り当て試験圃場の一部を使用させていただいた。さらにIV章のモデルの策定の際は、シンプレックス法のパソコン用プログラムには農業環境技術研究所（現東京大学大学院）

小林和彦博士作成のソフトウェアを、気象データには農業環境技術研究所総合気象観測データをそれぞれ使用させていただいた。また圃場試験の遂行に当たっては中央農業総合研究センター業務第1科（旧農業研究センター業務第2科）の技術専門職員諸氏の絶大なる協力をいただいた。ここに記して衷心より深謝する次第である。