

水田種子繁殖雑草の翌年発生数は 水稻収穫期残草量から予測可能か

独立行政法人 農業技術研究機構中央農業総合研究センター 耕地環境部 高柳 繁

1. はじめに

筆者はこれまで2度、雑草の発生予測の研究に携わってきた。1度目は1985～1989年度に実施された一般別枠研究「農業生産管理システム構築のための情報処理技術の開発」において、研究課題名「雑草発生生態情報の把握・推定法」を担当した5年間である。この課題の最終目標は、「畑地、水田などにおける雑草の発生、生長に係わる諸要因のモニタリングと解析、雑草害の予測」法の開発であったが、筆者は専ら一年生畑夏雑草の発生予測法の開発に重点を置いて研究を行った。2度目は1996年度～現在で、研究課題名は「雑草の発生予測法に基づく環境保全型制御技術の確立」である。主に経常研究費で実施している。再度、雑草発生予測をテーマに選んだのは、1度目の発生予測法開発研究が消化不良気味に終わってしまったことや、ライフワークとしていた「雑草害診断法の開発」が一段落したこともあるが、最も触発されたのは、千坂英雄氏（前日本植物調節剤研究協会会長）の言葉である。すなわち千坂氏は、関東雑草研究会報第5号(1994)の序に「巻頭言－自分で考える－三題」を寄せ、そのなかで「(前略)古くて新しくしかも緊要な具体的問題の一つは、雑草の発生実態・予測に基づいた除草剤利用を形にすることではないか。繁殖器官の土壤中の寿命・休眠・生育・競争・増殖・遷移といった

要素ごとに量的確定をしこれを組み立てシミュレートするという科学的方法もすこぶる大切だが、技術の形になるのは何時のことか分からない。これら科学的知見を最大限活用しつつ、宮原さん、佐合さんたちが提言しているように、経年の残草量と当年の発生量との疫学的関係式を求め、当たらずといえども遠くない予測を試みるべきではないか。(後略)」と述べている。さらに同氏は、第15回APWSS(1995)での基調講演および日本雑草学会第13回シンポジウム(1997)の講演においても、除草剤の環境に対する負荷軽減のためには、「雑草の発生予測に基づく除草剤利用」技術を緊急に確立すべきであると、とくにシンポジウム講演では、先に引用した「疫学的関係式」に関する試案を示した。

筆者は雑草発生予測に関する「疫学的関係式」についてのより詳細な知識を得るため、1997年の冬、植調会館に千坂氏を訪ねた。そして、手渡していただいたのが別紙である。別紙の千坂試案は具体的な雑草発生予測法というより、発生予測法開発を志す者が自分自身で考えるためのヒントのようなものである。そこで、別紙を研究室に持ち帰り種々検討し、試行錯誤を重ねながら策定したのが以下に述べる手法(モデル)である。

雑草発生予測の経験式

を作るための試験（試案）

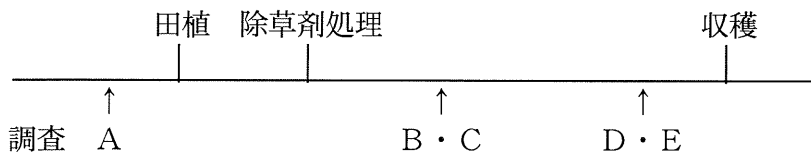
調査項目

- A 土壤中種子数：規格化された調査法で。
- B 除草剤処理 残草本数：残草はそのまま放置。
- C 除草剤無処理 雑草本数：小面積の無処理部，調査後除草。
- D 成熟期残草量：本数，乾重。
- E 成熟期生産種子数 M 気象要素 S 土壌要素

草種別に調査，ただし草種限定。

同一圃場で数年間継続。雑草発生量の異なる圃場で反復。

除草剤無処理部の簡便な水管理法の案出。



$A \cdot C \cdot (B/C) \cdot D$ の経年変化

A と C ; $A \cdot (C - B) \cdot E$ と次年 A ; D と E ; 次年 C

これらの関係から $\Rightarrow C = f(A)$ [実用性に問題]

$\Rightarrow$ 次年 $C = f(\text{前年の } A \cdot B \cdot C \cdot E)$

$\doteq f(\text{ " } C \cdot D)$

最終的に 1 枚の田で 次年 $C = f(\text{前年の } D)$

各地域・地帯で規格化された試験方法でデータ集積。

水稻成熟期にある程度の残草を許容することが前提。

2. 本研究の背景と目的

水稻作では効果的な除草剤の開発・普及とその適正な使用とによって，雑草の発生が極めて低い水準に抑えられている圃場が多数見受けられる。このような圃場では数年に一度，除草剤を使用しない年を設けることが可能で，また，そうすることが環境負荷軽減のために重要と考えられるが，生産者としては，雑草害を危惧してなかなか除草剤無使用には踏み切れないのが

現状である。そこで，個々の圃場において除草剤を使用しない場合の雑草の発生を事前に予測し，予測された雑草発生数が許容限界以上であれば除草剤を使用する，許容限界以下であれば使用しないとする手法の開発が急務である。圃場における雑草発生数を予測するには，その圃場の埋土雑草種子の種類と量を調べるのが最も確実とされている。しかしながら，埋土雑草種子の調査は時間と労力がかかり，とくに種子

あるいは幼植物の種類判別と計数は、専門家に頼らねばならないという制約がある。そこで、生産者自身が簡便に行える発生予測法を目指し、水稻収穫期の残草量(個体数と乾物重)から翌年の雑草発生数を予測する経験式を導こうとした。

3. 発生予測のための個体群動態モデル

図-1は除草剤を使用した水田圃場に一部、無除草剤区を設けた場合の雑草種子と個体数の年間動態モデルである。同図において長方形は状態変数を表し、具体的には埋土種子数、発生個体数、生産種子数であり、円は補助変数を表

し、具体的には埋土種子数や生産種子数に関する情報である。実線の矢印は物質(種子数や個体数)の流れ、破線の矢印は情報の流れ、矢印に添えたバルブ内の英小文字は変数の変化率を示すパラメータ(定数)である。なお、無除草剤区の雑草は定着個体数(CX)の調査後、結実前に全て除去することとしている。以下に述べるように、本モデルにおける11個のパラメータの値が全て求められれば、水稻収穫期残草量から翌年、除草剤を使用しなかった場合の雑草発生数が予測できる。

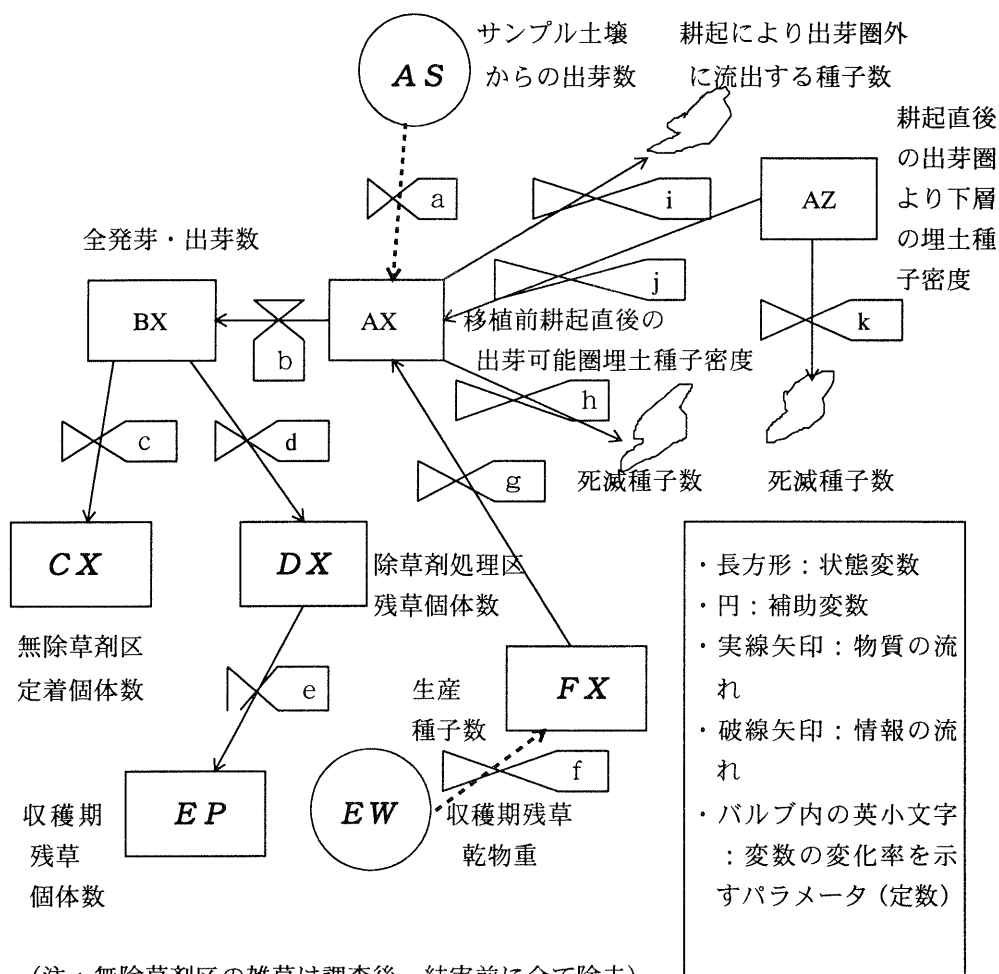


図-1 圃場における雑草の種子および発生個体の動態モデル

4. 図-1のパラメータ値を求めるための圃場試験

(1) 圃場試験の概要

試験は1998～2001年の4年間、中央農研谷和原水田圃場を2枚(Ⅳ圃場およびⅦ圃場)用いて行った。耕種概要は各年次、両圃場とも同じで、水稻(品種初星)の移植は5月上～中旬、収穫は9月上旬である。それぞれの圃場に除草剤処理区と小区画の無除草剤区を設け、除草剤処理区にはピラゾスルフロンエチル・メフェナセット1Kg粒剤0.25Kg/10a(基準量の1/4)を移植後1週間以内に散布し、無除草剤区は畦畔板で囲って除草剤の流入を防いだ。

(2) 埋土雑草種子数および発生雑草量の調査

対象雑草はコナギ、イヌホタルイ、ヒメタイヌビエに限定した。ただしⅣ圃場では、4年間ともヒメタイヌビエの発生はなかった。調査は図-1に斜体太字で示したAS, CX, DX, EP, EW, FXの6変数について行い、調査方法は4年間とも同一とした。すなわち、毎年4月下旬に、直径5.1cm、高さ5cmのコアで各圃場につき20点の土壌を採取し、ガラス室内でプラスチック容器に1.5cmの厚さに拡げ代掻き後、常時湛水状態を保ちながら各草種の出芽数を10月末日まで定期的に調べた。そして、各草種における発芽床m²当たりの出芽数をサンプル土壌からの出芽数(AS)とした。雑草量の調査は7月中旬と9

月上旬(水稻収穫直前)の2回行い、7月中旬調査は無除草剤区定着個体数(CX)と除草剤処理区残草個体数(DX)、9月上旬調査は、除草剤処理区における残草の個体数(EP)、乾物重g(EW)および生産種子数(FX)である。雑草抜き取り調査は50×50cmのコドラートによる4反復で行い、結果をm²当たりに換算して各変数の値とした。表1にコナギにおける6変数の2圃場、4年間の値を示す。

5. パラメータ値の求め方

図-1におけるa～kの11個のパラメータは、圃場および年次の違いに拘わらず、それぞれ同一の定数と仮定している。この点については議論の余地が残されているので後ほど考察することにして、ここでは仮定どおりに進める。すなわち、4.で実測した各変数間の関係をパラメータと組合せた式で表し、式の最適解が得られるようなパラメータ値をシンプレックス法を用いて決定する。シンプレックス法とは偏差の2乗和などをパラメータの目的関数と考え、目的関数の値を最大あるいは最小とするパラメータの値の組をコンピュータでいわば試行錯誤的に見つける方法である。以下では、コナギにおける実際の数値(表-1)を用い、パラメータ値を求める過程を説明する。

(1) パラメータc, dの値を求める

$$CX=c \times BX$$

従って

$$\ln(CX) = \ln(c) + \ln(BX) \quad ①$$

$$DX=d \times BX$$

従って

$$\ln(DX) = \ln(d) + \ln(BX) \quad ②$$

①式-②式を整理すると

$$\ln(CX) = \ln(c) - \ln(d) + \ln(DX) \quad ③$$

表-1 コナギにおける図-1に示す6変数の値

圃場	年次	AS	CX	DX	EP	EW(g)	FX
Ⅶ	1998	2775	1215	185	157	0.98	590
Ⅶ	1999	1590	682	93	81	2.04	1085
Ⅶ	2000	1700	590	115	97	1.51	799
Ⅶ	2001	570	489	36	30	2.55	1370
Ⅳ	1998	1005	515	67	55	1.32	860
Ⅳ	1999	500	351	30	27	1.89	1057
Ⅳ	2000	510	300	37	28	1.15	762
Ⅳ	2001	690	245	44	38	0.77	581

注) 変数の単位はいずれも1m²当たり

③式の関係に基づきシンプレックス法のプログラムでcとdの値を求める。筆者が利用しているのは、小林和彦博士（農業環境技術研究所）作成のパソコン用プログラムで、N88BASICで記述されたものである。このプログラムは大きく分けて三つの部分から構成されている。1番目の部分は“MAIN PROGRAM”で、ディメンジョン宣言やデータの読み込みなどを実行するプログラムである。2番目の部分は“シンプレックス法のSUBROUTIN”で、本プログラムの核である。3番目の部分は“FUNCTION SUBROUTIN”で、これにユーザがパラメータ値が未知の何らかの関数を与えると、“シンプレックス法のSUBROUTIN”によってシンプレックス操作を繰り返し、最適なパラメータ値を計算するプログラムである。文章による説明では分かりづらいので、以下にcおよびdの値を本シンプレックス法プログラムで求める際の“FUNCTION SUBROUTIN”を記述する。

```

5000 REM FUNCTION SUBROUTIN
5010 C=X(1) : D=X(2)
5020 SS=0
5030 FOR Z=1 TO TN0
5040     CX=D(Z,1)
5050     DX=D(Z,2)
5060     ESTY=LOG(C)-LOG(D)+LOG(DX)
5070     ESTV=ESTY
5080     REAL=LOG(CX)
5090     SS=SS+(REAL-ESTV)^2
5100 NEXT Z
5110 F=SS
5120 RETURN

```

プログラムでは予め、表-1に示した変数CXとDXの値の組（圃場2×年次4=8組）を読み込んで配列に納めてある。従って、5030行のTN0は8である。計算の結果、c=0.808、d=0.104と求

められた。

(2) パラメータa、bの値を求める

$$AX=a \times AS = CX \div c \div b$$

従って

$$\ln(a) + \ln(AS) = \ln(CX) - \ln(c) - \ln(b) \quad (4)$$

$$AX=a \times AS = DX \div d \div b$$

従って

$$\ln(a) + \ln(AS) = \ln(DX) - \ln(d) - \ln(b) \quad (5)$$

④式+⑤式を整理すると

$$\ln(AS) = 0.5 \times (\ln(CX) + \ln(DX) - \ln(c) - \ln(d)) - \ln(a) - \ln(b) \quad (6)$$

⑥式においてcとdの値は既知であるので、シンプレックス法での計算の際には、その数値を代入して実行する。計算の結果、a=0.854、b=0.739と求められた。

(3) パラメータe、fの値を求める。

$$EP=e \times DX \quad (7)$$

⑦式の関係を用いてシンプレックス法で計算して、e=0.848と求められた。

$$FX=f \times EW \quad (8)$$

⑧式を用いてシンプレックス法で計算して、f=565.5と求められた。

(4) 残りのパラメータg、h、i、j、kの値を求める

上記5個のパラメータ値の求め方はやや複雑である。図-1を参照しながら考え方を追って欲しい。まず、耕起操作が入らない場合の翌年のAXをAXp+1、当年のAXをAXn、同じくFXをFXnとする。すると図1から次の関係が得られる。

$$\begin{aligned} AX_{p+1} &= AX_n - (b \times AX_n) - (h \times AX_n) + (g \times FX_n) \\ &= (1-b-h) \times AX_n + (g \times FX_n) \end{aligned}$$

次に耕起操作が入った場合の翌年のAXをAXn+1、当年のAZをAZnとすると

$$\begin{aligned} AX_{n+1} &= AX_{p+1} - (i \times AX_{p+1}) + j \times (AZ_n - (k \times AZ_n)) \\ &= (1-i) \times ((1-b-h) \times AX_n + g \times FX_n) \end{aligned}$$

表-2 雑草の種子および発生個体の動態に関するパラメータ値

雑草名	パ ラ メ ー タ										
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k
コナギ	0.845	0.739	0.808	0.104	0.848	565.5	0.440	0.110	0.272	0.425	0.177
イヌホタルイ	0.596	0.526	0.889	0.286	0.458	160.7	0.688	0.387	0.408	0.018	0.132
ヒメタイヌビエ	0.599	0.610	0.976	0.059	0.056	106.9	0.505	0.228	0.708	0.866	0.258

注) 2 圃場、連続4年間の試験結果から導いた。

$$+j \times (1-k) \times AZn \quad (9)$$

ここでAZnは、当年の耕起直後における出芽圏より下層の埋土種子密度を表す変数であるから、この値はAXnにほぼ等しいと考えられる。さらに、AXn=a×ASnである。そこで、これらの関係を⑨式に代入して整理すると

$$ASn+1 = (1-i) \times ((1-b-h) \times ASn + g \times FXn \div a) + j \times (1-k) \times ASn \quad (10)$$

ここで、aとbは既知であるのでシンプレックス法による計算の際にはそれらの数値を入れて実行する。計算の結果、g=0.440、h=0.110、i=0.272、j=0.425、k=0.177と求められた。

以上のコナギについて求めた11個のパラメータ値と、同様にして求めたイヌホタルイおよびヒメタイヌビエにおける各パラメータ値を表-2に示す。

6. 翌年の雑草発生数の予測

図-1に示した個体群動態モデルにおける11個のパラメータ値がすべて求まっていれば、無除草剤区を設けていない圃場でも、当年(n)の水稲収穫期残草量から、翌年(n+1)、除草剤を使用しなかった場合の雑草発生数(Y)が予測できる。引き続きコナギのケースで説明しよう。

すなわち、当年の出芽可能圏埋土種子密度(AXn)は、当年の収穫期残草個体数(EPn)から導かれる。

$$AXn = EPn \div (e \times d \times b) = EPn \div 0.065 \quad (11)$$

また、生産種子数(FXn)は、収穫期残草乾物重g(EWn)から導かれる。

$$FXn = f \times EWn = 565.5 \times EWn \quad (12)$$

すると、⑨、⑩式の関係から

$$AXn+1 = (1-i) \times ((1-b-h) \times AXn + g \times FXn) + j \times (1-k) \times AXn \quad (13)$$

$$= 0.460 \times AXn + 0.320 \times FXn \quad (14)$$

⑪、⑫式から

$$AXn+1 = 7.077 \times EPn + 180.96 \times EWn \quad (15)$$

最終目的である翌年(n+1)、除草剤を使用しなかった場合の雑草発生数(Y)は、図-1における翌年の無除草剤区定着個体数(CXn+1)に等しい。従って、次式から予測することができる。

$$Y = CXn+1 = b \times c \times AXn+1 \quad (16)$$

$$= 0.597 \times AXn+1$$

$$= 4.225 \times EPn + 108.03 \times EWn \quad (17)$$

例えばⅦ圃場において、1998年を当年(n)とすると、表-1からEPnは157/m²、EWnは0.98g/m²である。従って、対象としている翌年(n+1)、1999年におけるCXn+1の実測値は682/m²で、これに対し⑪式から計算した予測値は769/m²となる。

図-2には、コナギ、イヌホタルイ、ヒメタイヌビエの3草種について、⑪、⑫、⑬、⑯式に各パラメータの値(表-2)および当年の収穫期残草個体数(EPn)と残草乾物重g(EWn)の実測値を代入して予測した、翌年、除草剤を使用しなかった場合の発生数(Y=CXn+1)と、翌年

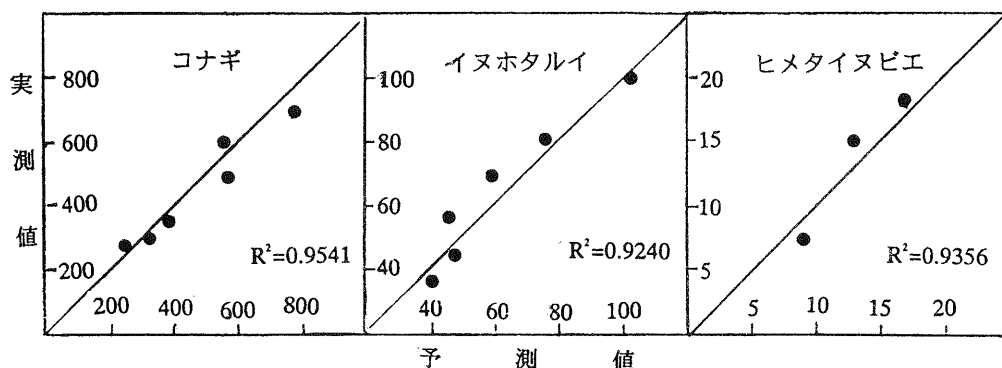


図-2 ⑪, ⑫, ⑬, ⑯式から予測した3種雑草の翌年発生数と実測値との比較 (本/m)

の無除草剤区定着個体数 (CX_{n+1}) の実測値とを対比して示した。

7. 本手法 (モデル) の妥当性

図-2における予測値と実測値との高い一致程度を見る限り、本手法 (モデル) の妥当性は検証されたかに思える。しかしながら、同図には大きな問題点がある。すなわち、1) 翌年発生数の予測式を導く過程では、上述のように11個のパラメータが必要であるが、これらパラメータの値は、2圃場、4年間における各6個の変数の実測値に基づき、それぞれの変数と変数との関係 (変化率) が、圃場、年次を通して一定であるとの仮定の下で、最適値をシンプレックス法によって求めたものである。2) 言い換えると、実測したそれぞれの変数と変数の関係を満足するようにパラメータの値を定めているので、このパラメータ値 (変化率) を用いて、ある変数の実測値から他の変数を予測した場合、予測値と実測値とがほとんど一致するのは当然である。3) 図-2では、実測した6個の変数から導いた11個のパラメータ値のうち、aを除く10個のパラメータをn年の変数 EP_n および EW_n の実測値と組合せ、翌年の雑草発生数 (CX_{n+1}) を予測し、変数 CX_{n+1} の実測値と比較している。

これまで述べてきたとおり、同図における実測値と予測値が良く一致することは、むしろ当たり前なのである。従って、この種のモデルの妥当性を検証するに当たっては、パラメータの値を導くために実施した試験とは切り離して、純粋にモデルの精度を検証するためだけの試験を組む必要があるが、ここではその種の試験は実施していない。

モデルによる予測値が実測値と合うか合わないかという議論は、いったんこの辺りで終わりとし、話を先に進めよう。次はモデルの構造や仮定の妥当性についてである。図-1に示すモデルの構造やそこでの仮定で最も問題となるのは、同図におけるa~kの11個のパラメータを圃場や年次の違いを通して一定の定数と仮定している点である。なかでも特に、除草剤の効果を示すパラメータd (全発芽・出芽数 BX から除草剤処理区残草個体数 DX への変化率) は、実際には土壌、気象、栽培管理などの諸条件によって大きく変動することが知られており、圃場、年次を通して一定と仮定することには無理があると、しばしば指摘されるところである。一方、筆者の試験では、圃場、年次を通して同一成分の除草剤を同一量 (基準量の1/4) 散布したこと、用いた2枚の圃場は同じ中央農研谷和原水

田圃場内にあり土壌条件や栽培管理条件がほぼ同じであったこと、試験を行った4年間の気象条件に大きな変動がなかったことなどから、結果はdを圃場、年次を通して一定とする仮定を概ね満足するものであった。なお、ここで除草剤の散布量を基準量の1/4としたのは、収穫期残草量がゼロとならないようにしたためである。しかしながら、本手法は当然、一般の生産圃場で適用されることを目指している。この場合、生産者が使用する除草剤の種類は、個人の違いや地帯・年次等の違いによって様々と想定される。また、散布量は剤の使用基準に則って決まってこよう。筆者の試験で求めたdの値は、あくまでもピラゾスルフロンエチル・メフェナセツト1Kg粒剤を散布量0.25Kg/10aで使用した場合の値である。従って現在の段階では、実際の生産現場に本手法をそのまま適用することは難しいのである。

8. むすびにかえて

長々と述べてきたあげくの結論が、「本手法は、現段階のままでは生産現場に適用するのは難しい」というのではあまりに申し訳ない。そこでここでは、本プロトタイプの手法を実用的な手法に発展させるための方策について考えてみたい。

本手法を現場に適用するに当たっては、まず、2つのステップを踏む必要がある。第1のステップは、図-1のモデルにおけるパラメータの値を求めるのに必要な変数を実測するための圃場試験である。この試験は各地域・地帯ごとに規格化された方法を用い、複数の圃場で2年以上連続して行う必要がある。試験を実施する主体は現場に近い研究機関か普及機関が適当であろう。ただし、得られたデータを基にシンプレ

ックス法によってパラメータの値を求める計算は、当面、筆者の研究室で実行することにする。第2のステップは、エンドユーザである生産者個々の圃場における本手法の適用である。この場合、生産者は通常管理条件で水稻を栽培すればよい。除草剤も任意に選択する。ただし、水稻収穫期にある程度の残草がないと翌年の雑草発生数が予測できないので、この点には留意が必要である。生産者は水稻収穫直前に、各圃場における草種別残草のm²当たり個体数と乾物重gを調べる。次に、これらの値をステップ1で導かれる⑩式に示すような単純に整理された式に代入し、翌年の各草種の発生数を予測する。そして、予測された雑草発生数が許容限界以上であれば翌年も除草剤を使用する、許容限界以下であれば使用しないとする意志決定をなす。

さて、本手法を実用的なものにする改良策であるが、二通りのやり方が考えられる。一つ目の方法はステップ2の改変である。ステップ2での問題は、パラメータdの値が使用する除草剤の種類や葉量で異なるため、収穫期残草個体数(EP)から出芽可能圏埋土種子密度(AX)が算出できないことである。そこで、パラメータdを用いなくてAXを算出する手段を講じればよい。すなわち図-1の関係から、1) $AX=a \times AS$ および 2) $AX=CX \div (c \times b)$ の2つの算出方法がある。しかしながら、1)は、「発芽法による埋土雑草種子密度の推定」という専門家にとっても面倒なテストを生産者自身に強いることになり、一方、2)では、生産圃場の中に「無除草剤区」を設けなくてはならない。これらはいずれも現実的な方法とは考えられない。従って、ステップ2の改変には今のところ無理がある。

二つ目の方法はステップ1の改良である。筆者の圃場試験では、パラメータdを圃場、年次

を通して一定の値とするため、除草剤は全ての試験において同一の剤を同一薬量で使用した。そして、このことが、剤や薬量が種々に異なるケースが想定される現場に対して、本手法を直ちに適用できない主要因となっている。そこで改良法では、まず、複数の圃場（5枚以上が望ましい）で2年間連続して、同一の剤を基準量で使用し、パラメータの値を求めるための試験をする。ただしこの場合、水稻収穫期にある程度の残草があることが前提である。この試験方法は、筆者の試験に準ずるものであるから、試験から求められるdも含めた11個のパラメータの値は、圃場、年次を通して一定と仮定できる。3年目は、剤の種類だけを変えるだけで、他の設計は前の2年と全く同一とした圃場試験を行う。除草剤は各地域、地帯で最も広く普及している剤をリストアップして、それぞれの試験圃場に割り当てる。すなわち、圃場を5反復（枚）で使用している場合は、5種類の剤が用いられることになる。散布薬量はそれぞれの剤の基準

量とするが、この場合にも収穫期に残草があるよう留意が必要である。この3年目の試験では、各圃場で無除草区定着個体数(CX)と除草剤処理区残草個体数(DX)だけを実測すればよい。それは、図-1におけるdを除く10個のパラメータの値は前の2年間の試験において決定しているからである。その結果、dの値は圃場ごとに、 $d=c \times DX \div CX$ から求められる。そして、ステップ2である現場での適用においては、生産者が使用した除草剤の種類と同一の剤か、あるいは非常に近い効果をもつ剤を使用した試験圃場で得られたdの値を用いて、翌年の雑草発生数を予測する。

以上のように本手法は現段階ではプロトタイプであり、直ちに現場に適用しうるものではないが、今後、改良を積み重ねることによって、実用性のある手法となるのもそう遠い将来のことではないと考えている。

この草はなんだろう? 手軽に調べたい。

三二雑草図鑑

—— 耕地雑草ハンドブック ——

A5判 本体2,200円(税別)

耕地には主要なものだけで150種を超える雑草が生えてきます。これら雑草の防除の第一歩は草を知ることです。本書は、農耕地や樹園地などによく見られる雑草397種を写真とともに紹介した、草を知るための野帳版雑草図鑑です。

原色図鑑 芽ばえとたね

浅野 貞夫／著

A4判 本体9,800円(税別)

芽ばえの姿はどうなんだろう。本書は、植物の芽ばえのようすを克明に表した精密図版と、種・成植物の写真による植物の一生図鑑です。成植物のみの図鑑と異なり、芽ばえのようすから紹介しているため、植生などの調査にたいへん役に立つとの声が寄せられています。

全国農村教育協会

〒110-0016 東京都台東区台東1-26-6
Tel. 03-3833-1821 Fax. 03-3833-1665