

植物たちの生活から見た

環境保全型雑草防除技術

農業環境技術研究所地球環境研究チーム 池田 浩明

1. はじめに

高度経済成長期における日本の農業は、その近代化・効率化を目的として集約的な農業技術を発展させてきた。しかし、近年、人間活動の増大に伴う地球環境問題が世界のいたる所で顕在化しており、農耕地の持つ環境保全機能が注目されるとともに、少量のエネルギー投資で持続的な農業（LISA）が求められる新しい時代を迎えている（鳥山，1992）。したがって、雑草管理においても、環境保全型防除技術の開発が重要課題であると言えよう。野口（1994）は、環境保全型雑草制御技術を、1）生態的・耕種の防除、2）物理的・機械的防除、3）生物的防除、4）除草剤の適正利用による化学的防除に大別し、とくに、1）の生態的・耕種の防除について詳細に論説している。このような新しい雑草防除技術を考案する際には、雑草そのものの生活に基づいた生態学的手法を模索することも良案であろう。

植物の中で、雑草とはどのような生態学的特徴を持つのだろうか？ 沼田（1979）は、耕地雑草の性質として、1）早い生長速度と短い寿命、2）種子が小さくて多産、3）密度調節機構と個体の補充能力の高さをあげている。雑草も、生きものである以上、出生・成長・繁殖・死亡を繰り返しながら、生活している。これらの過程は、生物学的に種子段階・発芽段階・栄

養生段階・生殖生長段階・枯死段階と表現される。雑草を防除する際には、これらの生活段階ごとに雑草の弱点を良く理解し、最も少ない労力と資材で、合理的に作物への害を抑えることが肝要である。そこで本報では、種子から栄養生長までの生活段階ごとに、新しい環境保全型雑草防除・管理技術の可能性について考えてみたい。

2. 種子段階 — 雑草の休眠過程

種子段階は、雑草に限らず、植物にとって最も環境ストレスに対する抵抗性が高いステージである。事実、植物たちには、生存に不適な乾期や冬季を種子という形態で耐え忍ぶものが多い。したがって、農薬による化学的防除も困難であり、防除技術が皆無であると言っても過言ではなかろう。しかし、雑草が種子である時期は、作物にとっても休眠期に当たることが多く、作物を気にかけずに、かなり大掛かりな機械作業を導入できる時期である。しかも、この種子段階で雑草を排除できたなら、その後の除草作業は一切不要となり、かなりの労力削減に結びつくであろう。

雑草の種子は、通常、以前に生産されたものが土壌中に蓄えられ、埋土種子集団を形成する。雑草は、一般的に種子を多産するため、埋土種子数も多い。この埋土種子集団に対する防除技

術としては、火炎放射や火入れによる物理的防除があげられよう。しかし、この方法を用いると土壌有機物も同時に失われるため、デメリットも大きい。したがって、機械を利用した除去処理が最も有効であると考えられる。しかし、この技術が実用化されるためには、まず土壌から種子を効率良く選別する技術の確立を待たなければならない。また、もう一つの可能性として、種子食の土壌動物を導入するという生物的防除をあげておきたい。

種子段階について、忘れてはならないことは、雑草の農地への侵入過程である。雑草は農耕地ができる以前からの住人ではなく、農耕地が造られた後に侵入してきたものがほとんどである。したがって、埋土種子の処理だけではなく、この雑草侵入を抑制することも重要である。ところが、実際のところ、この種の雑草防除はほとんど行われていない。雑草の侵入経路としては、風散布によるもの（セイタカアワダチソウ・タンポポ類）、厩肥への混入、動物散布（人間・家畜が運搬）が考えられる。風散布型種子の侵入を妨害するには、かなりの施設が必要であろうが、それ以外の侵入過程については、種子の選別さえできれば防除できる。いずれにしても、この種子段階に対する防除の鍵は、種子の選別技術の開発が握っていると言えそうだ。

3. 発芽段階 — 雑草の定着過程

発芽段階に対する防除技術は、「発芽させない」技術と「発芽後の幼時期に排除する」技術とに大別される。「発芽させない」技術は、雑草の多くが発芽する際の光要求性が高いことを利用するもので、太陽光線をさえぎって発芽を抑制する技術である。黒色フィルムマルチによる物理的防除は、このタイプに分類されよう。

雑草の中には、アオゲイトウやアキエノコログサのように種子の寿命が1～2年というものも多く、発芽を抑制するだけで枯死させることができる。そのような雑草種に対して極めて有効な防除である。

雑草も、人と同様、生まれたばかりの時に死亡率が高い。したがって、「発芽後の幼時期に排除する」技術は、防除の中でも最も効率的な手法であると言える。事実、除草剤にはこのステージに効力を発揮するものが多く、また、古来より行われてきた中耕除草も、このタイプを代表する防除である。作物を導入する前に、雑草のみを発芽させて耕耘するという何を何回か繰り返せば、前述した埋土種子の数は激減するであろう。作付けまでに時間がある時には、除草作業を軽減する上でたいへん有効である。また、荒井（1979）は、秋～春にかけての反転耕で、種子集団を土中深くに移動させることが雑草防除に有効であると述べている。種子の土壌中における位置が深くなるほど発芽が抑制され、仮に土壌深層で発芽しても、なかなか土壌表面まで到達できずに幼死するというわけだ。

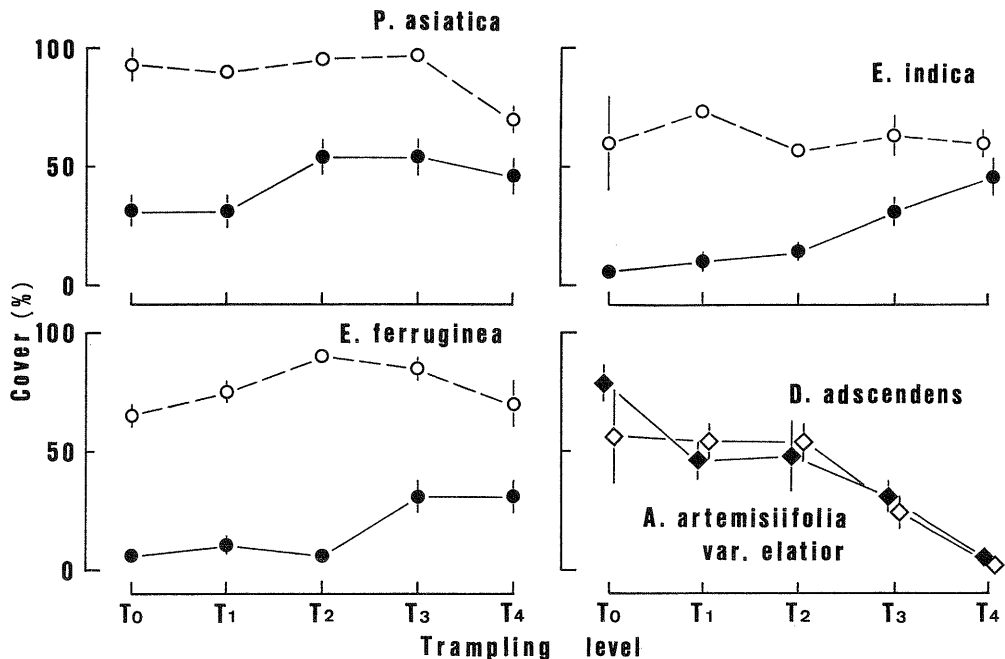
機械にたよらなくとも、有効な防除もある。やはり古くから行われてきた「敷草・敷わら」が、このタイプに含まれる。雑草の芽生えは、敷かれた草やわらを突き破ることができず、生長に必要な光も届かず、やがて枯死する。最近では、この「敷草・敷わら」をする農家が少なくなっているが、この方法は、環境に対する負荷が少なく、土壌有機物の維持にもつながるたいへん優れた防除技術である。敷くべき草やわらが手に入りにくいのであれば、その代替品を開発してでも復興してほしい技術である。

4. 栄養生長段階 — 作物との競争過程

栄養生長段階は、雑草－作物間に光や栄養塩を巡る競争が生じ、作物に実害を及ぼすステージである。また、このステージの生長を妨害できれば、種子が生産されず、埋土種子集団への新たな種子の供給もなされない。したがって、生活段階の中でも、雑草防除上最も重要なステージであると言えよう。田畑輪換や作物の輪作による耕種的防除は、このステージに対する生態的防除を代表する技術である。これらの技術については、野口（1994）の総説があるので参照してほしい。

競争という生物間相互作用は、雑草－作物間だけでなく、雑草種間にも大きな影響を及ぼしている。Ikeda・Okutomi（1990）は、路上に成立する雑草群落を対象にし、実験的な踏みつけや生物間相互作用がその種構成に与える影響を検討した。その結果、踏圧が弱い所ではオ

オバコ・カゼクサ・オヒシバはブタクサ・メヒシバといった耕地雑草との競争に負けてしまうが、踏圧が強いと競争から解放されて定着できるようになることが明らかになった（図－1）。また、単植（他種との競争がない）条件で生育させたときの最適生長が比較的弱い踏圧（ $T_0 \sim T_3$ ）条件に見られたことから（図－1）、オオバコなどの路上雑草が踏圧環境を生理的に好んでいるのではなく、種間競争の産物として、強踏圧環境下での生活を強いられていることを指摘している。これらのことから、雑草群落の分布は立地環境に対する耐性のみで一義的に決まるのではなく、生物間相互作用が大きな役割を演じていることがわかる。また、植物間には、相手の生長を阻害するような競争のみではなく、共生といった相手の生長を助けるような正の相互作用も生じる（Ikeda・Okutomi, 1992）。



図－1 踏圧が1年目（1986）の主要種の被度最大値（cover, %）に与える影響

○単植, ●混植: *P. asiatica* オオバコ, *E. ferruginea* カゼクサ, *E. indica* オヒシバ,

◇: 混植 *D. adscendens* メヒシバ, ◆: 混植 *A. artemisiifolia* var. *elatior* ブタクサ

(Ikeda & Okutomi, 1990)

それならば、この生物間相互作用を活用した生態学的な雑草防除技術はないものだろうか？

現在でもアフリカ、南米、南アジアなどの熱帯地方で広く活用されている混作 (mixed cropping)・間作 (intercropping) は、この生物間相互作用を活用した農業技術の一つと言えよう (塩見, 1993)。従来は、間作による生産性の向上のみが注目を浴びてきた (Vandermeer, 1993) が、間作のもう一つの着目点は、雑草の侵入を妨げるような作物種の組み合わせや空間分布があるのではないかという点である。例えば、作物種 A が雑草種 a の侵入に強く、作物種 B が雑草種 b に強いという

場合、作物種 A の単作だと雑草 b が侵入してしまうが、作物種 A と B を間作することにより両雑草種の侵入を妨げることが可能になるかもしれない。

日本の農耕地のように比較的肥沃な立地での植物間の競争においては、とくに光を巡る競争が支配的となる。光を巡る競争においては、作物の方が雑草より競争力が高く、雑草を抑圧する場合もある。野口 (1986) は、作物の違いが雑草の発生・生育に及ぼす影響について検討し、トウモロコシ・大豆が雑草の繁茂を良く抑えるが、陸稲とらっかせいは雑草の繁茂を許してしまうことを示した。また、その理由が、トウモ

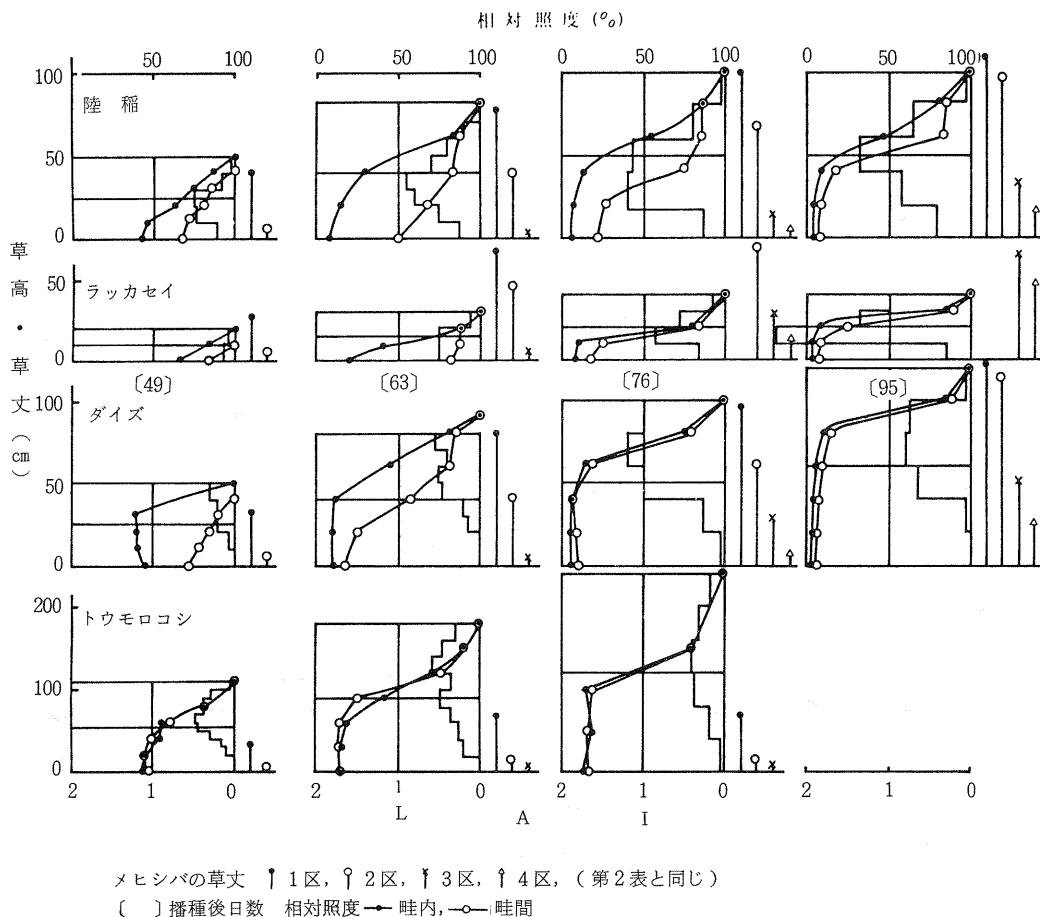


図-2 作物群落内の相対照度、葉の分布の変化およびメヒシバの草丈の推移

(野口, 1986)

ロコシ・大豆の畦間を遮光する速度が速く、かつ、葉群下の相対照度を低く保持する性質にあることも明らかにした(図-2)。このように、作物の雑草抑制力は、その生育速度と遮光特性に依存して異なってくるようだ。

この作物の雑草抑制力というアイデアをさらに進めると、殺さなくても雑草が消滅する薬(種間競争調節剤)も考えられる。光を巡る競争においては、とくに草高が最もその競争力を決定するので、上方への伸長を抑えるだけで雑草の競争力は著しく低下し、作物種に被圧されるようになるだろう。そうすれば、雑草を消滅させるに至らなくとも作物生産への悪影響はほとんど無視しうる程度となり、逆に農業生態系を安定させる効果も期待されうる(Nemoto, 1982)。したがって、従来の除草剤のようにタンパク合成系や光合成系の阻害剤ではなく、雑草伸長抑制剤とでも言うような薬を考えてもいいのではないだろうか。また、この応用として、発芽遅延剤も考えられる。伸長速度が早くともそのスタートさえ遅くしてしまえば、発芽したときにはすでに作物の葉群の真下にあり、十分な光が得られないという状況を人為的に作り出すことになる。

この他にも、生物間相互作用を利用した防除技術として、アレロパシー(他感作用・自家中毒作用)や生物的防除(biological control)があげられるが、近年、植物-微生物間の相互作用に関する研究が注目されている。例として、菌根菌を接種するとしないことで、種間競争の結果が著しく変化することが明らかになってきている(Allen・Allen, 1990)。この技術が発展すれば、種間競争調節剤として微生物を利用する時代が訪れる可能性もあり、興味深い。また、微生物は、生態系において分解者として

重要な機能を果たしており、その利用を含めたなお一層の研究が期待される。

5. ま と め

ここで述べた防除技術を表-1にまとめてみた。雑草は、農業を営むものにとって、作物生産を阻む強大な敵である。しかし、日本の気候条件は森林の成立に適しており、農耕地も放置し続ければ、いずれは森林へと遷移していく。この過程の中では、雑草は、農耕地を放棄した後わずか数年間のみの生存しか許されない弱者として認識される。雑草が繁茂し続けるには、裸地という日当たりの良い立地が毎年繰り返して提供されなければならない。まさに農耕という人間活動が、この立地を雑草に提供しているからこそ、雑草は強者であり続けるのだ。したがって、この人間活動を工夫することで雑草を本

表-1 雑草の生活段階による環境保全型雑草防除技術の分類

防除技術の種類	種子段階	発芽段階	栄養生長段階
生態的・耕種的防除		敷草・敷わら	田畑輪換 作物の輪作 混作・間作 作物による雑草抑圧力の利用
物理的・機械的防除	種子選別装置による除去	黒色フィルム マルチ 中耕・培土 秋～春の反転耕	中耕
生物的防除	種子食土壌動物の導入		植食性昆虫の利用 微生物の利用
化学的防除		発芽遅延剤	雑草伸長抑制剤 アレロパシー物質の利用

来の弱者にしてしまえば、もっとも自然で合理的な雑草防除・管理が実現されることであろう。そのためには、ここで述べたような雑草の生活を良く理解し、現在の農業が抱えている問題を克服するような新しい技術体系を創造することが必須であろうと考えられる。

ガット・ウルグアイラウンドの合意に伴い、農業に関連した情勢の急変が予想される今日である。おそらく、徹底したコスト削減による低価格化と安全性が高く高品質な農産物を生産することで、輸入農産物に対抗し、日本の「食」の確保を考えて行かねばならないだろう。その際には、低コストで食料の安全性を高めるような環境保全型農業の確立が重要な役割を果たすものと予想される。したがって、環境保全機能といった農業生態系が持つ付加価値を見直すとともに、新しい発想による農業の活性化を強く期待したい。

引用文献

- Allen, E. B. & Allen, M. F. 1990. In "Perspectives on plant competition", eds. Grace, J. B. & Tilman, D., 367-389, Academic Press, San Diego.
- 荒井正雄. 1979. 雑草の科学, 21-67, 沼田真(編), 研成社.
- Ikeda, H. & Okutomi, K. 1990. *Ecological Research*, 5: 41-54.
- Ikeda, H. & Okutomi, K. 1992. *Journal of Vegetation Science*, 3: 217-222.
- Nemoto, M. 1982. In "Biology and ecology of weeds", eds. Holzner, W. & Numata, M., 395-401, Dr W. Junk Publishers, The Hague.
- 野口勝可. 1986. 雑草研究, 31: 96-101.
- 野口勝可. 1994. 植調, 28: 284-291.
- 沼田 真. 1979. 雑草の科学, 5-19, 沼田 真(編), 研成社.
- 塩見正衛. 1993. システム農学, 9: 7-21.
- 鳥山和伸. 1992. 植調, 26: 43-48.
- Vandermeer, J. H. 1993. In "Ecological processes in agro-ecosystems", eds. Shiyomi, M. et al., 205-224, Yokendo Ltd., Tokyo.

新刊

SHIBUYA INDEX (英語版) —Index of Pesticides— 1993年版

渋谷成美・ほか／編集 A4判 850頁 定価30,000円(税込)

1978年に第1版を発行して以来、簡便に使える農薬リストとして知られていた本書の第6版。世界の農薬すべてを網羅し、一般名、商品名、コードナンバー、メーカー名、構造式、適用場面、特性を記載。単剤3,300余種を構造別に整理し、関連化合物の検索も容易にできる。また、混合剤で4,100余種も掲載。

呈内容見本

全国農村教育協会 〒110 東京都台東区台東1-26-6(植調会館) 電話/03-3833-1821 FAX/03-3833-1665