

雑草学Ⅱ-1

イントロダクション

雑草学Ⅱで何を学ぶか

到達目標

雑草管理に関する基礎の理解



競合による減収（クログワイ）



収穫の妨害（木化したアメリカセンダングサ）



作物病害虫の宿主
(エゾノサヤヌカグサ)



収穫物の品質低下（クサネム）



家畜の中毒
(ワラビ)



生態系への悪影響（アレチウリ）



水利用・水上交通の妨害（ホテイアオイ）



寄生雜草 (*Striga hermonthica*)

除草法の種類

- 耕種的防除 Cultural control (of weeds)
- 機械的防除 Mechanical control
- 物理的防除 Physical control
- 生物的防除 Biological control
- 化学的防除 Chemical control

雑草学Ⅱ-2

さまざまな雑草防除法

1) 機械的防除

注) 化学的防除（除草剤）については
後半の回にまとめて解説する



人力回轉除草器
(田打車)



原動機付刈り払い機



ハンマーモア

雑草学Ⅱ-3

さまざまな雑草防除法

2) 生物的防除

雑草の生物的防除の原則

(植木・松中『雑草防除大要』から要約)

- a) 特定の草種のみを対象にすることが多い
- b) 雑草の根絶ではなく害の軽減が目標になる
- c) 利用生物には昆虫・小動物・植物病原菌などがある
- d) 外来雑草に対しては原産地における天敵が有力な候補
- e) 非標的生物に害を与えないことを厳密にチェックする
- f) 利用生物の分類学的位置づけを明確にしておく必要
- g) 天敵生物が利用環境で繁殖できるかどうか検討する

生物的防除法の基本戦略による分類と特徴

1. 天敵型 (Natural enemy, inoculative strategy)
 - ・ 原産地で天敵生物を探索して用いることが多い
 - ・ いったん導入すれば自律的に繁殖・拡散
 - ・ 公的機関が厳密な試験のもとに実施すべき

2. 生物除草剤型 (Bioherbicide, inundative strategy)
 - ・ 植物病原菌の孢子などを目的の場所に散布する
 - ・ 使用方法は除草剤に似る
 - ・ 自律的に他地域に拡散することは期待しない

3. 家畜型
 - ・ 家畜や小動物に雑草を食べさせる
 - ・ 集約的な管理が必要
 - ・ 耕種的防除とみるべき例もある

生物的防除法の実用化例

1. 天敵型

- ・ ウチワサボテンに対するCactus moth (オーストラリア)
- ・ Skeletonweedに対するサビ病菌 (オーストラリア)

2. 生物除草剤型

- ・ アメリカクサネムに対する炭そ病菌製剤 (アメリカ)
- ・ スズメノカタビラに対するXanthomonas製剤 (日本)
(多くは実用化後に販売中止となっている←コスト高の問題)

3. 家畜型

- ・ アイガモ農法
- ・ スクミリンゴガイ (ジャンボタニシ)
- ・ コイ、ソウギョ
- ・ 刈り跡放牧 (農牧混交地帯で一般的、耕種的防除でもある)

生物的防除法は「環境にやさしい」か？

農薬へのアンチテーゼ？ しかし・・・

生物の個体群動態や進化は予測しがたい

- ・ 除草剤の挙動のほうがずっと把握しやすい
 - ・ 除草剤は自ら進化しない
-
- ・ 生物的防除のつもりが生態系に大被害を与える可能性は常にある
 - ・ 「環境にやさしい」と決めてかかってはならない

雑草学Ⅱ-4

さまざまな雑草防除法

3) その他の防除法

◆ 物理的防除physical control

- 火炎除草器flame weeder
- レーザー除草器？laser weeder
- マルチングmulching
 - 敷き藁straw mulch 日本伝統的マルチ法
 - 「黒ビニルマルチ」 black plastic mulch
 - 他の色ではどうなのか？
 - 欠点は価格と廃棄物（→生分解性に移行）
 - 「防草シート」 weed control fabric
 - 不織布unwoven fabricがよく利用される
 - 一般に透水性・通気性
 - 樹皮マルチbark mulch

◆ グラウンドカバー・プランツ

ground cover plants

- ・ 園芸植物・緑化植物の範疇で，地表被覆力の高いもの
シバザクラ、マツバギクなど
- ・ 芝類は古典的なグラウンドカバー・プラント
- ・ 近年，多様化・利用急増
- ・ ツルニチニチソウなど逸出野生化し問題化した例あり
- ・ チガヤも在来のグラウンドカバープラントとして研究中

◆ 耕種的防除cultural control

- 田畑輪換
- 被覆作物cover crop≡ライブマルチ live mulch
 - 東北農業研究センターの研究例
- 果樹園の草生法sod culture (⇔清耕法clean culture)
- 土壌消毒soil disinfection, soil sterilization
- ハウス土壌の太陽熱消毒soil solarization
- 家畜糞の丁寧な堆肥化
- 焼き畑slash-and-burn agriculture, shifting cultivation
- Catch crop／Trap crop

雑草学Ⅱ-5

作物—雑草間の競合と 雑草害の大きさ

競合力を評価するさまざまな実験法

- 層別刈り取り法→生産構造図（門司・佐伯 1953）
主として光競合のメカニズムを分析
- de Witの置換シリーズ
合計密度を一定とし、作物と雑草の比率を変える。
理論的検討に用いられる。
- 付加実験
作物密度を一定とし、雑草密度を変える。
減収予測等、より現実的な目的に用いられる。
- 密度勾配実験
一見魅力的だが、方法論的欠点があり推奨できない。
- 地上部と地下部の競合の分離
現実には分離は不可能。

耕種方法が雑草害の大小に及ぼす影響

(Chisaka 1977より要約)

雑草による減収程度の大小

- イネ品種： 早生 > 晩生
 - 栽植密度： 疎植 > 密植
 - 除草時期： 防除遅れ > 早期防除
 - 施肥法： 追肥あり > 基肥のみ
-
- 全体に、昔の栽培法は減収程度が小さい傾向
→ 一種の耕種的防除

雑草密度と減収の関係のモデル化

代表的なモデルはCousensのrectangular hyperbola model

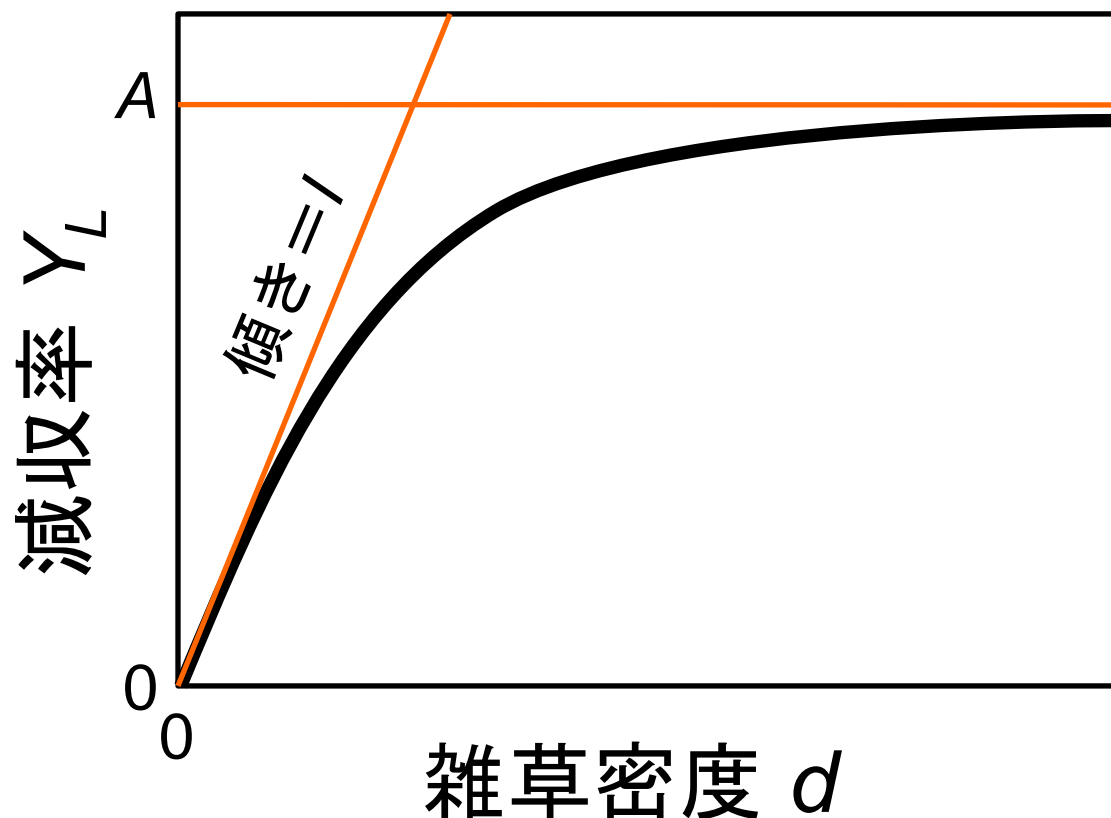
$$Y_L = \frac{I d}{1 + \frac{I}{A} d}$$

→ 導出してみよう！

仮定は簡単

- ・ 合計収量は一定
- ・ 作物の密度は一定
- ・ 作物と雑草それぞれの
[密度 × 定数]

に応じてバイオマスが
比例配分される



雑草学Ⅱ-6

雑草の発生許容限界

わが国の農業の基本的な考え方は

「上の農人ハ、草のいまだ目に見えざるに中うちし芸り、中の農人ハ見えて後芸る也。みえて後も芸らざるを下の農人とす。是土地の咎人なり。」

宮崎安貞『農業全書』

しかし・・・

雑草防除にはコストや環境負荷がかかる



草一本もない状態に保つことが、
はたして合理的か？

要防除水準＝許容限界

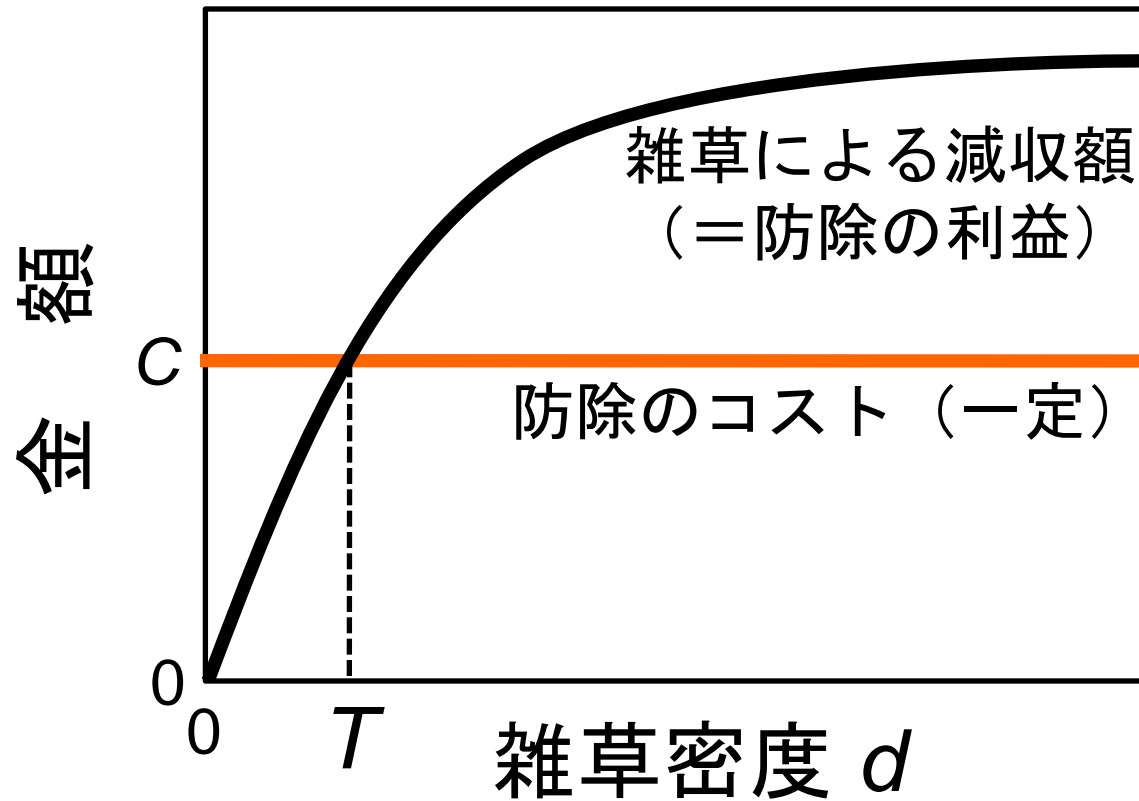
雑草では Weed Control Threshold

害虫では Economic Injury Level

「この密度までは防除する必要はない
この密度を越えたら防除する必要がある」

という基準をどのように決めるべきか？

経済的許容限界（Economic Threshold）の考え方



$0 < d < T$ のとき、防除のコスト $>$ 利益 \rightarrow 防除を控えるべき

$d > T$ のとき、防除のコスト $<$ 利益 \rightarrow 防除すべき

現実には、経済的許容限界（ET）は
農家には受け入れられなかった

ETの根本的欠陥

- ・ 翌年以降への波及効果（埋土種子などによる）を考慮に入れていなかった
- ・ 低密度の雑草でも、防除しないと多量の繁殖体を残し翌年以降（数年にわたって）防除のコストを増大させる

→ 農家の「常識」には合理的根拠あり

経済的許容限界（ET）にかわる基準はないか？

Economic Optimum Threshold (Cousens 1987)

- ・ 埋土種子集団を含む個体群動態を考慮
- ・ 長期的利益を最大にする許容限界をシミュレーションによって求める（単純な図示は不可能）

圃場実験から計算してみると・・・

- ・ 一般に、許容限界はきわめて低い
 - 「防除しなくてよい」ケースはまれにしかない
- ・ 実施する際には、個体群モニタリングのコストが上乗せされる
- ・ 結局、「毎年無条件に防除」が最適解になってしまう

雑草学Ⅱ-7

雑草の化学的防除法

- 除草剤開発の歴史
- 除草剤の種類

日本における除草剤の歴史

- 1950年；2,4-Dが水稲作除草剤として実用化
- 除草剤の登場により、除草に要する労力が著しく軽減された
 - 例；水田10a当り除草にかかる時間
 - 昭和20年代前半；50時間
 - 昭和20年代後半；36時間
 - 昭和40年代；12時間
 - 現在；2時間
- 農薬の中に占める除草剤の売り上げ比率：約1/3
(ちなみに、1960年；3.8%)

除草剤による除草と他の除草方法との比較

- 効果が安定、持続的
 - 多年生雑草に有効
 - 土壌の硬化の回避
 - 降雨後も処理可能
 - 簡便・省力的
 - 選択的除草可能
 - 経済性高い
-
- 作物への薬害
 - 抵抗性雑草の出現
 - 殺虫剤・殺菌剤との組合わせに制限有
-
- 人間、動物、昆虫など生態系全般に対する影響、食品への残留

除草剤の開発方向

- 高度選択性、少量で有効
- 多年生雑草に有効
- 剤の性状の改良；フロアブル（ゾル状の製剤）
- 混合剤；殺草スペクトルの拡大
- 処理適期の拡大
- 低毒性、低残留性

除草剤の処理方法

- 全面処理
- 局部処理
- 帯状処理
- スポット処理

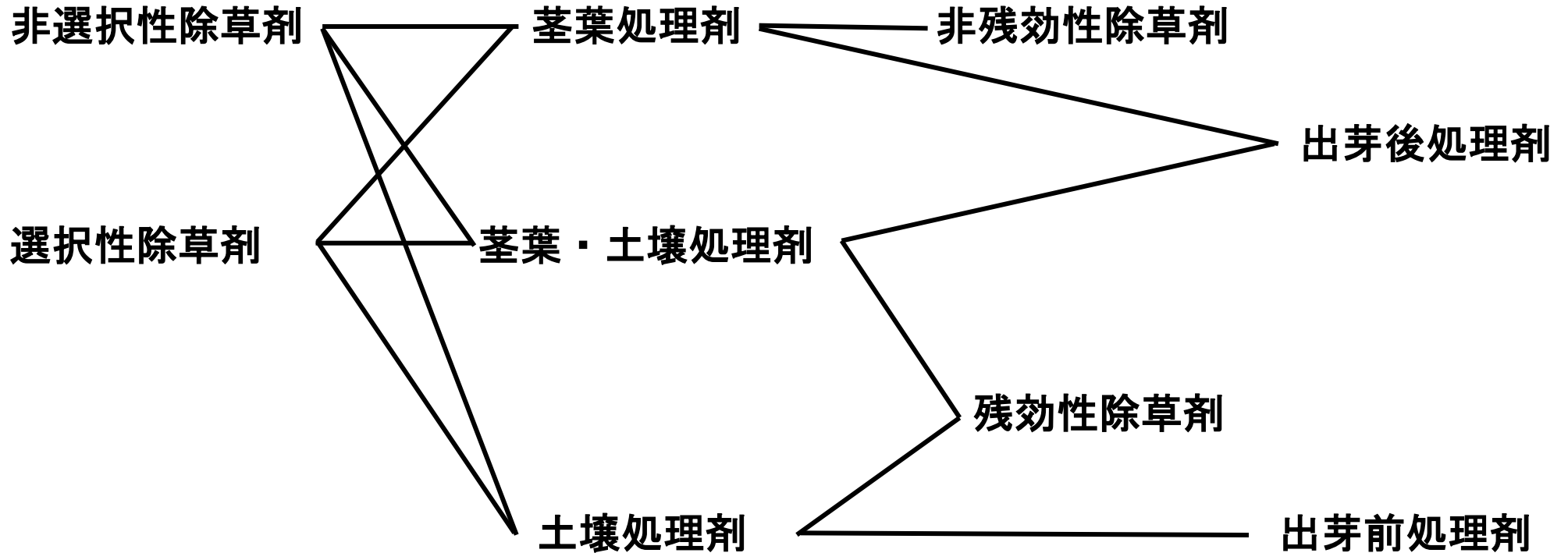
除草剤の種類

選択性の有無

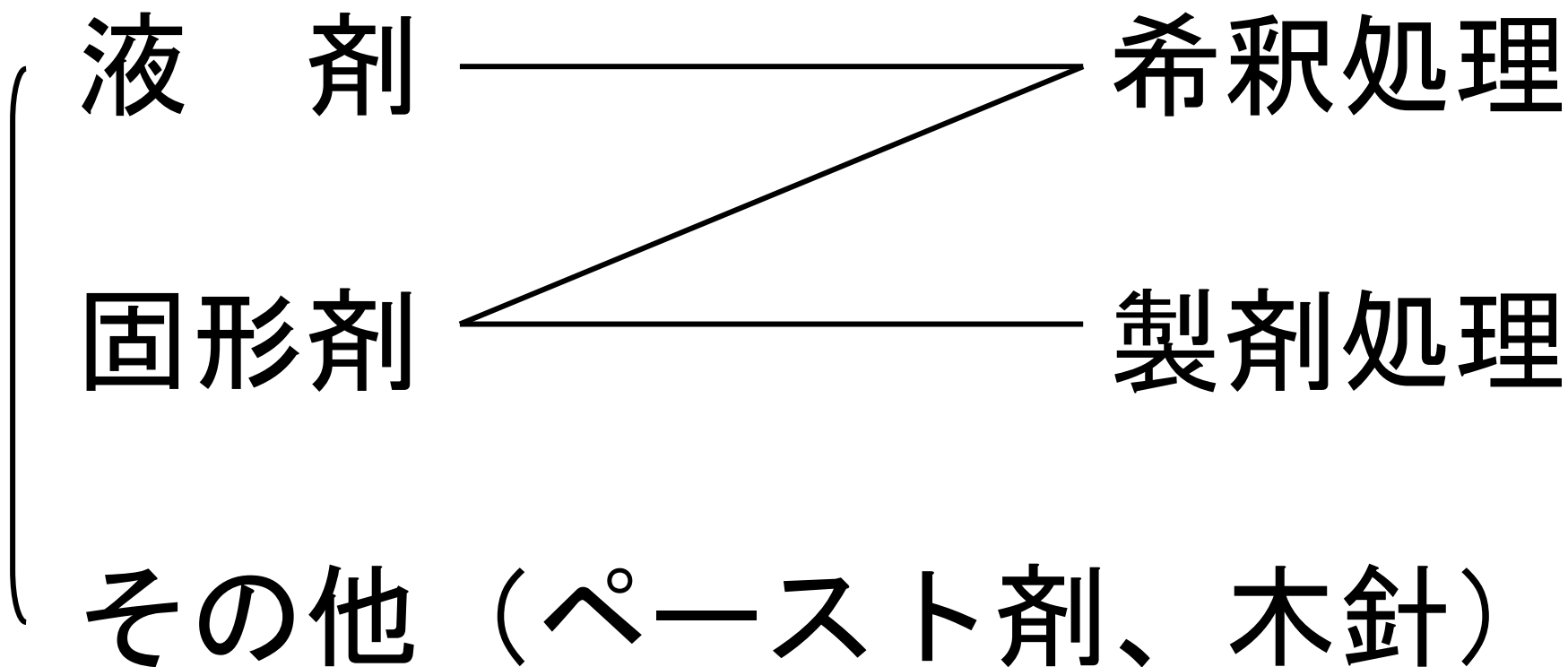
処理対象

残効性の有無

処理時期



除草剤の種類 — 製剤の形態 —



おもな除草剤

水稲； ベンスルフロンメチル、ベンチオ
カーブ、メフェナセット

麦類； トリフルラリン、シマジン、
ベンチオカーブ

非農耕地； グリホサート、グリホシネート、
アシュラム

除草剤の毒性基準に使用される用語

- ・ 半数致死薬量；LD50、体重1kg当りの投与量m g
- ・ 半数致死濃度；LC50、気体中あるいは液体中の毒物の濃度
- ・ TLm；検体を混入した水中で放飼し、半数が死亡するときの薬剤濃度

雑草学Ⅱ-8 除草剤の名称

化学名；除草剤の有効成分である化合物の化学構造を示す名称（IUPAC命名法）

- ① methyl α -[[3-(4,6-dimethoxypyrimidin-2-yl)ureido] =sulfonyl]-o-toluate
- ② isopropylammonium *N*-(phosphonomethyl)glycinate

一般名；有効成分である化合物についている簡略名称（ISOなどにより国際的に採用）

- ① bensulfuron
- ② glyphosate

商品名；市販製剤に付けられた名称

- ① ウルフ（混合剤）
- ② ラウンドアップ

雑草学Ⅱ-9

除草剤の作用機構と選択性

その1

除草剤の選択性機構

1. 物理的選択性

a. 除草剤の土壌吸着力を利用（発芽抑制剤）
（作物と雑草の発芽深度の差を利用）

b. 作物と雑草の出芽時期の差を利用（非選択性茎葉処理剤）

c. 製剤を改良（工夫）

水和剤、乳剤；作物に付着 → 薬害
粒剤；作物への直接の付着を避ける

除草剤の選択性機構

2. 作物と雑草の生育ステージの差を利用

植物の生育ステージによって除草剤に対する感受性が異なることを利用

例； 稲の移植栽培におけるタイヌビエの防除
タイヌビエとイネのベンチオカーブに対する
感受性の差は、2葉期で約16倍

除草剤の選択性機構

3. 作物と雑草の生理的特性の差を利用

a. 分解反応

1) 分解による活性化；化合物自体は殺草効果を示さないが、植物体内で分解された産物が殺草効果をもつ

ex. ナプロアニリド（ウリカワ）

ピラゾレート（広葉、ミズガヤツリ）

MCPB（マメ科を除く広葉）

2) 分解による不活性化

ex. プロパニル（イネ）

アシルアミダーゼにより分解

雑草学Ⅱ - 10

除草剤の作用機構と選択性

その2

除草剤の選択性機構

3. 作物と雑草の生理的特性の差を利用

a. 分解反応

3) 脱アルキル；除草剤のメチル基やエチル基がはずれ、
無毒化

ex. DCMU (オオバコ)

シマジン (トウモロコシ)

ベンチオカーブ (イネ)

4) 抱合反応；植物中の成分と結合して、無毒化
グルタチオンの関与が大

ex. クロロIPC (グルコース結合；コムギ)

シマジン (グルタチオン結合；トウモロコシ)

除草剤の選択性機構

3. 作物と雑草の生理的特性の差を利用

a. 分解反応

5) 脱塩素化； トウモロコシに含まれる2,4-ジヒドロキシ-7-メトキシ1,4-ベンゾキサジン-3-オンによる

トリアジン系除草剤に結合している塩素の除去（塩素原子が加水分解して水酸基に）

→ 1/100の殺草効果

除草剤の選択性機構

4. 解毒剤

- ・ 薬害軽減剤を除草剤と混和
 - ・ 作物にあらかじめ軽減剤を処理
- } → 作物に対する除草剤の薬害を回避

ex. EPTCのトウモロコシに対する薬害軽減
NA、R-25788を種子粉衣して播種

除草剤の選択性機構

5. 吸収・移行の差を利用

- ・ 根から茎頂へ動く上方移行（アポプラスト移行）；
水の移動とともに導管を伝わる
- ・ 茎葉から地上部、地下部の生長点、貯蔵組織（シンプラスト移行）；光合成産物に吸着した形で、篩管を伝わる

ex. アロキシジム、セトキシジム

（ダイズ用イネ科雑草防除剤）

→ ダイズに対して吸収少なく、転流移行も小さい

ダイムロン（カヤツリグサ科雑草防除剤）

→ イネなど、他の植物ではほとんど移行せず

雑草学Ⅱ - 11

水田における雑草防除

水稲作の雑草防除

水稲栽培面積

日本；約200万ha（ほとんど移植栽培）

世界；約14,500万ha

アジアがその90%を占め、ほとんどが移植栽培
インドとアジア以外の地域では直播栽培が主流

水稲作の雑草防除

日本における水稲作の主要雑草

- ・ 一年生

 - ノビエ類（タイヌビエ、イヌビエ、ヒメタイヌビエ）

 - コナギ

 - アメリカセンダングサ、クサネム、ヒメミソハギ、

 - チョウジタデ、タカサブロウ

- ・ 多年生

 - ホタルイ類（イヌホタルイ、ホタルイ）

 - クログワイ

 - オモダカ

 - セリ

- ・ ウキクサ類、藻類

 - ウキクサ、アオウキクサ

 - アオミドロ、アミミドロ

 - 珪藻類

水稻作の雑草防除

予防的・生態的防除

- ・ 秋耕；クログワイ、ウリカワなどの塊茎→低温・乾燥で枯死
- ・ 畦畔の適正管理；キシユウスズメノヒエ、タカサブロウ、
チョウジタデ→水田への侵入防止

雑草学Ⅱ - 12

畑地における雑草防除

畑作の雑草防除　—ムギ類—

作付面積　約39万ha

主要雑草

北海道；ナズナ、スカシタゴボウ、スズメノカタビラ、シロザ
シバムギ、スギナ、エゾノギシギシ、ヨモギ
その他の地域；スズメノテッポウ、ヤエムグラ、ナズナ、
カラスノエンドウ

畑作の雑草防除　—マメ類—

作付面積　約23.5万ha

畑作の雑草防除　ーイモ類ー

バレイシヨ

作付面積　約11.3万ha

カンシヨ

作付面積　約6.1万ha

飼料作物畑の雑草防除

飼料作物畑

作付面積 約16万ha

主要飼料作物； トウモロコシ、モロコシ

採草地・放牧地の雑草防除

主要牧草

寒地型イネ科牧草；オーチャードグラス、チモシー、
ペレニアルライグラス、イタリアンライグラス
メドウフェスク、トールフェスク、レッドトップ
ケンタッキーブルーグラス

暖地型イネ科牧草；ローズグラス、バヒアグラス

マメ科牧草；レッドクローバー、ホワイトクローバー、
アルファルファ

面積；約80万ha

採草地の雑草防除

一般飼料作物と同様の管理

放牧地の雑草防除

雑草害；生産性の低下、飼料の品質・嗜好性の低下、有毒物質

雑草の針、棘などによる家畜の被害

主要雑草；エゾノギシギシ、ワラビ

ワルナスビ、アメリカオニアザミ、ハリビユ
ノイバラなどの灌木類

雑草学Ⅱ - 13

果樹園、野菜畑における 雑草防除

果樹園の雑草防除

果樹栽培面積；約30万ha

カンキツ類；10万ha

リンゴ；5万ha

クリ、カキ、ブドウ、ニホンナシ、ウメ、モモなど

カンキツ類；常緑果樹、西南暖地の傾斜地

リンゴ；落葉果樹、東北・中部の平坦地

野菜畑の雑草防除

作付面積；60万ha

約30科の約120作目

- ・ 1作目に多くの作型、複数の野菜を組み合わせることで輪作
- ・ 土壌残留による後作物への影響
- ・ 他作物へのドリフトの影響

雑草学Ⅱ - 14

非農耕地における雑草管理

- ・ 公園
- ・ 路傍 など

芝地の雑草管理

シバ生産地面積；1.5万ha

ゴルフ場；6万ha

公園・工場緑地など；10万ha

芝草の種類；ノシバ、コウライシバ、ヒメコウライシバ

バミューダグラス、ウィーピングラヴグラス
ベントグラス、ブルーグラス類、ライグラス類

雑草学Ⅱ - 15

雑草の総合的防除

講義のまとめとして、
雑草の総合的防除について
論じる。