

その1「除草剤が雑草（植物）を枯らすしくみ」

除草剤を処理すると草が枯れます。でもその処理方法、枯れる雑草の種類や枯れ方は様々です。また、除草剤を農場全体に処理したとき、作物は元気に育っているのに、雑草だけ枯れる不思議な現象も起こります。何故でしょう？

ここでは除草剤が雑草を枯らす仕組みである“作用機構”のうち、作用点について個別に解説します。まず、その前に除草剤の基礎知識を簡単に書きます。

1. 除草剤とは

「除草剤」は、言葉通りに解釈すれば、“草を取り除く薬剤”、つまり雑草の生育を阻害するまたは枯死させる化学物質です。英語で除草剤は「herbicide」は、“草を殺す物質”です。

除草剤には、化学除草剤、微生物除草剤、天敵昆虫など様々なものがありますが、ここではそのうち“化学除草剤”だけを扱います。また、実際に使う化学除草剤は“有効成分”と“製剤成分”で構成されています。有効成分が狭義の除草剤で雑草を枯らす能力を持っています。一方、製剤成分そのものは雑草を枯らす能力はありませんが、有効成分が能力を発揮するのを助ける役割を果たします。以後、化学除草剤の有効成分を単に“除草剤”と表記します。

除草剤は、ほとんどが分子量数百の低分子の有機化学物質です。現在使われている除草剤は300種類以上あります。これらの除草剤は“作用点”で分類されます。作用点とは、除草剤が雑草を枯らす要（かなめ）となるしくみで、ヒトで言えば、呼吸や心臓を止める、血管を切断する、神経を麻痺させるなどに相当し、除草剤の作用点として、現在不明に類型化されているものを除けば、現在25ヶ所知られています。

2. 選択作用性（効果と薬害）

聞き慣れない言葉ですが、除草剤が作物に影響せずに雑草の生育を抑制する、つまり“効果”があることです。因みに作物の生育に悪い影響が出ることを“薬害”といいます。農薬には他にも殺菌剤や殺虫剤などがありますが、農場で使うときは、それらも作物に薬害が発生しないことが求められます。しかし、殺菌剤や殺虫剤の防除対象はそれぞれ病原菌と害虫であり、植物である作物とは生物の種類として大きく異なります。それに対して、雑草は農作物と同じ植物（草）です。そのため、“選択作用性”、簡単には“選択性”という特性がとても重要です。

3. 作用機構

除草剤が雑草を枯らすしくみにはいくつかの段階があり、この全体が“作用機構”です。作用機構や作用機序ともいいます。以下に各段階を示します。

- ① 吸着：雑草の根や茎葉に付着する
- ② 吸収：根や茎葉から雑草の中に入る
- ③ 移行：作用点がある場所まで植物体内を移動する
- ④ 代謝：一般に有効成分を解毒すること。4段階に大別される。毒性を高めることもある。
- ⑤ 作用点：除草剤が雑草を枯らす基本的な作用を示す、つまり要となる場所

4. 作用点の分類

現在、除草剤の作用点はグローバル HRAC（*）コードで分類されます（表1）。除草剤は、この作用点を阻害または攪乱することによって、雑草を枯らします。25ヶ所の作用点は、光合成、脂肪酸合成、アミノ酸合成などの合成経路や、植物ホルモン作用の攪乱、細胞分裂阻害などがありますが、まだ作用点が不明な除草剤もあります。

* : Herbicide Resistance Action Committee（除草剤抵抗性作業部会）

表1. グローバル HRAC コード

A	作用点など
1	アセチル CoA カルボキシラーゼ
2	アセト乳酸合成酵素/アセトヒドロキシ酸合成酵素
3	微小管重合
4	インドール酢酸様活性(合成オーキシン)
5	光合成(光化学系Ⅱ)(セリン 264)
6	光合成(光化学系Ⅱ)(ヒスチジン 215)
9	EPSP 合成酵素
10	グルタミン合成酵素
12	フィトエン脱飽和酵素系でのカロテノイド生合成
13	1-デオキシ-D-キシロース-5-リン酸合成酵素
14	プロトポルフィリノーゲン酸化酵素
15	超長鎖脂肪酸伸長酵素
18	ジヒドロプロテイン合成酵素
19	オーキシン移動
22	光化学系Ⅰ:ラジカル形成
23	有糸分裂/微小管形成
24	脱共役
27	4-ヒドロキシフェニルピルビン酸ジオキシゲナーゼ
28	ジヒドロオロト酸デヒドロゲナーゼ
29	セルロース合成
30	脂肪酸チオエステラーゼ
31	セリン/スレオニン特異的ホスファターゼ
32	ソラネシルニリン酸合成酵素
33	ホモゲンチジン酸ソラネシルトランスフェラーゼ
34	リコペンβ-シクララーゼ
0	不明

5. 抵抗性と耐性

除草剤を処理しても枯れにくい現象には、抵抗性と耐性があります。一般に、除草剤抵抗性は、ある植物が本来枯れるべき処理量でも枯れないことです。除草剤耐性は、ある植物が除草剤に対して枯れない能力を先天的または潜在的に有することです。その作用機構は様々で、吸収や作用点への移行の抑制、除草剤の代謝(解毒)、作用点との親和性低下、作用点の増幅などがあります。

なお、上記の解釈から判断すれば、バイオテック育種によって除草剤の影響を受けにくく改変した作物は“抵抗性”の能力を有していますが、“除草剤耐性作物”と表記します。

6. 化合物群

化学式、つまり化学構造が類似した化合物グループのことです。同じ化合物群は同じ作用点または類似の作用機構を有することが多いです。約80種類の化合物群があり、主なものに、アリーロキシプロピオン酸エステル(FOPs)、イミダゾリノン、ウラシル、ウレア、カーバメート、α-クロロアセトアミド、シクロヘキサジオン(DIMs)、ジニトロアニリン、ジニトロフェノール、ジフェニルエーテル、スルホニルウレア、チオカーバメート、トリアジン、トリアジノン、トリアゾリノン、トリケトン、ニトリル、ピラゾールピリジニウム、ピリジンカルボン酸、フェニルカーバメート、フェノキシカルボン酸などがあります。