

除草剤の混用における 殺草力の検定について

農林省農事試験場作物部 千坂英雄

思い立つことがあって、薬剤の相互作用に関する文献をあさってみた。雑草研究(14, 15号)に概略を紹介したように、殺虫剤の分野では古くから理論的な検討が意欲的に進められている。殺虫剤の分野でも、実用性の高い方法を確立するまでには、まだいろいろな面で困難が残されているように思われるが、それにしてもわが除草剤の分野におけるこの面の研究の底の浅さが痛感させられた。

模索しているうち、等効果線(isobole)による相互作用検定の方法を知り、急に闇がけたような気がした。知ってみれば、自分だけの頭で考えつかなかったのがくやしくなるくらい、簡明平易で常識的な方法である。こんな当たり前な方法であるから、除草剤創成の先端に位置するメーカーの研究所ではとくに混剤開発に応用しているのに違いないと思いつつ、それでも世の中にはいろいろといるさいるから、論理的な補強をしておく必要を感じた次第であった。

雑草研究に紹介した内容はどれも判りにくいという声が強い。“植調”編集者のねらいももっと判りやすくという点にあるのだらうと思う。たしかに晦渋な部分も多く、あとで読み返してみても、これが自分の書いたものかと疑いたくなるほどである(しかし、殺虫剤の連合作用に関する BLISS, FINNEY, PLACKETT, 酒井ら

の論文はさらに高踏難解なものであることをご承知おき頂きたい)。

論理的な側面を判りやすく解説するのはむしろ難しい。相互作用に関して平明で包括的な法則性がまだ見出されていないからである。本当に理解するには、各自先人の残した業績を原著でトレースしていただくほかないであろう。除草剤混用の殺草力検定に有用な方法はCRAFTSの方法と等効果線による方法とであると思うので、以下この2方法を中心に、論理的な側面はひとまず別にして、検定の手順と応用のしかたを思いつくまま述べてみよう。

相加的効果の定義

相互作用の検定にCRAFTSの方法や等効果線法を応用する場合、まず相加的効果を次のように定義しておく必要がある。

2つの薬剤A, Bがそれぞれa gとb gで等しい効果(枯死率, 生育抑制率など)を示すとする。A剤m g単用の効果をS%, A剤(m-a) gとB剤b gとの混用で得られた効果をM%とすると、 $M=S$ であるときこの混用の効果を相加的効果と定義する。したがって、 $M>S$ ならば共力的効果、 $M<S$ ならば拮抗的效果である。

ひらたくいえば、ある薬剤の一部をそれと効

果の等しい薬量で他剤と置きかえても効果が変わらないときが相加的效果である。このような定義のしかたは、常識的に十分受け入れられるものと思うが、いかなるものであろう。もしこの定義が認められないと、以下に述べるやり方は、実用性は残されるにしても、ほとんど論理的な根拠を失なう。

この定義を採用すると、CRAFTSの方法および等効果線法とも、致死率・発芽率のような計数的反応に限らず、除草剤試験で重用される生育抑制率のような計数的反応にも適用の途がひらけてくる。

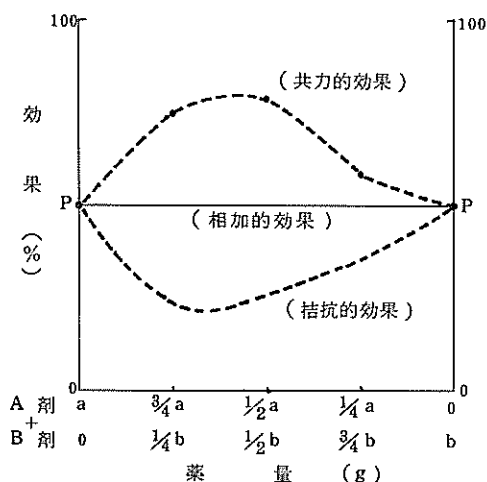


図1 CRAFTSの方法による相互作用の検定

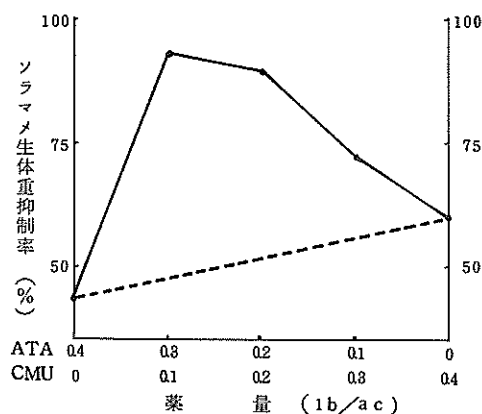


図2 ソラマメに対するATA, CMU混用の相互作用 (SHEETSらより)

CRAFTSの方法による

相互作用検定の手順

厳密にいうと、前述した相加的效果の定義に基づいたCRAFTSの方法の変法である。

① まず、混用する母剤A, Bそれぞれについて、対象とする草種に対し、規格化された試験条件(処理法, 処理時期, 温度など)で薬量を変えて処理し、効果0~100%の範囲の薬量反応線を作図する。

② 相互作用を分級する単剤の効果レベル(P%)を設定し、A・B剤の薬量反応曲線から、P%の効果を示すそれぞれの薬量a, b gを推定する。

③ ①で規格化した同じ試験条件で、A・B剤を混用処理する。混用薬量・混合比は、 $(a+0)$, $(\frac{3}{4}a+\frac{1}{4}b)$, $(\frac{1}{2}a+\frac{1}{2}b)$, $(\frac{1}{4}a+\frac{3}{4}b)$, $(0+b)$ g などのように $\frac{1}{n}a+(1-\frac{1}{n})b$ の関係が成り立つように設定する。

④ 各薬量で得られた結果を図1のように作図する。

⑤ ①で作図した薬量反応曲線(薬量に対数めもりでとる)の形が相同の場合(同一効果を示すA, B剤の薬量比がすべての効果の段階で等しい)、相加的效果は図1の実線のような直線で示される。

⑥ A, B剤の薬量反応曲線の形が違っていると、相加的效果はある幅をもった範囲で示される。その範囲は、A, B剤の薬量反応曲線から作図によって求めることができる。(方法省略)

⑦ ④で得られた曲線が、相加的效果の線(あるいは範囲)より上にあれば共力的、下にあれば拮抗的效果を表現している。

図2は、ATAとCMU混用のソラマメに対する相互作用の実験例で、明瞭な共力的効果(この場合は被害?)が認められる。

等効果線法による

相互作用検定の手順

① 生育抑制率90%における相互作用とい

表 1. 生育抑制率 (モデル試験) (%)

行 \ 列	A 剤 の 薬 量 (g)						
	0	1	2	4	8	16	
B 剤	0	0	1.7	2.6	5.5	8.7	9.5
の	10	2.3	4.0	7.0	8.5	9.5	10.0
薬	20	6.1	8.8	9.3	9.8	10.0	10.0
量	40	8.9	9.5	9.9	9.9	10.0	10.0
(g)	80	9.8	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0

表 2. 生育抑制率90%を得る混用薬量の組み合わせ (表1, モデル試験)

A 剤 (g)	0	1	2	4	10	5.5	1.4
+							
B 剤 (g)	42	2.2	1.7	1.2	0	10	20

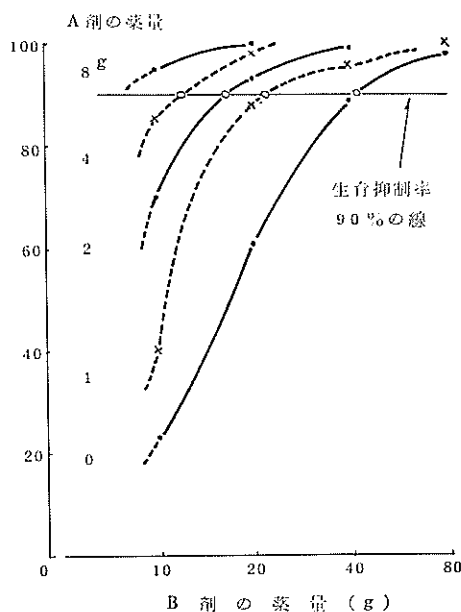
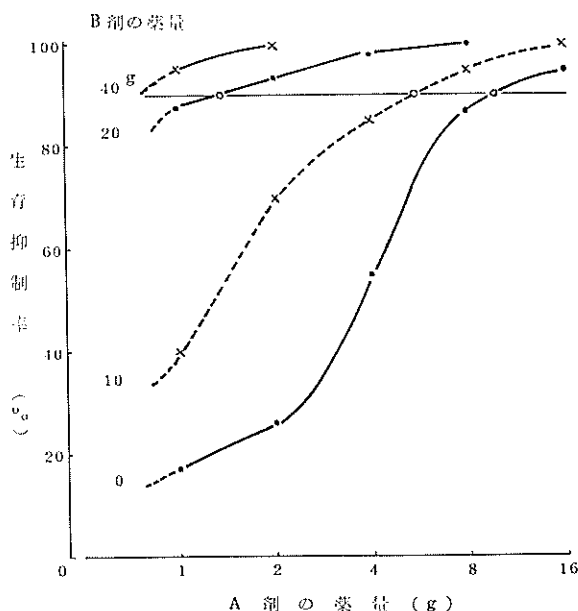


図3 表1 (モデル試験) の列・行から求めた薬量反応曲線

うように、検定しようとする混用の効果のレベル(P%)を設定する。以下、モデル試験(表1)を例にとって話を進めよう。

② a) (機械的には……) 混用するA剤、B剤それぞれについて、0gから効果100%をあげる薬量までの数段階の薬量を設定し、2剤の各薬量の全組み合わせについて対象とする草種に混用処理する。A剤に6段階、B剤に5段階の薬量を設定したら、 $6 \times 5 = 30$ 処理区が必要である。

b) (作意的には……) a) のような全組み合わせでは処理区が多くなるので、P%の効果が得られそうな混用薬量にねらいをつけ、その付近に重点的に処理区を設ける。ただし、A、B各剤の単用については、0~100%の範囲で薬量反応曲線が作図できるように薬量段階を設けておく。

③ 結果を表1のように作表する。

④ 表1の列・行それぞれについて薬量反応

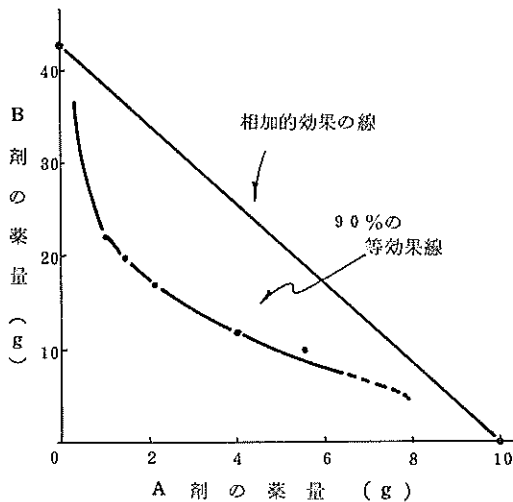


図4 生育抑制率90%の等効果線
(表1, モデル試験)

曲線を作図する(図3)。これらの反応曲線から、P%(図3の例では90%)の効果をあげるのに必要な混用薬量の組み合わせを推定する(表2)。

⑤ 得られた薬量の組み合わせを、図4のようにプロットし、P%の等効果線をかく。

⑥ CRAFTSの方法の手順⑤⑥と同様な考え方で、相加的効果を図示する。

⑦ 得られた等効果線が相加的効果を示す線

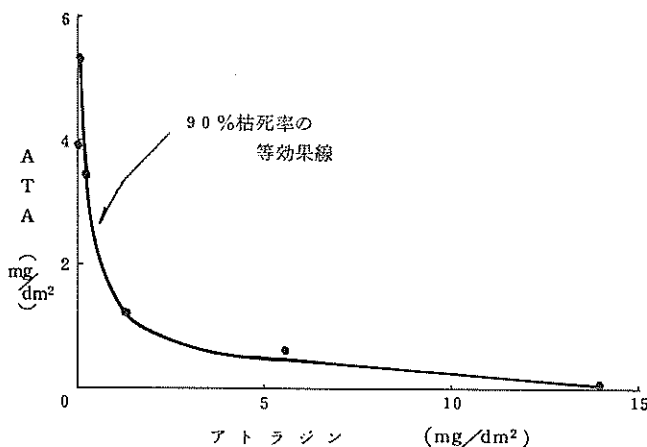


図5 ヒメカモジグサ (quack grass) に対する
ATA・アトラジン混用の相互作用 (TAMMESより)

(あるいは範囲)より下にあれば共力的、上にあれば拮抗的效果を表現している。

図5は、ヒメカモジグサに対するATAとアトラジン混用の相互作用の実験例で、明らかな共力的効果が認められる。

これらの方法の性格と

注意すべき点

両方法とも、薬剤の組み合わせ自体の相互作用を検定するためのものではなく、単に現象的に相加的・共力的・拮抗的效果を分ける方法に過ぎないことにまず留意する必要がある。したがって、検定にあたって設定した効果レベル(CRAFTSの方法では母剤の、また等効果線法では混用の効果レベル、P%)が異なると相互作用の内容(質・量)が変わってくる場合も起こりうる。

この点では、等効果線法は直接混用の効果レベルが設定できるので都合がよい。90%以上の効果レベルで相互作用を検定すれば、混用薬量・混合比に関して実用的な情報を得ることが

できる。他方、CRAFTSの方法では、90%以上の効果が得られる混用薬量・混合比が求められるかどうかは、実験が終ってみないと判らない。といつて、たとえば母剤の90%の効果レベルで検定すると、共力的効果は残る10%の範囲で見定めなければならなくなり、誤差が大きくなる。これはCRAFTSの方法の難点である。

等効果線法には、処理区数が多いということのほか、精度の高い薬量反応曲線を得るために実験操作上の局所管理にかなり気を配らね

ばならないという難かしさがある。たとえば対象とする草種の除草剤処理時における生育程度のかたよりなどは、薬量反応曲線に拡大されて現われてくる可能性がある。また、薬量反応曲線から混用薬量を求めるに当って、その誤差を推定する統計的な手段を考慮しておく必要がある。

これに比べると、CRAFTSの方法の実験操作はずっと単純である。ただ、CRAFTSの方法では、P%の効果をあげる各母剤の薬量a, b, gをあらかじめ求めておかなければならないが、その薬量で正しくP%の効果が再び得られることはあまり期待できない。図2の例のように、上下に変動して相加的效果を示す線が斜めになることが多い。しかし、変動が極端に著しくない限りは、理論上は問題があるにしても、結論にあまり大きな間違いは生じないと思われる。

両方法とも、相互作用の内容は設定した効果レベルのほか、試験条件たとえば草種はもちろん、処理時の生育程度、処理法、温度などによって変わるとみなければならない。したがって、これらの方法を用いることで混用に関する最終的な結論が安直に得られるわけでは毛頭ない。適用に当っては、どの実験の段階で何を目的として相互作用を検討するのかを明確にし、それに応じた試験方法をとることが肝要である。

応用のしかた

1. 相性のよい除草剤組み合わせの選定

現在、多数の混剤が重用されている。その大部分は、殺草スペクトラムの拡大に主な狙いがあるように思われる。殺草スペクトラム拡大に対する応用については後でふれることとし、まずある特定の草種に対しどのような除草剤を組み

合せると共力的効果が期待できるか、その組み合わせ方を選定する方法について述べよう。

等効果線法は、等効果線上の一点の数値を求めるのに数処理区を要するので、試験規模が大きくなり効率が悪い。そこで、まずCRAFTSの方法を利用して共力的効果が得られそうな薬剤の組み合わせを予備的に選定し、それについてさらに等効果線法を適用していくやり方が得策であろう。

CRAFTSの方法では、母剤の薬量反応曲線が判っていれば、4～5点の処理区で相互作用がおおよそ判断できる。しかし、前項で述べたような理由から、母剤の効果レベルは1段階でなく、50%と70%などのように2～3段階を設定して試験し、なるべく90%以上の効果を示す測定値が得られるようにした方が確実である。

いずれにしても、図1のような共力的効果の線で、上に凸である程度が大きい除草剤の組み合わせほど大きい共力的効果が期待されるから、それを目安に相性のよい組み合わせの選定を行なう。

2. 実験方法の改良

CRAFTSの方法にしても等効果線法にしても、シャーレ規模のスクリーニングから圃場レベルまでの試験段階に適用が考えられる。しかし、これらの方法の性格からみて、相互作用の内容に影響する各種の関与要因が混在する圃場試験レベルへの適用は、結果の再現性や結果の分析の点からすると簡単ではない。

共力的効果のある2薬剤を混剤化しようとする場合、混合比をどうするかの一つのポイントがあると思われるので、各関与要因を単独にとりあげた試験条件でそれぞれ適切な混合比の範囲を求め、それらを比較検討することで実用的

な混合比の手がかりを得ることができよう。

具体的な実験方法は、実験の段階・目的に応じて、相互作用の検定法の原則をふまえながら、種々考案改良を加えていくことが必要である。たとえば、2剤を混合した薬剤の散布でなく、1剤ずつ重ねて散布することが認められる場合には、表1の列・行の並びをそのままポット配置（あるいは面の試験区）とし、列・行ごとに薬剤を散布すればよいことになる。このとき、logarithmic sprayer が利用できれば、散布はさらに能率的になる。また、1剤の薬量は固定し、他剤の薬量は対数的に変わっていく混用散布機の開発も難しくない。実験の段階によっては、効果の測定は観察によるratingで済ますことも可能である。

土壌処理における残効性の相互作用の検定や3種混用の相互作用の検定に応用する方法については、今後の検討がまたれる。3種混用の場合の検定法はかなり複雑になることをまねがれないが、2種混用の結果から妥当な混合比を求め、これを単独の薬剤とみなして検定を繰り返すやり方が考えられる。

3. 適切な混用薬量・混合比の推定

等効果線法によって、適切な混用薬量、混合比を、薬量・薬価・選択殺草性などの諸点から推定することができる。このことについては雑草研究（15号）でふれているので、それを参照されたい。

ただ、何回も繰返すようだが、混用によってどんな利益を期待するのかはあらかじめ明確にしておかねばならない。たとえば、混用によって薬害の大きい除草剤の薬量をできるだけ少なくおさえたいとか、薬価を低くしたいとかである。

4. 殺草スペクトラム拡大への応用

もしA剤はa gでヒエに、またB剤はb gでコ

ナギに対し完全な効果をあげるが、逆にそれぞれコナギ、ヒエには全く作用を示さないというような場合、単純にA・B剤（a+b）gの混用によって殺草スペクトラムの拡大をはかることになる。

これと異なってA剤がコナギに、B剤がヒエに幾分なりとも作用を示す場合には、A・B剤の混用による相互作用が各草種にどのような形で表われるのかを知る必要があり、結局それぞれの草種に対する相互作用の検定に帰する。

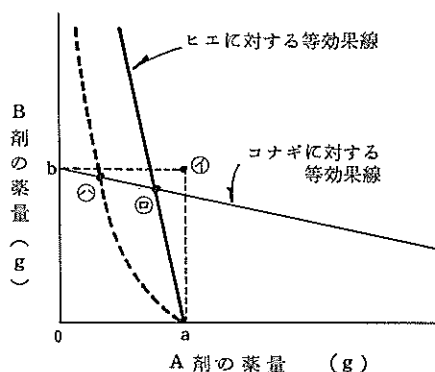


図6 複数の草種を対象とした等効果線

しかし、2種の草種に対して等効果線法を適用し図6のような等効果線図を得たとき、（a+b）g混用の①の点と、等効果線から求めた②の点とでは混用薬量・混合比がそれほど大きく変わるわけではないので、相互作用を検定した意味があまりない。実際にこのようなケースも多いのではないと思われる。図6の破線のように、たとえばヒエに対し明らかな共力的効果があるときには、②の点の薬量で済むことになり、薬量の低減がはかれる。

等効果線法で複数の草種を同時に対象としたとき、混合薬量・混合比は最も抵抗性の大きい草種に規制される。したがって、抵抗性の大きい草種に対し共力的効果があるかないかの検定が、殺草スペクトラム拡大を目的とした混用試

験のポイントであろう。

お わ り に

思いつくままを述べた。必ずしも実験的な裏付けをもとにしていつているのではないので、的はずれな所もあるかと思う。ほかにもいろいろと問題があろうが、検定の原則を理解すれば、実験を積み重ねることによって克服されよう。

除草剤開発の歴史は試行錯誤の歴史であったといっても過言ではない。いかにブッカケ試験とさげすまれようとも、化合物をより多く合成

しぶっかけて選り出した方が除草剤創出の早道であったわけである。混合剤にしても同じような軌道の上にあったのではないかと思う。結果として優秀な除草剤が輩出したのであるから、それでよいのかもしれない。

しかし、ネズミでさえ試行錯誤から法則性を学習する。蓄積された経験を意識的に法則性にまで高めるところに科学がある。このような意味で、ここに述べた相互作用の検定法の利用は、実用的な効用のほか、経験の統一的な理解を深め、帰納的な筋道で相互作用の法則性にせまるという点で効用を果すことが期待される。

昭和48年度林業関係除草剤・ 生育調節剤試験成績概要

農林省林業試験場除草剤研究室長 真部辰夫

検討会は、昭和49年1月17日、日本都市センターで行なわれた。検討結果は下表のとおりである。

昭和48年度林業関係供試除草剤・生育調節剤試験成績判定表

I 除 草 剤

薬 剤 名	有効成分および含有率	新継別	試験目的	判 定	委 託 者	試 験 場 所
HW-24 (乳)	2,3,5,6-テトラフルオロ -4-クロル-4'-ニト ロジフェニルエーテル 25%	継	林業苗畑除草	実 ヒノキ まきつ けは継	保土谷化学工業	広島林試 鳥取林試
lenacil (レナシル) (水和)	3-シクロヘキシル-5,6 -トリメチレンウラシル 80%	新	#	中 止	デュボンファーマー スト	岩手林試 埼玉林試 静岡林試 三重林業センター
trifluralin (トリフルラリン) (トルファンサイド) (乳) (粒)	α, α, α -トリフルオロ-2, 6-ジニトロ-N,N-ジ プロピル-パラトルイジ ン 44.5%(乳) 25%(粒)	新	#	実・継	塩野義製薬	林試・赤沼 三重林業センター 鳥取林試 徳島林試