よりも大であると思われた。

DCPA の発芽前土壌処理効果は極めて低い、*N*-methyl DCPA はノビエやメヒシバをそれらの発芽時に選択的に枯殺した。この相違は、*N*-methyl DCPA の土壌中での残効期間が DCPA のそれよりも長いことに基づくと考えられる。

この論文の発表を許可された武田薬品工業 K.K. 常務取締役、研究開発本部長立岡末雄博士、*N*-methyl DCPA を合成して下さった落合道彦博士および上門敏也氏、製剤化を担当された三田村穰氏、原稿を御校閲下さった田中一郎博士、この研究を遂行するに当たり種々御援助をいただいた京都試験農園長八田亮三氏、主任研究員小林

忠之博士、農業技術部長平島最吉氏、特別研究員春川忠二博士、主任研究員吉城镇氏に感謝する。

引用文献

- 1) GOOD, N. E.: Inhibitors of the Hill reaction. *Plant Physiol.* **36** (6), 788~803 (1961).
- 2) MORELAND, D. E. and K. L. HILL: Inhibition of photochemical activity of isolated chloroplasts by acylanilide. *Weeds* **11** (1), 55~60 (1963).
- 3) 松中昭一：光合成機構にたいする除草剤の作用(総説). *植物生理* **4** (1), 39~47 (1964).
- 4) 農事試験場作物部雑草防除研究室：水田低毒性除草剤の使用法確立化に関する研究. *農事試験場成績書* (1962).
- 5) SMITH, R. J. Jr.: 3,4-Dichloropionanilide for weed control of barnyardgrass in rice. *Weeds* **9** (2), 318~322 (1961).

除草剤の作用力の温度による変動*

農林省九州農業試験場 野田健児・茨木和典・小沢啓男

Kenji NODA, Kazunori IBARAKI, and Keio OZAWA: Variation in Activity of Herbicides as Influenced by Air Temperature

除草剤の作用力が温度条件によつて変動し、作物への薬害の発生、雑草に対する殺草力が異なることについて、すでに多くの報告がなされている。

例えば、2,4-D の作用力は 10, 15°C よりも 26°C の方が大なること¹⁾、シマジンのとうもろこしに対する薬害は 59°F から 86°F へと土壌温度が上昇するにつれて増加する。しかし 95°F では逆に減少する²⁾と報ぜられている。また DNBP の作用力は 60°F よりも 85°F で大きく³⁾、光条件の支配よりも温度条件の支配が大きい⁴⁾といわれている。また amitrol の gorse (ハリエニシダ) の葉に対する障害は 45, 75, 95°F と高温ほど著しい⁵⁾。QAC および solvent (xylene with anionic-nonionic blend emulsifier) の作用力が光の条件下で高温ほど大きい⁶⁾等の報告もみられる。

わが国でも、DCPA の甘藷への薬害が高温で大きいこと⁷⁾、茶樹への塩素酸ソーダの薬害は 10<20<30°C であること⁷⁾等の報告がみられる。

また最近のわが国の水田水稻作除草剤のなかでも、散布後の温度差が一つの要因となつて、薬害の程度が異なつたり、殺草力の変動が現われたりすると推定される現象が多々みられており、今後の除草剤の普及、適用場面の拡大を考える際に、作用特性の一つとしての温度反応

性を明らかにすることは重要なこととなつてきた。

このような考えから、筆者らは、わが国の水田水稻作における代表的除草剤について、その温度反応性を比較し、実用化普及のための基礎的なデータとした。なお個々の除草剤の厳密な意味での温度反応性の比較は、作用点を同じくする濃度においてなされねばならぬと考えられるが、ここでは実際の意味を加味して、実用化されている濃度散布量について比較した。実験は昭和39年10月より40年1月にかけて3S型コイトロンにより繰り返し行なわれたものである。

実験とその結果

(1) 土壌処理剤のイネへの薬害と温度(実験1)

実験方法：供試除草剤の種類は A1114 粒剤 (prometryne, 使用量：成分 g/a 4, 8; 以下は成分 g/a を省略)、DBN 水和剤(5, 10), MCPA 粒剤(4, 8), NIP 粒剤(15, 30), PCP 粒剤(75, 100), 温度条件としては 12時間切換えとし、25~35°C(高温区)、20~30°C(中温区)、15~25°C(低温区)の3段階を設けた。処理時のイネの生育状態は草丈 35cm, 葉令 6.0, 葉数 2~3 枚であつた。2反復とし、調査は7日間処理後に行なつた。

結果：処理後における薬害の発生状態は、A1114 の高温区において特に著しく、全体的な褪色、葉枯れが著しくみられる。中温、低温区と温度の下降によつて軽くな

* 除草剤の作用性に関する研究 第2報

っている。これについて MCPCA の高温区では、葉部の濃緑色化、分けつ抑制、葉先枯れ、地下部においては瘤根発生がみられ、温度の高低による反応差はかなり大きいと推定される。これらの2薬剤にくらべて NIP, PCP, DBN では殆んど温度による差はみられない。とくに DBN ではむしろ散布濃度による差が著しい(第1図)。

第1図 イネに対する薬害比較(例)

処理終了後、草丈、茎数、地上部重を測定比較したが、いずれの形質でも本質的な傾向は同じである。すなわち A1114 の温度差が最も大きく、次いで MCPCA であり、NIP, PCP, DBN では温度による一定傾向の差はみられない。また A1114 の低温区は無処理区よりもかなり優つた結果がえられた。これは誤差以上の何らかの生長促進的な効果があるとも考えられるが、その確認はさらに研究を行なつて明らかにしたい(第1図)。

以上のごとく温度差による薬害の差が除草剤によつて異なることがわかつたが、さらに追加実験として、高温の継続時間と A1114 による薬害反応とをみたところ、2日以上になると殆んど同様な反応を示す。また薬害の発生は、吸収された薬剤が高温という条件によつて生じられるより、むしろ高温による吸収量の増加が主因であると考えた方がよい。さらにまた NIP と同型の diphenylether 系

である MO 338 粒剤の温度反応を観察したが、NIP と同様にきわめて低いと推定された。

(2) 殺草力の温度による差(実験2)

実験方法: 同一設計で2回の実験を行なつたが、ここでは2回目の実験を主として結果をのべよう。供試除草剤は PCP 粒剤(成分 g/a 75, 120), NIP 粒剤(10, 25), MO338粒剤(10, 25), A1114粒剤(3, 6), MCPCA 粒剤(5, 10), DBN 水和剤(5, 10)であり、温度条件としては実験1よりも若干低くして、12時間切換えの 25~32°C(高温区), 20~26°C(中温区), 15~18°C(低温区)を設けた。処理時の雑草は、ヒエは草丈 2.17cm, 葉数 0.68, 広葉は草丈 1.2cm で殆んど子葉, カヤツリグサは未発芽であつた。処理期間は9日であり、2反覆として実験した。

結果: 全般的にみて、ヒエに対する殺草力は、DBN の低濃度区を除いたいずれの区でも、低温に対して高温ほど殺草力は大なる傾向がみられる。第2図は重量についての調査結果を示したものであるが、本数についても大体同様な傾向であつた。

高, 中, 低温区間の差は A1114 が最も大で、ついで MCPCA であり、また PCP も本数調査ではかなりの温度差がみられた。これら3薬剤に比べて NIP, MO-338 の温度差は比較的少ない。しかしこの両薬剤を厳密に比較すると、重量調査では全く本質的な差は認められないが、本数のそれでは MO338 の方が若干温度差が大きい傾向がみられた。DBN では中温区の抑草率が最も大であり、高, 低温区がむしろ劣つている。恐らく高温区の抑草効果が劣つたのは、この薬剤は蒸気圧が高く、高温による薬剤成分の消失が早かつたことが原因しているのではないかと考えられる。同様な現象は PCP 高温区でも若干認められるようである。

第2図 ヒエへの殺草力(残草率)の比較(重量)

注) 横軸の高, 中, 低は第1図の凡例に同じ

広葉雑草キカシグサ、チョウジタデに対する殺草力は、これらの雑草の生育がすすんでなかったため、全般的に抑草率がきわめて高かったのであるが、あえていえば A1114 の低温区の抑草率は 10~20% で低く、相対的に温度差が大であった。PCP, MO338 では殆んど残草率 0%, NIP では 0~5%, MCPA では 2~7%, DBN では 10~20% であり、温度区による一定傾向の差は認められなかった。

以上のように、雑草に対する殺草力は温度によつて異なり、その程度は薬剤によつて明らかに異なることがわかった。

(3) 茎葉作用力の温度による差 (実験 3)

実験方法：代表的な接触型除草剤、および茎葉よりの作用力のある除草剤など数種について、その作用力の温度差について実験した。

すなわち、供試薬剤は DCPA 乳剤 (デービー25; 成分 g/a 乳15, 30), DCPA 乳剤 (スタム35; 15, 30), PCP 水溶剤(50, 100), NIP 乳剤(15, 30), A1114 水和剤 (7.5, 15), 2,4-D Na (5, 10) であり、温度条件は 27~32°C(高温区), 21~26°C(中温区), 15~20°C(低温区)で、前実験と同様に12時間切換えとした。

処理時のイネは草丈 9.9cm, 葉数 1.4, メヒシバは草丈 4.2cm, 葉数 1.7 であり、参考としてナタネの子葉期のものも供試した。散布法としては子持加圧噴霧器で 10l/a の水に稀釈して、落水状態で散布した。2 反覆と

し、調査は処理開始後 6 日目に行なつた。

結果：茎葉への反応の経時的変化をみると第 1 表のごとくであり、最も反応の早いのは PCP, 次いで DCPA, さらに NIP である。A1114 はその作用機構から考えて推定されるごとく、その反応の現われはおそい。2,4-D は、ナタネにたいして 1 日目にはすでにホルモンの作用力のはつきりみられたが、イネ、メヒシバについては作用の発現はおそく、4 日目ごろから現われはじめた。

DCPA 剤のうちデービーとスタムとの比較では、各々の温度区において前者の方がその作用発現の現われは強い。また、接触的な作用力の強い PCP, DCPA, NIP の作用症状は異なっており、薬剤そのものの特性差を示している。PCP は接触部全体が褪色白化し、ついには倒れて枯れる。DCPA は褪色とともに根際が障害され、倒れて枯死するものが多い。NIP は葉先から枯れてゆくが、ついで新葉の方が旧葉よりも枯化が先行する。

このように、茎葉よりの薬剤の作用様相は種類によつて異なっている。

さてつぎに、このような作用の発現の温度差を 2 日目と 6 日目において比較観察すると第 3 図のごとくである。いずれの薬剤でも高温ほど作用の発現は大きい傾向がみられるが、具体的に 2 日目についてメヒシバを対象としてみると、NIP, PCP, とくに NIP よりも DCPA 2 剤の方が温度による差が大きい。DCPA 2 薬剤のうちではデービーの方がスタムよりも若干著しい傾向がみられる。

A1114, 2,4-D においては未だ充分に作用の発現がみられないので、他の薬剤と一律に比較することはできない。イネについては DCPA 2 剤では全く反応がみられず、この薬剤の特徴である メヒシバ>イネ という属間選択性が顕著に現われている。PCP, NIP については高、中温区的作用反応が低温区よりも大である。

6 日目の観察では、DCPA 2 薬剤, PCP, NIP では作用の進行が殆んど終極近くまですすんでいるためか、温度差が殆んどなくなっている。これに反して A1114 は 2,4-D に比べてイネへの作用の温度差反応はかなり大きい。メヒシバについては、完全枯死に近く、殆んど差がみられない。恐らく A1114 の茎葉作用性も温度による差がかなり著しいと考えられる。

以上のように、除草剤の茎葉への作用性は、薬剤による作用機構の差から、経時的な観察を主体にしなければ、相互的な比較はなかなか難しいところがあるが、本実験からも温度差によ

第 3 図 茎葉作用の温度による差

注) 横軸の高, 中, 低は第 1 図の凡例に同じ

第1表 茎葉への作用の経時変化

除 草 剤	温度	濃度	散 布 後 2 時 間	15 時 間	1 日	2 日
DCPA (デービー)	高	低	—	十 — } 根際より倒 伏, 褪 色	十 — (±)	卅 — } メヒシバ殆 んど枯死
	中	低	—	卅 — }	十 — (卅)	卅 — }
	中	低	—	± — } 根際障害, 倒 伏	± — (±)	十~卅 —
	低	低	—	十 — }	十 — (±)	十~卅 —
DCPA (スタム)	高	低	—	± — 葉先枯れ	十 — (±)	十~卅 —
	中	低	—	±~十 — 倒 伏	十 — (卅)	十~卅 —
	中	低	—	— —	—~± — (—)	十 —
	低	低	—	± —	± — (±)	十 —
P C P	高	低	± — } ±~十 — } 一部葉枯れ	卅 — } メヒシバ殆んど 枯死	卅 — (卅)	卅 ±
	中	低	± — }	卅 + 稲葉先枯, 倒伏	卅 + (卅)	卅 ±
	中	低	± — }	十 —	十 —~± (卅)	十 ±
	低	低	±? — }	十 ± 葉先枯れ, 倒伏	十 —~± (卅)	十 ±
N I P	高	低	—	—	— — (±)	十~卅 — 部分的
	中	低	—	± — 一部葉先枯れ	± — (十)	十~卅 — 白く枯死
	中	低	—	—	— — (—)	十 ±
	低	低	—	—	± — (±)	十 ±
A 1114 (プロメト リ)	高	低	—	—	— — (—)	± ± 葉先枯れ
	中	低	—	—	— — (—)	± ±
	中	低	—	—	— — (—)	± ± 葉部枯れ
	低	低	—	—	— — (—)	— —
2,4-D	高	低	—	—	— — (±)	— —
	中	低	—~± 僅か彎曲	—~±	± — (±)	十 — 萎縮, 倒伏
	中	低	—	—	— — (±)	— —
	低	低	—	—	—~± — (±)	— —?
無 処 理	高	—	—	—	— — (±)	— —
	中	—	—	—	— — (±)	— —
	低	—	—	—	— — (±)	— —

注) 1) 符号の順序: 左よりメヒシバ, イネ, (ナタネ), ナタネは参考

2) 作用の程度: 卅 僅甚, 十 甚, + 中, ± 微, — 無

る作用力差が薬剤間にあるということは推定しうる。しかし、土壤処理剤に比べると、全般的に温度による作用力の変動は低い傾向が考えられる。

綜 合 考 察

以上のごとく、除草剤の作用力の温度による差はその種類によつて異なることが観察されたが、その理由は何故であるか。はつきりした結論は個々の除草剤の作用機構が明らかにされねばならぬと考えられるが、温度によつて除草剤の作用力が異なることについてはいくつかの要素が考えられる。CURRIER と DYBING⁴⁾ は folier

penetration に対する温度の影響について、① physico-chemical process の変化、すなわち薬剤の拡散の増加、粘度の減少などに起因するものと、② physiological factors の変化、すなわち光合成の促進、phloem 内移行の助長、蓄積の増加、原形質流動や生長力の増加などの変化によると考察している。吸収移行に温度が影響することについては多くの報告があり、ATA¹⁰⁾、2,4-D¹⁾ および安息香酸³⁾、シマジン^{15,16)}、arsenic¹⁴⁾ などについての報告例がみられる。

また、温度によつて植物体の生理的な態勢が変動し、そのために除草剤の作用が異なつた状態で現われること

以上のような
温度によるいろ
いろの面での変

本報告は除草剤の作用力の温度差を概括的にとらえるための実験を行なったものであるが、さらに多くの問題を基礎的にも実際のにも残している。基礎的に各薬剤の殺草機構を明らかにすることはもちろん必要であるが、実用化のための基礎的知見としては、① DAVIS⁵⁾ものべているごとく、温度の上昇と薬剤による phytotoxicity の増加とは、直線的でなく、ある限界温度で急激に変化することが考えられることから、A1114, MCPCA のごとく温度反応の著しい薬剤については、その限界温度

- 1) BARRIER G. E. and W. E. LOOMIS : Pl. Physiol. **32**, 225~231 (1957).
- 2) BURNSIDE O. C. and R. BEHRENS : Weeds **9**, 145~157 (1961).
- 3) CRAFTS A. S. : The chemistry and mode of action of herbicides (1961).
- 4) CURRIER H. B. and C. D. DYBING : Weeds **7**, 195~213 (1959).
- 5) DAVIS D. E. : Weeds **4**, 227~234 (1956).
- 6) HODGSON R. H. and N. E. OTTO : Weeds **11**, 232~236 (1963).
- 7) 穂村 豊・吉田三郎 : 雑草研究 **3**, 76~83 (1964).
- 8) KELLEY S. : Pl. Physiol. **24**, 534~536 (1949).
- 9) KLINGMAN G. C. : Weed control as a science (1961).
- 10) LEONARD O. A. : Weed Soc., Am. 1960 Meeting **38**, (1960).
{3}より}
- 11) MUZIK T. J. and W. G. MAULDIN : Weeds **12**, 142~145 (1964).
- 12) 野田健児 : 雑草研究 **3**, 10~19 (1964).
- 13) 能勢和夫 : 雑草研究 **3**, 20~28 (1964).
- 14) RUMBURG C. B. *et al* : Weeds **8**, 582~588 (1960).
- 15) SCHNEIDER A. : NEWCC Proc. **13**, 416~420 (1959).
- 16) SHEETS C. B. : Weeds **9**, ~14 (1961).
- 17) 白坂 進・岩田岩保 : 日作会九州支部会報 **23**, 56~57 (1964).