

水 稻 の 冷 害 と 除 草 技 術

農林省東北農業試験場栽培第一部長 野田健児

1. ま え が き

最近、世界の各地で異常気象の発生が報ぜられている。第1図は朝倉氏(1977)が取まとめた最近の世界の各大陸ごとの高温、低温、少雨、多雨などの異常天候の出現回数を示したものであるが、1974年から75、76年と低温の出現回数が増加していることが注目される。この様な各種の異常天候の多発は、地球上の温暖期から低温期に移る遷移期間に現われる現象である(根本・坪井, 1976)といわれており、昭和51年わが国の北

日本に発生した冷害気候も上記の世界的異常気象多発の傾向の一現象であろうとされ、この様な冷害的な天候は今後なお当分の間、気候の遷移期においては、過去におけるよりも発生の可能性が高いとされている。ところで、これまで経済至上主義を背景として省力化、機械化を主目的として発達してきた現行稲作技術は、最近数年は比較的好天に恵まれたため、その直接、間接的な技術的欠陥が露呈しなかったが、昭51年の冷害においては、品種、栽培法、育苗、水

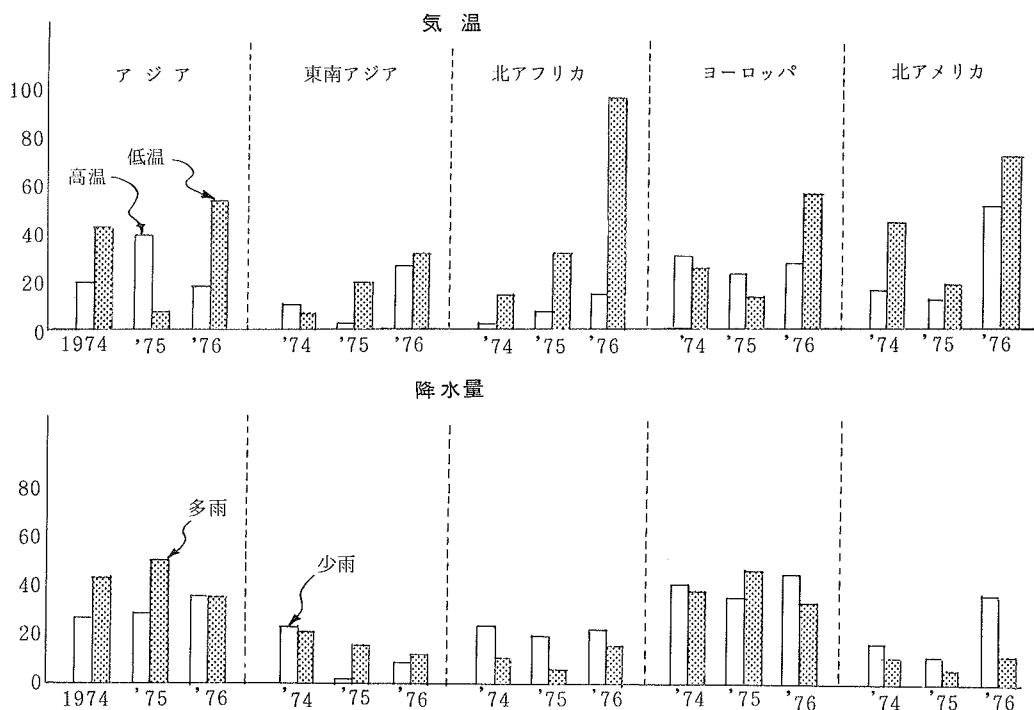


図1. 世界における地域別の異常天候出現回数(経緯度5度ごと), (朝倉: 1977)

管理、施肥、地力培養、病虫害などの作物保護技術などにおいて各種の問題点が発生、指摘され、異常気象下における安定生産のための技術の見直しが強く提起された。しかし、雑草防除技術、とくに除草剤使用技術については、昨年の冷害を発生させた異常気象の時期から、必ずしも顕在化された形で問題視されることは比較的少なかったようである。しかし今後、冷害気象のパターンは、昨年と同じとは必ずしも考えられない。従って昭和51年の冷害発生を動機として、今後の健全な安定的な寒冷地での水稻栽培技術確立のためには、冷害気象における水稻作の雑草防除、とくに除草剤使用技術についても見直すことが必要であり、これに関する若干の考察を行ってみよう。

2. 昭和51年の水稻冷害の概況

まず、昭和51年の冷害は除草剤使用技術とのかかわり合いはあまり顕在化しなかったとのべた。それを理解するためにも昭和51年の水稻冷害の概況をのべておこう。この冷害は、最近例をみないほどドラスチックなものであったといわれる。気象的には6～7月の一時的低温、9月中に入ってから低温傾向もみられたが、冷害を起した主要な気象は今まで例をみなかった極値的な8月の低温、少照であり、このことは東北6県はほとんど共通的な現象であった。とくに岩手県下のそれが最も著しかった。平均気温として月平均で3～4℃の低下となっている。この様な8月に入って以降の異常天候のために、それまでほとんど遅延のなかった水稻の生育相は穂孕期後半から生育が停滞し、出穂開花期の遅延、開花期間の長期化などに伴っての山間高冷地や平坦地でもかけ流しかんがい地での障害不稔、さらに受精したものも登熟開始が遅れ、9

月中、下旬まで低温気象がつづいたための登熟停止、登熟不良、さらにまた100粒重低下や異常粃などによる被害が発生した。これらの被害現象は、総括して登熟歩合の低下となって計測される。東北全体としての作況指数は90%であるが、特にひどい地帯の下北半島北部、岩手県東海岸の地帯では50%位となっている。被害現象として不稔の発生と共に登熟期の遅延による登熟不良があることから混合型冷害ともいわれるが、これらの障害が出穂・開花期の遅延が導火線となって発生していることから言えば、一種の遅延型冷害とも広義には解釈される。しかし、古く定義づけられていた生育前半の不良天候による茎数の不足、穂数の減少、生育の遅延による登熟不良を主症状とするいわゆる「遅延型冷害」の範ちゅうとは異っており、昭和51年の冷害を一定の従来の型によって結論することは難しく、今後に残された検討問題とされる。

この様な被害をもたらした出穂・開花遅延の程度を支配した要素として各種の条件が報ぜられている。当初機械移植栽培の急速な普及が原因であると一時は強調されたが、機械移植そのものに原因があるとするよりもむしろ、機械移植が東北では昭和51年84%の普及をみているが、この様な急速な普及をうながした社会的背景、引いてはその技術面へのはねかえりが本年の8月の異常気象の影響を強く受ける様な結果になった点が極めて多いと考察される。すなわち、高収・良質を強く指向した中・晩生品種の採用が適地を超えて栽培され、稚苗・中苗が技術の不適地に採用され、育苗技術の不適、従って不良苗の使用、適作期をこえた晩植傾向、水管理・施肥肥培の不備、さらに土地基盤整備の不備や不良な土壌条件への作付、未熟生わらの使用などが直接・間接、程度の多少はあれ、不良天

候に共鳴して出穂・開花の遅延を促進したものであり、加えて地理・地形的な要因も強く作用していることがうかがわれた。すなわち、標高差による差、また、樹影地や山沿地、冷水かんがい田での甚しい遅延などである。以上の被害に加えて、宮城県やその他の一部地帯ではいもち病等の被害が減収を助長している。以上の冷害の被害に対して除草剤、とくに中・後期用含フェノキシ除草剤のかかわり合いは、一部のところではその様な薬剤処理が出穂遅延を助長したようだというところもあるが、全般的には顕在化されたところは少ない。おそらく、8月の低温期にはすでにMCPA、MCPBなどの後期茎葉処理剤の処理からも30日位の日数を経過しており、一般にその残効は1カ月以内といわれることから、被害をもたらすような残効はなくなっていたと考えられる。また、6月下旬から7月上旬、さらに7月20日頃の一時的な低温もその期間が短期であり、中期除草剤の残効から考えて水稻への影響は現われなかったものと考えてよからう。

3. 現行稲作と過去の冷害気象

昭和51年の冷害気象のパターンが常に今後においても同じ様にして発生するとは限らないことはすでにのべた。現在の稲作技術は機械移植栽培

の普及により7～10日早期移植となり、機械移植水稻の生態的特性も過去の手植稲とは必ずしも同じでない。また、稚・中苗は除草剤などの不良環境適応性は劣化している。このような事を前提として、過去の冷害ないし異常気象年の気温の動向と現行水稻の除草剤技術との関係がうかがってみよう。第2図は東北で最も冷害を受け易い県である青森県の黒石における昭和9年以降の冷害および異常気象年の平均気温の半

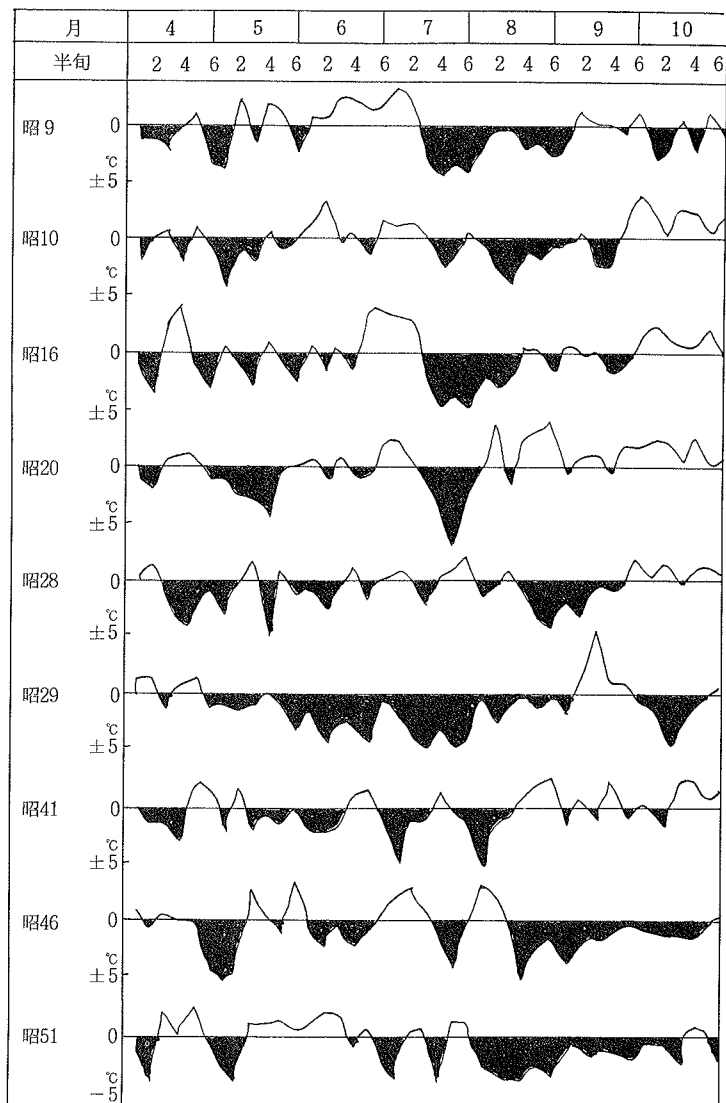


図2. 昭和9年以降の黒石における水稻冷害，異常気象年の半月別平均気温の平年偏差（青森農試）

旬別平均の推移を示したものである。

昭和51年ではすでに述べたように、8月から9月にかけて極低温が発生したことによって特徴づけられたが、これに類似する年としては昭和9、16、20年があげられる。しかし、低温の訪れが1か月位早く7月中旬ごろからみられる。この7月の低温は、土壌条件、降雨条件によってはフェノキシ剤の残効が長くなる場合には、現行技術では当然影響することが推定される。また、これらの年次に比較して、昭和29、41年は5、6月ごろより低温時期が訪れており、特に昭和29年は5、6、7月にかけて極めて長期の半旬平均で平年より3～4℃の低温が連続して来襲している。これらの低温時期を現行の稲作、とくに機械移植栽培の生育パターンでみると、第3図にみられるように初期生育期から幼穂形

成期に当る。その中で5月中～下旬は初期除草剤の散布時期であり、一般に初期除草剤は低温にも安全なCNP、クロメトキシニルなどが主体であるので、低温による被害は比較的起こりにくいと考えられるが、6月上旬になるとフェノキシ系を含んだ中期除草剤の時期であり、低温の時期としては現行稲作技術では当然共鳴する時期である。しかし、昭和29年には中期除草剤は全く実用化されていなかった。また、7月上旬の低温は現行技術では茎葉処理剤の散布期に相当するが、2,4-D、MCPAの導入早々であり、当時、東北地方についての統計では宮城県6,000ha、秋田400ha程度、2,4-Dが試使用されたのみであり、おそらく实际的に広面積な薬害は発生せず、問題とならなかったものと考えられる。しかし、現行技術の中でこのような冷害気象が来た場合には、冷害+薬害のダブルパンチを受けることも想像に難くない。

昭和29年のような著しい生育前半の低温冷害気象でなくとも最近、中・後期除草剤の散布直後の一時的な低温によってフェノキシ系特徴の反応が一部の地帯に見られている。

昭和48年山形県ではトリフラリン/MCPエチルによると推定される被害(齊藤1976)、宮城県では48年、49年にも筒状葉の発生(武田1976)、福島県では昭和50年モリネート・シメトリン・MCPB、トリフラリン・MCPエチル、MCC・MCP、プロメトリン・MCPBなどによると推定される薬害(阿部1976)が報告されている。しかし、最近の多収年においてはその後の好天に恵まれて、この様な一時的な低温による被害はまもなく回復し、収量にまで影響するものはほとんどなかったとされている。しかし、低温が長期化する場合とか、他の不良条件と重なる場合には後期まで影響する可能性は持つて

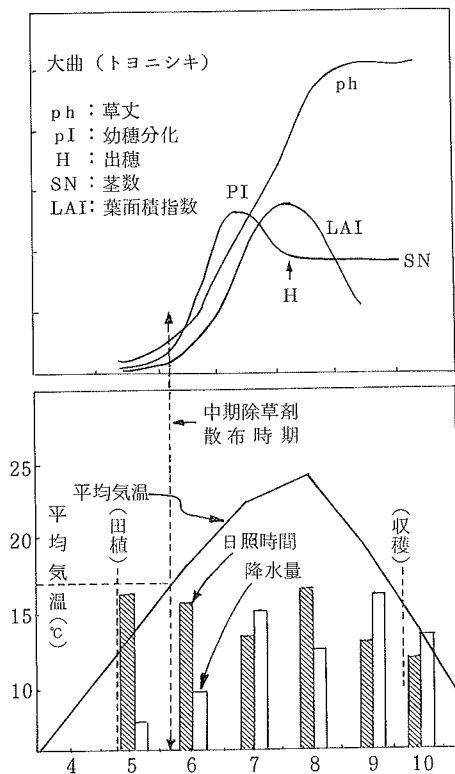


図3. 大曲における稲作期間の気象と生育相

いるものと考えてよからう。

4. 水稲作におけるフェノキシ除草剤の使用技術

2,4-D, ついで MCPA が水田広葉雑草防除剤として導入され, その実用性を知るために各種の試験が数多く行われたのは戦後間もなく, 昭和24, 25年ごろ以後であった。当時は田植後30~40日頃, 広葉雑草を対象として茎葉処理剤として7月初旬, その年平均気温では20℃頃を適期として検討, 実用化されたのであるが, 変動しやすい東北の気温下では, 低温によって薬害が出やすく, 低温反応の著しい2,4-Dよりも低温条件に対してより安全な MCPA, さらに MCPB などがより好適なものとして実用化されてきた。当時はその低温限界は16℃ないし18℃といわれ, 水稲に対する薬害を可及的発生しないような各種耕種条件の配慮が払われた。健苗を使用すること, 適正な施肥, とくに N 肥料の過剰にならないこと, 遮光条件下では使用しない。土壤中吸着の少ない砂質土壌などでは薬害が発生しやすいので注意することなどすでに報告されているが, これらは冷害対策にも共通するところ多く, 要するに健全な稲作り技術は冷害対応技術であると共に, 低温化における薬害軽減の技術でもあるように思われる。その後除草剤は茎葉処理剤と共に東北地方では PCP・MCP アリルで象徴されるように土壌処理剤とフェノキシ剤の混合によって, 早期に散布し広葉とイネ科の防除に発達し, また最近では多年生雑草の急激な増加からフェノキシ剤と他剤との混合による中期除草剤が開発され, 使用されている。これらの中期除草剤はフェノキシ剤 MCPA, また MCPB が0.7~0.8%と単剤のときよりも減量されているため, 低温条件で

も安全であるとされる。第1表のように MCPA, 2,4-D, 単剤以外に多くのフェノキシ含有の中期除草剤が実用化され使用されている。単剤も含めたその面積は, 東北地方で昭和50年には20万 ha以上に達し, 水田総面積の33.1%に相当するものである。

さらに, 多年生および従来の除草剤では除草困難な強害草が年々多くなっており, 第4図に示したようにこれら多年生強害草の発生率を山形県を除いた東北5県の延面積でみると69万 ha, 延発生率では131.1%にも達する。これらの雑草に効果的とされる新除草剤ベンタゾンの開発, 実用化も進められているが, これらフェノキシ含有剤は価格も安く, 効果もかなり高いことからその使用の増加が期待されるものである。その場合, かつて2,4-D, MCPAが導入された

表1. 昭和50年東北地方の水田主要除草剤の使用状況

順位	除 草 剤	面 積 (ha)	%
1	CNP	451,557	72.0
2	ベンチオカーブ・シメトリン	352,470	56.2
3	モリネート・シメトリン	121,279	19.3
4	MCPA	<u>96,790</u>	<u>15.4</u>
5	クロメトキシニル	50,856	8.1
6	モリネート・シメトリン・MCPB	<u>38,900</u>	<u>6.2</u>
7	オキサジアゾン	38,807	6.2
8	ブタクロール	28,435	4.5
9	MCC・MCP	<u>22,959</u>	<u>3.7</u>
10	プロメトリン・MCPB	<u>21,680</u>	<u>3.5</u>
11	ベンチオカーブ・CNP	20,972	3.3
12	2,4-D	<u>10,081</u>	<u>1.6</u>
13	NIP	7,878	1.3
14	プロメトリン	7,783	1.3
15	PCP・MCPアリル	<u>7,590</u>	<u>1.2</u>
16	ベンチオカーブ	7,564	1.2
17	トリフラリン・MCPアリル	<u>6,567</u>	<u>1.0</u>
18	MCPB	<u>2,862</u>	<u>0.5</u>
19	トリフラリン	581	0.1
全処理面積		1,317,781	210.1
フェノキシ及び含フェノキシ剤		207,814	33.1

注: _____はフェノキシ, 又は含フェノキシ剤

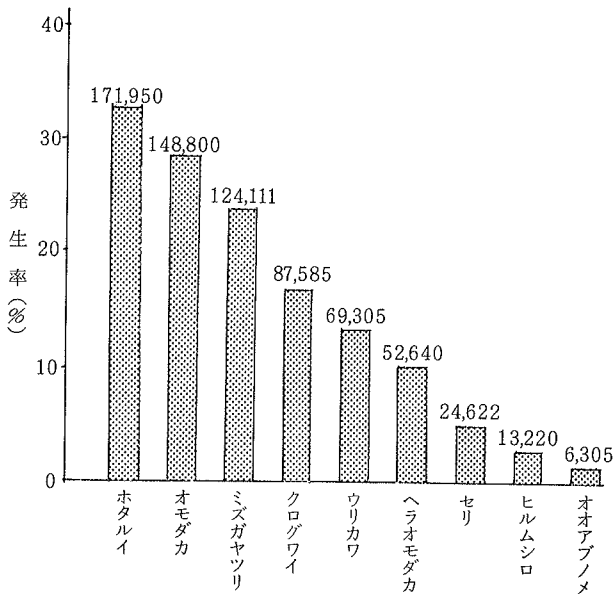


図 4. 東北 5 県の水田多年生・強害草の発生状況
(日植調東北支部 1976)

注：昭和50年，山形県は資料なく除いた。
数字は発生面積 (ha)。

当時のような低温条件に対する安全性がとくに北日本では今後寒冷化気象の来襲が懸念されるときにさらに強く強調されなければならない。

5. 水稻へのフェノキシ剤の低温限界

水稻に対するフェノキシ剤，含フェノキシ剤の使用可能な低温限界を一定温度に決めることは中々難しい。なんとすれば水稻の状態，処理された薬剤の行動などによって，またその期間，高温と低温の較差によっても異なるものと考えられる。しかし，大約 7 月上旬の後期茎葉処理剤として，単剤 30～40 g/10a を基準として施用する場合には平均気温で 16～18℃ が使用の限界とされていた。この頃の年平均気温を推定すると，大曲では約 20℃ である (図 3)。青森県では MCPA，MCPB の使用限界温度を 16℃ とし (三本ら，1976) 規制している。最も遅い 16℃ 出現日でも平均気温で 6 月 20 日であり，後期除草剤として使用する場合には，青森県では

大体，平年の気象の場合には問題はない。

他方，最近開発がすすんできた含フェノキシ中期除草剤の使用時期は，その含量パーセントは 1/2 程度であるが，散布期のイネが若いこと，加えて機械移植栽培が今後主対象になることを考えると低温限界も異なるものと考えられる。

中期除草剤としての混剤の薬害発生限界温度についての厳密なデータはないが，事例を 2・3 みると，すでに触れたように昭和 48 年庄内地方の一部においてトリフラリン/MCP エチルに基づくと推定されている (斉藤 1976)。薬害，すなわち筒状葉，分けつ体系のみだれ，甚しいところでは有効茎率の低下などによって減収しているが，その場合の気温条件は，処理直後 4 日間の平均気温 13～14℃，3～4℃ 低下したことによって発生したと推定される (図 5 参照)。

また，古川農試では昭和 48 年には生育前半比較的低温の年であり，稚苗の 5 月 31～6 月 6 日に中期除草剤を散布した水田でフェノキシ系特有の筒状葉の発生をみている。しかし，この年

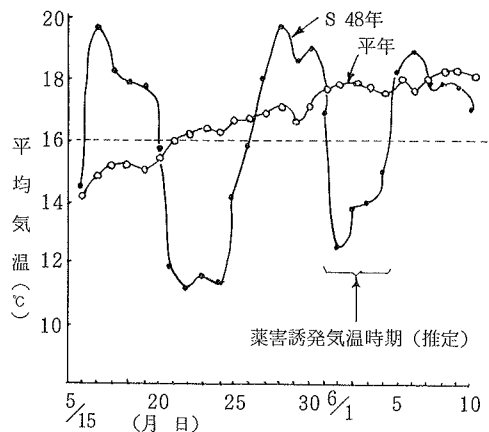


図 5. 昭和 48 年庄内の田植後の気温推移 (斉藤 1976 より)

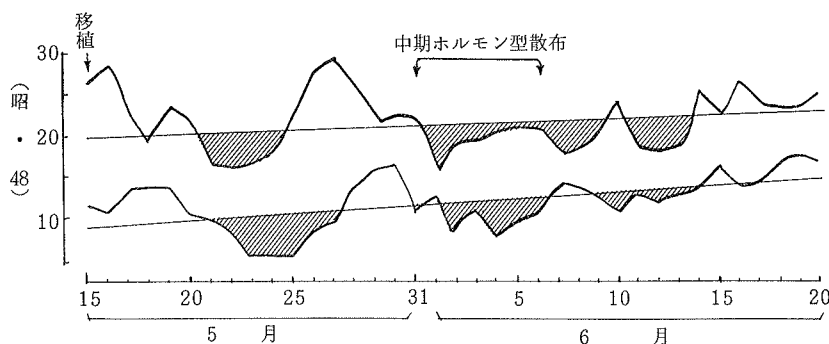


図6. 昭和48年古川農試の気温推移（武田，1976より）

はその後の茎数確保は遅れたが、有効茎歩合が高く、減収は招かなかった。この時の気象経過をみると図6のようであり、薬剤散布期の平均気温14℃位の経過が筒状葉を発生したと考えられる。中期除草剤の早期散布の場合の警告として武田（1976）は平均気温において5℃低下で3日、4℃低下で5日以上連続日数が問題限界温度としている。さらにまた、阿部（1976）によれば、福島県においても昭和50年ホルモン系薬剤の症状が各地でみられており、筒状葉、株開張などが会津、いわき、相馬地方などを主体に2,000ha近くでみられている。

しかし、症状は微程度でこの年の収量にはほとんど影響なかったと報告されている。会津ではMCPAによるが、その他はトリフラリン・MCP、MCC・MCP、プロメトリン・MCPBなどの中期除草剤に原因すると推定される。この年

の福島県（郡山）における気温の推移は図7のようであり、6月10日頃の2～4℃の低下は中期除草剤の散布直後、6月下旬～7月上旬の2～4℃の低下は後期除草剤の散布期に当

たっている。これらが薬害発生の原因ではないかと考えられる。

以上の結果を総括すると、平均気温で2～4℃の低下が5～7日続くことによって、含フェノキシ系中期除草剤、フェノキシ系後期除草剤の薬害症状が発生するものと推定される。従って中期除草剤では、平均気温13～16℃位がその低温限界となる。これらのフェノキシ系薬剤の薬害症状も通常の好天では回復するが、低温気象が長期続く場合には問題を提起するものと考えられる。

6. 低温下での薬害を左右する条件

薬害の多少は稲体の条件によって左右されることはすでに述べた。健全な稲の生育に導く条件は薬害軽減の条件となる。

まず、機械移植栽培が今後殆んど主体の稲作

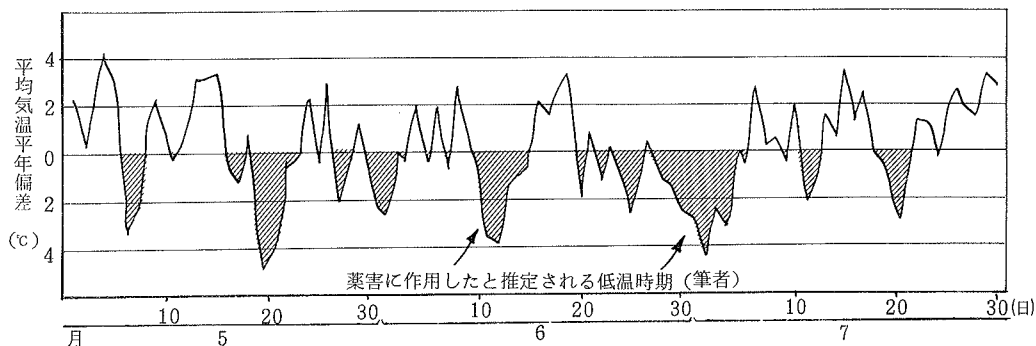


図7. 昭和55年福島の平均気温偏差の推移（5，6，7月）

栽培体系になるとき、稚・中苗という単に若い苗を使用するというのみでなく、不良苗、軟弱苗を用いやすいことは薬害の発生を助長する。また、機械移植水稻の根系は相対的に手植成苗よりも浅層化しており、根吸収的な薬剤の取り込みは多くなることが想像される。

また、冷害気候年における冷水田、掛流し水田などは、冷害条件を助長するのみでなく、稲体の生理的活力を低下させ、薬害的作用を増加するばかりでなく、薬剤の残効も長くすることによる作用力の増大が考えられる。昇温水管理技術は冷害軽減対策であるのみでなく、フェノキシ系薬剤の薬害軽減対策でもある。

土壌条件によって薬剤の土壌コロイドへの吸着が異なる。一般に砂質土では吸着が少なく、土壌の下層移動の増大は薬害を助長する。また、有機物の多い土壌での土壌吸着は大きく、薬害を少なくすると考えられるが、腐熟しない生わらの場合にはかえって浸透を助けて薬剤の処理層の形成を阻害し、薬害を助長する場合がみられる。さらに、還元の著しい水田とか施肥の不適正、とくにチッソの過剰な条件では、不健全な稲体となって薬害を助長するものと考えられる。しかし、適正なチッソの追肥は薬害発生の回復にはプラスに働くことが知られている。さらにまた、低温に加えて日照不足、遮光条件は2,4-D, MCPAの薬害を助長することが古く確かめられている。薬剤の種類による低温の影響は、2,4-Dが最も強く、ついでMCPA、さらにMCPBが最も弱いということは、すでに古く多くの実験結果によって示されている。これはおそらく、分解速度の差によるもの、従って回復力の差に帰すると推定されている。また、MCPA, MCPB剤の中でも塩の種類による低温反応の差が推定される。第8図は予報的な実験

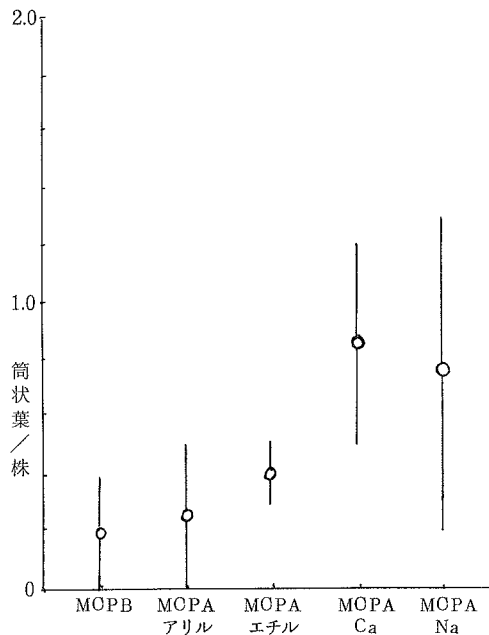


図8. MCPA, MCPBの種類による低温による筒状葉発生差の差異(野田・茨木 未発表)

注) 2,4 g/a 処理, 0 平均, 温度15~20℃, 4.2 L 苗使用。

結果の一例を示した。MCPBが最も弱いことは既知のことであるが、MCPAの中ではアリル<エチル<Na≒Caの傾向がうかがわれる(図8)。

フェノキシ剤への水稻品種による薬害の品種間差異については、古く寒冷地において2,4-Dについて穂数型の品種が弱い傾向である(荒井1954)と報ぜられているが、中期除草剤に

表2. フェノキシ系除草剤による水稻筒状葉発現の品種間差異(齊藤 1976)

品 種	No.	外 観 症 状	筒状葉基率 %	玄米重比 率
ササニシキ	1	わずが目立つ	0.4	100
	2	"	1.5	103
	3	やや目立つ	2.7	91
	4	"	3.6	84
トヨニシキ	1	なし	0	100
	2	やや目立つ	7.8	100
	3	少し目立つ	15.3	92
	4	かなり目立つ	25.2	89

注: *トリフラリン/MCPAエチル

についても表2に示したように最近、トリフリン・MCPAエチルに対する品種間差異がしめされている(斎藤1976)。筒状葉の発生率はササニシキよりもトヨニシキが著しい。しかし、筒状葉当りの収量への影響度はササニシキの方が大きい。おそらくこれは、品種の生理的な耐薬性によるものでなく、間接的な生態的特性の差によるものと考えられる。

7. 土壌処理剤と低温条件

除草剤はいずれの薬剤も何らかの強い植物への作用力(phytotoxicity)を持っている。しかし、一般の水稲作の気温条件下では、一時的には生長抑制を与えることがみられるが、急速にその作用は消失して、作物への被害はないことが、広く安全な除草剤として実用化されている理由である。東北地方でも最も広く使用されているCNP、クロメトキシニル、ベンチオカーブなどは温度による作用力の変動が最も少なく、従って最も安全性の高いもの、特に低温に対しても安全であるとして、田植前後の幼苗期の土壌処理剤として広く実用化されている。

しかし、最近西川ら(1973)は数種初期処

理剤について、稚苗2,4葉苗に対して昼温15℃、夜温8℃の条件にCNP(27g/a)、オキサジアゾン(8g/a、混和)、ブタクロール(7.5g/a)を田植前処理することにより、分けつ数、乾物重の減少をみている。その抑制作用はブタクロールが最も著しく、ついでオキサジアゾン、CNPの順である。さらに、ブタクロールについては前処理と田植後処理を比較したところ後者では被害をみていない。

以上の事から、従来安全とされるフェノキシ系以外の除草剤でも極端な低温条件と処理時条件、その他稲体を不健全にするような条件が相加的、あるいは相乗的に働く場合には被害を与える場合もあるかもしれないという一実験例をしめしたのと考えられるが、今後異常気象に伴う低温条件がより厳しくなる場合には、従来全く安全とされている土壌処理剤でもそのより安全な使用技術を確認するための検討が必要であることを示唆するものとして注目される。

8. む す び

昭和51年の東北地方の水稲の冷害を契機として、今後の低温化気象によって引き起こされる

ノビエからホタルイまで

新発売

水田初期除草剤

ショウロンM粒剤

特長

- ☑ホタルイに卓効
- ☑適用地帯が広い
- ☑イネに安全
- ☑高い安全性

ショウロンM普及会

クミアイ化学工業株式会社 昭和電工株式会社
三井東圧化学株式会社 三井東圧農薬株式会社

かもしれない除草剤使用技術上の問題点を若干の事例を参考にしながら解説した。除草剤は文明の利器であると共に凶器でもある。その適正な使用は、水稻作の安定生産を前提としなければならない。雑草害の要防除水準を科学的に明確化し、雑草害の起こらない事を前提として、

凶器としてのデメリットの出ない除草剤の使用を中心としながらも、積極的に他の雑草防除手段の導入、開発を通して、総合的な防除技術の方向を指向することが、今後の雑草防除技術において要請される事であろう。そのために、本稿が少しでも役立てば幸いである。

光化学スモッグと野菜に対する影響

千葉県農業試験場公害研究室 松丸恒夫

1. はじめに

昭和45年（1970）7月18日、東京都杉並の東京立正高校事件を契機に社会問題化した光化学スモッグは、各地に大きな波紋を巻き起こした。これより一年程前の昭和44年（1969）頃から、千葉県下では広域に亘ってネギ・サトイモ・トウモロコシなどの農作物に原因不明の特異的な異常枯損障害が認められ、その後の調査によってこれらの障害が光化学スモッグによるものであることが確認された。

現在では、光化学スモッグによる汚染は全国的な規模の広がりを示し、昭和49～51年（1974～1976）の3カ年をかけて実施された“アサガオによる光化学スモッグ観察全国調査”の調査結果では、北海道・青森・岩手・鳥取・島根・熊本・沖縄の7道県を除く全国40都府県で、アサガオの葉に光化学スモッグの被害が認められている。

2. 光化学スモッグ

L. H. Rogers は、スモッグをロンドンスモッグとロスアンゼルススモッグの2つのタイプに分類した（第1表）。

ロンドンスモッグはばい塵、二酸化硫黄（ SO_2 ）を主成分とする冬型の汚染で、原因は工場や家庭用暖

第1表 スモッグのタイプ

（千葉県 過去5カ年）

	ロサンゼルス・スモッグ	ロンドン・スモッグ
発生時の気温	75～90°F	30～40°F
発生時の湿度	70%以下	85%以上（+霧）
逆転の種類	沈降性逆転	放射性逆転
風速	5マイル/時以下	無風
スモッグ最盛時の視程	1.6 km～0.8 km以下	100m以下
最も発生しやすい月	8月、9月	12月、1月
使用されている主な燃料	石油系燃料	石炭および石油系燃料
主な成分	オゾン、有機物、亜硝酸ガス、一酸化炭素	硫化物、粒状物質、一酸化炭素
反応の型	光化学的+熱的	熱的
化学的反應	酸化	還元
最多発生時間	日中	早朝
人に対する主な影響	短時間の眼の刺激	気管支の刺激