

除草剤「ベンチオカーブ」による水稻矮化症に関する2・3の知見*

生杉 佳弘・石川 裕一・片岡 一男

A few Informations on the Dwarfish Symptoms of Rice Plants
Caused by Benthioncarb Herbicide

Yoshihiro IKESUGI, Hirokazu ISHIKAWA, Kazuo KATAOKA

1. はしがき

1976年（昭和51年）に富山県の一部の水田に、水稻除草剤「ベンチオカーブ」によると考えられる水稻矮化症状が発生して以来、三重県下においても、翌1977年に阿山郡の一部地域（馬田・音羽・波敷野地区）で類似の症状が確認され、「阿山病」と呼ばれて問題化した²⁾。その後、1979年には同様の症状が県下各地で確認されるに至った⁵⁾。

1979年度の県下における水稻矮化症発生水田面積は、100～150 haで、水田除草剤の使用面積（約50,000 ha）に比較すると極めてわずかな比率であるが、従来みられなかった薬害症状であり、かつ全国的にも発生地域の拡大増加がみられることから、本症状の発生実態を調査するとともに、現地圃場において試験を実施した。

本矮化症の発生には、ベンチオカーブ剤の類縁化合物である「脱塩素ベンチオカーブ」が関与していると考えられている¹²⁾。この物質のイネに対する薬害発現最低薬量は、有効成分量2.5 g/aとされ³⁾、ベンチオカーブの16倍以上の作用力を持っている¹⁾。

本試験では、この脱塩素ベンチオカーブの生成に関与すると言われている稲わらの施用量と除草剤の散布量など2～3の耕種的条件⁸⁾について、水稻矮化症の発生程度と土壤中の脱塩素ベンチオカーブ生成量の面から検討を加えた。

2. 調査および試験方法

1) 実態調査

「ベンチオカーブ剤による水稻矮化症状」の県内における初発生地区である阿山郡阿山町馬田地区を対象として、1977年から1979年の3か年間にわたって、矮化症発

生田の分布・変遷状況を調査した。

また、あわせて県下の矮化症発生田における耕種条件について聞き取り調査を実施し、矮化症発生との関係を検討した。

2) 現地試験

阿山郡馬田地区の現地圃場（前々年矮化症発生田）を用いて、第1表に示した試験区を設定し、矮化症発生に関与すると考えられる耕種的要因について検討した。

第1表 試験区の構成

区 No.	生わら施用量	耕起時期	ベンチオカーブ 施用量 (成分 g/a)
1	無 施 用	冬・春	21
2			63
3	全量施用 (800kg/10a)	冬・春	21
4			63
5	倍量施用 (1600kg/10a)	冬・春	21
6			63
7		春	21
8			63
9	無 施 用	冬・春	0

1980年5月3日に、水稻品種「大空」の稚苗を機械移植した。ベンチオカーブ剤の処理は、移植後10日目の5月13日に行った。ベンチオカーブ成分量21g/a相当分は、ベンチオカーブ・シメトリン粒剤を用い、多量施用区は、増量分をベンチオカーブ粒剤で追加した。稲わらは、前年秋にコンバインにより切断し、その後自然条件下に放置されていたものを用いた。耕起時期については、1月22日に耕起し、3月30日に再耕したものを「冬耕区」とし、3月30日に耕起したものを「春耕区」とした。耕耘はト

* 本稿の一部は、第91回日本作物学会東海支部講演会において発表した。

ラクタによるロータリー耕である。なお、1区面積は75 m^2 で、2反復とした。

薬剤処理後20日目の6月2日から約10日毎に水稻の草丈・茎数および矮化発生程度を調査するとともに、脱塩素ベンチオカーブおよびベンチオカーブの生成量を分析定量した。分析方法は以下のとおりである。

《分析方法》

1試験区内の4か所から100cc採土円筒で深さ5cmまで土壌を採取し、よく混合して分析に供した。陰干した土壌サンプル30gに酸性アセトン水100mlを加え、60分間振とう抽出した。上澄液50mlを分液ロートに取り、飽和の塩化ナトリウム溶液50ml、蒸留水100mlとヘキサン30mlを加えて振とう後、ヘキサン層を分液した。水層を無水硫酸ナトリウムで脱水後、減圧下で濃縮し、残渣に少量のアセトンを加えて溶かした。活性炭ダルコG-60とアビセル混合物(1+5)5gをアセトンにより湿式法で填めたクロマト管に残渣のアセトン溶液を移し、アセトンを展開溶媒として溶出した。溶出アセトン200

mlを集め、減圧下にアセトンを留去し、残渣をアセトンに溶かし、ガスクロマトグラフに注入、ベンチオカーブおよび脱塩素ベンチオカーブを定量した。回収率は0.25ppm添加で93%、検出限界はベンチオカーブの場合0.02ppm脱塩素ベンチオカーブは0.01ppmであった。

土壌の酸化還元電位は、水稻移植後10日～50日後に1試験区5か所について、携帯用酸化還元電位差計(東亜電波製、RM-IK型)で測定し、Eh₆を求めた。

3. 結果および考察

1) 阿山町馬田地区における矮化症発生実態

第1図は、初発生をみた1977(昭和52)年から1979年にかけての3か年間の矮化発生田の分布状況を図示したものである。

馬田地区の除草剤使用状況をみると、ベンチオカーブ・シメトリン粒剤(有効成分含有率はベンチオカーブ:7%,シメトリン:1.5%)がほとんどの農家で使用されている。使用方法は、オキサジアゾン乳剤との体系使

第1図 矮化症発生状況(阿山町馬田地区)



用が一部おこなわれているものの、ほとんどの場合初期処理剤を使用しておらず、中期除草剤であるベンチオカーブ・シメトリン粒剤またはベンチオカーブ・シメトリン・MCPB粒剤（有効成分含有率はベンチオカーブ：10%，シメトリン：1.5%，MCPB：0.8%）の単用散布がおこなわれていた。散布時期は移植後10～15日で、矮化症状の発生した圃場は全筆前記2剤のいずれかのベンチオカーブ剤を連年使用してきており、その散布量は10アール当り製品3～4.5 kg（ベンチオカーブ成分量で21～45 g/a）であった。

矮化症の発生と関連があるとみられている有機物⁷⁾⁸⁾の施用については、大部分の圃場で稲わらが全量還元されていたが、有機物を施用していない圃場での発生も数例みられた。

なお、馬田地区の土壌は「灰色土壌粘土マンガン型」に属する⁶⁾。

1977年（昭和52年）度に発生した23筆の水田のうち、17筆は次年度も発生しており、さらに6筆は3か年とも連続して矮化症が発生した。2年目の1978年度には新に19筆に発生がみられ、2か年連続発生田17筆を加えると36筆と増加した。3年目の1979年度は新に20筆に発生し、既発生田での発生を合わせると34筆となった。2年目の新規発生田は前年度発生田の周辺圃場に多くみられたが、3年目の新規発生田は必ずしも既発生田の周辺圃場に限り、離れた圃場での発生もみられた。

新規発生田の分布と用水（灌漑水）の流れとの関連性について検討したが、両者の間には明らかな関係は認められなかった。ベンチオカーブ剤による水稻矮化症の発生には、土壤微生物が関与すると考えられている¹²⁾が、3年目の1979年には既発生圃場の上流に位置する圃場での発生が目立ち、用水移動に伴う微生物の伝播・移動と矮化症発生田の分布変遷状況とは必ずしも結びつかなかった。

2) 県下における矮化症発生実態

1979年と1980年の両年にわたって、三重県内で発生したベンチオカーブ剤に由来すると考えられる水稻矮化症について、発生田の実態を調査した。調査点数は59件で、その結果は以下のとおりである。

- (1) 矮化症状の発生は、水田の一部分に線状あるいは坪状に発生する場合が大半を占め、症状の発現に気付くのはベンチオカーブ剤使用後30日目頃（移植後40～50日目）が多い（第2表）が、年によって若干変動する傾向がみられる。

第2表 矮化症の発生様相

被害面積率	発生様相	症状の確認時期 （除草剤処理後）
(%)	(%)	(%)
10%以下 : 34	コーナー発生型 : 7	10日以内 : 9
11～20% : 22	畔畔発生型 : 1	11～20日 : 13
21～30% : 7	線状発生型 : 50	21～30日 : 36
31～40% : 10	坪状発生型 : 33	31～40日 : 29
41%以上 : 27	全面発生型 : 9	41日以降 : 13

調査対象水田 12.7ha（59件）のうち、実被害面積は2.5haで、被害面積率は平均19.7%（最大100%，最小0.3%）であった。被害面積率の高い事例は、小区画水田に多く、1筆中の被害面積は部分的・局所的であった。

矮化症の発生様相は第2表のごとく5型に分類でき、その中で線状型と坪状型の両方で全体の83%を占めた。この発生様相から、除草剤の重複散布やムラ散布、あるいは稲わらの局所集積と関係あるものと考えられた。

- (2) 除草剤の散布は、移植後17～18日におこなわれる事例が多く、ベンチオカーブ・シメトリン・MCPB粒剤による矮化症発生比率が高い（第3、4表）。

第3表 除草剤使用方法別矮化発生率

除草剤使用体系	比率	除草剤使用体系	比率
	(%)		(%)
CNP粒→B・S粒	21	CNP粒→B・SM粒	5
クロメトキシニル粒→B・S粒	3	クロメトキシニル粒→B・SM粒	15
オキサジアゾン乳→B・S粒	5	B・SM粒単用	28
ダイムロン・CNP粒→B・S粒	2	B・S粒→B・S粒	2
B・S粒単用	14	B・S粒→B・SM粒	5

（注） B・S粒はベンチオカーブ・シメトリン粒剤

B・SM粒はベンチオカーブ・シメトリン・MCPB粒剤

第4表 除草剤の処理時期別矮化発生率

中期除草剤処理時期	単用処理	体系処理
	(%)	(%)
田植後12日以内	9	8
13日～17日	10	13
18日～22日	18	17
田植後23日以降	4	21
全 体	41	59

使用ベンチオカーブ剤はベンチオカーブ・シメトリン粒剤（以下B・S粒剤と略する）と、ベンチオカーブ・シメトリン・MCPB粒剤（以下B・SM粒剤と略する）の2剤で、県内の販売数量はB・S粒剤 35000ケース、B・SM粒剤7500ケースである。第3表に示したごとく、両剤の発生件数比率がほぼ同数であることと販売数量とを考え合わせると、B・SM粒剤による発生比率が高いといえることができる。このことは、ベンチオカーブ有効成分含有率がB・S粒剤に比べてB・SM粒剤の方が3%多いことから説明できる。

- (3) ほとんどの水田で生わらの圃場への還元がおこなわれている。

調査事例のうち、有機物投入について回答のあった54件中、45件が生わらを施用しており、なんらかの有機物を施用したと答えた比率は約90%を占めた。一方、有機物を全く施用していないと回答した農家が6件(11.1%)あったことも注目される。

- (4) 乾田・半湿田での発生が多い。

調査対象水田を土壌の乾湿によって分類した場合、湿田での発生事例は10%を占めるに過ぎなかった。残りの80%は乾田と半湿田における発生事例で、かつ両者の発生件数にはほとんど差がなかった。ベンチオカーブの土壌中における分解は、還元的湛水条件下では極めて遅い³⁾ことから還元条件下では本矮化症の発生も強いと考えられるが、水田の乾湿に起因する圃場の還元程度とは関係が小さいものと考えられた。

- (5) 年内耕起でも発生事例が多い（第5表）。

第1回の耕起時期は年内が36%を占め、その2/3は田植時期までに3回の耕耘が行なわれている。耕起時期と矮化症発生との関係については、秋耕で矮化発生が少ないとする重松ら⁸⁾の報告と、秋耕で発生が多かったとする小山ら⁴⁾の報告がある。著者らの実施した試験では、春耕に比べて冬耕で発生が多くなる傾向が認められた。矮化症の発生を軽減する耕種の方策として、秋耕は必ずしも効果的なものでは

ないと考えられるが、耕起時期と矮化症発生との関係については、土壌微生物の動態と関連させて今後更に明確にする必要があると思われる。

第5表 耕起時期とその回数

第 1 回目の耕起時期			耕 起 の 回 数 別 比 率 (%)		
			1 回	2 回	3 回
		(%)			
年	内	36	0	15	21
1	月	25	6	13	6
2	月	21	2	15	4
3	月	10	4	4	2
4	月	8	4	4	0
100			15	52	33

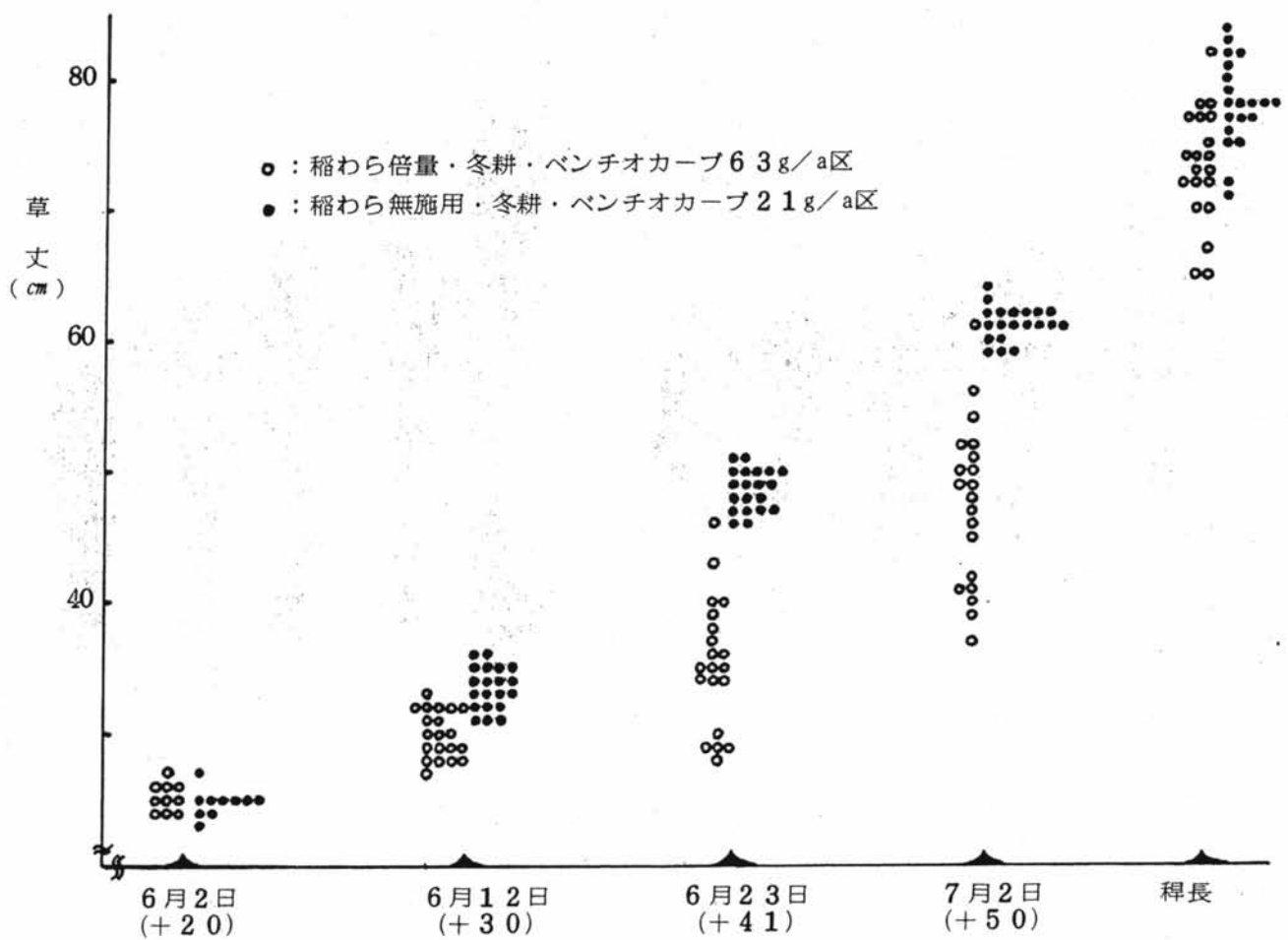
3) 矮化症の発生時期とその症状

ベンチオカーブ剤による矮化症状は、薬剤処理後25日～30日目頃から目立ち始め、処理後40～50日目頃が最も顕著であった（第2、3図）。これは現地農家水田における一般的な矮化症の発生時期と一致した。この時期の土壌中からは、2.4～2.7ppmの脱塩素ベンチオカーブと3～6ppmのベンチオカーブが検出された。

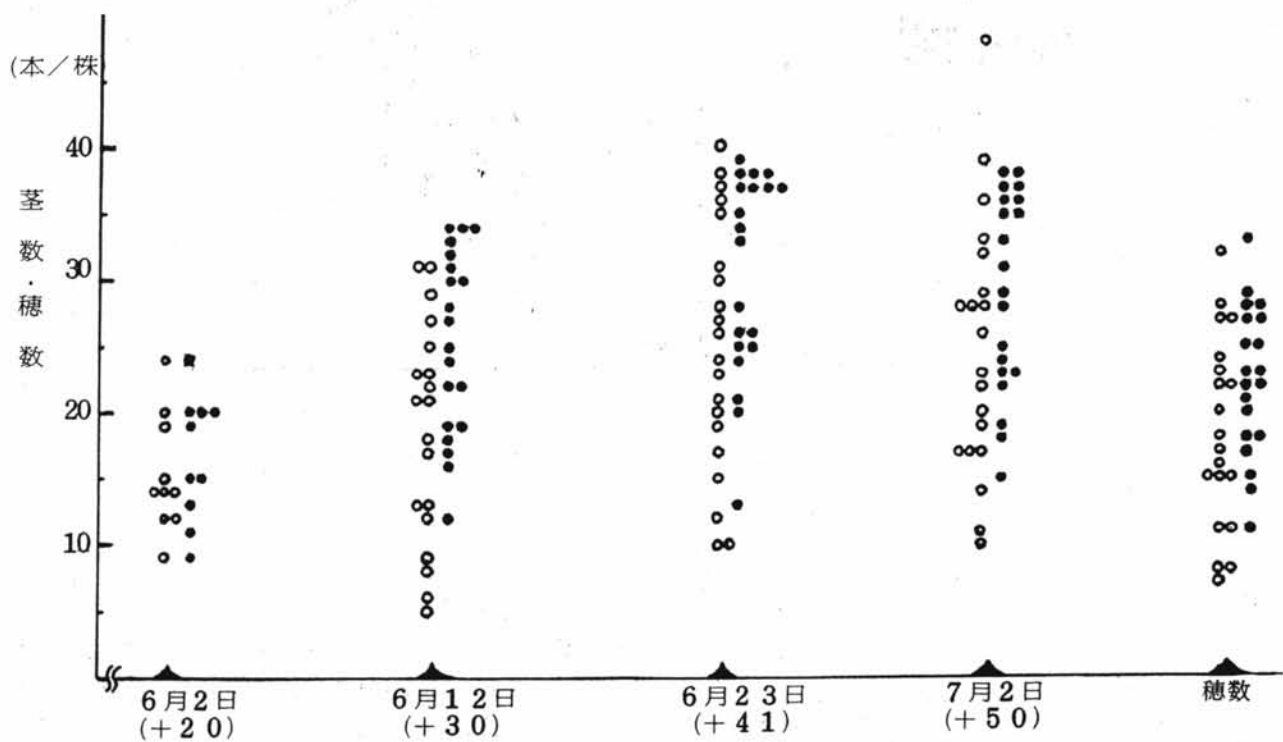
症状は、葉身と葉鞘が共に短くなり、葉色は濃緑で、分げつの発生は不規則となり、正常な稲に比べて、分げつの多くなる株と少なくなる株がみられた（第4、5図）。これらの症状は、武市ら¹⁰⁾の報告と同様である。矮化症状を呈した稲の中には、茎数の増加するものと減少するものがあるが、分げつに及ぼすこれら症状の相違については、現地における過去の矮化症発生事例から次の様に考えられる。すなわち、移植後薬剤の処理時期が早い場合や薬剤を多量散布した場合、特に強還元下で稲の生育が不良の場合には、枯死株を初めとして茎数減につながる場合が多い。一方、移植後25日間程度は正常な生育を示し、その後矮化症が発生する様な場合には、大部分が茎数増（弱小分げつの増加）となっている。これらの事例から、分げつにみられる症状の相違については、稲の生育ステージならびに生育量と脱塩素ベンチオカーブの生成時期ならびに生成量が関連しているものと考えられる。

最高分げつ期頃に顕著であった矮化症状は、その後、やや回復に向ったが、症状の重度の株は収量減につながった。それは、有効穂数の減少ならびに一穂着初数の減少によるところが大きく、登熟歩合の低下も影響した。

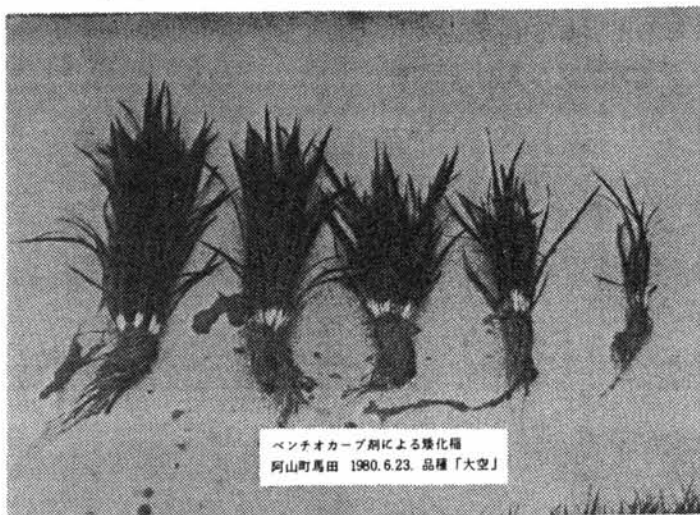
矮化症状の発生程度と稲の収量との関係を株単位にみると、正の高い相関関係がみられ、草丈の抑制程度（矮化程度）が大になるにつれて収量（精粒重）が減少した。特に矮化症状が顕著であった薬剤処理後50日目の「草丈



第2図 草丈の推移

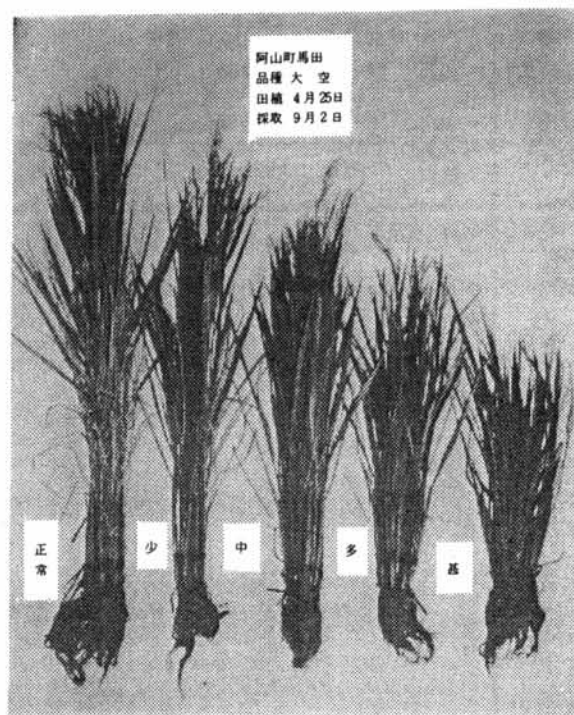


第3図 一株当りの茎数の推移



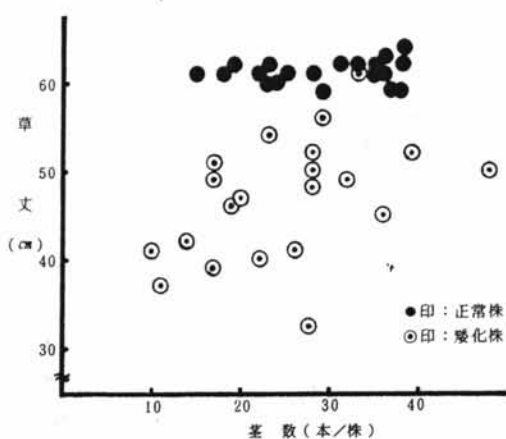
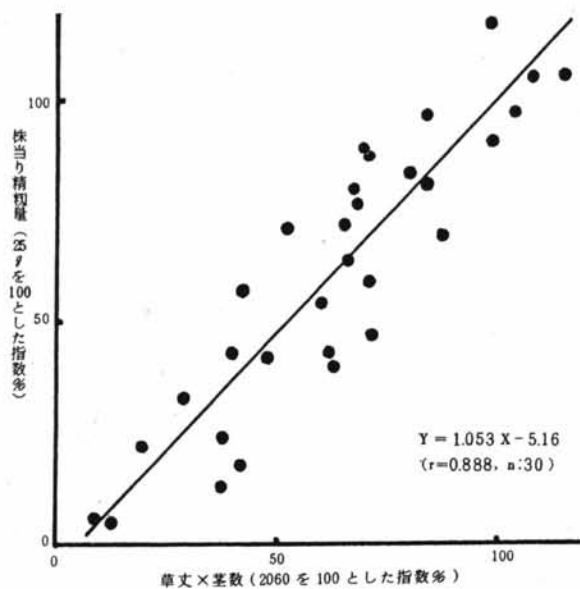
生育中期（移植50日後）における矮化症状稲

〔品種：大空〕



成熟期直前における矮化症状稲 〔品種：大空〕

第4図 ベンチオカーブによる生育障害の症状

第5図 矮化症による草丈と茎数の分布
(7月2日, 薬剤処理後50日目)

第6図 矮化程度と収量との関係

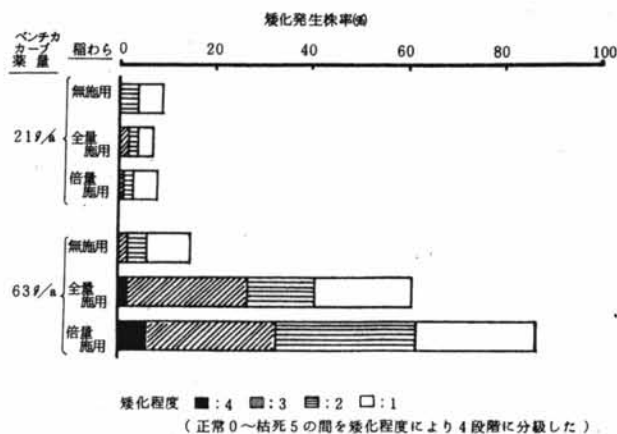
「茎数」値は、収量との相関が高く、矮化症の発生による減収予想の参考になると考えられた(第6図)。

4) 稲わら施用量と矮化症発生との関係

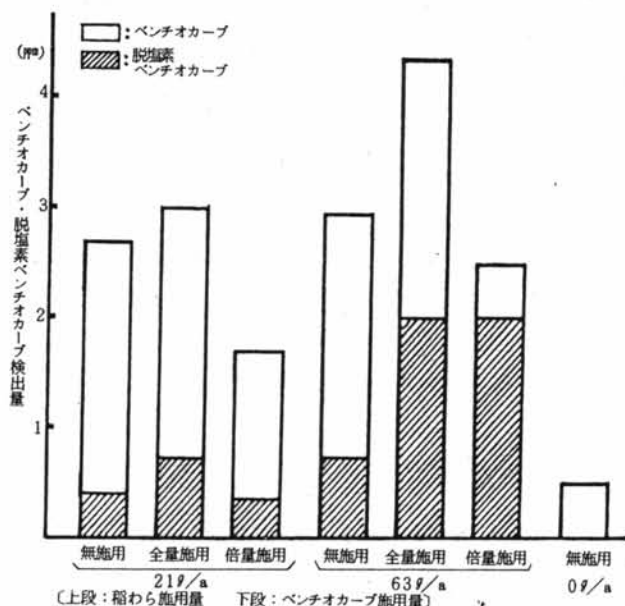
阿山町馬田地区の矮化症発生前歴のある現地圃場を用いて、稲わら施用量3水準、ベンチオカーブ散布薬量2水準を設け、矮化症の発生程度との関係を調査した。そ

の結果を第7, 8図に示した。

稲わら無施用条件(搬出区)においては、ベンチオカーブ21g/a処理区で一部の株に軽微な草丈抑制を生じたものの、顕著な矮化株はみられず、脱塩素ベンチオカーブの検出量も最大0.8ppmであった。63g/a処理区でも顕著な矮化株は極めて少なく、脱塩素ベンチオカーブ量も0.4ppmであった。



第7図 稲わらおよびベンチオカーブ施用量と矮化発生程度(処理後50日目)



第8図 脱塩素ベンチオカーブ検出量
(処理後40日目:矮化前歴圃場)

一方、稲わらを施用した条件の場合、全量施用(800 kg/10a すき込み)では、薬量21.9/a はほとんど矮化症状が発生しなかったが、63.9/a 処理区では約25%の株が顕著な矮化症状を呈し、脱塩素ベンチオカーブも2.7 ppm検出された。さらに、稲わらが倍量施用(1600 kg/10a すき込み)された条件下では矮化株が増加し、症状の程度も重度であった。圃場の酸化還元電位(Eh6)をみると、稲わら無施用区は230~240 mv、稲わら全量施用区は200 mv前後、稲わら倍量施用区は160~190 mvで推移し、特に強還元条件下であったとは言い難い。

稲わらと矮化症状発生との関係については、多くの報告^{7),8)}があり、いずれも稲わら施用条件下で矮化症の発

生が多く、また、強還元条件下では、ベンチオカーブの分解が遅くなり³⁾、矮化が強くなると考えられている。

本試験においても、稲わらの施用量と矮化発生との間には密接な関係が認められた。すなわち、稲わら施用量が増加するに伴ない、矮化症を呈する稲が増加した。

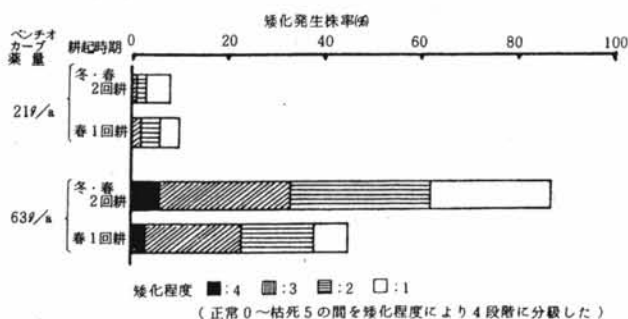
脱塩素ベンチオカーブならびにベンチオカーブの土壤中の量も稲わら施用条件下で多量に検出されたが、稲わら倍量施用区での検出量は、全量施用区に比較して多くはなく、稲わら施用量との間には正比例的な関係は認められなかった。これらのことから、稲わらの施用は、本矮化症の発現に大きく関与しているが、その量とは必ずしも比例せず、ある程度の量が土壤中に存在すれば矮化症が発現するものと推察される。

一方、水田の酸化還元程度と矮化症発生との関連については、稲わらの施用量が増大するにつれて酸化還元電位は若干低下したが、稲の生育に影響を及ぼす程の還元条件にはならなかった。還元条件下ではベンチオカーブの分解が遅くなる³⁾が、このことが矮化症発生の主要因ではないと考えられた。

以上の事から、ベンチオカーブ剤に由来する水稻の矮化症は、必ずしも強還元条件下でなくても発生し、矮化の直接原因と考えられている脱塩素ベンチオカーブの生成には、稲わらの施用が関与していることが明らかとなった。

5) 耕起時期と矮化症発生との関係

耕起時期の影響について、A) 冬期と春期の2回耕耘区と、B) 春期1回耕耘区を設け、稲わら倍量(1600 kg/10a)施用条件下で、矮化症発生程度との関係を検討した。その結果を第9図に示した。



第9図 耕起時期およびベンチオカーブ施用量と矮化発生程度(処理後50日目)

春耕1回区は、冬・春2回耕耘区に比べて矮化症の発生程度が少なかった。脱塩素ベンチオカーブの検出量も春耕1回区が少ない傾向がみられた。重松ら⁸⁾は、春す

き込みより秋すき込みで矮化症の発生が少なかったとしている。また、稲わらの腐熟程度との関係では、C/N値が大きい程矮化程度も大きかったと報告している。一方、小山ら⁴⁾は、秋すき込みで矮化が多かったとしている。稲わらのすき込み時期と矮化症発生との関係については、稲わらの腐熟程度が耕起時期や移植時期、あるいは土壌水分などの条件によって異なると考えられることから、今後さらに検討する必要があるが、稲わらの腐熟程度とベンチオカーブを脱塩素化する土壌微生物の活動とが関連あるものと考えられる。

稿を終るに当たり、発生実態調査ならびに試験遂行に協力いただいた伊賀農業改良普及所関係諸氏、ならびに県下各農業改良普及所諸氏に感謝します。

4. 摘 要

1) 阿山町馬田地区における「除草剤ベンチオカーブによる矮化症状」発生田の分布状況を、3か年間にわたって調査した。

当地域の主たる除草剤使用体系は、ベンチオカーブ・シメトリン粒剤の移植後10～15日単用散布であった。3か年間の発生田分布変遷からみて、矮化症発生田の拡大には、地縁的關係および用水の移動との関連性は認められなかった。

2) 県下における矮化症発生田の実態について耕種的側面から調査した。

矮化症の発生は、ベンチオカーブ剤施用後30日目頃に線状又は坪状に局所的に発生する事例が多かった。矮化発生田は乾田又は半湿田が大部分を占め、ほとんどの圃場で稲わらを施用していたが、有機物を全く施用していない水田での発生も数例みられた。湿田での発生事例は少なかった。また、耕起時期との関連性は明瞭でなかった。

3) 矮化症発生の前歴のある現地圃場において、稲わら施用量、ベンチオカーブ処理量、耕起時期を異にして矮化症発生に及ぼす影響を検討した。

稲わら施用・高薬量条件で矮化症が顕著に発生し、土壌中からは2～3ppmの脱塩素ベンチオカーブが検出された。稲わら無施用条件では、ベンチオカーブ薬量が増加しても矮化症の発生は少なかった。また、春耕起に比べて冬耕起で矮化症が強くなる傾向が認められた。

矮化症は強還元条件下でなくても発生したことから、土壌の酸化還元程度は本症状発生の主たる要因ではないと考えられた。

5. 文 献

- 1) 千坂・山田・片岡 1979 雑草研究24：講演要旨35～40.
- 2) 中日新聞 三重版 1978・5・13
- 3) クミアイ化学工業株式会社 1977 サターン読本 29頁，76頁
- 4) 小山・武市・山田 1979 雑草研究24：264～271
- 5) 三重県農業技術センター 1979 作物技術資料 昭和54-No1.
- 6) 三重県農業技術センター 1978 地力保全土壌図
- 7) 宮原：児嶋 1981 雑草研究26別号，雑草学会第20回講演要旨
- 8) 重松・山田・山内・木村 1979 雑草研究24：講演要旨25～26
- 9) 重松・木村・山田ら 1979 雑草研究24：講演要旨29～30
- 10) 武市・山田 1979 雑草研究24：247～253
- 11) 達山・山本 1979 雑草研究24：講演要旨33～34
- 12) 山田・千坂・小山・武市 1979 雑草研究24 272～280