

2・4-Dによる水稻の倒伏防止に関する研究

原田 哲夫 ・ 江戸 義治

緒 言

2・4-Dの撒布が水稻の倒伏防止に役立つことは、松尾・川延氏などをはじめ多くの人によってある程度認められている。筆者等は昭和29年に2・4-Dを撒布すると、上位節間が抑制されて稈長が短くなるとともに稈基部が強化されて倒伏防止に有効であることを確認した。そこで、昭和30年及び昭和31年に撒布時期・撒布量との関係を検討し、その倒伏機構を解明して倒伏防止に役立たせようとして試験を行った。

本試験の実施にあたっては研究生の出原宏夫(昭和30年)折田一彦(昭和31年)両君の援助を得た。記してここに感謝の意を表す。

尚本研究の概要は既に日本作物学会に発表したものであることを附記する。

I 撒布時期と倒伏との関係

1. 試験方法 供試品種は黄金錦、2・4-Dは水中2・4-Dを使用し小型噴霧器で稲体に一様に撒布した。撒布時期は第1表の如く、昭和30年は節間伸長開始期当時から穂孕期に、昭和31年は節間伸長開始期前から節間伸長期にかけて撒布した。撒布量は昭和30年は40及び70g(2・4-D酸量)、昭和31年は50gとした。

水稻は6月27日(昭30)、6月26日(昭31)に移植し、肥量はN・P・Kを各1.0、1.3、1.9(要素量相当質)を基肥とし、追肥としてN

を7月15日8月18日(昭30)、7月11日8月5日(昭31)に各0.6、0.8貫

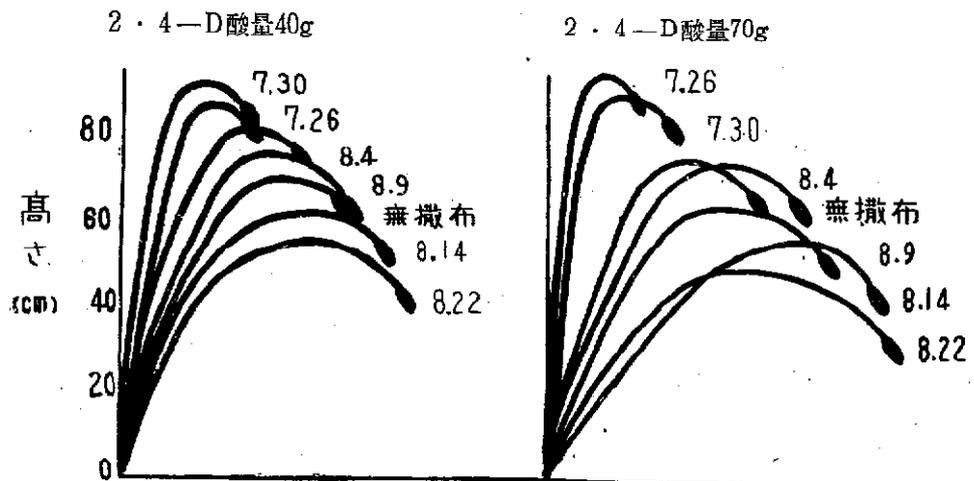
施した。調査は撒布後逐次圃場より抜取り主稈並びに低次低位の分蘖40個体について調査した。挫折重は池田氏の方法により、昭和30年は地際から10cm間の節間の中央部を、昭和31年は各節間別に測定した。倒伏機構表示は瀬古氏の方法に

第1表 撒布時期

昭和30年		昭和31年	
	月日		月日
幼穂形成期 7日前	7.26	苗令	11.1 7.16
幼穂形成期 3日前	7.31	"	11.9 7.19
穎花分化期	8.4	"	12.8 7.23
生殖細胞分化期	8.9	"	13.5 7.27
減数分裂期	8.14	"	14.3 7.31
穂孕期	8.24	穂孕期	8.20

準じて節間長・生体重及びそのmomentを測定した。倒伏指数は松尾氏の稈基部における挫折重をもって地上部の負荷重を除いた数値をこれにあてた。

2. 試験結果 2・4-D撒布による倒伏の難易は第1図に示すように節間伸長開始期当時に撒布すれば無撒布のものより倒伏し難く、撒布時期がおくれるにしたがって倒伏しやすくなり(写真1及び2)、2・4-D酸量の多いもの程倒伏の難易の巾を増大した。しかし、節間伸長開始期以前の撒布は無撒布のものと同様かわらなかつた。このように撒布する時期によって倒伏の程度が異なることは、撒布する時期によって稈長が長くなったりあるいは短くなったりしたと関係がある。即ち、節間伸長開始期以前の撒布は無撒布と同様かわらないが、節間伸長開始期当時はもっとも短く、おそい時期に



第1図 処理間の倒伏程度

(註) 倒伏角度は株の中央部の稈について調査(20株平均)(昭30)



写真1 7月26日、2・4-D撒布



写真2 8月24日、2・4-D撒布

なるにしたがって長くなった。このような撒布時期による稈の長短は、2・4-D撒布当時の水稲の生育ステージの差があらわれたものである。即ち、節間伸長開始期以前の撒布は $n-4$ (n は止葉抽出節) 節間などの下位節間は抑制されるが、上位の節間は影響をうけなかったため稈長は無撒布のものとかかわらなかった。節間伸長開始期当時の撒布は、下位節間は多少伸長したがその上位の節間が抑制されて全長としての稈長が短くなった。節間伸長期(幼穂形成期以降)の撒布は、撒布時期がおくれるにしたがって上位の節間が伸長して稈長が長くなった(第2表及び写真3)。



写真3 撒布時期による稈長の差
左が7月26日、右が8月24日撒布、中央は無撒布



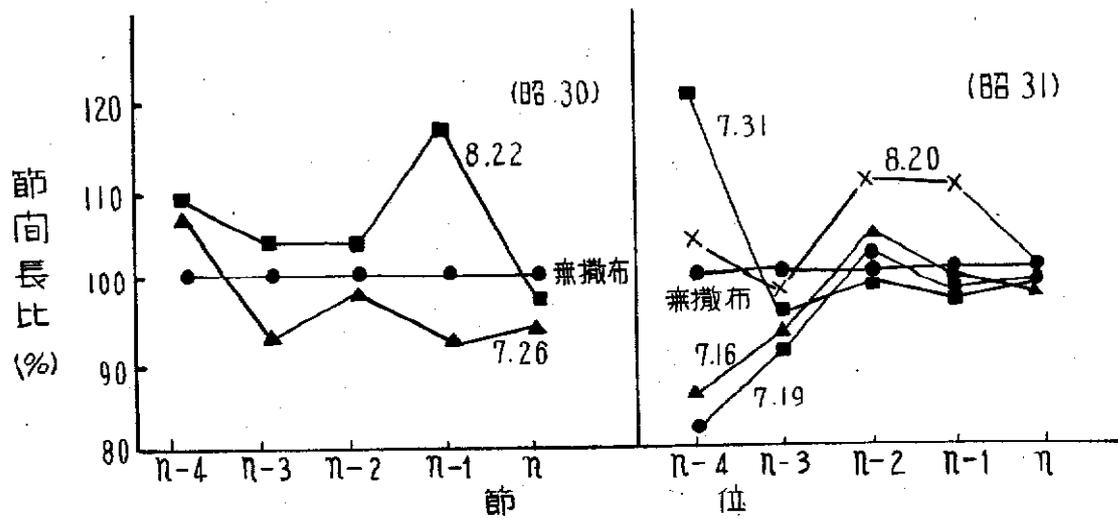
写真4 2・4-Dによる稈の異常伸長
左が2・4-D撒布、右が無撒布

このように、撒布時期によって節間が伸長したり抑制されたりすることは、第2図及び第3図によって明かなように2・4-D撒布当時伸長している節間にはその節間を異常伸長させ、その後に伸長する節間には抑制的に作用したことによる。即ち、撒布時に分化生長している部位に強い作用を及ぼし、その節間を異常伸長させた(写真4)。したがって、節間伸長開始期の撒布では

第2表 処理間の稈の諸形質

年次	処理名	節間	節間長	節間重	moment	葉長	稈径	稈壁の厚	挫折重	倒伏指数
			cm	g		cm	mm	mm	g	
昭和30年	7月26日 撒布	n	37.9±2.3	1.4	53.1	27.5	—	—	—	2.3
		n-1	23.1±1.5	1.5	34.7	37.1	—	—	—	
		n-2	16.1±1.7	1.8	29.0	—	—	—	—	
		n-3	9.1±1.7	1.8	16.4	—	—	—	—	
		n-4以下 計	5.5±2.2 91.7	1.2 7.7	6.6 706.1	— —	4.5 —	0.65 —	561.8 —	
	8月22日 撒布	n	39.4±3.1	1.4	55.2	27.4	—	—	—	3.3
		n-1	30.1±1.7	1.8	54.2	40.3	—	—	—	
		n-2	16.7±2.9	1.9	31.7	—	—	—	—	
		n-3	10.2±1.4	2.1	21.4	—	—	—	—	
		n-4以下 計	5.6±3.1 102.0	1.4 8.6	7.8 877.2	— —	4.1 —	0.50 —	462.7 —	
	無撒布	n	40.6±2.0	1.6	64.9	29.6	—	—	—	3.2
		n-1	25.5±1.9	1.7	43.4	41.0	—	—	—	
n-2		16.3±1.9	2.3	37.5	—	—	—	—		
n-3		9.9±1.6	2.6	25.7	—	—	—	—		
n-4以下 計		5.2±2.7 97.5	2.0 10.2	10.4 994.5	— —	4.4 —	0.60 —	500.9 —		
昭和31年	7月16日 撒布	n	38.0	1.5	57.0	31.3	—	—	—	2.55
		n-1	23.2	1.9	44.1	39.6	—	—	—	
		n-2	14.3	1.5	21.5	—	4.3	—	389.7	
		n-3	7.7	0.7	5.4	—	4.2	0.68	451.9	
		n-4以下 計	3.8 87.0	0.7 6.3	2.7 548.1	— —	— —	— —	— —	
	7月31日 撒布	n	36.6	1.4	51.2	29.4	—	—	—	2.24
		n-1	22.1	1.8	39.8	36.5	—	—	—	
		n-2	16.2	1.9	30.8	—	4.5	—	462.0	
		n-3	9.1	1.0	9.1	—	4.3	0.66	563.4	
		n-4以下 計	5.3 89.4	1.0 7.1	5.3 634.7	— —	— —	— —	— —	
	無撒布	n	37.5	1.6	59.2	31.9	—	—	—	2.79
		n-1	23.3	2.0	46.6	39.0	—	—	—	
n-2		15.7	1.8	28.3	—	4.6	—	351.8		
n-3		8.8	0.8	7.0	—	4.1	0.65	436.7		
n-4以下 計		4.1 89.4	0.7 6.9	2.9 616.9	— —	— —	— —	— —		

註：稈径並びに稈壁の厚きは挫折重測定部位、昭和31年の稈径並びに挫折重は、n-2節間は葉鞘を含み、n-3節間は含まない。



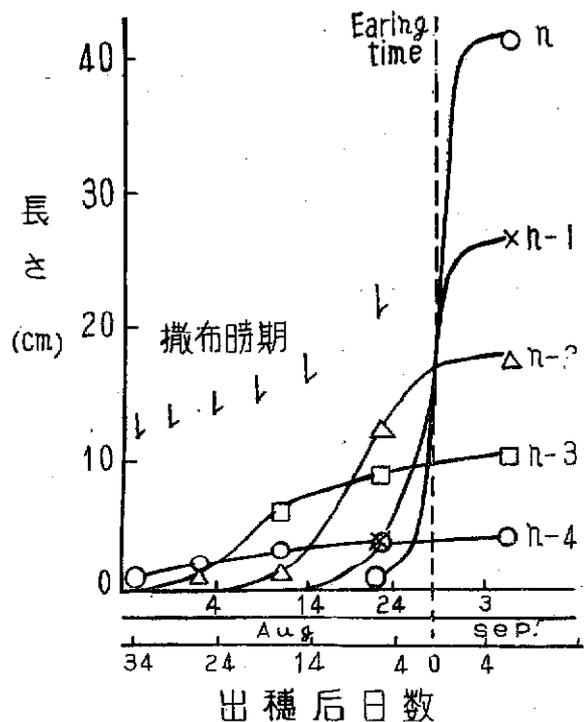
第2図 無撒布区に対する撒布区の節間長比 (2・4-D酸量 40g)

n-4, 節間伸長期の穎花分花期ではn-3, 減数分裂期ではn-2, 總孕期ではn-1節間が夫々異常伸長した。したがって節間伸長期中, おそい時期に撒布する程上位の節間が長くなり全長が長くなるとともに稈基部のうける負荷重が大きくなって倒伏しやすくなった。ところが, 節間伸長開始期当時では, 下位節間は異常伸長するがその後に伸長する節間は逆に抑制されて全体としての稈長が短く, 地上部負荷重も小さくなって倒伏し難くなった。更にこの時期の撒布は挫折重も大きく, 稈壁の厚さもわずかに厚く稈基部の強化に役立った。尚, 稈基部の木化組織などは, 圃場のものでははっきりした差をみる事が出来なかったが, 後述の方法によって木化が促進されることがうかがえ稈基部の強化に拍車をかけたものと思われる。

以上の節間の伸長または抑制は, 別におこなった施肥量と品種との試験においても同様のことがうかがえ, 増肥区のものはその伸長乃至抑制の度合が大きかった(第4図)。

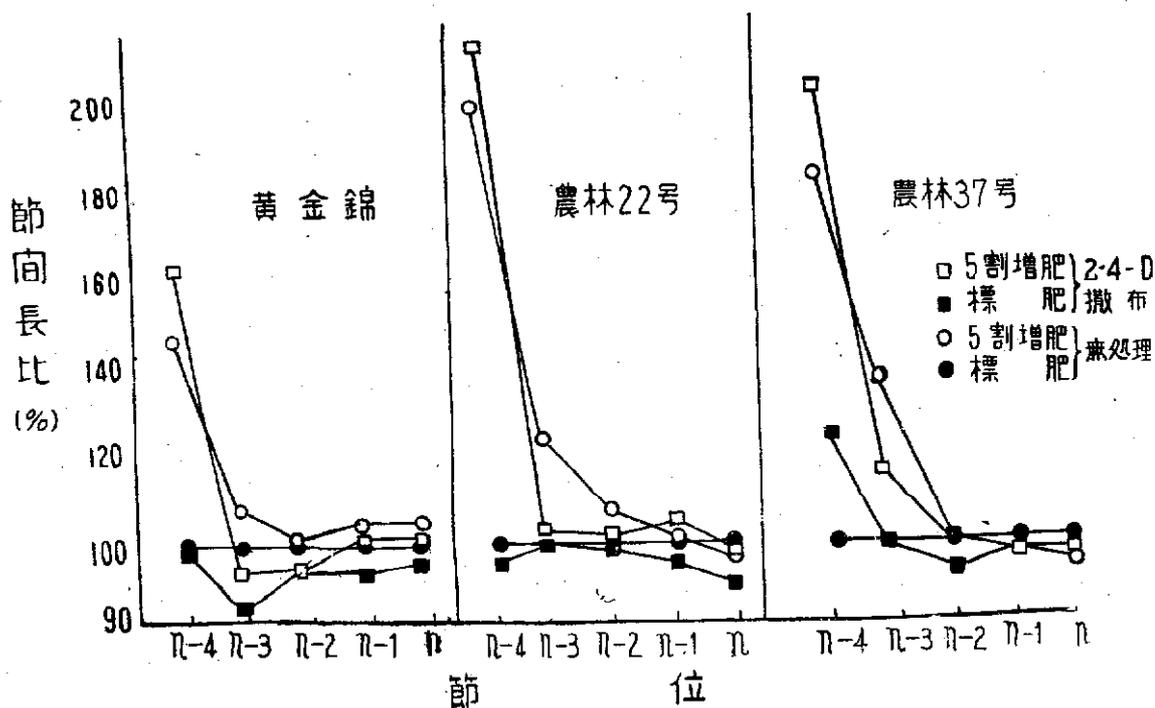
2・4-D撒布による節間の異常伸長は, 第3表のように低次低位の分蘗間では明かに有意性が認められ, 除草剤の種類によっても同様の異常伸長が認められた(第4表及び写真5)。

一方2・4-D撒布による葉の影響は, 撒布時より3



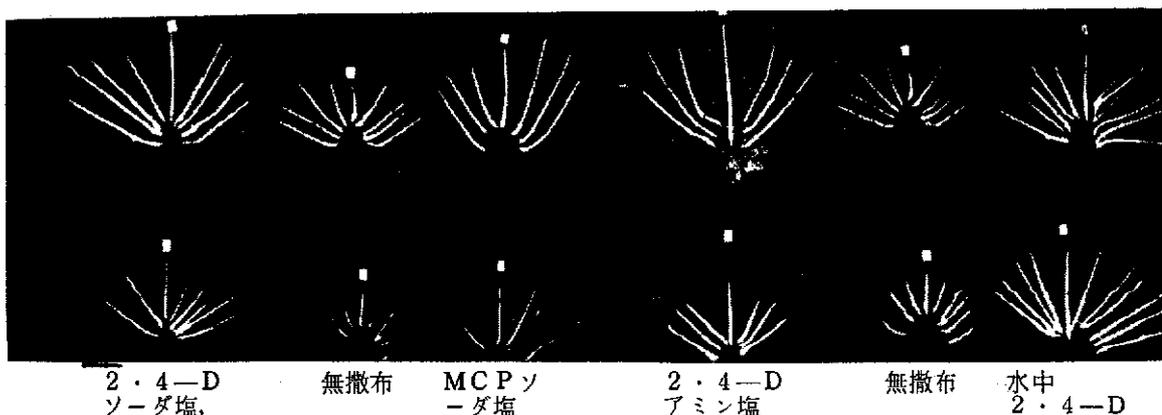
第3図 主稈節間伸長過程

~4葉おそく出る葉の長さが短くなっていることから(第5図), これらの葉が分化生長している時に強く作用をうけたものと思われる。

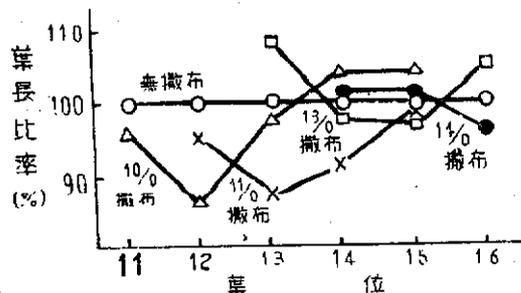


第4図 品種並施肥量の異なる場合における無撒布区に対する撒布区の節間長比 (昭30年)

写真5 除草剤の種類が稈の伸長に及ぼす影響



(上段は調査個体中もっとも伸長したもの、下段は最小のもの、Oは母稈)



第5図 主稈葉身長比

第3表 2・4-D撒布直後の幼穂長(2・4-D酸量 40g)

処理区	節位	O	VI	VII	VIII
2・4-D	撒布	4.1±1.3cm**	4.5±1.8**	4.2±1.6**	2.9±1.8
無	撒布	2.1±1.4	2.0±1.5	1.6±1.2	1.6±1.1

[註] 2・4-D撒布7月26日, 8月3日調査, **1%有意性

第4表 各種除草剤撒布直後の幼穂長(2・4-D酸量 40g)

処理区	節位	O	VI	VII	VIII
2・4-D (ソーダ塩)		6.7±2.0cm**	8.1±1.4**	8.2±2.1**	7.9±2.1*
2・4-D (アミン塩)		8.7±1.5**	10.0±2.4**	9.3±2.3**	8.6±2.6*
水中 2・4-D		9.2±2.6**	10.7±2.3**	9.8±1.1**	10.2±0.9**
M・C・P (ソーダ塩)		7.9±0.8**	8.8±1.6**	8.4±0.8**	7.2±1.4*
無	撒布	3.7±0.8	4.5±1.4	5.2±1.3	4.6±1.6

[註] 品種: 中生新千本, 撒布月日: 水中2・4-D 7月29日, その他 8月2日, 8月8日調査, **1%有意性, *5%有意性

II 2・4-Dが稈の組織に及ぼす影響

1. 試験方法 節間伸長期に材料を採取し, 伸長している節間部の葉鞘を丁寧に半分とって稈を露出し, 1cm毎に目盛りを附して処定の液に浸した。液は1%の蔗糖液を使用, 2・4-D及びIAAを夫々の濃度とし, 室温で暗処理した。稈の組織はDelafield's haematoxylin, 木化の程度はphloroglucinと濃塩酸によって染色検鏡した。

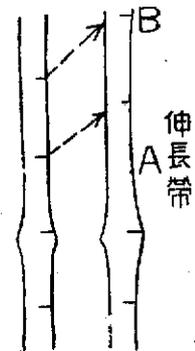
2. 試験結果 2・4-D液に浸したものは, 第6図のように伸長帯における伸長がいちぢるしく, 200mg/Lの濃度迄は濃度に比例して伸長した。しかし高濃度(1000mg/L)になると伸長は妨げられた。また, 処理液のP

Hの高い程伸長の度合が大きかった。

このような稈の異常伸長が, 細胞の伸長によるものかどうかを確かめるため伸長帯を上下に別けて(第7図)測定を行った。その結果, 伸長部における細胞の伸長が, かかる稈の異常伸長をもたらしたものと思われる。

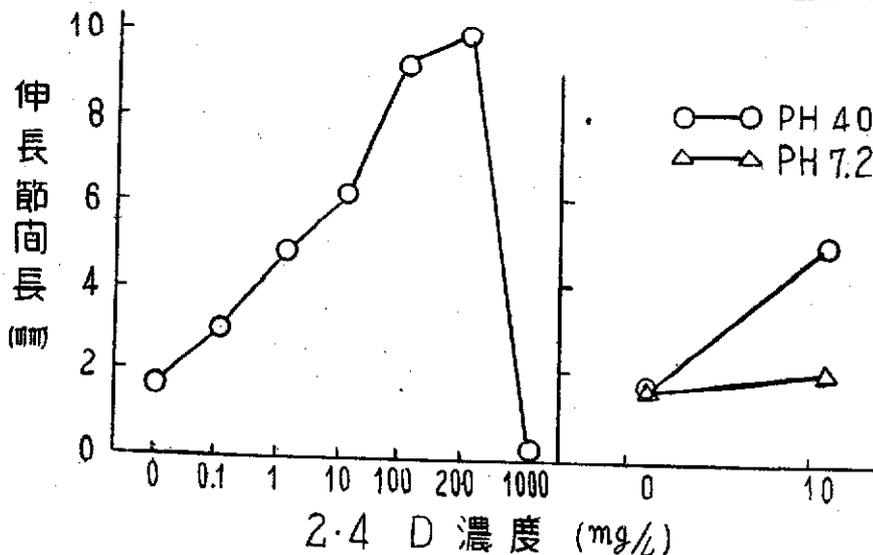
(第5表)。

更に2・4-D処理をしたものは, 葉鞘基部が異常肥大し,



処理前 処理後

第7図 切片採取部位



第6図 2・4-Dによる節間伸長

この部分の組織は細胞の伸長とともにAerenchimaの発達等組織形態に著しい差異を与えた。稈の組織に対しては第6表及び第8図のように, 維管束周辺細胞の木化が特に著しく, 節よりやや上の伸長部では表皮細胞の木化も差が認められた。このように2・4-D処理によって木化の程度が進行することがうかがえた。

また, 稈の伸長とともに分蘖芽及び根の発達をみるために, 葉鞘をつけたまま処定の液に浸漬した。その結果, 第9図のように2

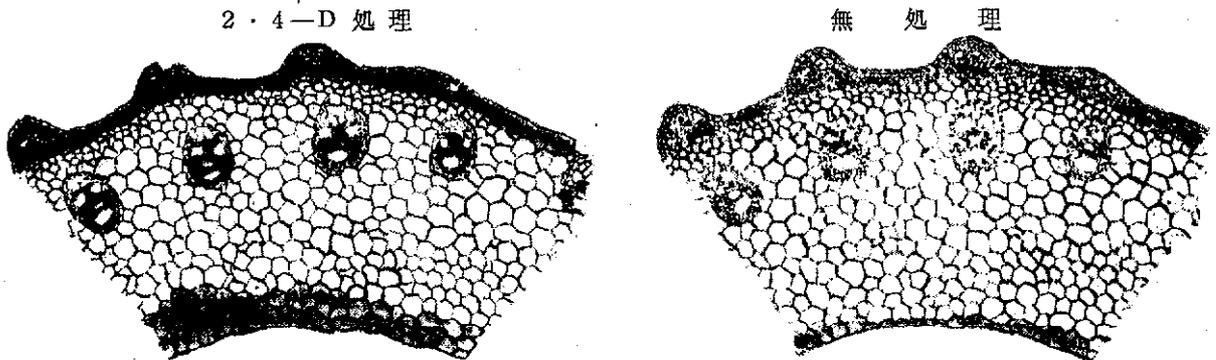
第5表 処理間の細胞長

項目	節間伸長部 (A)		伸長部 (B) 1cm上	
	2・4-D処理	無処理	2・4-D処理	無処理
細胞長 (μ)	59.9**	38.2	76.1	74.2

備考：2・4-D処理材料は100mg/L及び200mg/L材料を供試した。

第6表 木化の程度

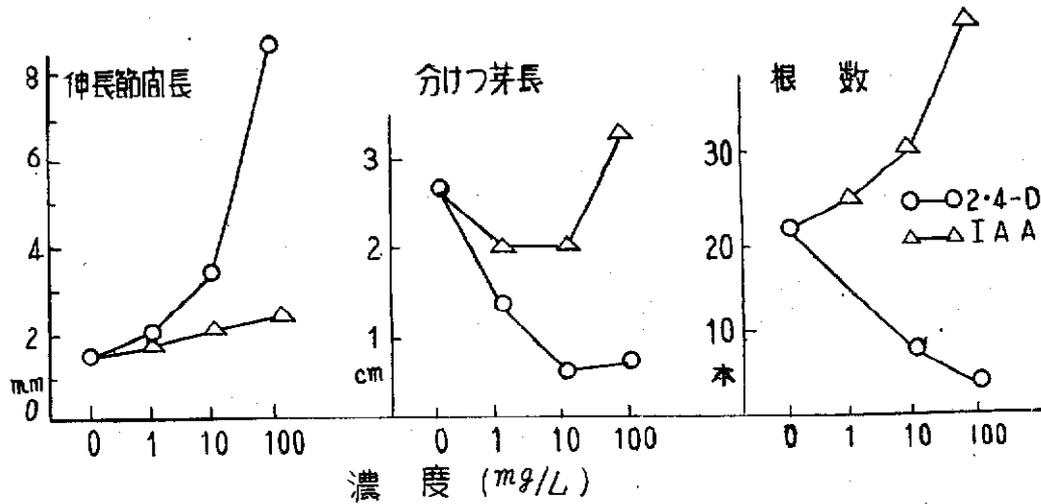
処理区別	調査部位	表皮細胞	初生維管束 周辺細胞	導管 周辺細胞	内層柔組織 (表皮側より木化)
2・4-D 無処理	節より5mm上の伸長部	- ~ +	++	++	++ 3~5層
	"	-	+	+	+ 0~3層
2・4-D 無処理	節より1.5mm上の伸長部	++	++	++	++ 3~4層
	"	- ~ +	+	+	+ 2~3層
2・4-D 無処理	節より0.1~0.2mm上	-	++	++	- ~ +
	"	-	+	+	- ~ +



第8図 2・4-D処理による木化組織の発達
註：薄墨部は木化組織を示す。

・4-Dによる節間伸長は同様に伸長したが、IAAでは明かな差がみられなかった。下位節より分蘖芽は共に抑制されたが、IAA (100mg/L) は上位節(浸されていない部分) の分蘖芽の伸長が著しかった。根数はI

AAによって促進され、2・4-Dによって抑制された。したがって2・4-Dが稈に与える作用と葉及び根に与える作用は異っており、濃度によってもそのうける影響は異っていた。



第9図 2・4-D及びIAAの稈並びに葉・根に及ぼす影響

III 考 察

2・4-D撒布による倒伏防止の機構について、川延氏は稈基部組織が強化されることによって倒伏し難くなるといわれているが、筆者などは2・4-Dによって稈基部の木化の促進による強化とともに撒布時期によって稈が長くなったり短くなったりすることを知った。即ち節間伸長開始期以前の撒布はあまり効果がなく、節間伸長開始期は倒伏防止に有効であった。しかし、その後の節間伸長期の撒布は効果がないばかりでなく逆にマイナスの効果があらわれた。このように撒布時期によって倒伏の難易が異なることは倒伏のメカニズムの面からみて稈の長短が大きな原因のようである。

2・4-Dは、撒布時に分化伸長している節間に強く作用してその節間を異常伸長させ、その後伸長する節間には逆に抑制的に作用した。このような節間の異常伸長、あるいは抑制が、稈の長短を左右して倒伏に差を生じたものと思われる。即ち撒布時期によって水稻体に作用する部位が夫々異なることによって稈長が左右された。かかる2・4-D撒布時の節間の異常伸長は、おそらく2・4-Dが分化生長している組織に強く作用して細胞の伸長を捉し正常な生育を乱したホルモンの効果と考えられ、撒布後に伸長する節間が抑制されるのは水稻体の上位葉の小さくなるとともに同化・呼吸作用並びに各酵素の activity の変化による二次的生理作用と考えられるが、これらの点については今後究明してゆきたい。

IV 摘 要

2・4-Dが水稻の倒伏に及ぼすメカニズムを究明し、水稻の倒伏防止に役立たせようとしてこの試験を行

った。この試験は昭和29年から昭和30年の3ヶ年間に行われ、昭和30年は出穂より33、25、23、18、14及び5日前に2・4-Dを反当40g並びに70g撒布した。昭和31年は出穂より43、40、36、32、25及び9日前に撒布し、他に無撒布区を設けた。水稻の倒伏の機構は、各節間別に調査し、節間長・節間重及び挫折重を測定し、稈の形態の調査も併せて行った。

- (1) 節間伸長開始期に2・4-Dを撒布すれば、下位節間は異常伸長したが、その上位の節間は逆に短くなり、全体としての稈長は短くなって無処理のものより倒伏し難くなった。一方、出穂前23日、18日及び5日などの節間伸長期に撒布すれば、上位の節間が異常伸長し全体としての稈長は長くなり無撒布のものより倒伏しやすくなった。以上のことは品種間による差はないようである。
 - (2) 節間の異常伸長は、撒布した時、分化生長している節間に強く作用してその節間の伸長を促進させ、その後伸長する節間には逆に抑制的に作用した。
 - (3) 2・4-Dによる稈の異常伸長は、撒布時に分化している細胞の伸長によるものであり、処理液のPHが高いほど捉された。またこの部位の組織は早くから木化が促進された。
- 以上の結果、2・4-Dを水稻の倒伏防止に役立たせるためには、節間伸長開始期の撒布がもっとも効果的であった。

参 考 文 献

- 松尾孝嶺・川延謹三 2・4-D及び尿素撒布による水稻の倒伏防止 日作紀 23 (1955)

- 池田利良 麦類の稈の強さに関する試験 日作紀
11 (1939)
- 東海近畿農試 水稻の倒伏に関する試験(プリント)
昭27~昭29
- 松尾孝嶺 栽培稲に関する種生態学的研究 農技報
告 D No. 3 (1952)
- 川延謹三 2・4-D撒布による倒伏防止 農及園
28 (7) (1953)

- J. P. NITCH and COLETTE NITCH
Studies on the growth of coleoptile and first
internode section plant phy. vol 31
No. 2 (1956)
- J. R. HAY The effect of 2.4-D and 2.3.5-tri-
iodobenzoic acid on the transport of indol acet-
ic acid plant phy. vol 31 No. 2 (1956)

Influence of 2・4-D on the Lodging in Rice Plant

Tetsuo HARADA and Yoshiharu EDO

Hiroshima Agricultural Experiment Station

Summary

Mechanism of the effects of 2.4-D on lodging resistance in rice plant was investigated experimentally.

The material plants were grown on seven plots of which six were sprayed with 2.4-D at six different stages of growth respectively, i. e. 33, 25, 23, 18, 14, and 5 days before the earing time, another plot being left untreated for control. The lodging resistance of the plant was investigated physically by measuring the weight of stem internodes, bending moment, breaking strength, etc. and also histologically by examining structural development of the stem. The results were as follows:

1. When the plants had been treated with 2.4-D at the beginning of internode-elongation, the lower internodes grew longer, but their upper ones shorter, the culm height as a whole becoming lower and the plant being more resistant against lodging than the control plants. On the contrary, in the plants sprayed at later stages, e. g. 23, 18 or 5 days before heading, the upper internodes grew lo-

nger and the whole culm length became higher than in the control plants, the lodging resistance being reduced.

2. Abnormally elongated internodes brought about by spraying were more often observed on main stems and on the tillers of lower positions. It might therefore be conceivable that spraying promoted elongation of those internodes where the activity of meristematic tissues was especially vigorous just at the time of the treatment; and that it suppressed conversely the elongation of internodes which came to develop after the spray had previously been applied.

3. The elongation of internodes under the influence of 2.4-D was due to cell enlargement almost exclusively. Then elongated internode promoted lignification of these cell.

It was concluded that the most suitable time for applying 2.4-D spray on rice plants, so far as its effect on lodging resistance is concerned, be the period prior to the beginning of internode elongation.