

水稻の耐旱に関する研究 予報

定 金 章

1. 緒 言

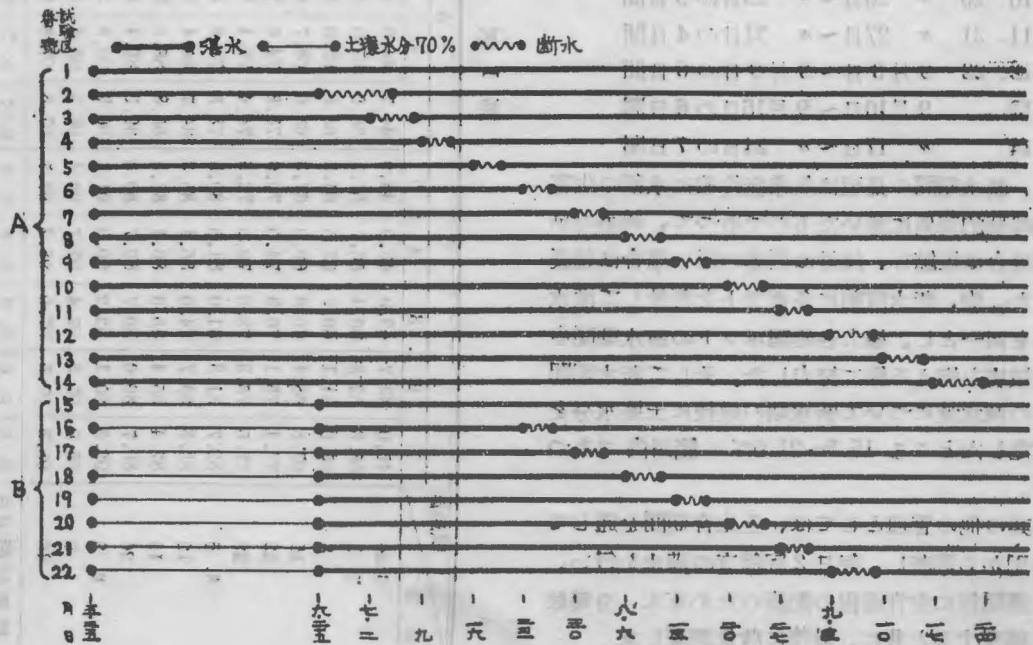
植物が正常なる生活を営むためには、地下根部よりの吸水量と地上茎葉部よりの蒸散量とが殆んど同一でなければならない。所謂、植物体の水分出入関係が平衡状態を維持していることが必要である。通常、日間における植物体の水分出入関係は、晝間の日照が大で気温が高處である時は蒸散量が吸水量より大であるが、夜間には反対になつて水分の平衡状態を維持し、植物は正常なる生育をなす。しかしながら、旱天が持続し、土壤水分が減少するに従い、夜間に至るも吸水量が蒸散量を補足することが出来なくなれば植物は水分の平衡状態を失う。そして吸水量と蒸散量との差が漸次増大して、植物は凋萎現象を呈し、遂には枯死するに至るのである。

この異常天候により発生するところの旱害は農作物、殊に夏作で生育期間中多量の灌漑用水を必要とする水稻に就ての考究は甚だ重要である。従つて、既往においてもこれに関する研究は数多く行はれている。

著者は先づ、旱魃時における水稻の被害を回避並に軽減するために、又、豊凶予想を樹るために是非とも明確にする必要のある水稻の生育各段階に対する旱魃被害程度の究明を取上げた。

次に取上げた問題は、生育初期の節水栽培が、以後の旱魃被害の軽減効果に関する問題である。即ち、旱害対策の1つとして陸苗の栽培が挙げられ、水苗代で生育した苗を植付けるよりも畑苗代で生育した苗を植付ける方が旱害を軽減するといはれている。又、水稻の麦間（乾田）直播栽培が篤農家によつて案出された動機の主要因が旱害対策であり、実際において旱害軽減効果が現れている。これ等の点から考へて生育の初期を畑状態で栽培すれば、全生育期間を灌水栽培するよりも耐旱性を増大し、事後の旱魃に対する被害を軽減することが出来るようである。しかして、水稻の生育初期の節水栽培が耐旱性を附與する原因として、地下根の發育相違が考へられるが、著者は地下根よりも地上茎葉につき、その耐旱的生態の相違があり、耐旱性に影響しているのではないかを確めるため

第1図 試験区処理方法



昭和25年に次の如き予備的実験を施行したので報告する。

2. 試験方法

約1/56000反の亜鉛製ポットを使用し、1ポット当2.5kgの乾燥土壌を入れ、硫酸アンモニア1.3gr. 過磷酸石灰1.3gr. 硫酸加里0.5grを施肥し、5月25日に朝日種を9粒宛播種、発芽後間引を行い、生育中庸なるものを3本立とした。試験処理方法は第1図の如く、1は全生育期間を灌水、2~14は生育中途の断水期間を除いて灌水、15は播種後1ヶ月間、5月25日より6月25日までを畑状態(土壌水分70%)として6月25日以後灌水、16~22は生育中途の断水期間を除いて15と同様の処理をした。断水期間は下記の通りであつて、断水開始後A区の水稲が全葉を凋萎してより1晝夜を経過した期間とした。即ち、

2. 6月25日~7月5日の10日間
3. 7月2日~" 8日の6日間
4. " 9日~" 13日の4日間
5. " 16日~" 20日の4日間
6. 16 7月23日~7月27日の4日間
7. 17 " 30日~8月3日の4日間
8. 18 8月6日~" 11日の5日間
9. 19 " 13日~" 17日の4日間
10. 20 " 20日~" 25日の5日間
11. 21 " 27日~" 31日の4日間
12. 22 9月3日~9月9日の6日間
- 13 9月10日~9月16日の6日間
- 14 " 17日~" 24日の7日間

で、断水期間の長短は氣象条件並に水稲の生育の時期的差異に基いたものであつて、凋萎の早い場合は短縮し、反対に凋萎の遅い場合は延長した。尚、断水直前に各ポットを秤量して灌水量を同一とし、極力各処理ポットの断水期間中の被害を揃える様に努力した。そして断水期間中の減水量について断水期の最後に土壌水分を算定したところ15.9~21.0%の範囲内であつた。

その他の管理としては、全生育期間を通じて降雨から遮断し、毎日2回程度の灌水を行い、1週間毎に生育過程の記録のため草丈、分蘖数を調査すると共に、最後に収量調査した。

表 第 1 草 丈 (cm)

月 日	試験区																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
6.24	45.0	43.7	43.4	43.9	43.9	44.7	44.5	44.3	44.3	45.0	44.0	44.6	45.4	45.6	45.9	45.6	46.4	46.2	46.5	46.6	45.8	46.6
7. 1	58.3	52.8	56.4	56.7	57.1	58.5	57.0	58.0	58.3	57.1	56.0	57.5	57.4	59.1	59.3	59.0	59.9	60.8	59.7	60.6	60.4	59.4
8	65.6	61.1	60.7	63.5	64.5	63.8	63.6	64.5	66.0	64.2	65.2	66.2	64.2	66.4	69.5	69.2	70.6	71.0	70.2	71.2	69.0	70.5
15	67.8	68.4	68.8	69.0	67.3	68.7	68.7	67.3	68.7	68.5	68.9	68.3	68.7	69.0	73.2	73.4	74.4	74.3	73.5	73.7	73.1	73.1
22	73.1	75.1	76.3	74.0	70.6	73.8	74.6	73.1	73.7	74.2	74.2	74.3	74.1	75.5	74.1	74.7	74.9	75.4	74.1	74.8	74.8	74.4
29	77.5	75.3	78.0	79.5	72.5	74.4	77.1	76.8	78.1	78.0	78.6	78.3	78.3	76.9	79.0	79.6	79.2	78.8	79.7	79.8	78.9	78.7
8. 5	82.7	81.3	81.0	81.5	80.5	78.5	78.6	81.1	82.2	82.0	82.0	83.4	83.0	82.7	83.7	79.9	81.4	84.3	84.0	83.1	84.6	84.4
12	85.3	83.7	84.0	85.1	85.3	84.7	84.4	82.1	84.1	85.3	86.8	85.5	85.5	84.8	87.6	82.6	83.9	86.0	87.4	88.0	89.1	87.4
19	87.4	85.4	85.6	86.1	86.5	85.8	86.3	82.2	85.0	87.0	88.8	87.5	88.3	87.3	88.8	87.9	89.2	87.0	87.5	88.7	90.6	88.2
26	89.7	89.6	89.7	89.7	89.3	89.3	89.1	86.0	85.9	89.4	91.1	90.4	90.2	89.7	91.0	91.7	93.2	88.1	88.9	89.1	92.0	91.6
9. 2	92.3	90.1	92.2	90.3	93.1	90.7	90.8	90.7	90.5	90.2	92.5	94.4	93.5	92.5	96.0	94.2	96.4	91.8	89.6	89.2	92.3	96.1
9	98.0	97.3	97.4	97.7	96.4	96.2	95.3	93.6	95.0	90.7	92.7	96.9	98.0	98.2	104.4	100.6	100.8	97.9	96.6	92.3	94.1	100.0
16	98.3	97.5	97.9	98.2	97.7	97.3	97.8	97.3	95.8	91.3	93.0	98.1	98.1	98.5	105.3	103.8	104.8	102.2	99.7	94.2	95.6	100.9
出穂始期月日	9. 6	9. 6	9. 6	9. 6	9. 6	9. 7	9. 7	9. 7	9. 8	9. 9	9. 9	9. 7	9. 6	9. 6	9. 7	9. 8	9. 8	9. 8	9. 8	9. 9	9. 9	9. 7

第 2 表 分 數

月 日	A											B										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
6.24	14.7	13.7	14.0	13.7	14.7	14.3	14.0	14.7	14.0	15.3	14.0	14.0	15.0	15.3	14.9	14.0	14.7	14.3	14.7	14.0	14.0	14.0
7. 1	25.0	23.0	23.0	23.3	24.7	25.0	24.3	25.3	24.0	25.3	23.3	24.3	24.7	26.0	22.7	23.0	21.3	21.7	22.6	22.0	22.7	22.0
8	38.7	21.3	34.0	38.6	37.7	38.7	37.7	38.7	37.3	36.7	37.7	38.0	39.7	38.7	42.3	48.0	41.0	41.3	42.7	40.7	42.0	41.3
15	39.3	33.0	36.7	38.3	39.7	40.0	39.0	40.3	39.0	38.7	38.3	40.7	40.3	40.0	45.7	45.7	45.3	46.0	45.3	45.7	45.7	45.7
22	32.3	30.3	29.7	33.7	31.7	32.3	31.7	33.3	31.7	32.0	33.0	33.7	32.3	33.7	30.7	31.3	29.7	31.0	29.0	29.7	29.7	29.3
29	24.0	23.0	23.3	24.0	24.3	22.0	23.7	24.7	24.3	23.3	24.7	25.0	23.7	24.3	24.0	22.3	23.0	24.3	33.3	23.7	22.7	22.7
8. 5	21.3	21.7	21.7	22.0	22.0	21.7	19.7	21.0	21.7	22.7	22.7	22.3	21.0	22.3	22.7	21.7	20.7	20.0	21.3	20.7	20.7	20.3
12	20.7	20.3	21.3	21.0	20.7	20.3	19.7	20.3	20.7	21.3	22.0	21.7	20.7	22.0	21.0	20.7	19.3	19.7	20.0	20.0	20.0	19.7
19	20.3	20.0	21.3	19.7	20.0	20.0	19.7	20.0	20.0	21.0	21.3	20.7	20.3	22.0	20.0	19.3	18.7	19.0	19.3	19.3	19.3	19.0
26	20.0	19.3	19.7	19.3	19.3	19.0	18.3	20.0	20.0	20.7	21.0	20.3	20.0	21.7	20.0	19.3	18.0	18.7	19.0	18.7	18.7	19.0
9. 2	20.0	19.3	19.3	19.3	19.3	18.3	18.0	20.0	20.0	20.3	20.7	20.0	20.0	21.7	20.0	19.3	18.0	18.7	19.0	18.3	18.7	19.0
有效分藥數	20.0	19.3	19.3	19.3	19.3	18.3	18.0	20.0	20.0	20.0	20.0	19.0	19.0	20.0	20.0	19.3	18.0	18.7	19.0	18.0	18.7	19.0
最大分藥數	39.3	33.0	36.7	38.3	39.7	40.0	39.0	40.3	39.0	38.7	38.3	40.7	40.3	40.0	45.7	45.7	44.7	45.3	46.0	45.3	45.7	45.7
有效分藥歩合%	51	58	53	50	49	46	46	50	51	52	52	47	47	50	44	42	40	41	41	40	41	42

第 3 表 收 量

種 目	A											B										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
本 稈	20.0	19.3	19.3	19.3	19.3	18.3	18.0	20.0	20.0	20.0	20.0	19.0	19.0	20.0	19.3	19.0	18.3	18.7	19.0	18.3	18.7	18.7
稈 長 cm	62.9	63.3	63.6	63.3	63.8	61.9	60.9	60.6	58.8	55.2	55.4	56.1	63.9	61.4	63.7	63.9	63.9	61.3	59.6	57.3	57.7	57.4
稈 長 cm	14.8	14.7	14.6	14.8	14.6	14.6	14.7	14.7	14.8	14.6	13.8	14.9	14.6	14.6	15.6	16.0	15.7	15.7	15.7	15.4	15.0	15.5
稈 數	1074	1047	1029	1041	1044	1016	1014	1070	1065	973	888	1026	1023	1092	1141	1122	1105	1067	1042	956	902	1052
1 穗の 根 數	53.7	54.2	53.2	53.8	54.0	55.4	56.3	53.5	53.3	48.7	44.4	54.0	53.8	54.6	59.0	59.1	60.3	57.2	54.8	52.1	48.3	56.4
1 穗の 根 數	1006	981	974	986	984	949	899	905	890	677	577	634	653	918	1054	1019	1006	944	924	770	725	771
結 實 物 重 量 gr	26.35	25.67	25.49	25.78	25.62	24.55	22.80	22.86	21.88	15.92	13.95	16.29	23.22	18.36	27.79	26.52	25.93	23.69	23.24	18.58	18.35	19.90
同 1000 粒 重 量 gr	26.19	26.19	26.17	62.15	26.04	25.87	25.36	25.26	24.58	23.52	24.18	25.69	24.36	20.00	26.36	26.03	25.78	25.41	25.15	24.13	25.30	25.81
批 數	68	66	65	55	60	67	115	165	175	296	311	392	70	174	87	103	114	123	118	186	177	281
結 實 物 重 量 gr	87.5	87.9	86.7	87.6	83.9	77.2	78.2	80.2	74.9	57.2	65.0	70.3	72.5	74.8	86.4	86.0	81.1	75.9	76.2	64.2	70.5	72.4
比 較 指 數	100	98	97	98	98	94	89	90	88	67	57	63	95	91	105	101	100	94	92	77	72	77
同 重 量	100	97	97	98	97	93	87	87	83	60	53	62	88	70	106	101	98	91	88	71	70	76

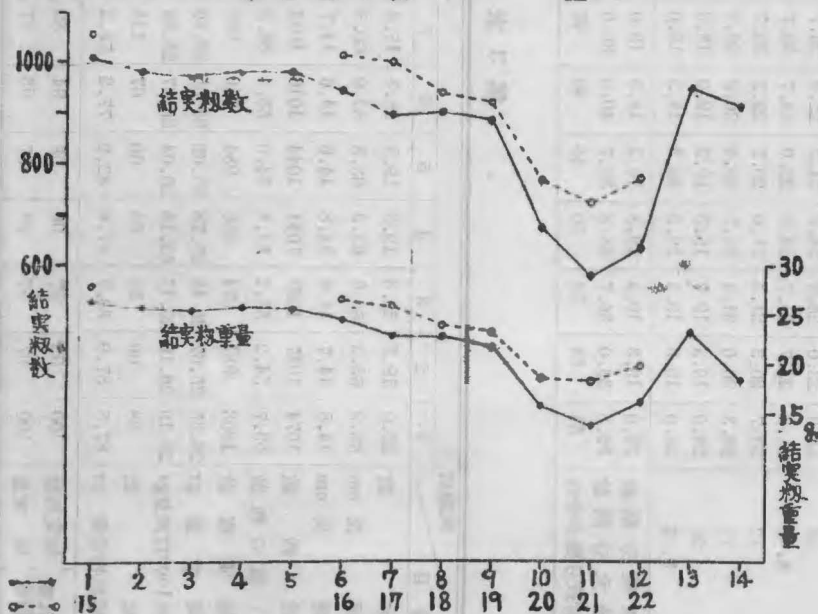
3. 試験結果

以上の方法により試験を実施した結果を次に述べる。

各試験区の生育調査結果は第1(草丈)、2(分蘗数)表に示す如くであつて、Aにおける草丈は10が最短で、9、10、11を除けば大差はない。有効分蘗数は6、7が他区に比べて1、2本程度少く、有効分蘗歩合が最少である。又、分蘗最盛期の被旱区2は最大分蘗数が少くなり、有効分蘗歩合が高くつまっている。一方Bにおいては20、21の生育が悪く、17の分蘗数が僅かに劣る。1と15並に断水期間を同一としたAとBの区を比較するに、大体Bの方が目立つて草丈が長くて、最大分蘗数が多くなつている。それに反して有効分蘗数が幾分少ないので有効分蘗歩合が著しく劣つている。次いで出穂始期を調査したところ、10、11及び20、21が共に9月9日標準区1より3日遅延している。尚、標準区1の出穂期は出穂始期より2日後の9月8日、穂揃期は9月10日であつて、他区の出穂期、穂揃期は出穂始期の遅れた区程遅延したことはいふまでもないが、出穂始期より出穂期及び穂揃期の期間が長くなつている。

試験の最後の決定をする収量について調査した結果は第3表並に第2図の如くである。

第2図 収



先づ、生育の各段階における旱魃の被害相違は、A、B共に大体同様の傾向を示している。

よつて、試験区数の多いAの1~14について結果を見るに、最も被害の大きかつた区は、8月27日より31日までの4日間を断水した11で、穂長、粒数、1穂の粒数、結実粒数、同重量が最少を示し、標準区1の結実粒数、同重量を100とした指数では、それぞれ57.53で約半減している。次いで、被害の大きな区は、8月20日より25日まで5日間断水の10と9月3日より9日まで6日間断水の12で、10は結実粒の充実度、即ち、1000粒重量が軽いため、12は粒数の多いため減収しているのである。標準区1の結実粒数並に同重量を100とした指数は、それぞれ10は67.60、12は63.62を示している。この10、12は最も被害の大きな11の前後1週間目の断水区で、10、11、12の被旱時期は大体水稻の穂孕中後期に相当するのである。これ等の次に、それ以前の時期で被旱明瞭に認められるのは、7月30日より4日間(B区においては被害が大きくない)、8月6日より5日間、8月13日より4日間断水区の7、8、9で、大体標準区1より10~15%の減収を示している。7、8、9の被旱の時期は、大体水稻の幼穂形成期直前より穂孕前期に相当する。出穂後の被旱区13、14を見る

に、13の9月10日より16日まで6日間断水区は、その1週間前断水区の12よりも相当の増収を得ているが、14の9月17日より24日まで7日間断水区は結実粒1000粒重量が著しく低いため、又、減収となつている。

次に、生育初期の節水栽培(播種後1ヶ月間土壌水分70%で栽培)が以後の旱魃被害の軽減効果について、A、Bの同

一時期被旱度の結果を対比して見るに、総での区においてBの方がより優れている。即ち、結実粒数並に同重量が標準区1を基礎として、それぞれ4~15%、4~17%の増収が得られた。しかも、穂孕期頃の被旱に対しても早害軽減を明瞭に現はしている。特に、被害の甚しい8月27日より31まで4日間断水区の11と21との差が大きく、21は11より1を基礎として結実粒数において15%、同重量において17%の増収となつた。故に、この結果よりして生育初期の節水栽培による耐旱力の附與が、それ以後灌水栽培しても消失することなく、本試験で少くとも穂孕期までは効果の現れることが明確になつた。

4. 考 察

生育各段階における早害被害についての試験で判然としたことは、8月27日より31日まで4日間（出穂期前10日前後）の断水区が最も早害甚しく、その減収率穂長の短小、そして1穂の着生粒数の減少が主に基因している。次いで、早害の大きな区は、8月20日より25日まで5日間（出穂期前17日前後）の断水区と9月3日より9日まで6日間（出穂始期前後）の断水区であつて、前者は結実粒充実度の低いこと、後者は不稔粒数の多いことが減収の主原因である。これ等の早害大なる時期は、大体水稻の穂孕中後期の被旱であつて、それ以前において被害が明瞭に現れているのは、8月13日より17日までの4日間、8月6日より11日までの5日間、7月30日より8月3日までの4日間断水区で、水稻の幼穂形成期直前より穂孕期前期の被旱区である。出穂後の被旱区では9月17日より24日まで7日間の断水区は相当の減収となつている。その減収の原因が結実粒充実度の低下にあるので、この期の被旱は未だ熟期の進んでいない時であり、しかも被旱後の水稻の回復能力が著しく低下したことが考察される。

以上により水稻の生育期間中被旱の大なる時期が明確となつたため、実際早害時に避旱対策として僅少なる用水の効果的な灌漑方法が樹立され、早害を著しく軽減することが出来る。

本研究に類似する従來の試験結果は、多少の差異はあるが水稻の生育期間中の早害に罹り易い時期は、穂孕期であることに大体一致した結

果が出ている。和田他2氏は相当詳細なる試験を実施して、水稻生育期間中早害を蒙り易い時期は生殖細胞の減数分裂期（出穂前日数8~9）及び出穂開花期、之に次ぎ登熟期であると結論されている。

次ぎに、生育の初期を畑状態で栽培することが以後の早害被害の軽減効果に関する研究で判然としたことは、播種後1ヶ月間の畑状態栽培により耐旱力を増大し、その後灌水栽培にて被旱した場合にも初期の耐旱力附與が影響して早害を軽減することが出来る。そして少くとも被害の時期が穂孕期で、それ以前の灌水期間が約2ヶ月間継続しても初期の耐旱力が消失するものではないことが判然とした。

従來、畑苗代の苗栽培並に麦間直播栽培（苗代期間程度の乾田栽培）が早害軽減効果ありとし、早害対策として挙げられている。そして、早害時にそれ等の効果が発揮されているのである。しがして、一應この原因について考えられる事は、地下根の深度發育があげられるが、本研究はボットという限られた場所において栽培したため地下根の深度發育相違は考えられず、地上部茎葉の耐旱性のみに支配されたと察せられる。しかしながら、従來迄の研究結果によつて茎葉の耐旱性を支配する生態的條件は種々挙げられているが、未だ決定的な條件は判明していなく、総ての條件が多かれ少なかれ支配している様である。その内、細胞の浸透圧が高度なる事は耐旱性を増大して早害を軽減すると多くの学者により提唱されている。Fitting氏は沙漠植物の細胞浸透圧を測定したところ大部分の植物は浸透圧の高度なることを認めた。我が国においても相当数の実験が行はれている。小野寺氏は稻を水田、畑状態で栽培した場合に畑状態において植物汁液浸透圧が高くなることを確めた。従つて、水稻を畑状態に栽培すれば耐旱性を増大することは明かであるが、本研究では播種後1ヶ月間は畑状態で栽培し、以後灌水栽培して少くとも2ヶ月間経過後の被旱に対しても耐旱性は消失せず早害の軽減する事が判然としたのである。この理由を説明する資料として、畠山氏が植物水分経済の研究を行はれている。その結果によると、水稻を1ヶ月間乾田に植えたものは灌水により水田に麥えて1ヶ月経

過しても尙無処理稻より滲透價で1.9、計算溶質量 ($\frac{[\text{滲透價}] \times [\text{水}]}{24.05}$) で0.15も高く、水稻の耐旱性増大に乾固法(生育初期を畑状態で栽培)の効果が顯著であることを指摘している。よつて、これにより著者の研究結果の原因が明かである。

本試験結果により畑苗代の苗を本田に植付けること並に表間(乾田)直播栽培が旱害対策として有意義なることが立証されたわけであり、旱魃時の普通灌水栽培でも被害の少ない生育初期は時々排水することが大切で、排水することによりそれ以後の耐旱性を増大し、旱害を軽減することが出来る。

5. 摘 要

水稻の生育各段階における旱魃被害程度及び生育初期の節水栽培が、以後の旱魃被害軽減効果に関する問題の究明を目的として昭和25年にポットにより予備的な試験を実施した。その結果は次の如くである。

1. 水稻被旱の最も甚しい時期は、8月27日より4日間断水区で、穂長の短小、そして1穂の着生粒数の減少が主に基因して減収している。
2. 次いで前後1週間目の断水区で、8月20日より5日間断水区は結実粒の充実度が低く、9月3日より6日間断水区は不稔粒数の多いことが減収の主原因である。

3. これ等被旱の著しい時期は水稻の穂孕中後期に相当する。それ以前の時期では幼穂形成期直前から穂孕前期にかけての被害が明瞭に現れている。

4. 出穂後の旱害は、出穂後2週間目前後に被旱した区が、結実粒充実度の低下により減収が著しかった。

5. 播種後1ヶ月間を土壤水分70%で栽培し、以後或る期間を灌水栽培してから被旱した場合に相当の旱魃被害軽減効果が認められた。特に旱害の甚しい時期の軽減効果が高かつた。

6. 生育初期の耐旱性附與が、その後少くとも2ヶ月間の灌水栽培するも耐旱力は消失されなかつた。

7. 従來の研究結果よりして、この耐旱力の消失されない原因の1つは、細胞滲透圧の高度なることが持続するためではないかと思う。

参 考 文 献

1. 和田、馬場、古谷：水稻の旱害防止に関する研究、農業及園芸、20. 3. 13—14 (1945)
2. 大賀一郎譯註：マキシモフ植物と水、254—259 (1935)
3. 小野寺二郎：旱燥に對する適應性の稻品種間における型式に就いて、日本作物学会記事、8. 1. 3—33 (1936)
4. 畠山伊佐男：植物水分經濟の研究、生理生態、1. 1. 15—30 (1947)