

## 米麦に対する珪酸の生理的機能に関する研究 (第二報)

### 2. 珪酸施用が同化生産物の穂への転流に及ぼす影響について

宇田川 畏三・清藤 幸一

## Studies on the Physiological Functions of Silicic Acid applied to Rice and Wheat

### 2. Effects of Silicic Acid on the Movement of Carbohydrates assimilated from Leaf-Blades, Leaf-Sheaths, Stalks, and Roots to Ears.

Izō UTAGAWA and Kōichi KIYOTŌ

(Laboratory of Fertilizers)

水稻に対する珪酸の影響について無機成分に関するものは従来多く研究されているが、有機成分に関するものは比較的少ないようである。石塚・早川<sup>1)</sup>が水稻の稲熱病に対する抵抗性と珪酸および苦土との関係について研究の結果珪酸と苦土とを併用しないときは稲熱病に罹りやすいが、これは茎葉中に可溶性窒素と粗糖分とが多く含まれているためであることが明らかにされた。また山本・馬場・五十嵐ら<sup>2)3)</sup>は老朽化水田土壌を用い水稻に対する珪酸の影響について調べた結果粗蛋白質、全糖の含有率は珪酸不施用区が高く、澱粉含有率は珪酸区が高くなっているが、含有量はいずれも珪酸区が多くなっている。さらに細胞膜質物中粗繊維・粗リグニン含有率は珪酸不施用区が高く、ヘミセルローズ含有率は珪酸区が高くなっているが、含有量では粗繊維・粗リグニン等は乳熟期以前は珪酸区に多く、以後は少なくなっている。尾崎・東野・奥田ら<sup>4)</sup>、馬場ら<sup>5)</sup>は作物に対する珪素の生理作用を研究し、珪酸と行動をともしる蛋白質はある限られた二、三の蛋白質であると述べている。

著者らは珪酸の生理的機構について無機成分に引続き出穂後の同化生産物たる糖分・澱粉等の茎葉から穂への転流に対する珪酸の影響について研究したのでこれを報告する。

## I 実験方法

本実験では第1報で  $\text{SiO}_2$  が無機成分の移行におよぼす影響に関し研究した試料につき還元糖・非還元糖・澱粉・粗繊維等を次の方法<sup>6)</sup>により分析した。

### 1 試料の調製

採取した新鮮試料を初め  $95^\circ\text{C}$  前後に約 30 分間処理して速かに酵素作用をとめ、その後通風乾燥器で  $70^\circ\text{C}$  の下で乾燥し、粉碎の上分析に供した。

### 2 還元糖の定量

試料に 80% アルコールを 50~100 倍量加え、還流冷却器を附し湯煎中で 50 分間煮沸抽出を行ない、冷却後上澄液を濾別し、残渣を 80% アルコールで同様に抽出する。この操作を 4 回反覆する。抽出液を合せ、アルコールは減圧で回収する。これに除蛋白剤中性酢酸鉛を加え濾過して糖抽出液を作る。この糖抽出液から一定量を採り SOMOGYI<sup>7)</sup> 法により還元糖を定量する。

### 3 非還元糖の定量

糖抽出液の一定量を採り硫酸を加えて加水分解を行ない、SOMOGYI 法により全還元糖を定量し、この値から前記の還元糖量を差引いたものを非還元糖量とする。

4 澱粉の定量

試料に 0.7 N 塩酸液を加え還流冷却器を附し煮沸湯煎中で 2.5 時間加水分解する。次に濾過し熱水で充分洗滌する。冷却後中和し除蛋白操作を行なう。この濾液につき SOMOGYI 法により全還元糖量を定量する。この値から前記の還元糖および非還元糖量を差引いたものを粗澱粉量とする。

5 粗繊維の定量

粗繊維は A. O. A. C 法<sup>8)</sup>により定量する。

II 実験成績および考察

1 生育中における水分含有率

生育中の穂・葉身・葉鞘・茎等の新鮮物の水分含有率を図示すれば Fig. 1 の通りである。これに

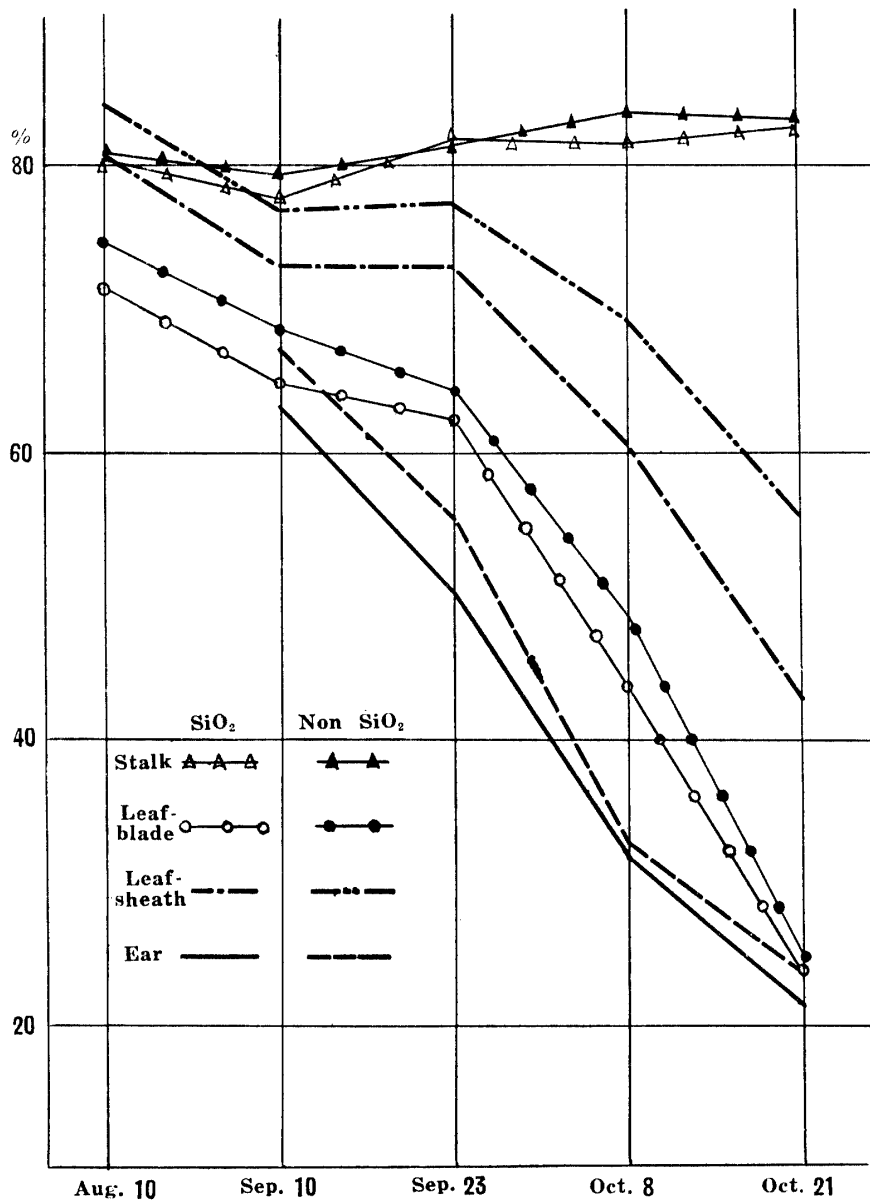


Fig. 1. Percentage of moisture in a fresh sample

よれば穂・葉身・葉鞘の水分含有率は出穂後成熟が進むに従い漸次減少し、完熟期頃には穂・葉身は21~24%まで低下するが、葉鞘は養分転流の関係か42~55%にとどまっている。そしてSiO<sub>2</sub>区の水分含有率は対照区のものより常に低くなっている。

また茎の水分含有率は78~84%を維持し、SiO<sub>2</sub>区には9月23日のような例外もあるが、大体において対照区のものよりもやや低い、その差は僅少である。茎ではその趣をことにし、完熟期が近づいても78~84%の水分を保ち同化生産物の転流に努めているが、穂や葉身では水分含有率が著しく減少してゆくの折角の同化生産物も転流が困難になつてくるのではあるまいか。後節に述べる糖分の項にもこの現象がみられる。

## 2 還元糖の含有率および含有量

1) 含有率 新鮮物中の還元糖の含有率は Table 1 および Fig. 2 の通り0.52~0.06%で概して低い。葉身では成熟するに従いSiO<sub>2</sub>区は0.41%から0.16%に急激に減少し完熟期になつてわずかに上昇しているが、対照区はSiO<sub>2</sub>区よりも高く0.5%位で終始し完熟期にわずかに低下しているに過ぎない。葉鞘では含有率低く0.34~0.11%で出穂直後SiO<sub>2</sub>区は対照区よりもやや高いが、成熟するに従い漸次低下し出穂後約2~3週間で逆転し対照区よりもやや低くなり、この状態が完熟期まで続

Table 1. Percentage and quantity of reducing sugar per pot

Date	Plot Part	Fresh matter (%)		Dried matter (%)		Quantity (mg)		
		SiO <sub>2</sub>	Non SiO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>	Non SiO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub> (A)	Non SiO <sub>2</sub> (B)	$\frac{A}{B} \times 100$
9. 10	Ear	0.37	0.35	1.09	1.09	78.4	58.3	134
	Leaf-blade	0.41	0.50	1.14	1.57	233.3	225.6	103
	Leaf-sheath	0.34	0.29	1.27	1.27	330.6	207.4	331
	Stalk	0.25	0.35	1.12	1.64	143.2	141.0	102
	Root	—	—	0.55	0.73	86.5	77.1	112
	Sum	—	—	—	—	872.0	709.4	123
9. 23	Ear	0.37	0.45	0.76	1.00	221.2	214.8	103
	Leaf-blade	0.27	0.50	0.70	1.39	131.2	199.9	66
	Leaf-sheath	0.17	0.18	0.67	0.82	141.5	126.0	112
	Stalk	0.28	0.40	1.58	2.17	199.1	247.4	81
	Root	—	—	0.47	0.57	69.9	76.2	92
	Sum	—	—	—	—	762.9	864.3	88
10. 8	Ear	0.11	0.11	0.17	0.16	63.2	57.5	110
	Leaf-blade	0.16	0.52	0.28	1.01	49.5	117.3	42
	Leaf-sheath	0.13	0.16	0.33	0.53	54.5	75.8	72
	Stalk	0.10	0.13	0.52	0.81	52.9	70.0	76
	Root	—	—	0.29	0.30	43.1	32.6	132
	Sum	—	—	—	—	263.2	353.2	75
10. 21	Ear	0.06	0.07	0.08	0.10	40.4	40.3	100
	Leaf-blade	0.23	0.44	0.08	0.10	49.7	66.5	75
	Leaf-sheath	0.11	0.15	0.20	0.34	41.5	46.0	90
	Stalk	0.07	0.23	0.41	1.40	45.7	109.8	42
	Root	—	—	0.20	0.67	32.3	91.0	36
	Sum	—	—	—	—	209.6	353.6	59

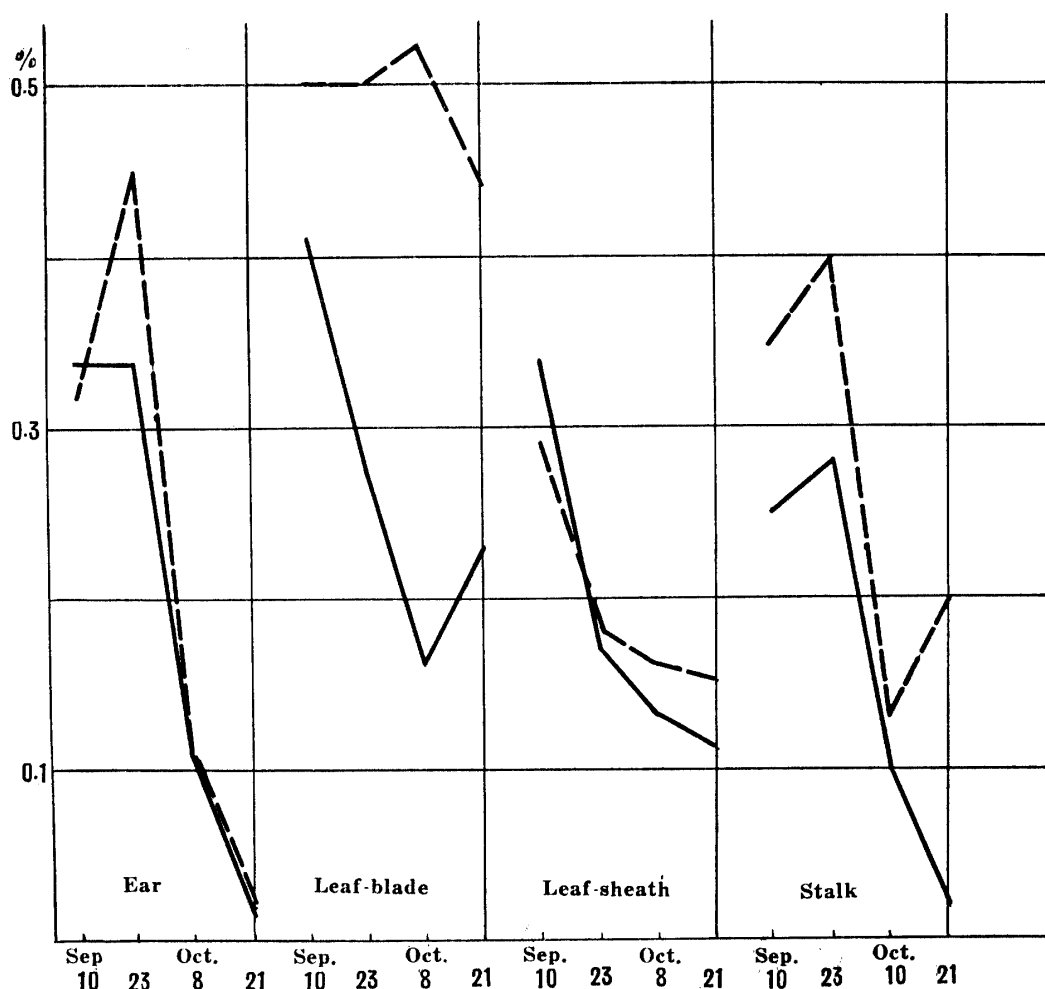


Fig. 2. Percentage of reducing sugar in a fresh sample  
SiO<sub>2</sub> — Non SiO<sub>2</sub> ---

いている。

茎では0.40~0.07%で出穂直後から上昇しているが、成熟後半になると急激に減少している。この間対照区はSiO<sub>2</sub>区よりやや高く平行的に行動しているが、最後にさらにやや高くなっている。穂では0.45~0.06%で茎の場合によく似て出穂後2~3週間位で最も高くなっているが、澱粉に転化するためか漸次減少している。そして対照区は終始SiO<sub>2</sub>区より高くなっている。

2) 含有量 還元糖の含有量はTable 1およびFig. 3の通り出穂直後から2週間位の各器官の還元糖合計量は両区とも成熟期間中最も多いが、成熟するに従い急激に減少し、始めはSiO<sub>2</sub>区が対照区よりも23%も多いが、減少歩合は対照区よりも大きく完熟期には対照区の60%位まで低下している。

葉身では含有量は出穂直後両区間には殆んど相違はないが、成熟するとともに対照区よりもSiO<sub>2</sub>区の方が早く転流減少し完熟期にはSiO<sub>2</sub>区よりも対照区に多くの還元糖が残されている。葉鞘では還元糖は始め対照区よりもSiO<sub>2</sub>区に多いが、漸次転流減少し後半になると逆に対照区の方に多くなっている。

茎では出穂2週間後に含有量が最も多くなるが、順次穂に転流され、SiO<sub>2</sub>区の減り方が激しいため最後には対照区に多くの還元糖が残されている。穂には茎から同化生産物が転流されてくるので同

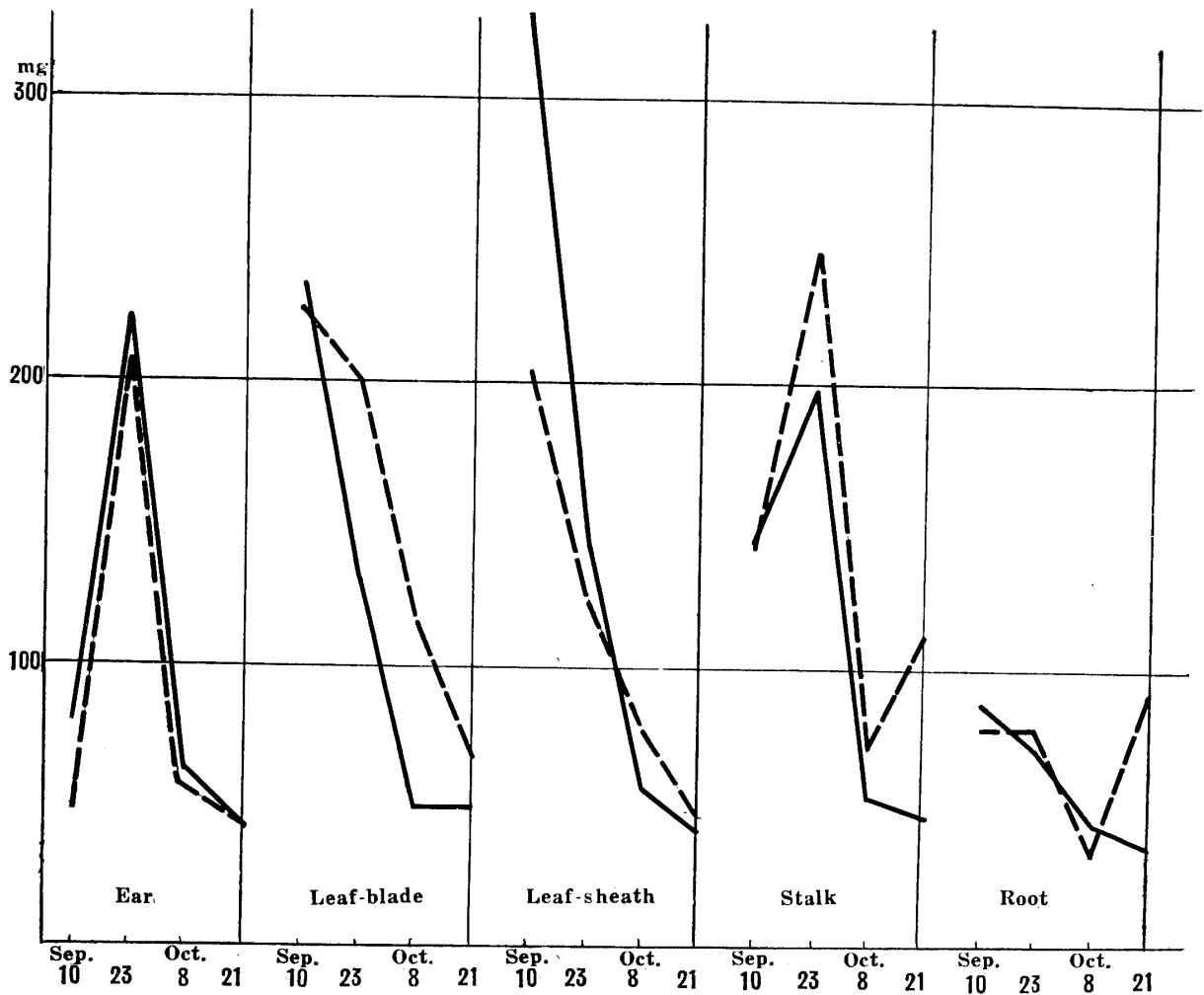


Fig. 3 Quantity of reducing sugar pot (as glucose, in mg)  
SiO<sub>2</sub> — Non SiO<sub>2</sub> ---

じ時期に急激に増加しているが、速かに澱粉に転化されるためか急速に減少している。また根では両区間に殆んど相違はなく、成熟するとともに減少の傾向をたどるが、完熟期になつても対照区には可成りの還元糖が残されている。

要するに葉身において同化作用の結果還元糖が生成され、葉鞘・茎を通じ穂へ転流されているが、SiO<sub>2</sub>を施用することによつて穂へ転流される還元糖が多く葉身・葉鞘・茎に残留するものが少なくなり、結局澱粉が多く生成されている。

ROBERT A. STEINBERG<sup>9)</sup>や石塚<sup>1)</sup>によれば生理的必須養分が缺乏して生理作用が攪乱されると還元糖やアミノ酸が増加してくると報告されているが、この SiO<sub>2</sub> 欠の場合も還元糖が多くなることから生理作用の乱れからではないかと思われる。

### 3 非還元糖の含有率および含有量

1) 含有率 新鮮物中の非還元糖の含有率は Table 2 および Fig. 4 の通りで葉身・葉鞘では 0.3% 以下で概して低いが、茎では 0.8% にも達し可成り高く穂ではこの中間である。

葉身の含有率は 0.32~0.12% で出穂直後から成熟するに従い低く推移しているが、完熟期になると同化生産物の転流が困難になるためかやや上昇している。この間 SiO<sub>2</sub> 区の含有率は常に対照区の倍

Table 2. Percentage and quantity of non-reducing sugar per pot

Date	Plot Part	Fresh matter (%)		Dried matter (%)		Quantity (mg)		
		SiO <sub>2</sub>	Non SiO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>	Non SiO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub> (A)	Non SiO <sub>2</sub> (B)	$\frac{A}{B} \times 100$
9. 10	Ear	0.26	0.27	0.63	0.82	45.7	43.3	106
	Leaf-blade	0.32	0.16	0.94	0.50	191.4	71.7	267
	Leaf-sheath	0.24	0.31	0.92	1.34	239.6	220.3	109
	Stalk	0.58	0.84	2.65	3.94	338.9	339.7	100
	Root	—	—	0.01	0.21	1.3	22.1	6
	Sum	—	—	—	—	816.9	697.1	117
9. 23	Ear	0.48	0.39	0.97	0.87	284.6	186.9	152
	Leaf-blade	0.25	0.15	0.68	0.43	125.7	61.8	206
	Leaf-sheath	0.11	0.17	0.42	0.75	90.2	115.3	78
	Stalk	0.13	0.29	0.68	1.54	85.7	175.5	49
	Root	—	—	0.45	0.29	66.2	27.8	238
	Sum	—	—	—	—	652.4	567.3	115
10. 8	Ear	0.51	0.53	0.76	0.78	284.6	280.3	102
	Leaf-blade	0.25	0.12	0.43	0.23	77.8	20.0	389
	Leaf-sheath	0.14	0.17	0.34	0.55	56.3	78.6	72
	Stalk	0.03	0.22	0.16	1.38	16.2	119.2	13
	Root	—	—	0.20	0.53	29.6	57.6	51
	Sum	—	—	—	—	464.5	555.7	84
10. 21	Ear	0.48	0.45	0.60	0.58	308.5	233.7	130
	Leaf-blade	0.28	0.15	0.37	0.20	62.6	23.0	272
	Leaf-sheath	0.15	0.09	0.25	0.21	52.2	28.4	184
	Stalk	0.05	0.25	0.27	1.47	30.1	115.2	26
	Root	—	—	0.15	0.27	23.6	36.7	64
	Sum	—	—	—	—	477.0	437.0	109

位である。葉鞘では0.31~0.09%で出穂直後から糊熟期にいたるまでは対照区の方が高いが、完熟期になると逆にSiO<sub>2</sub>区の方がやや高くなっている。茎では出穂直後の含有率は0.84~0.58%で各器官中最も高いが、その後急激に減少し完熟期になると転流困難になるためかわずかながら上昇している。この間対照区は常にSiO<sub>2</sub>区よりも倍以上も高い。穂では0.53~0.20%で漸次上昇し10月8日の対照区のような例外もあるが、全体にわたってSiO<sub>2</sub>区が高くなっている。

2) 含有量 この含有量はTable 2およびFig. 5の通りで同化作用の営まれる葉身ではSiO<sub>2</sub>区に多く、転流経路の茎では対照区に多く、穂ではSiO<sub>2</sub>区に多くなっている。

葉身では成熟するに従い漸減しているが、SiO<sub>2</sub>区では常に対照区より2~3倍多くなっている。葉鞘では出穂直後含有量は両区間には大した相違はみとめられないが、成熟が進むに従い急激に低下し特にSiO<sub>2</sub>区においては甚だしい。完熟期前になるとSiO<sub>2</sub>区の低下が弱まり逆に対照区の方が甚しくなっている。葉身・葉鞘の非還元糖を集め、その転流を司っている茎では成熟するにともないその量は漸減しているが、完熟期になると対照区にはSiO<sub>2</sub>区の3倍もの還元糖が残されている。根では還元糖は成熟の前半ではSiO<sub>2</sub>区に多いが、後半になると対照区に多く結局多く残されている。また穂では成熟の前半に急激に蓄積が増加し、特にSiO<sub>2</sub>区の方が対照区よりも蓄積が早くなっている。

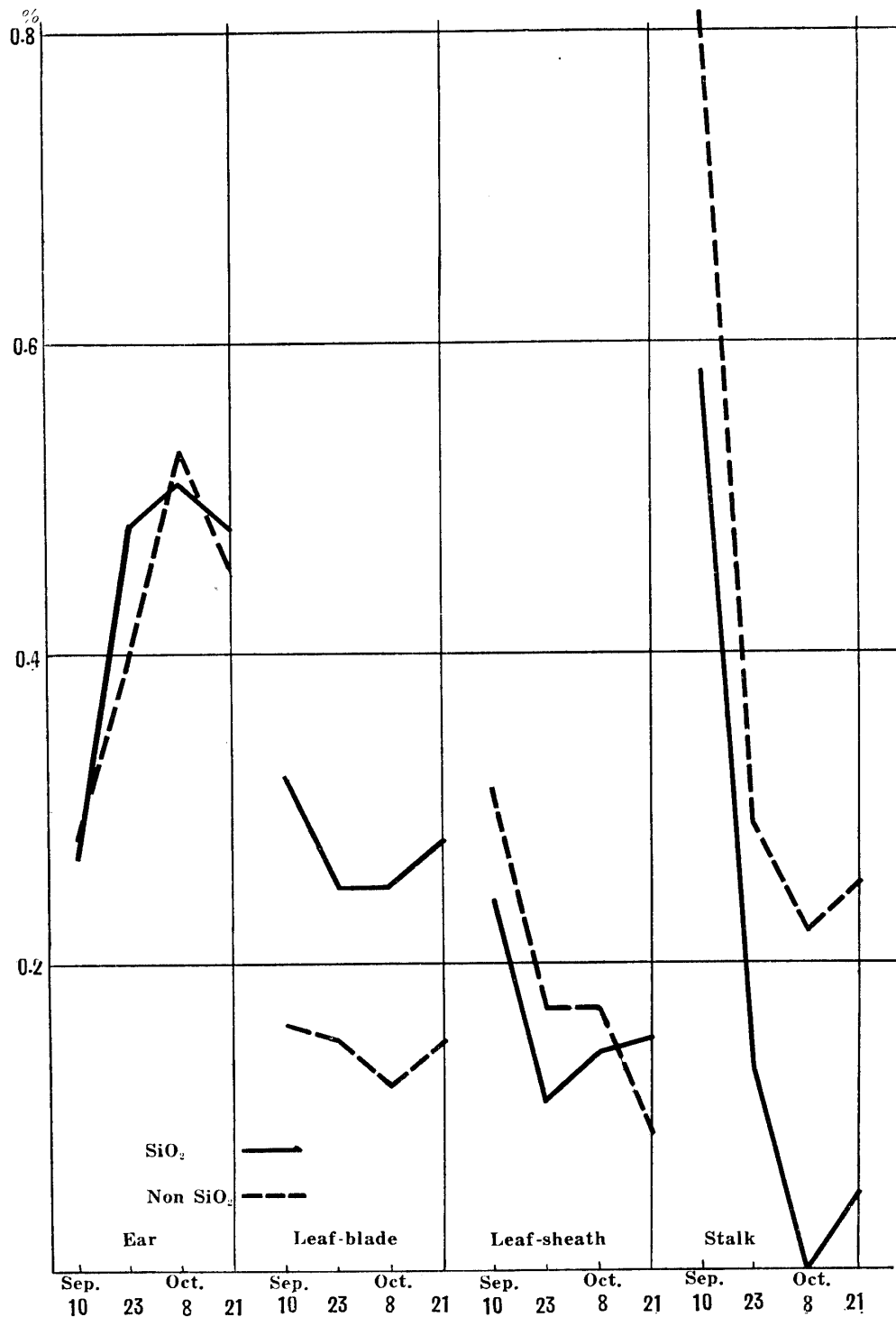


Fig. 4. Percentage of non-reducing sugar in a fresh sample

要するに同化作用の盛んに行なわれている葉身では非還元糖の含有率含有量ともに SiO<sub>2</sub> 区は対照区よりも高いが、完熟期近くになると前述のように水分が減少し転流が困難になるので SiO<sub>2</sub> 区に多く残されているのではないだろうか。葉鞘でも SiO<sub>2</sub> 区に多く残されているが、同じ理由によるものと思う。茎では最後まで対照区の含有量が高いが、SiO<sub>2</sub> 不足のため穂へ円滑に転流されないためではあるまいか。穂では糖分から澱粉へ転化されるだろうが、穂への非還元糖の蓄積状況は確かに SiO<sub>2</sub>

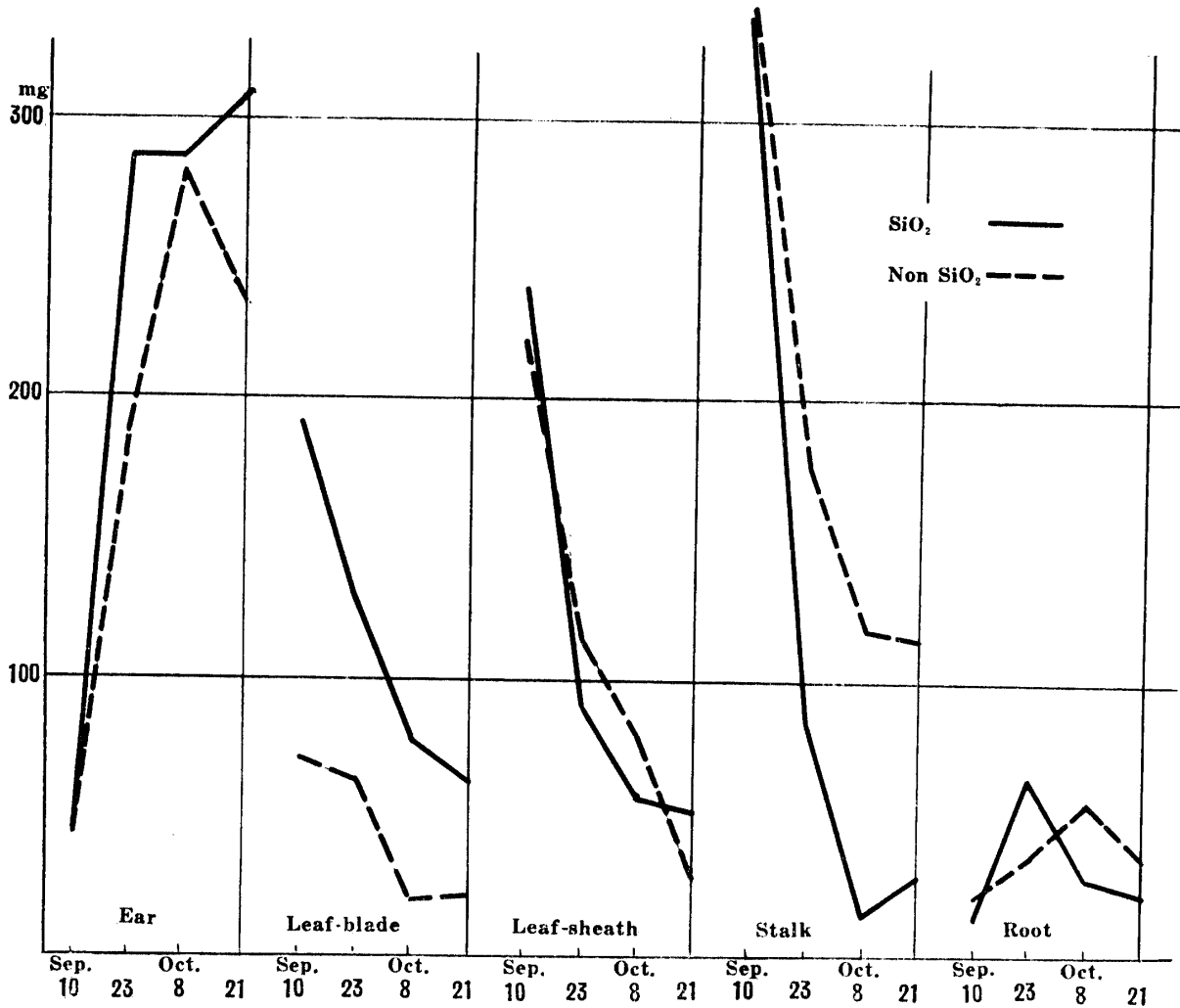


Fig. 5. Quantity of non-reducing sugar per pot (as glucose, in mg.)

区の方が対照区より速やかに行なわれている。

#### 4 澱粉の含有率および含有量

1) 含有率 新鮮物中の含有率は Table 3, および Fig. 6 の通りで穂では非常に高くその他の器官では低く就中茎では特に低い。

葉身の含有率は 1.3~8.2% で成熟するに従い増加の傾向をたどり成熟初期では SiO<sub>2</sub> 区は対照区よりもやや高いが、後期になると逆に劣っている。葉鞘では 3.3~1.0% で出穂 2 週間後に一時やや高くなっているが、その後は次第に低下している。この間 SiO<sub>2</sub> 区は常に対照区よりもわずかながら高い値で終始している。茎の含有率は 1.9~0.3% で器官の中では最も低く漸次減少の傾向をたどり、SiO<sub>2</sub> 区は対照区よりもわずかに劣っているが、大した相違はない。穂の含有率は 4.5~35.0% で最も高く出穂後急激に上昇しているが、成熟の前半では両区間には殆んど相違はみとめられないが、後半になるとさらに上昇し 30% 以上に達し完熟期になると約 3% 程低くなっている。この間 SiO<sub>2</sub> 区は対照区よりも常に数% 高く終始している。

2) 含有量 澱粉の含有量は Table 3 および Fig. 7 の通りで殆んど全部が穂に転流されその他の器官には非常に少なくなっている。葉身では含有量は出穂後 2 週間位まではやや増加しているが、



Table 3. Percentage and quantity of starch per pot

Date	Part Plot	Fresh matter (%)		Dried matter (%)		Quantity (mg)		
		SiO <sub>2</sub>	Non SiO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>	Non SiO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub> (A)	Non SiO <sub>2</sub> (B)	$\frac{A}{B} \times 100$
9. 10	Ear	6.32	4.50	17.23	13.90	1242.2	740.9	169
	Leaf-blade	1.69	1.32	4.80	4.14	981.6	595.7	165
	Leaf-sheath	2.27	2.21	8.51	9.66	2218.6	1582.3	140
	Stalk	1.79	1.92	9.04	9.04	1156.2	777.4	149
	Root	—	—	10.24	8.87	1607.7	939.3	171
	Sum	—	—	—	—	7206.3	4635.6	155
9. 23	Ear	14.44	14.83	29.26	33.22	8549.8	7135.7	110
	Leaf-blade	3.06	2.75	8.13	7.69	1514.6	1105.6	164
	Leaf-sheath	3.32	2.57	12.94	11.41	2753.6	1753.7	157
	Stalk	0.61	0.94	3.41	5.09	430.7	580.3	74
	Root	—	—	9.66	13.91	1433.5	1681.7	85
	Sum	—	—	—	—	14682.7	12257.2	120
10. 8	Ear	34.45	30.62	52.79	44.70	19743.5	16065.1	123
	Leaf-blade	3.74	3.86	6.62	7.48	1183.7	828.0	143
	Leaf-sheath	2.15	1.46	5.07	4.80	835.0	686.4	122
	Stalk	0.29	0.30	1.58	1.90	160.7	164.2	98
	Root	—	—	11.75	13.55	1739.0	1472.9	118
	Sum	—	—	—	—	23661.9	19216.6	123
10. 21	Ear	33.11	27.46	41.96	38.87	21433.2	15660.7	137
	Leaf-blade	6.05	8.19	6.56	10.86	1101.4	1470.5	75
	Leaf-sheath	2.05	0.98	3.58	2.21	753.6	298.8	252
	Stalk	0.32	0.45	1.87	2.70	208.5	211.7	99
	Root	—	—	8.65	11.05	1370.2	1500.6	91
	Sum	—	—	—	—	24866.9	19142.3	130

以後は漸次減少している。この間 SiO<sub>2</sub> 区は常に対照区よりやや多いが、完熟期になると逆に対照区の方がわずかに多く、穂へ転流されないで残留するものが多くなっている。葉鞘は養分の一時的貯蔵庫ともいわれているように成熟の前半では葉身の倍量位の澱粉が存在しているが、後半になると穂へ転流され含有量は漸次減少している。この場合にも同化作用の盛んに行なわれている SiO<sub>2</sub> 区には常に対照区よりも含量が多い。茎には澱粉の含量少なく穂への転流が速かであることが推定されるが、完熟頃になると殆んどが転流されてほんのわずかしが残っていない。しかも両区間には相違はほとんどみられない。根では成熟の時期によつて多少の相違はあるが、大体においてあまり増減はみられない。穂では成熟するに従い急激に増加し作物体の大部分の澱粉が蓄積されている。初めのうちは SiO<sub>2</sub> 区が対照区よりやや勝れているに過ぎないが、成熟するに従い相当な開きが生じている。

以上要するに澱粉含量は葉身・葉鞘では SiO<sub>2</sub> 区が勝っているが、茎になると速かに穂へ転流されて両区間には差異は殆んどみとめられない。穂では前述のように SiO<sub>2</sub> 区の蓄積は対照区より早くしかも量も多い。

##### 5 成熟にともなう炭水化物の転流と珪酸との関係

成熟の進行にともない同化生産物の還元糖・非還元糖・澱粉等個々の穂への転流が SiO<sub>2</sub> 施用により

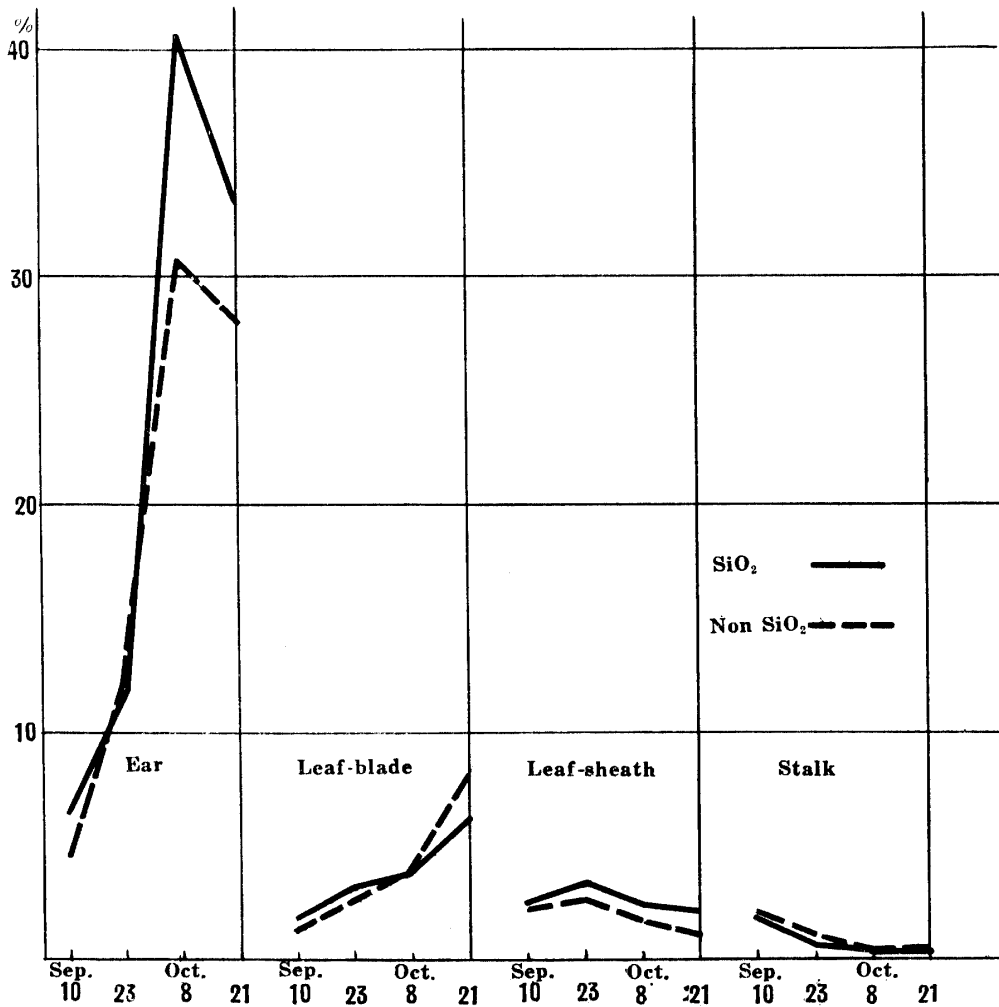


Fig. 6. Percentage of starch in a fresh sample (as glucose)

影響されることは前述の通りであるが、ここではこれらを総合し、ある生育時期に同化生産された炭水化物が穂へ転流するにあたり珪酸施用による影響を図示すると Table 4 および Fig. 8 の通りである。この図表では同化生産物を全糖（還元糖と非還元糖）と澱粉（還元糖で示す）とを合計し炭水化物として表わし、ある生育時期に各器官に貯えられた炭水化物の合計に対する各器官のそれとの 100 比を求めたものである。これによると同化作用は主として葉身で行なわれ、その生産物は葉鞘に貯えられるといわれている通り出穂直後の葉身には同化生産物は比較的少なく、葉鞘に最も多く、ついで根・茎などに貯えられているが、成熟するに従い穂へ転流されて漸次減少し、完熟期頃になると葉鞘や茎には非常に少なくなっている。ところが葉身や根には可成り残されているが、これは葉身における同化作用の盛なことと穂・葉身・根等の急激な水分の減少によつて転流が円滑に行なわれなかつたためではないかと思われる。しかも珪酸を施用しない対照区の方に多く残されている。また同化された炭水化物の穂へ転流される割合も常に SiO<sub>2</sub> 区の方が高く、茎葉に残される割合が低いことから考えてこれらは珪酸缺乏からくる生理作用の不円滑化の結果に基づくものと思われる。

## 6 粗繊維の含有率および含有量

1) 含有率 新鮮物および乾物中の粗繊維含有率は Table 5 および Fig. 9 の通りで成熟の進むに従い各器官とも漸次増加している。葉身では新鮮物中の粗繊維が 13.1~36.2%と増加し各器官中最

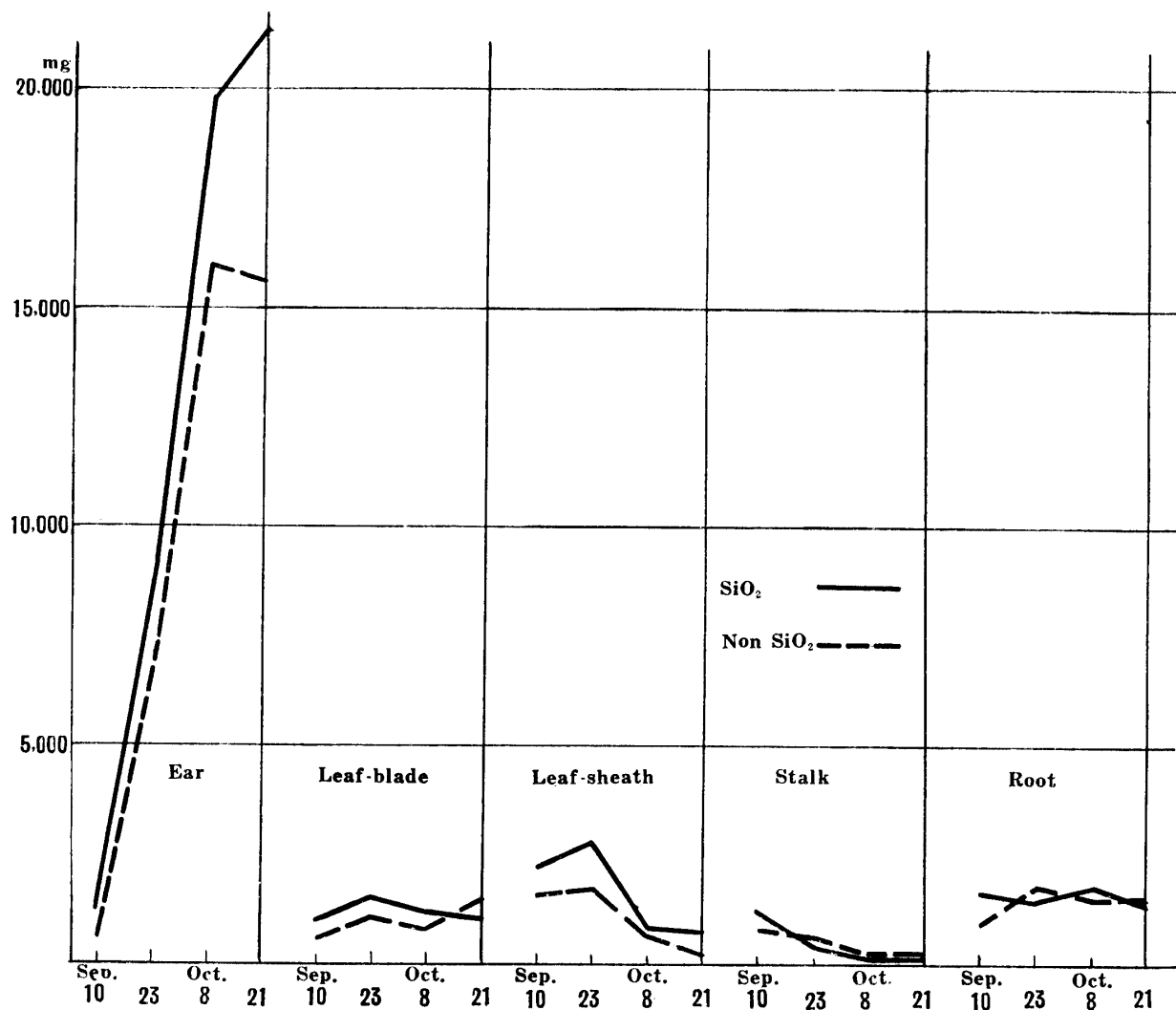


Fig. 7. Quantity of starch per pot (as glucose, in mg.)

Table 4. Quantity of carbohydrate per pot (as glucose, in mg.)

Date	Plot Part	SiO <sub>2</sub> (A)	Index	Non SiO <sub>2</sub> (B)	Index	$\frac{A}{B} \times 100$
9. 10	Ear	1366.3	15.4	842.5	14.0	162
	Leaf-blade	1406.3	15.8	893.0	14.9	157
	Leaf-sheath	2788.8	31.3	2010.0	33.1	139
	Stalk	1638.3	18.4	1258.1	21.8	130
	Root	1695.5	19.1	1038.5	17.2	163
	Sum	8895.2	100	6042.1	100	147
9. 23	Ear	9055.6	56.2	7537.4	55.0	120
	Leaf-blade	1771.5	11.0	1367.5	10.0	130
	Leaf-sheath	2985.3	18.6	1995.0	14.6	145
	Stalk	715.5	4.5	1003.2	7.3	72
	Root	1569.6	9.7	1785.7	13.1	88
	Sum	16097.5	100	13688.8	100	118

10. 8	Ear	20091.3	82.4	16402.9	81.5	122
	Leaf-blade	1311.0	5.4	965.3	4.8	136
	Leaf-sheath	945.8	3.9	840.8	4.2	112
	Stalk	229.8	0.9	353.4	1.7	65
	Root	1811.7	7.4	1563.1	7.8	116
	Sum	24389.6	100	20125.2	100	121
10. 21	Ear	21782.1	85.2	15934.7	80.0	137
	Leaf-blade	1213.7	4.8	1560.0	7.8	78
	Leaf-sheath	847.3	3.3	373.2	1.9	127
	Stalk	284.3	1.1	436.7	2.2	65
	Root	1426.1	5.6	1628.3	8.1	88
	Sum	25553.5	100	19932.9	100	128

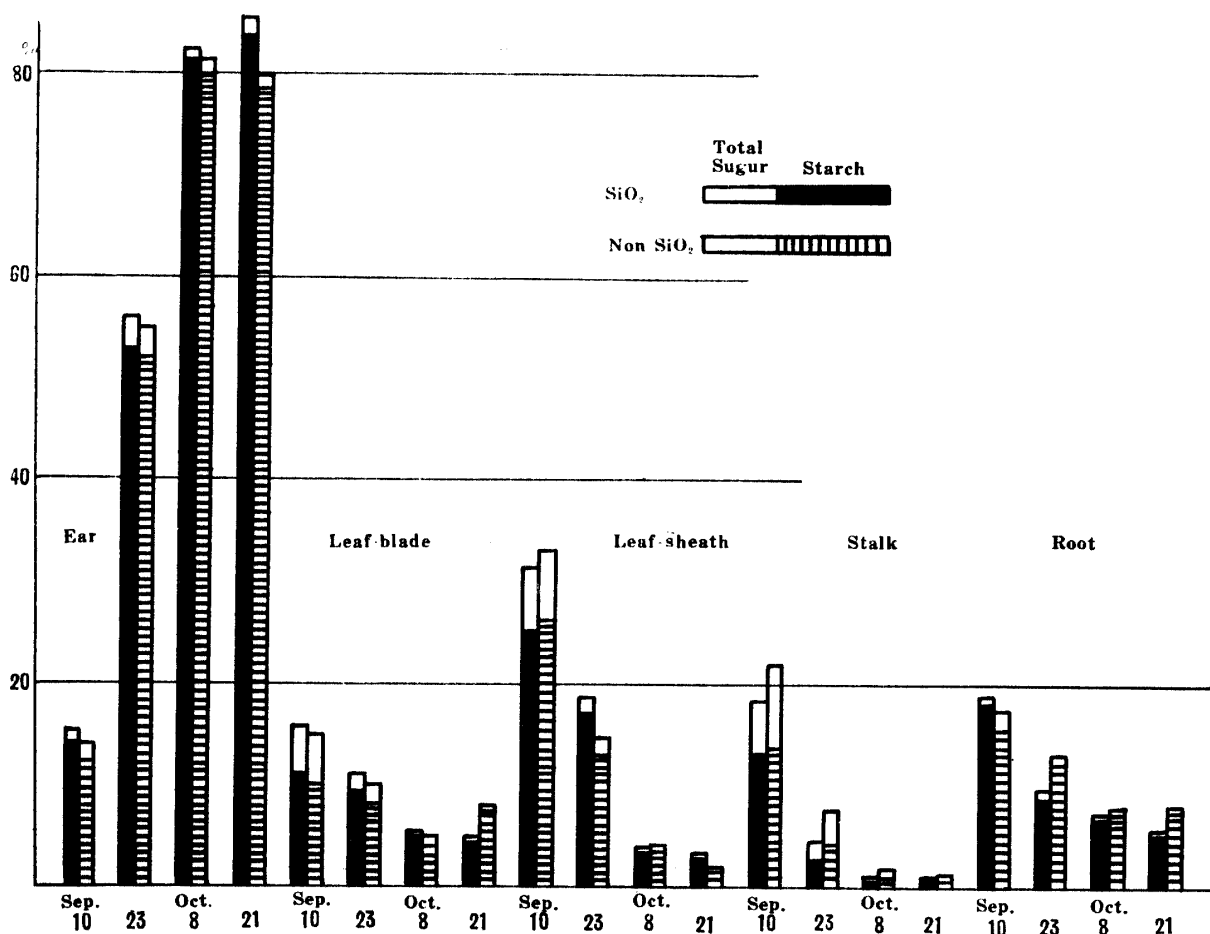


Fig. 8. Distribution (%) of carbohydrates to each part of rice plant.

も含有率が高い。成熟するに従い水分の減少してゆく関係もあつて急速に増加しているが、終始  $\text{SiO}_2$  区の方が対照区よりも高い。葉鞘も新鮮物中 9.7~24.8% で葉身に次ぐ高い含有率で葉身と同様急速に増加している。乾物量では両区間には左程の相違はみられないが、新鮮物では水分の関係で  $\text{SiO}_2$  区が多くなつている。茎の含有率は新鮮物中 5.3~8.1% で最も低いが、成熟するにつれ緩かに上昇し、乾物では  $\text{SiO}_2$  区は対照区より特に高くはないが、新鮮物では  $\text{SiO}_2$  区の水分会が対照区のものよ

Table 5. Percentage and quantity of crude fiber per pot

Date	Plot Part	Fresh matter (%)		Dried matter (%)		Quantity (mg)		
		SiO <sub>2</sub>	Non SiO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>	Non SiO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub> (A)	Non SiO <sub>2</sub> (B)	$\frac{A}{B} \times 100$
9. 10	Ear	18.44	12.76	50.31	39.38	3627.3	2009.0	180
	Leaf-blade	14.91	13.10	41.26	41.20	8437.7	5928.7	142
	Leaf-sheath	11.01	9.74	41.20	42.64	10740.8	6984.4	154
	Stalk	5.34	5.80	26.88	27.40	3438.0	2356.4	152
	Root	—	—	48.27	43.23	7578.4	4578.1	165
	Sum	—	—	—	—	33822.2	21946.6	154
9. 23	Ear	7.00	4.81	14.19	10.77	4146.3	2313.4	179
	Leaf-blade	20.39	16.34	54.11	45.70	10080.7	6571.7	136
	Leaf-sheath	13.01	10.89	50.60	48.43	10767.7	7443.7	145
	Stalk	7.88	7.52	43.94	40.68	5549.6	4637.5	120
	Root	—	—	58.15	49.21	8629.5	5949.5	145
	Sum	—	—	—	—	39173.8	26915.8	142
10. 8	Ear	6.44	6.84	9.59	9.99	3586.7	3590.4	100
	Leaf-blade	29.98	23.05	53.00	44.69	9476.4	4947.2	192
	Leaf-sheath	21.90	15.64	51.70	51.30	8515.0	7335.9	116
	Stalk	8.62	7.68	47.42	47.82	4822.6	4131.6	117
	Root	—	—	49.82	46.06	7373.4	5006.7	147
	Sum	—	—	—	—	33774.1	25011.8	135
10. 21	Ear	7.87	11.23	9.97	14.70	5092.7	5922.6	86
	Leaf-blade	36.20	30.51	47.38	40.35	7955.1	4639.6	171
	Leaf-sheath	24.81	21.24	43.27	47.83	9108.3	6466.6	141
	Stalk	8.13	7.45	47.85	44.68	5335.3	3502.9	166
	Root	—	—	53.70	45.61	8506.7	6193.8	137
	Sum	—	—	—	—	35998.1	26725.5	135

り少ないので含有率は SiO<sub>2</sub> 区の方がわずかに高くなっている。穂では成熟の初めはともにやや高く SiO<sub>2</sub> 区 18.4% 対照区 12.7% であるが、出穂後成熟の進むにつれ漸く澱粉の蓄積が盛んに行なわれるようになると含有率は急速に減少してゆくが、完熟期頃になると水分が可成り減少するので新鮮物では増加したように見える。そして澱粉蓄積量の多い SiO<sub>2</sub> 区の含有率が低くなっている。

2) 含有量 粗繊維の含有量は Table 5 および Fig. 10 の通りで葉身と葉鞘に最も多く、穂と茎に最も少なく、根ではこれらの中間である。葉身は前述のように葉鞘とともに含有量は最も多いが、成熟後半になると急速に減少し、この間 SiO<sub>2</sub> 区は対照区よりも葉身で 42~92% 葉鞘で 41~54% 多くなっている。茎では含有量はあまり多くはなく、成熟前半で最高に達し後半では漸減しているが、SiO<sub>2</sub> 区のみは完熟期にやや多くなっている。根では成熟前半で最高に達し後半になると一時減り、また増しているが、これは茎の場合 SiO<sub>2</sub> 区で増加しているように粗の充実にともない植物体を丈夫にするためではあるまいか。

要するに粗繊維の含有率ならびに含有量は出穂してから成熟するに従い増加し、SiO<sub>2</sub> と粗繊維生成との間に深い関係のあることが推察される。穂では多少趣をことにし成熟するに従い澱粉の蓄積は漸次増加してゆくが、これにともない糊粉層の発達するためか粗繊維も澱粉ほどではないが増加して

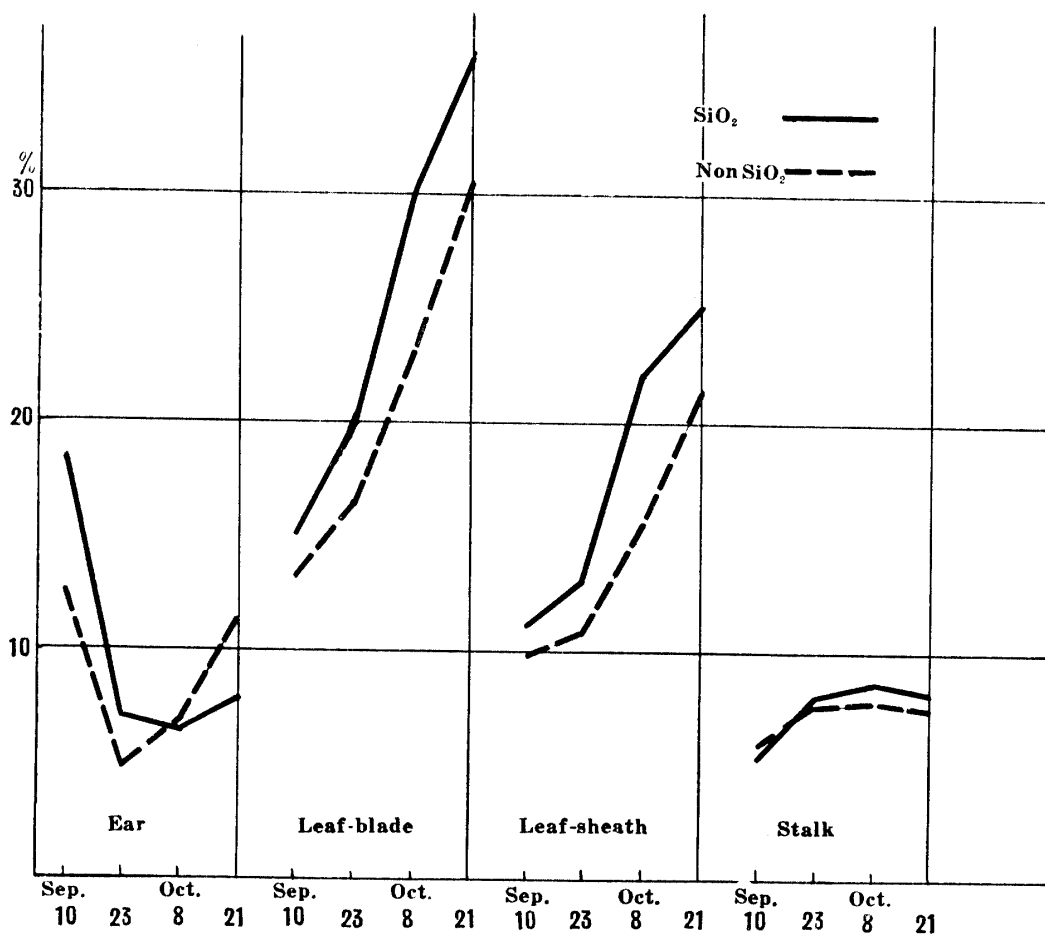


Fig. 9. Percentage of fiber in a fresh sample

いる。そして澱粉蓄積量の多い SiO<sub>2</sub> 区では、蓄積量の少ない対照区より、やや低くなっている。

### 6 細胞膜質物の含有率と含有量

珪酸を施用すると乾物量が増加してくるから細胞増殖が盛んに行なわれ、細胞膜が増産されるものと思われる。そこで乾物量から細胞膜の構成にあずからない還元糖・非還元糖・澱粉・粗蛋白質・灰分等を差引いて粗細胞膜質物を算出してみた。勿論これらの成分の外に脂肪とかアミノ酸等を考慮しなければならないが、これらは澱粉や粗蛋白質の含量に比べると非常に少ないので一応考慮外においた。

#### 1) 含有率 粗細胞膜質物の含有率は Table 6 および Fig. 11 の通りである。

葉身では細胞膜質物の含有率は出穂後から完熟期まで乾物では殆んど変りはないが、成熟にとともに水分が減少するので急速に高まっている。この間含有率は対照区の方が SiO<sub>2</sub> 区よりも高いが、これは SiO<sub>2</sub> 施用によつて細胞が増殖され、細胞膜質物も増産されてはいるが、乾物単位重量当りでは SiO<sub>2</sub> 区は対照区よりも少ないことになり、細胞膜が薄いということも考えられ、吉田ら<sup>11)</sup>の研究のように SiO<sub>2</sub> によつて細胞膜が補強されているのかも知れない。またこれに関し山本ら<sup>2)</sup>は言及し SiO<sub>2</sub> がなんらかの生理的役割を演じているのではないかとしている。葉鞘では細胞膜質物の乾物量は成熟の進むに従い多少は増加しているが、水分の減少に大きく影響され見掛け上は 18~40%と急速に増加している。乾物単位重量当りの細胞膜質物は SiO<sub>2</sub> 区より対照区の方に多いが、水分は対照区

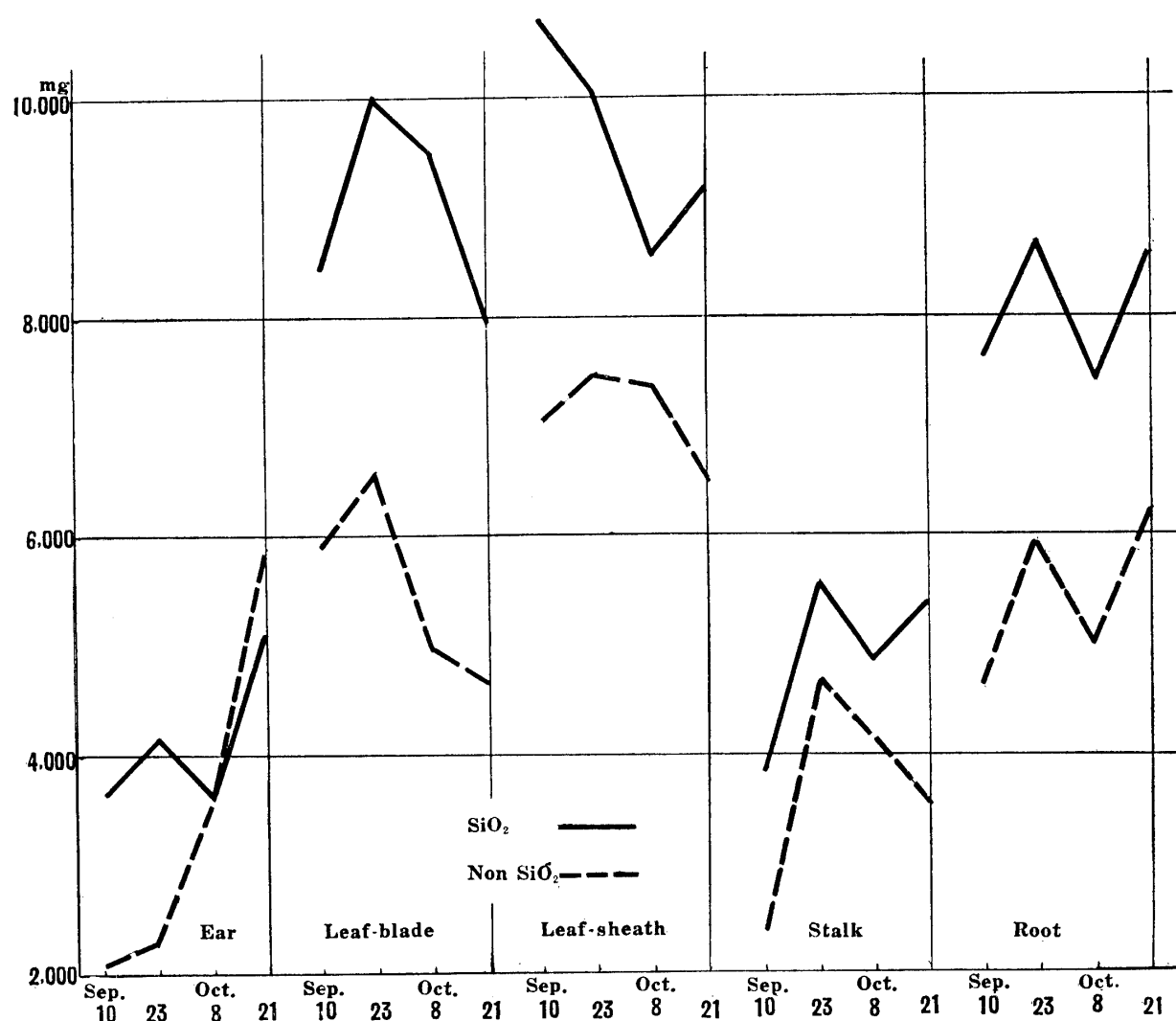


Fig. 10. Quantity of fiber per pot (in mg.)

Table 6. Percentage and quantity of cell membrane substances per pot

Date	Plot Part	Fresh matter (%)		Dried matter (%)		Quantity (gm)		
		SiO <sub>2</sub>	Non SiO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>	Non SiO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub> (A)	Non SiO <sub>2</sub> (B)	$\frac{A}{B} \times 100$
9. 10	Ear	25.1	23.5	66.8	72.5	4.82	3.87	124
	Leaf-blade	22.0	23.7	62.8	74.3	12.83	10.70	120
	Leaf-sheath	18.4	18.4	70.5	80.5	17.96	13.17	136
	Stalk	17.2	16.0	78.1	77.8	9.99	6.69	149
	Root	—	—	78.2	80.0	12.28	8.46	139
	Sum	—	—	—	—	57.88	42.89	135
9. 23	Ear	27.5	24.9	55.6	55.6	16.26	11.95	136
	Leaf-blade	21.8	26.9	57.8	75.3	10.78	10.82	100
	Leaf-sheath	16.3	18.2	63.3	80.6	13.48	12.39	109
	Stalk	14.9	15.5	83.0	83.7	10.48	9.55	110
	Root	—	—	79.0	76.0	11.71	9.18	117
	Sum	—	—	—	—	62.71	53.89	116

10. 8	Ear	22.1	31.2	33.2	44.7	12.35	16.06	78
	Leaf-blade	34.8	41.3	61.7	80.0	11.01	8.87	124
	Leaf-sheath	30.4	26.9	76.1	88.2	12.53	12.62	99
	Stalk	15.4	14.3	84.5	88.7	8.60	7.67	112
	Root	—	—	76.3	76.2	11.29	8.29	136
	Sum	—	—	—	—	55.78	53.51	104
10. 21	Ear	35.9	39.1	45.9	51.2	23.26	20.62	113
	Leaf-blade	48.7	58.2	63.8	77.1	10.70	8.85	121
	Leaf-sheath	41.9	41.2	73.1	92.7	15.39	12.54	123
	Stalk	13.8	14.6	87.8	87.6	9.79	6.87	143
	Root	—	—	79.3	77.8	12.55	10.56	119
	Sum	—	—	—	—	71.69	59.44	121

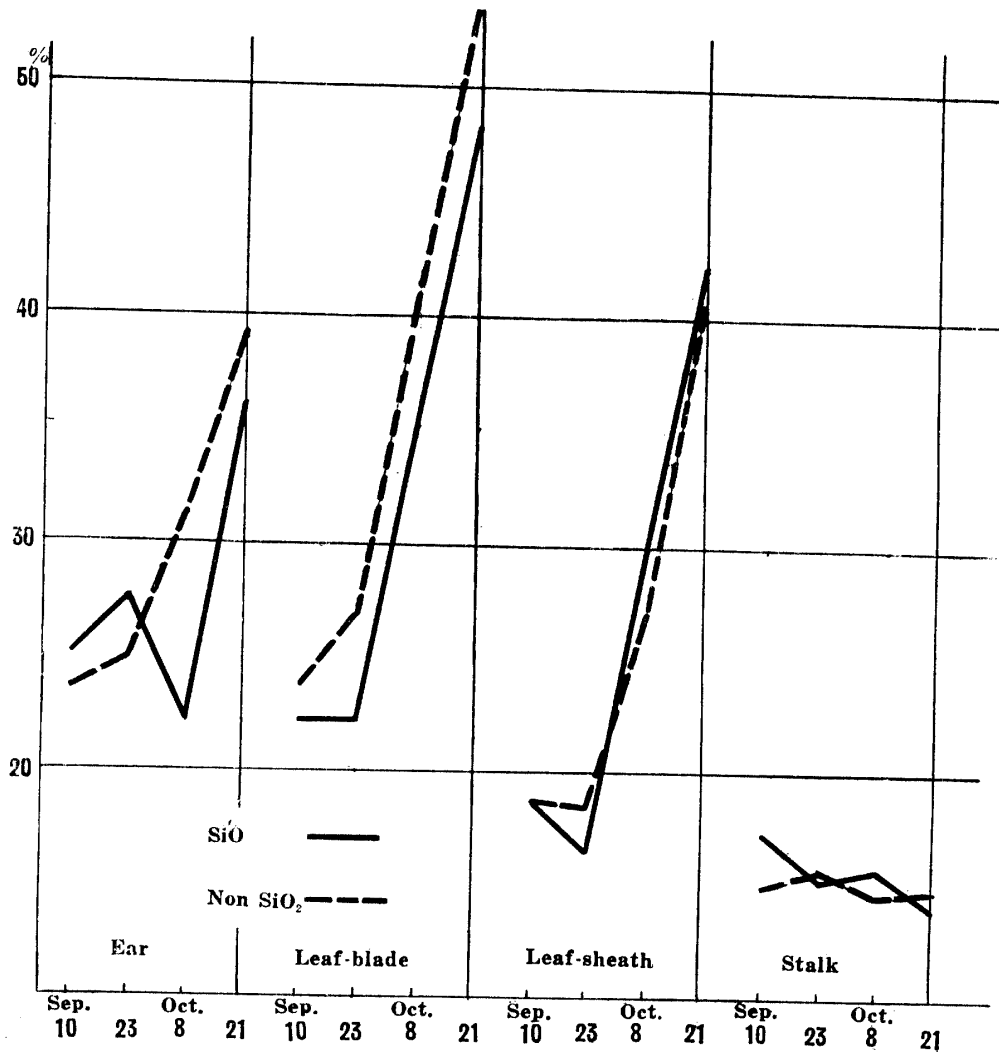


Fig. 11. Percentage of cell membrane substance in a fresh sample

の方がやや多いので、新鮮物%にすると両区間には殆んど相違がない。茎では新鮮物でも乾物でも両区間には殆んど相違なく出穂後あまり増減なく終始している。穂では澱粉の蓄積が増すに従い細胞膜質物の含有率は漸次低下し特に乾物中では明らかであるが、完熟期になると多少増加している。この



間澱粉蓄積量の多い  $\text{SiO}_2$  区では少ない対照区よりも低くなっている。

2) 含有量 細胞膜質物の含有量は Table 6 および Fig. 12 の通りである。葉身中の含有率は

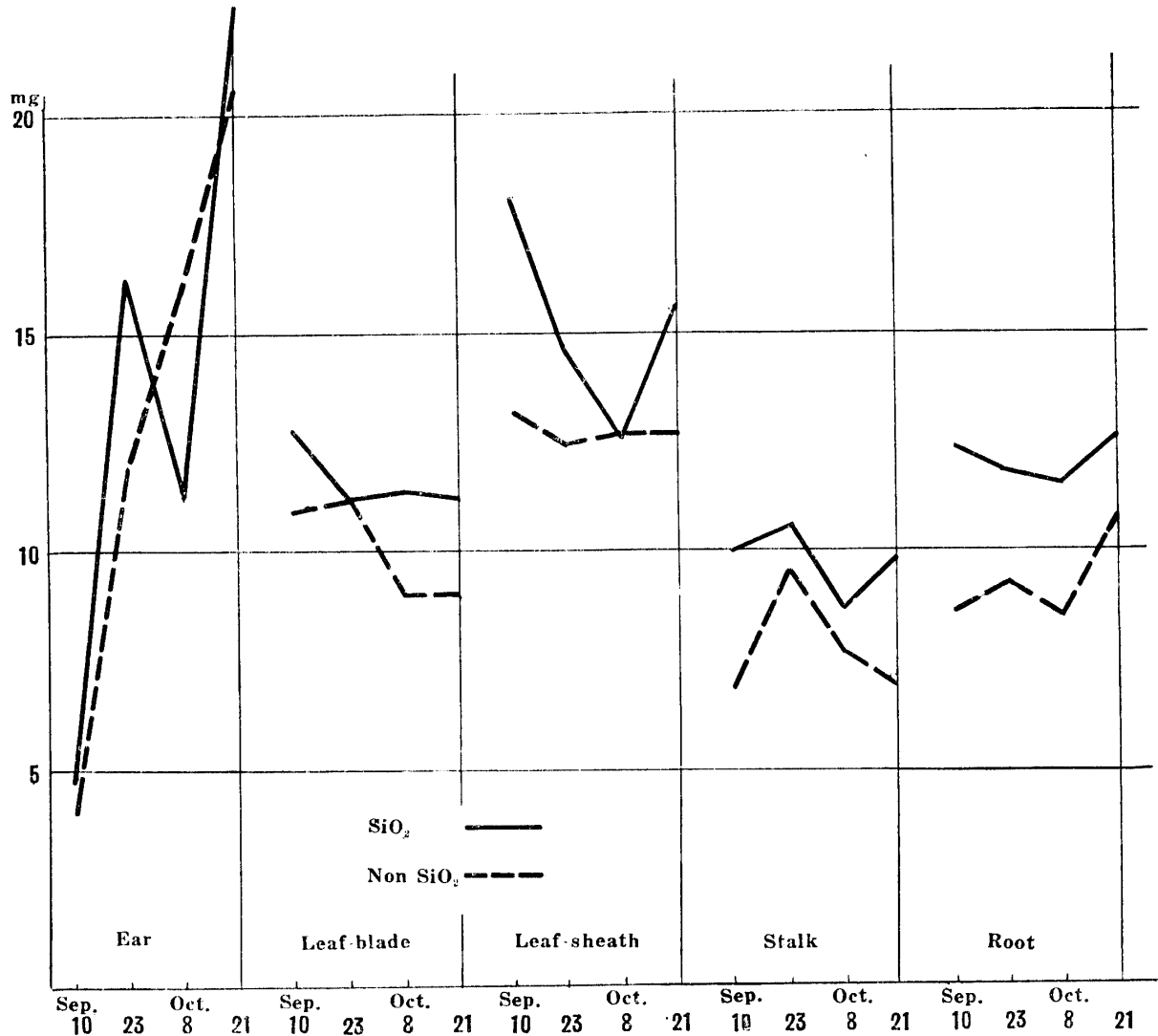


Fig. 12. Quantity of cell membrane substance per pot (in mg.)

前述のように新鮮物および乾物中では対照区の方が  $\text{SiO}_2$  区よりも高いが、乾物量では  $\text{SiO}_2$  区の方が多いので含有量は  $\text{SiO}_2$  区の方が多くなっている。しかし両区とも成熟するに従い減少している。葉鞘では乾物中の含有率は  $\text{SiO}_2$  区より対照区の方がやや高いが、乾物量では  $\text{SiO}_2$  区が多いのでこれも結局含有量は  $\text{SiO}_2$  区の方が多くなっている。 $\text{SiO}_2$  区は成熟するに従い急激に減少し完熟期でやや増加しているが、対照区は出穂してから終りまで殆んど変りがない。茎では乾物中の細胞膜質物含有量は両区間には殆んど相違なく終始しているが、乾物量では  $\text{SiO}_2$  区の方が多いので含有量は  $\text{SiO}_2$  区が多くなっている。両区とも出穂後増減しているが完熟期には  $\text{SiO}_2$  区がやや増加している。根では新鮮物乾物ともに含有率にはあまり相違はみとめられないが、乾物量では終始  $\text{SiO}_2$  区が多いので含有量も  $\text{SiO}_2$  区が多くなっている。傾向は出穂後  $\text{SiO}_2$  区は漸次減少し完熟期にやや増加しているが、対照区は少し増えたり減つたりして完熟期にはやや増加している。穂では成熟するに従い澱粉の蓄積も盛んになるが、一方糊粉層の発達も著しく細胞膜質物は漸次増大している。但しこの成績のう

ち10月8日の  $\text{SiO}_2$  区はやや生育不良で例外とすべきであろう。

要するに細胞膜質物は  $\text{SiO}_2$  施用によつて穂では澱粉の蓄積、葉身では同化生産物の増加等によつて新鮮物中の含有率は対照区よりもやや低下しているが、含有量では常に対照区を凌いでいる。即ち生産物の増産のためには細胞膜質物の増産も必要である。

### III 摘 要

第1報に引続き同じ資料について珪酸施用が同化生産物の穂への転流に及ぼす影響について研究し次の成果をえた。

- 1) 珪酸施用によつて茎の水分含量は出穂後終始変らないが、葉身・葉鞘・穂などでは出穂後成熟するに従い漸次減少するが、珪酸施用によつてさらに著しくなる。
- 2) 穂・葉身・葉鞘・茎等の還元糖の含有率および含有量は珪酸施用によつて減少する。
- 3) 非還元糖は珪酸施用により葉身では増加しているが、茎では逆に減少している。
- 4) 澱粉含量は珪酸施用によつて葉身・葉鞘では多くなつているが、茎では特に効果はみとめられない。また穂では澱粉の蓄積が早く蓄積量も多くなつている。
- 5) 葉身・葉鞘・茎等の粗繊維は珪酸施用によつて増加され、穂でも澱粉の蓄積量が増加されるとともに粗繊維も増加されている。

### 引 用 文 献

- 1) 石塚喜明・早川康夫：日土肥 **21** 253 (1950)
- 2) 山本狷吉・馬場 昂・五十嵐太郎：新潟大農学術報 **9**, 26 (1957)
- 3) 山本狷吉・馬場 昂・五十嵐太郎：新潟大農学術報 **10**, 54 (1958)
- 4) 尾崎 清・東野正三・奥田 東：文部省総合研究報 **11**, 71 (1957)
- 5) 馬場権一・馬場 明：農化 **33**, 710 (1959)
- 6) 農技協：作物試験法 303 (1959)
- 7) M. SOMOGYI: *J. Biol. Chem.* **160**, 61 (1945)
- 8) A. O. A. C: 288 (1960)
- 9) ROBERT A. STEINBERG: Emil Truog-Mineral Nutritions of Plants 359 (1953)
- 10) 長 重九：稲作講座 **2**, 52 (1956)
- 11) S. YOSHIDA, Y. OHNISHI, and K. KITAGISHI: *Soil Sci. and Plant Nut.* **8**, 30, 36, 48(1962)

### R é s u m é

Succeeding th first report of studies on the physiological functions of silicic acid to rice and wheat, we have studied the effects of silicic acid on the movement of carbohydrates assimilated by rice plant from leaf-blades, leaf-sheaths, stalks, and roots to ears, and obtained the following results:

- 1) The moisture in ears, leaf-blades, leaf-sheaths, stalks, and roots decreases gradually as rice plant matures, but we got the result that its decrease was made faster than that in the case of control by applying silicic acid.
- 2) Percentage and quantity of reducing sugar in ears, leaf-blades, leaf-sheaths, stalks were more decreased by applying silicic acid than in the case of control.
- 3) Quantity of non-reducing sugar was increased in leaf-blades but more decreased in stalks by applying silicic acid than in the case of control.

4) Quantity of starch was more increased in leaf-blades, leaf-sheaths, and accumulation of starch in ears was faster and more by applying silicic acid than that in the case of control.

5) Quantity of crude fiber in leaf-blades, leaf-sheaths, stalks, and ears was more increased with increase of starch accumulation by applying silicic acid than in the case of control.