水稻の旱害解析に関する研究

第3報 金属元素と耐旱性*

三 鍋 昌 俊 (福 井 大 学)

緒 言 植物の生体内の金属元素の生理作用に就いては従来断片的な多くの研究業績があるが、水稻の耐旱性とその体内並に地下部の土壤中の金属元素との関係を明確にしたものが見当たらないので、筆者は 1950 年度(第2報)の実験材料に就いて 1950 年に分光分析を行い、この関係を追求して見たので、ここにその結果の概要を報告する。

本研究を遂行するに当り特に大阪学芸大福地喬教授より御懇篤な御指導と御援助とを賜わり、阪大永田皖講師には一方ならぬ御協力を頂いた。分光分析は全く同氏に依つて綿密に遂行されたもので、茲に記して両氏に深甚なる謝意を表する。

実験材料並に方法 1949 年度(第2報)の pot 試験材料を主体にし、圃場試験材料を参考とし、11 月下旬収穫した材料を 1950 年 1 月下旬迄風乾し、次記の部分に就いて分光分析を行つた。

1. 根, 2. 地下茎, 3. 地上茎, 4. 穂頸, 5. 穂軸, 6. 葉身(止め葉, 第2葉, 第3葉の平均値), 7. 葉鞘(葉身の場合と同じ), 8. 籾殻, 9. 玄米(対照区のみ, 試験区は材料僅少なため陸稲農林糯1号のみ)
10. pot 中の土壌(1 pot 中の全土壌を混合均一にしたもの)……旱魃区のみ。 以上

圃場試験材料としては、

1, 2 (旱魃, 対照両区) のみを取り、供験品種には次の代表的5品種を選んだ。

No. 2 東山 38 号 (耐稲熱病的耐旱性強)。

No. 4 大阪中生旭 (生理形態の耐旱性強)。

No. 6 陸稲農林糯1号 (総合的耐旱性強)。

No. 8 千本旭 (生理形態的耐旱性弱)。

No. 12 農林糯5号 (総合的耐旱性弱)。

分光分析の方法としては風乾した試料を 100°C の乾燥器に6時間入れて再乾燥し、之を磁性坩堝に入れ、最初蓋をして加熱し炭化させ、次に蓋を取り去つて微赤熱(大体 500°C 迄)以下にて灰化する。この灰を均一によく混合し、炭素棒を補助電極としてその尖端に穿つた小孔に之の 10 mg を充填して之を下極とする。又別の炭素棒(同種類)を上極とし、上下の極間の距離を 3 mm の一定に保ち乍ら 100 volt 交流 5 A 弧光によつて発光せしめる。発光の最初から弧光中の各元素の Spectrum が消失するまでの約5分間を写真乾板(富士の

process 上に撮影する。この際 slit の直前(5 mm)にて、step sector(全部で 10 段階に区劃してある)

Explanation of Figures

Results of spectro-analysis of the stem of Senbon-asahi. (Pot expt.) (Cf. Table 1 No. 8, St, D. & C. Lots)

Fig. 1 Drought Lot. Fig. 2 Control Lot.

Fig. 1

Fig. 2

* 昭和 25 年 11 月 4 日 第 89 回講演会に於て発表 同日受理

を回転するので、写真乾板上の各輝線は一端から段階的に薄くなって、最後に消失する如くに現れる。強い spectrum 線程この階段が長くなるので、各元素に就いてその或る一定の spectrum 線が何段まで認められるかを見ればその試料中のその元素の多少が判定せられることになる。表中の数字は之の何段まで認められるかを示す。斯る方法にて、各試料間の元素の多少が分るのであるが、同一の試料中の各元素間の比較をすることはできない。

尙分析は同一部分につき材料を異にし、各3回宛同一条件（即ち電流の強さ、電気回路、抵抗、電圧、電極間隙等の放電による弧光形成条件に基く輝線形成条件、乾板の感光条件、現像法等）下にて繰返された。

実験結果 各元素に就いて品種別、処理別、部分別の分光分析の成績を示せば第1表の如くである。（3回共同一数值が得られた。）（第1表は頁数の都合により省略）上の成績に基いて先ず稲の部分によつて元素が如何に蓄積されているかを検することにしよう。

之に就いて第1表を重要な部分別に総合すると第2表の如き結果を得る。

Table 2 Relation between metallic elements and the parts of rice plants.

Pot expt.

Part	Lot	Si	Al	Fe	Ca	Na	K	Mg	Ti	Mn	P	Ba	Zr	V	Ni	Cu	Sn	Pb	B	Be	Ag	Av.
Ro.	D.	8.0	7.6	8.8	7.2	7.2	5.4	8.0	6.8	8.4	5.0	5.0	6.2	5.6	3.2	9.4	1.0	3.8		4.0	0	
	Si.	7.0	7.8	9.0	7.6	7.4	5.8	7.8	7.2	8.2	5.4	5.4	6.2	5.0	3.0	9.2	1.8	3.6		3.8	0	
	C.	7.6	7.2	9.4	7.8	6.6	4.6	7.4	6.2	9.4	6.8	6.6	6.8	5.2	3.4	8.2	2.3	0		3.4	0	
	Av.	7.5	7.5	9.0	7.5	7.0	5.2	7.7	6.7	8.6	5.7	5.6	6.4	5.2	3.2	9.1	1.8	3.4		3.7	0	
	%	100																				100
Ba.	D.	7.4	5.0	7.4	6.8	7.4	6.2	8.6	4.2	7.2	5.0	3.8	4.4	2.0	1.8	9	0.4	2.8		0.4	0.6	
	Si.	7.0	4.2	6.2	6.4	7.4	6.4	8.4	3.8	6.8	4.8	3.2	4.0	1.8	0.2	8.0	0.8	3.0		0.1	1.4	
	C.	7.0	5.0	4.2	8.0	9.2	5.8	8.6	4.8	8.2	5.8	4.4	5.8	2.0	3.4	8.2	0.4	2.4		0	0	
	Av.	7.1	4.7	7.2	7.0	8.0	6.1	8.5	4.2	7.4	5.2	3.8	4.7	1.9	1.8	8.6	0.5	2.7		0.1	1.6	
	%	94	62	80	93	114	117	110	62	86	97	67	73	36	56	94	27	79		27		81
St.	D.	7.2	0.4	4.0	4.4	7.6	6.6	8.2	1.8	6.0	4.2	1.6	2.6	0	2.0	7.4	0.4	2.2		0.5	3.0	
	Si.	7.6	0.4	4.4	4.2	7.4	6.8	8.6	1.8	6.2	4.4	2.4	2.4	0.4	2.0	8.0	0.2	2.4		0.3	2	
	C.	7.6	1.0	5.0	5.6	9.4	6.8	8.0	2.0	8.6	3.6	3.2	2.6	0	2.0	6.8	0.4	3.0		0.3	2	
	Av.	7.4	0.6	4.4	4.0	8.1	6.7	8.2	1.8	6.9	6.2	2.4	2.5	0.1	2.0	7.4	0.2	2.5		0.1	3.1	
	%	98	8	48	66	115	118	106	26	80	73	42	39	1	62	81	11	73		27		66
Bl.	D.	7.2	2.8	5.6	6.1	6.8	4.8	7.2	3.0	7.0	3.6	2.4	3.4	0	2.8	7.4	1.6	3.3		0.3	3	
	Si.	7.4	2.6	5.4	5.6	5.8	4.9	7.4	3.2	6.6	3.6	2.4	3.6	0.3	2.4	7.2	1.6	3.0		0.3	0	
	C.	6.8	2.7	4.1	6.5	6.1	4.4	7.8	3.1	8.2	3.0	2.8	3.3	0.1	2.8	6.8	0.3	3.0		0.2	7	
	Av.	7.1	2.7	5.0	6.0	6.2	4.7	7.4	3.1	7.2	3.4	2.5	3.4	0.1	2.6	7.1	1.2	3.1		0.3	0	
	%	94	36	55	80	88	90	96	46	83	59	44	53	1	81	78	11	100		0		69
Sh.	D.	6.4	2.5	4.8	4.6	6.4	4.8	7.0	3.4	6.6	3.2	2.0	2.6	0.3	2.9	6.9	1.3	3.4		0.3	2	
	Si.	6.6	3.0	4.9	4.3	6.6	4.9	7.2	4.0	5.9	3.5	1.9	3.6	0.2	3.2	7.1	1.1	3.6		0.3	3	
	C.	6.6	3.1	5.4	4.4	7.2	4.9	7.0	4.0	7.4	3.3	1.6	4.0	0.5	3.2	6.4	1.3	3.4		0.3	6	
	Av.	6.5	2.8	5.0	4.4	6.7	4.8	7.0	3.8	6.6	3.3	1.8	3.4	0.3	3.1	6.8	1.2	3.4		0.3	3	
	%	86	37	55	58	95	92	90	56	76	57	32	53	5	96	74	66	100		0		66
Soil.	D.	8.0	7.0	8.9	5.4	6.4	4.8	6.0	5.8	7.2	3.0	4.8	6.2	3.4	0.6	7.0	0.3	3.4		3.0	0	
	%	100	92	90	75	88	88	75	85	85	60	96	100	60	18	74	0	89		75		75
Ur.	C.	3.4	0.6	3.8	3.0	6.0	6.0	9.6	3.6	9.2	6.8	0	0	0	1.8	7.2	1.8	2.0		0	0	
	%	44	8	40	38	90	130	129	58	97	100	0	0	0	52	81	81	66		0		56

Notes: Numerals show the averages of the 5 experimented varieties.

之によつて見ると Si, Fe, Ca, Na, K, Mg, Mn, P, Cu は稲の各部に多く分布して蓄積され、Al, Ti, Ba, Zr, V, Ni, Sn, Pb, B, Be, Ag は分布が少い。

殊に玄米に於いて Fe, Ca, Na, Mn, P, Cu は他の体の各部と大差なく含有され、K, Mg, は体の他の部分より遙に多く蓄積されている。之に反して Si, Al, Pb は他の部分より遙に少く、Ba, Zr, V, Be, Ag は殆ど検出できない程度である。

以上の事実から Si が稲の体制上、Fe, Ca, Na, K, Mg, Mn, P, Cu の諸元素は生理上の意味から稲によつて重要金属元素であると認められる。そして一般に前記の Al より Ag に至る諸元素は植物の重要元素とは認められていないが、本成績でも大体このことが認められる。次に根及地下茎について其の含有元素を検討すると、重要元素中 Fe, Ca, Mn, P は根にも茎の地下部にも特に多く、其の他の元素中 Al, Ti, Ba, Zr, V は他の部分の分布は甚だ少いにも拘らず根及地下茎には可成多く含まれていることが認められる。

ここで土壌中の金属元素と吸収との関係について一見するに、根部に吸収蓄積の元素量は一般に土壌中に含有されている元素の量と甚だ類似し、茎の地下部の含有量は其の次に位し、地上茎、葉鞘、葉身と次第に類似度を減ずる。但し金属元素の Ni, Sn は必ずしも土壌の含有量とは並行しない。以上の事実は稲の養分吸収の機構に関して重要な意味を有するものと考えられる。

次に標準湛水区, 旱魃区, 旱魃珪酸加用区に於ける処理の差異による結果を一瞥しよう。5品種を綜合して処理3区を總計を以つて取纏めて見ると第3表の如き成績を得た。

Table 3 Relation between metallic elements and the kinds of treatment test.

Pot expt.

Lot	Si	Al	Fe	Ca	Na	K	Kg	Ti	Mn	P	Ba	Zr	V	Ni	Cu	Sn	Pb	$\times$ B	Be	Ag	Av.
D.	56.4	24.9	45.4	42.7	57.8	44.4	62.3	28.0	52.2	35.0	21.2	30.8	7.9	18.9	61.9	7.2	25.5		5.3	20.5	
%	99	93	92	90	98	105	102	94	79	100	81	91	96	90	107	80	108		155	109	96
Si.	56.0	25.6	44.9	42.7	54.4	44.6	62.4	29.4	50.7	35.7	21.7	30.4	8.9	18.8	62.7	7.3	25.8		3.8	20.1	
%	98	96	91	90	92	106	102	99	77	102	83	90	108	89	108	81	109		111	107	96
C.	56.6	26.6	49.2	47.3	58.7	41.9	60.8	29.5	65.6	34.9	26.0	33.5	8.2	21.0	57.6	9.0	23.6		3.4	18.7	
%	100																				→

Notes: Numerals show the totals of 8 principal parts averaged by the 5 experimented varieties, such as root, base of stock, stem, leaf sheath, leaf blade, neck of panicle, rachis and seed cod of rice plants.

Table 4 Relation between metallic elements and drought resistance.

Pot expt.

Variety	Lot	Si	Al	Fe	Ca	Na	K	Mg	Ti	Mn	P	Ba	Zr	V	Ni	Cu	Sn	Pb	× B	Be	Ag	Av	Decreased yield per cent. (%)	Panicle weight of a stock (gr.)	Top weight of a stock (gr.)
2	D.	38	18	33	30	35	29	41	16	34	23	17	16	9	13	42	4	17		5	10			5	26
	%	102	100	97	93	100	107	105	94	75	100	94	84	128	108	105	133	141		166	125	108	↑	22	44
	Si.	37	18	33	31	38	31	43	19	35	23	17	19	8	12	42	4	16		5	9			6	25
	%	100	100	97	96	108	114	110	111	77	100	94	100	114	100	105	133	133		133	112	107	31	27	43
4	C.	37	18	34	32	35	27	39	17	45	23	18	19	7	12	40	3	12		3	8	→		22	58
	%	100																					100	100	
	D.	36	18	30	27	36	28	39	23	33	22	14	24	7	15	41	3	17		5	14			4	25
	%	112	100	93	96	70	103	102	104	80	100	82	96	87	83	141	30	94		166	127	103	↑	33	49
6	Si.	35	18	28	23	34	26	38	26	33	24	15	24	9	15	38	2	14			11			4	33
	%	109	100	87	82	85	96	100	118	80	109	88	96	112	83	131	20	77		183	100	94	29	33	64
	C.	32	18	32	28	40	27	38	22	41	22	17	25	8	18	29	10	18		3	5	→		12	51
	%	100																					100	100	
8	D.	36	16	31	31	36	26	40	17	39	20	16	18	9	8	40	7	14		3	5			7	30
	%	102	88	91	96	92	104	107	100	95	90	88	85	100	61	105	140	107		75	100	96	↑	26	34
	Si.	37	17	30	32	38	29	39	17	35	19	16	17	7	3	42	6	14		4	8			6	40
	%	105	94	88	100	97	116	105	100	85	86	88	80	77	61	110	120	107		100	160	98	43	20	45
12	C.	35	18	34	32	39	25	37	17	41	22	18	21	9	13	38	5	13		4	5	→		30	88
	%	100																					100	100	
	D.	32	18	25	27	34	28	37	17	30	19	14	17	7	14	37	3	15		6	13			3	21
	%	96	90	80	87	85	100	102	77	75	86	77	70	111	87	102	50	115		150	118	92	60	11	41
12	Si.	32	16	25	24	32	27	37	17	30	18	13	19	7	13	36	6	14		4	9			4	25
	%	96	80	80	77	80	96	102	77	75	81	72	79	111	81	100	100	107		100	81	88	↓	15	49
	C.	33	20	31	31	40	28	36	22	40	22	18	24	6	16	36	6	13		4	7	→		26	51
	%	100																					100	100	
12	D.	36	18	30	27	32	25	35	20	37	15	13	19	7	11	37	8	13		3	8			6	26
	%	94	94	88	77	88	104	87	100	92	71	61	95	100	100	97	133	108		100	100	94	49	25	44
	Si.	36	17	31	31	30	28	38	17	34	21	15	17	6	13	40	6	17		3	11			4	21
	%	94	89	91	88	83	116	95	85	85	100	71	85	85	118	105	100	141		100	137	98	↓	16	36
12	C.	38	19	34	35	36	24	40	20	40	21	21	20	7	11	38	6	12		3	8	→		24	58
	%	100																					100	100	

Notes: Numerals show the total of 5 principal parts such as root, base of stock, stem, leaf blade and leaf sheath of rice plants.

※ Caused only by physiological and morphological drought.

* The weight of dry matter.

一般に Al, Fe, Ca, Na, Ti, Mn, Ba, Zr, Ni, Sn, 等は湛水区に於ける吸収量多く, K, Mg, P, Cu, Pb, Be, Ag に於ては却つて旱魃区に多い。

Si の施用は第2報で報告したように根の発達が著しかつたのであるが, 本成績では特に Si の吸収を顕著にしてはいないが, Al, K, Ti, P, Ba, V, Cu, Pb 等は旱魃区よりも吸収が多くなっている。之を以つて見れば恐らくは Si の施用は根の生育に必要な元素の吸収を助長するものと見られる。

以上は総合的な結果に就いて述べたが, 更に品種間差異, 特に耐旱性, 耐病性について述べることにする。

〔耐旱性〕 品種間の耐旱性については第1報に於て詳しく述べた如く, 生理形態的耐旱性と, 旱魃が誘因となつて起る病害とを区別しなくてはならないが, 生理形態的耐旱性を無被害茎の減収率を以つて現わし, 第1報の成績によつて本実験に供用した5品種間の生理形態的耐旱性の程度を比較すると中生旭 29%, 東山 38号 31% で最も強く, 陸稲 43%, 農林糯5号 44% で次に位し, 千本旭 60% で最も弱い。今各元素の吸収を標準と旱魃及旱魃珪酸加用の区に就いて比較するため便宜上第1表を品種別に取纏めると第4表の如くである。第4表に見られる如く一般に耐旱性の弱いものは旱魃状態に於いて元素の吸収が悪く, 殊に重要元素を含む Clark number 上の上位の群に於て其の傾向が顕著である。この関係を各元素の指数(%)の平均値で比較すると, 千本旭では標準湛水区が他2区に比べて吸収が最もよいが, 旱魃区では吸収が悪い。

之に対して農林糯, 陸稲では旱魃区が幾分標準区に接近している。然るに東山 38号, 中生旭区は元素の吸収が標準湛水区より遙に多く1割弱の増加を示している。

品種間の旱魃状態に於ける元素吸収の多少は完全に生理形態的耐旱性と一致し, 品種の耐旱性は旱魃状態に於ける元素の吸収能力に関係すると云うことができる。(この際元素の吸収と収量(地上部風乾重, 穂風乾重)とは必ずしも一致しないのは病虫害その他の要素に依つて影響されるからであること勿論である)。

次に耐病性に就いて検討することとする。

〔耐病性〕 該年度は pot 試験であつたために不幸にして病害の発生を見なかつたので第1報に述べた成績と対比して見よう。第1報での成績によつて供用5品種の穂頸イモチに対する耐病性指数を比較すると東山 38号 (3.1) 最も強く, 千本旭 (2.7), 陸稲 (1.5), 中生旭 (1.3), 農林糯 (0.9) の順である。今之を第5表によつて, 本成績に於ける元素吸収の指数(%)の平均値と対比して見ると, 千本旭を除いては完全に一致することが認められる。

Table 5 Relation between metallic elements and the panicle-neck rice blast.

Pot expt.

Variety	Si	Al	Fe	Ca	Na	K	Mg	Ti	Mn	P	Ba	Zr	V	Ni	Cn	Sn	Pb	X B	Be	Ag	Av	Index by Panicle- neck rice blast ✱
2 %	7.03 100	0.05	5.76	6.37	3.36	3.38	3.27	6.3	4.7	3.3	2.3	0	2.0	7.7	1.0	3.3	×	0.7	3.7	→	3.1	
4 %	6.72 95	0.04 66	4.74 82	3.37 68	7.06 95	6.38 100	8.03 96	3.3 122	6.7 106	5.0 106	2.3 69	5.0 217	0.7	4.7 235	7.7 100	0 0	3.0 90	4	0 0	3.3 89	92	1.3
6 %	7.32 104	0.05 90	5.76 100	6.37 100	7.06 95	6.38 95	8.03 96	2.3 85	6.3 100	4.3 91	3.0 90	3.0 130	0	2.0 100	7.7 100	0.3 30	3.0 93	×	0 0	3.7 100	92	1.5
8 %	6.02 85	0.04 66	4.35 77	5.07 79	7.06 95	6.38 100	8.03 96	2.3 85	6.0 95	4.0 85	2.3 69	2.7 117	0	2.3 115	7.3 94	0 0	3.0 90	3.3	0 0	3.7 100	93	2.7
12 %	7.02 100	0.04 76	3.34 77	3.70 111	7.06 95	6.38 100	8.02 96	2.0 74	7.3 115	4.0 85	3.0 90	3.0 130	0	1.0 150	7.3 94	1.3 130	2.3 69	×	0 0	3.3 89	90	0.9

Notes: Numerals show the averages of those in 3 treatment test lots.

* Index means: —disease panicle weight percentage for control disease stem number percentage.

そこで千本旭であるが, 本品種は普通状態では必ずしも耐病性は弱くはないが, 甚しい旱魃状態に於ては著しく耐病性を減ずる品種である。1948年度の本研究の第1報に示した成績は適度に降雨があつて甚しい旱魃ではなかつたが, 1949年度の pot 試験では出穂が順調を著しく欠いた程度の強い旱魃であつたためにこのような不一致が現われたものと思われる。

以上を要するに穂頸イモチに対する耐病性は穂頸に吸収蓄積せられる各金属元素の量の多少に関係すると考えてよいようである。従来穂頸イモチは穂頸に蓄積せられる Si が重要な関係を持つと云われているが, 本成績では其の関係が明瞭に示されていない。

勿論穂頸に於ける珪質化は直接菌の侵入を防止するので関係はあるであろうが, それ以上に其の他各元素の吸収蓄積が重要ではあるまいかと考えられる。

(以上は pot 試験に就いての結果であつたが, 圃場試験に就いても資料不足の憾があつたが大體に於て同一の傾向が見られた。)

考 察 以上の結果に就いて少しく考察を加えることとする。

1. 従来 Fe, Ca, Mg, K, P が植物の重要金属元素であることは明かにされているところであり, Mn も亦最近の研究によつて微量必須とされるに至っていることは周知の通りである。然し Cu は現在未だ其の生理作用は不明で必須元素と見られていないが, 本成績に示す如く他の必須元素と同様に体の各部に多量に存在するところを以つて見れば, Cu も亦稲の生育に対して必須元素でないまでも稲の生理に何等かの重要な役割をなしているものではないかと考えられる。

2. 根に於ける元素の分布は土壌中のそれに類似し, 茎の地下部はその次に位し, 地上茎, 葉鞘, 葉身と次第に類似度を減じている。即ち必須元素中の Fe, Ca, Mn, P 及補助元素中の Al, Ti, Ba, Zr, V, Be は根に最も多く, 次で茎の地下部に多量に含有されている。

殊に後者の Al 以下の元素が他の稲の体の部分には僅かしか存在していないにも拘らず, 特に根及茎の基部に多く存在することは, 土壌中の金属元素の分析成績とも併せて考えると, Fe 以下元素が稲の養分吸収の機構に関して重要な意義を有するものではないかと考えられる。

3. 玄米に於て K, Mg は稲体の他の部分より遙に多く含有せられているが, このことは之等の元素の幼植物に於ける生理的な意義を示すものである。特に Mg については未だ其の作用が明瞭ではないが, このことは Mg の生理的意義の一つの暗示を与えるものである。

4. 品種の耐旱性の強弱が旱魃状態に於ける特殊の元素の吸収の良否と正比例すると云う事実は, 稲のみでなく植物の耐旱性の生理的機構の一端を明かにしたものと考えられる。即ち旱魃区で Fe, Ca, P 等の重要元素の吸収が耐旱性の弱い品種に於て少いことは注意を要する。

5. 品種間に於ける穂頸イモチの耐病性の強弱も, 大体穂頸に於ける元素蓄積の多少に関係する。

然しこの元素の吸収蓄積の意義が細胞を機械的に強化することに役立つているのか, 或は又生理的意味に於てであるかは本研究では未だ明かでない。今後の研究に俟つべきものである。(文献省略)

STUDIES ON THE ANALYSIS OF DROUGHT DAMAGE ON PADDY RICE PLANTS.

(III) Metallic Elements and Drought Resistance.

M. MINABE (University of Fukui)

Summary In 1950 spectro-analysis was carried out to the plants and soil in the experiments of the previous year. (Cf. the secondary report.)

The results are summarized as follows:

1. Parallel relation was recognized between the drought resistance and the volume of the particular metallic elements absorbed in drought condition.

Especially in nondrought-resistant varieties, important metallic elements such as Fe, Ca, P, etc. were detected less in the drought condition.

2. Almost the same results were obtained as for the disease resistance to the panicle-neck rice blast.

3. "Cu" element seems to play some important physiological parts of a rice plant as well as other essential elements, recognizing the fact that it was contained considerably in every part of a rice plant like essential elements.

4. Metallic elements were contained most abundantly in roots and next in underground stems as follows; essential elements—Fe, Ca, Mn, P and complementary elements—Al, Ti, Ba, Zr, V, Be.

Especially the latter elements were contained more in roots and bases of underground stems than other parts.

By this fact those elements seem to play some important parts as for absorption of nutrients of rice plants.

5. In unpolished rice kernels "K" and "Mg" elements were contained conspicuously more than in other parts of rice plants.

This fact suggests that those elements have important physiological meanings in young rice plants.