

# 火山灰土壌における畑作物の稔実障害に 関する研究 (第1報)

冬作物の稔実障害の原因と対策について

川 俣 稔・高 島 三 郎

## I 緒 言

農業生産力の向上をはかることはきわめて重要な課題であり、その一方法である土壌生産力の増強策として大型トラクターによる畑地の深耕、すなわち土層改良事業が各地において行なわれている。

この動きに呼応してかなり多くの深耕についての試験研究が行なわれつつあるが、その効果については土性、土質あるいは栽培条件などの差異によって必ずしも同一ではない。

筆者らも畑深耕に関する一連の試験研究を行なって来たが、深耕効果あるいは深耕の逆効果を解析するためには、深耕される層位別土壌の特性および作物への作用特性などについて、明確には握ることが重要であると考へて、大麦を供試して層位別土壌を用いて三

要素試験を行なった。

その結果、関東ロームに属する褐黄色土壌の各区とも、ほとんど全面不稔に近い稔実障害が認められた。

この現象の発現は畑深耕技術確立上において最大の阻害要因になるものと考え、続いてこの不稔現象の原因の究明と対策について試験を展開して来たが、その目的をほぼ達成し得たのでここに報告する。

なお、化学分析の実施にあたり、農林省農事試験場畑作物畑土壌肥料研究室各位から多大の御指導を賜わったことを深謝するものである。

## II 試 験 方 法

供試土壌は当分場内の未耕土を用いたが、いずれも洪積火山灰土壌であつて、その一般的化学性については第1表に示すとおりである。

第1表 供試原土の一般的化学性

土層別	項目採取土壌の深さ	P H (H <sub>2</sub> O)	置 換 度 (y <sub>1</sub> )	T-C	T-N	N/5 HCl 可 溶 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	塩 基 置 換 容 量	置 換 性 塩 基			A1 (4.8BU-fer)
								CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	
第 I 層	5~15 cm	5.8	0.82	5.18 %	0.51 %	4.48 ml	48.94 me	8.27 me	0.33 me	0.57 me	25.98 mg
第 II 層	20~30	5.5	0.70	5.52	0.46	2.46	48.71	3.94	tr	0.54	41.90
第 III 層	100~120	5.9	0.19	1.06	0.15	1.57	33.21	5.37	tr	0.32	48.91
混 層	0~60	5.4	0.56	5.59	0.42	1.87	39.64	4.15	tr	0.55	45.45

(乾土 100 g 当り)

すなわち、第 I 層土壌は赤城火山系抛出物を主とする鹿沼系の黒色壤土である。この土壌は普通耕の場合には作土層に相当し深さ20cm内外までに分布するものであるが、供試土壌は5~15cmの深さのものを採取した。

第 II 層土壌は第 I 層土壌の未風化のものであり、地表下45cm程度までの深さに分布するが、化学性は第 I 層土壌に比して劣悪である。供試土壌は深さ20~30cmのものを採取した。

また、第 III 層土壌は関東ロームに属する褐黄色の埴質壤土であり、地表下 200cmまでに分布するが、土壌の化学性については第 II 層よりもはるかに劣悪である。供試土壌は地表下100~120cmのものを採取した。

本試験はすべて<sup>1</sup>/<sub>2000</sub>アールWAGNER氏Potを用い、2区制とし、ガラス室内で行なった。

1960年においては、第 III 層土壌の P H (H<sub>2</sub>O) を沈降性炭酸カルシウムを用いて6.8に規制し、施肥量と大麦の稔性ととの関係試験および第 III 層土壌の P H (H<sub>2</sub>O) を N/10HCl および沈降性炭酸カルシウムを用いて4.0~7.5の7段階に分け、土壌酸度が大、小麦の稔性に及ぼす影響について験知した。

さらに第 I 層並びに第 III 層土壌を P H (H<sub>2</sub>O) 6.8 に矯正した後、各種の微量要素加用区を設け、これが大、小麦およびCOの稔性に及ぼす影響についても検討を行なった。

翌1961年においては、第 I~III各層土壌に対する礫

砂の加用量と大、小麦並びにCOの稔性との関係について験知した。

また、大麦とCOについて人工授粉による稔性調査を行なうとともに、供試各層原土並びに第Ⅲ層土壤大麦跡地土壤、大麦の地上各器官別硼素の分析をクルクミン法によって行なった。

なお、供試作物の品種は大麦は栃木関取1号、小麦は農林61号、COはCO3号であり1 Pot 当りの栽植密度は2株ずつとした。

### Ⅲ 試験結果

#### 1. 第Ⅲ層土壤における大麦の生育と不稔現象の概要

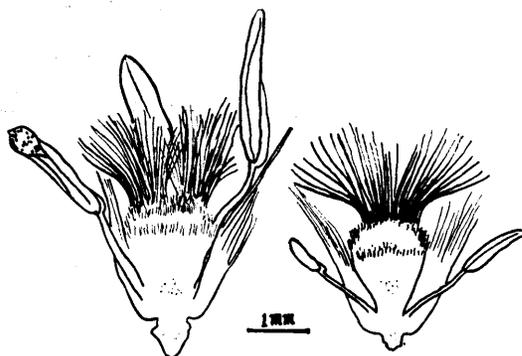
1959年に行なった層位別土壤の三要素試験では、第Ⅲ層土壤区における大麦の生育は草丈、分けつともに第Ⅰ層および第Ⅱ層土壤区よりもきわめて旺盛であったが、生殖生長とくに節間伸長期以後における稈の伸長速度がおくれ、穂首は止葉の葉耳からの抽出が不十分で、いわゆる穂の「出すくみ」的現象が認められた。

このことは、穂首からの第1節間長が第Ⅰ、Ⅱ層土壤区のものにくらべて著しく短小となっているためであり、続く第2節間長もやや短小であった。

さらに止葉の葉耳から抽出できた穂といえども、その抽出程度は第Ⅰ、Ⅱ層のものよりもかなり短くなり、穂長も短いが、稔実粒は穂の下部だけに稀にみられ、その他の穎花はすべて不稔となった。したがって穂全体からみるとほとんど全面不稔の様相を呈するものである。

このように不稔現象を生ずる大麦の穎花にあって

は、上部節位の穎花ほど發育不全を示し、花糸は伸長せず、葯が小さく開葯能力を欠いている。(第1図参照)



第1図 第Ⅲ層土壤に対する硼砂加用無加用区間における大麦小花の比較  
左加用区の正常小花・右無加用区の異常小花

さらに花粉細胞を鏡検すると内容物のみられないものがきわめて多い。この不活性花粉は下部第2小穂節位から上部節位のものほど多いなどの特徴が認められた。

#### 2. 第Ⅲ層土壤の酸度と大、小麦の稔性との関係

大麦区においてはPHの高低いずれの区においても、穂首が止葉の葉耳から抽出せず、稔実粒数歩合もわずか0.2~4.7%にすぎず、全面不稔の現象を呈したことは第2表に示すとおりである。

第2表 第Ⅲ層土壤における酸度の変化と大、小麦の生育および稔性との関係

作物	項目	PH (H <sub>2</sub> O)							
		4.0	5.0	5.5	6.0	6.5	6.8	7.5	
大麦	稈 長(cm)	—	45.0	39.4	57.8	60.6	58.6	54.9	
	穂 数/株	—	5.5	4.0	11.0	13.5	15.0	12.3	
	穂 長(cm)	—	3.7	2.9	2.9	2.6	2.2	2.3	
	穂首抽出長(cm)	—	-2.5	-2.6	-0.4	1.0	-0.9	-1.1	
	穎花数/株	—	296	190	519	554	535	471	
	稔実粒数歩合(%)	—	4.7	0	0.2	0.2	0	0	
	遅発穂数率(%)	—	9.1	0	0	2.2	18.7	20.3	
	稈 重(g)	—	7.6	5.2	18.2	20.7	21.9	22.5	
小麦	穂 数/株	1.0	3.5	4.5	5.3	3.5	5.0	8.0	
	穂 長(cm)	3.6	9.3	9.4	10.2	10.1	10.6	10.6	
	穂首抽出長(cm)	0.2	12.9	14.7	16.5	15.1	14.0	14.5	
	穎花数/株	11	228	252	302	157	315	549	
	稔実粒数歩合(%)	9.2	49.6	53.1	55.3	51.2	63.4	59.7	
	穂 重(g)	0.2	4.5	5.0	7.8	3.6	10.1	16.8	
	稈 重(g)	0.2	3.9	4.6	5.9	3.7	7.1	10.8	

- 注) 1. 穂首抽出長：穂首節から止葉葉耳までの長さ(以下同様)  
2. 稔実粒数歩合：稔実粒数 / 総穎花数 × 100 (以下同様)

一方、小麦区にあっては大麦区で認められた穂の出すくみの現象は各PH区とも認められず、稔実もPH 4.0区を除いてほぼ正常であったことは稔実粒数歩合からも十分にうかがわれる。

これらのことから、第Ⅲ層土壌において小麦の場合

は全面不稔現象がみられず、大麦のみにこれがみられたことは明かに作物種類による相異であって、興味あるものと思われる。

3. 3要素、堆肥、木灰の施用と大麦の稔性との関係  
このことについては第3表に示したとおりであり、

第3表 第Ⅲ層土壌における三要素各成分の増施、堆肥、木灰加用と大麦の生育および稔性との関係

区名	項目	穂の太さ	穂数 / 株	遅発穂 数発生率 %	穂首の 抽出長 cm	穂首節からの節間長 (cm)				稔実粒 / 株	稔実粒数 歩合 %	稈重比 %
						1	2	3	4			
標準	mm	4.6	12.5	4.0	-1.6	12.9	11.4	10.3	8.4	0	0	100.0
堆肥加用	mm	4.5	8.5	3.6	-2.1	9.9	10.7	8.2	8.8	0	0	73.3
2 N	mm	4.6	8.0	22.5	-3.0	10.0	9.7	10.2	9.9	1	0.2	66.0
2 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	mm	4.2	24.0	4.2	-0.7	14.0	13.0	13.4	11.4	34	3.4	195.8
K <sub>2</sub> O 多量	mm	4.6	12.8	0	-1.5	12.9	12.0	10.1	9.0	7	1.8	110.5
木灰加用	mm	5.1	12.8	0	1.8	17.6	10.0	8.7	9.2	291	37.2	94.2

注) 標準区：N1.5 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>25K<sub>2</sub>O 2.5g/Pot, K<sub>2</sub>O多量区：K<sub>2</sub>O8.0g/Pot, 堆肥加用区：堆肥 80g/Pot, 木灰加用区：木灰50g/Pot

堆肥の加用やNおよびP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>の倍量施用およびK<sub>2</sub>O多量の施用でも穂首の抽出は十分でなくしかも稔実粒数歩合が示すとおり、やはり全面的な不稔現象がみられた。

これに反して、木灰加用区では穂首からの第1節間長が著しく長大になって、穂首の抽出もほぼ正常であり、稔実粒数歩合も37.2%を示し、かつ稔実粒数も他区に比してきわめて増大した。

以上のことから、第Ⅲ層土壌における大麦の全面的

不稔現象を解消するためには、単なる3要素成分の増肥あるいは堆肥加用のみでは効果なく、木灰加用によって大きな効果が認められるものである。

したがって、木灰加用の効果は加里質肥料としての効果ではなくて、その他の成分、すなわち木灰が含む微量要素成分の何かが大麦の稔性を大きく支配するものと考えられた。

4. 第Ⅲ層土壌に対する各種微量成分の加用と大麦およびC Oの稔性との関係

第4表 第Ⅲ層土壌に対する微量要素の加用と大麦の稔性との関係

区名	項目	出穂期 月日	穂数 / 株	穂長 cm	稈長 cm	穂首の 抽出長 cm	穂首からの節間長 (cm)			穎花 総数/株	稔実 粒数/株	稔実粒 数歩合 %
							1	2	3			
第Ⅰ層土壌無加用		4.26	14.3	3.6	56.9	5.2	20.1	10.2	9.0	836	477	57.6
第Ⅲ層 "	"	5.1	11.3	2.5	52.8	-2.0	12.3	11.1	10.8	412	0	0
" 硼砂 30mg / Pot 加用		4.26	7.8	3.8	61.2	4.6	19.7	11.0	9.0	474	228	48.1
" 50 "		4.24	11.0	3.9	63.7	2.7	18.2	10.9	10.1	627	357	56.9
" 100 "		4.27	8.0	4.1	58.8	3.7	18.5	9.8	8.3	488	315	64.8
" 硫酸マンガン 7g "		5.2	12.0	2.0	55.0	-1.0	11.2	11.0	10.4	313	0	0
" 炭酸マグネシウム 5g "		"	11.0	2.1	58.8	-0.4	13.4	11.1	9.2	319	2	0.6
" 硅酸カルシウム 10g "		4.30	14.8	2.4	59.0	0.6	13.3	11.0	10.6	477	4	0.7
" 硫酸第一鉄 50g "		5.2	7.0	2.2	56.4	-1.3	12.2	11.3	9.7	213	1	0.2
" 硫酸アエン 30mg "		"	12.3	2.1	58.6	-1.4	13.6	11.3	10.1	396	1	0.1
" 硫酸銅 50mg "		5.6	9.5	2.2	53.2	-0.9	11.7	11.2	8.5	234	0	0
" 三酸化モリブデン 20mg "		5.2	13.5	2.5	57.4	-0.6	14.2	11.9	10.4	449	11	2.2
" 総合(ただし硼砂は50mg)		4.26	7.5	3.8	61.4	4.2	19.3	10.2	9.3	435	279	64.3

注) 三要素施用量は第3表に同じ。  
 供試硼砂のB含量: 11.35% (以下同様)

大麦に全面的不稔現象を生ずる第Ⅲ層土壤に、第4表に示すとおり、8種類の微量元素を添加したところ、硼砂加用区および微量元素総合加用区では穂首が止の葉耳から十分に抽出し、穂も長大となり、さらにその稔性も正常であって、その稔実粒数歩合は第Ⅰ層土壤区と同等あるいはややすぐれる結果が認められ

た。また、硼砂加用区間では硼砂加用量の多い区ほど稔実粒数歩合が高かった。しかし、その他の微量元素加用区では、ほとんど全面的な不稔現象がみられた。

大麦に準じて十字花科作物であるC Oと小麦についても硼砂30mg加用区を設定して検した結果は第5表のとおりであった。すなわち、C Oにおいては硼砂無加

第5表 第Ⅲ層土壤に対する硼砂の加用と小麦およびC Oの稔性ととの関係

作物	項目 区名	出穂期	稈長	穂長	穂数 /株	穂首 抽出長	穂首からの節 間長 (cm)			一株当り		稔実粒 数歩合	稈重 /株
							1	2	3	穎花数	稔実 粒数		
小麦	第Ⅰ層土壤無加用	月日 4.24	cm 70.2	cm 8.8	本 6.3	cm 12.1	26.8	18.1	10.8	347	201	% 58.3	g 4.2
	第Ⅲ層 // //	//	// 76.9	// 9.2	// 3.8	// 11.3	22.4	21.3	14.4	185	79	42.7	4.3
	// 硼砂 30mg 加用	4.21	79.4	10.0	6.8	13.9	30.0	24.7	13.6	398	183	46.0	8.5

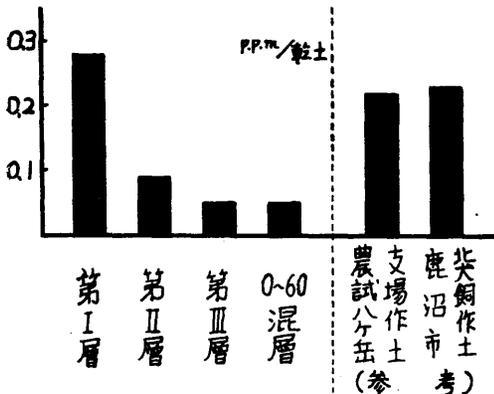
C O	項目 区名	開花始	成熟期	莖長	穂長	一次 分枝	総分 枝数	稔実 莢数	稔実重 g	一莢当 り稔実 粒数	稔実 粒重/株 g
第Ⅲ層 // //	4.14	—	140.7	—	11	103	0	68	0	0	
// 硼砂30mg加用	4.9	6.5	189.4	84.7	7	14	404	67	21	18.6	

用区では全面不稔の現象がみられたが、硼砂加用区では第Ⅰ層土壤にまさる生育収量が認められた。小麦区においても硼砂加用の効果が認められた。

以上のことから、第Ⅲ層土壤は硼素欠乏土壤であることが推定され、硼素が大麦はじめC O、小麦の稔性に深い関係を示すことが判断されるに至った。

5. 供試土壤並びに供試大麦各部位の硼素含量

供試層位別原土の水溶性硼素含量については第2図に示したとおり、深層土壤ほど水溶性硼素含量の著し



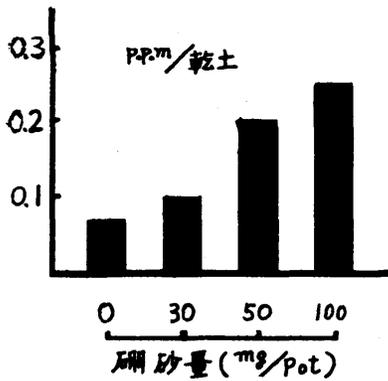
第2図 供試原土の水溶性硼素

い減少がみられた。また、大型深耕トラクターによる60cm耕を想定した0~60cm混層区の水溶性硼素含量の減少はきわめて大きく、第Ⅲ層土壤と同等値を示したことは注目すべきである。

さらにこれをアルファルファに著しい硼素欠乏症状が報告されている農事試験場八ヶ岳支場の黒色火山灰土壤の作土に比較すると、当分場の第Ⅰ層土壤は乾土当り0.28p.p.mで、やや大きい、第Ⅱ層土壤では0.09p.p.m、第Ⅲ層土壤にあっては0.05p.p.mでともにきわめて少ない。なお、大型トラクターによる60cmの土層改良(深耕)事業が現実に進められている鹿沼市北犬飼地区の黒色火山灰土壤の作土層の水溶性硼素含量は0.23p.p.mで八ヶ岳支場のものと大差がない。

これらのことから、第Ⅱ~Ⅲ層土壤は硼素欠乏土壤であり、とくに第Ⅲ層土壤での硼素欠乏はきわめて著しいことが知られた。

つぎに前項で記した第Ⅲ層土壤に硼砂を1 Pot当り30, 50および100mg加用し、大麦を栽培した跡地土壤中の水溶性硼素含量を示すと第3図のとおりであり、硼砂の多量加用区ほど多い傾向がみられた。この場合硼砂50mg以下の加用区ではその跡地の水溶性硼素含量は乾土中0.2 p.p.m以下となり、いわゆる硼素欠乏土壤になることが前掲第2図からみても容易に理解される。

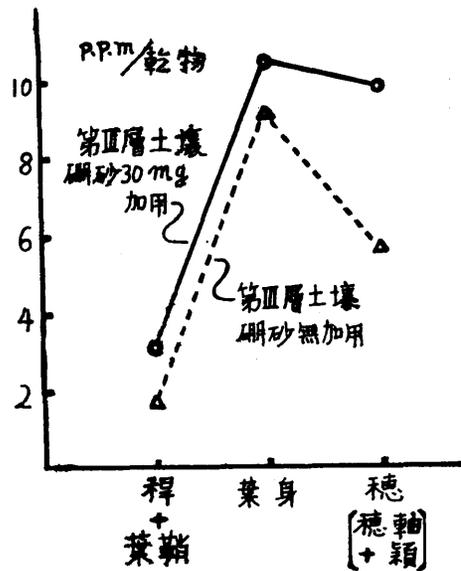


第3図 大麦跡地土壤（第Ⅲ層）の水溶性硼素

このことから、第Ⅲ層土壤に硼素を加用することによって、その硼素は作物体に吸収され、大麦の稔性向上に役立つものであるが、大麦地上部各器官別の硼素含量についてみると第4図のとおりであった。

すなわち、葉身部の硼素含量が最も多く、ついで穂部が多いが稈+葉鞘部はきわめて少ない。硼砂加用および無加用区間では前者の硼素含量が後者に比して各器官を通じて多かったことは当然であるが、器官別の硼素含量についてみると、穂部において硼素加用による増大が最も顕著であった。

したがって、大麦における硼素の要求度合は作物体の生長点すなわち幼穂形成期後には穂部において大きく、このことが稔性に強く影響するものと考えられる。



第4図 供試大麦各部位の硼素含量

6. 硼素欠乏土壤における大麦並びにC Oの花粉稔性

前記のことから、当分場の第Ⅲ層土壤は明らかに硼素欠乏土壤であることが断定できたので、つぎに第Ⅲ層土壤において、硼素加用および無加用の両区を設定し、供試作物として大麦と硼素欠乏症状が発現しやすい十字花科作物のうちC Oを選び、それぞれの花粉稔性について調査した。

この調査方法は第6表のとおり人工授粉法によったほか、大麦花粉については検鏡調査法を採用した。

第6表 人工授粉による稔性調査成績

作物別	組 合 せ				交 配 花 数	稔実粒 又は英数	稔 実 粒 又は英数 歩 合
	♀	×		♂			
大 麦	第Ⅲ層土壤硼砂0 mg × 第Ⅲ層土壤硼砂30mg 加用				82	71	87%
	// × // 硼砂0 mg				42	6	14
C O	//	//	30mg ×	// // 30mg	30	24	80
	//	//	// ×	// // 0 mg	23	18	78
	//	//	0 mg ×	// // 30mg	29	0	0
	//	//	// ×	// // 0 mg	27	0	0

第6表の成績が示すとおり、大麦にあって硼砂無加用区間の稔実粒数歩合はわずか14%だったが、硼砂無加用区のものに硼砂30mg加用区の花粉を授粉させた場合、実に87%という高率の稔実粒数歩合を示した。このことから第Ⅲ層土壤の大麦における全面的な不稔現象は花粉稔性が著しく低く、いわゆる雄性不稔であるこ

とが明瞭には握された。この場合、穂部の小穂穎花並びに花器は發育不全で花糸の伸長が不良で開花後における葯の穎外への突出はみられなかつたほか葯が小さくしかも開葯能力を欠き、花粉のほとんど全部が不活性花粉であった。

これらの現象は穂部の最下小穂節位のもの大部分に

認められたが、第2小穂節位より上部のものは全穎花とも明瞭に認められ、その程度は穂の先端部ほど甚しかった。

これに対してCOの場合は、大麦とは全く正反対の現象がみられ、硼素欠乏土壤に栽培されることによって、花粉は活性をもち正常であるが、雌器が不全となり稔性を欠くため不稔現象を呈することが認められ

た。すなわち、硼素欠乏により、大麦では雄性不稔であるのに反してCO(十字花科作物)では雌性不稔であることを知った。

7. 各層土壤別、作物別加用

硼砂の適量について(第7表参照)

(1) 第I層土壤

この原土の水溶性養素含量は乾土当り0.28p.p.m程

第7表 各層土壤に対する硼砂加用量と作物収量との関係

作物別	層位別 土壤	硼砂 加用量	稈長 又は草丈	穂長	有穂 又は分 枝	効 率 総 数 本	一穂当り		一株当り		
							粒数	粒重	稈重	粒数 又は 実数	粒重
大麦	I	0	64.4	3.8	13.5	46.7	1.56	17.9	631	21.1	
		10	65.4	4.0	14.5	51.1	1.54	17.8	741	22.3	
		30	69.6	4.2	14.0	52.1	1.51	17.4	730	21.2	
	II	0	63.3	3.5	12.8	18.8	0.64	17.8	241	8.2	
		10	65.8	3.9	13.0	37.5	1.18	15.4	487	15.3	
		30	66.2	4.3	12.5	55.8	1.47	16.0	697	18.4	
	III	0	63.6	3.5	15.3	13.1	0.46	34.7	200	7.0	
		10	63.3	4.1	13.8	52.4	1.63	19.0	723	22.5	
		30	70.7	4.3	14.0	56.1	1.72	19.9	786	24.1	
		50	75.0	3.9	15.8	52.8	1.69	21.8	835	26.7	
		70	71.2	4.0	13.0	51.2	1.53	17.8	665	19.9	
	0~60 混層	0	69.3	3.3	13.5	20.8	0.70	20.6	281	9.4	
		10	68.4	3.8	11.0	39.7	1.33	15.9	437	14.6	
		30	65.2	4.3	14.3	53.5	1.50	17.4	765	21.5	
	小麦	I	0	72.9	9.9	11.3	41.4	1.40	14.6	468	15.8
10			74.6	9.7	12.3	42.4	1.41	16.0	521	17.4	
30			76.2	9.9	11.8	49.9	1.53	17.1	589	18.0	
III		0	81.2	10.1	21.0	37.0	1.26	30.8	776	26.4	
		10	80.3	10.3	18.5	42.6	1.42	29.3	789	26.3	
		30	85.1	10.2	19.0	37.5	1.35	30.7	712	25.7	
		50	85.9	10.6	18.8	38.0	1.31	32.0	715	24.6	
CO	I	0	26.9	—	20.5	—	—	—	258	8.7	
		10	27.2	—	15.0	—	—	—	246	9.9	
		30	29.8	—	14.0	—	—	—	275	15.0	
	III	0	21.1	—	55.8	—	—	—	30	0.9	
		10	23.5	—	27.0	—	—	—	157	4.6	
		30	27.3	—	12.5	—	—	—	251	14.5	
		50	28.3	—	14.3	—	—	—	226	14.0	
		70	28.4	—	12.0	—	—	—	233	12.0	

注) COの総分枝は10cm以上の分枝の総数を示す。

度で、通念的には硼素欠乏土壤とはいえないが、CO(十字花科作物)では硼砂30mg加用の効果は最も明瞭であり稔性が高まることによって稔実英数の増大と稔

実粒重の著しい向上が認められた。したがって、第1層土壤にこれを栽培する場合はアール当り60g程度の硼砂加用が適当と思われる。

## (2) 第Ⅱ層土壤

供試作物は大麦のみであるが、硼砂加用量の多い区ほど生育が良好となり、一穂当りおよび一株当り粒数が増大し粒重の増大もまた大きかった。このことから加用すべき硼砂の適量は 1 pot当り30~50mg, アール当り60~100gと考えられる。

## (3) 第Ⅲ層土壤

大麦ではpot当り70mgでは硼素がやや過剰気味となり、生育および子実収量ともに問題があるので30~50mg, アール当り 60~100g程度の硼砂加用が適量のようなのである。

また、小麦では硼砂加用の効果はほとんどみられなかった。COの場合の硼砂加用の適量は Pot当り 30~50mg, アール当り 60~100g程度で大麦とほぼ同量と思われる。

## (4) 0~60cm混層土壤

供試作物は大麦のみであり、硼砂加用量も30mgまでであり、その生育および子実収量は30mgが最もすぐれた。しかしながら、この混層土壤の水溶性硼素含量は前掲(第2図)のとおり第Ⅲ層土壤と同等できわめて過少であることから、加用硼砂の適量は 1 pot当り30~50mg, アール当り 60~100g程度と考えられる。なお、この混層は大型トラクターによって土層改良事業として現に行われているので、この程度の硼砂加用は早急に普及に移すべきものとする。

以上のことから、当分場の第Ⅰ~Ⅲ層とはほぼ共通の土層断面を有する耕地面積は本県の中南部畑地帯のうち約1万ヘクタールを占めているので、当該地帯における硼素の加用はきわめて重要課題であると思われる。

## 考 察

十字花科作物の不稔現象とその対策に関する研究報告は極めて多数あげられ、その原因のほとんど大部分が硼素欠乏によるものである。

これに対して麦類についての不稔現象に関する報告は比較的少ない。

稈麦の枯れ熟れは西南暖地に多発しているが、これは不稔というよりも登熟期間における白穂の発生による登熟阻害的現象であり、古川氏ら(1961)はNに比してK<sub>2</sub>Oの施用量比が大きい場合(N1:K<sub>2</sub>O4.33)や木灰、水耕液の加用によって変色根の発生はみられなかったことを報告した。<sup>9)</sup>

皮麦の不稔については木根渕氏ら(1957・58)は大麦の下部不稔を認め、この原因は止葉の出葉始から展開期にかけての同化作用や養分吸収の阻害により下部小穂が発育不良になるので、この時期のN追肥は極めて有効であると報じた。<sup>14)15)16)</sup>

ビール麦の不稔の原因については、山本正氏(1955)

は葯の裂開機能の強弱に左右される不授粉にもとづくものであり、この生起条件は花粉数が少なく、花粉も小さくしかも花粉の運動量も小さいことを指摘した。この現象は晩播条件下のものほど多くみられ、残存秋播性が関与する場合は栄養生長と生殖生長との不均衡が原因して転流効率の低下によって開花に要するエネルギー供給が不十分のため開花機能を低下させ、葯の不裂開や花粉飛散の不能を来し、不授粉となって不稔が発生すると考察した。<sup>29)30)</sup>

しかし山本満二郎氏(1960)はビール麦の不稔は硼素欠乏によって生起し、硼素加用によって解消することを報告した。<sup>28)</sup>

また、馬場氏(1953)は水耕試験において、硼素欠乏により大麦の全面不稔が生起すると報じた。

筆者らは当分場内の第Ⅲ層土壤が大麦の全面的な不稔現象を生ずることを認め、この原因の究明と対策についての研究をすすめて来たが、土壌酸度をPH4.0~7.5に変えても大麦の不稔は解消できなかった。なお、小麦においては大麦にみられるような不稔は全然認められなかった。ここで得られた現象は相見氏ら(1954)<sup>1)</sup> 出井氏ら(1955)<sup>10)</sup>や高橋氏(1955)<sup>23)</sup>などの報告にみられるようにPH4~8の範囲内においては水素イオン濃度そのものよりも、むしろその変化にもとづく養分の不均衡あるいは有害物質の溶解などによる間接的影響による生育の差異が作物体に反映されたにすぎなかった。

また、3要素の各成分の増施や堆肥・木灰の加用と大麦の稔性との関係を検したところ、木灰加用によってのみ稔性の著しい向上がみられたが、加里増肥では不稔は解消できず、したがって古川氏ら(1961)の報告による稈麦の枯れ熟れとは生起する原因が全く異質的であるものと判定した。

さらに第Ⅲ層土壤に対する各種微量要素加用試験から硼砂加用によって大麦並びにCOの稔性がほぼ正常であったことから、この土壤は硼素の著しい欠乏土壤であることが推定されるに至った。

ここにおいて供試各層土壤と0~60cm混層(Ⅰ-Ⅲ層混層)土壤における水溶性硼素含量について分析したところ、すでにアルファルファに硼素欠乏症状を生じている八ヶ岳支場の作土含量0.23p.p.m.に対して供試第Ⅱ層土壤は約1/2, 第Ⅲ層および混層土壤では実に約1/4の0.05p.p.m.にすぎなかった。

硼素欠乏の発現地は全国的にみて、腐植質火山灰土壤に多く<sup>28)</sup> WOODBIDGE氏(1940)は石灰の過投入は土壤中の硼素を非有効態ならしめること、<sup>24)</sup> 磯川氏(1961)<sup>2)</sup>、菅野氏(1957)<sup>13)</sup>も土壤反応が高まったりあるいは石灰の施用は菜種の硼素欠乏を促進することを報じた。しかし山崎氏ら(1949~54)は酸性土

壤にもこの欠乏症が生起することを認めている。<sup>28)</sup>

山本満二郎氏 (1960) は滋賀県下における硼素欠乏発生地の土壤条件として、第4紀新層の土壤が大部分で、ついでは第4紀古層に属する土壤に多く、土性別では壤土に多くまた、花崗岩の沖積層に多く発生がみられ、ついで洪積層黒ボク軽しよう土に多いという。

さらに土壤反応では石灰施用の増大がみられるところを除くと、一般に置換酸度 ( $y_1$ ) 3以下のところでの発生が多いことを認めている。

本供試土壤は第4紀古層に属し、硼素欠乏が甚しい第Ⅲ層土壤は関東ローム層に属し置換酸度 ( $y_1$ ) が0.94できわめて低い壤土であり、これらの点は上記報告と著しく相似的である。

つぎに土壤中の水溶性硼素含量と作物における硼素欠乏症状発現との関係についてみると、農試八ヶ岳支場の作土では0.2p.p.m前後のようにみられるが、山本満二郎氏 (1960) は硼素欠乏と健全土壤の水溶性硼素は0.3~0.5p.p.mであり、両土壤間に明瞭な差異は認められないとしている。<sup>29)</sup>しかし本供試第Ⅲ層土壤の水溶性硼素は0.05p.p.mできわめて少く、大麦、COともに顕著な欠乏症状が認められた。

また、水耕培養の場合、作物体の硼素含有率が10p.p.m以下に低下すると水稻、ビート・ナタネ・大豆・赤クロバーのいずれの作物でも硼素欠乏症が発現し、培養液中の硼素濃度が25p.p.mを越えると、いずれの作物も過剰害のみられることが、北岸氏ら (1963)<sup>19)</sup>によって報告されている。

本供試第Ⅲ層土壤における硼砂無加用区大麦の地上部各器官の硼素含量はすべて8.6p.p.m以下であり、明らかに欠乏症状を示したことは前記報告とよく一致するものである。

つぎに作物体の地上部各器官別の硼素含量についてみると、山本満二郎氏 (1960) は菜種において健全、不稔ともに莢実が最も多く、ついで上部茎葉・下部茎葉の順であり、健全と不稔あるいは硼砂施用と無施用との硼素含量の差異は、莢実において著しいことを認めた。北岸氏ら (1963) は農試八ヶ岳高冷地支場のアルファルファの硼素含有率において、硼砂無施用石灰施用区の先端5cmの部分は残り地上部に比してきわめて低い値を示したことを明かにし、石灰の量を一定にして硼砂の量を次第に増すと、先端5cmと残り地上部とは次第に同程度の含量になり、量も多くなることを報告した。

本報の第Ⅲ層土壤における硼砂30mg加用および無加用区の大麦地上部各器官別硼素含量の分析結果では、加用区に比して無加用区の各器官の含量が少なく、特に無加用区では穂 (穂軸+穎) の硼素含量は少なかった。このことはとくに穂部の稔実障害と深い関係をも

つものと推察された。

以上のことから、各作物を通じて吸収された硼素は作物体の先端部に移行して生長点細胞の分化や生殖細胞の分裂に大きい作用性をもつものであり、第Ⅲ層土壤の大麦では最終節間長の伸長に強い影響をあたえるとともに穎花の稔性に明瞭な影響力をもつことが知られた。

このことについて、WHITTINGTON氏 (1959) の報告によると、硼素はペクチンの合成過程に直接関与するので、細胞分裂に直接的な影響を及ぼす。したがって硼素欠乏の外部形態的兆候として生長の停止、茎葉部の萎縮、腋芽・花芽の脱落を生じ、内部形態的には生長点の壊死、維管束の壊死、細胞の異常伸長がまた生理的には呼吸量の減少や植物体内における炭水化物の移行障害を来すことを認めている。<sup>11)</sup>WARINGTON氏 (1926)、平井氏 (1944)<sup>6)</sup>もこれらの現象を認めたほか、BRUNCHLEY氏 (1925)、MULDER (1949) などは硼素は豆科作物の根瘤の発育に必要であることを、また、カルシウムの同化に大きい影響をもつことについてはWARINGTON氏 (1927)、HENDERSON (1948) が報じている。<sup>17)31)</sup>

筆者らが本研究において認めたことは、硼素欠乏の第Ⅲ層土壤区における大麦は遅発分げつを多発し、栄養生長量は多くなるが穂孕期~出穂期以後において、下葉から急速にクロロシスを生起し、やがて灰白色に枯死することである。この症状は WARINGTON 氏 (1933)、SCHROPP・ARENZ (1940) のほか、山本満二郎氏 (1960) もビール麦において認めている。<sup>3)21)27)28)</sup>

この現象が生起する理由は WADELEIGH 氏ら (1939)、SCRIPTURE・MCHARGUE 氏 (1943・'44) が報じたように硼素欠乏により作物体内の蛋白態Nが減少し、 $NH_3 \sim N$  や可溶態Nの増大することと深い関連があるものと考えられる。<sup>3)21)26)</sup>

また、下葉からの枯れ上りについては硼素欠乏によって呼吸量の減少、Nの代謝や炭水化物の代謝が急激に減退することによるものと考えられる。

一方、第Ⅲ層土壤に供試したCOの硼素欠乏症状としては生育は初期から不良で葉は濃紫赤色を呈し、葉柄の表皮には小裂が生じ甚しいものは表皮が部分的に剝離した。抽苔および開花もおくれたほか、三次分枝の多発と二度咲現象が多くみられ、開花後においては花梗が長期間附着したままの状態を呈し、莢の発育は全く認められなかった。これは上記の理由にもとづくものと思われ、この現象は菅野氏 (1955)<sup>12)</sup>中野氏ら (1956)<sup>18)</sup>の菜種の硼素欠乏症状と同一であった。

硼素が植物の生殖器官の機能について重要な役割をもつことについて多くの人達が認めるところである。

大井上氏 (1938)<sup>3)</sup> SHMUCKER氏 (1933)<sup>7)</sup> 権藤氏ら (1939)<sup>4)</sup> OKELLEY氏 (1957)<sup>7)</sup> などはいずれも硼素が花粉の発芽や花粉管の伸長に対して効果的に働くことを認め、BERTRAND・SILBERTSTEIN (1938)、SCHMUCKER氏 (1933) は硼素は雌、雄蕊や花柱の分泌液中に多いことを認め、GRIZZARD・MATTHEWS氏 (1942) はアルファルファの結実に必要なであると報じた。<sup>3) 5) 20)</sup>

筆者らが第Ⅲ層土壌区の硼素加用および無加用区相互間において人工授粉を行なった結果、大麦では雌性不稔であることを確認し、馬場氏 (1953) の報告とよく一致した。

この硼素無加用区では穂部の基部の花器および花粉は正常であったが、第2～3小穂節位から上部における花器の発育が不全であり、雌蕊は小さく花糸が短小であったほか、葯が小さくしかも不裂開で、葯中の花粉の大きさに極端な大小の相異は認められなかったが、ほとんど不活性のものであった。また、穎の開閉はみられず葯の穎外への突出もほとんど行なわれなかった。

このように開花機能の低下、葯の不裂開、花粉飛散の不能による不稔の理由については前記山本正氏 (1955) のビール麦についての報告が示すとおりと考えられる。

馬場氏 (1953) は精原細胞の分裂および花粉母細胞の成熟分裂の異常によって倍数性、異数性および多核あるいは畸形細胞などの異常花粉が生成され、その多くは不稔性であるが正常花粉の存在も認めている。さらにこの異常花粉は穂基部の1～2節では正常であるが、第3節位頃からきわめて多くみられ、硼素欠乏の障害が雌蕊で著しいことについて、雌蕊では多数の生じた場所で活発に行なわれるので局所的に欠乏が生殖細胞が接しやすいこと、また上部の穎花ほど障害が多いことは、硼素の移行性の困難性によるものと考察され、硼素が生殖生長において栄養生長より以上に重要であることは、生殖分裂における物質代謝が遙かに活発であるため、より多くの硼素を要求するものと考察している。

ともあれ、第Ⅲ層土壌の硼砂無加用区における大麦の不稔は、直接的には葯の不裂開性にもとづくものであるが、内容が空の不活性花粉も多く混在したことは注目さるべきことである。

C Oでは大麦の場合と異なり第Ⅲ層土壌の硼砂無加用区の花粉は正常であったが、雌蕊が機能的に不全であることが人工授粉によって確かめられた。すなわちC Oの場合は雌性不稔と解せられた。

この雌性不稔性については硼素欠乏の菜種において

菅野氏 (1957)<sup>13)</sup> や山本満二郎氏 (1960) も認めていることから、一般に十字花科作物の硼素欠乏に基因する不稔は雌性不稔であると想定される。このほか菅原氏 (1958) がソバにおいて長日処理によって雌蕊発育不完全花の多発性を認めている。<sup>22)</sup>

したがって、硼素欠乏による雌性あるいは雌性不稔の発生は植物の種類によって相異なるものと思われる。

つぎに硼素は他の成分では代替できないことは馬場氏 (1953) の報ずるところであるが、本報においても第Ⅲ層土壌に対する微量要素加用試験の結果からも十分うかがわれた。

硼素が作物の生育上において不可欠要素であることは、すでにWARINGTON氏 (1923) が認め、BOAS氏 (1937) は塩類代謝面からみて高能率元素として分類した。<sup>8)</sup>

作物の硼素要求度については、WOODBIDGE氏 (1940) は最も要求が多いものとして、アルファルファ、レッドクローバー、ビート、リンゴ、カブ、キャベツ、アスパラガス、ヒマワリ、ダイコン、セルリー、中程度のものとしてタバコ、トマト、チシャ、モモ、サクラ、オリーブ、ペカン、ワタ、サツマイモ、ラッカセイ、ニンジン、タマネギ、ナシ、要求が小さいものとして小麦、大麦、ライムギ、エンバク、ソバ、トウモロコシ、ダイズ、マメ類、イチゴ、カンキツ類、パレイシヨなどをあげた。<sup>24)</sup>

山本満二郎氏 (1960) は硼素欠乏の最も発生し易いものとしてナタネ、結球ハクサイ、日野菜採種株、ダイコン、硼素欠乏の中程度のものとしてトマト、タマネギ、ビールムギ、カンラン、ハナヤサイ、硼素欠乏のほとんど発生しないものとしてイネ、コムギ、オオムギをそれぞれあげている。<sup>28)</sup>

これら両氏の報告からみて一般に十字花科植物は硼素の要求度が最も大きく、禾本科植物は最も小さい傾向がみられ、平井氏 (1944) はこのことについて、禾本科植物の硼素含有率は十字花科植物の30程度の低含量であるからその必要量が少なく硼素欠乏の発生はみられないと推察した。<sup>6)</sup>

しかし、本報では第Ⅲ層土壌の大麦には明かに硼素欠乏が発生した。したがって、この欠乏症状の発生の基本的条件は植物の種類相対的關係よりも、むしろ土壌中あるいは培養液中における硼素の絶対含量にあることは当然であろう。このことについて北岸氏ら (1963) は培養液中の硼素濃度が0.0025p.p.m以下ではすべての作物に欠乏症の発現を認めている。<sup>19)</sup>

最後に作物に対する硼砂加用の適量については、土壌中における硼素の欠乏程度や作物の種類などによっ

てかなり相異なることは当然である。

坪田氏ら (1956) は栃木県大田原市今泉の硼素欠乏現地において、アール当り  $B_2O_3$  にて 37.5 g の硼砂加用によって菜種の不稔を解消し標準区に対して 10.36 倍の子実収量をあげた。<sup>25)</sup> このほか菜種不稔地帯における硼砂加用の効果については多数報告されている。

本研究においても、C O では硼素欠乏の第Ⅲ層土壤はもちろん、第Ⅰ層土壤においても硼砂加用の効果並びにその加用適量が抽出できた。

また、第Ⅲ層土壤の大麦に対する硼砂加用の適量についても、大麦跡地土壤の水溶性硼素含量と加用試験との両面からは握ってきた。さらに硼素要求度が小さいといわれる小麦が、硼素欠乏とは称せられない第Ⅰ層土壤においても硼砂加用によって生育が助長される傾向がややうかがわれた。

なお、0～60cm の混層土壤においては、硼素含量は第Ⅲ層土壤と同等程度に低下することは、硼素欠乏の甚しい第Ⅱ層および第Ⅲ層土壤の混合にもとづくものであり、作物の栽培にあたっては第Ⅲ層土壤と同等の硼砂加用がその適量となる。

## V む す び

以上のことから、第Ⅲ層の関東ローム層に属する洪積火山灰の褐黄色土壤は明かに著しい硼素欠乏土壤であり、この土壤における大麦、C O の不稔現象は硼素欠乏によるものであることと併せて各層位別土壤に対する硼砂施用適量もほぼ決定できた。

この種類の土壤は栃木県中南部地帯において約 1 万ヘクタールの存在が推定されるので、これが対策は重要な課題であると思われる。とくに近來畑地において、大型トラクターによる 50～60cm の深耕が土層改良事業として進展している折柄、本報がその施肥対策の一助ともなれば幸である。

なお、本報の供試作物のほか多数の作物についてこれら一連の研究を展開されることに期待をかけた。

## VI 摘 要

畑深耕技術体系確立に関する研究の基礎試験として、層位別土壤について肥料三要素試験を行なったところ、第Ⅲ層土壤 (関東ローム、褐黄色の埴質壤土) 区において大麦のほとんど全面的な不稔現象が発生した。これは畑深耕栽培進展上における大きな障害要因になることが予想されたので、この原因の究明と対策について一連の試験を行ない、ほぼその目的を達成できた。その結果についてはつぎのとおりであった。

1) 第Ⅲ層土壤区に栽培した大麦は栄養生長は第Ⅰ、Ⅱ層土壤区のものよりも旺盛で草丈、莖数、

穂数および稈重ともにすぐれたが遅発分げつによるおくれ穂を多発した。また穂ばらみ期～出穂期頃から下葉から枯れ上り、出穂は 5～6 日おくれ、しかも穂首の止葉葉耳からの抽出は不全でいわゆる穂の出スキミ的な兆候がみられた。

- 2) これは穂首節から第 1 節間長の著しい短化によるものであり、また、穂長および芒長も短かく、芒は全く開かず稈の太さも著しく劣った。
- 3) さらにこの第Ⅲ層土壤区の大麦の穂部においては、時には基部最下位の小穂節位に稔実粒が二、三みられるが、ほとんど全面的な不稔現象を呈した。これを詳細にわたって観察したところ基部の穎花では花器の完全なものが多かったが、第 2～3 小穂節位から上部にかけて花器の発育は不全となり、雌蕊の形状は正常であったが形は小さくなり雄蕊にあっては花糸が短かく葯は不裂開で花粉粒の内容物は空のものが異常に多くみられた。なお、開穎は全然みられなかった。
- 4) 以上の障害は小麦ではみられず大麦のみに認められた。また、第Ⅲ層土壤の酸度を PH ( $H_2O$ ) 4～7.5 の 7 段階に変えてみても大麦の全面的な不稔は解消せず、三要素各成分の増肥および堆肥の加用によっても解消できず、土壤酸度や三要素、堆肥の施用では解消できなかった。しかし木灰加用区の稔性は著しく向上した。
- 5) つぎに硼素、マンガン、マグネシウム、鉄、アエン、銅、モリブデンの各加用区とこれらの総合加用区を設けて大麦を栽培したところ、硼砂加用区と総合加用区では正常な生育と稔実とが認められ、この稔実障害は硼素欠乏によることが知られた。

なお、併せて第Ⅲ層土壤に栽培した C O においても全面不稔がみられ、硼砂加用区では正常な結実がみられた。

- 6) 第Ⅲ層土壤における硼砂加用区と無加用区の大麦地上部の器官別硼素含量はいずれの器官 (部位) においても加用区がすぐれたが、とくに穂部においては著しい増加がみられた。また、大麦跡地土壤中の水溶性硼素含量は硼砂加用量の多い区ほど高かった。
- 7) さらに各層別原土の水溶性硼素について分析したところ、第Ⅰ層土壤は 0.28 p.p.m. であったが第Ⅱ層土壤では 0.09 p.p.m.、第Ⅲ層土壤ではさらに少なく 0.05 p.p.m. を示し明かに著しい硼素欠乏土壤であることが判明された。また 0～60cm 混層土壤も第Ⅲ層土壤と同程度にすぎなかった。
- 8) 硼素欠乏の第Ⅲ層土壤区における大麦の不稔は

雄性不稔であり、C Oの不稔は雌性不稔であったことは各種の人工授粉の組合せの結果からは握できた。

- 9) 各層位別土壌および0~60cm混層土壌における大麦およびC Oに対するアール当り硼砂施用の適量はおおむねつぎのとおりである。なお作物別の硼素要求度は大麦、C Oはともに同程度に大きく、小麦はきわめて小さいことが握された。すなわち第I層土壌における大麦はほとんど無施用でもよいが、C O(十字花科作物)は60g、第II層、第III層、0~60cm混層土壌では大麦、C Oともに60~100g程度の施用が適量と思われる。
- 10) したがって、この種の土層を有する地帯における大型トラクターによる畑深耕の土層改良にあたり、施肥対策としては含硼素肥料の適量が加用されねばならない。

#### 引用文献

- 1) 相見靈三, 昆野昭長 (1954): 日作紀23 (1) 80—90
- 2) 蟻川浩一 (1961): 農及園36 (8) 1326—1328
- 3) 馬場尙 (1953): 農技研報告D4, 1—20
- 4) 権藤安武・高橋翠 (1939): 遺伝学雑誌 15・194—208
- 5) GRIZZARD, A. I. & MATTHEWS, E. M. (1942): Jour. Amer. Soc. Agron. 34・365—368
- 6) 平井敬蔵 (1944): 土肥誌18・131—164
- 7) 星川清親(抄) (1961): 農及園36 (5) 894
- 8) 藤原彰夫 (1950): 農及園25 (1) 8—9
- 9) 古川太一・越生博次 (1961): 日作紀29 (3) 356—358
- 10) 出井嘉光・高橋達見 (1955): 九州農業研究16・145
- 11) 鎌田悦男(抄) (1961): 農及園36 (11) 87—88
- 12) 菅野考己・米元考一・五島康 (1955): 日作紀24 (1) 20—25
- 13) 菅野考己 (1957): 東海近畿農試研究報告・栽培部 (5) 67—69
- 14) 木根測旨光・斎藤武雄・戸谷清美 (1957): 日作紀26 (1) 33
- 15) 木根測旨光・斎藤武雄・戸谷清美 (1958): 日作紀26 (4) 265—266
- 16) 木根測旨光・斎藤武雄・戸谷清美 (1958): 日作紀27 (1) 125—126
- 17) MULDER, E. G. (1950): Annual Review of Plant Physiology
- 18) 中野正敏・河内壱一之・中村大四郎 (1956): 九州作物談話会報10・70—72
- 19) 農業技術研究所化学部作物栄養科 (1963): 試験研究成績の概要128—135
- 20) SCHMUCKER, T. (1933): Planta 18・641—651
- 21) SCHROPP, W. & ARENZ, B. (1940): Bodenkunde Pflanzenernähr 16・169—189
- 22) 菅原金治郎 (1958): 日作紀26 (4) 269—270
- 23) 高橋治助 (1955): 作物の栄養生理, 作物の生理生態(朝倉書店) 91
- 24) 鳥居菜松(抄) (1952): 農及園27 (12) 1320
- 25) 栃木県農業試験場 (1956): 肥料施用方法改善試験成績書
- 26) WADELEIGH, H. & SHIVE, J. W. (1939): Soil Sci. 47・33—36
- 27) WARINGTON, K. (1933): Ann. Bot. 47・429—457
- 28) 山本満二郎 (1960): 作物のホウ素欠乏に関する研究, 滋賀県農業試験場特別報告
- 29) 山本正 (1953): 日作紀21 (3~4) 260
- 30) 山本正 (1955): 日作紀23 (4) 241
- 31) 山下知治 (1955): 各種養分の生理的意義, 作物の生理生態(朝倉書店) 146—147