

小豆の無機栄養に関する調査

第2報 主茎各葉位別葉の生育調査と窒素、磷酸、加里の行動について

山内 益夫†

STUDIES ON THE INORGANIC NUTRIENTS OF THE AZUKI-BEAN PLANT

II. On the Growth Investigation of each Leaf and the Movements of Nitrogen, Phosphorous and Potassium in Leaves at Definite Position on the main Stem

Masuo YAMANOUCHI

第1報で明らかにした小豆の初期生育が非常に緩慢で栄養生長、生殖生長の旺盛な期間が短いという特徴が、主茎の各葉の出葉、伸展、無機要素の代謝等と如何なる関連にあるかを調査し、かつ、主茎の各葉位の葉の機能を検討する一段階として、各葉における窒素、磷酸、加里の動向を追跡した。

前報¹⁾で明らかにした小豆の特徴的な生育ならびに無機要素の行動は、個々の葉にも認められるものであるか、あるいは各節位の個々の葉では異なるものが、全体として1つの方向をとるように発現するのであるかを確かめ、さらに小豆の葉の生育および子実生産の役割りを検討する一段階として、葉の伸展肥大を調査し、ならびに窒素、磷酸、加里の葉内における行動を合わせ調査した。なおこの種の究研はすでに水稻²⁾において詳細に検討され、各葉位の葉の役割りが解明されており施肥合理化に寄与するところが大である。豆類では大豆についてすでに報告³⁾があるが、生育の様相がやや異なる小豆については、まだその種の報告をみない。よってそれらの方法を用いて、同様の調査を行ない小豆の葉の生育経過を解明すべく本調査を行ない、その概要をここに報告する。

なお本実験をするにあたって、十勝支場長三島京治、同土壌肥料課長岩淵晴郎、同研究職員平井養孝の諸氏にご援助をいただいた。附記して感謝の意を表する。

I 実験方法

供試材料および調査方法

供試品種および栽培法は、第1報と同じである。

栽培年次は1961年度で、途中の生育は順調であったが、成熟期直前における黄化落葉が急激に起こったのを特徴とする。

調査 I 調査に用いた試料は、初葉が出葉後ただちに(6月7日)第1回の採取を行ない、その後できるだけ、頂芽の複葉の中心小葉が開き始めた時期に下位の出葉展開している主茎葉を含めて採取した。1回の試料は各葉ともできるだけ同一生育を示すものを選び、15~20葉を用いた。採取後直ちに、青写真感光紙上にせ感光後、通風乾燥し秤量した。感光した葉形は、プランメーターにて葉面積を測定した。

調査 II 分析に用いた試料は初葉が展開した6月15日に第1回を採取し、以後成熟期まで10日おきに9回採取した。小豆の初葉および下位複葉は生育途中から黄変落葉するので、落葉前に軽く葉に触れて落葉するときに採取した。試料はできるだけ同一生育をしているものを選択したのであるが、成熟期の葉においては、とくに黄変枯死状態が整一でないので、さらに5日おき、完全落葉にいたった葉を別に1回採取し分析に供した。

分枝の葉の出葉は、変異があり、採取が正常にゆかず、今回は分析から除外した。

分析試料は1回に60~70個体を用いた。

採取後速やかに葉位別に分別し(葉柄を含む)水洗, 通風乾燥後粉碎し分析に供した。

分析の方法

各要素とも第1報と同じである。

II 結果と考察

調査 I 主茎葉の生育調査

各生育時期における主茎葉の葉位別葉面積の消長を第1表に示した。

第1表 主茎葉の時期別葉面積 (cm²/葉)

試料番号 採取月日	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	推定 葉令 (日)	出葉 間隔 (日)
	6.7	6.19	6.27	7.4	7.10	7.13	7.16	7.20	(開花始) 7.24	7.31	8.7	8.11	8.18	8.31		
主 茎 葉 位	13												30.5	90.1	17	5
	12												107.9	146.2	22	4
	11											110.4	161.2	164.5	27	4
	10										146.7	160.1	186.2	224.1	31	5
	9									35.4	187.0	198.9	200.0	212.1	36	7
	8								27.2	189.2	213.0	218.7	224.2	223.4	43	3
	7							24.2	41.6	167.4	205.6	218.4	226.1	227.3	47	4
	6						17.5	71.5	154.7	183.1	188.8	193.4	193.1	193.4	50	5
	5						84.0	148.9	151.0	158.0	174.1	174.0	175.0		37	4
	4				68.6	109.0	111.0	146.9	149.0	146.5	146.0	145.5	144.0		42	3
	3			12.0	124.7	128.5	129.5	129.0	129.7	135.3	141.8	146.6			34	7
	2		7.1	97.0	98.5	98.0	97.5	96.0	94.0	93.8					34	8
	1	3.9	32.1	42.9	44.6	44.0	43.0	41.5	40.5	39.0					35	12
初葉*	4.6	17.0	22.2	23.0	22.0	19.8	19.0	19.0	19.0					43		

* 初葉は2枚を持って表示する。

出葉間隔は、環境条件すなわち日照, 温度, 施肥などによって少しく変わるもの¹⁾であるが, 当地方に普通栽培した場合, 初葉~1/0の間隔は長く, ついで1/0~2/0, 2/0~3/0の出葉間隔がそれらより上位の葉の出葉間隔に比べ長いのが, 初期生育の遅いのと相まって特徴的なものである。その後は天候条件などが極端に不適當でなければ3~5日間で順次出葉をみるに至る。しかし本実験の場合は, 3/0より上位葉においても, 大豆ですでに知られている²⁾出葉の規則性はかならずしも判然としなかった。なお, 大泉³⁾が大豆でみた最終出葉期が開花期にほぼ一致しているのとは異なり, 小豆においては最終出葉期がさらに遅く開花終了時になっていることは, 出葉に関し特徴的な大豆との差異である。出葉した葉は, 初葉, 1/0は葉面積の増大は遅いが, 2/0より上位の葉では6~8日間で, 最高葉面積の8~9割に生長し, 葉の機能を完全に発揮しうようである。この時期は水稻ですでに知られている²⁾葉の生育過程の

第1段階, すなわち形態および原形質の完成期にあたっているものと思われる。完全展開後は葉面積はほとんど変化せずに枯死落葉にいたる。

出葉から枯死落葉までの日数をもって推定葉令とし, 第1表に付記した。初葉の葉令は1/0, 2/0 3/0等の下位本葉よりも長いのが大豆¹⁾とやや異なっている。その後, 5/0あるいは6/0までは, 生育途中に順次枯死落葉にいたるが, それより上位に位置する葉は成熟期にいたり落葉する。この上位葉の落葉は, 1961~1962年の観察では, 2~3日間で急速に行なわれる傾向がみられ, 収穫前の落葉状態を的確に把握することは困難であった。収穫時には, 葉はその9割近くは作物体に止まっていないのが普通であり, 小豆本来の生育相としては, 上位葉においても順次落葉にいたるのが正常と考えられるが, 試料の栽培年次にはこのような落葉経過はとらなかつた。これら上位葉の落葉の状態が粒重に影響をおよぼすことは, 別に行なつた切葉試験の結果からも推定される(第2表)が,

第 2 表 切葉処理の千粒重に及ぼす影響

処理葉位	10	11	12	無処理
千粒重 (g)	91.4	95.0	100.9	104.1

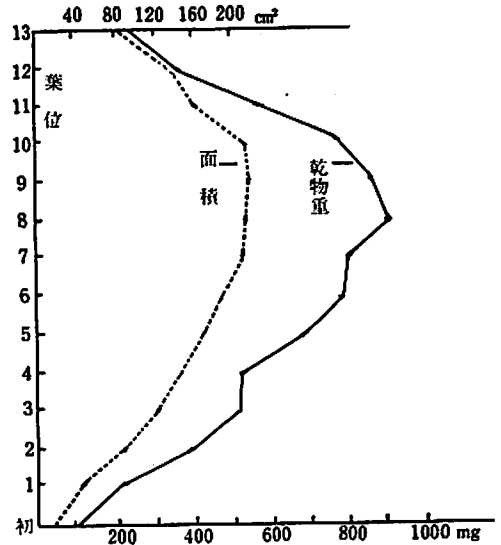
ただし処理は1位, 上位の葉が展開した時に葉柄のつけ根から切断。

この上位葉の落葉の経過についてはさらに検討しなければならない。

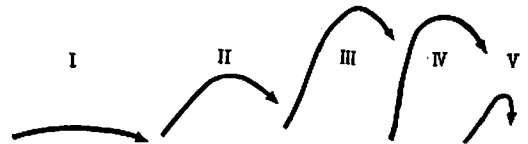
主茎の各葉位葉は上位葉から順次展開し最高葉面積に達してゆくのであるが, その最高葉面積の葉位間の関係は第 1 図のとおりである。初葉から 7/0 までは頂向的に漸増し, 7/0~10/0 までは, ほぼ一定になり, その後頂葉まで 220 cm² から 90 cm² へと減少してゆく。

乾物葉重の推移は第 3 表に示した。各葉は生育とともに乾物重を増し, ある時期に最高に達し, その後減少してゆき, その経過が出葉とともに下位葉から上位葉へと繰り返されてゆく。その増加減少の推移を 5 つの型に分類し模式的に表わしたのが第 2 図である。I 型は初葉にみられる型で, 増加, 減少の状態が緩慢に行なわれるもの。II 型は 1/0~4/0(5/0) までの葉にみられる型で, 上位葉に較べ減少が緩慢でその期間が長いもの。III 型は 6/0(5/0)~8/0 にみられる型で, 増加減少の度合いが比較的速かで, 増加から減少の転換がかなり判然としているもの。IV 型は 9/0~11/0 にみ

第 1 図 各葉位葉の最高乾物重と最高葉面積



第 2 図 乾物葉重の推移の模式図



られ, 増加および減少の状態は非常に急激であるが最高状態で, ある期間停滞した後に減少に移るもの。V 型は 12/0~13/0 の頂葉にみられるもの

第 3 表 各葉位葉時期別乾物重 (mg/1 葉)

試料番号	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV
13													92.9	233.3
12													364.7	482.9
11												281.0	572.7	540.0
10											208.3	536.0	791.7	680.0
9										195.8	347.8	880.0	869.2	820.0
8									75.7	448.7	671.4	918.2	835.7	720.0
7								66.8	133.0	780.3	784.6	815.4	691.7	(583.3)
6							57.1	182.0	409.1	681.8	792.3	775.0	640.0	
5						200.0	197.2	436.0	463.4	680.0	642.9	547.5	536.4	
4					180.8	213.0	290.0	536.0	528.6	502.7	490.9	480.5	416.0	
3				55.0	395.0	396.0	394.3	530.0	480.0	410.9	410.0	412.0		
2			19.2	207.4	399.0	333.0	330.0	332.0	330.5	268.8				
1		13.9	100.0	181.4	216.1	171.4	158.8	150.8	150.0	126.7				
初葉*	15.3	86.9	87.0	88.1	96.5	91.2	88.5	87.2	83.3					

* 初葉は個体当たり 2 枚の重量

で、増加はやや緩慢であるが最高に達してからの減少は最も急であるものの5つの型である。この大別は、第1報の小豆の特徴的な生育期にそれぞれ活動中心葉となっていることは、それぞれの葉の生理的役割りを暗示するものである。すなわちI, II型の葉は生育の遅い初期生育に、III型の葉は、莖葉の生育のおう盛となる時期に、IV型の葉は、莖葉のおう盛な生長と、莢部の伸長、肥大がともに行なわれる時期に、V型は莢部の肥大、登熟が行なわれる時期にそれぞれ活動中心葉となっているものと思われる。

なお、8月31日以降の乾物葉重量は、実験IIの試料から算出した推定値による。

なお、その最高重の推移は第1図に最高葉面積

の図とともに示した。下位葉から8/0, 9/0まで順次その最高重を増しているが、その後頂葉に向け急激に重量は低くなってゆく。

最高葉面積と最高乾物葉重との間には高い正の相関にあるが、乾物葉重の増減の度合いがより激しい変異をみせる。従って同一品種の葉の生育の比較を行なう場合にも、乾物重測定に基づくのが簡便であり、また比較も容易となると思われる。

調査 II 葉位別葉無機成分の行動

供試材料の生育状況は第4表のとおりである。成熟期直前における葉の黄化落葉が、著しく急激に起こった以外、正常な生育をしていたものとみなし得た。

主莖の葉位別乾物重(葉柄を含む)の消長は第5

第4表 分析試料生育調査

試料番号	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
採取月日	6.15	6.25	7.5	7.15	(開花始) 7.25	8.4	8.14	8.24	9.3
播種後日数	20	30	40	50	60	70	80	90	100
草丈(cm)	4.6	6.2	8.4	18.8	28.3	49.8	60.5	66.4	66.1
主莖節数(節)	2	3	5	7	9	11.7	13.8	13.7	14.0
枝垂数(本)				1.7	2.3	3.1	2.9	2.9	3.0
莢数(ヶ/個体)						3.1	35.9	31.4	30.1

第5表 分析試料葉位別葉乾物重 (mg/葉)

試料番号	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	移動量	移動率
莖	19.7	41.9	113.1	434.4	1,378.6	3,266.7	7,293.8	6,620.0	6,141.0			(%)
種子							1,412.5	6,676.5	23,680.0			
主莖葉位	13							330.8	533.3	(306.7)	226.6	42.5
	12						361.1	716.7	795.7	(600.0)	195.7	24.6
	11					113.6	657.9	1,045.5	1,039.1	(770.0)	275.5	26.4
	10					360.9	1,027.3	1,105.3	1,094.7	(900.0)	205.3	18.6
	9					680.8	1,219.0	1,340.9	1,146.7	(935.0)	405.9	30.3
	8				83.8	977.8	1,400.0	1,208.7	1,098.6	(866.7)	533.3	38.1
	7				272.1	1,000.0	1,395.0	1,172.0	(1,072.7)		322.3	23.1
	6				625.6	1,036.8	1,250.0	1,104.0	(1,044.4)		205.6	16.4
	5			252.5	600.0	828.6	953.8	900.0	(885.7)		68.1	7.1
	4			462.3	743.6	730.3	691.3	595.0			148.6	20.0
	3		99.4	554.1	691.1	571.4	560.6	(504.0)			187.1	27.1
2		243.3	404.9	422.5	350.0	(282.2)				140.3	33.2	
1		58.9	198.0	182.2	165.4	(132.1)				65.9	33.3	
初葉*	68.5	94.4	85.6	80.3	(66.3)					28.1	29.8	
合計**	68.5	153.3	626.3	1,936.3	3,670.4	6,782.3	9,798.2	10,022.9	8,710.9	4,378.4		

() は完全枯葉 * 初葉は2枚をもって示す ** 合計は主莖葉のみ

表のとおりである。

乾物重の増加，減少の消長は，実験 1 の葉の乾物重の消長とはほぼ同様であった。最高乾物葉重から，落葉時の乾物葉重を差し引いた値を移動量とし，その最高乾物葉重に対する割合を移動率として表示した。葉の貯蔵物の移動の状態は初葉～3/0 は 30 % 前後であり，4/0～7/0 は 10～20% と低く，8/0～13/0 では 10/0 以外は 25～40% とやや高くなっている。

無機成分の含有率の消長

窒素，磷酸，加里の各葉位の葉における含有率の消長は，第 6～8 表に示した。

窒素は第 6 表のように，各葉とも出葉直後は含有率高く時間の経過とともにその含有率を低下してゆく。初葉では，出葉時の含有率が上位葉よりやや低く生育とともに漸減し，その後急激に減少度を増すが，落葉に至ってもなお 2.3 % と比較的高い含有率を示す。1/0～6/0 は，出葉時 5.5～6.0 % と高含有率にあるが，急激に含有率は低下し，途中一時低下の度合いのやや緩やかな時期を経て，再度急激に含有率を低下し，枯死落葉に至る。この停滞は 1/0 では判然としないが，2/0～6/0 ではその停滞は 7 月 25 日～8 月 4 日の開花期にあたり，また上位葉ほど高い含有率でその期を過している。7/0，8/0 ではその推移は 6/0 までと経

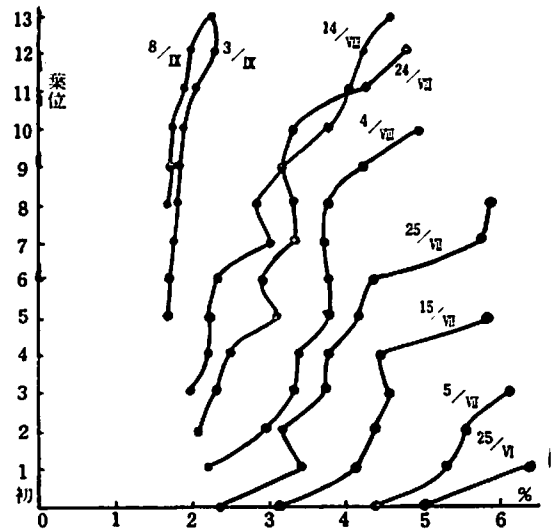
第 6 表 葉位別葉窒素含有率の消長 (乾物中%)

試料番号	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	
茎	5.56	4.76	4.61	3.45	2.44	1.97	1.92	1.80	0.91		
種子							5.28	4.17	3.20		
主 茎 葉 位	13						—	4.61	2.29	2.30	
	12						4.82	4.20	2.31	1.97	
	11						4.17	4.06	2.00	1.97	
	10						4.97	3.37	3.86	1.87	1.71
	9						4.21	3.18	3.28	1.83	1.76
	8					5.91	3.73	3.32	2.70	1.82	1.71
	7					5.75	3.72	3.34	3.07	1.78	
	6					4.35	3.82	2.95	2.26	1.77	
	5				5.87	4.19	3.80	3.14	2.29	1.68	
	4				4.45	3.80	3.36	2.45	2.52		
3			6.11	4.58	3.73	3.32	2.28	1.95			
2		5.54	4.35	3.19	2.92	2.08					
1	6.36	5.28	4.12	3.49	2.20						
初葉	5.21	4.95	4.32	3.05	2.33						

時的に減少する点では同じであるが，減少の緩やかな時期が 8 月 4 日～8 月 25 日と開花期～莢伸長肥大期にわたる長期間におよび，その後急減する。9/0～11/0 は開花期に順次出葉をみ，開花終りまでは急減し開花終りから莢伸長肥大期 (8 月 14 日～8 月 24 日) にかけて，特異的な推移をみせる。すなわち 9/0 はその期間には，わずかに含有率を増し 10/0 では 0.5 % の大なる増加をみせ，11/0 はやや減少する。その後は一様に，急激に減少し枯死する。12/0，13/0 は終始急激に減少する。なお初葉以外の葉においては，出葉時はほぼ 5.5～6.0 % の含有率であり明確な差は認められないが，枯死落葉時の含有率は 5/0～10/0 の葉においてかなり低くなっている。

生育の各時期における窒素含有率の葉位間の関係は第 3 図のとおりである。開花前の 7 月 25 日ま

第 3 図 各生育時期における葉位別窒素含有率



では，ほぼ上位葉が下位葉より窒素含有率が高いという関係が成立している。開花期にあたる 8 月 4 日，8 月 14 日においては展開期にある上位 2 葉が含有率高く，黄化落葉期にある下位の 3～4 葉が含有率低い以外，その中位にある葉はほぼ同じ含有率にて存在する。子実肥大期に入る 8 月 24 日には 3/0～6/0 の下位葉，7/0～9/0 の中位葉，10/0～13/0 の上位葉というように，含有率が分かれ，その区分内での葉位間の差は小さいものとなって

いる。登熟期の9月3日、落葉のみの9月8日では、上位の葉ほど高くなるが、各葉位葉間の窒素含有率の差はきわめて小さくなる。

磷酸含有率の消長は第7表のとおりである。

第7表 葉位別葉磷酸含有率の消長(乾物中%)

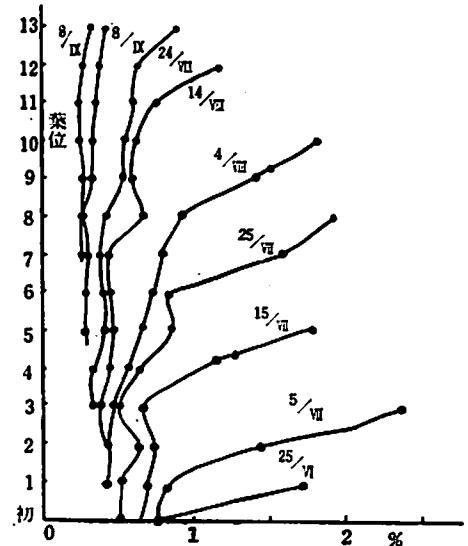
試料番号	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X		
茎	1.69	1.47	1.43	1.43	0.62	0.57	0.43	0.36	0.18			
種子							1.38	0.99	0.65			
主 茎 葉 位	13						—	0.88	0.41	0.32		
	12						1.17	0.61	0.37	0.27		
	11						0.71	0.62	0.34	0.22		
	10						1.80	0.62	0.54	0.32	0.21	
	9						1.39	0.59	0.53	0.30	0.28	
	8						1.91	0.90	0.66	0.40	0.28	0.26
	7						1.57	0.78	0.40	0.36	0.30	
	6						0.83	0.71	0.49	0.39	0.30	
	5						1.72	0.88	0.66	0.46	0.41	0.29
	4						0.98	0.63	0.59	0.42	0.34	
3			2.38	0.66	0.47	0.46	0.37	0.35				
2			1.31	0.75	0.66	0.52	0.42					
1		1.74	0.83	0.69	0.51	0.44						
初葉	1.20	0.78	0.75	0.67	0.53							

12/0, 13/0以外の葉は、出葉後10日間は急激な減少をみせ、その後の変化は少ないという比較的類似した傾向をとるのが特徴的である。

しかし、完全展開後の含有率の減少が停滞する際の消長が各葉位の葉でやや異なる。すなわち、初葉は、0.7~0.8% の高い含有率で停滞し、1/0~8/0 では、変化は少ないが漸減形式をとり、その期間は枯死までつづく。9/0~11/0 は、窒素の場合と同様、完全展開後10日間は含有率の減少はほとんどみせず、その後減少する。12/0, 13/0は展開後も急激に減少をつづける。落葉時の含有率は初葉は0.5%と高い値を示し、1/0~6/0までは、0.44~0.3%と上位葉ほど低く、7/0~9/0は0.27%前後で一定で10/0~13/0では0.21~0.32%と上位葉ほど高い含有率のまま落葉にいたっている。

生育各時期における、葉位葉間の磷酸の含有率を比較するために第4図を作成した。開花期の8月4日までは、3/0 がやや低くなっているが、ほぼ上位葉ほど含有率が高くなり、特に完全展開にいたるまでの葉において著しく高い。8月14日以

第4図 各生育時期における葉位別磷酸含有率



後は出葉後まもない最上葉がやや含有率が高いほか、各葉位間の含有率の差は少なくなり、その差は生育後期ほど小さくなる。

加里含有率の消長は第8表に示すとおりである。初葉と1/0は出葉後長期間顕著な減少を示さず、黄化期に至って急に減少する。2/0~4/0は、出葉とともに減少をつづける。これらの葉の加里含有率は7月25日ころまで、下位葉ほど高い値を示し、その後ほぼ同程度の値で経過する。5/0か

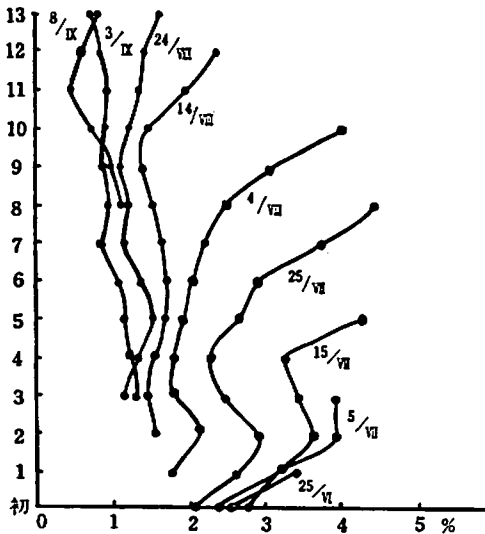
第8表 葉位別葉加里含有率の消長(乾物中%)

試料番号	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X		
茎	3.62	4.59	4.98	4.58	3.36	2.47	1.63	1.24	1.18			
種子							2.90	1.85	0.54			
主 茎 葉 位	13						—	1.59	0.74	0.80		
	12						2.31	1.39	0.79	0.54		
	11						1.92	1.34	0.91	0.45		
	10						4.01	1.37	1.20	0.85	0.80	
	9						2.96	1.30	1.09	0.85	0.98	
	8						4.40	2.41	1.61	1.20	0.97	1.13
	7						3.88	2.18	1.63	1.12	0.85	
	6						2.88	2.05	1.71	1.47	1.12	
	5						4.25	2.77	1.98	1.69	1.57	1.15
	4						3.21	2.22	1.79	1.50	1.37	
3			3.91	3.34	2.33	1.74	1.40	1.38				
2			3.94	3.67	2.92	2.15	1.56					
1		3.38	3.16	3.18	2.79	1.71						
初葉	2.25	2.35	2.28	2.68	1.93							

ら上位の葉は、磷酸の含有率の消長と比較的類似の経過をとる。ただし落葉時やや含有率が増加するのが、8/0、9/0、13/0にみられる。磷酸、加里はともに、12/0、13/0の頂葉ではその出葉時の含有率が、それらより下位の葉の出葉時よりかなり低くなっているが、これは、窒素の場合にはみられない点である。

各時期における葉位葉間の加里含有率の関係は第5図のとおりで、窒素、磷酸における関係とは

第5図 各生育時期における葉位別加里含有率



やや異なる。茎葉の生育がおう盛となる7月15日、7月25日の両採取時には、初葉～4/0までは2/0の含有率を頂点とした山があり、4/0以上は上位葉に向かって急激に含有率が高まる。開花期の8月4日には、4/0から上位の葉で、7月25日とは異なり、8/0までは葉位間の差が少なくなり、9/0、10/0の頂葉のみ特に高含有率を示すようになる。しかし、やはり、その間上位葉ほど含有率は高くなる。開花期以後は4/0から上位の葉においても、上位葉が高含有率となる関係はくずれ、出葉後完全展開にいたらぬ頂葉2～3枚がやや高含有率であるが、完全展開に至った葉は、ほとんど同含有率、ないしは5/0、6/0を頂点として上位葉の方が低含有率となる。

以上の結果を総括すると、水稻⁹⁾、大豆¹⁾と比較した場合、いずれの要素とも葉の完全展開後、あ

る期間含有率の変化の少ない消長をみせる時期があり、小豆では、前2作物よりその期間の含有率の減少が大ききこと、更に窒素、加里では、黄化落葉期の含有率の減少が急であることが特徴として認められる。このことは第1報で指摘したとおり、生育が急速におう盛となり、かつそのおう盛な期間が短いことが、各葉の窒素、磷酸、加里の特異な行動となって表われていると思われる。

とくにこのことは、生育の緩慢な初期に存在する葉では、加里の含有率の消長が大豆¹⁾と酷似するが、その後小豆の生育がおう盛となる時期に活動する5/0～11/0では著しく異なってくること、また磷酸において、水稻、大豆にみられる長期間にわたる同程度の含有率の経過は、小豆では8/0、9/0にわずかにみられる程度で、ほかの葉ではその間減少度がやや低下するという経過をとるなどのことから、小豆の葉における無機成分含有率の消長の特徴的な点とみなしうものと思われる。

これらのことは、各要素とも作物体中で欠乏状態にあるのではないかという疑問もあるが、1960～1962年の小豆3要素用量試験⁷⁾⁸⁾の結果では、その傾向は認められなかった。

無機成分含有量の消長

乾物重に各要素含有率を乗じたものを含有量として第9～11表ならびに第6～8図に示した。

各葉中の窒素の量は、第9表、第5図のように葉の伸展肥大とともに増加してゆき、ある時期に最高に達し、のち低下の方向に向かい、枯死するにいたって減少は停止する。そしてこれは下位葉から上位葉へ連鎖的に出葉とともに繰り返される。

初葉～4/0までは、最高に達してから後の減少がそれらの上位葉より緩慢に行なわれ7/0～12/0では急激に減少が起こり、5/0、6/0はその中間型をとる。初葉～4/0までは、2～5日の間隔で最高含有量に達してゆくが、5/0～8/0は開花始め～開花期に最高含有量となり、9/0～13/0は莢伸長肥大期である8月24日ころにほぼ同時に最高含有量となり、一斉に減少してゆく。9/0～11/0の葉においても、乾物重が、最高重に達した後ただちに減少せず、一時停滞をみせる経過をとるのは

第9表 葉位別葉窒素含有量の消長 (mg/葉)

試料番号	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
茎 ***	1.12	0.52	15.033	66.4	140.0	119.2	55.9			
種子 ***						74.6	278.4	157.3		
主 茎 葉 位	13							15.3	12.2	7.2
	12						17.4	30.1	18.4	11.8
	11					6.5	27.4	42.5	20.8	15.2
	10					17.9	34.6	42.7	20.5	15.4
	9					28.7	38.8	44.0	21.0	16.5
	8				5.0	36.5	46.5	32.6	20.0	14.8
	7				15.7	37.2	46.6	36.0	19.1	
	6				27.2	39.6	36.9	24.8	18.5	
	5			14.8	25.1	31.5	30.0	20.6	14.9	
	4			20.6	28.3	24.5	16.9	15.0		
	3		6.1	25.4	25.8	19.0	12.9	9.8		
2		13.0	17.6	13.5	10.2	5.9				
1	3.8	10.5	7.5	5.8	2.9					
初葉 **	3.6	4.7	3.7	2.5	1.5					
合計 *	3.68	5.33	3.88	4.17	9.25	31.3	313.4	165.1	80.9	

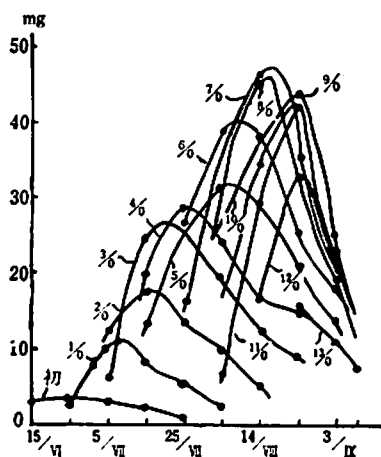
* 合計は主莖葉の含有量のみ ** 2枚をもって示す
*** 個体当たり mg

第10表 葉位別葉磷酸含有量の消長 (mg/葉)

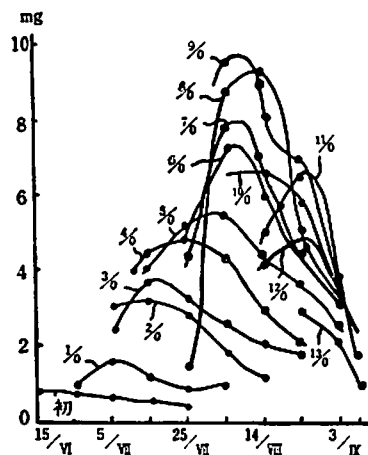
試料番号	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
茎 ***	0.30	0.61	1.6	6.2	8.5	18.6	31.4	23.8	11.1	
種子 ***							19.5	66.1	153.9	
主 茎 葉 位	13								2.9	2.2
	12							4.2	4.4	2.7
	11							4.7	6.5	3.5
	10					6.5	6.4	6.0	3.5	2.5
	9					9.5	7.2	7.1	3.4	2.3
	8				1.6	8.8	9.2	4.8	3.1	2.5
	7				4.3	7.8	5.6	4.2	3.2	
	6				5.2	7.4	6.1	4.3	3.1	
	5			4.3	5.3	5.5	4.4	3.7	2.6	
	4			4.5	4.7	4.3	2.9	2.0		
	3		2.4	3.7	3.2	2.6	2.0	1.8		
2		3.1	3.0	2.8	1.8	1.2				
1	1.0	1.6	1.3	0.8	0.9					
初葉 **	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4					
合計 *	0.81	1.77	1.7	3.28	3.55	15.3	9.47	27.3	11.5	

* 合計は主莖葉のみ ** 2枚をもって示す
*** 個体当たり mg

第6図 葉位別葉窒素含有量の消長



第7図 葉位別葉磷酸含有量の消長



異なつて、最高含有量になると、ただちに含有量を減少してゆく。

磷酸の各葉における含有量の消長は第10表、第7図に示した。各々の葉では伸展肥大にともなつて磷酸が蓄積してゆき、ある時期に最高に達し、その後減じてゆき、これが下位葉から上位葉へ次第に連鎖的に起こつてゆくことは窒素の場合と同様である。ただし、窒素の場合との相違は、含有

量の増加、減少の一環の推移のうちの、その増加の速度が、7/0~9/0でやや早くなつてゐる点である。磷酸では6/0~9/0において8月12日前後にほぼ同時に最高含有量となり、7/0、8/0では窒素の場合より2、3日、9/0では10日以上も早く最高含有量に達している。また10/0、11/0は8/0、9/0より著しく含有量が低いことは、後にのべる加里の場合と同様で、窒素においてはみられない点で

第11表 葉位別葉加里含有量の消長 (mg/葉)

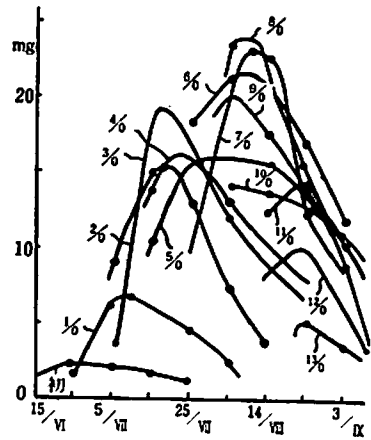
試料番号	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	
茎 ***	0.7	1.9	5.6	19.9	46.3	80.7	118.9	82.1	72.5		
種子***							41.0	123.5	127.9		
主 茎 葉 位	13							5.3	4.0	2.5	
	12						8.3	10.0	6.3	3.2	
	11						12.6	14.0	9.5	3.5	
	10					14.5	14.1	13.3	9.3	7.2	
	9					20.2	15.9	14.6	9.7	9.2	
	8					3.7	23.6	22.5	14.5	10.7	9.7
	7					10.6	21.8	22.7	13.1	9.1	
	6					18.0	21.3	21.4	16.2	11.7	
	5			10.7	16.6	16.4	16.1	14.1	10.2		
	4			14.8	16.5	13.1	10.4	8.2			
	3		3.9	18.5	16.1	12.3	8.8	7.0			
	2		9.2	14.9	12.3	7.5	4.4				
	1	2.0	6.3	5.8	4.6	2.3					
初葉**	1.5	2.2	2.0	2.1	1.3						
合計*	1.54	2.21	4.66	8.99	7.15	13.0	157.2	130.3	80.5	35.3	

* 合計は主莖葉のみ ** 2枚をもって示す
*** 個体当たり mg

ある。2/0, 4/0, 10/0で最高含有量でただちに減少をせず、やや停滞を示す点も窒素において常に停滞をみせないのとは相違する。

次に各葉における加里含有量の消長を算出した結果が第11表、第8図である。加里含有量の消長の特徴は、初葉~4/0の生育初期の葉にあっても、最高含有量の時期が明瞭に時間の間隔をおかないことである。すなわち、2/0~4/0は7月20日前後にほぼ同時に最高になっている。さらに2/0の含有量が、窒素、リン酸と異なり、3/0, 4/0, 5/0より高くなっており、また5/0において最高含有量に達してから、その後20日ほどの長期間にわたってその値を保つのを特徴としている。その他の点ではリン酸含有量の消長とほぼ類似している。ただし、最高含有量に達してから減少は、水稻⁹⁾にみられるほどではないが、窒素、リン酸よりやや少

第8図 葉位別葉加里含有率の消長



ない。

以上のように、各葉位の葉における含有量の消長も、それぞれの要素でやや相違をみせてはいるが、乾物重の消長、含有率の消長と合せ検討してみると、乾物重の消長で分類した5つの区分が、各葉位の葉における窒素、リン酸、加里の葉中の行動を大別する区分にも、あてはめうるものと思われる。ただし、この区分は、その間で葉の機能が急に変わるということの意味するのではなく、葉が作物の生長にしめる役割りの比重が各区分で異なるのではないかということを示唆するものであろう。その役割りについてはさらに検討を要する。特に、分枝の発生も含めた栄養生長のおう盛な時期と、開花、莢伸長とが重なる時期に活発な活動をしていると思われる5/0~8/0、また、栄養生長と子実の肥大が、ともに行なわれている時期に活発な活動をしていると思われる9/0~11/0の葉については、栄養生長と、生殖生長が重なるということが豆類の特徴的な生育であるが故に、一層その役割りの解明が必要なことと思われる。

なお窒素、リン酸、加里の移動率を乾物重におけると同様に算出したのが第12表である。

第12表 各要素の各葉位葉における移動率 (%)

主莖葉位	初葉	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
窒素	68.1	72.4	66.5	62.0	47.0	52.7	53.3	59.0	68.2	62.5	63.9	64.2	60.8	53.1
リン酸	50.0	49.2	61.6	51.4	56.8	53.0	57.5	58.7	72.8	75.8	61.2	75.0	63.5	66.3
加里	42.3	63.9	70.5	62.2	50.6	38.7	45.3	59.9	58.9	54.4	50.2	75.3	67.5	52.8

窒素は初葉, 1/0は70%前後と高く, その後4/0まで移動率は減少する。5/0~8/0では上位葉ほど高く(50~70%), 9/0~11/0ではほぼ同率(63%)で, 12/0, 13/0は9/0~11/0よりやや低くなっている。

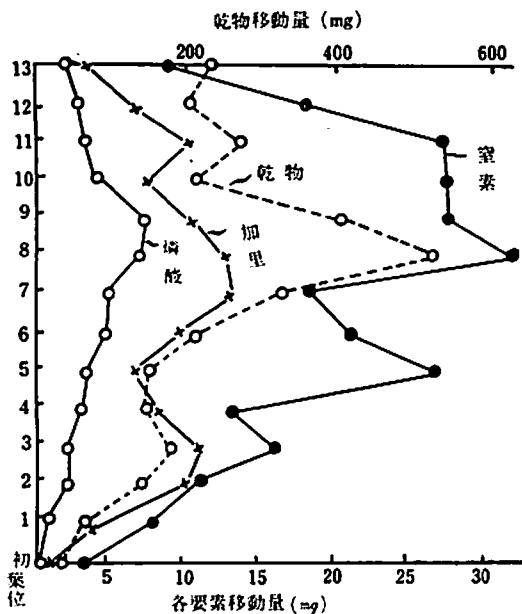
磷酸は8/0, 9/0, 11/0が70%前後と高い以外, その他の葉位の葉では50~60%の移動率を示す。

加里は, 初葉~4/0まで2/0を頂点(70%)として, 上, 下葉で低く, 5/0~8/0では5/0, 6/0で45%と低く, 7/0, 8/0で60%とやや高くなっている。9/0, 10/0では50%強を移動し, 11/0~13/0では上位葉ほど低く(75~53%)になっている。

以上のように, 水稻⁹⁾でみられるような葉位を境として判然と移動率に違いをみせるという特徴はない。

移動量の葉位間の関係は第9図のとおりである。

第9図 乾物および各要素の葉位別葉における移動量(mg)



窒素は5/0~7/0, 9/0~11/0で, 乾物移動量と異なった葉位間の関係をみせる。

磷酸は乾物移動量とは比較的無関係に初葉~9/0までは, 移動量をまし, その後頂葉に向かって減少する。

加里は乾物移動量とほぼ平行的な葉位間のある。

以上のように, 移動率, 移動量に関しても, 前記区分内である傾向的な特徴は認められるが, それが葉の機能, 役割りといかなる関係にあり, 小豆の生育にどのように影響しているかについては更に検討しなくてはならない。

III 摘 要

小豆の主茎葉位別葉での形態の推移ならびに無機要素の行動を知る目的で, 1961年に圃場に標準栽培した「宝小豆」を用いて, 葉面積, 葉重と窒素, 磷酸, 加里の行動について, 調査した結果次のことを得た。

1) 葉面積は, 初葉~7/0までは順次大型となり7/0~10/0間では, ほぼ同型で, その後頂葉に向けて小さくなる。

2) 初葉, 1/0は最高葉面積に達するのに長日を要するが, その他の葉は出葉後1週間内外で最高に達する。従って大型の葉ほど急激に伸展をみせる。

3) 葉重は, 各葉とも伸展とともに増加し, 最高に達した後減少する。これを下位葉から上位葉へと繰り返してゆく。その消長の状態を5型に大別した。その区分は無機要素の行動を区分するのにも適用することが可能であった。

a) 初葉~4/0(乾物分類のI, II型を含む)これらの葉は小豆特有の生育の遅い初期に活動的であると思われる葉で, 乾物重, 3要素含有率, 含有量の消長がともにほかの葉より緩慢な経過をとる。

b) 5/0~8/0(III型)これらの葉の出葉は3~5日間隔で順次行なわれるが, 最終葉が出葉する8月14日前後にはほぼ同時に, 乾物重, 3要素含有量の最高値に達し, その後一齐に減少してゆく。従って, 上位葉ほど急速に養分を必要とし, 急速に増大する。

c) 9/0~11/0(IV型)これらの葉は5/0~8/0と比較的類似しているが, 乾物重, 3要素含有率の消長においてある時期に明瞭な停滞期を有する。

d) 12/0~13/0(V型)これらの葉は開花期後に開花する葉で, 形は小さく, 3要素含有率は葉の

伸展とともに終始急激に減少してゆく。

4) 無機要素の含有率は各葉において、消耗的に減少していく。停滞期においても減少度を減ずる程度で推移する。

5) 移動量では、窒素は 5/0~7/0, 9/0~11/0 で相対的に特異な移動量の推移をみせる。磷酸は乾物重の減少状態には比較的無関係に、初葉から 9/0 までは移動量を漸増し、その後頂葉に向け漸減する。加里は乾物重の移動量の推移とほぼ平行的に移動する。

6) 以上の結果、小豆の初期生育が遅く、生育おう盛期の期間が短いという特徴は、その時期に活動している葉においても、顕著な特徴となっていることが知れた。

参考文献

- 1) 平井義孝, 1961; 大豆の無機栄養に関する調査(第2報) 道農試集, No. 8: 24-36.
- 2) 石塚喜明, 田中 明, 1958; 水稻の葉の栄養生理学(I), 農及園, 33(9): 1320-1324.
- 3) ———, ———, 1963; 水稻の栄養生理, (養賢堂).
- 4) 片山 佃, 1951; 稲麦における分蘖研究, (養賢堂).
- 5) 大泉久一, 1962; 大豆の分枝発生機構並びにその栽培学的意義に関する研究, 東北農業試験場研究報告, No. 25: 1-97.
- 6) 田中 明, 1956; 葉位別に見た水稻葉の生理機能の特性及びその意義に関する研究(第4報), 土肥誌, 27(6): 223-228.
- 7) 十勝支場試験成績, 1960年.
- 8) ———, 1961年.
- 9) 山内益夫, 1964; 小豆無機要素に関する調査(第1報) 道農試集 No. 13: 91-98.

Summary

In this paper, the development of leaves at definite positions and the seasonable changes in Nitrogen, Phosphorous and Potassium contents of each leaf, were examined as the growth of an Azuki-bean "Takarashōzu" advances. The following results were obtained.

1) The areas of the upper leaves were larger than those of the lower leaves from the primary leaf to 7/0. However, there was no difference among the leaves from 7/0 to 10/0, and the upper leaves above 10/0 became smaller toward the top leaf.

2) The primary and 1/0 leaf required a

long time for their development, but other leaves reached a maximum in about a week after they emerged. Thus, it is assumed that the larger leaf the faster in development.

3) The dry weight of each leaf increased with advance in the growth and it decreased again after they reached a maximum in their dry weight. Those aspects of increased and decreased dry weight with growth were classified in five types. Also, this classification was applicable to classify the movements of three elements in their leaves.

a) Primary leaf—4/0 (I, II types by dry weights-classification in the leaves) These leaves were more active in the early stage which points out slow growth. The changes of dry weights, the rates of contents and the contents of three elements in these leaves were slower than the other leaves.

b) 5/0-8/0 (III type) These leaves emerged from the lower leaf every third-fifth day but the dry weights and the contents of three elements in these leaves reached a maximum at about the same time, then afterwards decreased. Therefore, the higher the leaves become, the faster in the necessity of nutrients and in their development.

c) 9/0-10/0 (IV type) These leaves were almost equal characteristics with 5/0-8/0, but the changes of the rates of three elements-contents had a clear stagnant time at some period.

d) 12/0-13/0 (V type) These leaves emerged after flowering time. The leaf area was small. The changes of the rates of three elements-contents showed the rapid decrease with advance in the growth.

4) Azuki-bean plant had not the stagnant-period of the changes of nutrients in the leaf so remarkable as Rice plant or Soybean plant, and the rates of contents of three nutritional elements in leaves decreased with the advance in growth.

5) The changes in the amount of translocated Nitrogen showed to be characteristic in both leaves of 5/0-7/0 and 9/0-10/0. In the translocation of Phosphorous, the translocated amounts in each leaf increased gradually from the primary leaf to 9/0, and then, decreased

gradually toward the top leaf. These changes were not concerned with decrease of leaf-dry-weight. Referring to Potassium, however, the changes in the translocated amounts showed a similar tendency to that in dry weight of the

concerned leaf.

6) The characteristics of Azuki-bean-growth as reported in No. 1⁵⁾ were recognized also in the active leaves at each stage.