

有機酸およびアミンが水稻幼植物の生育ならびにリン酸吸収
に加よぼす影響について:土壌微生物の変動と土壌中の物質
代謝に関する研究(第6報)

誌名	日本土壌肥料学雑誌 = Journal of the science of soil and manure, Japan
ISSN	00290610
著者	藤井, 国博 小林, 達治 高橋, 英一
巻/号	43巻6号
掲載ページ	p. 211-217
発行年月	1972年6月

有機酸およびアミンが水稻幼植物の生育 ならびにリン酸吸収におよぼす影響について*

土壌微生物の変動と土壌中の物質代謝に関する研究 (第6報)

藤井国博**・小林達治***・高橋英一***

1. はじめに

前報まで^{1,2,3)}に、植物遺体の分解過程において種々の有機酸およびアミン類が存在することを報告した。これらの物質が植物の生育に与える影響については、滝嶋⁴⁾が有機酸の水稻種子根伸長に対する影響を検討しているが、アミン類の植物生育におよぼす影響についてはいまだ明らかにされていない。そこで著者らは、播種後3週間目の水稻幼植物を用い、湛水土壤中での植物遺体分解過程においてその存在が示された有機酸とアミン類の水稻幼植物に対する影響を検討し、土壌中で生成される種々の物質が植物の生育におよぼす影響の一端を明らかにしようとした。本報告では、実験1として培養液中にアミンおよび有機酸が単独で存在する条件下およびアミンと有機酸が共存する条件下における水稻幼植物によるリン酸の吸収を³²P(正リン酸)を使って検討した結果と、実験2としてアミンが単独で存在する条件下およびアミンと有機酸が共存する条件下での水稻幼植物の生育を観察した結果とを報告する。なお、本実験は昭和43年12月と翌44年4月に実施した。

2. 実験方法

供試植物の育成と実験1, 2はすべて30°Cに保ったファイトトロン中で自然光下で実施した。供試した水稻幼植物は次のようにして生育させた。水稻(京都旭)種子をウスブルン1,000倍液に5~6時間浸漬したのち種子を流水中で洗浄した。この種子をザルに播種した。播種後1週間は水道水で、それ以後2週間は春日井氏水稻水耕培養液で生育させた。培養液は2日ごとに更新した。この播種後3週間目の水稻幼植物を実験に供した。

実験1, 水稻幼植物によるリン酸(³²P)の吸収について

供試有機酸とアミンおよび供試濃度は第1表に示し

* 本報告の一部は昭和44年土肥学会秋季大会で報告した。

** 京都大学農学部(現在、農技研化学部、東京都北区西ヶ原2-1-7)

*** 京都大学農学部

なお、本報告は京都大学学位審査論文の一部である。日本土壌肥科学雑誌 第43巻 第6号 p.211~217 (1972)

た。これらの有機酸およびアミンを含みpHを7に調整した春日井氏水稻水耕培養液50mlにもみがらを取り除いた幼植物を3本1組として移植し44時間培養した(前培養)。この前培養開始後20時間目に培養液を更新した。前培養終了後の幼植物を³²Pを6~8×10⁵cpm含む培養液に移植し、6時間³²Pを根から吸収させた。6時間後に水稻体内に吸収された³²Pを以下の方法で抽出した。すなわち培養終了後流水中で根を洗浄し濾紙で軽くおさえ水をぬぐい新鮮重を測定した。測定後ただちに植物体(地上部+根部)を磨砕しないで試験管に入れ3%トリクロル酢酸液10mlを加え室温で39時間浸漬した。この操作をさらにもう一度繰り返して得られた液を室温抽出液とした。室温抽出後の植物体に10mlのトリクロル酢酸液を加え90°Cに保った水浴で15分間処理した。次にトリクロル酢酸液5mlで15分間処理した。このトリクロル酢酸液5ml処理をもう一度繰り返した。この3回の処理で得られた液を高温抽出液とした。なお抽出残渣には放射能はわずかに認められるだけであった。両抽出液の放射能は、抽出液の一定量をカウンティングカップにとり赤外線ランプ下で乾燥させた後、GMカウンターで測定した。この両抽出液の放射能を合計し、さきに測定しておいた幼植物の新鮮重から幼植物1gあたりの放射能を求めた。なお対照区は春日井氏培養液に

第1表 供試有機酸およびアミンとその濃度(ppm)

	処 理 区	処理濃度 (ppm)
有機酸	ギ酸, 酢酸, プロピオン酸, 酪酸, 乳酸, クエン酸, シュウ酸, コハク酸	10, 50, 100, 500, 1,000
	メチルアミン, エチルアミン, n-プロピルアミン, n-ブチルアミン, ジエチルアミン, トリメチルアミン, ヒスタミン**, エタノールアミン	10, 50, 100, 500, 1,000
	ブトレシン, カダベリン**, トリエチルアミン	50, 200, 500
有機酸 + アミン	ブトレシン+酢酸	50(25+25)* 200(100+100)* 500(250+250)*
	ブトレシン+プロピオン酸	
	ブトレシン+ギ酸	
	カダベリン+酢酸	
	カダベリン+プロピオン酸	
	カダベリン+ギ酸	
	トリエチルアミン+酢酸 トリエチルアミン+プロピオン酸 トリエチルアミン+ギ酸	

* たとえば、ブトレシン+酢酸50ppm区は、ブトレシン25ppmと酢酸25ppmの組み合わせ処理区を示す。200, 500ppm区も同様である。

** 塩酸塩を使用した。

^{32}P 添加した区とした。実験はすべて 2 連で行ない結果は平均値で示した。この実験 1 は全処理を同時に開始することができなかつたために 4 回に分けて行なつた。まず 12 月に有機酸とアミンの単独処理区について 3 回に分けて実施し、次にアミンと有機酸の組み合わせ処理区の実験を 4 月に行なつた。この組み合わせ処理区のリン酸吸収を検討するにあたり比較のために有機酸とアミンの単独処理区を設け、同時に実施した。

実験 2 アミンおよび有機酸存在下における水稻幼植物の生育について

(1) *n*-プロピルアミン、エタノールアミン、プトレシンの単独処理区における水稻植物の生育を処理後 2 週間にわたって観察した。これらアミンの処理濃度は、10, 50, 100, 500, 1,000 ppm であり、実験 1 の 3 回目の実験と同時に実施した。(2) プトレシン、カダベリン、トリエチルアミン、酢酸、プロピオン酸、ギ酸の単独処理区およびプトレシン+酢酸、プトレシン+プロピオン酸、カダベリン+プロピオン酸、トリエチルアミン+ギ酸の組み合わせ処理区における水稻幼植物の生育を処理後 2 週間にわたって観察した。単独処理濃度は 50, 200, 500 ppm であり、組み合わせ区の処理区濃度は、第 1 表に示した。この実験は、実験 1 の組み合わせ処理区の実験と同時に実施した。この 2 つの実験の実験条件は実験 1 と同じであった。また各処理区の培養液は 2 日ごとに更新した。

3. 結果と考察

実験 1 水稻幼植物によるリン酸 (^{32}P) の吸収について

有機酸およびアミンが水稻幼植物によるリン酸の吸収にどのような影響をおよぼすかを ^{32}P を用いて検討した結果を第 2~6 表に示した。このリン酸吸収実験は、実験方法のところで述べたように 4 回に分けて行なつた。第 1 回は、有機酸の単独処理区について 12 月 2 日から開始した。この結果を第 2 表に示した。第 2 回と第 3 回の実験はアミンの単独処理区について 12 月 9 日と 12 月 16 日にそれぞれ開始し、得られた結果は第 3 表と第 4 表に示した。第 4 回の実験は、アミンと有機酸の組み合わせ処理区について 4 月 14 日に開始した。この結果は第 5 表と第 6 表に示した。また培養液に加えられた ^{32}P の放射能は、次のとおりであった。第 1 回と第 4 回は 8×10^5 cpm, 第 2 回は 6×10^5 cpm, 第 3 回は 7×10^5 cpm であつた。

第 2 表に有機酸存在下における水稻幼植物によるリン酸 (^{32}P) の吸収を示した。これによるとギ酸の 10~100 ppm 区では、対照区の 1.5~1.2 倍の吸収を示したが、

第 2 表 水稻幼植物による ^{32}P の吸収におよぼす有機酸の影響

処理区	ppm	吸収された $^{32}\text{P} \times 10^4$ cpm/g 新鮮重	吸収比*
対照区	—	47.1	100
ギ酸	10	74.0	157
	50	70.9	151
	100	59.9	127
	500	27.5	58
	1,000	14.8	31
酢酸	10	91.0	193
	50	67.6	144
	100	53.4	114
	500	38.0	81
	1,000	32.2	69
プロピオン酸	10	92.8	197
	50	60.8	129
	100	60.4	128
	500	40.0	85
	1,000	38.3	81
酪酸	10	97.0	206
	50	76.9	161
	100	71.5	152
	500	62.7	133
	1,000	46.0	98
乳酸	10	90.8	193
	50	96.3	205
	100	76.9	164
	500	45.9	97
	1,000	47.3	101
クエン酸	10	138.1	294
	50	109.2	231
	100	110.1	233
	500	90.4	192
	1,000	83.5	178
シュウ酸	10	53.1	113
	50	66.1	140
	100	67.1	143
	500	59.6	127
	1,000	61.1	132
コハク酸	10	91.0	193
	50	101.0	215
	100	85.8	182
	500	83.2	177
	1,000	105.2	224

* 対照区の吸収を 100 としたときの各処理区の吸収比

低級飽和脂肪酸では、500ppm 以上の高濃度処理区では、 ^{32}P の吸収阻害が起り、100ppm 以下の低濃度処理区では、吸収が促進される傾向にあつた。酪酸および乳酸処理区では、高濃度区でも対照区とほとんど変わらない吸収を示した。第 1 報¹⁾と第 3 報²⁾でいねわらおよびクロバの水抽出液中にその存在を報告したクエン酸で処理した区では、高濃度でも吸収阻害は認められず、逆にかつた。かなりの吸収促進が認められた。シュウ酸は、供試濃度内では対照区より吸収が増加したが、吸収の増加はクエン酸ほど多くなかつた。クロバを砂と混合し灌水条件にしてクロバを分解させた場合に生成されたコハク酸²⁾で処理した場合には、クエン酸処理区と同様に ^{32}P の吸収は、対照区よりかなり増加した。以上のように乳

500ppm および 1,000ppm 区では、それぞれ対照区に比較すると約 40% と約 70% の吸収低下が認められた。酢酸およびプロピオン酸処理区における ^{32}P の吸収は、ギ酸処理区と同様に 100ppm 以下の低濃度では、対照区より増加したが、500ppm 以上の高濃度になると対照区より低下した。ただし、酢酸とプロピオン酸処理区の吸収の低下の程度は、ギ酸よりはるかに小さかつた。このようにギ酸、酢酸、プロピ

第3表 水稻幼植物による³²Pの吸収におよぼすアミンの影響

処理区	ppm	吸収された ³² P × 10 ⁴ cpm/g 新鮮重	吸収比*
対照区	—	7.2	100
メチルアミン	10	10.1	140
	50	19.9	277
	100	13.0	180
	500	5.6	78
	1,000	4.8	66
エチルアミン	10	15.2	211
	50	20.7	287
	100	22.2	310
	500	13.5	189
	1,000	7.9	110
n-プロピルアミン	10	17.8	248
	50	21.0	292
	100	19.6	272
	500	9.8	137
	1,000	5.3	74
n-ブチルアミン	10	15.7	219
	50	23.3	324
	100	26.6	369
	500	9.1	127
	1,000	5.6	78
ジエチルアミン	10	19.8	275
	50	17.8	248
	100	14.1	196
	500	13.6	189
	1,000	8.2	113
ヒスタミン	10	9.6	132
	50	19.1	266
	100	21.0	293
	500	25.6	356
	1,000	16.0	232

* 対照区の吸収を100としたときの各処理区の吸収比

³²Pの吸収は増加した。しかし、500ppm以上の高濃度区では対照区より吸収は20~35%低下した。エチルアミン処理区では、供試濃度内では吸収の増加が起り、100ppm区では対照区の3倍になった。n-プロピルアミン処理区とn-ブチルアミン処理区では、500ppmまでの吸収は対照区より多かったが、1,000ppm区ではその吸収量は対照区の約70%に低下した。ジエチルアミン処理区では、対照区より吸収は多かったが、濃度の増加とともに吸収が低下する傾向にあった。土壤中に存在することが報告されているヒスタミン⁶⁾で処理した区では、供試全濃度にわたって吸収の増加が認められ、低濃度よりも高濃度区での吸収が多かった。ヒスタミンと同様に土壤中に存在することが報告されているエタノールアミン⁵⁾で処理した区では、吸収は対照区より増加し処理濃度の増加とともに吸収も増加する傾向にあった。トリメチルアミンは、供試アミンのなかでは特異的な作用を示した。すなわち500ppmまでの濃度では、リン酸の吸収は対照区よりわずかに増加したが、濃度による吸収の差がほとんど認められなかった。しかし、1,000ppm区では約20

酸、クエン酸、シュウ酸、コハク酸処理区の水稲幼植物によるリン酸(³²P)の吸収は、これらの酸の存在によって阻害されず、クエン酸とコハク酸の存在は、吸収をかなり増加させることが示された。

次にアミン処理区における実験結果を第3表と第4表に示した。メチルアミン処理の100ppm以下の低濃度区では、対照区より

第4表 水稻幼植物による³²Pの吸収におよぼすエタノールアミンおよびトリメチルアミンの影響

処理区	ppm	吸収された ³² P × 10 ⁴ cpm/g 新鮮重	吸収比*
対照区	—	11.6	100
エタノールアミン	10	16.6	143
	50	17.8	153
	100	22.7	196
	500	22.1	190
	1,000	26.7	230
トリメチルアミン	10	13.2	115
	50	13.0	113
	100	13.7	118
	500	13.0	113
	1,000	8.6	83

* 対照区の吸収を100としたときの各処理区の吸収比

の吸収低下が起こった。個々の有機酸およびアミンが水稲幼植物によるリン酸吸収におよぼす影響は、以上に示したとおりであった。前報までに報告^{1,2,3)}したように植物遺体の湛水分解過程においては、その初期にいくつかの有機酸やアミンが同時に検出された。したがって土壤中で生成される物質の植物生育に対する影響を知るためには、個々の生成物の影響を明らかにするとともにそれらの物質が混在する場合の植物生育に対する影響をも検討する必要があると考えた。そこでまず、同一の培養液に1種類の有機酸と1種類のアミンが共存する条件下での水稲幼植物によるリン酸の吸収を³²Pを使って検討した。有機酸として、植物遺体の湛水分解過程で生成された酢酸^{1,2)}とプロピオン酸^{1,2)}および植物遺体の分解過程での生成量は少なかった²⁾が第2表に示したように単独に存在した場合にリン酸吸収を激しく阻害したギ酸を供試し、アミンとしては、クローパの湛水分解過程で検出されたプトレシン³⁾とカダベリン³⁾および第3級アミン³⁾を供試した。ただし第3級アミンはトリエチルアミンを使用した。これらの有機酸とアミンの組み合わせと供試濃度は第1表に示した。また、比較のためにこれらの有機酸とアミンの単独処理区を設け、同時に実施した。以下にその結果を述べる。

第5表に供試有機酸とアミンの単独処理区における水稲幼植物による³²Pの吸収を検討した結果を示した。これによるとプトレシン処理区の³²Pの吸収は対照区よりかなり増加したが、カダベリンの200および500ppm処理区の³²Pの吸収は、対照区よりかなり減少した。トリエチルアミン処理では、500ppm区で対照区よりわずかに吸収が低下したが、50および200ppm区ではほとんど対照区と変わらなかった。酢酸とプロピオン酸処理区の³²Pの吸収は、対照区よりかなり増加した。とくにプロピオン酸の200および500ppm区では対照区の約2倍の吸収を示した。ギ酸の200および500ppm区の吸収は対照区の吸収より約20%減少した。

第6表に有機酸とアミンの組み合わせ処理区における

第 5 表 水稻幼植物による ^{32}P の吸収におよぼすアミンおよび有機酸の影響

処理区	ppm	吸収された $^{32}\text{P} \times 10^4 \text{cpm/g}$ 新鮮重	吸収比*
対 照 区	—	53.2	100
ブトレシン	50	64.7	122
	200	90.8	171
	500	76.4	144
カダベリン	50	68.6	129
	200	29.5	55
	500	28.8	54
トリエチルアミン	50	50.7	95
	200	51.9	98
	500	44.7	84
酢 酸	50	83.3	156
	200	94.0	177
	500	97.9	184
プロピオン酸	50	67.3	127
	200	106.3	200
	500	114.4	215
ギ 酸	50	77.5	146
	200	42.4	80
	500	40.8	77

* 対照区の吸収を 100 としたときの各処理区の吸収比

水稻幼植物による ^{32}P の吸収について検討した結果を示した。ブトレシン+酢酸処理区では、全処理区で対照区より ^{32}P の吸収は増加した。このブトレシンと酢酸は、第 5 表に示したように単独処理区においても ^{32}P の吸収は対照区より増加したが、両者の共存による相乗効果は認められなかった。ブトレシン+プロピオン酸処理区では、低濃度 (50ppm) 区での吸収は対照区より増加したが、高濃度 (500ppm) 区では対照区の約 20% の吸収低下が示された。このブトレシンとプロピオン酸は単独処理区では全く吸収低下を引き起こさなかったが、両者が共存する条件下では濃度によって吸収が阻害されることが見いだされた。ブトレシン+ギ酸処理区では、ブトレシン+酢酸処理区と同様に全処理区とも対照区より吸収は増加したが、吸収増加の割合は処理濃度の増加とともに低下してゆく傾向にあった。また、ギ酸単独処理区では 200ppm 区で吸収が対照区より低下したが、ブトレシンと組み合わせると吸収は対照区より増加した。このことからギ酸の吸収阻害作用をブトレシンが抑制しているものと考えられる。カダベリン+酢酸処理区では処理濃度の増加とともに吸収は増加することが認められた。カダベリン単独処理区の 200 および 500 ppm 区の ^{32}P の吸収は対照区より約 50% 低下したが、酢酸と組み合わせると ^{32}P の吸収は対照区より増加し、かつ処理濃度の増加とともに ^{32}P の吸収も増加した。カダベリン+プロピオン酸処理区では、カダベリン+酢酸処理区と同様に、プロピオン酸と組み合わせることによってカダベリンの吸収阻害作用が認められなくなった。しかし、酢酸との組み合わせ処理の場合と違って濃度の増加とともに吸収量はわずかに減少していった。このようにカダベリンと酢酸およびプロピオン酸との組み合

わせ処理の場合はカダベリンの吸収阻害作用を酢酸およびプロピオン酸が抑制しているものと考えられる。カダベリン+ギ酸処理区においては 50ppm 区で対照区より 8% 吸収が低下した程度であったが、処理濃度の増加とともに対照区の約 50% に吸収が低下した。このようにカダベリン単独処理区の 200ppm 区およびギ酸処理区の 200ppm 区でも吸収阻害が認められたし両者を組み合わせた処理区でも吸収の低下が起こった。しかしながら両者の相乗の効果は認められなかった。トリエチルアミン+酢酸処理区の 50 および 200ppm 区の ^{32}P の吸収は対照区とほとんど変わらなかったが、500ppm 区の吸収は対照区の吸収より約 30% 低下した。トリエチルアミン+プロピオン酸処理区の 50ppm 区の吸収は、対照区より 10% 増加したが、200ppm 区では約 14% の吸収低下が起こった。しかし、500ppm 区の吸収は対照区とほとんど変わらなかった。トリエチルアミン+ギ酸処理区では、500ppm 区の吸収が対照区より 10% 低下したが、200ppm 区の吸収は 10% 増加した。しかし 50ppm 区の吸収は対照区とほとんど変わらなかった。このようにトリエチルアミンと酢酸およびプロピオン酸との組み合わせ処理では、酢酸およびプロピオン酸の単独処理が水

第 6 表 アミンと有機酸の共存下における水稻幼植物による ^{32}P の吸収

処 理 区	ppm	吸収された $^{32}\text{P} \times 10^4 \text{cpm/g}$ 新鮮重	吸収比*
対 照 区	—	53.2	100
ブトレシン+酢酸	50	70.4	132
	200	70.6	133
	500	81.5	153
ブトレシン+プロピオン酸	50	91.4	172
	200	56.4	106
	500	40.9	77
ブトレシン+ギ酸	50	87.0	164
	200	80.6	152
	500	73.2	138
カダベリン+酢酸	50	55.4	104
	200	76.6	144
	500	90.8	171
カダベリン+プロピオン酸	50	78.0	147
	200	73.7	139
	500	69.5	131
カダベリン+ギ酸	50	48.7	92
	200	27.1	51
	500	28.9	54
トリエチルアミン+酢酸	50	57.9	109
	200	51.9	98
	500	38.5	72
トリエチルアミン+プロピオン酸	50	59.2	111
	200	45.6	86
	500	51.8	97
トリエチルアミン+ギ酸	50	51.6	97
	200	58.3	110
	500	47.1	89

* 対照区の吸収を 100 としたときの各処理区の吸収比

稲幼植物の ^{32}P 吸収におよぼす影響（吸収の増加）をトリエチルアミンが打ち消しているものと考えられる。また、トリエチルアミンは、ギ酸のもつ吸収阻害作用を抑える方向に働いているものと考えられる。これらのことからトリエチルアミンは、これらの有機酸が水稻幼植物の ^{32}P の吸収におよぼす影響をマスクする作用をもっているものと考えられる。

なお酢酸、プロピオン酸およびギ酸の単独処理区については2回実験を行なったが、酢酸とプロピオン酸についてはかなり大きく実験結果がくい違った。すなわち第2表の結果では酢酸の高濃度処理区の吸収は低下することが示されたが、第5表の結果では、処理濃度の増加とともに吸収も増加することが示された。またプロピオン酸処理区についても酢酸処理区と同様の結果が得られた。このくい違いの原因については不明であるが、前実験（第2表）が12月に実施され、後実験（第5表）が4月に行なわれたことも一因ではないかと思われるがこの点については今後十分な検討が必要と考えられる。

実験2 アミンおよび有機酸存在下における水稻幼植物の生育について

実験1ではアミンおよび有機酸で2日間処理した水稻幼植物の ^{32}P の吸収について検討したが、実験2では2週間にわたってアミンおよび有機酸を含む水耕培養液で水稻幼植物を育てその生育を観察した。(1) まず、3アミン、クローバの湛水分解過程で検出された *n*-プロピルアミン³⁾、土壤中に存在することが報告されているエタノールアミン⁵⁾および *n*-プロピルアミンと同様にクローバの湛水分解過程で検出されたブトレシン⁶⁾で処理した水耕培養液に実験1と同様に播種後3週間目の水稻幼植物を移植し、移植後2週間にわたってその生育を観察した。なおこの実験は、実験1の第3回目の実験と同時に開始した(12月19日)。その結果を第7表に示した。この実験によると、*n*-プロピルアミン、エタノールアミン、ブトレシン処理区とも高濃度区では移植後3~4日で茎葉部に黄化が起こり、1週間後には植物体は枯死した。また低濃度処理区でも移植後2週間目では茎葉部に黄化が起こった。この3アミン中ではブトレシンの生育阻害がもっとも強かった。(2) 次にブトレシン、カダベリン、トリエチルアミン、酢酸、プロピオン酸、ギ酸の単独処理区とブトレシン+酢酸、ブトレシン+プロピオン酸、カダベリン+プロピオン酸、トリエチルアミン+ギ酸の組み合わせ処理区について実験2-(1)と同様に水稻幼植物の生育を観察し、アミンと有機酸を組み合わせた場合の水稻幼植物の生育について検討した。なおこの実験は、実験1のアミンと有機酸の組み合わせ処理区と

同時に行なった。この実験の結果は写真で示した。ここに示した写真は、移植後13日目のものである。この実験からアミンおよび有機酸の単独処理ならびにその組み合わせ処理が水稻幼植物の生育におよぼす影響は、実験2-(1)と違って根の生育に顕著に現われた。まずアミンおよび有機酸の処理区について述べる。写真1に示したようにブトレシン処理区では対照区に比較して根の生育が悪く200および500ppm区では根が褐変化し、新根の発生はほとんど認められなかった。カダベリン処理区の水稲幼植物の根の生育は写真2に示したように全処理区とも著しく阻害された。すなわち全処理区とも根が褐変化し、新根の発生もほとんど認められなかった。トリエチルアミン処理区では写真3に示したように根の生育はほとんど影響をうけなかった。酢酸処理区では写真4に示したように全処理区とも根の生育はよくむしろ対照区より良好であった。プロピオン酸処理区では写真4に示したように、500ppm区で対照区より根の生育はよくなかったが、50および200ppm区ではほとんど対照区と変わらなかった。写真5に示したようにギ酸処理区では、全処理区とも水稻根の生育は対照区より良好であった。次にアミンと有機酸の組み合わせ処理区の根の生育を対照区と比較した。写真1に示したようにブトレシン+酢酸処理区では、50および500ppm区で著しい生育阻害が起こった。またブトレシン+プロピオン酸処理区では、写真5に示したように、処理濃度の増加とともに根の生育も悪化する傾向にあった。カダベリン+プロピオン酸処理区でもカダベリンの単独処理区と同じように根の生育は対照区より悪化する傾向にあり500ppm区では根は褐変した(写真2)。以上のように酢酸およびプロピオン酸は、プロピオン酸の500ppm区を除いて、水稻幼植

第7表 アミンの生育障害の発現とその程度（茎葉部）

供試アミン	供試濃度 ppm	培 養 日 数					
		1	2	3	4	7	14
<i>n</i> -プロピルアミン	10				+	+	+
	50				+	+	+
	100				+	+	+
	500		+	+	+	+	+
	1,000	+	+	+	+	+	+
エタノールアミン	10				+	+	+
	50				+	+	+
	100				+	+	+
	500				+	+	+
	1,000	+	+	+	+	+	+
ブトレシン	10				+	+	+
	50				+	+	+
	100				+	+	+
	500		+	+	+	+	+
	1,000	+	+	+	+	+	+

+ 障害の程度を示す 冊 著しい障害（茎葉部の黄化）
 冊 枯死
 培養液は2日ごとに更新した。

物の根の生育を阻害しなかったが、プトレシンやカダベリンとの組み合わせ処理区では根の生育が阻害された。このことは酢酸やプロピオン酸のもつ作用以上にプトレシンやカダベリンのもつ根の生育を阻害する作用の方が強いために組み合わせ処理区においてもプトレシンやカダベリンの単独処理区と同じように、根の生育が阻害されたものと考えられる。トリエチルアミン+ギ酸処理区では写真3に示したように根の生育は阻害されなかった。このトリエチルアミンはプトレシンやカダベリンあるいは実験2-(1)のエタノールアミン、*n*-プロピルアミンなどと違って水稻幼植物の生育にはほとんど影響しないものと考えられる。

この実験2の2回の実験で供試したプトレシンについてその水稻幼植物の生育に対する影響が違った形であら

わることが示された。すなわち実験2-(1)では、その影響は全体にあらわれ植物体は枯死したが、実験2-(2)では根部にのみ著しい影響があらわれ、地上部には実験2-(1)のような黄化は起こらなかった。この相違の原因は不明であるが、2-(1)は12月に実施し、2-(2)は4月に行なったので実施時期の違いも一因であったと思われる。この点については、今後十分に検討する必要がある。

以上に示したようにアミンの水稻幼植物の生育におよぼす影響を養分吸収と生育の両面から検討したが、個々のアミンで少しずつ違う作用を示すのではないかと考えられる。すなわち供試アミンのうちエタノールアミン、エチルアミン、ジエチルアミン、ヒスタミン、プトレシンは、供試濃度内では水稻幼植物によるリン酸 (³²P) の

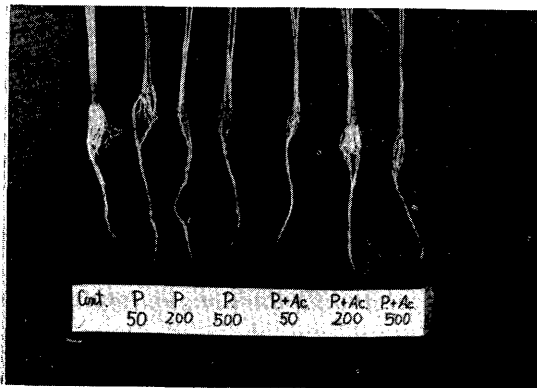


写真 1 プトレシン処理区およびプトレシン+酢酸処理区における培養開始後13日目の根の状態。
P: プトレシン処理区
P+Ac: プトレシン+酢酸処理区 (第1表参照)
Cont. 対照区 数字は処理濃度 (ppm) を示す。

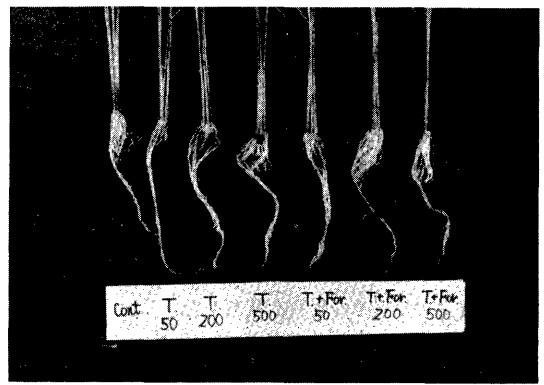


写真 3 トリエチルアミンおよびトリエチルアミン+ギ酸処理区における培養開始後13日目の根の状態
T: トリエチルアミン処理区,
T+For: トリエチルアミン+ギ酸処理区 (第1表参照)
Cont.: 対照区 数字は処理濃度 (ppm) を示す。

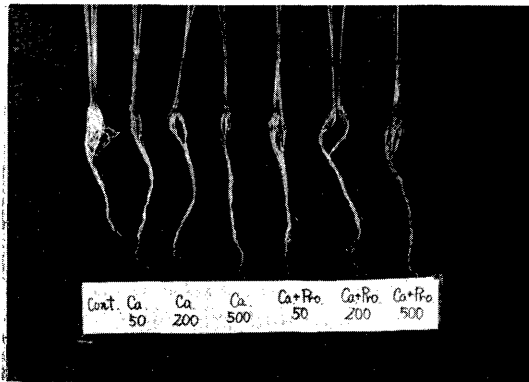


写真 2 カダベリンおよびカダベリン+プロピオン酸処理区における培養開始後13日目の根の状態
Ca: カダベリン処理区
Ca+Pro: カダベリン+プロピオン酸処理区 (第1表参照)
Cont.: 対照区 数字は処理濃度 (ppm) を示す。



写真 4 酢酸およびプロピオン酸処理区における培養開始後13日目の根の状態
Ac: 酢酸処理区, Pro: プロピオン酸処理区
Cont.: 対照区 数字は処理濃度 (ppm) を示す。

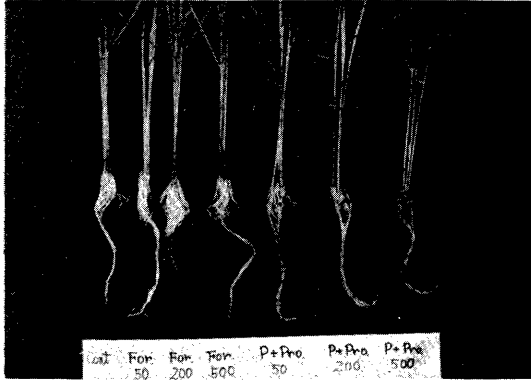


写真 5 ギ酸およびプトレシン+プロピオン酸処理区における培養開始後 13 日目の根の状態
For: ギ酸,
P+Pro: プトレシン+プロピオン酸処理区 (第 1 表参照)
Cont: 対照区 数字は処理濃度 (ppm) を示す。

吸収を促進した。メチルアミン, *n*-プロピルアミン, *n*-ブチルアミンは, 1,000ppm の高濃度処理区で対照区の 20~30% の吸収低下が認められた。これらのアミンのうち *n*-プロピルアミンとエタノールアミンおよびプトレシン処理区について水稻幼植物の生育におよぼす影響を観察した結果と, リン酸の吸収実験の結果から次のことが明らかにされた。すなわちこれらのアミン処理区のリン酸吸収は, 処理後 44~50 時間では増加するが, さらに幼植物をこれらのアミン存在下で生育させると枯死したり, 根の生育が阻害されること。このことから処理後 44~50 時間では水稻幼植物は, 培養液中にこれらのアミンが存在することによって一時的に養分吸収が促進されるのではないかと考えられる。しかし, プトレシンと同じように炭素鎖の両端にアミノ基をもつカダベリンは, プトレシンとは違った影響を水稻幼植物の生育に与えた。カダベリン処理区のリン酸の吸収は対照区より低下し, かつ水稻幼植物の根の生育はかなり阻害された。したがってカダベリンとプトレシンというように化学構造の似ているアミンでも水稻幼植物におよぼす影響は, かなり違うものと考えられる。またトリメチルアミンやトリエチルアミンという第 3 級アミンは, 養分吸収および水稻幼植物の生育に大きく影響しないものと考えられる。また実験 1 において述べたように同一の有機酸で処理した区的水稻幼植物によるリン酸吸収が実験を行なった時期の違いのために大きく異なることが示された。この原因としては, これらの実験ではいずれも播種後 3 週間目の水稻幼植物を供試したが, この供試水稻幼植物の育成を自然光下で行なったために播種後の経過日数と温度条件は一定であったが, これらの有機酸処理を開始した時点での水稻幼植物の生育状況がかなり違うことが

考えられる。以上に述べたように水稻幼植物を用いて行なった実験より得られた結果から水稻の一生を通じての生育におよぼす有機酸やアミンの影響は, 一つの有機酸あるいはアミンでも水稻の生育時期によって違い, かつ個々のアミンや有機酸によっても違うのではないかと推論されるが, これらのことを明らかにするにはさらに十分な検討が必要であろう。その検討に際しては実験を実施する条件について十分な配慮が必要であろう。

4. 要 約

アミンおよび有機酸が水稻幼植物の生育におよぼす影響を検討し以下のことを明らかにした。

(1) ギ酸, 酢酸およびプロピオン酸処理の 10~100 ppm の低濃度処理区における水稻幼植物によるリン酸 (^{32}P) の吸収は, 対照区より多く吸収促進効果が認められたが, これらの有機酸の 500 と 1,000ppm 区のリン酸の吸収は阻害されること。酪酸, 乳酸, コハク酸, シュウ酸処理は, 供試濃度内 (10~1,000ppm) でリン酸の吸収を促進すること。

(2) メチルアミン, *n*-プロピルアミン, *n*-ブチルアミンの低濃度 (10~100ppm) 処理区ではリン酸の吸収促進効果が, 1,000ppm 区ではリン酸の吸収阻害が示されること。ジエチルアミン, エタノールアミン, プトレシン, ヒスタミンは, 供試濃度内ではリン酸の吸収を促進すること。カダベリンは, 200 および 500ppm 区で対照区の約 50% の吸収低下が認められること。トリメチルアミンとトリエチルアミンは, 低濃度処理区では, ほとんどリン酸の吸収に影響を与えないこと。プトレシン, カダベリン, トリエチルアミン, 酢酸, ギ酸, プロピオン酸の組み合わせ区においては, リン酸の吸収の阻害と促進の両面における相乗の効果は認められないこと。

(3) *n*-プロピルアミン, エタノールアミン, プトレシンの高濃度処理区的水稻幼植物の生育は著しく阻害されること。カダベリンとプトレシンは, 水稻幼植物の根の生育を阻害すること。トリエチルアミンは, 水稻幼植物の根の生育を阻害しないこと。

文 献

- 1) 藤井国博・小林達治・M. Z. HAQUE・高橋英一：土肥誌, 41, 287 (1970)
- 2) 藤井国博・小林達治・高橋英一：同上, 43, 127 (1972)
- 3) 藤井国博・小林達治・高橋英一：同上, 43,
- 4) 滝嶋康夫・塩島光洲・有田 裕：同上, 31, 441 (1960)
- 5) CARLES, J. and DECAU, T.: *Sci. Proc. Roy. Dublin Soc.*, A, 1, 177 (1960)