



水稻幼植物の生育に対する合成洗剤の影響について (農芸化学)

脇内, 成昭
横山, 幹雄
王子, 善清
岡本, 三郎

(Citation)

神戸大学農学部研究報告, 12(2):303-308

(Issue Date)

1977

(Resource Type)

departmental bulletin paper

(Version)

Version of Record

(JaLCD0I)

<https://doi.org/10.24546/00228545>

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/00228545>



水稻幼植物の生育に対する合成洗剤の影響について

脇 内 成 昭*・横 山 幹 雄*・王 子 善 清*・岡 本 三 郎*

(昭和51年8月10日受理)

EFFECTS OF A SYNTHETIC DETERGENT ON THE GROWTH OF RICE PLANTS

Nariaki WAKIUCHI, Mikio YOKOYAMA, Yoshikiyo OJI and Saburo OKAMOTO

Abstract

Effects of a synthetic detergent "New Beads" (manufactured by KAO SEKKEN Co. Ltd.) on the growth of rice plants were investigated. Seventeen day-old rice seedlings were treated with the synthetic detergent added to culture solutions at 5, 10, 20 and 40 ppm as alkylbenzene sulfonates for a week. N-components, sugars, K, Na, Ca, Mg and P in the plant materials were analyzed after the detergent treatment. The respiration rate of rice shoots was determined by gas chromatography.

The effect of the detergent on the rice plant growth appeared to be toxic at higher concentrations, but to be rather promotive at lower concentrations. Total- and insoluble-N contents decreased with the detergent treatment, whereas sugar contents increased. The K-absorption by roots and the Ca-transport from root to shoot were inhibited more significantly at higher concentrations of the detergent. The effects on Na and P contents were complicated by an additional supply of these elements from the detergent. The respiration rate showed no significant alteration by the treatment.

結 論

最近都市近郊地帯において団地排水などの流入により農業用水が汚濁し、水稻など農作物の被害がみとめられるようになってきた。その汚染物質の主なものとしては合成洗剤と過剰に含まれる窒素が考えられている。

合成洗剤が作物の生育に与える影響についての報告はまだあまり多くはない。菅原ら⁶⁾は水稻を種々の濃度のアルキルベンゼンスルホン酸塩(ABS)を含む培養液で水耕し、10ppmで乾物収量が半減することを報告している。

山添ら⁷⁾は一般に河川に認められる程度のABS濃度では水稻生育に対してほとんど被害は見られず、むしろこのような汚濁水は通常ABS含量に比例して多量の窒素成分を含んでいるので、これは窒素過剰害であると述べている。しかしかんがい水中のABS濃度が低いというこののみを理由にして作物の障害の原因がABSにないとは結論はできないと思われる。

本研究においては農業用水の汚濁による作物の障害の一因として合成洗剤をとりあげ、その作物に対する影響を栄養生理的な面から検討した。

材料および方法

水稻(金南風)種子を塩水選し、ホルマリン消毒した後、30°Cの恒温器中で2昼夜水に浸漬した。そしてサランの網上に播種して、25°Cのファイトロン中で17日間生育させた水稻幼植物を合成洗剤で処理した。合成洗剤は市販の「ニュービーズ」(花王石鹼製)を用いた。この洗剤の成分は陰イオン系・蛍光剤配合で、種類は弱アルカリ性と表示されている。その組成はABS 22.3%, Na 24.8%, P 4.2%である。このように合成洗剤中には多量のNaが含まれているので、Kの吸収抑制が処理により生ずると思われた。そこでKの多量区(K₂O 20 ppm)と少量区(K₂O 5ppm)を設け、各区について洗剤添加の影響を比較した。洗剤処理は合成洗剤をABSとして5, 10, 20, 40ppmになるように培養液に添加して1週間行なった。培養液は毎日交換した。その組成は第1表に示した。

* 植物栄養学研究室

処理後、水稻幼植物は水洗し、地上部と根部に分け、 100°C で30分間加熱処理し、さらに 60°C で12時間熱風乾燥した。粉碎して、各種の体内成分分析に供試した。

第1表 培養液の組成

要 素	濃度 (ppm)	使用塩類
N	60	NH_4NO_3
P_2O_5	20	$\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$
K_2O	5, 20	K_2SO_4
MgO	10	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
CaO	20	$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Fe_2O_3	1	$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
Mn	0.2	$\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

乾燥粉末試料について全窒素、不溶態窒素、アミノ態窒素、全糖、還元糖、K, Na, Ca, Mg, Pを分析した。全窒素はガンニング変法により、不溶態窒素は80%アルコール抽出残渣をケルダール法により、アミノ態窒素はROSENのニンヒドリン法により定量した。なお可溶態窒素は全窒素から不溶態窒素を差引いて求めた。またアミノ態窒素はL-ロイシンを標準として用いた。全糖および還元糖はSOMOGYI-NELSONの比色法によりぶどう糖を標準として定量した。K, Na, Ca, Mgは乾燥粉末試料を硝酸一過塩素酸で湿式分解し、塩化ランタン塩酸溶液を加えて原子吸光分析した。Pは湿式分解液をバナドモリブデン酸法で定量した。

水稻幼植物の地上部の呼吸量をMIZUNO³⁾の方法に従って、ガスクロマトグラフィにより測定した CO_2 濃度から算出した。

結 果

1 生育状況

水稻幼植物に対する合成洗剤の影響を明らかにするために培養液に洗剤を種々の濃度で与えその生育状況を観察した。処理後2日目にはKの多少にかかわらずABS 20および40ppm区で葉に萎凋が見られクロロシスを呈した。特に40ppm区では葉が巻くという現象が見られた。根は褐色を帯び、ABS濃度が高いほど色は濃くなった。

1週間の処理後採取した試料について草丈、根長、新鮮重、乾物重を測定した結果を第2表に示した。

K_2O 20ppm区では草丈、根長、新鮮重、乾物重ともにABS 5ppm区が最大で、それ以上濃度が上昇するに伴っ

ていずれの値も低下している。一方 K_2O 5ppm区では大体においてABS濃度の上昇に従って生育が悪くなっている。これらの結果より培養液中に与えられた合成洗剤が水稻幼植物の生育に害作用を及ぼすことは明らかである。なお水分含有率には明確な差異はみとめられなかった。

第2表 水稻幼植物の生育に対する合成洗剤添加の影響

処 理 区		部位	生長量 (cm)	新鮮重 g/100個体	乾物重 g/100個体
K_2O (ppm)	ABS (ppm)				
20	0	地上部	26.4	24.0	4.05
	5		28.6	26.9	4.35
	10		26.6	24.3	4.16
	20		24.0	19.4	3.91
5	40	地上部	20.9	12.9	2.66
	0		25.7	23.4	4.35
	5		24.9	24.7	4.34
	10		24.1	21.9	3.89
20	20	根 部	23.2	18.3	3.66
	40		20.0	13.9	3.02
	0		7.6	11.8	1.00
	5		8.4	13.3	1.12
5	10	根 部	8.2	12.0	1.07
	20		8.1	9.6	0.92
	40		8.0	6.4	0.53
	0		8.0	12.9	1.10
20	5	根 部	8.1	15.0	1.14
	10		7.7	12.4	1.02
	20		7.5	8.3	0.78
	40		7.7	6.8	0.65

2 各種の窒素成分含量に対する影響

全窒素、不溶態窒素、可溶態窒素、アミノ態窒素の含有率を各処理区について測定した結果を第3表に示した。

全窒素含量に対する合成洗剤添加の影響は K_2O 20ppm区の根部において顕著で、ABS 40ppm区では無添加区に比較して約25%の低下が生じた。植物体100個体当りの絶対量で比較すると(第4表)、ABS 10ppm以上では地上部、根部ともに全窒素、不溶態窒素の含量が濃度上昇に伴って低下した。アミノ態窒素の絶対量は根部において特に顕著な低下を示しABS 40ppm区は無添加区の

第3表 水稻幼植物の各種窒素成分の含有率に対する合成洗剤添加の影響

処 理 区		部 位	全 窒 素 mg/gD.W.*	不溶態窒素 mg/gD.W.*	可溶態窒素 mg/gD.W.*	アミノ態窒素 mg/gD.W.*
K ₂ O (ppm)	ABS (ppm)					
20	0	地上部	44.6	38.8	5.8	1.52
	5		46.2	40.6	5.6	1.80
	10		43.4	36.7	6.7	1.65
	20		37.8	32.6	5.2	1.45
	40		42.5	34.4	8.1	1.75
5	0	地上部	46.5	41.6	4.9	1.51
	5		46.7	41.0	5.7	1.62
	10		45.5	38.9	6.6	1.53
	20		41.9	34.7	7.2	1.92
	40		41.1	34.0	7.1	1.71
20	0	根 部	31.4	23.5	7.9	0.82
	5		30.2	24.0	6.2	0.77
	10		29.6	24.0	5.6	0.82
	20		27.7	24.0	3.7	0.77
	40		20.4	19.6	0.8	0.36
5	0	根 部	29.6	20.0	9.6	0.94
	5		31.8	20.3	11.5	0.93
	10		29.4	19.9	9.5	0.78
	20		29.7	22.7	7.0	0.69
	40		26.6	20.3	6.3	0.40

* 乾物重

第4表 水稻幼植物の各種窒素成分の絶対量に対する合成洗剤添加の影響

処 理 区		部 位	全 窒 素 mg/100個体	不溶態窒素 mg/100個体	可溶態窒素 mg/100個体	アミノ態窒素 mg/100個体
K ₂ O (ppm)	ABS (ppm)					
20	0	地上部	180.8	157.3	23.5	6.15
	5		201.2	176.8	24.4	7.85
	10		178.8	153.0	25.8	6.88
	20		147.8	127.5	20.3	5.68
	40		113.3	91.7	21.6	4.65
5	0	地上部	202.4	181.8	21.3	6.60
	5		202.9	178.1	24.8	7.02
	10		177.0	151.3	25.7	5.96
	20		153.4	127.0	26.4	7.01
	40		124.2	102.7	21.5	5.17
20	0	根 部	31.5	23.6	7.9	0.82
	5		33.8	26.8	6.9	0.86
	10		31.8	25.8	6.0	0.88
	20		25.7	22.2	3.4	0.71
	40		10.9	10.4	0.5	0.19
5	0	根 部	32.5	22.0	10.5	1.03
	5		36.5	23.3	13.2	1.06
	10		30.0	20.3	9.7	0.80
	20		23.3	17.8	5.5	0.54
	40		17.3	13.2	4.1	0.26

約 $\frac{1}{4}$ しか含まれていなかった。

3 糖成分含量に対する影響

第5表は全糖、還元糖、非還元糖含量に対する合成洗剤添加の影響を示している。K₂O 20ppm, 5ppm 両区とも地上部において合成洗剤濃度の増加に従って糖含量も増加した。Kの処理区の間で比較すると K₂O 5ppm 区は 20ppm 区より各糖成分ともに含量が高かった。根部においては各糖成分とも K₂O 20ppm および 5ppm の両区で ABS 20ppm 以下では洗剤濃度が上昇するほど糖含量が上昇し、ABS 40ppm 区は 20ppm 区よりも低下した。各糖成分の絶対量の変動も含有率と同様の傾向であった。

4 カチオンおよびリン酸含量に対する影響

水稻幼植物中の K, Na, Ca, Mg などのカチオンおよび P の含有率に対する合成洗剤添加の影響は第6表に示されている。

K: Kの含有率はABS処理濃度の上昇にともなって低下する傾向にあり、特に根部でその低下は顕著である。しかし ABS 5ppm 区では無処理区よりも含有率が高くなっている。

Na: 根部において ABS 処理により低下の傾向にあり、一方地上部においては逆に上昇している。

第5表 水稻幼植物の各種糖成分の含有率に対する合成洗剤添加の影響

処 理 区		部 位	全 糖 mg/g D.W.*	還元糖 mg/g D.W.*	非還元糖 mg/g D.W.*
K ₂ O (ppm)	ABS (ppm)				
20	0	地上部	24.0	4.7	19.3
	5		26.4	4.6	21.8
	10		32.1	7.2	24.9
	20		60.5	21.1	39.4
	40		67.2	15.1	52.1
5	0	地上部	30.9	6.4	24.5
	5		32.0	6.1	25.9
	10		44.7	9.1	35.6
	20		72.3	29.6	42.7
	40		88.2	29.3	58.9
20	0	根 部	6.5	3.0	3.5
	5		14.1	4.6	9.5
	10		14.3	6.8	7.5
	20		19.6	10.5	9.1
	40		12.0	3.6	8.4
5	0	根 部	10.1	5.6	4.5
	5		15.2	8.6	6.6
	10		19.0	11.4	7.6
	20		23.3	14.1	9.2
	40		14.5	6.2	8.3

* 乾物重

第6表 水稻幼植物の各種カチオンおよびリンの含有率に対する合成洗剤添加の影響

処 理 区		部 位	K me/100gD.W.*	Na me/100gD.W.*	Ca me/100gD.W.*	Mg me/100gD.W.*	P mg/100gD.W.*
K ₂ O (ppm)	ABS (ppm)						
20	0	地上部	74.6	12.9	12.1	20.5	888
	5		84.7	8.7	12.7	23.4	817
	10		71.0	10.6	12.1	20.3	835
	20		59.2	13.2	11.9	18.7	690
	40		67.2	15.5	12.1	22.2	702
5	0	地上部	54.8	15.3	14.1	22.1	973
	5		60.5	17.6	15.8	24.7	817
	10		59.1	17.4	15.3	26.1	844
	20		48.6	19.7	13.5	23.9	757
	40		47.0	20.3	13.4	23.6	714
20	0	根 部	23.6	16.3	6.1	6.5	283
	5		30.2	21.6	9.0	7.7	354
	10		22.7	18.5	8.2	6.2	309
	20		21.5	15.4	11.1	4.2	280
	40		6.5	10.9	20.5	3.5	195
5	0	根 部	21.5	22.0	6.1	9.6	302
	5		27.5	29.1	8.0	9.2	261
	10		20.8	19.5	8.0	6.1	280
	20		16.0	14.8	9.7	4.7	225
	40		7.6	11.0	11.9	3.9	217

* 乾物重

Ca：地上部におけるCaの含有率には ABS 処理の影響は少ないが、根部においては ABS 処理濃度の上昇とともに上昇した。

Mg：地上部において Mg の含有率は Ca と同様に顕著な影響はみとめられない。しかし根部においては ABS 10ppm 以上で顕著に減少した。

P：地上部においてPの含有率は ABS 20 および 40 ppm でかなり低下した。ABS 10ppm 区は 5ppm 区よりも含有率が高くなっている。根部においては ABS 処理濃度の増加に伴って含有率は低下した。

5 呼吸量に対する影響

ABS 処理による呼吸の阻害はほとんどみとめられなかった（第7表）。個体当たりの呼吸量は処理濃度の増加に伴って著しく低下したが、新鮮重当たりでは顕著な差はみとめられなかった。

第7表 水稻幼植物の地上部の呼吸活性に対する合成洗剤添加の影響

処 理 区*	呼 吸 量	
ABS(ppm)	$\mu\text{gCO}_2/\text{g F.W.}^{**}/\text{hr}$	$\mu\text{gCO}_2/100\text{個体}/\text{hr}$
0	400.9	7244
10	409.7	6649
20	393.9	4715
40	395.1	3556

* K は K_2O として 20ppm 施与した。

** 新鮮重

考 察

作物の培地に合成洗剤が混入することによって生ずる作物体に対する影響を明らかにするため、水稻を水耕して培養液中に合成洗剤を添加し、観察分析を行なった。洗剤濃度が高い場合、肉眼的には葉の卷込みがみとめられた。これは洗剤添加により水分吸収の阻害が生じていると思われた。中村⁴⁾は合成洗剤を培養液に加えると水分吸収が抑制されることを報告している。合成洗剤を ABS として 40ppm に相当する濃度で1週間処理すると新鮮重は無処理区の約 $\frac{1}{2}$ しかなかった。このような観察結果から合成洗剤が植物の生育に害作用を及ぼすことは明白である。水稻の発芽に洗剤溶液が悪影響を及ぼすことも報告されている^{1,4)}。

次に植物体中の各種窒素成分含量の変化より合成洗剤が窒素代謝にかなり影響していることが明らかとなった。すなわち全窒素含有率には洗剤添加によって顕著な変化はみとめられないが、絶対量は濃度の上昇に従って

低下した。これは洗剤が窒素の吸収に対して阻害作用をもつことを示している。また不溶性窒素の含有率も低下したので、蛋白合成も阻害されることが示唆された。ところがアミノ態窒素の含有率には増大がみとめられず、むしろ低下する傾向がみられることから、蛋白合成の阻害がアミノ酸と蛋白質の間の合成反応部位で生ずるのではなく、アミノ酸合成が阻害されその結果蛋白質の合成も低下すると思われる。

各種の糖成分含量は概して洗剤濃度の上昇とともに増加することが明らかとなった。この結果は上述した窒素成分が概して減少した結果とは対照的である。この二つの結果を考え合わせれば、不溶性窒素およびアミノ態窒素の減少は窒素の吸収の低下に基づくとともに糖からアミノ酸への転換反応部位で障害が生じている可能性を示唆している。

K欠乏⁵⁾やアンモニア過剰²⁾などのような異常環境下において糖含量が上昇することはよく知られている。本研究においてもKの少量区 (K_2O 5ppm) では、多量区 (K_2O 20ppm) よりも含量は高かった。合成洗剤処理によりK含量は低下するが、ABS 40ppm 区でも K_2O 20 ppm 区では $67.2\text{me}/100\text{g}$ 乾物存在するので、K欠乏によって糖の蓄積が生じているとは考えられない。呼吸活性（炭酸ガス放出活性）は洗剤処理によっても低下しないことから、糖の分解代謝が正常に機能していると思われる。それでもなお糖が蓄積するのは他の糖代謝系例えばデンプン合成系などが阻害され、糖が蓄積していることも考えられる。アンモニア過剰条件下における糖の蓄積はデンプン合成の阻害に起因していることが知られている²⁾。

先述したようにKの含有率は洗剤濃度の上昇に伴って低下し、また絶対量も同様に低下した。すなわち、Kの吸収が合成洗剤処理により阻害されることを示唆している。合成洗剤に含まれている ABS の吸収阻害とも考えられるが、Na もまた非常に高濃度で含まれているので Na と K との吸収拮抗が生じる可能性もある。

Ca, Mg の含有率はともに地上部では洗剤処理の影響がみられなかった。ところが根部において Ca は洗剤濃度の上昇に従って含有率が増加した。この結果は洗剤の添加によって根から茎葉への Ca の移行が阻止されることを示唆している。Ca と対照的に Mg は根部で含有率が低下し、洗剤により吸収が低下すると思われる。

上記の結果は ABS 10ppm 以上では一般に認められるが、ABS 5ppm 区では他の ABS 添加区と比較して特異的である。例えば K_2O 20ppm, ABS 5ppm 区は他のどの区と比較しても草丈、新鮮重、乾物重さらに全窒素、

不溶態窒素、Kなどの含有率が最高である。この結果から合成洗剤は ABS 5ppm というような低濃度では水稻幼植物の生育に好影響を与えられる。このように合成洗剤は植物の生育に対する阻害要因とともに促進要因を含んでいる。促進要因は洗剤中に含まれたリン酸が植物の栄養として利用されることや、表面活性がイオンの吸収に有利に作用することなどが考えられる。一般的に農業用水それ自体に含まれている ABS は 5ppm 以下である。本研究の水耕実験の結果を直接あらゆる条件に適用はできないとしても、洗剤の混入が作物の生育に有利に作用する可能性も否定できない。今後に残された興味ある問題である。

要 約

合成洗剤が作物の生育に与える影響を検討した。水稻を17日間培養した後、合成洗剤濃度を ABS として 5, 10, 20, 40ppm となるように培養液に加えて1週間処理した。各区について K を K_2O として 5ppm と 20ppm の二区を設け、比較した。この植物試料について各種の窒素成分、糖成分、K, Na, Ca, Mg, Pなどを分析した。呼吸量はガスクロマトグラフィにより測定した。

ABS 10ppm 以上の区では水稻の生育は明らかに障害を受けたが、ABS 5ppm 区はむしろ生育が促進された。全窒素および不溶態窒素は処理により含量が低下したが糖含量は増加した。Kの吸収や Caの根から茎葉への転流が処理濃度の上昇に従って強く抑制された。Na と P

に対する処理の影響は、これらの元素が洗剤中にも多量に含まれているので、複雑であった。呼吸量に対する処理の影響は顕著ではなかった。

謝辞 本研究の遂行にあたり適切な御指導をいただいた本学部丹下宗俊教授に、また呼吸の測定をしていただいた本学部水野進教授に深く感謝します。また共同して実験を遂行され、討論に参加されました神戸市役所中村直彦氏に感謝します。

引 用 文 献

- 1) 福家道子, 矢野 仁, 山端政雄, 安藤 奨: 香川県農試研報, 第21号, 28-32, 1971.
- 2) MATSUMOTO, H., N. WAKIUCHI and E. TAKAHASHI: *Physiol. Plant.*, **21**, 1210-1216, 1968.
- 3) MIZUNO, S.: *Sci. Rept. Fac. Agr. Kobe Univ.*, **10**, 11-13, 1971.
- 4) 中村直彦: 公害と対策, 13 (1), 1977.
- 5) 菅原真治, 井沢敏彦, 伊藤敏彦, 稲垣育雄, 神田俊二: 愛知県農総試研報, Series A, No. 3, 74-80, 1971.
- 6) 高橋英一, 谷田沢道彦, 大平幸次, 原田登五郎, 山田芳雄, 田中 明: 作物栄養学(初版), p.65, 朝倉書店, 東京, 1969.
- 7) 山添文雄, 白鳥孝治, 吉野 実, 飯村康二: 日土肥誌, **45**, 172-180, 1974.