



イネ, キュウリ, オオムギの養分吸収性の違いについて(農芸化学)

王子, 善清
杉本, 敏男
脇内, 成昭
岡本, 三郎

(Citation)

神戸大学農学部研究報告, 12(2):297-301

(Issue Date)

1977

(Resource Type)

departmental bulletin paper

(Version)

Version of Record

(JaLCD0I)

<https://doi.org/10.24546/00228544>

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/00228544>



イネ, キュウリ, オオムギの養分吸収性の違いについて*

王子善清**・杉本敏男**・脇内成昭**・岡本三郎**

(昭和51年8月10日受理)

DIFFERENCE IN MAJOR ELEMENT ABSORPTION AMONG RICE, CUCUMBER, AND BARLEY PLANTS

Yoshikiyo OJI, Toshio SUGIMOTO, Nariaki WAKIUCHI and Saburo OKAMOTO

Abstract

In order to obtain information on the difference in major element absorption relating to pH and P_2O_5 concentration, rice, cucumber, and barley plants were grown in culture solutions containing 20 and 100 ppm of P_2O_5 and having pH of 4 and 6 for 2 weeks.

1) The growth of rice was favorable at the low pH and low P_2O_5 . At the high pH chlorosis appeared, and was stimulated by supplying the high P_2O_5 in rice. P/Fe ratio as well as Fe/Mn ratio was an important factor in the development of the chlorotic symptom. The growth of cucumber and barley was inhibited at the low pH. This inhibition was reduced by supplying the high P_2O_5 .

2) The low pH in the media raised the contents of Fe for the shoots of rice, and of Na for those of cucumber and barley, and it lowered the contents of Mn for rice, of Ca, Mg, and Mn for cucumber, and of Fe and Mn for barley.

3) The absorption of various elements by the cucumber and barley shoots under the low pH conditions increased at the high P_2O_5 level.

4) Shoots of these plant species have correspondingly the following characteristics with regard to the contents of major elements: in rice, Mn is high and Ca, Na, and Fe are low; in cucumber, the divalent cations, especially Ca, are high; in barley, K and Na are high and Mn and Mg are low.

緒 言

植物は環境に適応しつつ進化してきた。その結果、種々の栄養特性を身につけるに至った。著者ら^{4,6)}は、これまで比較栄養生理の一環として、掲題の三種の植物の無機態窒素同化能の差異を種々の角度から検討してきたが、これらの植物は分類上においても、生育環境上においても対照的な植物である。すなわち、イネとオオムギは単子葉類であるが、前者は沼沢作物、後者は畑作物であり、キュウリは双子葉類の畑作物である。したがってこれらの植物は種々の異なる栄養特性を有していると考えられる。たとえば、イネは強い酸化力を有し、これは実際上水田中においてしばしば発生する硫化水素や多量の二価鉄などの還元生成物の害作用から自分の身を守ることのできる生理機構となっている。ところが、この強

い酸化力のために、イネは畑作物に比べて鉄吸収力が弱くなってしまった。これはさらに培地リン酸濃度が高くなると鉄欠乏になりやすいという性質となって現われてくる。このようなイネの特性は嫌氣的な湛水環境に適応してきた結果であると考えられる^{2,7)}。

一方自然界にはそれ以外にもさまざまな生育環境が存在するが、その中でも水素イオン濃度は植物の生育を左右する基本的な因子のひとつであり、これが養分吸収に強い影響を及ぼすことが知られている。

そこで、植物の栄養特性を理解するための一助としてイネ、キュウリ、オオムギを供試して培地の pH およびリン酸濃度と関連した養分吸収性の違いを比較検討することにした。

実験材料及び方法

硝酸アンモニウムを窒素として 20ppm 含む前培養液⁵⁾を与えて生育させたイネ(品種ニホンマサリ)、キュウリ

* 本研究の概要は昭和51年度日本土壌肥科学会(神戸大学教養部)において発表した。

** 植物栄養学研究室

(翠青2号), オオムギ (関東二条2号) の各幼植物を試して, イネとキュウリ (ともに発芽後18日経過のもの) には1974年7月上旬に同時に, またオオムギ (発芽後14日経過のもの) には同年11月上旬に, pH とリン酸濃度を異にする培養液を与え, 2週間生育させた。すなわち pH は $0.1N H_2SO_4$ または $NaOH$ を用いて4または6に, リン酸濃度は NaH_2PO_4 を用いて P_2O_5 として20または100 ppm にした4処理区を設けた。窒素源として硝酸態窒素 (濃度は56 ppm) を用い, Fe_2O_3 濃度を10分の1の1 ppm に低下させた以外は既報⁹⁾ の本処理用培養液と同じであった。なお培養液は毎日更新した。

処理開始時, 1週間後, 2週間後に各植物の地上部と根部を採取し $70^\circ C$ で通風乾燥後, 乾物重を秤量, 解剖用ハサミで細断したあと各種元素の分析に供した。

Nはガンニング変法によるセミマイクロケルダール法により, その他の元素は以下のように湿式分解を行ったあと, それぞれ定量した。すなわち, 試料500mgを分解フラスコにとり, 硝酸5mlを加え, ゆっくり加熱分解し, 固形物がなくなったのち放冷, 次に硝酸:過塩素酸混液 (3:1) 5mlを加え, 乾固近くまで加熱分解した。放冷後脱塩水40mlを加え, 軽く煮沸し, ガラス壁に付着している塩類を溶かし, 同時にケイ酸を不溶化させ, 濾過, 100ml に定容して試料溶液を得た。

Pはバナドモリブデン酸比色法⁹⁾ により, K, Ca, Mg, Na は試料溶液を1%塩化ランタン (5%塩酸中) 溶液で25倍に希釈したあと原子吸光法 (日立207形) により定量した。FeとMnは試料溶液をそのまま原子吸光にかけ定量した。なお干渉などの妨害の有無を調べるため, 数点の試料について標準添加法¹⁾ による定量値と比較したがほぼ同じであることを確認した。

実験結果及び考察

1 生育状況と外観症状

2週間の処理期間中の1日当たりの培地の平均 pH 移動状況を各処理区の略記号とともに第1表に, またこの

第1表 培地の pH 移動状況
(1日当たり)

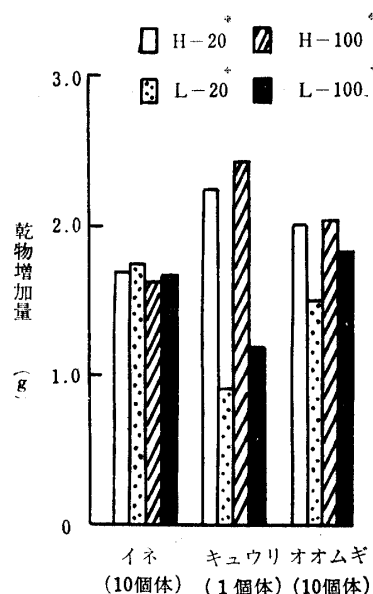
処 区名	pH	理 P_2O_5 ppm	イネ	キュウリ	オオムギ
H-20	6.0	20	+0.21	+0.13	+0.31
L-20	4.0	20	+0.59	+0.40	+1.00
H-100	6.0	100	+0.14	+0.14	+0.27
L-100	4.0	100	+0.35	+0.25	+1.01

期間中の各植物の地上部の乾物増加量を第1図にそれぞれ示した。

窒素源として硝酸態窒素を用いたのでいずれも pH が上昇し, 中でも低 pH 低リン酸 (L-20) 区の上昇が大きく, 高 pH 高リン酸 (H-100) 区では小さい。種間差ではオオムギ>イネ>キュウリの順であった。

第1図に示したように, イネは低 pH, 低リン酸の方が生育が良好であるが, 処理区間差は小さい。しかし, 外観上明瞭な差異がみとめられた。すなわち, 処理開始後7日目には高 pH 高リン酸区のイネにクロロシスが現われ, 日増しに激化した。また高 pH 低リン酸区でも10日目にはクロロシス気味となり, 14日目には明らかにクロロシスを呈した。しかし低 pH 区にはなんら外観上の異常がみとめられなかった¹¹⁾。キュウリではイネと逆に低 pH, 低リン酸区が生育が悪かった。しかしいずれの区にもクロロシスは出現せず, その代わり低 pH 区にはいわゆる低 pH 障害が現われ, 葉数も少なく, 根張りも貧弱で, 生育も格段に劣った。オオムギはキュウリと同様な傾向であったが, 低 pH による生育低下がさ程大きくなく, またクロロシスも呈さず, 外観上低 pH 障害も目立たなかった。

キュウリとオオムギは, イネと異なり, 低 pH 下では生育障害が起ったが, この障害は高リン酸の場合軽減された。しかもこのリン酸の軽減効果は第1表より明らかのように, 培地 pH の移動に基づく二次的な影響によるのではなく, リン酸の供給増に基づくものである。



※ 第1表参照

第1図 地上部乾物増加量

2 養分含有率について

第2表、第3表にそれぞれ地上部、根部の分析結果を示した。まず地上部について低 pH の影響をみると、イネでは Fe の上昇と Mn の低下が著しく、その他、P は上昇、K, Ca は低下した。キュウリでは Fe と Na を除き養分含有率は低下したが、特に Ca と Mn は50%に激減

した。オオムギについては Fe の低下が著しく、Mn も低下し、Na が上昇した。培地 P 濃度の上昇は P 含有率の増大をもたらしたが、イネでは N 含有率を低下させた。

次に根部含有率に対する低 pH の影響をみると、イネでは Mn が10%以下に激減し、Ca も若干低下した。しかし Fe, P は上昇した。キュウリでは Mn が10%以下に、

第2表 イネ、キュウリ、オオムギ地上部の各種養分含有率

植 物	処理区*	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Na
		(乾物当たり%)					(乾物当たり ppm)		
イ ネ	H-20	4.37	0.70	0.62	0.33	0.48	100	590	273
	L-20	4.39	0.76	0.56	0.29	0.48	178	224	272
	H-100	4.22	1.02	0.64	0.31	0.50	100	766	273
	L-100	4.18	1.31	0.59	0.27	0.47	193	187	531
キュウリ	H-20	4.64	0.68	0.65	2.79	0.81	211	107	1500
	L-20	4.24	0.52	0.52	1.50	0.59	272	60	2130
	H-100	4.82	0.80	0.65	2.84	0.88	250	145	1810
	L-100	4.32	0.69	0.51	1.59	0.61	273	69	2240
オオムギ	H-20	5.20	0.64	4.51	0.55	0.32	254	95	8700
	L-20	5.50	0.52	4.14	0.56	0.34	144	72	10600
	H-100	5.20	0.68	4.43	0.51	0.30	267	98	8300
	L-100	5.50	0.85	4.35	0.52	0.33	136	88	11400

* 第1表参照

第3表 イネ、キュウリ、オオムギ根部の各種養分含有率

植 物	処理区*	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Na
		(乾物当たり%)						(乾物当たり ppm)	
イ ネ	H-20	3.35	0.67	0.52	0.23	0.20	0.48	709	503
	L-20	3.66	0.99	0.52	0.19	0.21	1.11	45	581
	H-100	2.98	0.89	0.52	0.20	0.21	0.45	456	545
	L-100	3.42	1.00	0.48	0.15	0.22	0.79	42	456
キュウリ	H-20	4.34	1.10	1.25	0.84	0.47	0.79	1670	1040
	L-20	4.04	1.06	0.62	0.78	0.55	1.13	52	1440
	H-100	3.84	1.12	1.11	0.83	0.42	0.66	679	1340
	L-100	3.91	1.31	0.66	0.73	0.48	1.26	55	1260
オオムギ	H-20	3.75	0.96	3.38	0.45	0.32	0.53	401	8800
	L-20	4.32	1.08	3.32	0.30	0.25	0.81	143	8700
	H-100	4.21	1.03	3.77	0.40	0.29	0.66	408	7700
	L-100	4.06	1.34	3.95	0.35	0.25	0.91	158	8800

* 第1表参照

Kも50%以下に減少したが、Caについては地上部ほどの低下がみとめられなかった。またFeの上昇もみられた。オオムギではMnが激減し、Ca, Mgも若干低下した。Feが上昇するのは前二者と同様であった。培地P濃度の上昇は低pH区ではキュウリの場合Pの上昇、オオムギの場合PとKの上昇が明らかであった。

3 養分吸収量について

処理期間(2週間)中における各地上部の養分吸収量を第2図A~Cに示した。イネでは低pHによりFe吸収が激増し、逆にMn吸収が激減した。リンの供給増は当然Pの吸収を高めたが、それ以外の養分に対してはほとんど影響がみとめられなかった。キュウリは低pHにより著しい生育阻害を受けたが、これは養分吸収の低下となって明瞭に現われた。Pの供給増はいずれのpHにおいても、いろいろな養分の吸収に対して好影響を及ぼした。オオムギでは低pHによるFeの吸収低下が著しく、イネと対照的であった。また低pHによるMn, K, Caなどの吸収低下も明らかであった。低pH下でのPの供給増は特にPとKの吸収増となってあらわれた。

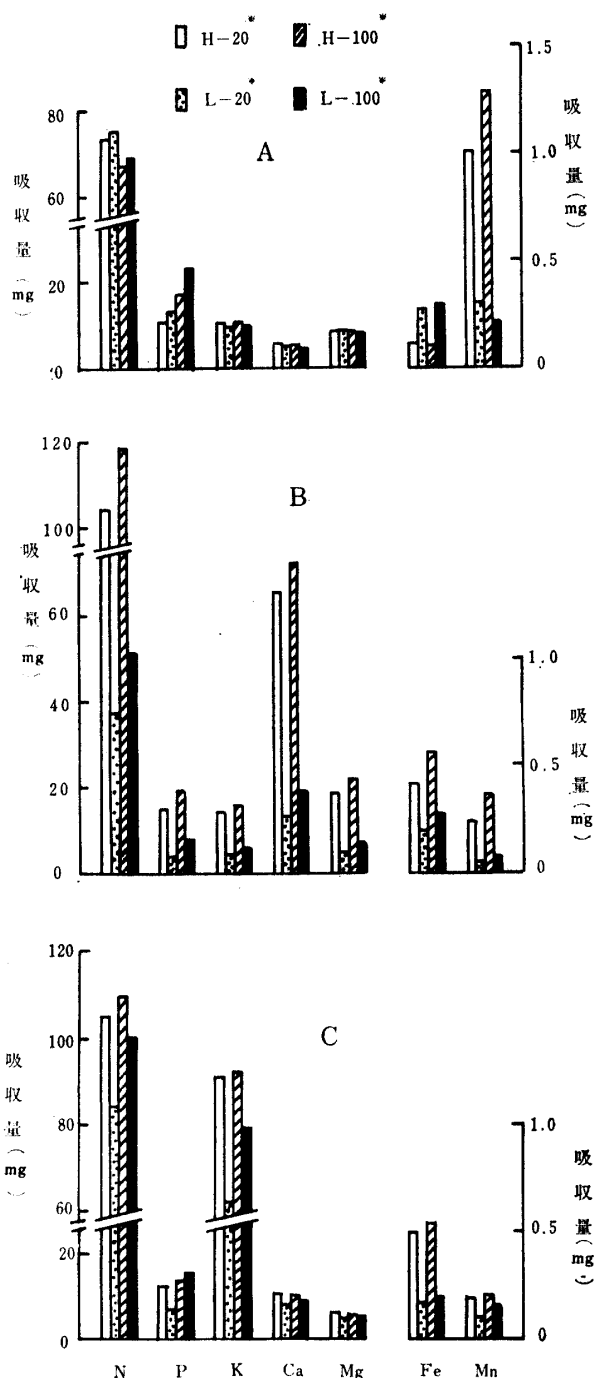
4 イネのクロロシスとFe/Mn, P/Fe比

体内のFe/Mn比¹⁰⁾及びP/Fe比⁷⁾はイネのクロロシス発現と密接に関連していることが示唆されているので、処理後7日目、14日目におけるこれらの比とクロロシスの程度を第4表に示した。処理後14日目についてみるとクロロシスを呈した両高pH区においてはFe/Mn比が小さく、P/Fe比が大きい。そしてこれらはクロロシスの程度をよく反映していた。7日目にすでにクロロシスを呈した高pH高リン酸区はFe/Mn比が小、P/Fe比が大であるが、クロロシスの顕在化していない高pH低リン酸区では前者は小さくなったが、後者は大きくなっていない

第4表 イネ地上部のFe/Mn, P/Fe比

処 理 日数	区名*	Fe/Mn	P/Fe	クロロシス
7日	H-20	0.49	33.2	±
	L-20	0.72	35.2	—
	H-100	0.42	46.6	+
	L-100	0.86	44.0	—
14日	H-20	0.17	70.0	+
	L-20	0.79	42.7	—
	H-100	0.13	102.0	+++
	L-100	1.03	67.9	—

* 第1表参照



※ 第1表参照

(注) イネ、オオムギは10個体当たり、キュウリは1個体当たりである。

第2図 イネ(A)、キュウリ(B)、オオムギ(C) 地上部の各種養分吸収量

い。すなわち、イネにおけるクロロシス出現にはFe/Mn比とともにP/Fe比が重要であることを暗示している。このことはリン酸の供給増による体内P含量の増大は体内の活性鉄と結合して、これを不活性化し、一種の鉄欠クロロシスをひき起こすことを意味する。

第5表 イネ、キュウリ、オオムギ地上部の養分含有率の種間差異

イ	ネ:	N	>	P	>	K	>	Mg	>	Ca	>	Na	>	Mn	>	Fe
		4.39		0.76		0.56		0.48		0.29		272		224		178
											%	→ ppm				
キュウリ:		N	>	Ca	>	Mg	>	P	>	K	>	Na	>	Fe	>	Mn
		4.82		2.84		0.88		0.80		0.65		1810		250		145
											%	→ ppm				
オオムギ:		N	>	K	>	Na	>	P	>	Ca	>	Mg	>	Fe	>	Mn
		5.26		4.43		0.83		0.68		0.51		0.30		267		98
											%	→ ppm				

5 養分含有率にみられる植物種間差異について

第5表に生育の最も良好であった処理区の地上部の養分含有率を示した。イネはMnが高く、Ca, Na, Feが低く、キュウリはCa, Mg, 特にCaが高く、オオムギはK, Naが高く、Mn, Mgが低いという特徴がみとめられる。

以上のべたように、イネは低pHで生育が良好であったが、これは鉄吸収の増大が一因と思われる。そして高pH下でのクロロシスはリン酸の多量供給によって激化する。キュウリは「耐低pH性」が弱く、低pH下ではいろいろな養分の吸収が低下するが、ことにCa, Mgの低下が著しい。またオオムギはイネと同科の植物であるが養分吸収性ではイネに比べてK, Na, Feが高く、Mnが低いなどかなりはっきりした差異がみとめられる。植物界における無機栄養元素の含有率の違いについては高橋ら⁸⁾の広範な研究があるが、それによると単子葉類は高ケイ酸低カルシウム、双子葉類は高カルシウム低ケイ酸であるという。本研究ではケイ酸を定量していないが、Caに関しては同傾向が明瞭にみとめられる。しかし同じイネ科の中でもオオムギとイネではFe, Mnの吸収性やリン酸供給量に対するレスポンスの違いなどにははっきりした差異がみとめられた。無機元素含有率にみられる種間差異というのは、より強く遺伝的に支配されている面と生育環境により強く支配されている面とがあると思われるが、Caの場合は系統分類と密接に関連し⁹⁾、遺伝的な面がより強く出ていると考えられる。一方上にのべたオオムギとイネの間の違いの場合はより生態的色彩が強く、それぞれ畑環境、湛水環境に適応してきた結果によると推察される。

要 約

イネ、キュウリ、オオムギの幼植物を供試して、培地のpH及びリン酸濃度と関連した養分吸収性の違いを比較検討した。

1) イネは低pH (pH=4)、低リン酸 ($P_2O_5=20ppm$)

の方が生育良好で、高pH(6)ではクロロシスが出現した。これは高リン酸 (100ppm) の場合に激化した。Fe/Mn比とともにP/Fe比はイネのクロロシス発現に重要であることがわかった。キュウリとオオムギは高pH高リン酸の方が生育良好で、低pH下での生育阻害は高リン酸の場合に軽減された。

2) 低pHは地上部養分含有率に著しい影響を及ぼした。イネではFeの上昇、Mnの低下が、キュウリではCa, Mg, Mnの激減とNaの増加が、オオムギではFe, Mnの低下とNaの上昇が起った。

3) 高リン酸の場合、特に低pHではキュウリ、オオムギにおいて各種の養分吸収が増大した。

4) イネはMnが高く、Ca, Na, Feが低く、キュウリはCa, Mg, 特にCaが高く、オオムギはK, Naが高くMn, Mgが低いという特徴がみとめられた。

文 献

- 1) 長谷川敬彦, 保田和雄: 原子吸光分析(第1版), p. 149, 講談社, 東京, 1973年.
- 2) 熊沢喜久雄: 植物栄養学大要(第1版), p. 143-156, 養賢堂, 東京, 1974年.
- 3) 京大農学部農芸化学教室: 農芸化学実験書(新改版)(増補)第1巻, 増補p. 7, 産業図書, 東京, 1972年.
- 4) 王子善清: 植物の無機態窒素同化に関する比較栄養生理的研究, 学位論文, (京大), 1974年.
- 5) 王子善清, 伊沢悟郎: 土肥誌, **45**, 259-262, 1974.
- 6) 王子善清, 脇内成昭, 鳥飼康子, 岡本三郎: 神大農研報, **11**(2), 337-340, 1975.
- 7) 岡島秀夫: イネの栄養生理, p. 33-39, 農山漁村文化協会, 東京, 1962年.
- 8) 高橋英一: 比較植物栄養学(第1版), p. 266-269, 養賢堂, 東京, 1974年.
- 9) 田中明, 早川嘉彦: 土肥誌, **45**, 561-570, 1974.
- 10) TANAKA, A. and S.A. NAVASERO: *Soil Sci. Plant Nutr.*, **12**, 197-201, 1966.
- 11) TANAKA, A. and S.A. NAVASERO: *Soil Sci. Plant Nutr.*, **12**, 213-219, 1966.