

キュウリの礫耕栽培における培養液の

NO₃-NとNH₄-Nの比率がその養分吸収に及ぼす影響

羽 生 悞

現在の、そ菜の礫耕栽培は、実用上設備投資面および植物の栽培管理技術面で、なおいろいろの解決されるべき難問題をはらんでいる。しかし今後ますます農業にも労働力の不足が顕在化し経営の合理化が強力に要請されることになれば、施設園芸面においても必然的に礫耕栽培のごときオートメーション化し得る技術が脚光を浴びることになる。もちろんその場合には、現在の礫耕栽培は作目の選定あるいは栽培管理技術面で、なお一層合理化されねばならない。たとえば、この研究で主題としてとりあげた培養液にしても、その処方あるいは管理技術ひとつとりあげてみるだけでもできるだけ簡略化し、作製し易く、しかも植物に悪影響がなく、供給を省略化し得、また経済的に低コストであることが要求される。この研究では、その一環として培養液の組成中主としてNO₃-NとNH₄-Nの割合が作季を異にした場合の植物の養分吸収に及ぼす影響を及ぼすかを検討し適切な培養液の処方を提案した。この実験が小規模な装置で行なわれたため、実際の栽培とは多分に様相を異にしていると思われるが、その傾向はどうかかわれるものと信ずる。

1. 試験方法

(1) 試験装置および培養液管理

1964年、2千分の1アールワグナーポットに小倉川産6号砕石をつめ、ペーパーポット育苗の苗を1鉢あ

たり1株、本葉が4~5枚に達したものを植えて試験した。培養液は1鉢あたり5ℓを毎日液面加圧により灌注し、約3時間放置後自然落下させ、これを午前午後1回ずつ繰り返した。培養液の量が著しく減少した場合は井水を補い、さらに14~20日毎に培養液を更新し、そのつど化学分析を行なった。供試礫の礫質を調べた結果、新礫による各要素の吸着量はKが108mg/kgで、Pが20mg/kgであった。Caは逆に多量浸出(64mg/kg)された。

(2) 供試品種および試験内容

品種は、“夏みどり”を用いた。作季を異にした場合の養分吸収の差異をみるため、試験I(5月7日~6月14日;低温時)、試験II(6月26日~8月9日;高温時)の2回にわたって試験した。植物の管理は網室内で行なった。

(3) 培養液の処方

培養液の各要素の濃度および組成割合は、N:200, P:60, K:240, Ca:104~126, Mg:40 (ppm)とし、さらにNO₃-NとNH₄-Nの割合を変えA, B, C, D 4種の培養液を作った。すなわちNO₃-NとNH₄-Nの比率を、A液;全量NO₃-N, B液;143:57, C液;100:100, D液60:140とし、各液ともPHは6.1~6.4の範囲内に調節した。各液の処方は第1表のとおりである。

第1表 培養液の処方 (mg/ℓ)

区別	KNO ₃	Ca(NO ₃) ₂ · 4H ₂ O	NH ₄ NO ₃	(NH ₄) ₂ SO ₄	Ca(H ₂ PO ₄) ₂ · H ₂ O	KH ₂ PO ₄	CaCl ₂ · 2H ₂ O	CaSO ₄ · 2H ₂ O	MgSO ₄ · 7H ₂ O
A	620	958			203				220
B	620		326		203		336	258	220
C	620	118		472	203		294	258	220
D※	432			660		254	440	258	220

※ NaOHにて PH6.1に調節した。

このほか微量元素として各液にそれぞれ $\text{FeCl}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O} : 15$, $\text{H}_3\text{BO}_3 : 3$, $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O} : 2$, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} : 0.2$, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} : 0.05$, $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} : 0.02$ (mg/l) を添加した。

2. 試験結果

(1) 生育経過および収量

試験 I, II とも活着は良好であった。試験 I の場合まず栽植後 10 日目頃から D 区が葉が縮み葉色が暗緑化し生育も遅延し始めた。さらに 14 日目頃からは B, C 区にも同じ様な徴候が現われ、これらの区は A 区にくらべ繁茂もかなり劣った。A 区の生育は初期から順調で、葉色はやや淡緑であったが、着果数が多く果実の肥大状況も良好であった。第 2 表の草丈、収量調査の結果にみられるとおり、草丈は A, B, C, D 区間に

余り差はないが、茎葉重、果実重には明らかに差があった。B, C, D 区間では草丈、茎葉重には差がなかったが、果実重で B 区が著しく低い点は今後検討されねばならぬ。

試験 II の場合、A, B 両区の生育は初期から良好であった。D 区は試験 I の場合と同様栽植後 7 日目頃から葉が萎縮し始め 7 月下旬頃からは萎凋した。C 区は A, B 両区にくらべると繁茂が劣り、生育中期からは D 区と同じ様な症状が現われたが萎凋するまでには至らなかった。B 区は生育の全期間を通じ草丈、繁茂は A 区とほぼ同様であったが、着果数、果実の肥大状況は A 区より劣った。収量調査の結果も、B 区は茎葉重では A 区と同等の収量を示すが、果実重では明らかに低かった。C, D 区は A, B 区との差はさらに大であった。

第 2 表 草丈、収量(1 株あたり g)

試験別	区 別	草丈 cm	茎 葉			果 実		
			生 体 重	同 比	水 分 %	生 体 重	同 比	水 分 %
試 験 I	A	129	230	100	92.1	391	100	96.2
	B	112	146	63	92.2	150	38	93.8
	C	113	141	61	92.4	261	67	96.1
	D	111	133	58	92.1	229	59	95.5
試 験 II	A	160	251	100	92.1	725	100	95.5
	B	165	235	94	92.5	415	57	94.8
	C	123	156	62	91.6	297	41	94.6
	D	100	67	27	91.8	90	12	95.7

(2) 培養液の PH の変化と養分吸収状況

培養液を更新した際排液について PH の測定、各要素の残量の定量を行ない、その添加量との差から植物による吸収量、利用率を算出し第 3 表に示した。礫そのものによる吸着量は、試験供試前に礫を培養液 B に 7 日間浸漬しある程度各要素を飽和させた後水洗し使用したので、N, P, K はさほど問題にならぬであろう。しかし Ca は逆に放出量が多く、算出吸収量に誤差を与えていることが推定されるが、その傾向はうかがえるものと思われる。

PH の変化は、両試験を通じ培養液中の $\text{NH}_4\text{-N}$ の割合を高めると低下が著しく、 $\text{NO}_3\text{-N}$ の割合を高め

ると上昇し、全量 $\text{NO}_3\text{-N}$ では 7 以上を示すこともあった。しかもこれら各区の PH の変動の中は試験 I よりも試験 II の方が、A 区ではより高く、B, C, D 区ではより低くなる傾向があった。培養液の PH を適正範囲内に留めることはある程度は培養液の $\text{NO}_3\text{-N}$ と $\text{NH}_4\text{-N}$ の割合を規定することにより可能である。

したがって PH という観点からすれば、B 区でも適度の PH は保つことができ、しかも茎葉も十分に生育させうるが、しかしながら着果数、果実の肥大が劣る点を考えると、ただ単に培養液の PH の規定だけでなく $\text{NO}_3\text{-N}$ と $\text{NH}_4\text{-N}$ の割合もお検討されなければならぬであろう。

第 3 表 培養液のPH, 養分吸収状況〔算出吸収量; 1株あたりmg, 利用率; ()内%〕

A). 試験 I

培養液供給期間	区別	PH	NH ₄ -N	NO ₃ -N	N合計	P	K	Ca	Mg
5月7日	A	6.4	{ 6 (37.5)	400 (40.0)	406 (40.0)	159 (61.2)	895 (73.7)		
	B	4.9	{ 218 (80.7)	23 (3.3)	241 (24.8)	106 (40.8)	363 (29.9)		
	C	4.5	{ 327 (68.0)	(-) 11	316 (31.6)	110 (43.5)	370 (30.2)		
5月25日	D	5.0	{ 470 (69.9)	(-) 6.2	408 (42.3)	94 (32.9)	362 (30.0)		
5月26日	A	6.5	{ 9 (60.0)	995 (99.5)	1004 (98.9)	243 (94.9)	1111 (94.6)	708 (86.1)	65 (71.4)
	B	5.7	{ 272 (96.5)	613 (84.6)	885 (88.0)	218 (79.9)	682 (56.8)	81 (11.2)	(-) 11
	C	5.2	{ 427 (88.6)	480 (91.4)	907 (90.1)	258 (88.7)	733 (61.1)	(-) 1	(-) 13
6月14日	D	5.2	{ 145 (21.3)	334 (91.0)	479 (45.7)	237 (81.4)	573 (47.8)	(-)222	(-) 24

B). 試験 II

培養液供給期間	区別	PH	NH ₄ -N	NO ₃ -N	N合計	P	K	Ca	Mg
6月26日	A	6.4	{ (-) 9	513 (50.0)	504 (48.7)	196 (75.4)	884 (70.7)	345 (40.5)	50 (39.1)
	B	5.4	{ 189 (85.9)	326 (45.7)	515 (55.2)	230 (76.9)	808 (64.6)	(-) 43	7 (6.4)
	C	5.0	{ 377 (82.3)	281 (48.0)	658 (63.1)	220 (76.9)	784 (62.7)	(-) 106	33 (24.6)
7月12日	D	4.9	{ 517 (77.6)	89 (25.4)	606 (59.6)	217 (73.6)	623 (49.8)	(-) 187	19 (14.1)
7月13日	A	6.8	{ 6 (35.3)	923 (78.6)	291 (77.9)	243 (84.4)	972 (81.0)	620 (72.1)	102 (79.7)
	B	5.6	{ 173 (87.8)	494 (65.9)	667 (70.4)	241 (78.8)	808 (67.3)	154 (20.3)	60 (46.9)
	C	5.3	{ 338 (79.3)	338 (67.5)	726 (72.5)	235 (79.7)	725 (60.4)	12 (2.0)	48 (37.5)
7月26日	D	4.6	{ 431 (67.3)	135 (40.3)	566 (58.1)	213 (69.6)	529 (43.2)	(-) 360	26 (22.4)
7月27日	A	7.2	{ 1 (7.7)	961 (98.6)	962 (97.4)	261 (94.2)	1,119 (92.1)	779 (84.5)	110 (82.1)
	B	5.3	{ 181 (93.8)	670 (95.7)	851 (95.3)	277 (90.5)	1,081 (89.0)	538 (58.4)	113 (80.7)
	C	5.0	{ 366 (91.0)	288 (55.9)	654 (71.3)	223 (72.9)	688 (56.6)	(-) 15	84 (65.6)
8月9日	D	4.3	{ 365 (57.4)	27 (9.5)	392 (42.6)	197 (68.4)	329 (26.9)	(-)246	21 (19.1)

供給したNの吸収利用状況は両試験を通じA区が最もすぐれていた。試験Ⅰの場合、Nの吸収量は生育初期ではB、C、D区の順に高かったが、後期になるとD区が明らかに劣った。試験Ⅱでも、生育初期ではA、B、C区の順に高かったが、中期以降になると逆にこの順に低下し、とくにD区は全生育期間を通じもとも低かった。したがって試験ⅠとⅡの比較から、培養液の $\text{NH}_4\text{-N}$ の割合を高めた場合、植物によるNの吸収量は低温時よりも高温時に著しく低下することがわかった。このNの吸収状況をさらに $\text{NO}_3\text{-N}$ と $\text{NH}_4\text{-N}$ に分けて考えてみると、両試験とも一般に生育の初期では $\text{NH}_4\text{-N}$ がよく吸収されるが、中期以降では $\text{NO}_3\text{-N}$ の吸収も盛んであった。だ試験ⅡのC、D区では後期の $\text{NO}_3\text{-N}$ の吸収が著しく低下したが、これは高温により植物の生長量が盛んなため $\text{NH}_4\text{-N}$ の吸収速度が高まり、それが逆に障害となったものと思われる。

P、Kの吸収も両試験を通じ培養液中の $\text{NH}_4\text{-N}$ の割合が高いほど、吸収量も低下した。

Ca、Mgは、とくにCaの場合礫そのものから放出

される量が多いので、この算出吸収量の数値は実際の植物による吸収量を推定するには誤差が大きいものと思われるが、その傾向は推定出来るであろう。すなわち両試験を通じ、Ca、Mgの吸収はA、B、C、D区の順に低下することを推定した。

(3) 植物体の分析結果

試料は茎、葉、果実の各部位（果実は適度に肥大したものをそのつど摘果し累積して試料とした）に分け化学分析を行った。その結果を第4表に示した。

両試験とも茎中の全Nの含有率はA区が低く、B、C、D区の順に高くなる傾向にあった。葉中の全Nは試験ⅠではA区が低く、B、C、D区が高いが、試験Ⅱでは一定の傾向は見出し難かった。

茎中のPの含有率は両試験ともA、B区が高く、C、D区は明らかに低かった。葉中のPは試験Ⅰの場合B、C、D区間に差はなかったが、試験Ⅱではこの順に明らかに低く、培養液中の高 $\text{NH}_4\text{-N}$ のPに及ぼす吸収阻害作用も高温時に著しいことがわかった。

茎中のKもPと同じ様な傾向を示した。しかし葉中のKは吸収阻害の著しい試験ⅡのD区を除けば、逆に

第4表 植物体中の各要素の含有率（乾物中%）

	区 別	部 位	N	P	K	Ca	Mg
試 験 Ⅰ	A	茎 葉 果 実	1.83	0.92	5.31	0.96	0.41
			3.10	0.52	2.54	3.91	0.46
			2.63	0.66	4.64	0.06	—
	B	茎 葉 果 実	2.55	0.80	5.55	0.82	0.38
			4.09	0.45	3.14	2.00	0.31
			3.06	0.75	5.07	0.06	—
	C	茎 葉 果 実	2.42	0.47	4.80	1.33	0.46
			4.29	0.41	3.41	1.55	0.23
			2.71	0.64	4.83	0.05	—
	D	茎 葉 果 実	2.83	0.51	4.49	0.86	0.38
			4.03	0.43	3.67	1.09	0.16
			2.99	0.78	4.83	0.05	—
試 験 Ⅱ	A	茎 葉	1.90	0.44	4.90	1.33	0.40
			3.60	0.47	3.00	5.53	0.61
	B	茎 葉	2.13	0.58	5.00	0.92	0.24
			3.76	0.54	3.50	3.21	0.47
	C	茎 葉	2.36	0.23	4.20	1.11	0.37
			3.44	0.35	3.65	2.88	0.43
	D	茎 葉	2.46	0.22	3.35	0.44	0.51
			3.87	0.22	3.45	1.42	0.33

A, B, C, Dの順に高かった。

茎中のCaは試験ⅡのD区が異常に含有率が低い以外は両試験とも一定の傾向は認められなかったが、葉中のCaはA, B, C, D区の順に明らかに低かった。これは培養液中の $\text{NH}_4\text{-N}$ の高濃度がCaの吸収を阻害する場合、植物的にその影響をうけ易い部位が葉であることを示しているものと考えた。

茎、葉中のMgの含有率もほぼCaと同様の傾向を示した。

3. 考 察

礫耕の培養液は、その基本的な考え方は、水耕、砂耕の場合と同様であるが、水耕に比べると培養液が植物根に接触する時間が短いので、培養液のPHも水耕ほど厳密に規定する必要はなく、またその濃度も実用的な見地からすればかなり高くする必要がある。しかもできるだけ作製しやすく、簡略化し得、また不要成分の少ないことが要求される。以上のようなことを念頭におき、培養液の問題を主として $\text{NO}_3\text{-N}$ と $\text{NH}_4\text{-N}$ との比率にしばって考えてみた。

従来水耕、砂耕における研究結果では、培養液中の $\text{NH}_4\text{-N}$ の高濃度が、培養液のPHを低下させ、植物体内の陽イオンを減少させ、植物の生育を明らかに阻害することを報じている。(4, 5, 7)

本研究の結果ではこの現象が礫耕の場合でも起ることを推定した。しかしながらその場合の $\text{NO}_3\text{-N}$ と $\text{NH}_4\text{-N}$ の比率については各研究者によりまちまちである。1例をあげると、砂耕における岩田氏³⁾、礫耕における出口氏¹⁾、堀氏²⁾らの研究があるが、このような相異が生じるひとつの理由は、N源としての $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4\text{-N}$ が植物に及ぼす影響は、液の濃度と密接な関係があり、高濃度では $\text{NO}_3\text{-N}$ がよく、低濃度では $\text{NO}_3\text{-N}$ の割合を増してもかなりの生育をするという事実によって説明しうるであろう。したがって礫耕では実用上かなりの高濃度を使用する方が管理に便利なので、そのような場合は $\text{NO}_3\text{-N}$ を主体に作製すべきものと考えられる。ただこの場合でも全量が $\text{NO}_3\text{-N}$ であるとPHがアルカリ側に傾きFe, Mn欠乏症を起す恐れがあるので、ある程度 $\text{NH}_4\text{-N}$ を混じ、培養液中の $\text{NO}_3\text{-N}$ と $\text{NH}_4\text{-N}$ の割合を規定することによりPHを適正範囲内に調節すべきであろう。

現在、礫耕では一般に培養液の $\text{NO}_3\text{-N}$ と $\text{NH}_4\text{-N}$ の比率は7:3のものが多く使用されているようである。⁶⁾しかしこの研究では157:43のB区がPHはほぼ適正範囲内にあり植物の生長も良好でありながら、着果数、果実重が劣る結果を得たが、これは

とくに果菜類では、培養液のPHの調節ということだけでなく $\text{NO}_3\text{-N}$ と $\text{NH}_4\text{-N}$ の比率そのものが植物に及ぼす影響もじゅうぶん考慮すべきことを示唆しているものと思われる。

以上のことから培養液の適正割合は180:20附近にあることを推定した。

4. 摘 要

礫耕栽培における培養液中の $\text{NO}_3\text{-N}$ と $\text{NH}_4\text{-N}$ の割合がキュウリの生育に及ぼす影響を知り、適切な培養液の処方提案しようとした。

植物の生育、収量は低温、高温いずれの場合でも培養液中の $\text{NH}_4\text{-N}$ の割合が高くなるほど劣った。この現象は低温よりも高温時に甚だしかった。B区の場合は繁茂はA区と同等であったが、着果数や果実重は明らかに劣った。

培養液のPHの変化は $\text{NH}_4\text{-N}$ の割合が高くなるほど低下し、この傾向は高温時にとくに著しかった。植物による各要素の吸収状況は培養液中の $\text{NH}_4\text{-N}$ の割合が高くなればなるほどNは初期では上がるが後期では低下し、K, Ca, Mgは初期から低下した。また生育初期は一般に $\text{NH}_4\text{-N}$ がよく吸収されるが、中、後期では $\text{NO}_3\text{-N}$ もよく吸収された。

植物体中の各要素の含有率は、茎中では培養液中の $\text{NH}_4\text{-N}$ の割合が高くなるほどNは高く、P, Kは低かった。Ca, Mgには一定の傾向は認められなかった。葉中ではN, Kが高くP, Ca, Mgは低かった。

礫耕栽培の培養液は実用上からは高濃度にする方が管理上便利であるが、その場合には $\text{NO}_3\text{-N}$ を主体に作製すべきである。ただ全量が $\text{NO}_3\text{-N}$ であるとPHがアルカリ側に傾きすぎるおそれがあるので、 $\text{NH}_4\text{-N}$ を混じPHを適正範囲内に調節する必要があるが、その際 $\text{NO}_3\text{-N}$ と $\text{NH}_4\text{-N}$ の割合が適正PHを保ち植物の繁茂が良好であっても、着果数、果実重が劣ることがあるので、とくに果菜類ではその比率に十分考慮する必要がある。

以上のことからキュウリの場合の適正割合は $\text{NO}_3\text{-N}$: $\text{NH}_4\text{-N}$, 180:20附近にあるものと推定した。

参 考 文 献

- (1) 出口正夫, 太田安定 (1964) 農園39(8): 1273
- (2) 堀 裕 (1963) 農園38(6): 115
- (3) 岩田正利, 谷内武信 (1953) 園学雑22(3): 183
- (4) ——— (1962) 園学雑 31(1): 39
- (5) ——— (1962) 園学雑 31(3): 39
- (6) 宮崎政光 (1965) 農業技術 20(1): 19
- (7) 大沢孝也 (1962) 園学雑 31(3): 53