

蔬菜の根の通気必要度

位 田 藤久太郎

(三重大学農学部)

1. ま え が き

蔬菜の根の通気必要度は種類間のちがいのほか生育の時季や過程によつても異なり、生育途中で通気の不良状態にあつた場合これに応じて適応する性質も種類や生育度によつて差がある。

蔬菜類を空気組成のちがつた土壤あるいは溶存酸素量の異なつた水耕液で栽培して生育の差異をしらべ、また根の酸素必要量を判定するため呼吸量を測定して報告した。^{1)~6)}

本稿ではその一部をとりまとめ、資料として参考に供したいと思う。

2. 土壤の空気組成と果菜の生育

ナス(河野)、トマト(福寿2号)、キュウリ(相模半白)をワグナーポットに栽培し、地下部だけを鉄板と接ろうで気密に保ち、酸素量をそれぞれ2%、5%、10%、20%に保つた空気を、ポットの土中に1日に250~480ℓおくり、ほぼ所定のガス量に保つて1か月ほど生育させ調査した。

トマトが土壤空気の酸素濃度が2%近くに減少すると著しく生育がわるくなつたのにくらべて、ナスとキュウリは低濃度でもかなり生育した。

一方キュウリは土壤空気中の酸素が20%までは多いほどよく生育したのに対し、ナスは20%より10%の区の方が生育良好で、トマトも20%と10%の区にあまり差がなく、果実重は20%より10%区の方が大きかつた。

キュウリは通気のよい畑でよく生育し、浅根性で、長雨のあとには地表に白い根の出ることさえあり、通気の必要度の大きいことがわかる。しかし酸素の不足状態にも耐え、畑が湛水しても直ちに枯れるようなことはない。

これは根が浅くて大気中の酸素を得やすいこともあるが、根の中央に空気を含む太い導管があつて、莖葉から根に酸素の補給される量の多いことも推定される。またトマトは水中では発芽しにくいのがキュウリの種子はマクワウリとともに水中でよく発芽し根を伸ばす。キュウリの根は少ない酸素の中でも生育しうる特別な生理的機能をもつかもしれない。

トマトの根は通気組織の発達がわるく、湛水するといちはやく枯れ、酸素不足状態に耐えがたい。ところが土壤中の酸素量10%の区の生育がよく、酸化的な20%区が10%区より劣るのは窒素吸収に関係があると考えられる。酸化的な状態では $\text{NO}_3\text{-N}$ の吸収がおさえられ、生育がわるくなるのでなからうか。

リンはトマト、キュウリ、ナスともに酸素の多い区ほど多く吸収されたが、窒素は酸素の多い区では吸収が減じた。

第1表 土壤空氣の酸素濃度と果菜の生育

	土壤空氣の 酸素濃度	2%	5%	10%	20%	LSD
ト マ ト	生 体 重	70.0	211.7	265.1	268.1	19.9
	内 莖 葉 重	61.0	150.0	177.0	182.1	17.5
	果 実 重	6.7	41.5	61.6	45.0	3.4
	根 重	2.2	20.2	26.5	31.0	3.5
キ ユ ウ リ	生 体 重	115.3	147.3	197.8	222.0	5.7
	内 莖 葉 重	109.4	130.5	176.7	201.6	16.1
	根 重	5.9	16.8	21.1	20.4	1.6
ナ ス	生 体 重	120.5	174.0	201.3	195.3	8.5
	内 莖 葉 重	45.5	82.4	105.3	100.9	4.4
	果 実 重	58.3	61.3	57.0	54.3	—
	根 重	16.7	30.3	39.0	40.1	2.2

(キュウリは花のうちに除いて果実を太らせなかつた。)

(土壤のEhは酸素2%区も20%区も著しい差がなかつた。)

第2表 土壤空氣の酸素濃度と果菜の水分吸収

土壤空氣の 酸素濃度	0%	2%	10%	20%
ト マ ト	43	230	1826	1756
キ ユ ウ リ	86	800	1173	1186

(試験期間中の1株当全吸収量 g)

第3表 土壤空氣の酸素濃度と養分吸収

窒 素

土壤空氣の 酸素濃度	2%	5%	10%	20%
ト マ ト	280.1	526.5	550.2	524.9
キ ユ ウ リ	317.4	445.8	555.3	720.1
ナ ス	297.2	459.0	623.3	618.4

リ ン (pとして示す)

ト マ ト	31.3	64.1	85.0	88.3
キ ユ ウ リ	35.1	70.7	90.1	102.1
ナ ス	27.9	45.9	58.0	58.0

(1株当 mg)

3. 水耕栽培における通気が生育におよぼす影響

通気の必要度をしらべるため ワグナーポットに Hoagland 液を入れ、ビニールフィルムで液面をおおつて、水中に酸素の溶入をはばんで溶存酸素量を少なくした区、普通の水耕区、バツブリングによつて水中の酸素を飽和近くに保つた区のとおりを作つて、多種類の蔬菜を 1~5 か月栽培し、生育の比較を行つた。

各区の水耕液中の溶存酸素量は通気区は 7~13 ppm、標準区は 5~7 ppm、酸素制限区は 3~5 ppm 内外に保たれた。

第 4 表 秋冬蔬菜の生育におよぼす通気の影響

(生体 1 株当重量 g)

種類	イチゴ	左のうち 果実重	ソラマメ (3月調べ)	エンドウ	ダイコン	タマネギ	ネギ	カンラン
通気区	179.4	112.6	213.4	50.4	235.7	218.9	183.2	170.7
標準区	178.6	120.6	242.2	33.6	56.7	212.4	173.7	104.6
酸素制限区	170.7	106.6	294.5	9.9	46.5	197.6	126.8	87.8

品種……イチゴ(大正)、ソラマメ(在来)、エンドウ(ウスイ)

ダイコン(宮重)、タマネギ(泉州黄)、ネギ(九条)、カンラン(富士早生)

第 5 表 夏蔬菜の生育におよぼす通気の影響

(生体 1 株当重量 g)

種類	トマト	ナス	トウガラシ	フジマメ	サツマイモ
通気区	105.5	37.4	46.2	40.6	26.5
標準区	67.5	42.0	44.3	39.6	23.9
酸素制限区	27.6	38.5	52.8	—	23.1

品種……トマト(福寿2号)、ナス(橋田)、トウガラシ(栗真)

フジマメ(赤花)、サツマイモ(農林1号)

この試験の結果を要約すると次のようであつた。

(1) 秋冬蔬菜ではダイコン、カンラン、エンドウは通気の効果が大きく、ネギはこれにつぎ、ソラマメ、タマネギ、イチゴは必要度が少なかつた。ソラマメ、タマネギは 4~5 月ごろには通気の効果があつたが生育の初期はかえつて通気しない方が生育がよかつた。

(2) 夏蔬菜ではトマト、キュウリは通気の効果が大きくあつた。ナス、トウガラシは比較的效果が少なく、フジマメはササゲとともに通気がわるくてもよく生育した。またキュウリは通気不良状態にも適応することが認められた。サツマイモはいもつきには十分な通気が必要であるが、莖葉は通気がわるくてもよく生育した。

(3) 通気がわるいとリン酸、カリの吸収量は減り、 $\text{NH}_4\text{-N}$ も多くの場合減少したが、 $\text{NO}_3\text{-N}$ は通気のわるいときにむしろ吸収が増した。このどあいには種類によつて差がみられた。ソラマメの生育初期は通気不良区がよくできたが、通気のわるい区では著しく $\text{NO}_3\text{-N}$ が多く吸収され、これが通気不良区でよくできた主要な原因になつていとおもわれた。

第6表 ソラマメの窒素吸収におよぼす通気の影響

(水耕液から1か月間に吸収した量、1株当り mg)

通気要素 時期	$\text{NH}_4\text{-N}$			$\text{NO}_3\text{-N}$		
	通気区	標準区	酸素制限区	通気区	標準区	酸素制限区
12月	40.3	40.3	37.0	27.0	40.0	44.0
1月	44.5	52.2	40.5	34.3	63.0	85.5
2月	99.2	87.0	82.5	85.7	122.5	124.2

4. 蔬菜の根の呼吸量

根の呼吸量の多い少ないは通気の必要度と関係が大きいと思われる。圃場での呼吸量は単位根量の酸素吸収量のほか根量も考えなければならないが、一応単位根量の呼吸量を多くの蔬菜について比較してみた。

呼吸量の測定は数種の方法を比較検討した結果、飽和近くの溶存酸素を含んだ水中に根を入れて水中から吸収する酸素量をしらべる方法が多数の材料をとりあつかうには最も便利であつた。この試験の状態では水中から根が吸収する酸素量は空気中からの量の $\frac{1}{2}$ ないし $\frac{1}{3}$ であつた。

第7表の成績は細根を分離し、1g秤量して溶存酸素量のわかつた水をみたした100ccビン中に入れて25℃の水槽中に1時間保ち、その後水中の酸素量を分析して得た結果である。

第7表 蔬菜類の根の酸素吸収量

夏 蔬 菜						
種 類	ナス	トマト	トウガラシ	キュウリ	インゲン	
品 種	橘 田	グローブ	栗 真	相模半白	マスターピース	
吸収した酸素量	0.220	0.260	0.240	0.289	0.358	
秋冬蔬菜						
種 類	ソラマメ	エンドウ	イチゴ	ダイコン	ニンジン	タマネギ
品 種	在 来	ウスイ	ジョンソン アーリー	宮 重	国 分	泉州黄
吸収した酸素量	0.445	0.353	0.473	0.315	0.253	0.265

秋冬蔬菜

種類	ネギ	ハクサイ	カンラン	ホウレンソウ	シユンギク	チシヤ	フダンソウ	ミツバ
品種	九条	京都3号	富士早生	次郎丸	在来	ワヤヘッド	日本大葉	白莖
吸収した酸素量	0.245	0.347	0.239	0.343	0.258	0.325	0.190	0.223

土壌中の酸素不足は高温期に起りやすい。土壌温度が高くなると微生物の繁殖がふえ、その呼吸による酸素の消費が増加するほか、根の呼吸量もふえて酸素が不足する。蔬菜の種類別に温度と呼吸量の関係を知るため、数種の蔬菜につき単位根量が吸収する酸素量を5℃ごとに温度をかえてしらべてみた。

第8表 蔬菜の根の酸素吸収量と温度

(1gの根が100ccの水から1時間に吸収した量 mg)

種類 \ 温度	0~2℃	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°
ナス	0	0.04	0.05	0.08	0.14	0.22	0.29	0.34	0.36	0.42
トマト	0.08	0.08	0.13	0.16	0.22	0.26	0.39	0.40	0.42	0.41
トウガラシ	0.04	0.08	0.09	0.12	0.19	0.24	0.38	0.42	0.46	0.48
キュウリ	0.04	0.06	0.07	0.09	0.18	0.29	0.41	0.43	0.49	0.48
インゲン	0.07	0.12	0.20	0.20	0.27	0.36	0.45	0.53	0.51	0.48
サツマイモ	0.05	0.08	0.16	0.16	0.23	0.28	0.37	0.40	0.38	0.41
(夏)イチゴ	0.15	0.19	0.20	0.26	0.30	0.36	0.41	0.51	0.49	0.57

第9表 温度と根の酸素吸収割合

(15℃の場合を100とした場合)

種類 \ 温度	5℃	15°	25°	35°	45°
ナス	50	100	280	432	536
トマト	53	100	163	248	332
トウガラシ	64	100	197	341	387
キュウリ	63	100	308	453	500
インゲン	59	100	178	257	236
サツマイモ	54	100	175	244	253
イチゴ	74	100	138	192	217

第8および9表でみられるようにトマトにくらべるとナスは低温下での呼吸の減少率が大きく、キュウリは高温になると呼吸の増す率が大きかつた。

5. 莖葉から根に対する酸素の供給度

多湿な土壌や通気のわるいところによく生育する植物の根は通気組織の発達していることが指摘されている。

蔬菜類にあつてもサトイモ、ミツバなどの根は通気組織がよく発達し、ナスやサツマイモも通気のよい畑に生育したものの根はそうでないが、通気のわるい状態におかれると細胞間隙が大きくなって通気組織が発達する。

根の通気組織が発達し莖葉から根に送られる酸素量の多いものは、通気のわるいところでも生育がよいであろう。ところで、莖葉から根に対する酸素供給量を測定することは容易でないから、莖葉のあるなしが、根の呼吸量におよぼす影響の大小で、莖葉からの根に対する酸素供給度を推定してみた。

第10表でみられるようにミツバ、ササゲ、サトイモ、ゴボウ、タマネギなどは20%以上莖葉から根に酸素の供給があり、ハクサイやニンジンはその量の少ないことが推定された。

第10表 莖葉の有無が根の酸素吸収におよぼす影響

種 類	莖葉を切断したあとの吸収増加割合	種 類	莖葉を切断したあとの吸収増加割合
ナ ス	107.1	ネ ギ	110.7
ト マ ト	107.7	タ マ ネ ギ	121.3
キュウリ	109.0	ハ ク サ イ	103.5
インゲン	108.0	カ ン ラ ン	109.4
フジマメ	112.1	ミ ツ バ	130.2
サ サ ゲ	121.3	サ ト イ モ	120.2
イ チ ゴ	112.6	ニ ン ジ ン	104.5
ソラマメ	106.9	ダ イ コ ン	114.3
エンドウ	106.2	ゴ ボ ウ	121.2

この試験は苗についておこなわれたが、生育の進んだものでは種類間の差がいつそう顕著にあらわれるであろう。

6. 根の硝酸還元作用と呼吸

根の硝酸還元作用は生育の過程によつてもちがうことが知られているが、種類間の差が大きい。筆者は20種の蔬菜の根について酸素の多い場合と少ない場合の硝酸還元量のちがいをしらべてみた。

水耕溶液中に酸素の少ない場合は根の硝酸還元量が増加し、トマト、インゲン、エンドウなどはとくに著しかった。これらの蔬菜は還元状態で硝酸からの酸素を利用する能力が大きいと考えられる。

夏蔬菜では根の呼吸量の多いものほど水耕液中に酸素が少ないときに硝酸還元する働きが大きく、その相関は $r = +0.902$ であつた。

第11表 夏蔬菜の根の硝酸還元量

(1gの根が100ccのN/500 NH₄NO₃液中に24時間
に生じたNO₂-Nの量 mg)

種類	ナス	トマト	キュウリ	インゲン	トウガラシ	イチゴ	サツマイモ
酸素の多い場合 (5~10 ppm)	0.22	0.30	0.24	0.30	0.05	0.05	0.02
“ 少ない場合 (1~2 ppm)	1.0	1.9	1.0	1.7	0.6	0.5	0.3

7. む す び

蔬菜類の根の通気必要度をおもに種類間差の点から検討した。

トマト、インゲン、キュウリ、カンラン、ハクサイ、ダイコン、ニンジン、ジャガイモなどは通気の効果が大きく、ミツバ、サトイモは通気がわるくても生育し、生育初期のソラマメ、タマネギ、イチゴなども通気不良状態に耐えるといえることができる。

通気必要度に差の生ずる原因は通気組織の発達のほか、生理的な機能のちがいにともづく点が多いであろう。

参 考 文 献

1. 位田藤久太郎：いも類の発芽におよぼす土壌条件に関する研究、園芸学会雑誌 20:83-86、1951
2. “ : 蔬菜の根の生理に関する研究 第1報 蔬菜の根の酸素要求について、園芸学会雑誌 21:202-207、1953
3. “ : “ 第2報 莖葉の有無が根の酸素要求量におよぼす影響について、園芸学会雑誌 22:24-27、1953
4. “ : “ 第3報 蔬菜の根の硝酸還元作用について、三重大学農学部学術報告 5:1-10、1952
5. “ : “ 第4報 土壌空気の酸素濃度が果菜類の生育養分吸収におよぼす影響、園芸学会雑誌 25:85-93、1956
6. “ 、小川幸持、新井和夫： “ 第5報 水耕栽培における通気が蔬菜類の生育、ならびに養分吸収におよぼす影響について、園芸学会雑誌 26:171-177、1957