

根菜類のすいりに関する研究(第1報)

甘日大根の体内窒素含量と発現の関係について

苦 名 孝

(山形大学農学部園芸学研究室)

Takasi TOMANA : A Study on the Pithy Tissue in Root Crops.

I. Nitrogen contents of radish in relation to the occurrence of the pithy tissue.

(1) 緒 言

大根のすいり現象については、従来多くの業績があり生態的、組織解剖的な面で得る所多大であるが、体内成分の点では定量的な成績を見出し難いうらみがあった。

著者はさきに、根菜類に及ぼす肥料三要素の影響について報ずる所があったが、その一端として体内含量とす発現との関係を調査し、更に窒素含量の消長については稍々詳細に検討を試みた。尙、地上部茎葉との関係を明らかにする必要から、その手がかりとして滲透圧に就いても若干の測定を行つた。

(2) 実験方法及び結果

1. 砂耕試験に於ける三要素とすの発現

滝井種苗長岡研究農場より分譲せられた赤丸甘日大根種子を用い、長さ80cm、巾60cm、深さ20cmの木箱に川砂を充して、5粒づつ10cm置きに点播した。発芽3日後に間引いて1箱につき20個体とし、肥料溶液を発芽7日後から収穫時まで1箱毎に隔日2回施用した。砂耕液の要素源として硫酸、過磷酸石灰、塩化加里を用いた。

実験に用いた川砂の三要素含量は、N : 0.007%, 1/5 N. HCl 可溶成分について P_2O_5 : 0.017%, K : 0.046%である。

溶液中の三要素濃度は Table 1 の如くであり、供試数は各処理区で夫々の濃度について40個体とした。

	播 種	収 穫	
(I)	8月25日	10月5日	(1953)
(II)	10月10日	11月20日	(1953)
(III)	8月20日	9月28日	(1954)

Tabl 1. によると砂耕試験の結果からは、3回の実験共磷酸施用濃度とす発現との関係は全く見られないと云つてよい。既報に明らかな様に、体内要素含量は施用濃度と共に増減するから、磷酸は体内に於てもすいりに直接関与する可能性の少いことを示すと思われる。

窒素については、(I)、(II)で施用濃度と発現率が比例する結果を得たが(III)ではこの関係は判然としない。尤も、施用濃度が400p. p. m. を超えた場合に発現率の減少するのは過剰の窒素施用によつて生育そのものが却つて抑制される様であるから、根部の肥大と発現との相関という見方をすれば、首肯し得る傾向と云えよう。

加里濃度についても窒素の場合と同様な傾向があるが、根部肥大も濃度の上昇に伴うこ

Table 1. Effect of the Respective Concentration of Nitrogen, Phosphorous and Potassium, on Sand Culture

Treatments	Concentration (p.p. m.)			Fresh Wt. of Root (g)	T-R Ratio in Fresh Wt.	No. of Pithy Radishes in 40 (percent)
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O			
Nitrogen	80	40	40	16.4	0.35	23 (57.5)
	40	40	40	8.6	0.36	24 (60.0)
	20	40	40	5.2	0.30	17 (42.5)
	0	40	40	3.1	0.26	15 (35.0)
(I) Phosphorous	40	80	40	8.5	0.32	23 (57.5)
	40	40	40	8.6	0.36	24 (60.0)
	40	20	40	7.5	0.33	23 (57.5)
	40	0	40	5.5	0.37	23 (57.5)
Potassium	40	40	80	10.1	0.30	31 (77.5)
	40	40	40	8.6	0.36	24 (60.0)
	40	40	20	7.7	0.33	19 (47.5)
	40	40	0	6.7	0.32	27 (67.5)
Nitrogen	160	80	80	15.1	0.31	31 (77.5)
	80	80	80	11.6	0.30	28 (70.0)
	40	80	80	10.4	0.33	19 (47.5)
	0	80	80	2.4	0.29	8 (20.0)
(II) Phosphorous	80	160	80	13.5	0.26	34 (85.0)
	80	80	80	11.6	0.30	28 (70.0)
	80	40	80	12.7	0.27	28 (70.0)
	80	0	80	11.4	0.23	35 (87.5)
Potassium	80	80	160	14.7	0.28	34 (85.0)
	80	80	80	11.6	0.30	28 (70.0)
	80	80	40	15.1	0.25	18 (45.0)
	80	80	0	13.4	0.25	12 (30.0)
(III) Nitrogen	500	80	80	7.2	0.91	19 (47.5)
	400	80	80	9.3	0.90	23 (57.5)
	300	80	80	11.3	0.76	23 (57.5)
	200	80	80	9.9	0.87	16 (40.0)
	100	80	80	9.9	0.67	32 (80.0)
Phosphorous	200	60	80	7.4	1.03	20 (50.0)
	200	40	80	7.6	0.82	15 (37.5)
	200	30	80	6.2	0.99	7 (17.5)
	200	20	80	7.1	0.86	16 (40.0)
	200	10	80	5.1	0.82	16 (40.0)

Each group consisted of 40 plants

とは Table 1 の示す通りである。

尚、全般に裂根の甚しい個体では発現が少く、赤斑の根身に入るものには多いことが認められる様である。

2. すいりと体内窒素含量との関係

*赤丸廿日大根を1955年7月2日山形大学農学部圃場に2寸×2寸に播種した。

施肥は基肥のみとし、反当の内訳は下記の如くである。

堆肥 300貫、硫安 15貫、熔成磷肥 15貫、塩化加里 6貫、石灰 15貫

7月14日より6回に互つて分析材料を採取し、生体重、T-R率のほぼ等しい個体を選び、すいり個体については発現初期と思われるものを調査に供した。

調査事項は、地上部、地下部の生体重、乾物重、体内全窒素含量、地下部のアンモニア態窒素含量である。このうち、窒素の定量はケルダール法により、アンモニア態窒素については乾燥粉末の水抽出液を用いた。

Table 2. Comparison of the Growth of Normal and Pithy Radishes

Harvest Dates	Plant Used	Fresh Wt. (g)		Dry Wt. (g)		Fresh Wt./Dry Wt.		T-R Ratio		No. Used
		Top	Root	Top	Root	Top	Root	Fresh	Dry	
		VII/14	normal	0.89	0.10	0.08	0.01	10.68	11.00	
VII/21	normal	3.90	0.75	0.33	0.07	11.91	10.42	5.17	4.52	30
VII/23	normal	4.45	1.52	0.38	0.12	11.87	12.42	3.50	3.06	30
VII/25	pithy	8.98	9.02	0.80	0.53	11.71	17.17	1.00	1.52	10
	normal	11.22	10.71	0.96	0.66	11.68	16.32	1.05	1.46	10
VII/27	pithy	10.67	17.47	0.87	1.11	12.22	15.74	0.61	0.78	10
	normal	9.18	16.37	0.68	0.86	13.44	19.15	0.56	0.80	10
VIII/1	pithy	19.97	29.57	1.50	1.66	13.31	17.98	0.68	0.91	10
	normal	19.92	28.32	1.50	1.70	13.32	16.64	0.70	0.88	10
VIII/5	pithy	25.08	34.83	1.90	2.30	13.17	15.16	0.72	0.83	5
	normal	25.38	36.25	2.21	2.44	11.47	14.87	0.70	0.91	5

Table 3. Nitrogen Contents of Radish Relation to the Occurrence of the Pithy Tissue

Harvest Dates	Plant Used	Total Nitrogen Contents				NH ₃ -Nitrogen Contents in Root		
		Fresh Wt. Percent		Dry Wt. Percent		Fresh Wt. Percent	Dry Wt. Percent	mg per Radish
		Top	Root	Top	Root			
VII/14	normal	0.53	0.35	5.68	3.88	0.00668	0.0735	0.0067
VII/21	normal	0.54	0.45	6.40	4.71	0.00597	0.0621	0.0448
VII/23	normal	0.43	0.42	6.18	5.16	0.00385	0.0478	0.0585
VII/25	pithy	0.48	0.23	5.62	3.95	0.00467	0.0761	0.4212
	normal	0.50	0.22	5.88	3.72	0.00183	0.0298	0.1960
VII/27	pithy	0.44	0.19	5.35	3.03	0.00536	0.0841	0.9364
	normal	0.41	0.18	5.58	3.45	0.00246	0.0470	0.4027
VIII/1	pithy	0.46	0.24	6.13	4.38	0.00642	0.1155	1.8984
	normal	0.46	0.23	6.13	3.83	0.00421	0.0698	1.1922
VIII/5	pithy	0.46	0.25	6.06	3.79	0.00698	0.1061	2.4311
	normal	0.45	0.23	5.16	3.42	0.00432	0.0644	1.5660

生体重、乾物重、及び之から導き出される生体重/乾物重比、T-R率は Table 2. の如くであり、7月25日以後に発現調査したすいり個体と健全個体との間に一定した大差のないことが判る。

Table 3. によると、体内全窒素含量は、地上部に於て乾物%、生体%共調査期間を通じ漸次減少する傾向はあるが、すいり個体、健全個体間には判然とした差がない。地下部の含量は肥大開始期(7月21日頃)までは増大するが、開始と共に急激に減少する。然し、以後の期間にはこの低下した含量が変化することなく維持される様である。すいり個体は

乾物%に於ては健全個体との間に一定した差を示さないが、生体%では僅少な差ではあるが常に多い傾向がある。

アンモニア態窒素の地下部含量は肥大初期迄逐次減少し、この時期を谷として再び増加する。一方すいり個体では健全個体に比べ多量のアンモニア態窒素を発現当時から含有しており、この差は調査期間を通じて変らなかつた。個体当り絶対量についても同様の差異が存在する。

分析の結果では以上の如く、すいり個体の地下部アンモニア態窒素含量の健全個体に比して多いことを認めたのであるが、更に、地下部に於けるその分布状態を知るため、ネスラー指薬 Nessler's reagent を用いて調査した。

すいり初期の根身の横断切片を水に浸して後、指薬で処理して検鏡すると、すいりの前提となる、細胞内に気泡の見られる附近の柔組織細胞には赤褐色の沈澱を多量に認めるが、他の健全部には僅かに存在を認め得る程度である。従つて、肉眼的に見ると気泡を含む細胞群周辺の組織が広い範囲にわたつて赤褐色を呈し、他の部分は淡褐色となつてゐる。

然し、Nessler's reagent はアンモニアに特異的ではなく、タンニン、加里に対して黄色を呈するから組織中のアンモニアを確認するために、ガラス環をワセリンでスライドに密着させ、この中に気泡を含んだ組織片と健全柔組織片を 5×5×2mm に切つて置き、カバーガラスに指薬を1滴落し、組織片に15%苛性ソーダを滴下すると同時に、このカバーガラスを環上に伏せて組織中のアンモニアを遊離せしめた。数回の反復共、アンモニアガスによる黄色沈澱は空泡を含む切片で著しく多くなつてゐた。

以上の観察から、分析によつて示された差異が根身全体に依るものではなく、恐らく、すの発現初期に検出される空泡周辺のアンモニア態窒素の異常な集積に由来するものであり、又組織中のアンモニア態窒素の濃度は、根身全体について定量的に得られた結果よりも遙かに高くなつてゐるであろうと推察せられるのである。

3. 滲透圧の消長

前記の体内窒素含量調査に用いた材料の 3~5 個体について、蔗糖溶液に於ける原形質分離法により地上部、地下部の滲透圧を測定した。地上部では、最長葉の中肋表皮細胞を、

地下部では肥大部の中心髓細胞を用いた。

Table 4. Osmotic Pressure of Rabish tissues Determined Plasmolytically, Expressed as Atmospheres

Harvest Dates	Plant Used	Top	Root
VII/14	normal	10.2~10.5	8.3~8.5
VII/21	normal	10.4~10.6	8.4~8.7
VII/25	pithy	10.1~10.3	7.2~7.4
	normal	9.5~9.9	8.0~8.2
VIII/1	pithy	11.5~11.7	7.9~8.2
	normal	10.9~11.2	8.5~8.8
VIII/5	pithy	11.5~11.8	7.3~7.6
	normal	11.3~11.5	7.8~8.0

Each group consisted of 3-5 plants.

Table 4 によつて明らかな様に、地上部と地下部の差は 2.0 気圧に保たれているが、すの発現したものでは地上部の圧が増加するに反し地下部では減少する傾向を認める。このため、地上部と地下部の滲透圧の差は健全個体に比較すると、ほぼ 1.0 気圧近く大きくなつてゐる様である。

この現象は他の材料を用いた氷点降下法による全搾汁液の滲透圧測定によつても確かめられた。

健全個体に於ても、恐らく、葉面

からの蒸散と根の水分吸収との不均衡によつて、肥大初期から葉の滲透圧の上昇は認められるが、すいり個体ではこの傾向が更に大きくなつてゐる。一方、地下部の圧の減少については、福島氏等も聖護院大根を用いた実験に於て、す発現に伴つて根身の周縁部、中心部共に滲透圧の低下することを認めているが、本実験に於て、この現象のみに局限して考察するならば水分需給の異常性を認めざるを得ないと思われる。然し、廿日大根の生育の過程を見ると茎葉の生育は根の肥大速度に比べて著しいものではないから、発現時期に於ける葉面からの蒸散量の増大も甚しい不均衡を来す程度に達するとは考えられない。むしろ、すいりという病的な組織の影響によつて根身全体の滲透圧が低下し、その結果、地上部の水分不足の程度が大となつて圧を高めるのではあるまいか。この点は今後、発現機構の解明に伴つて判然とすべき事項である。

(3) 考 察

藤井氏等は廿日大根を用いた実験で、すの発現と根重、T-R率、根形指数との間に相関を認めないと報告しているが、本砂耕試験の結果では、窒素及び加里の施用濃度一体内含量の高くなるに従い、すいり個体の増加する傾向と共に地下部生体重の増大も之に伴うことが認められる。即ち、之等要素が直接にす発現に影響を及ぼすと考えることは出来ないのであるが、根の肥大に最も重要とされるのは窒素含量であることが明らかであり、この点からも先ず生育期間、特に、す発現時期の窒素の消長を検討する必要がある。

一方、3回に亙る砂耕試験の結果から、燐酸のす発現への関与は殆んど見出すことが出来ないが、肥大に対する影響についても同様の結果となつてゐることは偶然ではない様に思われる。

窒素含量分析に供したすいり個体は、Table 2、及び Fig. 1. の生体重、乾物重、生体重/乾物重比、T-R率の比較から健全個体と概ね同程度の生育状態にあると考えられる。

体内全窒素含量はFig. 2 に示される様に、地下部含量の急激な低下がT-R率の低下と共にす発現の時期と一致してゐる。この際、すいり個体では生体%として稍々含量の高い傾向を認めている。

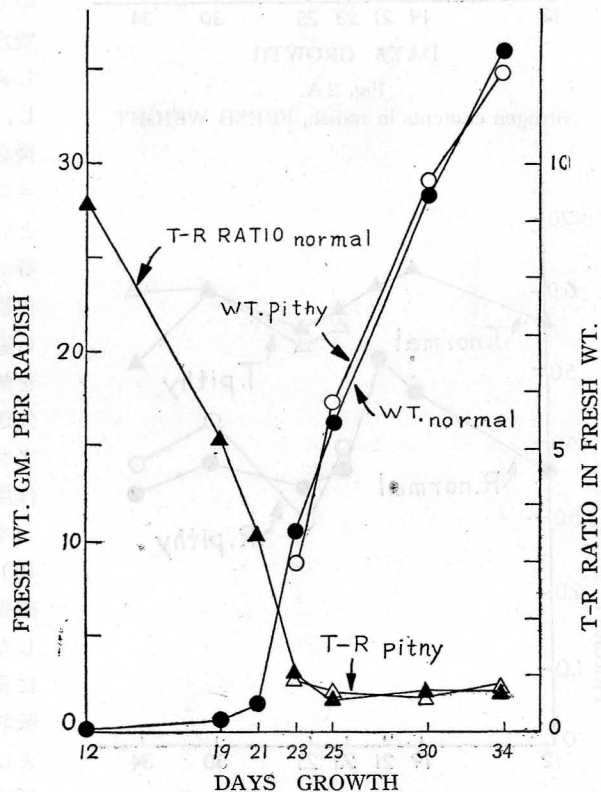


Fig. 1 Time course of fresh weight and T-R ratio of radishes

アンモニア態窒素含量は肥大初期, 健全個体での急激な低下を見るが, すいり個体では発現時期から含量は著しく多くなってくる. NESSLER's reagent による検出の結果と照合して, この差異が発現時期に集積するアンモニアと推量されるのである (Fig. 3).

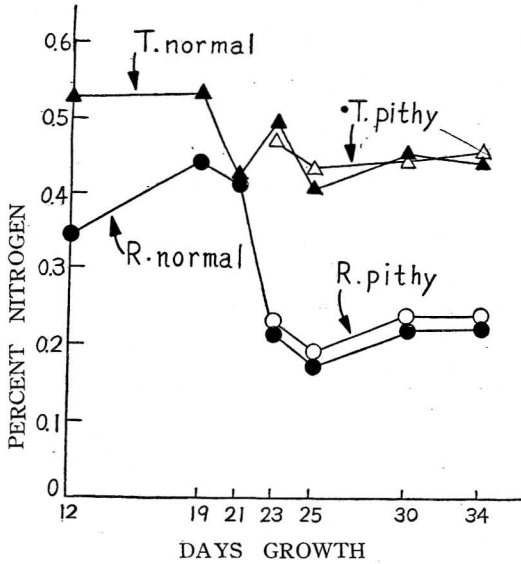


Fig. 2 A

Nitrogen contents in radish, FRESH WEIGHT

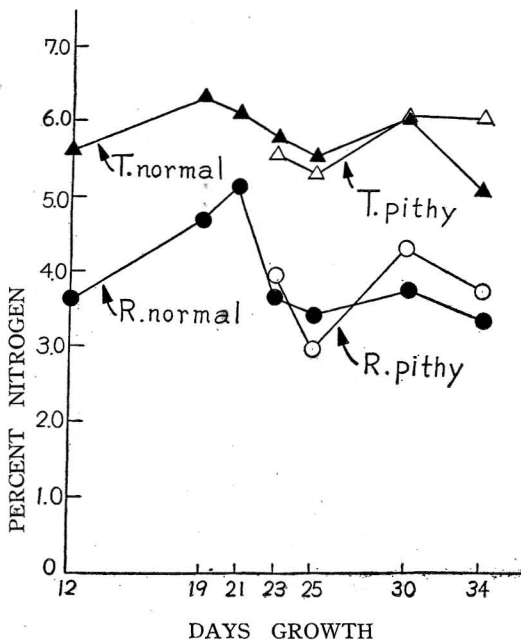


Fig. 2 B

Nitrogen contents in radish, DRY WEIGHT

伊藤, 坂本両氏は稲熱病抵抗性に関連して, 稲葉鞘のアンモニア含量が罹病性と関係を有することを見, 集積の害による結果として水透過性の増大することを挙げている. 氏等によれば 1/10,000 規定の稀薄アンモニア液の数時間の処理によつて既に葉鞘切片原形質の水透過性が著しく増加することが認められた.

一般に植物体における窒素の吸収同化の過程にあつては, その一部としてアンモニアが出現するが, 此等のアンモニアはそのまま蓄積されるのではなくて, 植物はアンモニアを炭水化物に由来する有機酸と結合せしめて無毒なアミド化合物を生成し, 組織内に一時的に貯蔵し, その後必要に応じて之を分解してアンモニアを遊離し, 蛋白合成に利用するといわれる. 従つて, 同化作用が何等かの理由によつて抑制せられ炭水化物の欠乏を来した場合, 或は根から過剰にアンモニアが吸収せられ之を無毒化すべき炭水化物が相対的に欠乏した場合には必然的に組織内にアンモニアの集積がおこり植物は害作用を受けるとされている.

本実験に於ては, 砂耕試験で N : 400 p. p. m. 以上の過剰とみられる硫安の施用によつてす発現率の増加しない結果からも, 之等すいり個体に見られるアンモニアが直接根から吸収蓄積されたもののみ由来するとは考えられず, むしろ, T-R率の低下, 根の急激な肥大等により同化炭水化物の相対的な減少に伴つて生理的に地下部柔組織細胞に分解集積

されたものを主とするであろう。肥大初期、柔組織細胞に於ける澱粉の消失が観察され、又、萩屋氏によれば、「通導組織に遠い部分の木部柔組織の大形細胞に糖の消失が見られ、藤井氏等及び萩屋氏によつて、発現に伴つて可溶性物質の含量の低下することが知られて居り、之等を考慮に入れれば、恐らく肥大初期以後すいり個体に見られるアンモニア態窒素は、柔組織内炭水化物の欠乏によつて結合除毒されず、塩類、遊離態として集積されたものであり、かかる集積が水透過性の増大等の害作用を該柔組織細胞に及ぼすであろうと予想されるのである。滲透圧が地下部に於て低下する傾向もかかる観点に立つならば、アンモニアの害作用が主として細胞の水素イオン濃度を低下させ、原形質の状態変化を惹起せしめることに在るから、その結果として起り得る現象であると思われる。

萩屋氏は、すいり発現の原因が一種の餓饉状態に在るであろうとし、藤井氏等及び福島氏等は過熟現象によるものと推論したが、本実験の段階では、養水分の転流と発現との間に関連の存することは認められるけれども、両者の因果関係については更に検討を要するであろう。

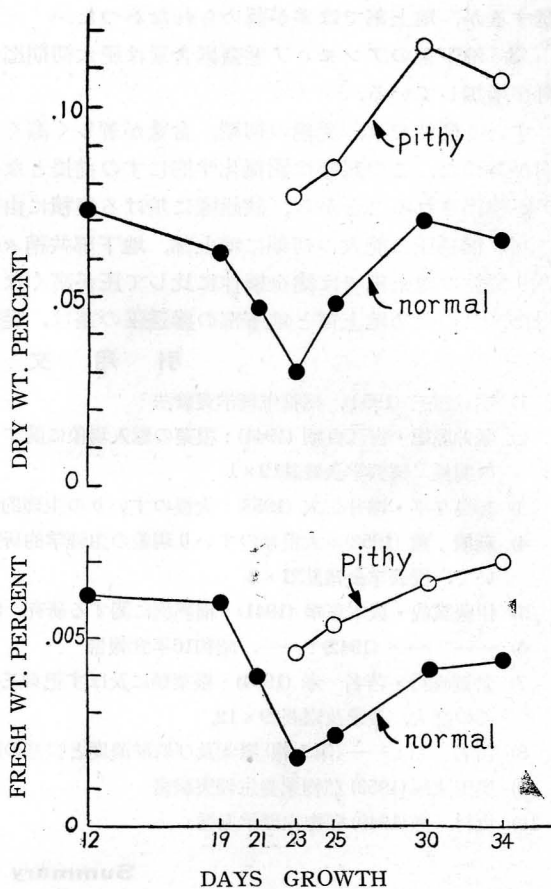


Fig. 3
Time course of NH₃-N contents in radish roots

(4) 摘 要

根菜類のすいり現象を究明するため、廿日大根の三要素砂耕試験を行つて、発現率への影響を調査し、更に圃場に栽培した材料について体内の窒素含量の消長を分析比較した。この際、生育期間を通じて滲透圧に就いても測定を行つた。

1. 砂耕試験の結果、窒素及び加里施用濃度が発現に影響を及ぼすことを認めたが、磷酸に就いては判然としなかつた。但し、窒素の場合、過剰 (400 p. p. m.) と思われる濃度の施用によつて却つて発現率は減少した。

2. 地下部の体内全窒素含量は肥大初期に急激に低下するが、爾後は安定した値を維持する。地上部の含量は生育期間を通じて大差がない。すは、この地下部含量の急激な低下の時期に発現し始める。

すいり個体では、地下部含量が健全個体に比べて稍々高く、この傾向は以後の期間に持

続するが、地上部では差が認められなかつた。

3. 地下部のアンモニア態窒素含量は肥大初期迄急激な減少を見、この時期を谷として再び増加している。

すいり個体では、発現の初期、含量が著しく高くなつて居り、肥大に伴つて増加する傾向があつた。この現象は顕微化学的にすの前提となる気泡周辺の柔組織に多量のアンモニアが検出されることから、該組織に於ける集積に由来すると思われる。

4. 滲透圧は肥大の初期に地上部、地下部共稍々低下する様であるが、この時期からすいり個体の地上部では健全個体に比して圧が高くなつて居り、地下部では之に反した値を得た。このため地上部と地下部の滲透圧の差は、発現に伴つて増大する様である。

引用文献

- 1) 相見豊三(1953), 細胞生理学実験法
- 2) 藤井健雄・吉江貞剛(1941): 根菜の鬆入現象に関する研究(第1報) 菜菔の発育と鬆の発現との関係. 園芸学会雑誌12×1
- 3) 福島与平・増井正夫(1953): 大根のすいりの生理的観察. 静岡大学農学部研究報告第3号
- 4) 萩屋 薫(1952): 大根類のすいり現象の生理学的研究(第1報) 生育に伴うすの発現経過について. 園芸学会雑誌21×2
- 5) 伊藤誠哉・坂本正幸(1941): 稲熟病に関する研究. 昭和15年報告
- 6) ————(1942): ————. 昭和16年度報告
- 7) 倉岡唯行・苫名 孝(1954): 根菜類に及ぼす肥料三要素の影響(予報) 窒素及び加里濃度と根部の肥大, 農業及園芸29×12
- 8) 苫名 孝: ————(第1報) 窒素及び磷酸濃度と根部の肥大(未発表)
- 9) 奥田東編(1953) 植物栄養生理実験書
- 10) 坂村 徹(1949) 植物生理学上巻

Summary

1. In order to make clear the operation of pithy tissue in root crops, a study has been made on the pithy tissue in radish (Rapid Red) roots by the methods of sand culture, analysis of nitrogen contents and the measurement of osmotic pressure.

2. According to the result of sand culture, nitrogen and potassium contents have influence on the occurrence of the pithy tissue, but the influence of phosphorous is not so clear. As to the nitrogen concentration, the percentage of occurrence decreased when cultured with 400 p. p. m. (Table 1)

3. Total nitrogen contents in the root decreased suddenly at the beginning of enlargement, but no more after that period. In the top, there are no definite changes. (Table 3)

The occurrence of the pithy tissue appeared from this time with a small amount of nitrogen. On the pithy radish, total nitrogen contents of the roots were higher than those of healthy radishes, and this tendency has been preserved for all the subsequent periods, but in the top there were no definite changes. (Fig. 2)

4. Ammonium-N contents in the root decreased till the first period of growth, but from that time on it suddenly increased again.

On the pithy radishes, ammonium-N contents were great, and this tendency has been maintained with growth. (Table 3)

These phenomena would have been caused by the accumulated ammonium-N on the tissues where the diseased pithy had occurred, from the fact that a great deal of ammonium was detected by microchemical observation, in the xylem parenchyma around air bubbles which appeared before the occurrence of pithy tissues. Perhaps the decreasing of carbohydrate contents would have been caused by the low value of T-R ratio, or for other reasons in the root, and as the contents decreased the materials necessary for producing energy relatively lacked.

Thus it can be presumed that there was impairment due to accumulated ammonium-N from the destruction of protein. (Fig. 3)

5. Both in the top and the root, osmotic pressure value had decreased slightly in the first period of growth. From this time the pressure of the top of the pithy radish was higher than that of the healthy radish, but the pressure of the root, on the contrary, was lower.

Hence, from the time of occurrence, the difference between the top and the root was greater than that of the healthy radish. (Table 4)