

各種作物の根群発達に関する研究 (第1報)

窒素と加里が促成栽培におけるイチゴ宝交早生の根の機能、発達に与える影響

浅野 亨・田中康隆・水田昌宏

Studies on Root Growth of Various Plants

Effect of nitrogen and potassium on function and growth of root on strawberry
“Hokowase” in the forcing type

Toru ASANO Yasutaka TANAKA and Masahiro MIZUTA

緒 言

近年、本県施設イチゴにおいて、根群発達の不良および老化によると考えられる生産障害の事例が多い。これは、多肥栽培による塩類集積および土壌無機成分のアンバランスに起因するものが多いと思われる。吉村ら¹³⁾は、連作土壌において、表層土壌への、加里、窒素、石灰等の集積が多く、また加里は、灌水によっても容易に除去されないことを明らかにした。筆者ら⁸⁾も、窒素にくらべ、加里は、表層より除去されにくいことを確認した。また森ら⁹⁾は、トマトすじぐされ病と施用加里および窒素との関連から検討を加え、窒素加里比が当量比で1.7～2が適当であると考察している。

従って、本県での生産障害事例についても、窒素および加里の過剰、また両者のアンバランスに基づくことが多いと判断される。加里は、窒素代謝、呼吸等に関与し、根群発達を大きく左右するものといわれている¹⁰⁾。そこで筆者らは、窒素および加里が、イチゴの根群発達および地上部の生育に与える影響を明らかにするため本実験を実施したのでその結果を報告する。

実験材料および方法

実験 I. 根群発達の時期別変動における予備調査

1975年7月20日より子苗を仮植、9月11日まで育成、9月12日に本圃に定植した。肥培管理は、既報⁷⁾における標準と同様であり、栽培管理は、藤本²⁾が提案した基準に基づき実施した。

分析および調査用の植物体試料は、育苗期(8月4日、8月30日、9月11日)、花芽分化終了期(10月7日)、開

花期(11月27日)、収穫期(1月10日)、の各時期に、5～8株を採取した。

窒素はケルダール法、加里は炎光法によった。

根の活力は、2・3・5 - Triphenyl tetrazolium chloride (以下、T.T.C.)還元力と、 α -Naphthyl amine (以下 α -N.A.)酸化力を測定した。

根のT.T.C.還元力は、地上部切断後、水洗、一株全量を供試、0.4%T.T.C.溶液と、pH7の0.1Mリン酸緩衝液等量混合液、200ml中に入れ、サッカードで一定時間脱気後37°Cに3時間暗所内で保ち、その後、根を取り出し、99%エチルアルコールでTriphenyl formazan (T.P.F.)を抽出、波長485m μ で比色定量した。標準液は、濃度既知のT.T.C.溶液一定量にヒドロサルファイトソーダをごく少量加え振盪、99%エチルアルコール定容したものを使用した。

α -N.A.酸化力は、これも地上部切断後、水洗、一株全量を供試し、吉田¹²⁾の採用した方法に基づき測定した。

実験 II. 培地中の窒素および加里濃度と根群発達

1977年9月27日に、第一リン酸カルシウムでコーティング処理後の川砂を充てんした1/5000 aワグネルポットに、土で育苗した苗を定植、砂耕法により、11月26日まで栽培した。環境管理は、実験Iと同基準に従って実施。処理内容は、(第1表)の通りである。

分析および調査用の植物体試料は、第一花房開花期(11月23日～26日)に10株を採取した。葉部は第1～8葉までを供試した。

窒素および加里の分析法は実験Iに同じ。葉面積は自動葉面積計を使用し測定した。

根の活力は、T.T.C.還元力と、Esculin酸化力を測

第1表 培養液処理内容

	N	K	P	Ca	Mg	供 試 試 薬
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	
1	100	50	50	175	87	Ca(NO ₃) ₂ ・4H ₂ O
2	100	100				Mg(NO ₃) ₂ ・6H ₂ O
3	100	200				K ₂ SO ₄
4	200	50				CaH ₄ (PO ₄) ₂ ・H ₂ O
5	200	100				CaSO ₄ ・2H ₂ O
6	200	200				MgSO ₄ ・7H ₂ O キレート鉄

定した。T. T. C. 還元力は実験 I に同じ。Esculin 酸化力は、地上部切断、水洗後、一株全量を供試し、岡島⁴⁾が採用した方法に基づき測定した。

実験結果および考察

実験 I.

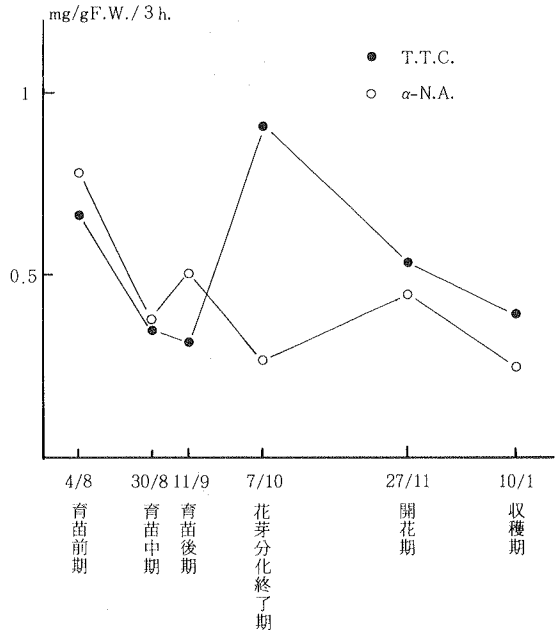
生育を乾物重でみると、第2表のとおり、開花期の増加が著しく、特に地上部の増大が顕著にみとめられた。また、窒素の吸収量は、花芽分化終了期から開花期にかけて、増加が著しかった。加里の吸収量の増加は開花期に集中した。

第2表 時期別生育およびN, K含有量

生育時期	育苗中期	育苗後期	花芽分化 終了期	開花期
	8月30日	9月11日	10月7日	11月27日
	g		g	
乾物重 地上部	2.53	3.60	3.68	7.34
地下部	0.58	0.94	1.34	1.70
	mg		mg	
N含有量 地上部	47.35	57.53	92.40	182.13
地下部	5.68	8.82	22.74	27.13
K含有量 地上部	59.94	84.43	72.77	163.68
地下部	6.64	8.78	15.61	12.61

根の活力は、第1図に示したとおり、育苗中期以後、開花期にかけて、還元力と酸化力の間に、相対する傾向がみられた。特に、花芽分化終了期のT. T. C. 還元力の増加および、α-N.A. 酸化力の低下が目立った。

また、開花期は、栄養生長から生殖生長への転換期であり、田中⁵⁾も生育、養分吸収とも最大となり、地上部各器官への分配競合が行なわれる時期であることを指摘している。そこで、開花期の根群の発達が、その後の果実生産に影響すると考え、次の実験を行なった。



第1図 根の時期別 T. T. C. 還元力および α-N.A. 酸化力

実験 II.

1. 生育について.

生育の変化を乾物重で見ると、第3表のとおり、培地中の窒素濃度が高くなると、地上部、中でも葉身部が増加した。特に培地中の窒素濃度が高く、かつ、同濃度の加里がある時、この傾向が著しかった。これに対し地下部は、培地中の窒素濃度が低い時増加した。特に、培地中の窒素濃度が低く、かつ、加里濃度が高い時、この傾向が著しかった。

田中⁵⁾も窒素の減少によりT.R比が小さくなることを指摘しており、根部の増加のみを考えたならば、培地中の窒素濃度が低く、かつ加里濃度が高いものが良いと考えられる。しかし、地上部の量の確保との両面からみ

第3表 部位別乾物重および葉面積

	処 理		葉身部	葉面積	地上部	地下部
	N	K				
	ppm	ppm	g	cm ²	g	g
1	100	50	3.50	580.0	6.44	6.02
2	100	100	3.73	610.1	6.69	6.30
3	100	200	3.50	590.1	6.36	6.48
4	200	50	3.98	648.0	6.95	4.98
5	200	100	3.94	643.4	7.07	5.56
6	200	200	4.27	676.0	7.36	5.58

した場合、培地中の窒素と加里濃度は同量付近にあることが望ましいと考えられる。

2. 植物体内窒素と加里について。

窒素の含有率は、第4表のとおり、地下部で培地中の窒素濃度の高いもとが増加していた。それ以外は、明らかな差は認められず、培地中の加里濃度による影響も認められなかった。

加里の含有率は、各部位とも培地中の加里濃度が高く、かつ、窒素濃度の低いものが増加傾向を示した。特に葉柄部で、この傾向が著しかった。

第4表 部位別、窒素および加里含有率

	処 理		葉 身 部		葉 柄 部		ク ラ ウ ン 部		根 部	
	N	K	N	K	N	K	N	K	N	K
	ppm	ppm	%	%	%	%	%	%	%	%
1	100	50	2.38	2.44	0.90	4.05	1.38	2.18	1.29	1.33
2	100	100	2.40	2.50	1.00	4.61	1.23	2.28	1.48	1.28
3	100	200	2.34	2.58	1.17	4.88	1.13	2.11	1.33	1.42
4	200	50	2.64	2.25	1.27	3.14	1.33	2.00	2.00	1.00
5	200	100	2.63	2.33	1.24	3.54	1.38	2.12	2.03	1.18
6	200	200	2.55	2.53	1.21	3.84	1.25	2.09	2.17	1.22

窒素吸収量は、培地中の窒素濃度の高いものも多く、培地中の加里濃度が、窒素濃度より低い時は、加里濃度が高まるとともに、窒素吸収量が増加した。これは石垣³⁾の指摘した、硝酸態窒素と加里の相助作用によると思われる。しかし、培地中の加里濃度が窒素濃度より高くなると、窒素吸収量はむしろ減少した。

加里吸収量は、培地中の窒素濃度が高く、かつ、加里濃度が低い時、減少した。特に地下部で、この傾向が著しかった。加えて、根への分配において、窒素はどの処理区もあまり変化しないのに対し、加里は培地中の窒素濃度が高い時、低下した。

第5表 部位別窒素および加里含有量

	処 理		地 上 部		地 下 部		全 体	
	N	K	N	K	N	K	N	K
	ppm	ppm	mg	mg	mg	mg	mg	mg
1	100	50	117.34	174.92	77.66	80.07	195.00	254.99
2	100	100	123.12	192.18	93.24	80.64	216.36	272.82
3	100	200	114.03	183.45	86.18	92.02	200.21	275.47
4	200	50	143.77	164.11	99.60	49.80	243.37	213.91
5	200	100	114.97	176.90	112.87	65.61	257.84	242.51
6	200	200	146.95	197.28	120.00	67.47	266.95	264.75

Forshey¹⁾は加里は窒素代謝を調整する役割を有し、体内加里の減少により、可溶性の窒素が増加することを示している。また田中⁶⁾は、根部において、花芽分化終了期から開花期にかけて、体内の水溶性窒素が著しく増

加することを示している。また第2表の花芽分化終了期から開花期にかけての加里の含有量からも判断されたとおり、旺盛な加里吸収と同時に、地上部への多量の加里分配が行なわれる時期である。以上のことより培地の窒素濃度 200p.p.m. 加里濃度50p.p.m. 処理区では、明らかに、根における加里不足状態であり、根群発達の不良となつてあらわれたと考えられる。

一方、根への吸収養分の分配率は、窒素で40~45%、加里で25~30%で吉田¹¹⁾が、イネで示したものより高く、イチゴの開花期の根は、ある程度貯蔵能を有した。

3. 根の活力について。

根の T.T.C.還元力は、第2図に示した通り、培地中の加里濃度が高く、かつ、窒素濃度が低い程強くなった。

T.T.C.還元力は、呼吸系と直接関係のあるコハク酸脱水素酵素の活性を測定し、呼吸能と相関が高いと言われている¹²⁾。しかし、呼吸関与の酵素の活性剤としての加里は、きわめて低くてよいとされ¹⁰⁾、加里が T.T.C.還元力を強めた直接の原因であるとは考えにくく、根群の伸長、発達による呼吸能の増加によるものと思われた。

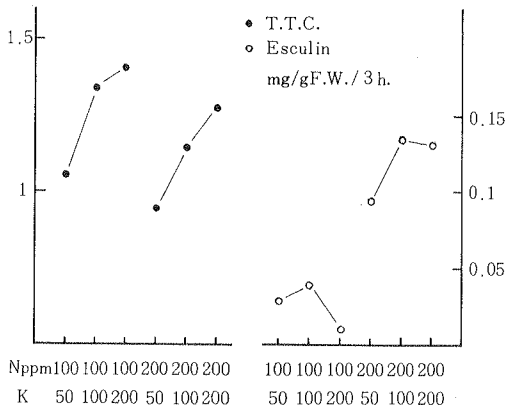
根の還元力は、岡島⁴⁾もイネにおいて指摘しており、また、第1図の、時期別の T.T.C.還元力の変化からも判断されたとおり、根の伸長発達期に高くなると推定される。しかし、これは、地上部が発達し、充分な養分を保持している根群においてであり、地上部の生育の不良な根群は、それ以後の急速な根の老化と機能低下の進行を意味すると考えられる。

一方根の Esculin 酸化力は、培地中の加里濃度との関係は明瞭でなかったが、窒素濃度の高いものが強くなった。これは岡島⁴⁾の報告と一致した。

Esculin 酸化力は、 α -N.A.酸化力と類似の過程と推定されており、パーオキシダーゼ活性を測っているとされている。

根の酸化力は、パーオキシダーゼ活性が、比較的老化した部位でむしろ強くなると言われており、また、第1図の時期別 α -N.A.酸化力の変化からも判断されたとおり、根の機能分化が進み、養分吸収能の高い根群であると推定される。

生育ステージの比較的明瞭なイチゴの根群は、第1図の還元力と酸化力の変化からも明らかとなつたとおり、根群の伸長発達の旺盛な時期、機能分化の進んだ養分吸収の旺盛な時期、および伸長、機能とも低下する時期の三段階にわかれる。中でも、本実験の結果から、花芽分化終了期から開花期にかけての、地上部の乾物生産量の確保と、根群発達による、養分吸収および貯蔵機能を充分発揮さ



第2図 培地の窒素および加里濃度とT.T.C.還元力およびEsculin酸化力

せることが、それ以後の、果実生産のために重要となる。したがって、花芽分化終了期から開花期にかけての、地上部の乾物生産量の確保と、根群発達のためには、培地中の窒素濃度と加里濃度比は、重量比で1:1(当量比で2.8:1)付近にあることが必要と考えられる。

本実験は、窒素と加里の関係について検討したが、他の成分においても検討をこころみることが必要と考えられる。

摘 要

培地中の窒素と加里の濃度比と、促成イチゴの根の機能、発達との関係を検討した結果は、次のとおりである。

1. 培地中の窒素濃度が高いと、地上部、特に葉身部が増加した。また窒素濃度が高く、かつ、同濃度の加里がある時、この傾向は著しかった。
2. 培地中の加里濃度が高いと、地下部が増加し、同時に、窒素濃度が低い時、この傾向は著しかった。
3. 窒素吸収量は、培地中の窒素濃度が高く、かつ、同濃度の加里がある時、最大となった。それ以上の加里濃度の上昇は、窒素吸収量を減少させた。
4. 加里吸収量は、培地中の加里濃度が高く、かつ、窒素濃度の低い時、増加した。また加里の吸収量および根への分配率は、培地中の窒素濃度が高い時減少した。
5. 根への吸収養分の分配率は、窒素で40~45%、加里で25~30%で、イチゴの根は、開花期において、ある程度吸収養分の貯蔵保持機能を有していた。
6. 根のT.T.C.還元力は、培地中の加里濃度が高く、かつ、窒素濃度が低い時、強くなった、Esculin酸化力は、培地中の窒素濃度の高いものが強くなり、培地中の

加里濃度との関係は、明瞭でなかった

7. 促成イチゴ栽培において、花芽分化終了期から開花期にかけての、地上部の乾物生産量の確保と、根群発達のためには、培地中の窒素濃度と加里濃度比は、1:1(当量比で2.8:1)付近にあることが必要と判断された。

本実験を行なうに当たり、東京農業大学 杉山直儀教授、富高弥一平助教授の御指導 御助言を賜った。ここに深謝の意を表します。

引用文献

1. FORSHEY C. G. and M. W. MCKEE 1970. Effects of Potassium Deficiency on Nitrogen Metabolism of Fruit Plant. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 95 (6): 727 - 729.
2. 藤本幸平 1971. イチゴ宝交早生の生理生態特性の解明による新作型開発に関する研究. 奈良農試特別報告.
3. 石垣幸三 1972. 茶樹の生育に対するアンモニア態窒素と硝酸態窒素の比較 (第2報) リン酸、カリ濃度の影響. 茶業技術研究 44 : 14 - 18.
4. 岡島秀夫 1961. 水稻根群の生理機能に関する研究 (特に窒素栄養を中心にして) 東北大学農学研究所彙報 12 (1).
5. 田中典幸 1974. 作物の根に関する研究. 日作紀 43 : 291 - 316.
6. 田中康隆・水田昌宏 1974. 促成型長期栽培におけるイチゴ宝交早生の栄養生理に関する研究 (第1報) 窒素施肥が生育、収量、養分吸収に与える影響. 奈良農試研報 6 : 38 - 43.
7. 田中康隆・浅野 亨・水田昌宏 1979. 促成型長期栽培におけるイチゴ宝交早生の栄養生理に関する研究 (第3報) 三要素の施肥効果. 奈良農試研報 10 : 38 - 45.
8. 水田昌宏・浅野 亨 1974. 塩類集積防止に関する研究 (第2報) 灌水除塩の方法と除塩効果. 奈良農試研報 6 : 51 - 57.
9. 森 俊人・久保雄之介・紫田 進・藤村 良 1973. トマトのすじぐされ病に関する研究 (第8報) KとN施用形態の組合せ処理が砂耕トマトのすじぐされ病発生率および果実内成分に及ぼす影響. 兵庫農試研報 21 : 15 - 22.
10. 山本幸男 1974. 植物体におけるカリウムの役割. 化学と生物 12 : 98 - 100.

11. 吉田武彦・高橋浩助 1958. 作物根の生理的活性に関する研究(第1報)無機成分含有率の生育時期別変化について(水稻). 日土肥誌 28: 1-4.
12. 吉田武彦 1966. 根の活力測定法. 日土肥誌 37: 63-68.
13. 吉村修一・伊藤 清・赤木禎二・木村 康・左手勝巳 1972. ハウスナス連作土壌の対策調査〔1〕大阪農枝セ研報 9: 87-98.

Summary

Relation between N-K ratio in culture medium and function and growth of root of strawberry in the forcing type was examined in sand culture method. Results obtained are as follows.

1. Dry weight of top, especially leaf blade, increased under high N levels in culture medium. This tendency was conspicuous under K of the same concentration.

2. Dry weight of root increased under high K levels in medium. This tendency was conspicuous under low N levels.

3. Absorbed amount of N increased under high N levels and the same concentration of K in medium. It was small under higher K levels.

4. Absorbed amount of K increased under high K levels and low N levels in medium. This amount and distribution in root decreased under high N levels.

5. Distribution of absorbed N in root was from about 40% to 45%, and K from about 25% to 30%.

Root of strawberry in blowering period had more or less storing capacity for absorbed nutrient.

6. T.T.C. (Triphenyl tetrazorium chloride) reduction activity in root was strengthened under high K and low N levels in medium. Esculin oxidation activity in root was strengthened under high N levels. Relation between K levels and this oxidation activity was recognized.

7. From the above results, it was concluded that N and K concentration in culture medium should be maintained under the same levels, (about 2.8-1 by milligram equivalent ratio) for the purpose of securing dry weight of top, active function and growth of root in period from flower bud differentiation till flowering so far as strawberry in the forcing type is concerned.