

第10回 環境制御と栽培技術 2. 地下部環境と生育

イチゴの夏秋どり栽培においては、地上部環境の制御以上に地下部環境の制御が、植物体の成長と果実の発育の促進には重要である。ここでは、有機質を主体とした培地条件を前提として、培養液、土壤水分、土壤温度などの地下部環境の制御について考察する。

2. 地下部環境と生育

a) 根系の発達

冬季育苗中の苗のクラウン基部から発生する根は直径が1mm以下の細い根だが、定植直後から直径1.5mmを越える太い初生根が伸びる。初生根は定植後1



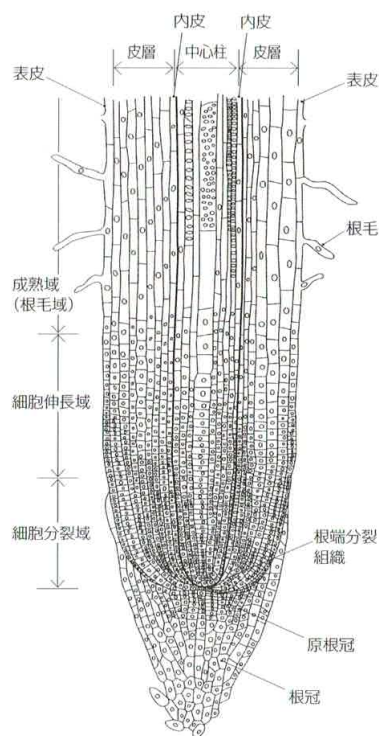
第1図 イチゴの生育初期の根系

ヶ月以内には約40本程度発生する。このうち30cm程度まで伸長した根は貯蔵根としての役割を担うことになる。また、初生根のうち10~15cm程度にとどまる根は多く、これらの根からは約1cm間隔で1次側根が発生して、さらに2次側根以降の高次側根が発生する。1次側根以降の根は細根で縮れていて、培土表面から15cmの深さに養水分を吸収する密度の高い根系をつくる。(第1図)。

養水分を吸収する高次側根と貯蔵根としての初生根の成長を促進させるためには、定植時にクラウン基部が露出しないようにやや深めに植えることが重要である。また、定植後の1ヶ月間はクラウン基部周辺の培土が常に湿った状態であるように多灌水で管理して、早期に十分な初生根を確保することが重要である。十分な本数を確保した初生根は、次第にクラウンを地中に引き込むようになり、クラウン基部は完全に埋没して新たな不定根を発生して根系を広げるとともに、根の更新をするようになる。

b) 根の構造

高等植物の根の構造は種に関わらずほとんど一緒に、表皮、皮層、中心柱から構成される。また、先端から基部に向かっては、根冠、根端分裂組織、伸長域、



第2図 根の構造

成熟域に分けられる(第2図)。根端分裂組織で分裂して増殖した細胞が伸長域で縦方向に成長して根は伸長していく。根冠はムシゲルと呼ばれるゼラチン状の物質を分泌して根の伸長を促進しながら根端分裂組織を保護している。成熟域の表皮には根毛が形成される。根毛は単一細胞の一部が突起したもので、根毛を伸長した表皮細胞の細胞壁はペクチン質が多くて水和性が高く、水と各種イオンを吸収しやすくなっている。根毛の寿命は数日で、根の伸長とともにさらに先端の若い表皮細胞で新たな根毛が順次形成される。

イチゴなどの双子葉植物には主根がなく、すべての根は総称して不定根と呼ばれるが、イチゴでは夏秋どり栽培、冬春どり栽培にかかわらず、定植後の活着と不定根の発生の促進を図って、根毛と貯蔵根の体積をできるだけ多くするように管理することが、収量の増加と果実の高品質維持にとって極めて重要である。

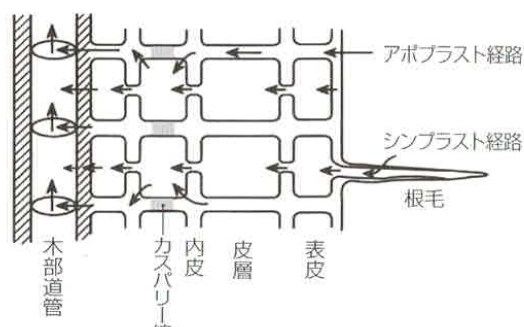
c) 水の吸収と培地の水分

陸上植物の吸水は主として根で行われており、分化したばかりの若い根の根毛あるいは直接に表皮細胞の細胞壁を通して土壤中の水が根に移動する。根での水の吸収には、浸透圧による根圧や葉の蒸散による吸引圧の力が作用している。根の表皮細胞の細胞質には様々なイオンを含んでいるため高い浸透ポテンシャルがあり、培地中の養液との浸透圧の差が吸水の1つの原動力となっている。また、根で吸収された水は木部組織を経て、葉の気孔の蒸散作用によって水蒸気となって外気に放出される。この時、水を葉まで引き上げる力が働くが、これが吸引圧である。イチゴでは、この2つの原動力によって、晴天日ならば葉全体の水分のすべてを約1時間で交換している。特に、高温期では1個体当たり1日の水分要求量が300mlを遥かに越えることが多く、1日の培地の含水量の変化を大きくしないためにも、保水性の良い有機質を含む培地を使用することと、1植物体当たりの培地量を4~5L程度としたい。また、給液の方法としては、1回あたりの給液量を増やすより、1日あたりの給液回数を増やす量的管理法が有効と考えられる。

このように、イチゴは培地の多湿を好む性質があり、吸水する根の付近の培地の水分が多いほど根毛の発達がよいと言われる。したがって、培地表面から10

～15cm までの深さの培土の水分含量を常に pf2.0 付近でコントロールすることが要求される。

根の浸透圧によって生じる根圧は、培土の水ポテンシャルが高くて蒸散が抑制された時に最も生じやすいので、夜間の湿度が高くて蒸散が抑制された状態になると、葉の先にある排水口から溢液（いつえき）として水が分泌される。



第3図 水の道管への移動経路

参考として、根毛などから吸収された水は、2つの経路のどちらかを経由して根の中心柱にある木部に達する。1つは細胞壁をつたっていく経路で、中心柱を取り囲む内皮の細胞までに達して、そこから木部組織までは細胞質間を通っていく。もう1つの経路は木部組織まで細胞質を渡っていく。前者をアポプラスト、後者をシンプラスと呼んでいる（第3図）。

d) 培養液

定植から収穫が始まるまでに、排液 EC 値と pH 値は徐々に上がり、場合によっては、給液 EC 値と排液 EC 値に差がないこともあり得る。これにはいくつかの原因があると思われるが、多くは培地中の硝酸態窒素 (NO_3^-) の集積が原因としてあげられる。特に夏秋どり栽培では、気温が上昇すると培地温度も比例して上昇し、これによって給液した水が蒸発し、栽培槽底部には硝酸態窒素などが濃縮した状態で集積する。濃縮した硝酸態窒素は給液の間隔間に上層に移動して根毛から吸収される。排液 EC 値が上昇する原因の一つがこの硝酸態窒素の集積である。また、pH 値の上昇もこのような原因となる給液管理による硝酸態窒素の過剰吸収によるものである。この硝酸態窒素の過剰吸収によって、吸収された硝酸態窒素が葉でアンモニア態窒素 (NH_4^+) に還元され、さらに、アミノ酸、そして、最終的にタンパク質がつくられる。この合成過程は、根から窒素が吸収されれば自動的に起動するので、排液 EC 値と pH 値が上昇気味であれば、ほぼ間違いなく過剰なタンパク質が合成されている状況となる。この植物体内でのタンパク質合成には光合成で得られた糖が、タンパク質合成のためのエネルギーとして使われるので、まったく不必要なタンパク質合成に貴重な光合成産物が使われてしまう結果となる。本来果実に届くべき葉からの糖が届かないことになる。

このような過剰なタンパク質合成を阻止するには、培地内に集積した硝酸態窒素を除去することしかない。給液 EC 値と排液 EC 値数の差がおおよそ $300 \mu\text{S}/\text{cm}$

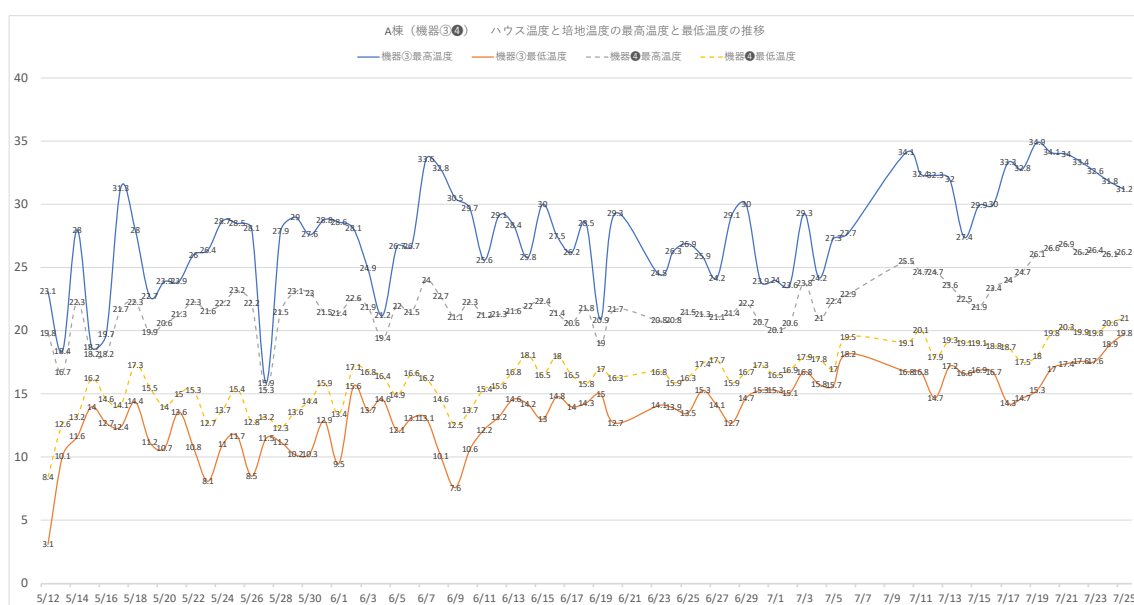
(0.3mS/cm)になるまで給液時に数日間水だけ流すか、原水 EC 値を差し引いた EC 値を $200\mu\text{S/cm}$ 程度にして給水するなどの方法を改善するまでとる。排液 EC 値が極端に上がった場合に、このような対策をすることで、植物体の活性をあげて、花芽形成の促進や 1 果実重の増加と果実品質を向上させることが期待できる。

e) 培地温度

イチゴは冷涼地帯の原産であるため、野菜類としては低温を好む性質がある。一般に生育適温は 20°C 前後とされているが、イチゴの場合の生育適温は培地温度の適温と理解すべきである。したがって、培地の温度は 20°C 前後 ($\pm 3^{\circ}\text{C}$) に保たれることが望ましい。

しかし、PO フィルムで覆われたハウス内温度は、たとえば、標高 350m の長野市内でも夏季の晴天日には培地温度が 30°C 近くまで上昇して、気孔が閉じて蒸散が円滑に進まず、根からの養水分の吸収が滞る。同時に、根の呼吸量が増加して、植物体の代謝が円滑に進まず、植物体の成長が急激に低下する悪循環が発生する。このため、このような条件下での夏秋どり栽培では、チラーやヒートポンプなどによる冷水循環で培地温度をできるだけ下げることが必要となる。

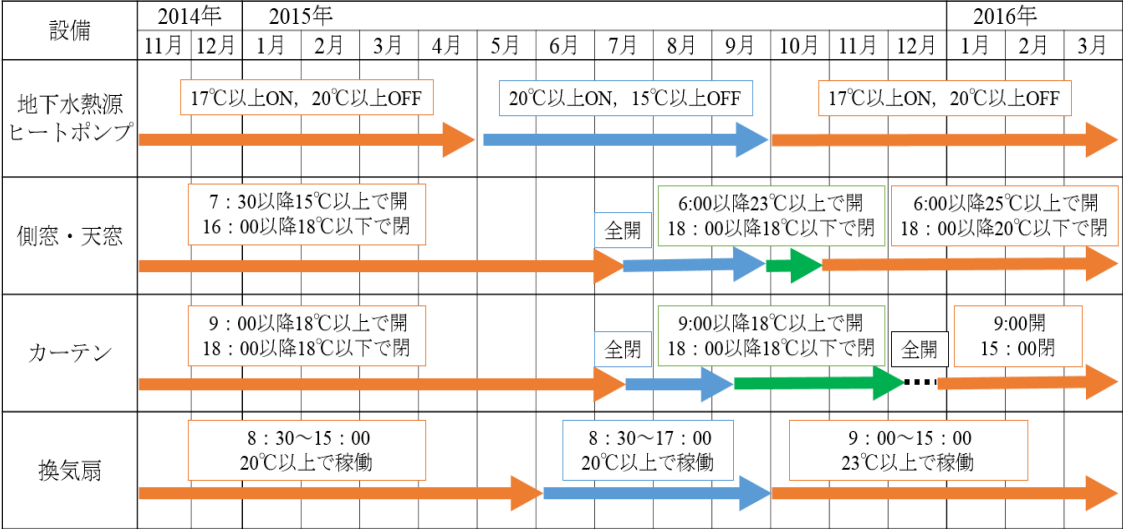
一方、標高約 900m にある軽井沢の栽培地では、5 月から 7 月中旬までの間に培地温度が 23°C を上回る日が数日しかない (第 4 図)。このように、イチゴの夏秋どり栽培地の設定については慎重な検討が必要である。



第 4 図 軽井沢の‘信大 BS8-9’栽培ハウスでのハウス内温度と培地温度の推移

四季成り性品種である‘信大 BS8-9’の果実生産は年間を通じて可能なことから、北海道、長野県では周年収穫栽培が拡大しつつある。この背景には、‘信大 BS8-9’は糖や有機酸、香気物質などの含量が多いため、ケーキ店やフルーツパーラーなどでの需要が季節を問わず高まっていることが要因となっている。

第5、6図は、‘信大 BS8-9’の周年収穫栽培の実用化に向けた試験を長野県安曇野試験ハウス（標高 640m）で行った時の実験区の設定と、第7図は、定植時期を変えた場合の月別果実収穫量の推移を示したデータである。

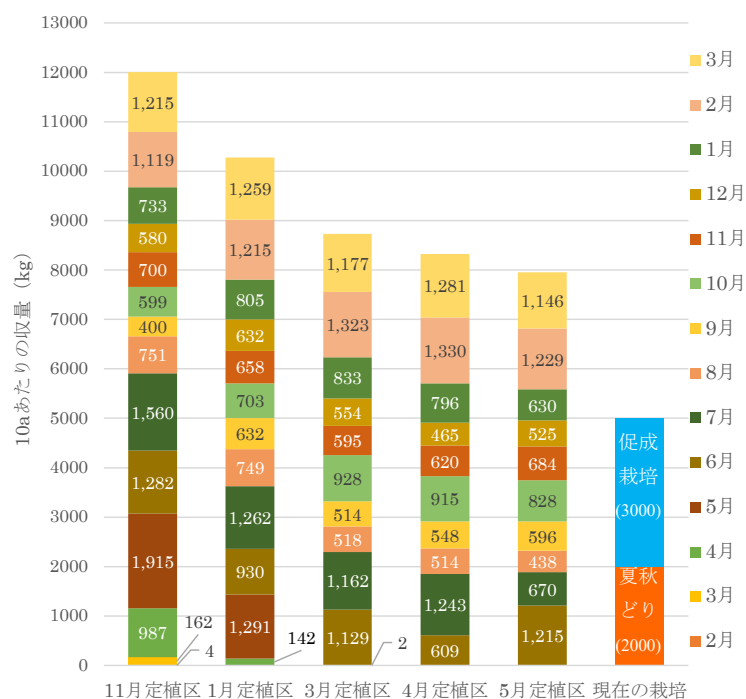


第5図 周年収穫栽培試験におけるハウス内の温度環境設定

高温期は冷水を、低温期には温水を培地上に敷設したチューブに流して、培地の冷却と加温を行なった。その結果、周年の収穫量は定植時期にほとんど関係なく、いずれの定植時期であっても月毎の収穫量には差がないことが示された。

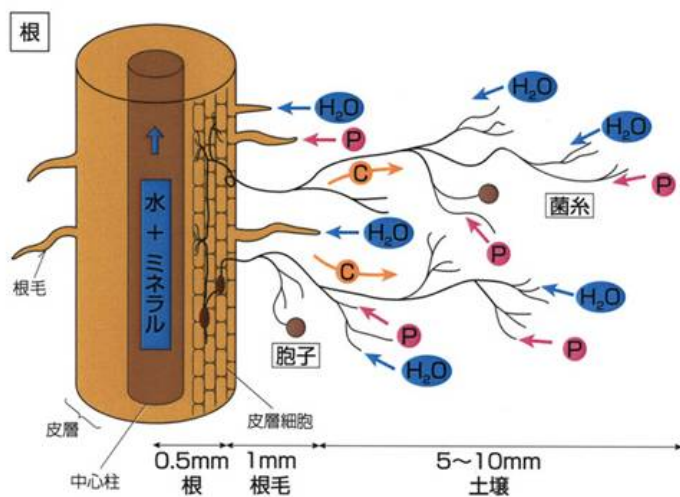


第6図 冷水および温水の供給のための配管
白色チューブが温度制御のためのチューブでクラウンに密着するように設置してある。



第7図 周年収穫栽培の定植期の違いによる10aあたりの月別収量

f) 菌根菌 (VA 菌根菌)

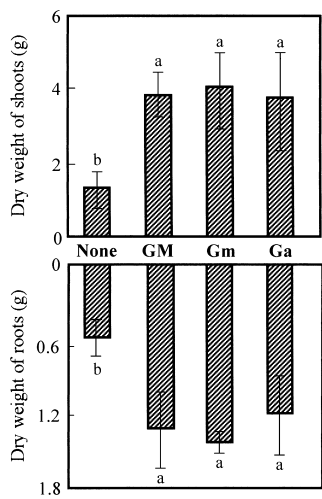


第8図 根と共生するVA菌根菌

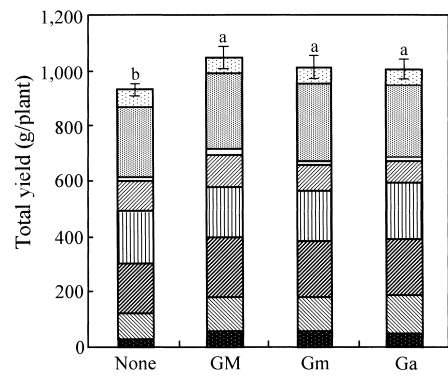
菌根菌 (Arbuscular) は糸状菌の一種で、植物の根に感染して、根の皮層細胞内に特殊な共生器官を形成する。菌根菌は樹枝状体を通じて植物体から有機物を受けとる一方、根の外周に張り巡らせた外生菌糸から主にリンを主とする無機養分を土壌から吸収して、根を通して植物体に供給することによって、宿主の成長を促進させる効果をもたらしている (第8図)。

第9図、第10図はイチゴ高設栽培における培地への菌根菌接種によるイチゴ植物体の成長と果実収量に及ぼす菌根菌の効果を示したものである。これまでVA菌根菌と作物との共生についての研究結果は多く報告されているが、そのほとんどが畑地土壌を対象としたものであるが、イチゴ高設栽培においても有

効であることが示されている。
 詳しくは、原著をお読みください。
https://www.jstage.jst.go.jp/article/hrj/8/2/8_2_215/_article/-char/ja



第 9 図 VA 菌根菌の高設栽培におけるイチゴ植物体の成長に及ぼす効果
 GM,Gm,Ga は VA 菌根菌の種類



第 10 図 VA 菌根菌の高設栽培における収穫果実に及ぼす効果
 size: ■, 3L; ▨, 2L; ▩, L; ▤, M; ▥, S; □, 2S; ▪, A; ▧,