

養液栽培トマトの湿気中根および水中根の養水分吸収に及ぼす根域温度の影響

(独) 農業・生物系特定産業技術研究機構
野菜茶業研究所 果菜研究部 栽培システム研究室

中野有加

1. はじめに

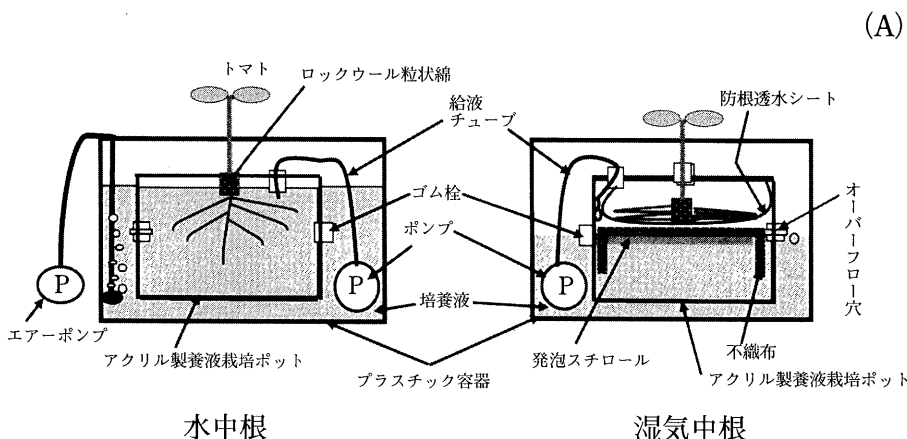
養液栽培は、根に好適な環境を人為的に作り出せる栽培法で、作柄の安定、作業の省力化などの利点がある。「養液栽培」といっても多くの種類

があり、そこで栽培した作物の根の量や形、機能などもさまざまである。そこで著者らは、養液栽培におけるトマトの根の環境に対する反応について明らかにすることを目的とし、根域の環境が大きく異なる「水中根」と「湿気中根」の比較を行った。「水中根」とは培養液中に浸漬して発達した根であり、「湿気中根」とは、水蒸気で飽和状態の空气中に露出して発達した根である(山崎, 1986)。たとえば、養液栽培システムの一つであるNFTでは、水面上に出ている根は「湿気中根」であり、水面下の根は「水中根」である。

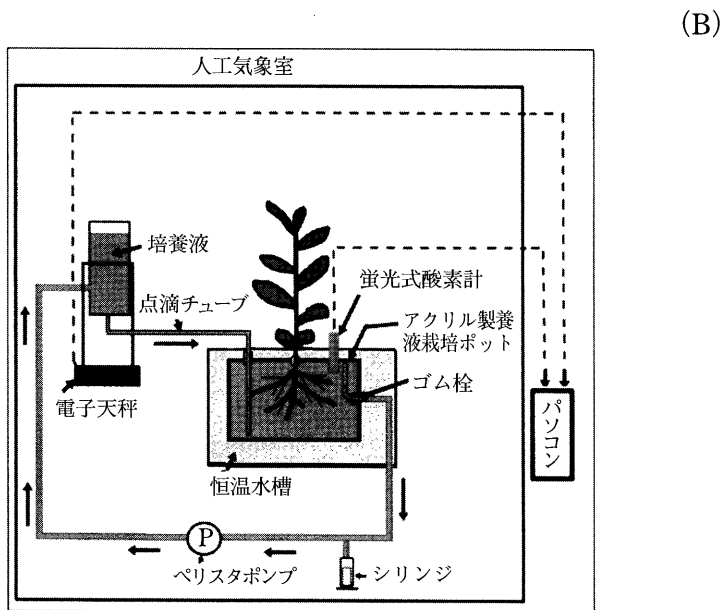
周年栽培を前提とするトマトの養液栽培では、栽培に適さない温度条件下でも収量や品質を確保する必要がある。トマトの生育に対する根の適温は約25℃であり、10℃以下あるいは30℃以上の根域温度は、生長を阻害し、収量が少なくなる。「湿気中根」は「水中根」に比べて、温度やpHなどの環境変化に適應できると

いわれる。ここでは、根に対する温度の影響について、水中根と湿気中根を比較した結果について紹介する。

図1. トマト幼植物体の栽培に用いた2種類の養液栽培ポットの模式図
(A) 根域温度を制御するために用いた養液栽培装置
(B) 矢印は培養液の流れを示す



(A)



(B)

2. 短期的な根域温度の影響

まず、湿気中根と水中根において、短期間、根域温度を変えて栽培し、養水分吸収への影響を調査した。トマトを、気温35.0℃（昼）/22.5℃（夜）に設定した人工気象室において、アクリル製栽培ポットの中で水中根または湿気中根を伸長させた（図1）。定植後10日目に、17℃、27℃、33℃、45℃の根域温度処理を12時間行い、養水分吸収の経時的な変化を調査した。根の吸水については、培養液タンクの重量を電子天秤により測り、減少量を吸水量とみなした。根の窒素吸収速度は培養液を流路の途中で採り、窒素濃度と液の重量から算出した。根の呼吸速度は、栽培ポット内に蛍光式酸素計（オートマチックシステムリサーチ製）を挿入して液中の酸素濃度と温度を計測し、酸素濃度の変化と液量から算出した。

地上部の生長は湿気中根区と水中根区でほとんど変わらなかったが、根の生長は湿気中根区が水中根区よりも旺盛であった。根系当たりの吸水速度は、湿気中根区と水中根区に有意な差はなかった（図2）。単位根乾物重当たりの吸水速度は、いずれの温度処理においても水中根区で湿気中根区よりも大きかった。すなわち、水中根は湿気中根よりも吸水能が大きく、小さな根系で十分な吸水が可能である。一方、根系当たりの窒素吸収速度は、17℃から33℃までの処理では水中根区と湿気中根区の間には差はなかったが、45℃処理では湿気中根区で水中根区よりも大きかった。また、水中根区の呼吸速度は33℃までは根域温度が高いほど大きく、45℃処理では27℃処理と同程度に小さかった。

以上の結果より、17~33℃の範囲における根域温度の違いは、少なくとも半日程度の比較的短期間の処理では、湿気中根および水中根の養水分吸収速

度には有意な差異を及ぼさないことが明らかとなった。しかし、45℃の高根域温度では、水中根は湿気中根よりも養水分吸収速度の低下が大きかった。このように、水中根は湿気中根よりも短期間の高温遭遇のダメージを受けやすいことが明らかになった。

図2. 根域温度がトマトの湿気中根と水中根の水および硝酸イオン吸収に及ぼす影響。10:00~14:30間の測定の平均値。NS:有意差なし。* 5%レベルで有意差あり。

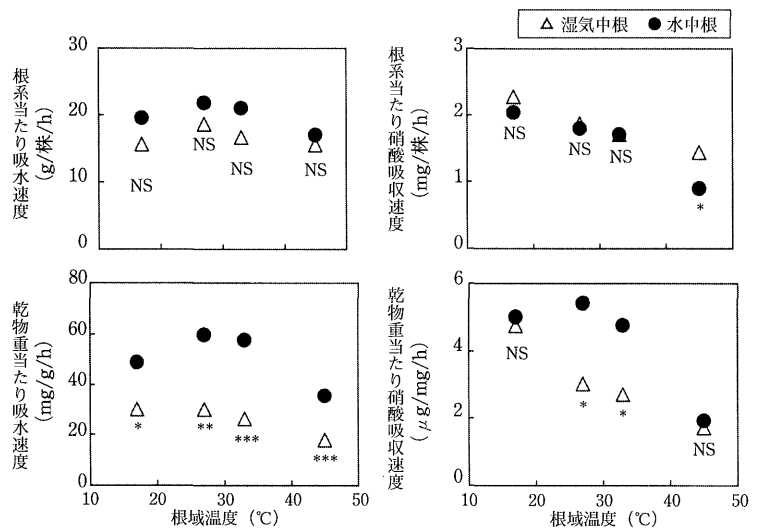
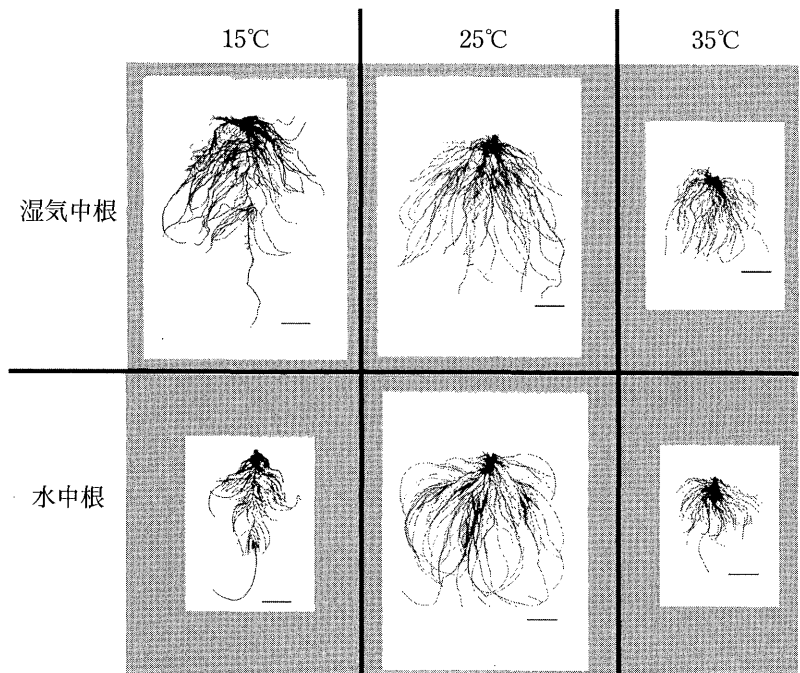


図3. 15℃、25℃、35℃で栽培したトマトの湿気中根と水中根のデジタル画像。写真中の線は5 cmを示す



3. 長期的な生育温度の影響

次に、長期間にわたる生育温度の違いが、湿気中根と水中根の活性および形態に及ぼす影響について比較した。トマト苗を、低温(15°C)、適温(25°C)、高温(35°C)に設定した人工気象室内で、水中根あるいは湿気中根を形成させた。

いずれの温度条件下においても、トマト植物体、とくに根の生長は湿気中根区で水中根区より旺盛であった。根の形態は画像解析により計測した。根をFAA溶液で固定し、染色した後、パソコンにデジタル画像を取り込み、画像解析ソフト(NIH image 1.6)を用いて計測した(図3)(巽, 1995)。低温および高温において、湿気中根区の方が水中根区よりも根長が大きかった(図4)。根系発達の指標としてフラクタル次元を計測した。フラクタル次元は、一般に、分岐が多く複雑に混み合っている根系で大きな値となる。低温および適温においては、湿気中根区が水中根区よりもフラクタル次元が大きかった(表1)。しかし、高温では水中根区の方が根長は小さいにも関わらず、フラクタル次元が大きかった。これは、高温により根の伸長が抑制され、短く太い側根が密に発生したためと考えられた。

根の活性の指標として、出液速度と呼吸速度を測定した。出液現象は、蒸散があまり盛んではない夜や曇天日に根が地上部へと水を押し上げる力と考えられている。地際から約3cmの高さで莖を切断し、脱脂綿で採取した出液の重量から求めた(森田ら, 2000)。出液速度は、低温および高温で湿気中根区が水中根区より大きかった(図5)。一方呼吸速度は、切断した根をO₂アップテスター(TAITEC製)で測定した。呼吸速度は、25°Cでは水中根区で湿気中根区より大きな値を示したが、15°Cおよび35°Cでは両者に有意な差は見られなかった。このように、呼吸速度は生育や出液速度と異なる傾向であり、呼吸速度が大きい根が活性の高い根とはいえない。

図4. 15°C, 25°C, 35°Cで栽培したトマトの湿気中根と水中根の主根, 1次側根, 2次および3次側根の根長

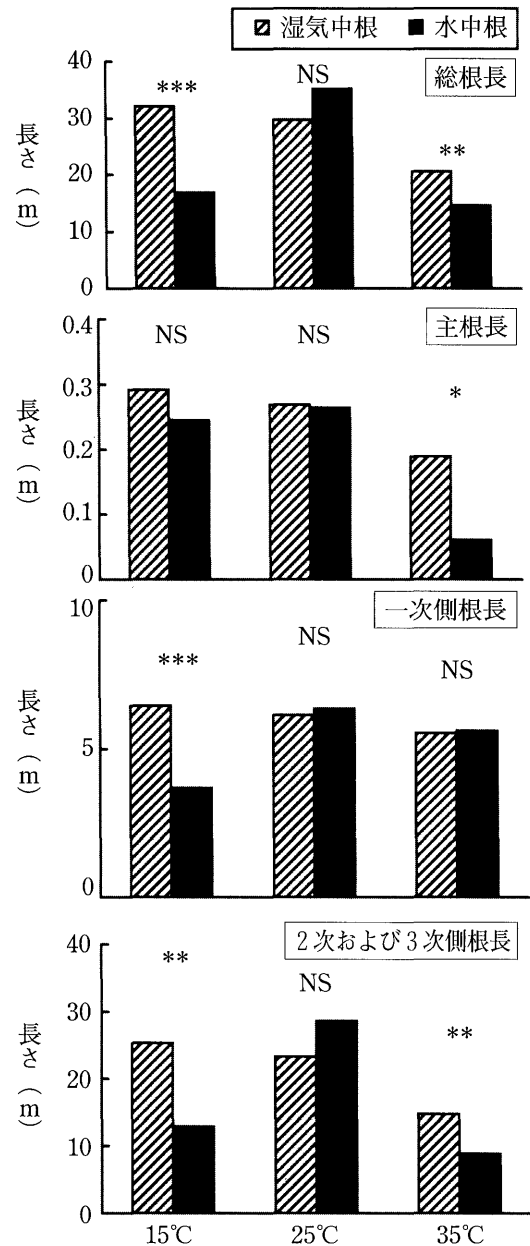
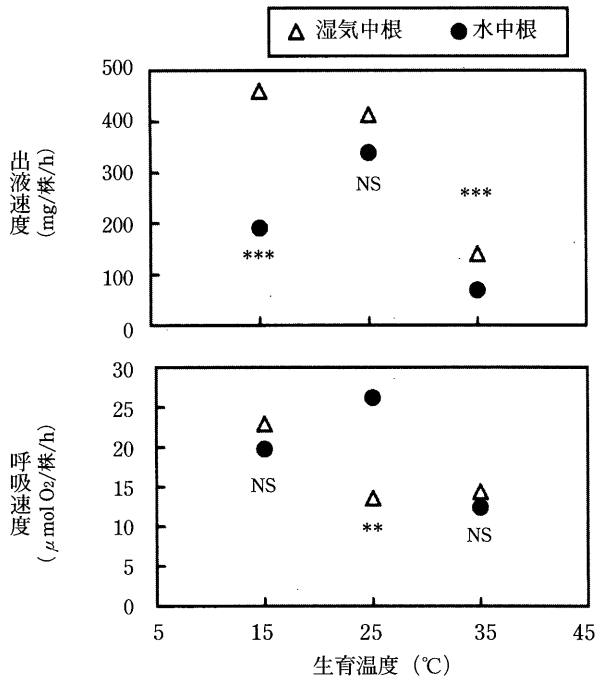


表1. 15°C, 25°C, 35°Cで栽培したトマトの湿気中根と水中根の1次側根の数, 分枝密度およびフラクタル次元

	一次側根数 (本/株)			分枝密度 (本/cm)			フラクタル次元		
	15°C	25°C	35°C	15°C	25°C	35°C	15°C	25°C	35°C
湿気中根	108	112	89	4.0	4.7	5.7	1.74	1.66	1.59
水中根	80	107	111	4.5	5.2	21.3	1.68	1.63	1.64
	*	NS	*	NS	NS	***	*	NS	*

NS: 有意差なし. *: 5%レベルで有意差あり.

図5. 15℃, 25℃, 35℃で栽培したトマトの湿気中根と水中根の出液速度および根の呼吸速度。
NS: 有意差なし。* 5%レベルで有意差あり。



以上の結果から、適温である25℃では、根系全体の呼吸速度および出液速度、根の長さや投影面積、フラクタル次元など、測定した全ての項目において、湿気中根と水中根の差はみられなかった。一方、生育に適さない温度である15℃と35℃では、湿気中根は、出液速度の大ききさで示されるような高い生理活性を維持し、根長、高次の側根の発生など、根系の発達において水中根よりも優れていた。

4. おわりに

このように養液栽培においても、根は環境変化に対して適応していることが分かった。しかし、一般にある環境下で形成された根は、その後の環境変化に対して形態や機能を容易に順応させえない。例えば、湿気中根を水中に入れるとまもなく枯死し、水中根を湿気中に露出させると、湿度が保たれる限り伸長するが、再び水中に戻すと枯死することが観察されている。

一方、根に対する同化産物の分配量とストレスに対する適応性は、密接なかかわりがあると考えられた。湿気中根は、穏やかな水ストレスがかかり、根系はより多くの水を得るために大きく発達し、内部の組織も厚くなる(中野ら, 2003)。この大きな根系は、温度ストレスに対しても有利にはたらし、根の機能が維持されたと考えられる。このように、根のストレスに対する適応の過程にはまだ不明な部分が多く、植物ホルモンの関与も含めた解析が必要である。

引用文献

- 森田茂紀・岡本美輪・阿部 淳・山岸順子. 2000. 圃場で栽培したトウモロコシの出液速度と根量との関係. 日作紀. 69, 80-85.
- 中野有加・中野明正・渡邊慎一・岡野邦夫・巽 二郎. 2003. トマトの湿気中根と水中根の外部および内部形態の比較. 園学雑. 72, 156-161.
- 巽 二郎. 1995. フラクタル解析による根系分布パターンの定量的評価. 日作紀. 64, 50-57.
- 山崎肯哉. 1986. 養液栽培技術の発展経過と今後の方向. 農及び園. 61, 107-114.