研　究

根の補完機能

東北農業試験場　　小沢　聖

はじめに

干ばつ時には，土壌水分が多い深層に根が深く発達することにより種々の作物で耐干性が高まることはよく知られている．しかし，肥料は一般に耕土層に限って施用されることが多いため，深い土層に発達した根の周囲の肥料成分は乏しい．一方，施肥した耕土層の土壌水分は，著者が実験を進めた小笠原の乾燥期には含水比で20%程度にまで低下し，その土壌溶液濃度は，作物の生育を阻害するほどに高まる（小沢，1990b）．そのため，作物の吸水と吸肥に共通して適した土層は著しく狭められると推察される．それでは，干ばつ時に根を深く伸ばした作物はどのようにして肥料成分を吸収しているのであろうか？　この疑問にアプローチするために，「根は部分的に吸水機能と吸肥機能を補完できるのではないか？」という仮説をたて，これを証明するために実験を進めた．ここにその概要を紹介する．

実験のためのサンプルづくり

まず，図1に示すように，2つの根系を持つトマトのサンプルを作った．この作物体のそれぞれの根系を高濃度と低濃度の培養液で水耕栽培することにより，圃場で根が肥料濃度の高い施肥層を貫通して，肥料濃度の低い深層へ伸長する状況を単純化した．このサンプルは，ポリ鉢で育苗した4から5葉期の作物体の生長点を摘除し，萌芽した側枝3本を発達させた後，下位の2本を適湿土壌に埋設して発根させ，元の根系を除去するとできる．この間，最上位の側枝に地上部として発達させる生長点をひとつ残し，新たに発達する他の生長点は除去する．この残した生長点は，埋設した側枝からの発根とのバランスを保つために，摘芯を繰り返して生育を抑制する．元の根系へのかん水量は，側枝を埋設してからは徐々に減らし，側枝からの十分な発根を確認した後に元の根系を株もとから切除する．播種してからサンプルができるまでトマトではに70から80日かかる．同様なサンプルはメロンでもできる（小沢，1990a）．

実験の方法

このサンプルに，単独の培養液で水耕する処理群，および2種類の異なる濃度の培養液をそれぞれの根系に組合せて水耕栽培する処理群を設け，吸水・吸肥特性を調べた．単独の培養液で栽培する処理区は，側枝から発達した片方の根系のみを培養液中に納め，標準培養液濃度に対する倍率として，単独0倍（純水）区，単独1倍区，単独5倍区，単独10倍区を設定した．また，2種類の異なる濃度の培養液を組合せて栽培する処理区は，0倍と1倍の組合せ区（以下，0-1倍区のように示す），0-5倍区，0-10倍区，1-5倍区，1-10倍区，5-10倍区を設定した．培養液の成分組成はNが270ppm,P_2O_5が127ppm，K_2Oが401ppmで，Nの80%は硝酸態であった．

根の補完機能と生育

作物体の1日当たりの培養液の吸収量を，培養液の濃度別に図2に示す．単独の培養液区では，作物体の吸水量は1倍区で最も多く，これより培養液濃度を高めても，低めても吸水量は著しく低下する．しかし，異なる2種類の濃度の培養液を組合せるとすべ

ての区で，作物体の吸水量は単独１倍区より少ないものの，他の単独区より多くなる．また，同一の濃度の培養液を共通して組合せた処理区の間では，10倍液を除いて，他の一方に組合せた培養液の濃度が高まるほど，作物体の吸水量に占める共通した濃度の培養液の割合が高まる．

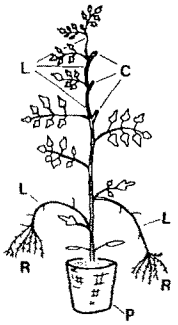

図１ 実験サンプルの概念図

P：育苗ポット
C：切除部
R：根
M：主枝
L：側枝

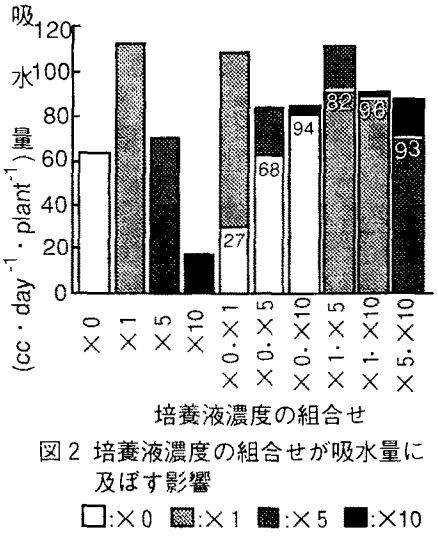

図２ 培養液濃度の組合せが吸水量に及ぼす影響

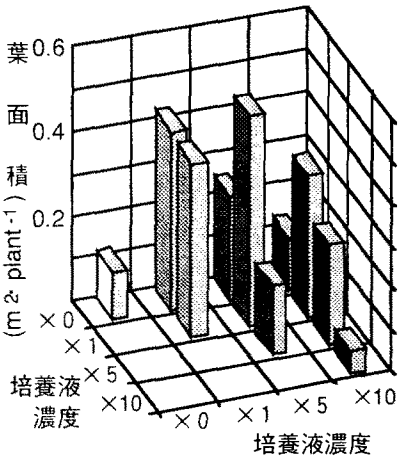

図３ 培養液濃度の組合せが葉面積に及ぼす影響

生育の差を処理開始14日後の葉面積で，図３に示す．単独区の葉面積は１倍区で最も多く，濃度をこれより高めても，低めても著しく低下する．しかし，５倍液あるいは10倍液とこれより低濃度の培養液との組合せ区，および０倍液とこれより高濃度の培養液との組合せ区では，単独の場合に比べて生育は促進される．とくに，１倍液との組合せ区では，０倍液，５倍液，10倍液とも生育は著しく促進される．

図２の結果は，作物体の双方の根系が吸水機能と吸肥機能をそれぞれ補完していることを示しており，あたかも地上部に輸送する培養液の濃度を調節しているかのようにみえる．なぜこのように都合よく補完するのか？　それぞれの根系を高濃度と低濃度の培養液に入れて水耕栽培すると，低濃度に入れた根の影響で，高濃度に入れた根の水ポテンシャルが高まることがわかってきた．このことから，培養液と根のポテンシャル勾配の低下により，高濃度からの吸収が抑制されると考えられる．しかし，図３から明らかなように，５倍液および10倍液との組合せで，０倍液より１倍液とで作物体の生育は優れていた．このことは，吸水と吸肥の補完機能は，単純に培養液濃度を希釈する作用ではないことを示唆しており，今後，詳細な検討が必要である．

根の補完機能と養分吸収

窒素の吸収は図３に示すように，単独の培養液区では，培養液濃度の上昇にともない５倍区まで増加し，10倍区では低下する．しかし，５倍液にこれより低濃度の培養液を組合せると，作物体の吸収量は単独５倍区ほど高まらず１倍区に近づく．また，1-10倍区では，双方の根系からの吸収量が単独区に比べて抑制されるので，作物体の吸収量

は単独１倍区とあまり変わらなくなる．この実験では，５-10倍区だけが，単独５倍区程度に吸収量が高まるっている．

また，リンサンの吸収量は図４に示すように，単独の培養液区では，培養液濃度の上昇にともない５倍区まで増加し，10倍区では逆に培養液中に溶出した．異なる２種類の濃度の液を組合せた区でも10倍液から溶出したが，０-10倍区では溶出の程度が著しく抑制される．また，０-５倍区と１-５倍区の作物体の吸収量は，単独１倍区より多いものの，単独５倍区に比べて著しく抑制される．同様の傾向はカリウムの吸収量にもみられる．

図３に示すように，単独５倍区の葉面積は単独１倍区に比べて著しく少ないにもかかわらず，この作物体の窒素，リンサン吸収量は単独１倍区に比べて極端に多い．このことは，単独５倍区の作物体の養分吸収量は適性さを大幅に超えた過剰な量といえる．これに比べて，０-５倍区，１-５倍区ではこのような養分の過剰吸収が起こらない．また，同様に10倍液との組合せでも，窒素の過剰吸収が抑制される．このことから，根の部分的な補完機能により，作物体の養分吸収の定常性が保たれていることがわかる．

しかし，10倍液からのリンサンの溶出は０-10倍区で抑制されたものの，１-10倍区と５-10倍区では単独区と同様に起こる．このことは，根が補完機能を十分に発揮するには10倍液では濃度が高すぎることを示している．

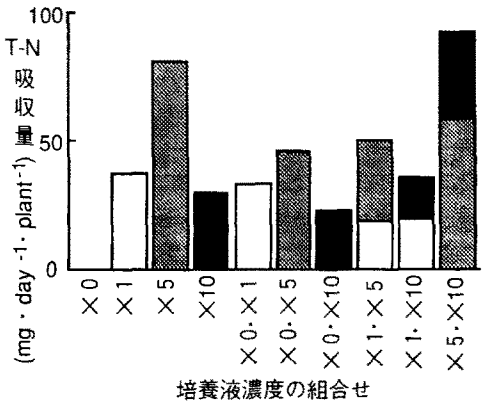

図４ 培養液濃度の組合せが窒素の吸収量に及ぼす影響

□:×１ ▨:×５ ■:×10

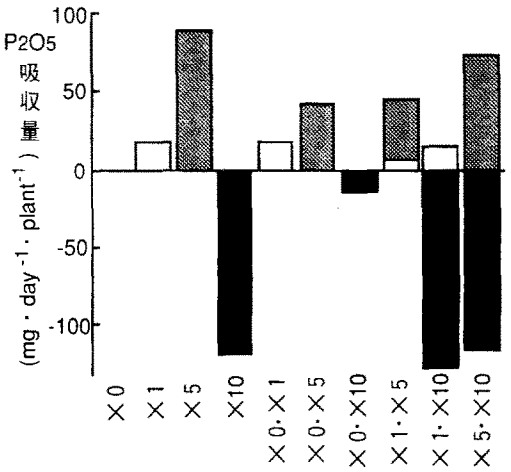

図５ 培養液濃度の組合せがリンサンの吸収量に及ぼす影響 □:×１ ▨:×５ ■:×10

根の補完機能と培養液の濃度変化

培養液中の養分濃度は作物体の吸収にともない変化する．図６は始めに入れた培養液の窒素，リンサン，カリウムの濃度に対する，25日後の濃度の比を各処理ごとに示している．

窒素の濃度は，単独では１倍区と10倍区でほとんど変化なく，５倍区で高まる．しかし，５倍液に低濃度の培養液を組合せると，０-５倍区と１-５倍区でみられるように，５倍液の濃度上昇が単独５倍区より著しく抑制される．一方，１-５倍区の１倍液と，５-10倍区の５倍液では単独区より濃度が高まる．

リンサンの濃度は，単独では１倍区でほとんど変化なく，５倍区で低下し，10倍区で

上昇する．しかし，５倍液に低濃度の培養液を組合せると単独区に比べ低下が抑制され，10倍液に低濃度の培養液を組合せるとわずかではあるが単独区に比べ上昇が抑制される．一方，1-10倍区の１倍液では濃度が低下する．

カリウムの濃度は，単独では１倍区でほとんど変化なく，５倍区と10倍区で上昇する．しかし，低濃度の培養液との組合せにより５倍液と10倍液とも単独区に比べ上昇が抑制される．

このように，５倍液，10倍液とも，低濃度の培養液と組合せることにより作物の吸収による窒素，リンサン，カリウムの濃度変化が抑制される．これは，作物の養分吸収の安定性と継続性を保つ上で非常に有益である．

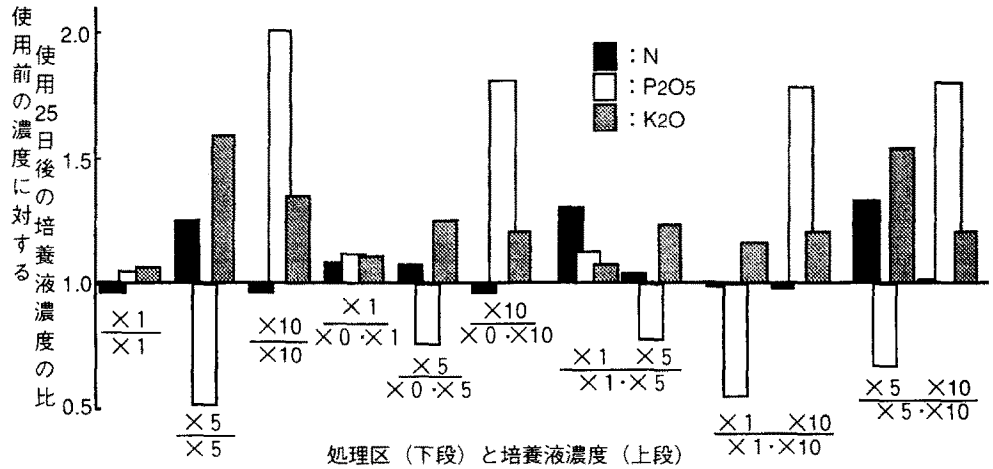

図６　異なる濃度の培養液の組合せが窒素，リンサン，カリウムの濃度変化に及ぼす影響

お　わ　り　に

土壌水分は気象環境や作物の吸収に対応して時々刻々と変化する．このような土壌の中で，土壌溶液が作物の生育に適した濃度になるのは極くわずかのZoonに限られるであろう．このような条件下でも，作物は根を深くまで発達させることにより健全に生育することから，自然界でも根が吸水・吸肥機能を部分的に補完していると考えられる．

側条施肥法や点滴かん水などの技術は，このような根の補完機能を活用した栽培法といえる．しかし，近年の土壌や施肥の管理技術は，とかく均質化の方向にあり，はたしてこれで良いのか？　大いに疑問を感じさせられる．

文　　献

小沢　聖・斉藤祥子・島根茂雄，1989：トマトの水ストレスと生育に及ぼす根の部分吸水と吸肥の影響．農業気象，45，105-109．

小沢　聖，1990a：小笠原におけるプリンスメロンの生育・収量に及ぼす根の伸長の影響．東京都農業試験場研究報告，22，1-10．

小沢　聖，1990b：小笠原のプリンスメロン栽培における根の伸長促進法の確立．東京都農業試験場研究報告，22，11-22．

K. Ozawa, S. Saitoh and S. Shimane,1990: Partial root absorption of water and fertilizer of tomato plant, Transactions 14th International Congress of Siol Science.IV，591-592．