



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Effect of varietal difference in root system on soil water absorption, root hydraulic conductance and drought tolerance in potato crop [an abstract of entire text]
Author(s)	出口, 哲久
Description	この博士論文全文の閲覧方法については、以下のサイトをご参照ください。 https://www.lib.hokudai.ac.jp/dissertations/copy-guides/
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(農学)
Dissertation Number	甲第11388号
Issue Date	2014-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/55888
Type	doctoral thesis
File Information	Tetsuhisa_Deguchi_summary.pdf



学 位 論 文 内 容 の 要 約

博士の専攻分野の名称： 博 士（農学）

氏名 出口 哲久

Effect of varietal difference in root system on soil water absorption, root hydraulic conductance and drought tolerance in potato crop

（バレイショ根系の品種間差異が土壤水分吸収、 根通導コンダクタンスおよび耐乾性に及ぼす影響）

バレイショは世界で第 4 位の生産量を誇り、近年では発展途上国における需要が急増している重要な食用作物である。しかし、バレイショは土壤乾燥に弱く、土壤乾燥ストレス条件下では生育および収量が著しく制限されることが知られている。バレイショの乾燥感受性の主要因として、他作物と比較して根系の分布が浅く、その密度も低いことが知られている。そこで根系の改良による耐乾性の向上が重要と考え、岩間らは作土層における根量と澱粉収量を指標とした根優品種（根優 1～4 号）を育成した。根優品種は土壤乾燥条件下において光合成速度および収量を維持することが報告されているが、バレイショ根系の品種間差異が耐乾性に及ぼす影響について生理的な側面から明らかにした報告はほとんど存在せず、今後さらなる根系改良を進めていくうえでの課題となっている。

本研究では耐乾性の向上における根系の主要な機能として土壤深層からの水分吸収能力と根通導コンダクタンス(K_{root})に着目し、根優品種および根の少ないコナフブキを圃場において栽培し、根系の品種間差異が土壤水分吸収、 K_{root} および耐乾性に及ぼす影響を検討した。

1. 根量の異なるバレイショ 4 品種の根系分布に年次および土壤水分処理が及ぼす影響

根系の耐乾性への寄与を評価するには、まず根系の垂直分布と土壤乾燥に対する根系の反応を明らかにする必要がある。また、根系改良の成果が多様な環境において一貫して認められるのかを評価するには遺伝子×環境相互作用（以下、G×E 相互作用）について検討する必要がある。そこで根優 1 号（極々晩性、根量多）、根優 2 号（極晩性、根量多）、根優 4 号（晩性、根量多）とコナフブキ（晩性、根量少）を灌水チューブによる湿润条件下（以下、灌水区）と雨よけビニールハウスによる土壤乾燥条件下（以下、乾燥区）において栽培し（以下、この圃場試験を本試験と呼ぶ）、根優 4 号およびコナフブキの地上部最大期（以下、S2）と根優 1 号および根優 2 号の地上部最大期（以下、S3）にコアサンプリング法を用いて 2008 年から 2011 年の 4 年間に渡り根系の調査を行った。

根優品種はコナフブキよりも根への乾物分配比（TR 比）が高いだけでなく、S2 以降の深根の発達により高い深根性を示し、乾燥ストレス下では両形質が向上した。また、年次間で比較すると、高温ストレスが生じた 2010 年には TR 比が高く、植え付けが遅れた 2011 年には TR 比が低かった。S2 における塊茎乾物重比は 2010 年に低く、2011 年に高かったこと、調査時期および土壤水分処理によらず TR 比と塊茎乾物重比に密接な負の相関関係が認められたことから、根に環境要因が及ぼす影響として、高温ストレスや植え付けの遅れが第一に塊茎生長に影響を与えることで、塊茎と根の生育競合が変化し生じる二次的な影響が存在することも明らかとなった。なお、TR 比においては G×E 相互作用は認められず、また深根性については有意な G×E 相互作用は認められたものの品種の主効果に比べて小さかった。このため、TR 比と深根性の育種的改良は広範な環境条件において有効であると推察した。

2. 根系の差異が土壤水分吸収に及ぼす影響

(1) 測定手法の確立

圃場における土壤水分吸収の推移を評価するため、本試験では土壤マトリックポテンシャル(ϕ_{soil})を MPS-1 (デカゴン社製) を用いて測定するための手法を確立した。MPS-1 は特性曲線が既知の平衡体と平衡体内部の誘電率を測定するセンサーから構成されているが、誘電率の測定においては温度依存性の影響を考慮する必要がある。そこで、MPS-1 の温度依存性を評価するため、平衡体の飽和度を安定させた条件下で地温のみを変化させ、MPS-1 の出力値を記録した。小型の PVC カラムに 6 水準の含水比で土壤を充填し、この土壤に MPS-1 を埋設後、シリコンシーラントおよびパラフィルムを用いてカラムの上部と下部を密封し、水分の流失を防いだ。このカラムを低温庫および恒温機に安置し、4℃から 42℃まで地温を変化させ、各地温における MPS-1 出力値を記録したところ、MPS-1 には正の温度依存性が存在すること、平衡体の飽和度によって温度依存性の程度が異なることが明らかとなった。この試験によって得たデータから経験的な温度校正式を作成したところ、カラム試験において生じた温度依存性の影響を校正できた。

また、 ϕ_{soil} の測定値から土壤体積含水率 (θ_v) を推定できるよう、試験圃場の各土壤層の土壤水分特性曲線を MPS-1 により作成した。試験圃場の各土壤層を対象に大型の PVC カラムを打ち込んで不攪乱土壤を採取し、底面灌水により圃場容水量とした。その後、蒸発に伴い土壤体積含水率が減少していくなかで重量法により θ_v を、MPS-1 での測定により ϕ_{soil} を測定し、土壤水分特性曲線を得た。圃場において MPS-1 により測定した ϕ_{soil} と土壤水分特性曲線から土壤体積含水率を推定したところ、炉乾法により得た実測値と極めて良好な対応を示し、吸水量についての評価も可能となった。

(2) 根系と土壤水分吸収の関係

本試験の乾燥区において MPS-1 を用いて土壤水分吸収の品種間差異を評価した。雨よけビニールハウスの設置後、土壤深度 60cm では約 1~2 週間後、土壤深度 100cm では約 5 週間後に ϕ_{soil} の減少が開始した。その後、年次、品種および土壤深度により異なる時期に ϕ_{soil} の減少は停止を示した。多くの場合、 ϕ_{soil} は地上部の蒸散が盛んな時期に減少を停止しており、吸水が停止した要因は品種の吸水能力の限界によるものと推察した。吸水停止時の ϕ_{soil} は -200~-400kPa と推察され、他の主要作物で報告されている値よりも高かったことから、バレイショ根系は吸水能力が低いことが示唆された。

品種間で比較すると、コナフブキと比較して根優品種は土壤深度 60cm より深くにおいて活発に吸水をおこなった。土壤深度 100cm と 120cm において土壤水分吸収の品種間差異は S2 以降に明瞭となり、深根性の品種間差異における傾向と一致した。 ϕ_{soil} と土壤水欠差 (θ_v より算出) は根長密度と密接な負の相関関係を示し、土壤深層において品種や年次による根長密度の差異が土壤深層からの水分吸収量に影響すると推察した。

3. 総根長の品種間差異が通導コンダクタンスに及ぼす影響

根系の品種間差異が K_{root} に及ぼす影響について、2011 年は灌水区と乾燥区の土壤水分処理、2012 年は 3 時期の植え付け日を設けて検討した。土壤水分処理や植え付け日によらず、根優品種はコナフブキよりも高い K_{root} を示した。 K_{root} と総根長には有意な相関関係が認められ、根優品種の高い総根長は K_{root} の向上に寄与していた。バレイショにおいて根量の品種間差異は開花始期以降に明瞭になると報告されており、 K_{root} の差異についても開花始期以降に明瞭になるものと推察した。

4. 乾燥条件下での生育および収量に根優品種の耐乾性が及ぼす影響

根優品種の優れた根系による耐乾性の向上が乾燥条件下での生育および収量におよぼす影響について、本試験での4年間にわたる生育および収量を解析した。S3における全乾物重は土壌乾燥処理によって減少し、乾燥ストレスの強かった2008年と2010年にはそれぞれ28%と24%の減少を示した。S3における全乾物重の減少程度には品種と土壌水分処理の相互作用は認められなかったが、S3から収穫日までの塊茎肥大速度（以下、TGR）を比較すると、乾燥の強かった2008年と2010年にコナフブキのTGRは著しく抑制されていたのに対して、根優品種のTGRは土壌乾燥条件下でも高い値を維持し、最終収量の減少程度は根優品種の方がコナフブキより小さかった。本結果から、土壌深層からの水分吸収や K_{root} の差異はS3以前より存在し、乾燥ストレスが強くなるとS3以降のTGRに影響を及ぼすと推察した。

5. 収量ポテンシャルと耐乾性の両立に寄与する形質

乾燥条件下において高収量を得るためには、土壌乾燥による減収を抑えるだけでなく、非ストレス条件下での収量性（収量ポテンシャル）が高いことも重要である。そこで灌水区における収量の品種間差異を早晚性の近い品種間で比較したところ、根優2号が根優1号よりも、コナフブキが根優4号よりも高い収量を示し、これには根優2号およびコナフブキの高い収穫指数が影響していた。そこで収穫指数に影響する要因について検討したところ、収穫指数はS2の塊茎分配比と密接な正の相関関係を示し、収量ポテンシャルの向上には早期肥大性が重要であると推察された。しかし、早期肥大性の向上は根と茎葉への乾物分配を抑制するので、総根長の減少に伴う K_{root} の低下や、茎葉重の減少に伴う受光率の低下によって乾燥抵抗性が低下することが想定される。ところが、根優2号は早期肥大性がコナフブキ並みに高いにもかかわらずコナフブキよりもTR比が高く、また地上部重の抑制が著しかった2008年においてコナフブキは受光率100%の目安である葉面積指数(LAI)が3を下回ったのに対して、根優2号はLAI3以上を維持した。この要因として、根優2号の高いRS比（根乾物重/茎葉乾物重）と高いLS比（葉乾物重/茎乾物重）が考えられた。さらにLS比と主茎長および分枝数にはそれぞれ負の有意な相関関係が認められた。したがって収量ポテンシャルを維持しながら乾燥抵抗性を高めるためには、これら形質を育種の指標として利用することが重要であると推察した。

以上の研究成果は、バレイショの耐乾性を向上させるうえで重要な基礎的知見を提供するものと考えられる。