

バレイショ根系における品種間差異の究明と乾燥抵抗性品種の育成 岩間和人（北海道大学農学部）

バレイショは世界的な基幹作物の一つであり、日本でも北海道を中心に重要な位置を占める。しかし、従来、その根系に関しては日本のみならず世界的にもほとんど研究が行われず、品種間差異や栽培上の意義について不明な点が多かった。岩間和人氏は、バレイショの近縁野生種を含む多様な品種・系統（以下、品種）を対象に、圃場調査を中心に研究を行い、根系形質の品種間差異および地上部や塊茎の形質との関係を明らかにした。また、これらの知見に基づき、根量と収量能力に優れた乾燥抵抗性品種を育成した。さらに、根系特性を簡易に調査する研究手法を提示した。成果の多くは日本作物学会の和文誌と英文誌を含む国際学術誌に公表されており、内容は以下のように要約される。

1. 根系形成の特徴

バレイショの根系は、茎の地下節から伸長する節根とこれより分岐する側根から構成される。株当たり2-4本の主茎が伸長し、主茎の地下節数は5-7、各節から平均6本の節根が伸長する。節根数は開花始期（萌芽約1ヶ月後）でほぼ最大に達し、その約90%が4葉期（萌芽1週間後）までに伸長を開始する。作土層（深さ約30cm）では、節根1cm当たり9本の1次側根が発生し、1次側根1cm当たりの2次側根数は4本、通常は2-3次側根までしか発生しない。直径は節根で約1.1mm、側根で約0.2-0.3mmである。開花始期には深さ約60cmまで伸長し、早生品種ではこの深さで伸長が止まるが、晩生品種ではその後も伸長を継続し、開花終期（萌芽約3ヶ月後、地上部最大期）には深さ100cmまで伸長する。根長密度（土壌容積当たりの根長）は種イモ直下の施肥位置（深さ10-20cm）で高く、心土層（深さ30cm以下）では根長密度が低下し、全根長の80-90%が作土層に分布する。

2. 品種間、栽培種と近縁野生種間、および交配分離集団間における根量の差異

作土層の根乾物重（根重）は萌芽直後から直線的に増加し、開花始期には有意な品種間差異が認められ、早生品種で小さく、晩生品種で大きかった。晩生品種ではその後も根重が増加し、地上部重最大期には品種間差異が増大した。根量（根重あるいは根長）における品種間の相対的な差異は、地域、土壌タイプ、施肥量、土壌水分あるいは栽植密度等の環境条件が異なってもほぼ維持された。また、バレイショの近縁野生種間では栽培品種間に比べて根量の差異が著しく大きかった。さらに、交配分離集団の根重平均値は、母本あるいは父本の根重が大きいと大きくなった。バレイショ栽培品種は同質4倍体で遺伝的な分離は複雑であるが、栽培品種間あるいは近縁野生種間に存在する根量の差異を利用することによって、根量の育種は可能であると推察した。

3. 根の成長と地上部および塊茎の成長との関係

萌芽直後から開花始期の期間における根重増加速度は、根への乾物分配率（根重増加量/全植物体重増加量）と正の、また塊茎重増加速度および塊茎への乾物分配率と負の相関関係を示した。根重は葉面積指数（LAI）と正の相関関係を示したが、品種間および地域間の差異は、根重の方がLAIに比べて生育の早い時期に明らかになった。交配分離集団を早晩性に基づき分類したグループの平均値では、地上部最大期の根重は地上部最大期の塊茎重とは負の、生育期間（萌芽から地上部黄変期までの日数）および収穫期の塊茎重（収量）とは正の相関関係を示した。さらに、根重の少ない早生品種で生育期間中に根を切断して根重を減少させると、無切断個体に比べて葉素含有率と葉重が低下して生育期間が短縮し、収量が減少した。また、根量の異なる晩生品種間での地上部（穂木）と地下部（台木）の相反接ぎ木個体では、根重と塊茎重は台木品種の影響を強く受け、穂木品種の影響は小さかった。

以上の結果から、根量の品種間差異は早晩性と密接に関係し、晩生品種は早生品種に比べて、根量の増加速度が大きく、また増加期間が長いので、根量が大きくなり、土層深くまで根が伸長すると結論した。また、根量の品種間差異は塊茎の早期肥大性と相反し、光合成産物の分配における塊茎と根の間には競合関係が存在するが、根量が大きいと葉への養水分供給を長期間維持し、塊茎肥大期間が長くなるので収量が大きくなると推察した。なお、晩生品種間でも根量の差異が存在し、これは主として地下部の特性に起因し、塊茎の早期肥大性と拮抗関係を示すと考えられた。

4. 乾燥抵抗性品種の育成

上述の研究過程で、デンプン原料用の多収品種として北海道で広く栽培されているコナフブキは、晩生品種の中では特異的に塊茎の早期肥大性が高く、根量が少ないことが明らかとなり、乾燥害を強く受けることが懸念さ

れた。そこで、コナフブキと早生品種の男爵イモを交配して、その分離集団からコナフブキと同等の高い収量能力を持ち、かつ根量の大きい品種を育成しようと考えた。

実生世代では収量を、塊茎世代では地上部最大期の根重と収量を選抜指標に用い、根重がコナフブキに比べて有意に大きく、かつ収量がコナフブキ以上の4系統をIWA系統として選定した。IWA系統とコナフブキを雨よけハウスを設置した圃場で栽培したところ、IWA系統は無灌水区での気孔コンダクタンスと光合成速度の低下が少なく、3以上のLAIが維持された。また、IWA系統はコナフブキに比べてより深い土壌層からも吸水した。さらに、IWA系統は灌水区ではコナフブキと同等または以上の収量を示し、無灌水区ではコナフブキよりも高い収量を示した。これらの結果に基づき、IWA系統は既存品種に比べて根量が多く、乾燥条件下でも多収となる乾燥抵抗性品種であると判定して農林水産省に種苗登録を申請し、2007年に品種“根優1号”～“根優4号”として認可された。

5. 根系特性に関する簡易的調査方法の提示

バレイショでは新品種の種イモを圃場で増殖するには年数が必要である。そこで、in-vitro条件で短期間に大量増殖できる直径約1cmの小塊茎（マイクロチューバー、MT）を種イモに用いて、通常の大サイズの種イモ（CT）での栽培と比較した。MT栽培ではCT栽培に比べて初期成長が劣り、開花始期は遅れたが、ほぼ同時期に地上部最大期になり、この時期の根量と地上部量には種イモ間で差異が認められず、MT栽培でも根量の品種間差異を判定できることを明らかにした。また、根系の遺伝的特性をQTL解析などで明らかにするためには、多数個体を効率的に調査する必要がある。そこで、水分ポテンシャルの異なるin-vitro条件でMTを生育させ、根量の品種間差異を調査した。IWA1は他品種に比べて低水分ポテンシャルの培地でも旺盛な成長を示し、根量の品種間差異は圃場での差異とほぼ一致した。in-vitro条件での検定は特定の根系特性について多数の個体を短期間に調査するのに適すると推察した。

これら一連の成果は国内だけでなく国外でも着目され、最新のバレイショ専門書で非生物的ストレスの章を担当した。また、ヨーロッパバレイショ研究協会（EAPR）の設立50周年記念講演会でバレイショ根系に関する招待講演を行い、EAPR機関誌の記念号に掲載された。以上のように、本研究は作物学上の新知見を得ているだけでなく、それを実際の品種育成に応用することに成功しており、その成果は日本のみならず世界のバレイショ栽培や品種育成に貢献するところ大であり、作物学の発展に寄与する顕著な業績として高く評価でき、日本作物学会賞に値するものと判断した。

主要研究業績リスト

根系の品種間差異と地上部および塊茎の成長との関係

- 1) 岩間和人・中世古公男・後藤寛治・西部幸男・梅村芳樹 1979. バレイショ根系の品種間差異と地上部の生育および塊茎収量との関係. 日作紀 48 : 403-408.
- 2) 岩間和人・中世古公男・後藤寛治・西部幸男 1980. バレイショにおける根系の地域間差異. 日作紀 49 : 495-501.
- 3) Iwama, K., K. Nakaseko, A. Isoda, K. Gotoh and S. Nishibe 1981. Relations between root system and tuber yield in the hybrid population of the potato plants. Jpn. J. Crop Sci. 50 : 233-238.
- 4) Iwama, K., K. Nakaseko, A. Isoda, K. Gotoh and S. Nishibe 1981. Comparison of root systems among hybrid populations derived from different crosses in potato (*Solanum tuberosum*). Jpn. J. Crop Sci. 50 : 365-372.
- 5) Iwama, K. and S. Nishibe 1989. Comparison of root characters among cultivated potatoes (*Solanum tuberosum*) and their wild relatives. Jpn. J. Crop Sci. 58 : 126-132.
- 6) Iwama, K., O. Takata, M. Ohnami and K. Nakaseko 1995. Effects of scion and stock on root growth of grafting plants between two potato varieties with different root mass. Jpn. J. Crop Sci. 64 : 86-92.
- 7) Iwama K. 1998. Development of nodal and lateral roots in potato under field conditions. J. Fac. Agri. Hokkaido Univ. 68 : 33-44.

乾燥抵抗性品種の育成と根系特性の簡易調査手法

- 1) Iwama, K., T. Uemura and Y. Umemura Y. 1998. A simple method for selection of potato lines with a higher root/total ratio at an early stage in the seedling generation. Plant Prod. Sci. 1 : 286-287.
- 2) Iwama, K., T. Hasegawa and K. Nakaseko 1999. New potato lines with high productivity and drought tolerance. In Horie, H., S. Geng, T. Amano, T. Inamura and T. Shiraiwa eds. World Food Security and Crop Production Technologies for Tomorrow. The Crop Science Society of Japan, Japan. 189-193.
- 3) Kawakami, J., K. Iwama, Y. Jitsuyama and X. Zheng 2004. Effect of cultivar maturity period on the growth and

yield of potato plants grown from microtubers and conventional seed tubers. Amer. J. Potato Res. 81 : 327–333.

- 4) Kawakami, J., K. Iwama and Y. Jitsuyama 2006. Soil water stress and the growth and yield of potato plants grown from microtubers and conventional seed tubers. Field Crops Research 95 : 89–96.
- 5) Gopal, J. and K. Iwama 2007. In vitro screening of potato against water-stress mediated through sorbitol and polyethylene glycol. Plant Cell Report 26 : 693–700.

総説

- 1) Iwama, K. and J. Yamaguchi 1996. Difference in root system development among crop species and genotypes. In Ito, O., C. Johansen, J.J. Adu-Gyamfi, K. Katayama, J.V.D K. Kumar Rao and T.J. Rego eds. Dynamics of Roots and Nitrogen in Cropping Systems of the Semi-Arid Tropics. Japan International Research Center for Agricultural Science, Japan. 173–184.
- 2) Iwama, K. and J. Yamaguchi 2006. Abiotic Stresses. In Gopal, J. and S.M.P. Khurana eds. Handbook of Potato Production, Improvement, and Postharvest Management. The Haworth Press, Inc., New York. 231–278.
- 3) Iwama, K. 2008. Physiology of the potato : New insights into root system and repercussions for crop management. Potato Research 51 : 333–353.

農林水産省種苗登録

1. 農林水産植物の種類；ばれいしょ：登録品種の名称；根優（こんゆう）1号（登録番号 14891），根優 2号（14892），根優 3号（14893），根優 4号（14894）：登録品種の特徴；根が多く，土壤乾燥条件下での生産能力に優れる；登録年月日；2007年3月2日；品種登録者の名称；国立大学法人北海道大学；育成者の氏名；岩間和人。