

東北大学・遺伝生態研究センター 佐藤雅志

はじめに

根系の分布形態は主に根の長さとその伸長方向によって決まる。我々は栽培イネの根の伸長方向の変異に着目して研究を進めてきた。インドネシアの bulu イネの冠根は幼植物時期から生育全般にわたり土壌表面近くもしくは表面上に伸長することが観察された (Ueno and Sato 1989)。幼植物時期の冠根の伸長方向および冠根の重力感受性と太さに関してインド・ベンガル地方および日本稲を含め合計 130 品種について調べた結果、日本稲の冠根は主に下方向(重力の方向)に、インド・ベンガル地方のイネ品種の多くでは横方向(水平方向)に、そしてインドネシアのイネ品種では上方向(重力の逆方向)に伸長する傾向があることを見出している (Ueno and Sato 1992)。また、伸長方向は冠根の太さではなく重力屈性によることを指摘した。しかし、これまでの研究では、1) 寒天培地を用い暗所で測定した幼植物時期の冠根の伸長方向の変異が土壌中での根系の分布形態の変異を反映し指標となりうるのか、2) 根系の分布形態の変異は栽培環境と関わりを持っているのか、3) 根系の分布形態の育種すなわち「根型育種」の基礎的知見となる遺伝解析については、議論にとり上げてはいるものの、まだ答えていなかった。今回は、最初の二つの課題に関していくつかの結果を得ているのでここに紹介する。さらに、イネの根の育種にかかわる研究について現状とこれからの方向に関して考察する。

土壌中の根の伸長方向と太さの変異

栽培イネの根系形態の変異を把握するために、根系の分布形態を決める一要因である根の伸長方向と太さに関してバスケット法(Nakamoto and Oyanagi 1994)により解析を試みた。解析に用いたイネ品種は、幼植物時期に暗所下での根の伸長方向が特徴的な3品種インドネシアの在来イネ品種 Gemdjah Beton、インド・ベンガル地方のイネ品種 Tapa I および日本水稻品種農林1号を用いた(佐藤 1996)。約2ヶ月間の栽培の後、それらのバスケットを掘り起こしバスケットの上部および目から伸長している根を地表面からの角度別に採取し根の太さと、角度別の根の数を調査した。乾田区に比較して間断湛水区、常時湛水区の順序でより下方向に伸長する根、および細い根の割合が多い傾向があった。Gemdjah Beton、Tapa Iそして農林1号の順に根はより深い角度に分布する傾向があった。Gemdjah Beton では、特に乾田および間断湛水区において土壌表面上または近くに分布する根が多く、処理区間の根の分布の変異が他の品種に比較して大きかった。これらの結

果、これまで調査してきた暗所下での幼植物時期の冠根の伸長方向は根系の分布形態に関する系統および品種間の差異を把握する指標の一つとして用いられることが示唆された。

タイ・ラオスにおける根系形態の変異と地理的分布

私は熱帯アジアにおけるイネ遺伝資源の調査に参加し、野生イネおよび栽培イネの収集および生息地の調査を行ってきた。毎年6mもの水深に達するバングラデッシュの浮きイネ地帯、標高2,600mもの標高に位置するブータンの天水田、氾濫原に広がった見渡す限り平らなカンボジアの水田地帯そして傾斜角が45度にも達すると思われるラオス北部の焼畑と、イネが栽培されている環境は多様である。調査地から採集してきたイネ系統に関して、我々は形質特性を明らかにするために生態遺伝学的、遺伝生理学的調査を行っている。根の形質特性に関しても、タイおよびラオスの調査地から収集してきた栽培イネ系統について調査した(佐藤ら1995)。調査した根の形質は根系形態の一つの要素である伸長方向の指標として幼植物時期の冠根の伸長方向である。調査した栽培イネ系統は1883年のタイの調査で収集してきた57系統および1991、1994年のラオスの調査で収集してきた58系統(Sato et al. 1994)の合計115系統である。調査方法は1リットルのガラス瓶に入れた寒天(0.2%)上に発芽した種子を置床し、27度暗所下で5日間培養し、伸長してきた4本の冠根の調査角度を測定した(Ueno and Sato 1993)。その伸長角度の分布の傾向から、それらの系統を日本稲のように冠根が下方向に伸長する系統、インド・ベンガル地方のイネのように冠根が横方向に伸長する系統、インドネシアの bulu イネのように冠根が上方向に伸長する系統に分けた。その結果、日本稲のように冠根が主に下方向に分布する系統は少なかった。冠根が主に横方向に伸長するタイプはタイの深水稲地帯およびラオスの水稲地帯に栽培されていた系統に多く見出された。ラオス北部、タイ北部の焼畑地帯から収集してきた陸稲系統の多くは冠根が上方向に伸長するタイプであった。したがって、焼畑地帯の陸稲系統は地表面近くまたは上に根が伸長する形質を持っていると判断される。これらの陸稲系統を種子を増殖するためにポット栽培すると、土壌表面上に白く太い根が伸長してくる。調査でも急な傾斜地に栽培されている陸稲の株のまわりの表土を数センチ取り除くと放射状に伸長している太く白い根が観察されている。しかし、近くの水田に栽培されている改良水稲品種には、土壌表面近くに発達している太い根は観察されなかった。

根系形態の変異と栽培環境

土壌表面近くまたは表面上に根を分布するイネは、インドネシアの比較的標高が高い地域で栽培されている在来品種、ラオス・タイ北部の焼畑地帯で栽培されている陸稲品種、ブ

ラジルの陸稲品種に見出されている。これらのイネは水田に比較して土壌の酸性度、水の状態などが不安定な環境下で栽培されてきたものである。火山島であるインドネシアや焼畑地帯の酸性土壌では、湛水し還元状態の土壌ができると二価鉄が過剰に溶出し酸性土壌に比較的強いイネの生育にも害をおよぼす。土壌の浅いところに根を分布するイネは根の酸素不足、嫌氣的土壌で溶出してくる二価鉄の害から回避することで、健全な生育を確保できる。焼畑では草木を伐採し、火を放って焼き、その土地に数年間作物を栽培する。肥料を入れないため焼き払われた草木の灰と放った家畜の糞が、焼畑に栽培される作物の養分となっているだけである。耕すことはないので灰も糞から溶出する養分は土壌表面に集積する。したがって、土壌表面近くに根を広く張る形質を持ったイネは養分を効率よく吸収できる(図 A)。大河の氾濫原に栽培されているイネは太い根を深く張ることで植物体を保持し深い水深の所でも生育できる(図 B)。主に下方方向に伸長する根を持っているイネは作土を深くし、施肥量を多くし、密植し、単位面積当たり高収量を与える品種として選抜されてきたと考えられる(図C)。中本(1993)は養水分の吸収のために効率のよい根系と、環境ストレスによく耐えうる根系とでは、その分布様式がかなり異なるものになると考えられると述べている。これまで述べてきた様に、イネが栽培されてきた環境と、その環境で栽培されてきたイネが保持している根系の分布形態の遺伝的変異との関係から、養分を効率よく吸収し高収量を上げるのに適した根系と安定した収量を上げるのに適した根系の分布形態は異なることが示唆される。

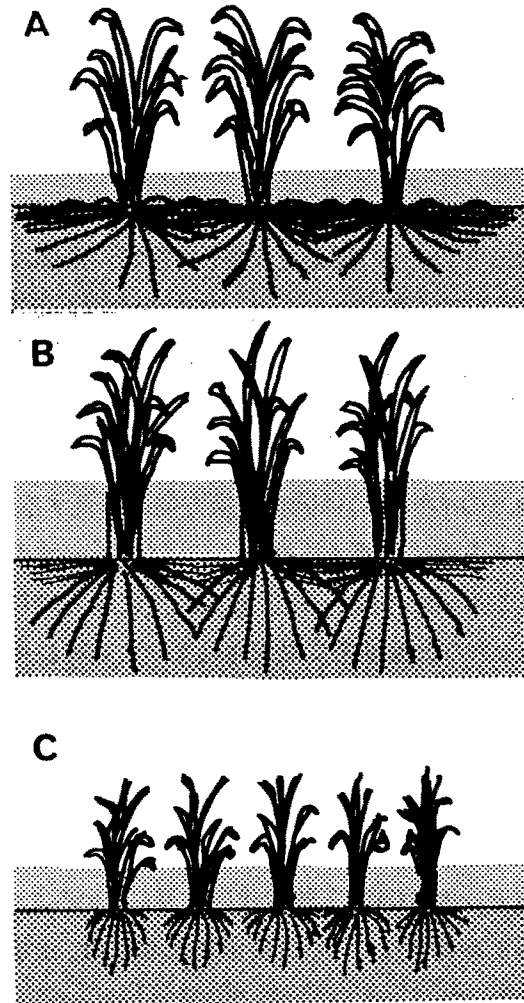


図. 根系の分布形態の変異

おわりに

イネの根の形質についての遺伝に関しては、その形質の多くは量的形質であり、表現型

可塑性が大きいため、解析は地上部の形質に比較して進んでいないと言われている。近年、直播き栽培の推進、不耕起栽培の試みなどにより根の育種への関心が高まりつつある。しかし、イネの根の形質についての遺伝・育種の研究は、地上部と比較して明らかに少なく、本格的には陸稲の耐干性についてだけ行われていると言っても過言ではない。泉(1996)は根の表現型可塑性が大きいほどストレス耐性が大きいと考えられ、根の表現型可塑性の遺伝様式を明らかにすることも必要であると述べている。表現型可塑性に関する遺伝様式(遺伝子数、遺伝子座等)の解析にはこれまでサンプル数を多く扱わなければならないため、特に根に関しては困難であった。しかし、近年 RFLP/RAPD マーカーなど DNA マーカーの利用により、主導遺伝子だけでなく複数の遺伝子が関与する量的形質遺伝子座(Quantitative trait loci: QTL)の解析も進展している。さらに、これまで困難であるとされてきたストレス耐性や出穂期の日長感受性など発現において可塑的変異が見られる量的形質に関しても、RILs (Recombinant Inbred Lines)を用いることで遺伝様式について信頼性の高い解析が可能となってきた。特に、イネは実験材料としてシロイヌナズナと並んでモデル植物と呼ばれるまでに条件が整っている。今年の春の育種学会でも、幼苗期における根の太さの QTL 解析(尾形ら 1996)、突然変異体を用いた根の長さに関する遺伝子解析(染・一井 1996)、根の通気組織形成に関する分子レベルでの解析と遺伝子の単離(川合ら 1996)の発表があり、新しい試みが進められている。突然変異体や RILs を用い分子マーカーを利用することにより、イネの根系の分布形態についての遺伝解析も進み、栽培環境に対応した「根型育種」の進展が期待される。

引用文献

- 泉 泰弘 1996 根の研究 5:38-42.
川合真紀ら 1996. 育種学雑誌別冊1 46:157.
染正偉・一井真比古 1996. 育種学雑誌別冊1 46:167.
中元朋実 1993. 農業および園芸 68:1328-1332.
Nakamoto T. and A. Oyanagi 1994. Ann. Bot. 73:363-367.
尾形武文ら 1996. 育種学雑誌別冊1 46:210.
Sato Y-I. Et al. 1994. Tropic 3:189-245.
佐藤雅志ら 1995. 育種学雑誌別冊1 45:194.
佐藤雅志 1996. 作物学雑誌別冊1 65:208-209.
上埜喜八 1994. 農業および園芸 69:87-90.
Ueno K. and T. Sato 1989. Japan J. Trop. Agric. 33:173-175.
Ueno K. and T. Sato 1992. Japan. J. Breed. 42:779-786.