

1. はじめに

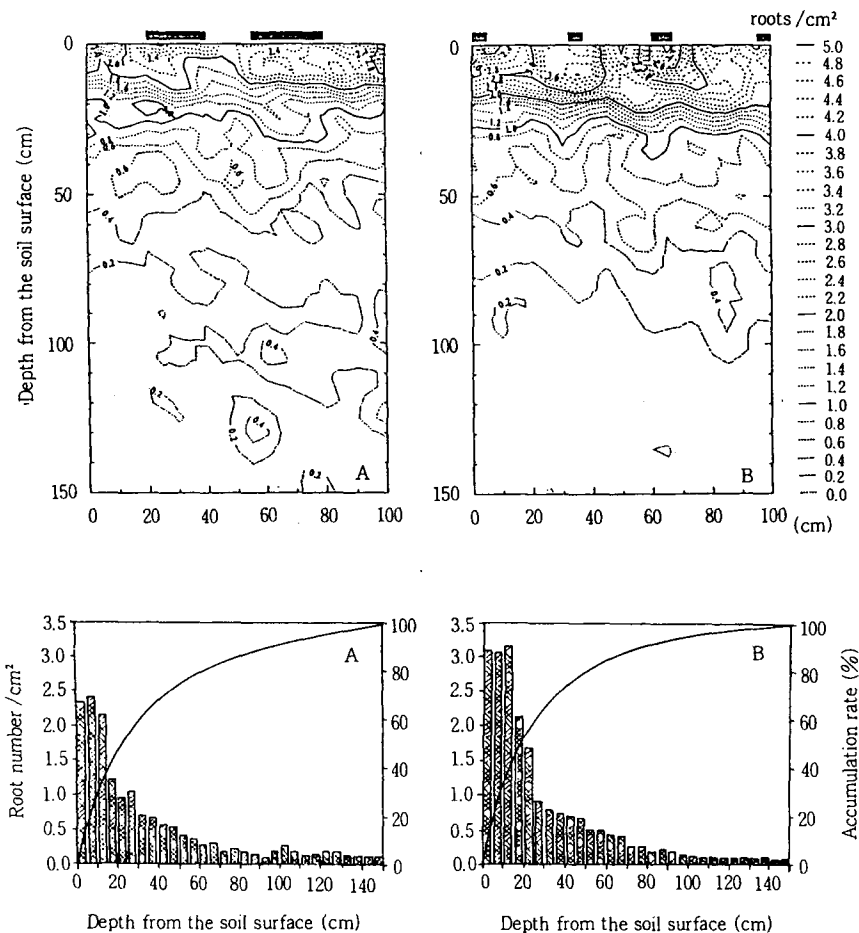
1988年から1989年にかけて、アメリカオレゴン州ペンドルトンにあるUSDAの研究所に1年間滞在した。この研究所はアメリカのコムギ栽培の中心地にあり、周囲は見渡す限りコムギ畑が続いている。ただし、年間の降水量は450mm程度で、普通は隔年に栽培を行なう。コムギを栽培しない年は、翌年のために降雨を土壤中にためているのである。このような乾燥地におけるコムギ栽培が、この研究所における重要な研究テーマであった。滞在中は、普通コムギ(*Triticum aestivum*)とクラブコムギ(*T. compactum*)の根系生育の比較を行なった。高収量品種が普通コムギで育成されたため、現在ではクラブコムギの栽培は少ないが、品質の点からマーケットでプレミアがつくという利点がある。また、乾燥地においては深播きをしなければならないが、クラブコムギはこのような条件下で出芽、定着がよいという長所をもっている。普通コムギの根系の生育については共同研究者であるクレッパー博士が一連の詳細な研究を進めていた(例えば、Klepper et al., 1984)が、クラブコムギの根系についてはそれまで報告がなかった。そこで、試験場の圃場や農家の畑で両者を栽培し、出芽直後から根系の生育を比較した。その結果、普通コムギでは種子根の分枝がよく発達するのに対して、クラブコムギではあまり分枝しないが、種子根および節根の出現が相対的に早く進む傾向が認められた(Morita et al., 1989)。ただし、取り扱っている品種の数が少ないため、両者の根系の生育における差異と一般化することは、現段階では無理があるし、この根系の生育の差が茎葉部の初期生育に関係している可能性があるかもしれないという考察ができる程度であった。

2. 根系の分布と構造

アメリカ留学で初めてコムギを扱ったが、根系を構成する種子根と節根の形態や生育に違いがあるという印象を持って帰国した。コムギは世界的に重要な作物であり、しかも、乾燥地で栽培されることが少なくないため、根系の生育に関する研究がさらに必要であると考え、仕事を続けることにした。コムギの根系に関する報告は古くからある(例えば、Weaver, 1926)が、日本で研究を進める場合の前提として、自分が使う圃場における根系の分布をまず調べてみた。農林61号を慣行栽培し、成熟期に条に平行な方向と直交する方向に深さ2m程度のトレンチを掘り、断面に現われてくる根数を記録した。根系は土壌表面から2m以上にまで達していたが、その大部分は土壌表層に分布していることが分かった(第1図)。測定後、土壌断面にシャワーで水をかけながらできるだけ丁寧に根系を採取し、種子根と節根とに分けて根長を測定した。その結果、必ずしも根端まで採取ができたわけではないが、節根がほとんどすべて短かったのに対して、種子根には長いものがあった。これらの結果から、成熟期におけるコムギの根系は量的に多い表層根と、量的には少ないが土壌深くまで達している深層根からなり、前者が主として節根、後者が主として種子根から構成されていると考えた(Morita et al., 1993)。

3. 表層根の生育過程

従来のコムギの根系に関する研究の中には、種子根と節根という根系の構造に着目したものや、これらの根軸と分枝根とを分けて取り扱っているものがほとんどない (Belford et al., 1987; Tennant, 1976) ことから、このような視点から研究を進めることにした。まず、成熟期において根系の大部分を占める表層根の形成過程を検討した。播種直後から収穫期にかけて定期的に、土壌表面から30cmまでの部分に分布する根をモノリス法で採取し、種子根と節根別に根軸の数と長さ、分枝根を含む総根長、分枝指数 (Morita & Collins, 1990) を測定した。その結果、生育前半では表層根の大部分を種子根、とくに種子根上に形成される分枝根が占めていること、生育後半になると種子根の総長が (おそらく分枝根の枯死脱落によって) 減少し、その前後から節根の根軸数が増加するため、成熟期の表層根が主として主茎や分けつ茎の節根によって占められることなどが分かった (森田・奥田, 1995)。種子根、とくに初生種子根で分枝根の発達が著しく、生育後期に形成された節根ほど分枝の発達が悪いという傾向が認められたことは興味深い。



第1図 成熟期におけるコムギの根系の空間的分布

A : 条と平行、B : 条と直交する方向、■ : 個体の位置。

4. 種子根の形態と機能

次に、深層根を構成している種子根の伸長と分枝根形成について、とくに土壤水分との関係に着目して研究した。乾燥地におけるコムギの生育を考える場合、種子根が土壤深くまで達し、分枝根が発達することが重要と考えたからである。土壤を充填した長さ1 mのアクリル管にコムギを播種し、人工気象室内で栽培した。土壤水分含量の異なる湿潤区と乾燥区を設けて、両者における根系の生育を比較した。茎葉部の生育に差が現われるより以前に、乾燥区では shoot/root ratio が小さくなり、根系が発達した。そこで、根系の構造、とくに分枝根の発達に着目して定量的な解析を進めたところ、乾燥区の初生種子根で根軸の伸長が若干抑制されており、それと補償的に、分枝根が非常に発達していることが分かった。さらに詳細に検討したところ、この分枝根の発達には、1次側根の形成密度と1次側根1本当たりの平均長(さらに高次の分枝根を含む)の両者が関係していることも分かった(森田・奥田, 1994)。

それでは、このように種子根で発達した分枝根が、水分吸収という機能面でどれくらい貢献しているだろうか。上記の実験では湿潤区と乾燥区の2区だけを設定したが、さらに土壤水分条件の範囲を広げて、様々な形態を持つ根系、とくに分枝根の発達程度の異なる根系を作り出した後、十分な灌水を行ない、その後の吸水速度を比較した。その結果、葉面積当たりの蒸散速度と葉面積当たりの総根長との間に比例関係が認められた。すなわち、土壤水分の多少に対応して根系は、適応的な形態の可塑性を示したと考えられる(森田ら 1994)。なお、最も乾燥条件が厳しかった区で十分な吸水能力を回復することができなかったことは、さらに検討が必要である。

5. 種子根と節根との比較

従来、コムギの根系を構成している種子根と節根は、その数や出現時期が異なることは分かっていた(例えば、藤井, 1961; Gregory et al., 1978; Percival, 1921)。

第1表 種子根と節根との比較

形質	種子根	節根
出現	早期	中後期
根軸数	5-6	多い
根軸長	長い	短い
分枝根	発達	未発達
分布域	表層	深層
機能	高い	低い

その他、研究を進める過程で、種子根と節根の生育がいくつかの点で対照的であることが分かってきた(第1表)。さらに、組織構造に基づく通導機能も、節根に比較して種子根で高いことが推定された。ただし、この場合は、鞘節根のように生育初期に出現する節根は種子根と同じグループに属していた(森田・根本, 1993)。

引用文献

1. Belford, R.K., B. Klepper and R.W. Rickman 1987. Studies of intact shoot-root systems of field-grown winter wheat. 2. Root and shoot development patterns as related to nitrogen fertilizer. *Agron. J.* 79: 310-319.
2. 藤井義典 1961. 稲・麦における根の生育の規則性に関する研究. 佐賀大学農学部彙報 12: 1-117.
3. Gregory, P.J., M. McGowan, P.V. Biscoe and B. Hunter 1978. Water relations of winter wheat. 1. Growth of the root system. *J. Agric. Sci.* 91: 103-116.
4. Klepper, B., R.K. Belford and R.W. Rickman 1984. Root and shoot development in winter wheat. *Agron. J.* 76: 117-122.
5. Morita, S., C.L. Douglas, B.L. Klepper, R.W. Rickman, A. Sombrero and D. E. Wilkins 1989. Root system development of common and club wheats. Columbia Basin Agricultural Research Special Report 840: 43-45.
6. Morita, S. and H.P. Collins 1990. A method to describe root branching. *Japanese Journal of Crop Science* 59: 580-581.
7. Morita, S., H. Okuda and J. Abe 1993. Spatial distribution and structure of wheat root system. In KSCS ed. *Low-input Sustainable Crop Production systems in Asia, Korea.* 399-404.
8. 森田茂紀・根本圭介 1993. コムギの種子根・節根の組織構造に関する形態測定学的解析. *日本作物学会紀事* 62(別2): 213-214.
9. 森田茂紀・奥田浩之 1994. 土壤水分条件がコムギ幼植物の根の生育、とくに種子根の分枝に及ぼす影響. *日本作物学会紀事* 63: 418-422.
10. 森田茂紀・奥田浩之・阿部 淳 1994. 種々の程度の水ストレス後における再灌水がコムギ幼植物の吸水に及ぼす影響. *日本作物学会紀事* 63(別1): 204-205.
11. 森田茂紀・奥田浩之 1995. 圃場で栽培したコムギの種子根および節根の伸長および分枝根形成. *日本作物学会紀事* 64: 14-18.
12. Percival, J. 1921. *The Wheat Plant, a monograph.* Duckworth, London.
13. Tennant, D. 1976. Root growth of wheat. 1. Early patterns of multiplication and extension of wheat roots including effects of levels of nitrogen, phosphorus and potassium. *Aust. J. Agric. Res.* 27: 183-196.

Development of seminal and nodal roots in wheat.

Shigenori Morita

Faculty of Agriculture, The University of Tokyo