塩土壌における幼穂形成期の水ストレスに対するイネの感受性の増加

王俊剛・津田誠・平井儀彦
(岡山大学大学院自然科学研究科農学系)

要旨：中国北部では塩害地が広がりさらに水不足が起こるため、イネの収量は低い。このような地域の収量を改善するために、塩土壌におけるイネの水ストレスに対する反応を解析した。水稻品種アキヒカリを用い、NaCl (0, 5, 10, 15 g/ポット) を混ぜた水田土壌を詰めた容量 4 リットルのポットで移植栽培した。幼穂形成期に給水停止日数を変えることによって程度の異なる一時的な水ストレスを与える処理区と常時湛水する区を設け、成熟期まで栽培した。水ストレスの強さは、水ストレスの期間と程度を考慮した指数である積算水ストレス (CWS) で示した。出穂は塩によって遅延するとともに、水ストレスによってさらに遅延した。個体当たり穂乾物重も塩土壌で低下するとともに、それぞれの土壌で CWS に比例して低下した。水ストレス感受性 (CWS の増加に対する穂乾物重の低下割合) は、土壌の塩濃度が高いほど大となった。植物体の Na 含有率は塩土壌で増加したが、水ストレスによる影響は小さかった。水ストレス感受性は植物体の Na 含有率に比例的に増加したことから、イネを塩土壌で栽培すると植物体の Na 含有率が高まるとともに水ストレス感受性が大となることが分かった。

キーワード：イネ、塩土壌、ナトリウム含有率、穂乾物重、水ストレス感受性。

過剰な塩と水不足は作物生産の大きな制限要因であり、塩ストレスと水ストレスに対する抵抗性に関する研究はさまざまな方向から行われている (Kramer and Boyer 1995, Lauchli and Luttge 2002)。一方、これらのストレスが単独で起こるばかりでなく、多くの塩類集積地では塩ストレスと同時に水ストレスが作物生産の障害になっている (Ghassemi ら 1995)。とくに中国の東北部では塩害地が広がり、さらに干ばつが起こるため、イネの収量は低く作付けの拡大が制限されている (Li 2000)。したがって、これ

ら二つのストレスが同時に起こる条件での作物生産の向上に関する研究は不可欠と考えられたが、複合ストレスに関する研究は少ない (Homaee ら 2002)。

作物では土壌水分欠乏条件下で土壌のマトリックポテンシャルの低下にともなう吸水阻害による植物体内の水状態の悪化、あるいは土壌乾燥を感受することによって生育が阻害される (Kramer and Boyer 1995)。根域の塩類濃度が高い条件においても土壌溶液の浸透ポテンシャルが低下するため、吸水阻害による生育阻害がみられる (但野 1983、

第1図 塩処理と水ストレス処理の模式図。

S0はポットに塩を加えず、S5, S10, S15はポット当たり 5 g, 10 g, 15 g の NaCl を土壌に混和した。D0は湛水条件を維持した区で、D1~D4は給水を停止した区を示す。給水停止は、播種後 54 日に行った。

間藤 1991). 二つの条件下ではともに吸水阻害が起こることから、土壌のマトリックポテンシャルと浸透ポテンシャルに基づいて作物成長を予測するモデルが考えられてきた. Homae ら (2002) はこれまでのモデルと彼らのモデルを比較検討し、いずれのモデルでも浸透とマトリックによる水ポテンシャル低下の影響の強さを異なると見積もることで、作物成長をよく予測することを指摘した. これはすでにまとめられている (但野 1983, 間藤 1991) ように、塩ストレス条件下では水ストレスに加えて作物体内の塩類集積による成長阻害が大きな影響を持つことによると推測された.

イネは極めて重要な作物であるが、水ストレスおよび塩ストレスに弱く、これらのストレスによって生育や穀実生産は著しく抑制される (津田・高見 1991, 津田ら 1993, 1994, Makihara ら 1999). イネで幼穂形成期の一時的な土壌水分低下が生育・収量に及ぼす影響を調べた研究において、収穫期の穂乾物重は乾燥期間の葉身水ポテンシャルの低下の積算値 (積算水ストレス, CWS) に比例的に低下することが見出された (津田・高見 1991). 一方、塩条件下のイネでは、生育阻害は体内のナトリウム蓄積と強い関係があることが一般に知られている (山内ら 1987, 山内 1989). したがって、塩類土壌における土壌水分不足の影響は体内の水ポテンシャルの低下およびナトリウムの蓄積に分けて分析することができると考えられたが、このような視点での研究は見当たらない. 本研究ではまず CWS と個体当りの穂乾物重の直線関係が塩類土壌で栽培したイネでも成り立つのか、次に水ストレスに対する穂乾物重の変化すなわち水ストレス感受性が塩類土壌で変わるのか、水ストレスは体内のナトリウム蓄積に影響を与えるのか、そして水ストレス感受性と体内ナトリウム蓄積との間に関連があるのかどうかを検討するために行った.

材料と方法

実験は 2002 年に岡山大学農学部の研究圃場で行われた. 6 月 10 日に水稻品種アキヒカリの種子を苗箱に播種し、6 月 29 日に水田土壌を詰めた 1/5000 a ワグナーポットに 1 ポット 1 個体の苗を移植した. ポットの土壌には NaCl ポット当たり 5 g, 10 g, または 15 g (土壌の NaCl 濃度は、それぞれ約 1.3, 2.5, 3.8 kg/m³であった) を混和するものを作り、これらを S5, S10 および S15 区とした. なお、NaCl を加えないポットを S0 区とした. 施肥はポットで共通で LP 化成肥料 (16:16:16) ポット当たり 7 g とし、ポットは雨よけハウスに置き、湛水状態とした.

幼穂形成期の 8 月 3 日にそれぞれの土壌塩濃度の区において一部のポットの給水を停止し、土壌乾燥区とし、残りのポットは常時湛水する湛水区 (D0 区) とした (第 1 図). プレッシャーチェンバー法で夜明け前の葉の水ポテンシャル (Ψ) を測定した. 測定は 5 から 8 個体の最上位の完全展開葉を用いた. 土壌乾燥区の Ψ の値が D0 区のそれより

第 2 図 湛水条件下における塩濃度の違いがイネの (a) 葉齢, (b) 草丈, および (c) 茎数の推移に及ぼす影響. 区の説明は第 1 図を参照.

低下した日に再び湛水状態にし、収穫まで湛水状態を維持する D1 区を設けた. さらに湛水状態に戻す日を 1 日, 2 日および 3 日延期する区を D2, D3 および D4 区とし、これら 3 つの区についても収穫まで湛水状態を維持した. ただし、S15 区では D1 区を Ψ の低下が認められてから 2 日後に設定した (第 1, 3 図). このように各土壌塩濃度について、5 つの水分処理区を設けた. そこで、例えば S5 区の土壌塩濃度で湛水状態に戻す日を 1 日延期した区は、S5-D2 区などと示す. なお、1 ポットを 1 反復とし、1 区は 8 ポット 8 反復であった.

水ポテンシャルの測定値から積算水ストレス (CWS,

第3図 塩濃度が異なる土壌における給水停止後の夜明け前の葉の水ポテンシャルの変化。

D1～D4は各区で再び灌水条件にした日を示す。詳しい区の説明は第1図を参照。値は3～8個体の測定値の平均値、縦棒は標準誤差である。

MPa day) (津田 1988) を次式により算出した。 $CWS = \sum (\Psi_{0i} - \Psi_i)$ 、ただし、 Ψ_{0i} および Ψ_i は、給水停止後 i 日目の灌水条件および土壌乾燥条件の夜明け前の Ψ である。

移植後、D0 区の 5 個体について、葉齢、草丈、茎数を毎週調査した。個体で最初に穂の先端穎花が出現した日を出穂日とし、出穂日を個体ごとに調査した。各区 8 個体について、出穂後 35 日目に根を切除して個体全体を採取し、葉身、茎および穂に分け、75℃で乾燥後、乾物重を測定した。なお、葉鞘は茎に入れた。葉身と茎については、粉碎機で粉碎後、200 mg を熱湯で 3 時間抽出した。抽出液を蒸留水で 50 mL とした後、イオンメーターでナトリウム濃度を測定した。穂から粉をはずし、比重 1.06 の食塩水で比重選を行い、浮いた粉を不稔粉、沈んだ粉を精粉として、登熟歩合および精粉千粒重を求めた。

個体当たり穂乾物重などの形質と CWS の各塩濃度水準内での変動は多重回帰によって検討した。各形質を目的変数、CWS と土壌塩濃度を説明変数として用い、有意性は t 検定によって判断した。

結 果

イネの生育は、灌水条件において土壌の塩濃度に強く影響を受けた (第2図)。塩濃度の影響が最も大きくみられたのは、茎数の推移であった。移植後の茎数の増加速度は、塩濃度が増えるにしたがい低下した。茎数の増加は S0-D0 と S5-D0 で播種後 58 日以降あまり見られず、S5-D0 の最終的な茎数は S0-D0 区の約 10% の低下であった。茎数の増加は S10-D0 区では徐々に続き、S15-D0 区では一旦増加が見られない期間があった後再び増加したため、最終的な茎数はやはり S0-D0 区の約 10% の低下であった。草丈は塩濃度が高いほど増加速度が低下し、最終的な値も低下した。葉齢は増加速度が遅れたが、止葉葉位は塩濃度の影響を受けなかった。なお、給水停止処理の開始は播種後 54 日目であった。

灌水条件において Ψ の値は S0, S5, S10 および S15 の各区で平均 -0.21 MPa, -0.29 MPa, -0.42 MPa, -0.38 MPa と塩濃度が高いほど低い傾向があった (第3図)。給水停止後の Ψ の低下は塩濃度が低いほど速く、S15 区では

第4図 塩濃度が異なる土壌における積算水ストレス（CWS）と（a）出穂日および（b）個体当たり穂乾物重の関係。

CWSは第3図の値から本文中の説明に基づき計算した。出穂日と穂乾物重の値は8個体の平均値、縦棒は標準誤差である。

（a）の直線は重回帰によって求められ、以下の通りである。

$$y = 0.91x + m \quad (***)$$

定数 m は各塩濃度によって異なり、S0: 65.4, S5: 67.0, S10: 69.7, S15: 74.8 である。

（a）の点線は直線回帰で、以下の通りである。

$$S0: y = 0.52x + 66.4 \quad (**),$$

$$S5: y = 0.96x + 67.0 \quad (***),$$

$$S10: y = 1.66x + 68.7 \quad (***),$$

$$S15: y = 2.00x + 72.8 \quad (*)$$

（b）の直線は重回帰で求められ、以下の通りである。

$$y = -2.58x + m \quad (***)$$

定数 m は、S0: 57.4, S5: 40.3, S10: 26.5, S15: 10.2 である。

（b）の点線は直線回帰で、以下の通りである。

$$S0: y = -3.26x + 59.1 \quad (***),$$

$$S5: y = -1.31x + 37.6 \quad (ns),$$

$$S10: y = -3.55x + 27.8 \quad (**),$$

$$S15: y = -2.56x + 10.2 \quad (***)$$

以上の（）内は、相関の有意水準*: 5%, **: 1%, ***: 0.1%を示す。また、nsは5%水準で有意でないが、参考を示した。

Ψ の低下は遅れ7日間給水を停止しても、 Ψ は -1.0 MPaにとどまった。このため給水停止期間が最も長いD4区のCWSは、S0区とS5区の 6.8 MPa dayと 5.7 MPa dayに比べてS10区とS15区でおよそ 3 MPa dayと小さかった。

このような幼穂分化期の水ストレスによって出穂日と個体当たり穂乾物重がどのように変化するかを見るため、水ストレスの程度すなわちCWSとこれらの形質との対応を第4図に示した。湛水条件（CWS=0）において塩濃度が高いほど出穂までの日数は増加した（第4図（a））。多重回帰により塩濃度内での変動を調べると、出穂までの日数とCWSの間には平均して相関係数 0.855 と、 0.1% 水準で有意な正の相関があった。この多重回帰は各塩濃度でCWSに対する出穂までの日数の変化すなわち直線の傾き

が等しいことを仮定しているため、各塩濃度でCWSが 1 MPa day増加すると出穂が 0.91 日遅れる関係が認められた。ただし、各塩濃度で個々に単回帰を調べるとCWSと出穂日の間には、 $1\sim 5\%$ 水準で有意な直線回帰があった。そしてこの場合、CWSの増加に対する出穂日の遅れは、塩濃度が高くなるほど大となった。

個体当たり穂乾物重は湛水条件において塩濃度が高まるにしたがい著しく低下した（第4図（b））。多重回帰によると各塩濃度における個体当たりの穂乾物重とCWSの間には平均して相関係数 -0.874 と、 0.1% 水準で有意な負の相関があった。そして、CWSが 1 MPa day増加すると個体当たり穂乾物重は 2.58 g減少する関係が認められた。各塩濃度における個々の単回帰を点線で示したが、これらは多重

第5図 塩濃度が異なる土壌における積算水ストレス (CWS) と (a) 個体当り穂数, (b) 1穂粒数, (c) 登熟歩合, および (d) 1粒重との関係。

CWSは第3図の値から本文中の説明に基づき計算した。各値は8個体の平均値、縦棒は標準誤差である。

回帰の結果と類似していた。このように、塩によって個体当り穂乾物重が低下するけれども、CWSあたりの低下量は塩濃度によって変わらないとみなすことができた。

穂乾物重に関与する4つの構成要素、すなわち個体当り穂数、1穂粒数、登熟歩合および1粒重についても、各塩濃度においてCWSとの間に関係があるかどうかを解析した。しかし各構成要素とCWSとの間の相関係数は小さく、CWSによって説明できる塩濃度内の変動の割合は4要素とも50%未満であった。そこで各塩濃度で要素とCWSとの間の単相関を調べた(第5図)。

まず、湛水条件で塩の影響を最も受けやすかったのは1穂粒数であった。つまり1穂粒数は塩による低下がS5区でみられ、さらに塩濃度が高まるにしたがい低下した(第5図(b))。登熟歩合はS10とS15で低下するのが認められ、塩による影響を次に受けやすかった(第5図(c))。個体当り穂数はS15でのみ明瞭な低下が認められ、1粒重でもS15でのみ低下がみられた(第5図(a), (d))。

有意な単相関が5%水準で認められた場合に、回帰直線を第5図に示した。塩濃度の低いところでは有意な相関が認められないか、認められてもCWSの増加にともなう変化は小さかった。有意な相関はS15で個体当り穂数、1穂

粒数および登熟歩合で見られ、S10では1穂粒数および登熟歩合で見られ、CWSの増加による変化は低い塩濃度の場合より大であった。このように塩ストレスによって低下しやすい構成要素で水ストレスによる減少も大であった。

収穫期の植物体のNa含有率を各塩濃度でCWSに対して示した(第6図)。湛水条件で葉身と茎ともにNa含有率は類似の反応が見られた。土壌の塩濃度が高いほど植物体のNa含有率が高まるものの、CWSが増加したとき、S0、S5およびS10の各区ではNa含有率が変わらないか、低下する傾向が認められたが、S15区では高まるように見えた。なお、各塩濃度でCWSとNa含有率の間には有意な相関は認められなかった。このように、植物体内のNa含有率は水ストレスによって大きな影響を受けなかった。

考 察

異なる塩濃度の土壌でイネをポット栽培し、幼穂形成期に与えた水ストレスと出穂日および成熟期の個体当り穂乾物重との関係を調べた。各塩濃度内で水ストレスの程度をCWSで表すと、出穂日はCWSに比例的に遅延し、穂乾物重は低下した(第4図)。幼穂形成期に与えた水ストレスのCWSと出穂遅延、穂乾物重低下の間の比例関係は、こ

第6図 塩濃度が異なる土壌における積算水ストレス（CWS）と収穫期の（a）葉身、および（b）茎のNa含有率との関係。

CWSは第3図の値から本文中の説明に基づき計算した。Na含有率の値は8個体の平均値、縦棒は標準誤差である。

れまでいくつかの品種、ならびにポットの大きさおよび施肥水準が異なる場合でも認められてきており（津田 1988, 津田・高見 1991, 津田ら 1993）、本研究で土壌に塩が存在してもこのような比例関係が認められることを見出した。

土壌塩濃度が高くなっても個体当たり穂乾物重のCWSに対する低下はほとんど変わらなかったものの、CWSに対する出穂遅延日数は単相関を当てはめると塩濃度が高くなるにしたがい大となった（第4図）。一方、水ストレスによる出穂遅延程度が塩濃度によって変わらないと仮定したときも、有意な多重回帰が得られた。これらの結果を合わせると、水ストレスによる出穂遅延程度が塩濃度によって変わるかどうかについては、さらに研究を重ねる必要があると思われる。

水ストレスを与えたイネの個体当たり穂乾物重（G）とCWSとの関係は、湛水条件下の穂乾物重（ G_0 ）、比例定数をbとすると次のように表される（津田・高見 1991, 津田ら 1993）。

$$G = G_0 - b \text{CWS}$$

本研究では塩によって G_0 が著しく減少したけれども、bの値はほとんど変わらなかった（第4図（b））。一方、塩ストレスのない栽培条件で品種、年次、肥料条件を変えたこれまでの研究において比例定数bが G_0 に比例的に大となる傾向が認められた（津田・高見 1991, 津田ら 1993）。このことからbの変異には G_0 に依存する部分があると考えられ、bを G_0 で標準化した値K（ $= b/G_0$ ）、すなわち水ストレス感受性で水ストレスに対する反応性を評価してきた（津田ら 1993）。本研究においても第4図（b）の結果からK値を算出したところ、値はS0, S5, S10およびS15で、

それぞれで0.0445, 0.0640, 0.0974および0.252となり、塩濃度の増加にともない大となった。このように、水ストレスに対する反応を G_0 で標準化すると塩によって水ストレス感受性が高まることを見出された。

塩土壌条件下では塩類による浸透ポテンシャルの低下により、湛水条件でも土壌の水ポテンシャルは低くなり、それにともない Ψ も低下する。本研究では塩による Ψ の低下は0.2 MPaと小さかったものの、土壌の浸透ポテンシャルの低下が Ψ に反映されていた（第3図）。一方、水ストレスの強度を示すために用いているCWSは、湛水条件の Ψ と低土壌水分条件の Ψ との差である。したがってCWSは塩による Ψ の低下を含まず、各塩濃度の土壌における水ストレスの強度を示している。

それでは、どうして土壌塩濃度が高くなるにしたがい穂の乾物重でみた水ストレス感受性が高くなるのであろうか（第4図）。水ストレス感受性が高くなることは、CWSの増加に対する穂乾物重の低下割合が大となることである。一方、イネでは塩害にともなう生育収量の低下はしばしば植物体内のナトリウム含有率の増加で説明されている（山内ら 1987, 山内 1989, Makiyara ら 1999）。このことから、土壌塩濃度にともない水ストレス感受性が変わるのは、植物体内のナトリウム含有率と関係があると予想された。収穫期の体内ナトリウム含有率は土壌塩濃度が高いほど大であったが、CWSとの関係は明瞭でなかった（第6図）。このように水ストレスは体内ナトリウム含有率に影響を与えなかったため、各塩濃度の体内ナトリウム含有率の平均値を算出し、水ストレス感受性との関係を調べた（第7図）。すると水ストレス感受性は、葉身および茎のナトリウム含

第7図 収穫期の葉身と茎のNa含有率と水ストレス感受性(K)との関係。

Na含有率は第6図の各土壌塩濃度の平均値である。Kは第4図(b)から本文中の説明に基づき計算した。図中の回帰式は、以下の通りである。

$$\text{葉身} : y = 0.0084x + 0.0315 \quad (r^2 = 0.987)$$

$$\text{茎} : y = 0.0133x - 0.0278 \quad (r^2 = 0.935)$$

有率の増加に比例的に大となった。したがって、水ストレス感受性は体内ナトリウム含有率に左右されることができ、イネで体内ナトリウム含有率の増加は、土壤水分が十分である条件下で生育収量を阻害するばかりでなく、水ストレス感受性を高めることが見出された。

水ストレス感受性の違いは品種間でも示されてきたが、この場合特定の収量構成要素の変化との関連を見出すことはできなかった(津田・高見 1991)。本研究でも、塩ストレスによる水ストレス感受性の変化を特定の構成要素の変化に結びつけることはできなかった。しかしながら、穂の乾物重に関わる構成要素の反応からみると、土壤塩濃度の増加によって減少した構成要素が水ストレスによってさらに低下しやすかった(第5図)。一方で塩土壌におけるイネの収量構成要素の変化に関する研究が蓄積されている(Makihara ら 1999)。したがって、これまでの研究を参考に水ストレス感受性が高まる品種を推定できるようになる可能性があるが、これは今後の検討課題としたい。

さて、本研究では水ストレスと塩ストレスの二つの要因を検討しているので、水ストレス条件下で塩ストレス感受性が変わったかどうかを検討することも可能である。しかし水ストレスの程度を制御することが困難であったため、同じCWSの値が得られず、塩濃度の高い区では濃度の低

い区ほどの強い水ストレスを与えることもできなかった(第3図)。また緒言で述べたように塩土壌は与えられた条件であり、水ストレスは降雨などの気象条件で生じる条件であるので、塩条件を主要因として解析した方が理解しやすいと考えられた。

以上のことから、イネにおいて塩土壌条件下で水ストレス感受性は、植物体内のナトリウム含有率の増加にともない大となると結論した。一方、イネでは品種や栽培条件によって体内ナトリウム含有率ならびに水ストレス感受性が変わることが知られている。塩土壌で水ストレスが起こる条件での収量向上に関して、さらに研究を進める必要がある。

引用文献

- Ghassemi, F., A. J. Jakeman and H. A. Nix 1995. Salinisation of Land and Water Resources. CAB Int., Wallingford. 1-526.
- Homaee, M., R. A. Feddes and C. Dirksen 2002. A macroscopic water extraction model for nonuniform transient salinity and water stress. Soil. Sci. Am. J. 66: 1764-1772.
- Kramer, P. J. and J. S. Boyer 1995. Water Relations of Plants and Soils. Academic Press, San Diego. 1-495.
- Lauchli, A. and U. Luttge 2002. Salinity: Environment—Plants—Molecules. Kluwer Academic Pub., Dordrecht. 1-552.
- Li, X. J. 2000. The alkali-saline land and agricultural sustainable development of the western Songnen Plain in China. Sci. Geog. Sin. 20: 51-55*.
- Makihara, D., M. Tsuda, M. Morita, Y. Hirai and T. Kuroda 1999. Effect of salinity on the growth and development of rice (*Oryza sativa* L.) varieties. Jpn. J. Trop. Agr. 43: 285-294.
- 間藤徹 1991. 高等植物の耐塩性機構. 植物細胞工学 3: 268-272.
- 但野利秋 1983. 作物の耐塩性とその機構. 化学と生物 21: 439-445.
- 津田誠 1988. 幼穂発育初期の水ストレスによる水稻登熟期間の短縮. 日作紀 57: 636-642.
- 津田誠・高見晋一 1991. イネの幼穂発育初期における水ストレスが出穂日と穂重に及ぼす影響. 日作紀 60: 241-246.
- 津田誠・山根祐治・高見晋一 1993. イネにおける個体当たり穂重と積算水ストレスの関係. 日作紀 62: 60-65.
- 津田誠・山口治秀・高見晋一・池田勝彦 1994. 穂の水ポテンシャルとイネの水ストレス感受性との関係. 日作紀 63: 200-207.
- 山内益夫・前田吉広・長井武雄 1987. 耐塩性の品種間差とナトリウムの吸収・移行特性との関係 (1) イネ. 土肥誌 58: 591-594.
- 山内益夫 1989. イネにおける耐塩性の品種間差の発現機構. 土肥誌 60: 210-219.

* 本文中国語、英文要旨

Increase in the Water Stress Sensitivity at Early Panicle-Development Stage in Rice under Saline Soil Conditions : Jungang WANG, Makoto TSUDA and Yoshihiko HIRAI (*Agri. Grad. Sch. of Nat. Sci. and Tech., Okayama Univ., Okayama 700-8530, Japan*)

Abstracts : Rice yield in the north regions of China remains low due to saline soil subjected to drought. This study was conducted to analyze the changes in yield of rice due to water stress under the saline soil conditions. Four-litter pots were filled with the paddy soil and various amounts of salt (NaCl) (0, 5, 10 and 15 g / pot) were incorporated into the soil. Seedlings of rice cultivar Akihikari were transplanted at a rate of one plant per pot and grown under the submerged soil conditions in a rain shelter. Plants were subjected to various degrees of soil-water deficits at panicle formation stage. During the soil drying, pre-dawn leaf water potential was measured and cumulative water stress (CWS), which is an integrated scale of duration and degree of water stress, was estimated. At maturity, plant dry weight and Na contents of leaf and stem were determined. Heading was delayed and panicle dry weight per plant was decreased by the soil salinity under the submerged soil conditions. Further, heading was delayed and panicle dry weight was decreased by additional water stress on each saline soil, the days of delay and decrease of the dry weight being proportional to CWS. Water stress susceptibility estimated from the relationship between CWS and panicle dry weight was increased with higher concentration of soil salinity. Plant Na content increased with soil salinity, while water stress changed plant Na content little. Water stress susceptibility became larger with increase of plant Na content. Therefore, it was concluded that panicle dry weight decreases and water stress susceptibility becomes larger with increase of plant Na concentration under the saline soil conditions in rice.

Key words : Panicle dry weight, Rice, Sodium content, Soil salinity, Water stress susceptibility.

書 評

「農業と雑草の生態学—侵入植物から遺伝子組換え作物まで」種生物学会 編, 浅井元朗・芝池博幸 責任編集, 文一総合出版, 東京, 2007年, 340頁, 3780円.

「ど根性ダイコン」なるものが話題となる昨今であるが, 雑草が道ばたの縁石の間隙から生えている光景は日常茶飯事であり, 雑草の力強さや適応性の高さに感心させられた方も少なくないだろう. 本書を開くと, まず路傍に生育するセイヨウアブラナの写真が目を引く. このセイヨウアブラナは除草剤を散布しても枯れずに残っている. もちろん「ど根性」ではなく, 輸入された「遺伝子組換え」ナタネがこぼれおちたものである.

本書は, このように私達が普通に目にする存在になりつつある外来雑草や遺伝子組換え作物などについて, 農業と雑草の古くて長い関わり合いをベースに, 新しい生態学, 進化学の視点から研究成果を紹介したものである. 第1部「外来雑草」では, 飼料畑で問題となっているイチジや麦畑でのカラスミギなどが取り上げられ, 侵入の歴史や生き残り戦略について記述されている. これらは文献や実験データを紹介するだけにとどまらず, 研究を進めていく過程でのつまづきや国内外の見聞録などが盛り込まれており, 興味深く読むことができた. また, 雑草リスク評価としてオセアニア地域の雑草リスク評価システムが紹介されているなど, カバークロップ (多くが外来植物である) の機能やメリットを中心に研究している私にとっては, リスク評価の重要性を認識させられた. 第2部「除草剤抵抗性雑草」, 第3部「遺伝子組換え農作物」では, 各々に関する研究の現状と課題をDNA, 交雑, 安全性, 生物多様性などをキーワードに解説している. 私は, 遺伝学の知識が乏しく若干理解しにくい箇所もあったが, 抵抗性雑草や遺伝子組換え作物に関する研究を行っている方々の緻密さと多くの試料を慎重に収集・分析しなければならないご苦労を垣間見た気がした.

近年, 作物学会では雑草に関する論文や研究発表が少なく, 雑草の生態, 多様性あるいは雑草防除技術について議論する場はほとんどない. 「それは雑草学会や種生物学会で・・・」という仕切りもあるだろうが, 言うまでもなく作物と雑草とは戦いまた共存してきた. 本書には, 「農業生産か雑草保全か」, 「耕地雑草はジェネラリストかスペシャリストか」など読者がそれぞれの立場で考え, 議論したくなるような問いかけや誌上討論, コラムが満載されている. 作物学会の皆様には是非ともご一読いただきたい一冊である.

(中央農業総合研究センター 三浦重典)