

イネ減数分裂期の水ストレス感受性と 穂の水ポテンシャルの品種間差異

津 田 誠

三重大学生物資源学部

Genotypic Differences in Water Stress Susceptibility and Panicle Water Potential at Meiosis Stage in Rice

Makoto TSUDA

Faculty of Bioresources, Mie University

Abstract

The objective of this study was to examine whether there are genotypic differences in water stress susceptibility and panicle water potential in rice subjected to drought conditions at meiosis stage. The seedlings of paddy rice cultivar Guizhao 2 and upland rice cultivar IRAT 109 were grown in 1/5000a pots under a rain shelter. Plants were subjected to four drought treatments different in duration at meiosis stage and control plants were grown under submerged soil conditions during the whole growth period. Panicle water potential (PWP) decreased in proportion to leaf water potential (LWP) as water stress became severe. The decrease of PWP relative to LWP was greater in Guizhao 2. Number of total spikelets decreased and that of sterile spikelets increased in IRAT 109 under drought conditions, whereas the change in the parameters was small in Guizhao 2. As a result, a small change occurred in number of fertile spikelets in Guizhao 2. Since dry weight of one fertile spikelet changed little in the both cultivars, a decrease in panicle dry weight was smaller in Guizhao 2. Water stress susceptibility was smaller in Guizhao 2 than in IRAT 109. It is concluded that a genotype which PWP decreases in harmony with a decrease in LWP under drought conditions is less susceptible to water stress at meiosis stage in rice.

Key words: meiosis stage, panicle, rice, water potential, water stress susceptibility

緒 言

前報⁹⁾では土壌水分ストレス条件下でのイネの葉身の水ポテンシャルに対する穂の水ポテンシャルの関係および水ストレス感受性が発育に伴い変るかを調べた。その

結果、水ストレス感受性は減数分裂期にとくに大きいこと、出穂前には土壌水分ストレスによって穂の水ポテンシャルが低下しやすい発育時期ほど水ストレス感受性が小さいことが見出された。しかし、減数分裂期のイネに水ストレスを与えた場合、穂の水ポテンシャルが低下しやすい品種ほど水ストレス感受性が小さいかどうかは調べられていない。

減数分裂期の水ストレスは、全籾数の減少および不稔

籾数の増大あるいは登熟歩合の低下を介して収量を低下させる^{2, 3)}。一方、葉身の水ポテンシャルと籾の着生率(分化籾数に対する生存籾数の割合)および不稔籾の発生率との関係には品種間差異がある³⁾。したがって、水ストレス感受性の品種間差異は、減数分裂期には全籾数および不稔籾数を介してもたらされると考えられる。

以上をまとめると、減数分裂期のイネに水ストレスを与えると、穂の水ポテンシャルが低下しやすい品種ほど、全籾数および不稔籾数の変化が小さく、水ストレス感受性が小さいと予測される。そこで、本研究ではこのことを実験的に調べるために、減数分裂期のイネ品種に水ストレスを与え、葉身と穂の水ポテンシャルおよび収量構成要素を調べ、これらと水ストレス感受性との関係を論じた。

実験方法

材料は、水稻品種桂朝2号と陸稲品種IRAT109とした。1991年5月10日に縦横3.5cm、深さ3.8cmのペーパーポットにポット当り1粒の催芽籾を播種した。ペーパーポットは水稻育苗箱(縦60cm、横30cm、深さ3cm)に128個入れ、化成肥料(N:P₂O₅:K₂O=12:12:12)を箱当り8g混合した水田土壌を詰めた。5月29日に5葉期の苗2個体を1/5000aワグナーポットに移植した。移植後、処理開始まで灌水状態を保った。

13葉期から3日毎に、主稈を採取、解剖し、穂の生長を調査した。減数分裂期(幼穂長10cm)に、ポットを一旦横に倒して排水した後、自然に乾燥させる処理を始めた。処理開始後、ポットは天井部のみ透明ビニールを張ったビニールハウスに配置した。処理開始後、最上位の展開完了葉身(葉耳が出現した葉身)の水ポテンシャルをプレッシャーチェンバー法で測定した。測定は、午後9時30分から11時30分の間に行った。夜間の葉身水ポテンシャルが-0.5MPa以下となった翌朝に灌水状態に戻すD1区、灌水状態に戻すまでの期間をD1区より1, 2および3日延長するD2, D3およびD4区を設けた(第2図参照)。処理終了後は、収穫まで灌水状態を保った。例えば、桂朝2号では夜間の葉身水ポテンシャルは処理開始後4日目に-0.5MPaより低くなったので、このとき灌水状態に戻すポットを設け、D1区とした。桂朝2号のD1区の処理期間は4日間で、D2, D3およびD4区のそれはそれぞれ5, 6および7日間

であった。対照として、移植してから収穫するまで灌水状態を保つ区を設けた。なお、植物体の枯死を防ぐためIRAT109では処理開始後5日目の朝にポット当り100ml給水した。また、1試験区当り7ポットを供試した。

夜間の葉身の水ポテンシャルの測定値を津田の方法⁴⁾にしたがい次式に代入して積算水ストレス(CWS)を算出した。

$$CWS = \sum_{i=0}^n (LWP_{0i} - LWP_i)$$

ここで、LWP_iは処理区の処理開始後*i*日目の夜間の葉身水ポテンシャル、LWP_{0i}は灌水区の同日のそれである。また、*n*は処理日数である。

葉身の水ポテンシャルと同時に穂の水ポテンシャルをサイクロメーター法で測定した。すなわち、減数分裂期の穂を葉鞘から取り出し、穂中央部の籾が着生したままの1次枝梗をウエスコ社のサンプルチェンバーC-30-SFに密封した。サンプルチェンバーは内径12mm、深さ23mmの円筒型で、密封した1次枝梗の数は、3本から5本であった。穂の表面の水滴は濾紙で拭き取った。25°Cで6時間放置し、チェンバー内の蒸気圧が一定になってから、同社のマイクロポルトメーターHR-33Tに接続して露点モードで水ポテンシャルを測定した。なお、葉身および穂ともに、水ポテンシャルの測定数は6から7であった。また、水ポテンシャルの測定に用いた植物はポット当り1個体とし、D4区を灌水状態に戻した日にこの個体を地際で刈り取った。このため、処理完了後収穫まではポット当り1個体であった。

出穂は先端穎花の出現で判定し、各試験区で半数の個体が出穂した日を出穂期とした。出穂期後40日目に穂を穂首節で切り取り収穫した。このうち試験区当り3個体の籾を脱穀し、不稔籾と稔実籾に分けた。すなわち透視器による観察で胚乳の生長が認められない籾を不稔籾、残りの籾を稔実籾とした。

処理期間中の日射量と気温は、三重大学生物資源学部附属農場の測定値を援用した。この測定値を用いてPRIESTLEYとTAYLORの方法⁵⁾で蒸発散能を算出した。

結 果

処理期間中の平均蒸発散能は、 4.6 mm day^{-1} であった(第1図)。ただし、桂朝2号では処理開始後2日目および3日目の蒸発散能は、 1 mm day^{-1} 以下と少なかった。

桂朝2号では処理期間初期の蒸発散能が小さかったため、処理開始後の葉身水ポテンシャルの低下はIRAT109よりも遅れた(第2図)。夜間の葉身水ポテンシャルが -0.5 MPa より低くなったのは、IRAT109では処理開始後3日目であったが、桂朝2号では4日目であった。葉身の水ポテンシャルは、その後1日当りおおよそ 0.4 MPa 低下した。これに対して、処理開始後の穂の水ポテンシャルの低下程度は、二つの品種でほとんど変わらなかった。また、穂の水ポテンシャルは常に葉身の水ポテンシャルより高かった。なお、夜間の葉身の水ポテンシャルが -0.5 MPa より低くなってから出穂までの日数は、IRAT109では6日間、桂朝2号では5日間で、水ストレスが生じた発育時期の差は小さいものであった。

処理開始後の水ポテンシャルの低下は、穂では二品種で違わなかったものの、葉身では桂朝2号の方が遅れた。そこで、水ストレスを与えたときの葉身の水ポテンシャルに対する穂の水ポテンシャルの対応関係を品種別に第3図に示した。水ストレスに伴う水ポテンシャルの低下程度は、葉身よりも穂の方が小さかった。また、葉身の水ポテンシャルの低下程度が同じでも、穂の水ポテンシャルはIRAT109より桂朝2号の方が大きく低下した。葉身の水ポテンシャルが 1 MPa 低下するとき、穂の水ポテンシャルの低下程度は、IRAT109では 0.32 MPa であったのに対して、桂朝2号では 0.54 MPa であった。

水ストレスによって個体当たり全籾数の減少と不稔籾数の増加が引き起こされた(第4図)。IRAT109では個体当たり全籾数は積算水ストレス $1 \text{ MPa} \cdot \text{day}$ 当たり54個減少し、不稔籾数は23個増加し、その結果、稈実籾数は $1 \text{ MPa} \cdot \text{day}$ 当たり77個減少した。桂朝2号では全籾数および不稔籾数は、水ストレスが強くなってもほとんど変わらなかったため、水ストレスによる稈実籾数の減少は小さかった。

1稈実籾重と1不稔籾重は、水ストレスによって変わらなかった(第5図)。なお、1稈実籾重はIRAT109が

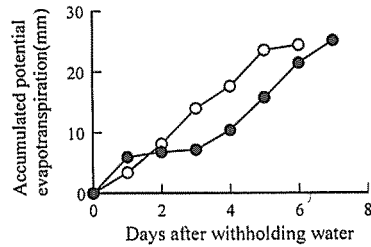


Fig. 1. Accumulated potential evapotranspiration outside the rain shelter during the experimental period. Filled and open symbols indicate Guizhao 2 and IRAT 109, respectively.

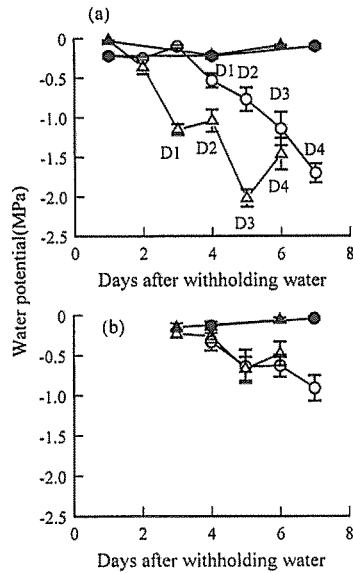


Fig. 2. Change in leaf water potential (a) and panicle water potential (b) during the experimental period.

Filled and open symbols indicate plants under submerged soil conditions and under drought conditions, respectively. Circles and triangles indicate Guizhao 2 and IRAT 109, and vertical bars \pm se.

D1~D4 indicate the water potential on the day of rewatering for the corresponding plots. Details of plots are explained in Materials and Methods.

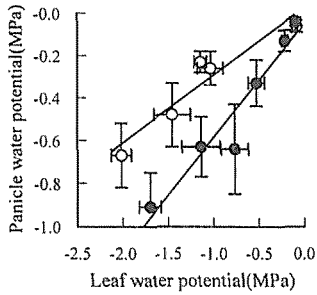


Fig. 3. Relationships between leaf water potential and panicle water potential in rice plants subjected to drought at meiosis stage.

Filled and open symbols are Guizhao 2 (GZ) and IRAT 109 (IR), respectively.

Vertical and horizontal bars indicate \pm se.

Regression lines are ;

$$\text{GZ : } y = 0.54x - 0.46 \quad (r^2 = 0.93)$$

$$\text{IR : } y = 0.32x - 0.028 \quad (r^2 = 0.90)$$

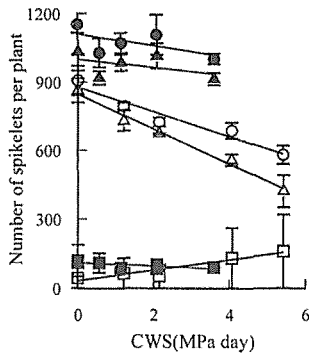


Fig. 4. Number of total, fertile and sterile spikelets in relation to cumulative water stress (CWS) in rice plants subjected to drought at meiosis stage.

Filled and open symbols are Guizhao 2 (GZ) and IRAT 109 (IR), and vertical bars indicate \pm se.

Regression lines are ;

total spikelets,

$$\text{GZ : } y = -25.8x + 1109 \quad (r^2 = 0.36, \bullet)$$

$$\text{IR : } y = -54.4x + 878 \quad (r^2 = 0.90, \circ)$$

fertile spikelets,

$$\text{GZ : } y = -18.1x + 999 \quad (r^2 = 0.22, \blacktriangle)$$

$$\text{IR : } y = -76.9x + 845 \quad (r^2 = 0.99, \triangle)$$

sterile spikelets,

$$\text{GZ : } y = -7.70x + 111 \quad (r^2 = 0.55, \blacksquare)$$

$$\text{IR : } y = 22.5x + 32 \quad (r^2 = 0.90, \square)$$

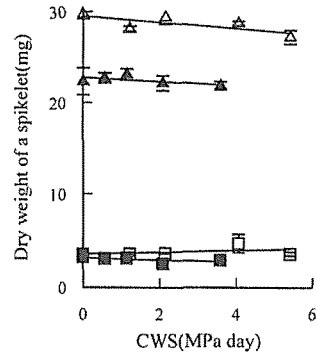


Fig. 5. Dry weight of a fertile spikelet and that of a sterile spikelet in relation to cumulative water stress (CWS) in rice plants subjected to drought at meiosis stage.

Filled and open symbols are Guizhao 2 (GZ) and IRAT 109 (IR), and vertical bars indicate \pm se.

Regression lines are;

fertile spikelet,

$$\text{GZ : } y = -0.214x + 22.8 \quad (r^2 = 0.38, \blacktriangle)$$

$$\text{IR : } y = -0.333x + 29.5 \quad (r^2 = 0.52, \triangle)$$

sterile spikelet,

$$\text{GZ : } y = -0.019x + 3.15 \quad (r^2 = 0.40, \blacksquare)$$

$$\text{IR : } y = 0.094x + 3.55 \quad (r^2 = 0.17, \square)$$

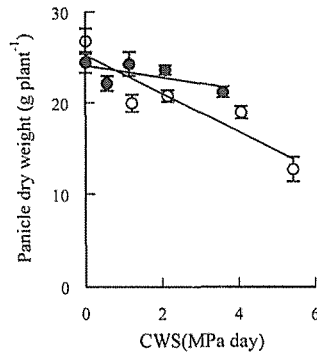


Fig. 6. Panicle dry weight per plant in relation to cumulative water stress (CWS) in rice plants subjected to drought at meiosis stage.

Filled and open symbols are Guizhao 2 (GZ) and IRAT 109 (IR), respectively.

Vertical and horizontal bars indicate \pm se.

Regression lines are;

$$\text{GZ : } y = -0.653x + 24.1 \quad (r^2 = 0.43)$$

$$\text{IR : } y = -2.103x + 25.2 \quad (r^2 = 0.84)$$

桂朝2号より著しく大きかった。一方、個体当り穂重は、両品種とも水ストレスによって低下した(第6図)。個体当り穂重の低下は、IRAT109では積算水ストレス1 MPa・day 当り2.1 gで、桂朝2号の0.65 gより大であった。ここで、湛水区の穂重に対する積算水ストレス当りの穂重の低下量の比率、すなわち回帰直線の傾きをy切片で割って符号を逆にして得られる水ストレス感受性⁹⁾を算出した。すると、水ストレス感受性はIRAT109では0.083MPa⁻¹ day⁻¹、桂朝2号では0.027 MPa⁻¹ day⁻¹で、桂朝2号の方が水ストレス感受性が小さかった。

考 察

減数分裂期のイネを用いて、土壌水分ストレス条件下で葉身の水ポテンシャルに対する穂の水ポテンシャルの対応関係を調べたところ、品種間で差異が認められた(第3図)。両器官の水ポテンシャルの関係は、発育時期によって変わることが知られている⁹⁾。すなわち、出穂前には発育時期が遅くなるにしたがい土壌水分ストレス条件下での水ポテンシャルの低下程度は葉身よりも穂の方が小さくなる。しかし、本研究では水ストレスを与えた発育時期は、二つの品種で同じであった。したがって、本研究で見出された葉身の水ポテンシャルと穂のそれとの対応関係の差異は、処理した植物体の発育時期の違いに起因するものではない。同じ減数分裂期でも、水ストレスを受けたイネの葉身の水ポテンシャルに対する穂の水ポテンシャルの対応関係が品種によって異なるといえる。

本研究では、水ストレス感受性にも品種間差異が見出された(第6図)。この水ストレス感受性の品種による違いは、葉身の水ポテンシャルと穂の水ポテンシャルの対応関係の品種による違いと対応していた。葉身の水ポテンシャルの低下程度が同じとき、穂の水ポテンシャルの低下程度が大きい桂朝2号の方が水ストレス感受性は小さかった。したがって、前報⁹⁾で発育時期の違う場合について見出された関係、すなわち土壌水分ストレス条件下で穂の水ポテンシャル低下が大きい植物ほど水ストレス感受性が小であるという関係は、品種間でも成り立つと考えられる。なお、本研究で用いた材料は、水稻品種と陸稲品種であった。しかし、ここで見出された差異が両品種群全体に当てはまるかどうかについては、さら

に多数の品種を比較検討する必要がある。

個体当り穂重はおおむね個体当り稔実粒数と1稔実粒重の積と見なせるので、これらのどちらか、あるいは両者の水ストレスに伴う減少が大きいと水ストレス感受性が大きくなる。このうち1稔実粒重は水ストレスによってほとんど変らなかった(第5図)ため、水ストレス感受性は主として稔実粒数に左右された。稔実粒数の減少は、全粒数の減少と不稔粒数の増加によっていた(第4図)。したがって、水ストレス感受性の品種間差は、既報^{1, 2, 9)}から推測されたように、全粒数と不稔粒数に起因することがわかった。

以上より、イネにおいては減数分裂期の水ストレス感受性は、土壌水分ストレス条件下で穂の水ポテンシャルが低下しやすい品種ほど小さく、水ストレス感受性の差異は稔実粒数を介してもたらされると考えられる。

要 約

イネ減数分裂期の水ストレス感受性と土壌水分ストレス条件下での穂の水ポテンシャルの低下程度の品種間差を調べた。水稻品種桂朝2号および陸稲品種IRAT109を1/5000 aポットで栽培し、減数分裂期の植物体に4段階の水ストレスを与える区、および湛水状態を保つ湛水区を設けた。水ストレスを与えたイネの葉身の水ポテンシャルに対する穂の水ポテンシャルの低下程度は、桂朝2号の方が大であった。IRAT109では全粒数が減少するとともに不稔粒数が増大したのに対して、桂朝2号では両者の変化は僅かであった。その結果、個体当り稔実粒数の減少程度は、桂朝2号の方が小さかった。1稔実粒重は二品種とも水ストレスによって変わらなかった。これらのことから、水ストレス感受性は稔実粒数が変わらなかった桂朝2号の方が小さいという結果になった。以上より、減数分裂期のイネの水ストレス感受性は、土壌水分ストレスによって穂の水ポテンシャルが低下しやすい品種ほど小さいと考えられる。

文 献

- 1) 小葉田亨・田中 互・今木 正。穂ばらみ期水ストレスによる不稔発生には日本型稲間で品種間差が認められる。日本作物学会紀事, 58 (別2): 133-134 (1989)
- 2) MATSUSHIMA, S. Some experiments on soil-water-plant relationship in the cultivation of rice. Proc. Crop. Sci. Soc. Japan, 31: 115-121 (1962)

- 3) PRIESTLEY, C. H. B. and TAYLOR, R. J. On the assessment of surface heat flux and evaporation using large scale parameters. Mon. Weather Rev. 100 : 81-92 (1972)
- 4) 津田 誠. 幼穂発育初期の水ストレスによる水稲登熟期間の短縮. 日本作物学会紀事, 57 : 636-642 (1988)
- 5) 津田 誠・山口治秀・高見晋一・池田勝彦. 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. 日本作物学会紀事, 63 : 200-207 (1994)
- 6) 津田 誠・山根祐治・高見晋一. イネにおける個体当り穂重と積算水ストレスとの関係. 日本作物学会紀事, 62 : 60-65 (1993)

イネ減数分裂期の水ストレス感受性と 穂の水ポテンシャルの品種間差異

津 田 誠

三重大学生物資源学部

本研究の目的は、減数分裂期のイネに干ばつを与えたとき、水ストレス感受性と穂の水ポテンシャルに品種間差があるかどうかを調べることであった。水稲品種桂朝2号および陸稲品種 IRAT109 の苗を雨よけの下で1/5000 aポットで栽培した。植物体には減数分裂期に期間の異なる4段階の水ストレスを与え、対照区の植物体は全生育期間湛水状態を保った。穂の水ポテンシャル (PWP) は、水ストレスが厳しくなるにつれ葉身の水ポテンシャル (LWP) に比例的に低下した。LWPに対するPWPの低下程度は、桂朝2号の方が大きかった。IRAT109 では籾数が低下するとともに不稔籾が増大したのに対して、桂朝2号では両者の変化は僅かであった。このため、稔実籾数の低下は、桂朝2号の方が小さかった。1稔実籾重は水ストレスによって変わらなかったため、穂の乾物量の低下は桂朝2号の方が小さかった。水ストレス感受性は、IRAT109より桂朝2号の方が小であった。以上より、イネでは減数分裂期の干ばつ条件下でPWPがLWPと同程度低下する品種は、水ストレス感受性が小さいと結論した。