

新鮮水稲根重の測定—野菜水切り器を用いた簡易脱水法提案—

亀岡笑*・吉野ひなき・鈴木弘隆・近江祐樹

酪農学園大学

要 旨：ポット栽培試験は植物の水分吸収評価に有効な試験系であり、重量法によって植物の水分吸収量が評価される。重量法に基づく植物体の正確な水分吸収量の評価には、全体重量に占める茎葉部ならびに根系新鮮重の評価が不可欠である。茎葉部の新鮮重は、地際で刈り取りをしてそのまま容易に測定することができるが、根系は根を土から洗い出した後の根系表面の水分を十分に取り去る工程が、生育段階が進む中で根系形態が複雑化した場合に特に難しく、これまでに根系新鮮重の測定方法に関する知見はほとんどない。本研究は、機器を低価格で用意でき、測定結果に誤差が生じにくく、比較的身体的負担が少ない水稲根系の新鮮重測定法を提案した。検証結果から提案法について、1) 測定機器とする野菜水切り器を低価格で用意でき、2) 回転速度を1回転/秒と定めることが容易であることから測定結果に誤差が生じにくく、3) 測定にかかる身体的負担が少ないことが分かった。さらに、実際の栽培試験に同提案法を採用した場合に、考案時には想定できなかった問題点が生じないか、測定人数を増やしたときに効率性が上がるか、を検証し、異なる灌水タイミングでポット栽培した水稲根系の新鮮重評価に同提案法を採用し、測定法の有効性ならびに新鮮水稲根重測定の意義について評価した。

キーワード：イネ、根系、新鮮根重。

Root fresh weight measurement for rice root system—A proposal for a simple dewatering method of fresh paddy roots using a vegetable drainer : Emi KAMEOKA*, Hinaki YOSHINO, Hirotaka SUZUKI and Yuki OHMI (Rakuno Gakuen University)

Abstract : The pot experiment is effective for the evaluation of water uptake of plants and the gravimetric method is used to assess the water uptake of plants. For an accurate gravimetric assessment of the water uptake of plants, it is essential to evaluate the fresh weight of the stems, leaves and root system as a percentage of the total weight. The fresh weight of stems and leaves can be easily measured after cutting at the ground level, but the fresh weight of the root system is difficult to measure, especially when the growth of the plant has become more complex, because the process of removing water from the surface of the root system after washing the roots out of the soil is difficult. In this study, we proposed a method for measuring the fresh rice root weight that can be provided at a low cost and is relatively easy to use, with little measurement error and relatively little physical burden. It was found that 1) a vegetable drainer as a measuring device could be prepared at a low price, 2) it was easy to determine the rotation speed, 1 rotation / sec, so that measurement error were unlikely to occur and 3) the physical burden of measurement was low. Furthermore, the effectiveness of the proposed method and the significance of fresh rice root weight measurement were both evaluated by using this method in the pot experiments with different irrigation timing.

Keywords : Fresh root weight, Rice, Root System.

緒言

植物の水吸収は植物自身の生存に直接関わり、特に環境ストレス条件下において平常時に比べて顕著に変化することが報告されている。植物の水吸収を評価する際に、圃場栽培試験に比べてワグネルポットを用いた栽培試験では、ポットの重量を測り取るだけで個々の植物の一定時間当たりの水吸収量を求められる。この理由から、植物の水吸収を評価するにあたってワグネルポットを用いた栽培試験は、植物種を問わず過去

に多く実施されている(河野ら, 1987; 河野ら, 1988; Pardales et al., 2000; Siopongco et al., 2008; Tran et al., 2015; Zheng et al., 2016; Nguyen et al., 2018)。ワグネルポットに栽培された植物の重さをポットごと重量計に乗せて測り取った際に、その重さは1) 空の状態のポットの重さ、2) 風乾土の重さ、3) 土壌中の水の重さ、4) 植物体の重さ、で構成される。1) ~ 4) の中で、植物の水吸収を評価する際にポット全体の重さから求めたいのは3) 土壌中の水の重さであり、これを求めるにはポット全体の重さから1), 2), 4) の合計を差し

2021年1月11日受付 2021年3月15日受理

*連絡先 〒069-8501 北海道江別市文京台緑町582 酪農学園大学栽培学研究室 E-mail: kameoka@rakuno.ac.jp

引く必要がある。1), 2) は実験準備の際にあらかじめ規定量を決めているため簡単に差し引くことができるが、問題は4) 植物体の重さである。植物体の重さは茎葉新鮮重と新鮮根重とで構成されるため、この2つの値を求めなければいけない。

茎葉新鮮重は地際で刈り取ってそのまま容易に測定することができるため、乾物重ほどではないものの、多くの論文で異なる水分条件におけるその変化についても報告されている (Pardales et al., 2000; Siopongco et al., 2008)。その一方で、新鮮根重に関する測定法の報告例は幼植物体に限定される (Zhang et al., 2006; Zheng et al., 2016; Pang et al., 2020)。幼植物体の比較的小さな根系に対しては、根系に付着した水分を紙タオル等に丁寧に吸収させる、といった方法での脱水が可能である。しかし、生育後半に根が立体的かつ大型化すると、このような方法では根系に含まれた多量の水分を均一に除去することは極めて難しい。特にイネは、ムギ、ダイズ、バレイショといったその他の主要作物の中でも分けつを多く発生させ、生育後半の根系が形態・組織学的に異なる根系要素から複雑かつ立体的に生長する。根系表面の水分を十分に取り去る工程が、生育段階が進む中で根系形態が複雑化した場合に特に難しくなるため、生育後半のイネ根系について、新鮮重の測定を試みた例はほとんどない。このように複雑かつ立体的に生長した生育後半のイネ根系の新鮮重を測定できる手法を提案できれば、同手法はイネに限らず他の主要作物の新鮮根重測定にも応用できる。さらに、そうして求めた新鮮根重を用いて、ポット試験において土壤中に含まれる水分も正確に求めることができる。

生育後半のイネ根系に対して新鮮重の測定を試みる際、幼植物根に対してするような根系の表面の水分を紙タオルで吸着させるような方法では根系内部の水分を吸収することができない。かといって、人の手でしぼるような吸水方法をとってしまうと、その絞り具合や力を入れ加減で新鮮根重が変化してしまう。立体的な根から均一に水分を除去するには、遠心法を利用して水分を分離する方法が望ましい。定政ら (2019, 2020) は、根をネットに入れて洗濯機の遠心脱水機能 (約3 Gに相当) を活用し、1分間処理した後の重量値をトマト根の新鮮重として用い、スプレーポニクにおける台木の違いがトマト「華小町」の地下部に与える影響を明らかにした。

本研究では、遠心法を活用しつつ、イネの細根の損傷を抑え、かつ測定機器を低価格で用意できる簡易の脱水法を考案した。さらにその脱水法について、大人数で同時測定しても測定値に個人差が生じにくく、比較的身体的負担が少ない方法であるかを検証し、検証結果に基づいて新鮮水稲根重の測定意義についても評



第1図 ネットを用いた手動脱水試験。

供試した新鮮根系 (左から日本晴, Swarna, KDML105) は、茎葉部を切り離さず根系から砂土を洗い落とした (a)、振とう試験開始直前の新鮮根をネットに入れた様子 (b)。水きりネットに入れた新鮮水稲根を0, 30, 60, 90, 120, 150秒間、矢印の軌道で勢いよく振とうして脱水した (c)。

価した。

材料と方法

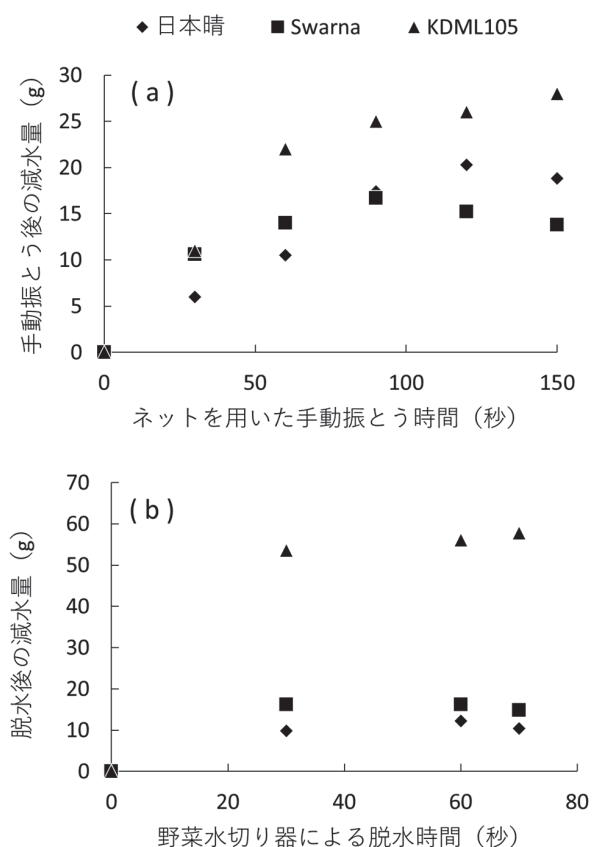
1. 新鮮水稲根の脱水実験

(1) 栽培条件

茎葉ならびに根系の発育程度の異なる KDML105, Swarna (indica) ならびに日本晴 (japonica) の計3水稲品種を供試し、酪農学園大学の温室で以下の栽培試験を実施した。2018年5月23日に育苗トレイに播種し、2018年6月19日に砂質土3.5 kgを充填した1/5000 aワグネルポットへ移植し、常時湛水条件で栽培した。2018年7月28日ならびに8月28日に新鮮根をサンプリングした。サンプリングの際に茎葉部の刈り取りは行わず、茎葉部と根系とが切り離されない状態で根に付着した砂土を丁寧に洗い落とした (第1図a)。

(2) 脱水の候補手順

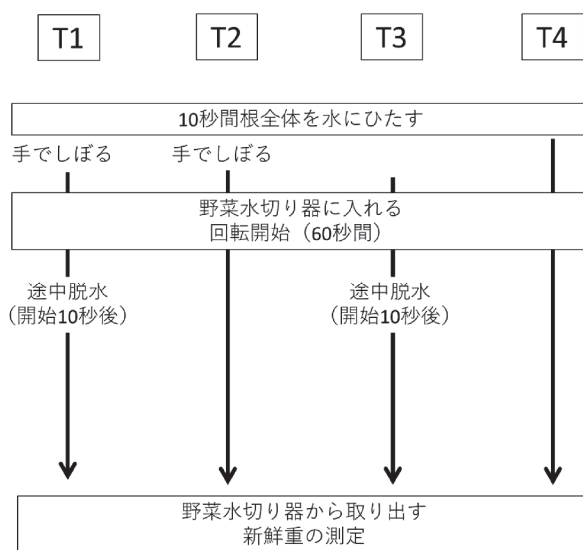
適切な脱水時間を検討するために以下試験を実施した。2018年7月28日に、市販の水切りネットを用いて、新鮮水稲根について、脱水時間と脱水後の根水切り量との関係を明らかにしようとした。水きりネットは三



第2図 振とうならびに脱水時間が水稻新鮮根の減水量に及ぼす影響。
 ネットを用いた手動振とう結果 (a). 野菜水切り器による脱水結果 (b). 各手法各品種とも n = 1.

角コーナー用のポリエチレン製で、28 cm × 25 cm の根を問題なく包み込める大きさであった (第2図 a, b). サンプルング後に水に浸しておいた新鮮水稻根を水から手で引き上げ、自然に滴る水滴がなくなることを確認した後、その重さを記録した。続いて新鮮水稻根を市販の水切りネットにすばやく入れ (第2図 b), 規定時間手で振とうして脱水した後に新鮮水稻根重を記録し、振とう前と後の新鮮水稻根重の差から、振とうによる減水量を算出した。以上の手順を 0, 30, 60, 90, 120, 150 秒間実施した。測定には 3 品種を 1 個体ずつ供試し、試験者 3 名で各個体を 1 個体ずつ同一のタイミングで振とうした。

2018 年 8 月 27・28 日に、市販の野菜水切り器を用いて、新鮮水稻根について、脱水時間と脱水後の根水切り量との関係を明らかにしようとした。野菜水切り器は、内バスケットが直径 22 cm, 深さ 13.3 cm であり、大型の根も問題なく入る大きさであり、価格も 2,312 円 (Amazon.ne.jp, 2019 年 2 月 19 日) と比較的低価格で購入しやすい「パール金属 サラダスピナー マイティ C-66」を選択した。規定時間脱水した後に新鮮水稻根重を記録し、脱水前と後の新鮮水稻根重の差から、



第3図 新鮮水稻根の水切り手順の4候補.

脱水による減水量を算出した。以上の手順を 0, 30, 60, 70 秒間実施した。測定には 3 品種を 1 個体ずつ供試し、試験者 3 名で各個体を 1 個体ずつ同一のタイミングで脱水した。測定結果より、野菜水切り器の適切な脱水 (回転) 速度ならびに脱水時間 (根新鮮重がこれ以上減少しない脱水時間) として、脱水速度を 1 回転/秒に、脱水時間を 60 秒間に決定した。この脱水速度・時間をもって、後述する 4 つの各測定法 (T1 ~ T4) に対して、同一個体の日本晴を 60 秒間脱水後に繰り返し 3 回ずつ供試し、反復 3 の試験とした。野菜水切り器に新鮮水稻根を入れる際に蓋で密閉する必要があったため、試験実施直前に茎葉部と根とを切り離れた。野菜水切り器を用いた測定法として以下の 4 つの測定法を考案し、新鮮水稻根重の変化について比較検証した。

候補手順 1 (T1) (第3図)

1. 新鮮水稻根の全体を 10 秒間水に浸した。
2. 根を水面から取出し、軽く手でしぼったのち、新鮮水稻根重を測定した。
3. 新鮮水稻根を野菜水切り器内バスケット側面に沿わせるように広げて入れ、1 回転/秒の速度で脱水を開始した。
4. 回転開始後 10 秒でいったん回転を停止し、野菜水切り器の底面にたまった水を、蓋部の排水溝から排水した。
5. 1 回転/秒の速度で回転を再開し、50 秒間回転を続けた。
6. 回転を停止し、野菜水切り器から新鮮水稻根を取出し、新鮮水稻根重を測定した。

候補手順 2 (T2) (第 3 図)

1. 10 秒間根全体を水に浸した。
2. 根を水面から取出し、軽く手でしぼったのち、新鮮水稻根重を測定した。
3. 新鮮水稻根を野菜水切り器内バスケット側面に沿わせるように広げて入れ、1 回転/秒の速度で脱水を開始した。
4. 回転開始から 60 秒後に停止し、野菜水切り器から新鮮水稻根を取出し、新鮮水稻根重を測定した。

候補手順 3 (T3) (第 3 図)

1. 新鮮水稻根の全体を 10 秒間水に浸し、水面から取出してすぐに新鮮水稻根重を測定した。
2. 新鮮水稻根を野菜水切り器内バスケット側面に沿わせるように広げて入れ、1 回転/秒の速度で脱水を開始した。
3. 回転開始後 10 秒でいったん回転を停止し、野菜水切り器の底面にたまった水を、蓋部の排水溝から排水した。
4. 1 回転/秒の速度で脱水を再開し、50 秒間回転を続けた。
5. 回転を停止し、野菜水切り器から新鮮水稻根を取出し、新鮮水稻根重を測定した。

候補手順 4 (T4) (第 3 図)

1. 新鮮水稻根の全体を 10 秒間水に浸し、水面から取出してすぐに新鮮水稻根重を測定した。
2. 新鮮水稻根を野菜水切り器内バスケット側面に沿わせるように広げて入れ、1 回転/秒の速度で脱水を開始した。
3. 回転開始から 60 秒後に停止し、野菜水切り器から新鮮水稻根を取出し、新鮮水稻根重を測定した。

各処理における脱水開始前と 60 秒間脱水終了後との新鮮水稻根重の差は、Microsoft EXCEL 2010 を使用し、t 検定を用いて有意差検定した。

2. 提案法の有効性検証実験

(1) 栽培条件

茎葉ならびに根系の発育程度の異なる KDML105, Swarna (indica) ならびに日本晴 (japonica) の計 3 水稻品種を供試し、酪農学園大学の温室で以下栽培試験を実施した。2019 年 4 月 27 日に育苗トレイに播種し、5 月 24 日に砂質土を充てんした 1/5000 a ワグネルポットへ移植した。活着を確認後、6 月 7 日から間断灌水を開始した。すなわち常時湛水区 (対照区) ならびに 3 処理区を設け、3 処理区はそれぞれ土壌の水ポテンシャル (pF メータで測定) が -20 kPa, -40 kPa, -70 kPa

到達時に再灌水した。8 月 2 日に、全個体の茎葉部を地際約 2.0 cm からハサミを用いて刈取り、もっとも茎葉部生育が盛んであった KDML105 の茎葉部新鮮重を測定した。全 72 個体の根系は、8 月 2 日から 8 月 3 日の 2 日間でシャワーホースを用いてサンプリングした。

(2) 提案法に基づく脱水手順

2019 年 8 月 3 日に、全 72 個体の新鮮水稻根重を以下の方法で測定した (第 5, 6 図)。実験 1 と同じ野菜水切り器を用い、以下の手順で新鮮水稻根を脱水した。測定人数は 3 名で、各自が実験 1 と同じ野菜水切り器を 1 台ずつ用いた。

提案法に基づく脱水手順 (第 5, 6 図)

1. 乾燥を防ぐ目的で、測定前の新鮮水稻根全体をあらかじめ水につけておいた。
2. 水から取り出した新鮮水稻根を野菜水切り器内バスケット側面に沿わせるように広げて入れ、1 回転/秒の速度で脱水を開始した (第 6 図 a, b, c)。
3. 回転開始後 10 秒でいったん回転を停止し、野菜水切り器の底面にたまった水を、蓋部の排水溝から排水した (第 6 図 d)。
4. 1 回転/秒の速度で脱水を再開し、50 秒間回転を続けた (第 6 図 e)。
5. 回転を停止し、野菜水切り器から新鮮水稻根を取出した (第 6 図 f)。

(3) 提案法を用いた根新鮮重の測定評価

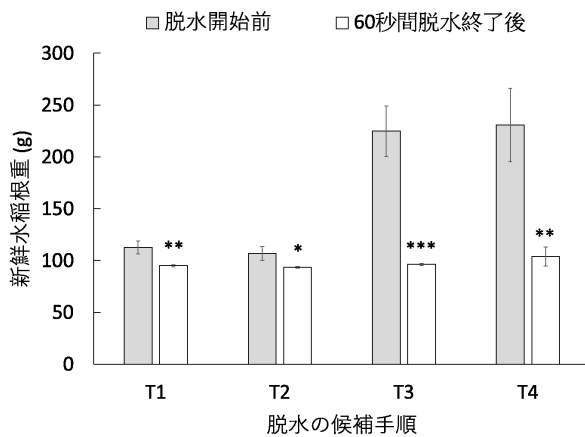
根のサイズが大きいほど均一な脱水が困難になるため、より大きな新鮮水稻根を脱水できれば提案法の有効性を示すことができると考えた。3 品種の中でもっとも根系のサイズが大きかった KDML105 の新鮮水稻根重を提案法による脱水後に測定し、常時湛水区との差を Dunnett 検定を用いて有意差検定した。

結果

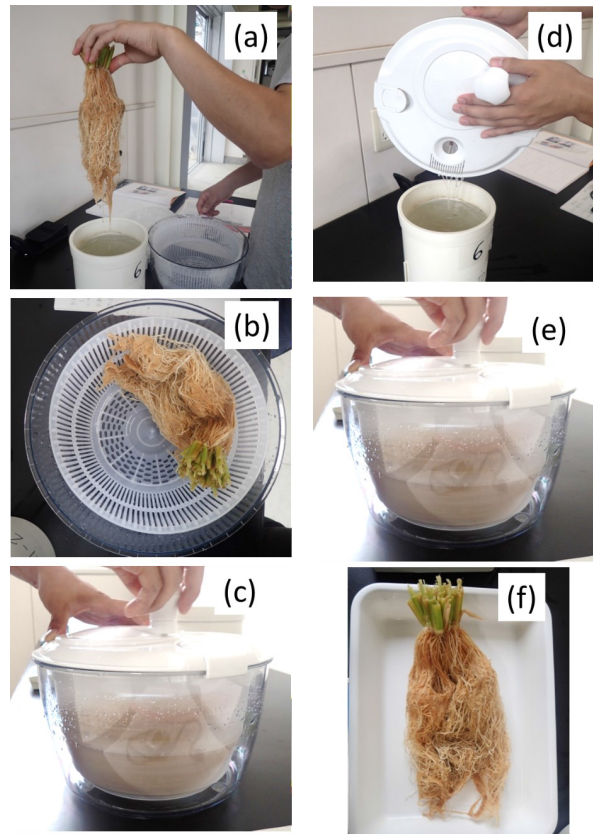
1. 提案法の条件検討結果

ネット振とう時間とネット振とう後の減水量との関係を見ると、いずれの品種も 90 秒で減水量がおおよそ頭打ちとなり (第 2 図 a)、90 秒間のネット振とう後には、根系から水がしたり落ちることなく脱水されていた。一方で 60 秒以上の手動振とうは測定者の肉体的負担が極めて大きかった。

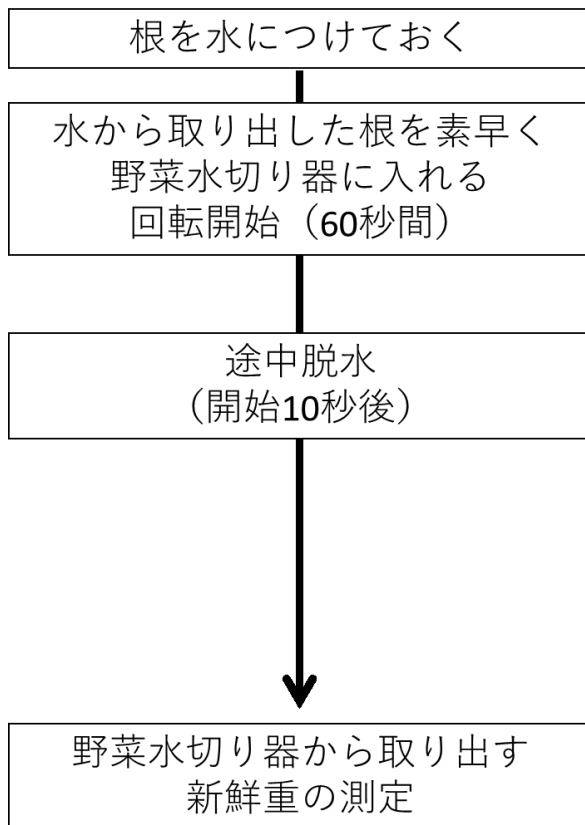
野菜水切り器による脱水時間と脱水後の減水量との関係を見ると、1 回転/秒の回転速度により、いずれの品種も 60 秒の脱水で減水量が頭打ちとなった (第 2 図 b)。脱水後には、根系から水がしたり落ちること



第4図 異なる脱水手順が新鮮水稲根重に与える影響。脱水の候補手順 T1 ~ T4 は第3図 T1 ~ T4 と対応する。T1 ~ T4 の脱水には共通して日本晴の同一個体を用いた。図中の*, **, *** は t 検定により、各処理区において脱水開始前と比較して 5%, 1%, 0.1% 水準で有意差があることを示す。図中のバーは標準偏差を示す (n = 3)。



第6図 本研究で提案する新鮮水稲根重の測定手順。脱水手順は第5図の候補手順3と対応する。全体を水にひたしておいた根系を取り出す (a)、水から取り出した根を素早く野菜水切り器に入れる。この際に根は野菜水切り器側面に広げるようにセットする (b)、1回転/秒で10秒間回転させる (c)、回転開始から10秒後に、底面に溜まった水を排水する (d)、1回転/秒で50秒間回転させる (e)、脱水完了した状態の根系 (f)。



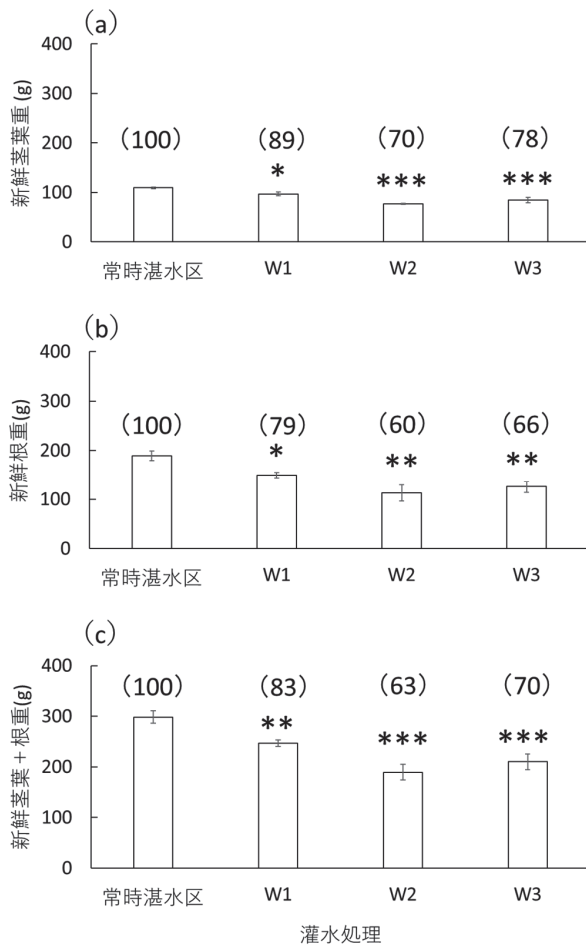
第5図 本研究で提案する新鮮水稲根の脱水手順。脱水手順は第5図の候補手順3と対応する。

となく脱水されていた。野菜水切り器を用いた候補手順1から4(第3図)の脱水効果についてみると、いずれの処理区においても脱水開始前に比べて60秒間脱水終了後に新鮮水稲根重が有意に減少した(第4図)。

一方で、候補手順4(第3図)のみ3回中1回の測定において、60秒間脱水終了後の野菜水切り器水位が内バスケット底部を超え、内バスケット内の新鮮根に接触した。60秒間脱水終了後の新鮮水稲根重を比較すると、処理間に有意差こそみられなかったものの、候補手順4(第3図)の新鮮重ばらつきは他の処理区に比べて顕著に大きかった(第4図)。内バスケット内の新鮮根に脱水された水が接触しなかった場合、60秒間脱水終了後には、根系から水がしたり落ちることなく脱水されていた。

2. 提案法の有効性検証結果

いずれの個体も、内バスケット内の新鮮根に脱水された水は接触しなかった。計72個体の水稲根の脱水には、測定者3名で計108分かかった。KDML105の莖葉ならびに新鮮水稲根重は、常時湛水区に対し、すべての間断灌水処理区で有意に低下した(第7図)。



第7図 灌水処理がKDML105の茎葉・根新鮮重に及ぼす影響。新鮮茎葉重 (a), 新鮮根重 (b), 新鮮茎葉 + 根重 (c)。W1 ~ W3 はそれぞれ再灌水時の水ポテンシャル -20, -40, -70 kPa を示す。括弧内の数値は W0 を 100 としたときの各処理区の相対値を示す。図中の *, **, *** は Dunnett 検定で W0 を対照区としたときにそれぞれ 5%, 1%, 0.1% 水準で有意差が存在することを示す。図中のバーは標準偏差を示す (n = 3)。

4. 考察

1. 野菜水切り器を用いた根新鮮重簡易測定の手順

市販の水切りネットを用いた手動振とう結果より、一定時間の脱水によって新鮮水稻根重を定量的に評価できることが明らかとなった (第2図a)。一方で、手動の振とうは試験者にとっての身体的負担が極めて大きく、振とう速度にも個人差が発生しやすいため、サンプル数が増えた場合は測定誤差がさらに大きくなることが予想された。以上から、新鮮水稻根の脱水に市販の水切りネットを用いる方法は最善ではないと考えた。

野菜水切り器を用いた根の脱水試験では、手動振とう結果と同様に、一定時間の脱水によって新鮮水稻根

重を定量的に評価できることが明らかとなった (第2図b)。野菜水切り器を用いた場合、いずれの回転速度であっても身体的負担はほぼ生じない一方で、早すぎても遅すぎても一定速度を維持することが困難であった。1回転/秒の回転速度は測定者にとって遵守しやすく、かつ同速度60秒間の脱水によって新鮮水稻根重がいずれの品種も頭打ちとなったため (第2図b)、「60秒間1回転/秒の回転速度で脱水する」ことを測定の基本指針と定めた。

この基本指針を守った上で、いずれの候補手順によっても新鮮水稻根が確実に脱水され、かつどの候補手順を用いても新鮮水稻根重を同様に評価できることが明らかとなった (第3, 4図)。しかし、脱水開始から終了まで一度も排水しない候補手順4では、60秒間の脱水で生じた水が新鮮水稻根に接触する危険性が生じた。手順法の検討試験に供試した日本晴 (japonica) は他の水稻品種に比べて特別大きな根系サイズではないため、日本晴に比べて大型な根系に候補手順4を用いた場合、脱水された水が野菜水切り器の底に溜まって根に接触する可能性はより高まると考えられる。よって候補手順4は候補から除外することが望ましいと判断した。候補手順1から3では、新鮮水稻根重に有意差は認められず、かつ値のバラツキも問題にならない程度であったため、いずれの方法であっても簡易脱水法として採用可能と考えられた。その一方で、候補手順1および2で実施した「脱水開始前に手で根をしぼる」という手順は、しぼる力に個人差が生じやすく、根を傷めるリスクを生じさせることも心配される。すなわちこの手順を含む候補手順1および2は候補から除外することが望ましいと判断した。よって、今回の検証結果から、もっとも正確に新鮮水稻根重を測ることのできる手順は候補手順3であると考えた (第5, 6図)。

2. 提案法の有効性

提案法の有効性について、1) 低価格で用意できるか、2) 比較的体にかかる負担が少なく、測定誤差が発生しにくいのか、3) 提案法は実用に適するか、の3点に着目して検証した。まず1)の検証結果について考察する。今回使用した野菜水切り器が、定政ら (2019, 2020) の洗濯機を使う方法と比べて極めて安価であり、1回転/秒の回転速度であれば少なくとも提案方法を約50回試行しても問題なく使い続けることができた。耐久性と価格の面から考えて、1)の条件を満たすと考えた。続いて2)の検証結果について考察する。本実験で用いた野菜水切り器はハンドルの摩擦抵抗が極めて小さいため、試験者の体力の程度に関わらず、意識して回転速度をコントロールすることができた。今回のよう

に1回転/秒の回転速度に定めた場合は、メトロノームのようにリズムを刻むものがあればより回転速度を合わせやすいと考えられる。根洗いならびに根長測定に比べ、1回転/秒の速度で野菜水切り器を回転させるだけの提案法は、初心者にとっても測定が容易であった。本試験の測定者は3名のうち1名が補助員であり初めての参加となったが、トラブル等もなくスムーズに測定法による水稻新鮮根の脱水が進んだ。計3台を用いて3名同時進行で脱水を進め、全72個体の根新鮮重測定を108分間で、すなわち1個体あたり1.5分で脱水できた。これらの結果・考察より、提案法は初心者でも簡単に、また測定効率を上げることが容易な根新鮮重測定方法であると判断し、2)の条件を満たすと考えた。最後に3)の検証結果について考察する。根新鮮重の測定結果より、間断灌水処理が茎葉部ならびに根系の新鮮重に与える影響を定量的に評価することができた(第4, 7図)。土壌の乾湿によって水稻根の根長や根乾物重が変動することはこれまでに複数報告されており(Niones et al., 2015; Suralta et al., 2018), 本提案法によって、新鮮水稻根も同様の傾向がみられることが示された。大型な根系ほど根系全体からの均一な脱水は困難になるが、そのような根系に対しても有効な提案法であるかを検証するため、実験2には日本晴に比べて根系が顕著に大型なKDML105を用いた(Kameoka et al., 2015; Kameoka et al., 2016)。提案法によって脱水されたKDML105の根系は、根系から水滴がしたり落ちず、ポット内での根系の発育の様子を再現できるくらいに脱水できていた。また、実験1の候補手順4で見られたような、脱水された水が野菜水切り器の底に溜まって根に接触する、という事態は生じなかった。以上より、簡易の脱水法として、3)の条件も満たすと考えられた。

さらに、提案手法を用いて得られた結果によって、新鮮水稻根重の測定意義も明らかとなった。ポット栽培試験において、個々のポットにおける土壌水分条件を定量的に評価するには、「土壌中の水の重さ」を求める必要がある。本研究において、新鮮水稻根重は土壌水分条件の変化によって顕著に変化し、さらにいずれの土壌水分条件下においても、新鮮水稻根重の絶対値が新鮮茎葉重を上回った。この結果から、「土壌中の水の重さ」を正確に求めるうえで新鮮水稻根重の存在を決して無視できない可能性が示された。また、先行研究で報告される根乾物重の値(Niones et al., 2015)に比べて本研究で得られた根新鮮重の値は極めて大きかった。新鮮水稻根重は土壌水分量の定量化だけでなく、根の保水力を考察する上でも役立つことが期待される。

本研究によって、低価格で用意できて、測定誤差が

生じにくく、比較的体にかかる負担も少ないような、新鮮水稻根の簡易脱水法を提案できた。「根の表面に水がついた状態の根系」から、提案法を用いて表面水を適切に脱水することで、「保水状態の根系の新鮮重」を求めることができたと考えられる。今後は提案法で求められる水稻新鮮根の絶対値の信頼性について検証を進める予定である。

謝辞

本研究は日本学術振興会(JSPS) 科研費17K15218(2017年度若手研究(B)「イネ根の吸水能改善に関する研究: 節水栽培における生産安定性の向上を目指して」)を受けたものです。杉野巧真氏(2018年当時酪農学園大学4年生)、林諒太郎氏(2018年当時酪農学園大学4年生)、船越太貴氏(2019年当時酪農学園大学4年生)には測定調査にご協力いただきました。ここに記して感謝の意を伝えます。

引用文献

- Kameoka, E., Suralta, R. R., Mitsuya, S., Yamauchi, A. 2015. Matching the expression of root plasticity with soil moisture availability maximizes production of rice plants grown in an experimental sloping bed having soil moisture gradients. *Plant Prod. Sci.* 18: 267-276.
- Kameoka, E., Suralta, R. R., Mitsuya, S., Yamauchi, A. 2016. Developmental plasticity of rice root system grown under mild drought stress condition with shallow soil depth; Comparison between nodal and lateral roots. *Plant Prod. Sci.* 19: 411-419.
- 河野恭広, 山内章, 川村則夫, 野々山利博, 巽二郎, 稲垣憲孝 1987. 夏作イネ科作物の耐湿性・耐旱性程度に関する種間比較. *日作紀* 56: 115-129.
- 河野恭広, 山内章, 野々山利博, 巽二郎 1988. 発根能力からみた真作イネ科作物の湛水条件における生育反応の比較. *日作紀* 57: 321-331.
- Nguyen, N. T. A., Van Pham, C., Nguyen, D. T. N., Mochizuki, T. 2015. Genotypic variation in morphological and physiological characteristics of rice (*Oryza sativa* L.) under aerobic conditions. *Plant Prod. Sci.* 18: 501-513.
- Niones, J. M., Inukai, Y., Suralta, R. R., Yamauchi, A. 2015. QTL associated with lateral root plasticity in response to soil moisture fluctuation stress in rice. *Plant Soil* 391: 63-75.
- Pang, Z., Zhao, Y., Xu, P., Yu, D. 2020. Microbial diversity of upland rice roots and their influence on rice growth and drought tolerance. *Microorganisms*. 8: 1-18.
- Pardales, J. R., Banoc, D. M., Yamauchi, A., Iijima, M., Celia, Esquibel, B. 2000. The effect of fluctuations of soil moisture on root development during the establishment phase of sweetpotato. *Plant Prod. Sci.* 3: 134-139.
- 定政哲雄, 中野明正, 佐藤信仁, 安藤郁奈 2019. スプレーポニクにおけるトマト‘華小町’の台木による多収化と根の特徴. *根の研究* 28: 43-48.

- 定政哲雄, 山浦寛子, 中野明正, 安藤郁奈, 佐藤信仁 2020. 接ぎ木したトマト‘華小町’の部位別ミネラル含有量の特徴と生産性との関係. 根の研究 29: 77-83.
- Siopongco, J. D. L. C., Sekiya, K., Yamauchi, A., Egdane, J., Ismail, A. M., Wade, L. J. 2008. Stomatal responses in rainfed lowland rice to partial soil drying: evidence for root signals. Plant Prod. Sci. 11: 28-41.
- Suralta, R. R., Niones, J. M., Kano-Nakata, M., Tran, T. T., Mitsuya, S., Yamauchi, A. 2018. Plasticity in nodal root elongation through the hardpan triggered by rewatering during soil moisture fluctuation stress in rice. Sci. Rep. 8, 1-11.
- Tran, T. T., Kano-nakata, M., Suralta, R. R., Menge, D., Mitsuya, S., Inukai, Y., Yamauchi, A. 2015. Root plasticity and its functional roles were triggered by water deficit but not by the resulting changes in the forms of soil N in rice. Plant Soil 386: 65-76.
- Zhang, X., Zhou, S., Fu, Y., Su, Z., Wang, X., Sun, C. 2006. Identification of a drought tolerant introgression line derived from Dongxiang common wild rice (*O. rufipogon* Griff.). Plant Mol. Biol. 62: 247-259.
- Zheng, M., Tao, Y., Hussain, S., Jiang, Q., Peng, S., Huang, J., Cui, K., Nie, L. 2016. Seed priming in dry direct-seeded rice: consequences for emergence, seedling growth and associated metabolic events under drought stress. Plant Growth Regul. 78: 167-178.