

苗の引き抜き抵抗を利用したキャベツセル成型苗の発根力評価

吉岡 宏¹・清水恵美子^{1*}・福岡信之²・藤原隆広¹・佐藤文生¹¹野菜・茶業試験場 514-2392 三重県安芸郡安濃町²石川県砂丘地農業試験場 929-1126 石川県河北郡宇ノ気町

Evaluation of Rooting Ability in Cabbage Plug Seedlings by Drag Resistance (Resistance to Uprooting)

Hiroshi Yoshioka¹, Emiko Shimizu^{1*}, Nobuyuki Fukuoka², Takahiro Fujiwara¹ and Fumio Sato¹¹National Research Institute of Vegetable, Ornamental Plants and Tea, Ano, Mie 514-2392²Ishikawa Sand Dune Agricultural Experimental Station, Unoke, Ishikawa 929-1126

Summary

The drag resistance (resistance to uprooting) of seedlings after transplanting was measured with a pull gauge for evaluating the rooting ability of cabbage plug seedlings.

A high coefficient of correlation, r , exists between the increase in root weight and the drag resistance of seedlings made within eight days of transplanting. The same tendency was observed between the quantity of new roots growing out from rootball. The drag resistance of seedlings decreased conspicuously when plug seedlings were placed in the dark after transplanting. The drag resistance was not affected by uprooting speed of the seedlings. By subtracting the drag resistance of seedlings just after transplanting from the experimental values, the effect of particle size in the soil media could be excluded. Differences in rooting ability could be measured more accurately by laying a plastic sheet under the rootball at the transplanting time.

As a result of this study, rooting ability of plug seedlings could be evaluated by measuring drag resistance of seedlings within eight days after transplanting.

Key Words: cabbage, plug seedling, drag resistance, rooting ability, evaluation method.

緒 言

セル成型苗による苗の大量生産方式は、育苗管理の省力化と定植作業の機械化が可能なることから、葉菜類を中心に近年急速に普及しつつある。しかし、セル成型苗は少量の培養土で、かつ、高密度の育苗となるため、養水分の供給能低下や根域制限に起因するストレスを受けやすく、また、相互被陰が早期に誘起されることから、苗質の低下が問題となりやすい(佐藤, 1997)。特に、過度の根鉢形成や相互被陰は根の機能低下を導き、定植後の活着遅延を引き起こす(福岡ら, 1996 a, 1996 b; Kratky ら, 1982; Weston・Zandstra, 1986; Weston, 1988)。そのため、セル成型苗の苗質を正確に評価することは、育苗管理の改善や定植後の効率的な物質生産を図るうえで意義があると考えられる。しかし、セル成型苗の苗質に関しては、現在のところ、草丈、葉数等の地上部形質や、T/R 比、根鉢形成程度などの機械定植を前提と

した移植機への適応性を基準とした苗の形態的な評価が主体であったと言える(菅沼・岩瀬, 1993; 塚田ら, 1989)。

これまでは、野菜苗の苗質評価基準として、主としてトマトなどの果菜類を対象に、葉重/莖重比、体内成分、養分吸収力、定植後の発根力などが示されてきた(藤井・伊東, 1963; 景山・巽, 1963; 巽・景山, 1964)。なかでも、定植後の発根力は活着の良否を左右する重要な苗質評価基準の一つで、定植後の根の生長量や根系の分布状況として表すことができる(楼・加藤, 1987)。しかし、その調査方法では根の掘り取り、洗浄等に多くの労力を必要とする。この点について、福岡ら(1996 a, 1996 b)は、定植後におけるセル成型苗の引っ張り試験機による引き抜き抵抗値が根重増加量や根系分布と密接に関係していることを見出し、発根力の評価法として活用できることを指摘している。しかし、定植後に新たに伸長した根量と引き抜き抵抗値との関係、測定条件と測定値の変動など、詳細な検討は行われていない。

そこで、本研究では、セル成型苗の定植後の引き抜き抵抗値が苗の発根力を評価する手法になることを実証し、

1997年6月27日 受付. 1997年9月12日 受理.

*現在: エヌ・エス環境科学コンサルタント株式会社

本報告の一部は平成7年度園芸学会秋季大会で発表した。

同法を苗の発根力の簡易評価法として確立するために、定植後の根重の変化量と引き抜き抵抗値との関係および引き抜き抵抗値に影響を及ぼす諸条件について調査した。また、機動性に富んだ引き抜き抵抗の測定法を確立するため、簡易な機器による引き抜き抵抗の手動測定についても検討した。

材料および方法

すべての実験には、材料としてキャベツ‘松波’を供試した。128穴セルトレイに1穴2粒ずつ播種し、播種後7日目に1穴1株に間引きした。培養土には市販の育苗培養土（ヤンマー野菜養土）を用い、播種10日目より園試処方標準培養液の1/5濃度液を適宜灌水した。播種後3葉期前後までセルトレイで育苗した後、野菜園芸培養土（クレハ園芸培土）を詰めた5号の素焼鉢に定植した。引き抜き抵抗値の測定は5号鉢に定植後に行った。なお、測定株数は各区10株とした。

1. 定植後の発根量と引き抜き抵抗値との関係

1) 根重増加量 (実験1)

1995年1月9日に播種し、2月14日に3.2葉期の苗を5号の素焼鉢に定植した。定植後2日目から2日間隔で計5回、苗の引き抜き抵抗を測定した。苗の引き抜き抵抗は万能引っ張り試験機（島津オートグラフ、IM-1000型）を用いて測定した。万能引っ張り試験機のロードセルは最大荷重5kgfのものを用い、クロスヘッドの垂直移動速度を $12\text{ cm} \cdot \text{min}^{-1}$ に設定した。測定手順としては、地際から1cmの高さで茎をクロスヘッドに固定したクリップに挟み、垂直方向に引き上げた際の最大抵抗値（実測値）を求め、実測値から定植直後の引き抜き抵抗値（補正值）を差し引き、発根による引き抜き抵抗値を算出した。測定前に鉢土に十分灌水し、土壤水分条件を均一にするように努めた。また、引き抜き抵抗の測定の際に根重（乾物重）を調査し、各測定時の根重から定植時の根重を差し引き、定植後の根重増加量を求めた。

2) 根鉢からの新根発生量 (実験2)

1995年5月8日に播種し、6月6日に3.0葉期の苗を5号の素焼鉢に定植した。定植後2日目から2日間隔で計5回、根鉢からの新根発生量と引き抜き抵抗値を測定した。新根発生量は、定植時に調査予定株の根鉢に1.5mmメッシュの寒冷紗を巻き付け、寒冷紗から外に伸長した根の乾物重を測定して求めた。また、苗の引き抜き抵抗は実験1と同様に測定した。

2. 引き抜き抵抗の測定条件と精度

1) 定植後の光条件 (実験3)

1996年2月5日に播種し、3月12日に3.2葉期の苗を5号の素焼鉢に定植した。定植後、底部の穴を塞いだ

素焼鉢で苗を覆った暗黒区と無被覆区の2区を設けた。苗の引き抜き抵抗の測定は、定植後2日目から2日間隔で計4回行い、実験1と同様に測定した。

2) 苗の引き抜き速度 (実験4)

1995年1月31日に播種し、3月3日に2.2葉期の苗を5号の素焼鉢に定植した。苗の引き抜き速度は、 $2.5\text{ cm} \cdot \text{min}^{-1}$ 、 $12\text{ cm} \cdot \text{min}^{-1}$ および $34\text{ cm} \cdot \text{min}^{-1}$ の3段階とした。苗の引き抜き抵抗の測定には定植後5日目の苗を供試し、実験1と同様に測定した。

3) 定植用培養土の粒径 (実験5)

1995年5月1日に播種し、5月30日に3.0葉期の苗を5号の素焼鉢に定植した。異なる粒径の定植用培養土を得るため、クレハ園芸培土をふるいを用いて0.5mm未満、0.5mm以上1.0mm未満、および1.0mm以上の3段階に分けた。苗の引き抜き抵抗の測定には定植直後および定植後6日目の苗を供試し、実験1と同様に測定した。

4) 新根の伸長方向 (実験6)

1995年3月6日に播種し、4月10日に3.0葉期の苗を5号の素焼鉢に定植した。定植後に発生した新根が下方向に伸長することを防ぎ、横方向への伸長を促す目的で、定植時に根鉢の低面に $6.0 \times 6.0\text{ cm}$ のプラスチックのプレートを埋設した。苗の引き抜き抵抗の測定には定植後2日目および4日目の苗を供試し、実験1と同様に測定した。

3. 携帯型プッシュ・ブルゲージによる引き抜き抵抗の手動測定 (実験7)

1995年8月1日に播種し、9月1日に3.5葉期の苗を5号の素焼鉢に定植した。苗の引き抜き抵抗値の測定には、最大荷重2kgfのプッシュ・ブルゲージ（アイコー（株）製DIGITAL GAGE-9502B型）を用い、苗をクリップでゲージに固定した後、手でゲージを $30\text{ cm} \cdot \text{min}^{-1}$ 、 $60\text{ cm} \cdot \text{min}^{-1}$ および $100\text{ cm} \cdot \text{min}^{-1}$ の速度で垂直に引き上げた。苗の引き抜き抵抗の測定には定植後6日目の苗を供試し、引き上げた際に得られた最大抵抗値を苗の引き抜き抵抗値とした。また、対照として、万能引っ張り試験機を用い、引き抜き速度 $12\text{ cm} \cdot \text{min}^{-1}$ による苗の引き抜き抵抗を測定した。

結果および考察

1. 定植後の発根量と引き抜き抵抗値との関係

キャベツセル成型苗の定植後の引き抜き抵抗値は、定植後の日数が進むにつれて、ほぼ直線的に増加した（第1図）。一方、定植後の根重増加量と引き抜き抵抗値との間には、定植後8日目まで高い一次の正の相関関係（ $R^2=0.944$ ）が認められた（第2図）。しかし、定植後10日目になると、根重増加量に対する引き抜き抵抗値

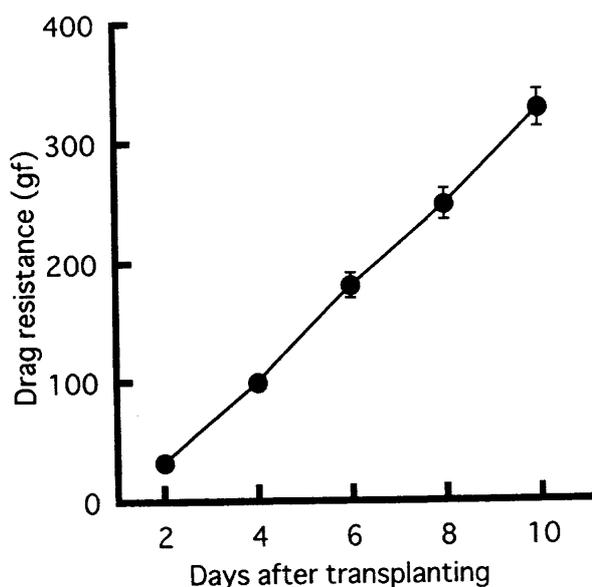


Fig. 1. Change in drag (uprooting) resistance of cabbage plug seedlings after transplanting. Vertical bars represent SE(n=10).

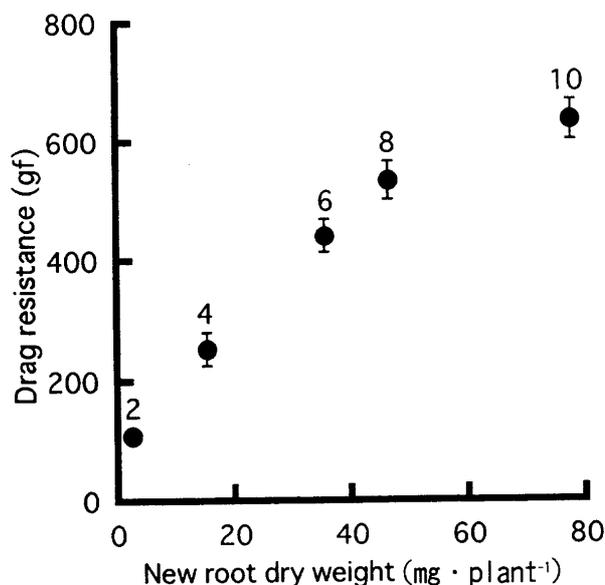


Fig. 3. Relationship between dry weight of new roots growing out from rootball and drag resistance of cabbage plug seedlings after transplanting. Numerals in the figure indicate the days after transplanting. Vertical bars represent SE (n=10).

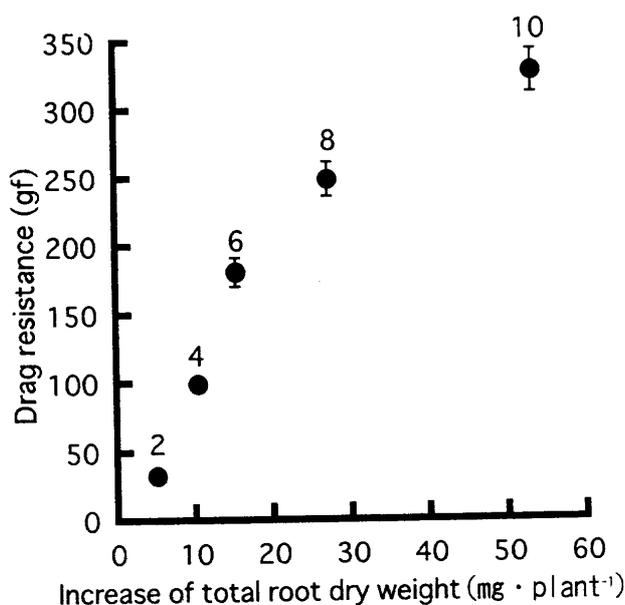


Fig. 2. Relationship between increase of total root dry weight and drag resistance of cabbage plug seedlings after transplanting. Numerals in the figure indicate the days after transplanting. Vertical bars represent SE (n=10).

の増加の割合は低くなった。

また、定植後の根鉢からの新根発生量と引き抜き抵抗値との関係についても、第2図と同様に、定植後8日目まで高い一次の正の相関関係 ($R^2=0.997$) が認められた(第3図)。しかし、根鉢を寒冷紗で包み込んで定植したために、根鉢と鉢土との間の摩擦抵抗が高まり、引き抜き抵抗値は大きくなった。

これまで、野菜苗の発根力の評価法としては、根部を切りとった苗を砂土に挿し、一定期間に発生した不定根

量で評価する方法(巽・景山, 1964)、定植後の根量、根数の増加程度や根群の発達状況で評価する方法(楼・加藤, 1987)などがとられてきた。一方、水稻苗では、発根力の指標として、根を切り取り水に挿した後、一定期間に発生した根の総根長(山本, 1951)や根量(田中ら, 1988)が採用されている。

ところで、セル成型苗は根鉢が形成された後、セルトレイから抜き取られ、そのまま定植される。そのため、セル成型苗においては、定植後の一定期間に増加した根量、より正確には、苗の根鉢から周囲の土壤に伸長した根量が発根力の指標になると考えられる。

本実験では、定植後8日目までは、定植後に増加した根量および根鉢から伸長した新根量と苗の引き抜き抵抗値との間に高い一次の正の相関関係が認められた。従って、定植後8日以内であれば、苗の引き抜き抵抗値でセル成型苗の定植後の根の増加量を推定し、発根力を評価することが可能であると考えられた。定植後10日目で、定植後の根重増加量および根鉢からの新根発生量に対する引き抜き抵抗値の増加の割合が低下したのは、新しい根鉢が形成されたためと考えられる。従って、このような段階では、苗の引き抜き抵抗値で発根量を正確に評価できないことを示している。なお、苗の引き抜き時に、根鉢が崩れ、形状が変化すると根鉢と土壤との間の摩擦抵抗が変化し、測定値が変動しやすくなる。そのため、根鉢が十分に形成され、苗の引き抜き時においても根鉢が崩れないことが本手法を適用する際の前提条件になる。楼・加藤(1987)は、発根力の大きな苗の特徴として、根量、根数の増加に加えて根群発達の旺盛なことを指摘

している。この点に関連して、福岡ら (1996 a, 1996 b) は、定植後4日目および8日目のキャベツセル成型苗で、大きな引き抜き抵抗値を示す苗は根群発達が旺盛であることを明らかにしている。このように、引き抜き抵抗値は根群発達の良否についても密接に関連した指標であり、セル成型苗の発根力の評価法として適した手法と考えられる。

2. 引き抜き抵抗の測定条件と精度

1) 定植後の光条件

苗の引き抜き抵抗値は、無被覆区の場合、第1図に示

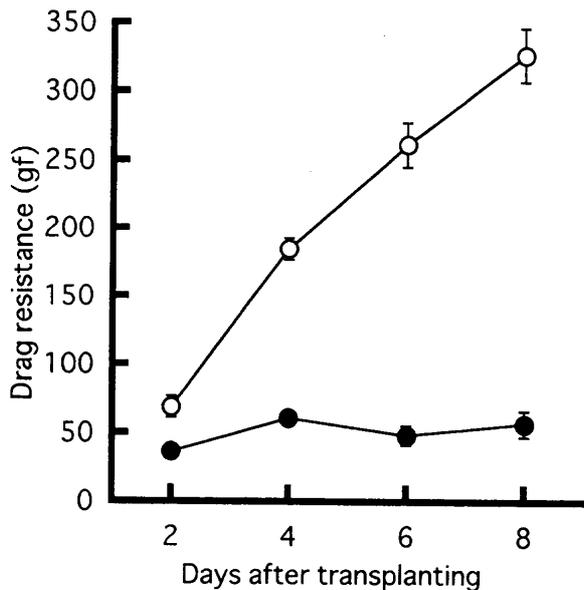


Fig. 4. Effects of dark treatment on drag resistance of cabbage plug seedlings after transplanting. (—○—): Control, (—●—): Dark treatment. Vertical bars represent SE (n=10).

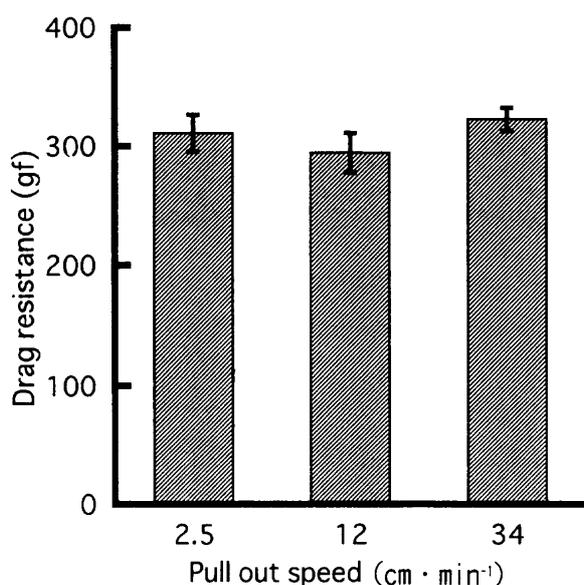


Fig. 5. Effects of pull out (uprooting) speed of seedlings on drag resistance of cabbage plug seedlings. Drag resistance was measured 5 days after transplanting. Vertical bars represent SE (n=10).

した結果と同様に、定植後の日数が進むにつれて、ほぼ直線的に増加した (第4図)。しかし、暗黒区では、引き抜き抵抗値が小さく、定植後2日目です対照区のほぼ半分で、その後も増加しなかった。

定植後の苗の発根は、苗の生理的要因 (福岡ら, 1996 a, 1996 b) に加えて、定植後の環境条件によって強く影響を受ける。特に、光条件は同化産物の生成と根への転流・分配に関与し、発根に大きな影響を及ぼす (吉岡・高橋, 1981)。本来、定植苗の素質は定植後に受ける要因の影響を排除した状態で評価される必要がある。しかし、苗の引き抜き抵抗値は定植後の光条件の影響を強く受けることが示されたことから、引き抜き抵抗値の測定に際しては試験区間で光条件を同一に保つ必要がある。

2) 苗の引き抜き速度

苗の引き抜き抵抗値は、引き抜き速度を $2.5 \sim 34 \text{ cm} \cdot \text{min}^{-1}$ の範囲で変化させても、引き抜き速度の影響は認められなかった (第5図)。また、後述するように、プッシュ・ブルゲージを用い、引き抜き速度を $100 \text{ cm} \cdot \text{min}^{-1}$ に高めても引き抜き抵抗値に違いは認められなかった (第8図)。このため、苗の引き抜き速度が $100 \text{ cm} \cdot \text{min}^{-1}$ 以内であれば引き抜き抵抗値に大きな影響を及ぼさないものとみられた。

3) 定植用培養土の粒径

苗の引き抜き抵抗値は、定植直後および定植6日後とも、土壌の粒径 0.5 mm 未満区が最も大きな値を示した (第6図)。しかし、定植6日後の引き抜き抵抗値 (実測値) から定植直後の引き抜き抵抗値 (補正值) を差し引いた値 (発根による引き抜き抵抗値) は、 0.5 mm 未満

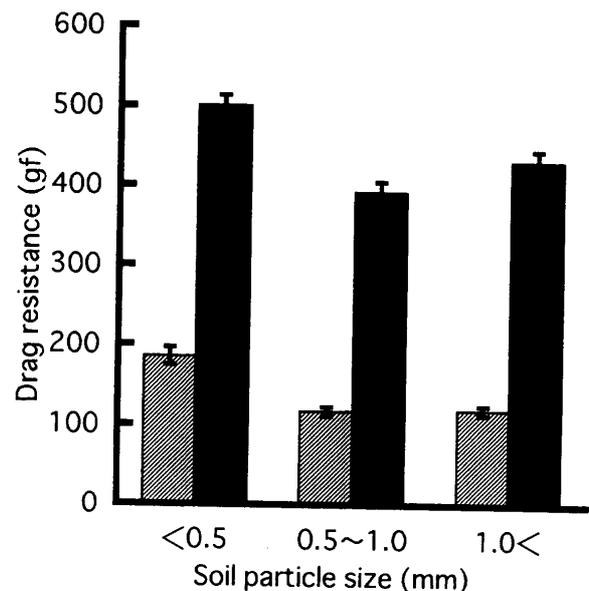


Fig. 6. Effects of soil particle size of transplanting media on drag resistance of cabbage plug seedlings. Drag resistance was measured at the time of transplanting (▨) and the 6 days (■) after transplanting. Vertical bars represent SE (n=10).

区, 0.5~1.0 mm 区, 1.0 mm 以上区のそれぞれが 302 gf, 275 gf, 294 gf で, 土壌の粒径による差が認められなかった。

このように, 定植用培養土(鉢土)の粒径が細かい場合には, 苗の引き抜き抵抗値は大きな値を示すが, これは, 灌水後に鉢土の土壌粒子が根鉢を圧縮し, 根鉢と鉢土壌との間の摩擦抵抗が増大するためと考えられた。従って, 定植用培養土の粒径の違いが引き抜き抵抗値に及ぼす影響を排除するためには, 定植後一定期間経過後の引き抜き抵抗値(実測値)から定植直後の引き抜き抵抗

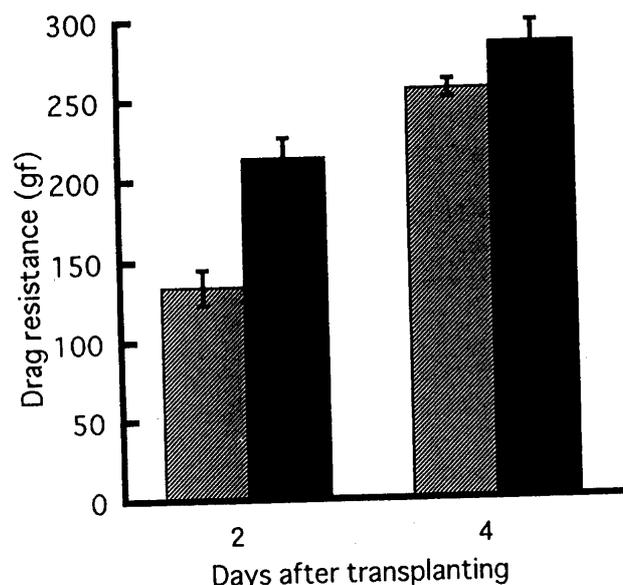


Fig. 7. Effects of laying plastic sheet under the rootball on drag resistance of cabbage plug seedlings. ▨ : Control, ■ : Underlaid with plastic sheet. Vertical bars represent SE (n=10).

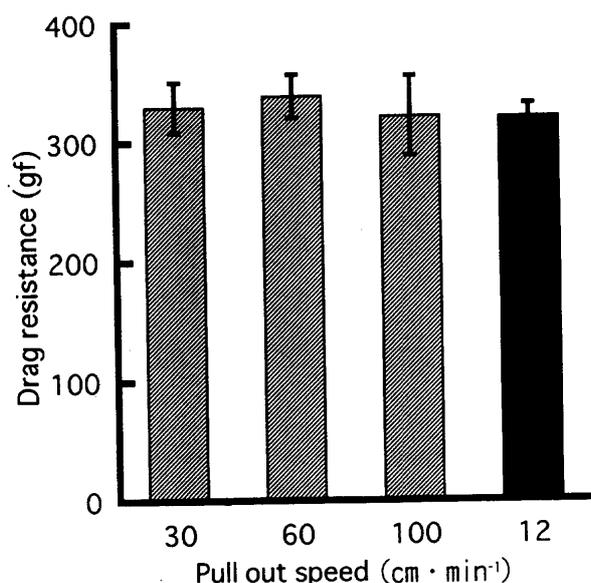


Fig. 8. Drag resistance of cabbage plug seedlings measured by a pull gauge at different pull out speeds. ▨ : manually, ■ : automatically, 6 days after transplanting. Vertical bars represent SE (n=10).

値(補正值)を差し引き, 発根による引き抜き抵抗値を算出することが必要と考えられる。

4) 新根の伸長方向

苗の引き抜き抵抗値は根鉢の直下へのプレート埋設によって高まり, 定植後2日目では, プレートを埋設しない区よりも約1.6倍大きくなった(第7図)。しかし, 定植後4日目になると, 区間の差は小さくなり, プレート埋設区は対照区の約1.1倍となった。

この結果は, プレートによって新根の下方方向への伸長が妨げられ, 横方向への伸長が促されて, 引き抜きに対する根の抵抗が高まったためと考えられる。従って, 定植苗が苗素質としてもっている発根力をより高精度に測定するには, プレートの埋設と短い発根期間(定植から測定までの期間)を組み合わせることが有効と考えられる。

3. 携帯型プッシュ・プルゲージによる引き抜き抵抗の手動測定

携帯型プッシュ・プルゲージによる引き抜き速度を30~100 cm·min⁻¹に変えても, 苗の引き抜き抵抗値に差が認められなかった(第8図)。また, プッシュ・プルゲージによる測定と万能引っ張り試験機による測定との間にも差は認められなかった。従って, セル成型苗の引き抜き抵抗値の測定には携帯型プッシュ・プルゲージの利用が簡易で, かつ有効な方法と考えられた。

摘 要

キャベツセル成型苗の苗質評価基準の一つとして, 定植後の苗の引き抜き抵抗値による発根力の評価方法を検討した。

1. 定植後のセル成型苗の根重増加量および新根発生量と引き抜き抵抗値との間には, 定植後8日目まで高い正の相関関係が認められた。

2. 定植後に苗を暗黒下に置くと, 苗の引き抜き抵抗値は著しく低下した。

3. 引き抜き抵抗値は苗の引き抜き速度の影響を受けなかった。

4. 定植用培養土の粒径の影響は, 調査時における引き抜き抵抗値から定植直後の測定値を差し引くことで除外できた。

5. 定植時に根鉢の直下にプラスチックのプレートを埋設し, 根を横方向に伸長させると, セル成型苗の発根力の差をより高精度に測定することができた。

6. 携帯型プッシュ・プルゲージを用いた引き抜き抵抗値の手動測定は簡易測定法として有効であった。

本研究の結果から, 定植後8日以内であれば, セル成型苗の発根力の評価が苗の引き抜き抵抗値の測定によって可能なことが明らかになった。

謝 辞 本研究の実施に当たり, 多大の御協力を頂い

た野菜・茶業試験場（現在：農業研究センター）石内伝治博士に心から感謝致します。

引用文献

- 藤井健雄・伊東 正. 1963. トマト育苗における“老化苗”に関する一考察. 農及園. 38:601-604.
- 福岡信之・吉岡 宏・清水恵美子・藤原隆広. 1996 a. キャベツ・ブロッコリーセル成型苗の根の呼吸活性と定植後の発根力との関係. 園学雑. 65:95-103.
- 福岡信之・吉岡 宏・清水恵美子・藤原隆広. 1996 b. 遮光下におけるキャベツセル成型苗の根の生理的变化と定植後の発根力との関係. 園学雑. 65:545-551.
- 景山美葵陽・巽 穰. 1963. 育苗に関する研究. I. トマト苗の素質について. 園試報 A. 2:107-143.
- Kratky, B. A., J. K. Wang and K. Kubojiri. 1982. Effects of container size, transplant size, and plant spacing on Chinese cabbage. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 107:345-347.
- 楼 恵寧・加藤 徹. 1987. ナス・ピーマンの育苗とその生産力に関する研究. 第4報. ナスにおける育苗期の土壌水分の影響. 生環調. 25:57-61.
- 佐藤文生. 1997. 葉菜類セル成型苗の生理生態特性. 農及園. 72:585-592.
- 菅沼健二・岩瀬博貞. 1993. キャベツセル成型苗における苗質と生育及び収量. 愛知農総試研報. 25:179-186.
- 田中尚道・丹下宗俊・津川兵衛. 1988. 土壌水分が水稻苗の素質におよぼす影響. 日作紀. 57:263-269.
- 巽 穰・景山美葵陽. 1964. 育苗に関する研究. II. トマト苗の素質について (2). 園試報 A. 3:133-159.
- 塚田元尚・下條 周・藤森基弘・大谷英夫. 1989. 野菜大量育苗のシステム化に関する研究. レタスの簡易大量育苗法. 長野野菜花き試研報. 5:25-38.
- Weston, L. A. and B. H. Zandstra. 1986. Effect of root container size and location of production on growth and yield of tomato transplants. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 111:498-501.
- Weston, L. A. 1988. Effect of flat cell size, transplant age, and production site on growth and yield of pepper transplants. HortScience 23:709-711.
- 山本健吾. 1951. 水稻の新根再生力に依る苗の素質検定. 農及園. 26:541-542.
- 吉岡 宏・高橋和彦. 1981. 果菜類における光合成産物の動態に関する研究. V. トマトにおける¹⁴C同化産物の昼夜間の転流割合と、転流・分配に及ぼす光・夜温の影響. 野菜試報 A. 9:63-81.