

平成22年4月26日現在

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2008～2009

課題番号：20780182

研究課題名（和文）キャベツの物理的性状の把握と形態形成プロセスの解明

研究課題名（英文）Mechanical characteristics and morphogenesis process of cabbage

研究代表者

福島 崇志 (TAKASHI FUKUSHIMA)

三重大学・大学院生物資源学研究科・助教

研究者番号：00452227

研究成果の概要（和文）：本研究は、湾曲するキャベツ苗の要因を明らかにするため、育苗期のキャベツセル成型苗を対象に耐倒伏性に関して材料力学理論を基に検討した。キャベツ苗では、自重による倒伏が育苗中期で生じやすいこと、また、育苗後期になるほど自重による苗倒伏の可能性が低くなることが明らかにされた。さらに、移植時期の苗形状が収穫時期の茎形状に概ね引き継がれる傾向が明らかになった。

研究成果の概要（英文）：The bending resistance of the cabbage plug seedling have been investigated in basis of the mechanical theory in order to clarify the cause of the bending cabbage stem. The cabbage seedling would be bent due to the weight of the cabbage leaf until the middle of the seedling stage and would not be bent easily after that. Additionally, it was revealed that the form of most seedlings was not varied during growing in the field.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,900,000	570,000	2,470,000
2009年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,900,000	870,000	3,770,000

研究分野：農業機械・作物力学

科研費の分科・細目：農業工学・農業環境工学

キーワード：キャベツ，セル成型苗，倒伏，曲げ剛性，たわみシミュレーション

1. 研究開始当初の背景

(1) キャベツは国内では馬鈴薯，大根に次ぐ作付面積を誇り我が国の主要な農産物である。近年のキャベツ栽培の動向の一つとして，大規模畑作経営での土地利用効率を向上するため，比較的短期間の栽培が可能なキャベツを導入することの有効性が報告されている。生産量も増えており，作業効率向上の

ため機械化栽培体系の整備も既に行われている。キャベツ栽培では一斉に収穫を行う場合において，収穫時の生育の斉一性が収穫物の上物率に影響する。これは株はりや玉の結球重の斉一性のみではなく，茎部の湾曲にも影響している。茎部の湾曲は，機械収穫には不向きな形態であり収穫ロスの大きな要因となっている。生育の斉一性に関しては，品

種、作型および栽培条件の違いによる影響が検討されてきたが、茎部の湾曲には触れておらず機械収穫との相互作用を検討する上では不十分である。平成6, 13年と緊プロ開発機としてキャベツ収穫機が開発されたが、既往の研究において、農家・普及員・農協職員の3分の1程度が満足していない結果となっている。その中で収穫ロスの低下を望む声がキャベツ収穫機の主要な改善点として取り上げられている。また、機械性能以外では栽培技術に関して「生育の斉一化」が最も重要な改善点に位置づけられている。

(2) 農業分野では、収穫対象作物と機械との力学的相互作用の解明が立ち遅れの状況にあり、農業機械の性能改善への対応は、未だに試作と実験の繰り返しによる試行錯誤的なものであり、移植・収穫精度にばらつきが生じている。その解決策として、生物・作物学と工学との連携により、対象となる作物の物理的性状に関する資料・情報の提供ならびに機械設計時に作物との力学的相互作用を理論的に解明することが必要である。

2. 研究の目的

本研究は、収穫機との相互作用において適切な収穫姿勢を保てず玉の損傷などのロスの原因となる茎部の湾曲に注目した。茎の湾曲の形成過程に関しては、詳しくは把握されていない現状にある。湾曲する茎の形成過程は幼苗期の軟弱な時期に内外の物理的作用（自重や雨風の影響）により倒伏した苗が、その後通常の成長を継続することで起こると考えられる。すなわち湾曲する茎の形成過程は倒伏という物理的作用に関する問題であり、作物苗の物理的性状を理解することが重要であると考えられる。作物収穫機は必ず対象作物と接触し作業を行い、そこには力学的な相互作用が生まれる。つまり機械性能向上のための設計開発には対象となる作物の物理的性状の把握が必要である。また、機械側からの視点に止まらず、収穫対象となる作物の斉一化を促進するため、育種技術が挙げられる。一様な収穫特性を有する機械収穫に合わせた品種改良もキャベツ栽培の発展に有効な手段である。そのために、多くの試行錯誤的な品種開発に頼らず、親となる品種の物理的性状を把握した上での品種改良は、作物育種の合理化に資するものである。

本研究では、キャベツを対象に作物の幼苗期に起こる茎の倒伏・湾曲に関する物理的性状の把握と、収穫期までの作物形態の形成過程を明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

(1) キャベツセル成型苗の倒伏に関する特性として梁などの曲げに対する硬さの指標

であり、かつ材料の幅、長さを踏まえた曲げ剛性の計測を行った。曲げ剛性の測定では3点支持試験を行い、材料が金属等と異なり大変形を起こすことから、大たわみ式を用いた数値計算により算出する方法を確立した(図1)。さらに、4品種のキャベツセル成型苗の曲げ剛性を含む物性値を経時的に測定し、キャベツセル成型苗の力学的特徴に関して調査した。

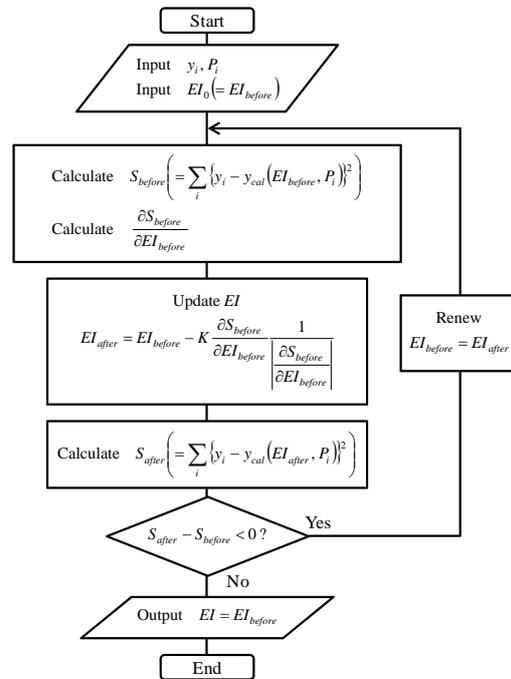


図1 曲げ剛性算出プログラムのフロー

(2) キャベツセル成型苗の倒伏に関して詳細に調査するため、苗の長さ、茎径、生体重および硬さの指標として曲げ剛性などの実測データを基に苗の自重によるたわみシミュレーションを行った。シミュレーションでは、育苗中期に苗胚軸部にモーメントを与えると考えられる第1本葉を考慮したモデルを構築した(図2)。

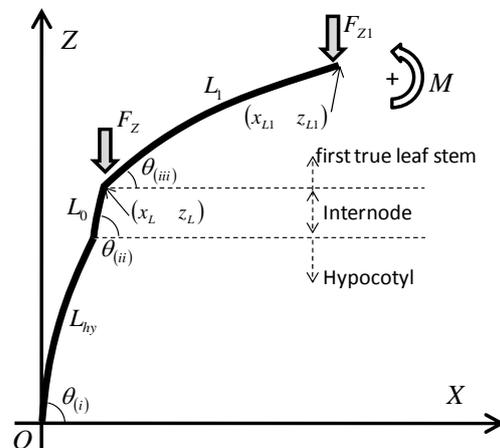


図2 倒伏シミュレーションモデル

4. 研究成果

(1) キャベツセル成型苗の力学パラメータ測定では、育苗期間において、曲げ剛性・地上部生体重は指数関数的に増加することが確認された。胚軸部の長さに関しては、発芽後 10 日からほとんど変化せずに、品種により長さに特性があることが確認された。また、セルトレイでの育苗が概ね 30 日ごろになると苗の根域が制限され、成長が鈍化することが確認された。

キャベツ苗の倒伏に関して、胚軸部の曲げ剛性と他のパラメータとの相関を調査した。その結果、曲げ剛性、胚軸径および地上部重との高い相関が確認された。ただし、理論上、胚軸径の 4 乗に比例するはずの曲げ剛性は、実際には 5-7 乗に比例することが確認された (図 3)。これは、曲げ剛性に含まれるヤング率は一般的に材料固有の定値であるのに対して、植物の場合、成長に従い変化するためである。

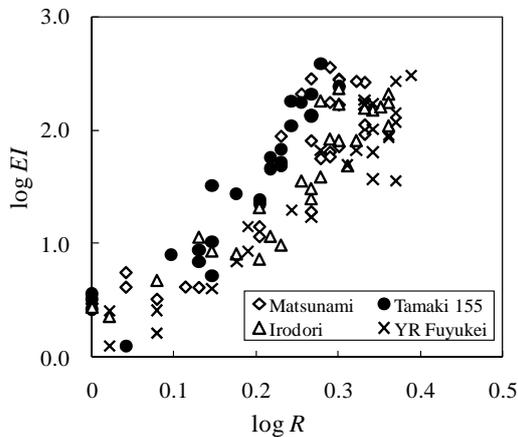


図 3 胚軸径と曲げ剛性の関係

(2) キャベツ苗の倒伏する要因を調査するため、苗の自重による倒伏性を検討するシミュレーションモデルを構築した (図 2)。シミュレーションでは、実際の苗の物性値計測から各種近似関数を用い、入力パラメータを算出しオリジナルプログラムに使用した。倒伏シミュレーションでは、育苗中期に苗が自重で倒伏する可能性が示唆された (図 4)。また、第 1 本葉重の影響が大きく、その後の成長では、各本葉重のバランスが図られ、倒伏しにくいことが示唆された。実験においても同様に、第 1 本葉側に倒伏する割合が多く確認された。

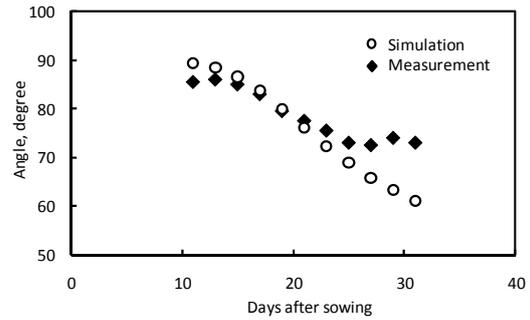


図 4 キャベツ苗の倒伏傾向

キャベツセル成型苗の曲げに関する硬さは、胚軸径により測定することが可能である。胚軸径は測定が容易に行えるため、材料の特性を把握しやすくなった。ただし、曲げ剛性に対する比例定数の決定には、更なる調査が必要であり、簡易に得られる形態パラメータの選定が望まれる。苗の倒伏および形態形成においては、品種で異なる形態パラメータを解析に導入し、従来ない作物指標として力学的特性を加味することで、栽培条件に見合う品種の選定のみならず、機械移植・収穫適応性を高める品種改良において作物育種の合理化にも資するものである。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕 (計 3 件)

- ① Fukushima T., K. Sato, H. Saito and S. Nakamura: Temporal Changes in the Shape and Mechanical Parameters of the Hypocotyl of Cabbage Plug Seedlings. Journal of the Japanese Society for Horticultura Science. 査読有. 79(2). 2010. In press.
- ② 福島崇志, 佐藤邦夫, 中村翔一, 斎藤裕樹: キャベツセル成型苗の隣接苗相互作用による倒伏シミュレーション. 農業機械学会関西支部報. 査読無. 107. 2010. 38-39.
- ③ Fukushima T. and Sato K.: Lodging of cabbage seedling due to its own weight. Biosystems Engineering. 査読有. Vol. 103 (4). 2009. 438 - 444.

〔学会発表〕 (計 8 件)

- ① 福島崇志, 佐藤邦夫, 斎藤裕樹, 中村翔一, 大井高志. 機械移植適応性を有するキャベツセル成型育苗方法の検討. 園芸学会 21 年度秋季大会. 2009 年 9 月 26 日. 秋田大学 (秋田).
- ② 福島崇志, 佐藤邦夫, 中村翔一, 斎藤裕樹. セルオートマトンによるキャベツセル成型苗の苗質評価. 農業環境工学関連

- 学会 2009 年合同大会. 2009 年 9 月 15 日. 東京大学 (東京).
- ③ 福島崇志, 佐藤邦夫, 中村翔一, 斉藤裕樹. キャベツセル成型苗の隣接苗相互作用による倒伏シミュレーション. 農業機械学会関西支部例会. 2009 年 8 月 21 日. 石川県立大学 (石川).
 - ④ 福島崇志. 作物形態の工学的シミュレーション. 農業機械学会関西支部例会. 2009 年 8 月 21 日. 石川県立大学 (石川).
 - ⑤ **Fukushima T. and Sato K: Lodging of cabbage seedling due to its own weight.** 2009 ASABE Annual International Meeting. 2009 年 6 月 22 日. Reno, Nevada (USA) .
 - ⑥ **Fukushima T., Sato K. and Yoshiaki H.: Mechanical consideration for lodging of Cabbage seeding. The 4th International Symposium on Machinery and Mechatronics for Agricultural and Biosystems Engineering.** 2008 年 5 月 27 日. Taiwan.
 - ⑦ 福島崇志, 佐藤邦夫, 加藤良明, 斉藤裕樹, 中村翔一. キャベツセル成型苗の力学的特性の把握と品種・セル容積の違いによる生長の差異. 農業機械学会関西支部例会. 2009 年 3 月 10 日. 京都大学 (京都).
 - ⑧ 福島崇志, 佐藤邦夫, 中村翔一, 斉藤裕樹, 加藤良明: 大たわみ式によるキャベツセル成型苗の倒伏シミュレーション. 農業機械学会関西支部例会. 2009 年 3 月 10 日. 京都大学 (京都).

6. 研究組織

(1) 研究代表者

福島 崇志 (TAKASHI FUKUSHIMA)
三重大学・大学院生物資源学研究科・助教
研究者番号: 00452227

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし