

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 4 月 20 日現在

機関番号：11301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2014

課題番号：24658015

研究課題名(和文) 倒伏しないスイートソルガム栽培へのアプローチとしての節間長パターン解明

研究課題名(英文) Elucidation of the internode length pattern for the establishment of sweet sorghum cultivation against lodging.

研究代表者

後藤 雄佐 (Goto, Yusuke)

東北大学・(連合)農学研究科(研究院)・准教授

研究者番号：80122919

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：スイートソルガムの茎収量増加と倒伏被害軽減とを目的とした栽培技術開発のため、各節間形質パターンと、生育や収量との関係を調べた。その結果、各節間形質パターンの中で、茎の成長過程を解析するには節間長パターンが有効で、さらに節間断面積パターンを併用すると収量に関連させて解析できることが明らかとなった。これらで解析すると、生育初期の追肥が、基部節間を肥大させ、収量性と耐倒伏性を増すと推察できた。

研究成果の概要(英文)：In sweet sorghum, in order to develop the cultivation technique for increment of stem yield and reduction of lodging damage, the relation between the pattern of internode characteristics and growth, stem yield was investigated. As a result, it was clear that the internode length pattern was the effective measure for analysis of stem growth process and the internode diameter pattern was correlated closely with the stem yield. Based on the analysis results using these patterns, it was suggested that the additional fertilizer in early growth stage should increase the diameter of basal internodes, resulting in the enhancement of the productivity and the lodging resistance of stem.

研究分野：作物学

キーワード：スイートソルガム 茎収量 節間長パターン 節間断面積パターン

1. 研究開始当初の背景

スイートソルガムは、温帯では、最もバイオマス生産力の高い作物の一つと考えられている。さらに、茎に蓄積する糖はバイオエタノール原料となるため、近年、バイオエネルギー作物として注目されている。そのため、主な収穫対象は茎であり、収量は、茎の大きさや質と関連する。しかし、草丈が3~5 mと長大なため、風雨による茎折れや倒伏で減収することがある。トウモロコシでは、倒伏を防ぐため、茎の形状を、上部を細くし円錐形とする方向で被害が軽減されてきた。しかし、茎を極端な円錐形とすることは、茎が収穫対象物である場合には減収に直結する。従って、スイートソルガムでは、多収を目指しながら、茎折れや倒伏に強い茎の形状を新たに模索しなくてはならない。

近年、耐倒伏性が極強のソルガム品種風立について、その茎を構成する節間について詳しく調べた所、今までのソルガムにない特徴に気が付いた。それは、節間長パターン(縦軸に節間長を、横軸に節間位をとって、節間位ごとの節間長を連続的に表したもの)が、風立では過去に報告されたことのない型となった。風立の節間長パターンは、ピークが5前後ある波形で、この、長短の節間の混在により、茎折れを防ぎ、耐倒伏性を強めているのではないかと考えるにいたった。しかし、この節間長パターンの波形は、播種時期や年度によって異なり、この変動の原因は、遺伝的な要因よりも気象など環境要因の影響が大きいと考えられた。また、今までの別品種での実験から、施肥法により、茎の形状が変わることがわかってきた。風立にもこれと同様の実験を行い節間長パターンや太さへの影響を解析することにより、茎の形状をある程度制御できるものと考えた。

2. 研究の目的

茎収量を高め、さらに群落崩壊への耐性を持たせるためには、それを実現するための理想的な茎の形状を知ることと、その形状に誘導できる栽培技術を得ることが必要となる。そのステップとして、本研究の目的は、茎を構成する節間に注目し、特に、節間長の茎の中での配列(節間長パターンや節間断面面積パターン)の意義を解明すること、さらに肥培管理による節間形状への作用を作物学的に解析し、栽培技術によって茎の形状を制御できることを示すことである。

3. 研究の方法

(1) 節間長パターンなど節間形質パターンと気象等環境要因などとの関係を把握するために、東北地方で早晩性の異なるスイートソルガム品種を用いて2012年栽培試験を行い、前に行っていた2007年と2011年とデータも使い、3カ年での、節間形質パターンの年次変動について解析した。また、茎体積と節間形質パターンとの関係についても解析

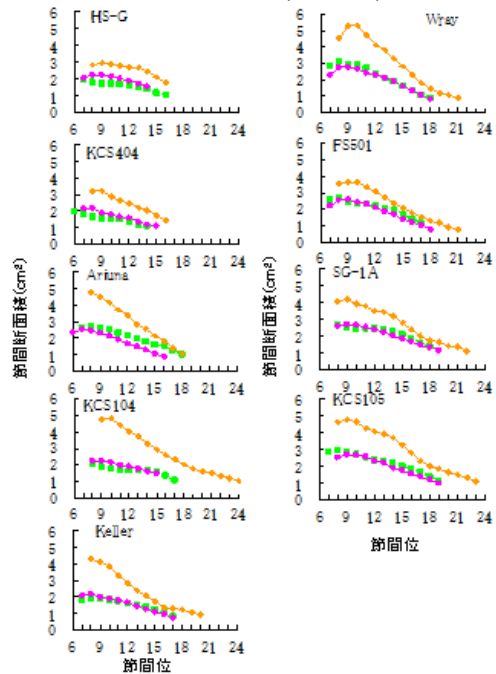
し、考察した。

(2) 品種「風立」と、比較対象とする品種について、節間ごとへの肥培管理の影響を解析するために、施肥法を変えて栽培し、節間形質パターンを用いて、施肥法の影響を、比較、解析した。

4. 研究成果

(1) 節間長パターンと節間断面面積パターンとは、品種間差、および年次間差に違いがみられた。

節間断面面積パターンは全ての品種で3カ年とも単一の型を示したが(第1図)、節間長パ

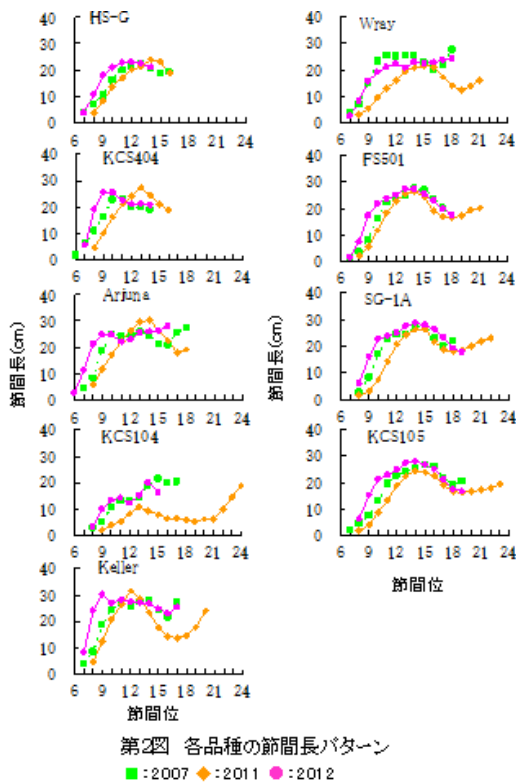


第1図 各品種の節間断面面積パターン
■:2007 ◆:2011 ●:2012

ターンのピークの数や位置は、年次間で変動し、またその変動には品種間差が存在した(第2図)。したがって、節間長パターンは品種の傾向を捉えることは可能だが、品種固有のパターンとして扱えるほど固定されていないと考えられ、同時に、年次変動は環境の影響を反映していると考えることができた。また、各品種の節間体積パターンは節間ごとの変動の少ない節間断面面積よりも節間長のパターンを反映した型を示しており、いずれの品種においても節間長パターンと非常に類似した型を示した。そのため、節間長パターンの解析によって、茎内での節間長の配列だけでなく、節間体積の配列も同様に捉えられると考えられた。

茎体積の大きかった2011年の節間形質パターンは、いずれの品種においても他の栽培年より下位節間が太く、短くなった。したがって、茎体積の大きさは基部付近の節間形質の違いと関連があると考えられた。

基部付近の節間の形質を解析するためには、まずそれらの節間の形成された時期を把握する必要がある。一般的なスイートソルガムにおいては、葉の抽出と節間伸長経過との



第2図 各品種の節間長パターン
 ■:2007 ◆:2011 ●:2012

関係、すなわち節間伸長様式が明らかにされており、この関係を用いることで、葉の展開から各節間の伸長過程を推定することができる。ここで、個体の age を表すために葉位齢を用いた。葉位齢では、第 n 葉のカラーが第 $(n - 1)$ 葉の葉鞘から抽出した時点を「葉位齢 n (AL n と表記)」と表す。

ソルガムの節間の伸長様式はシグモイド曲線であり、その曲線から節間の最も速く伸長する期間の中心となる時期を節間の伸長盛期とした。すなわち、IN n の伸長盛期の age は AL $(n+2)$ である。また、本試験で調査した葉数は葉身が展開完了した葉の数であった。したがって、葉数 m の個体は、葉位齢でみた場合、AL m 以上 AL $(m+1)$ 未満である。そこで、平均値で示された葉数 m は、葉位齢では葉位齢 $(m+0.5)$ に相当すると考えられる。このことから、葉位齢 $(n+2)$ となる日は、葉数 $(n+1.5)$ となる日と考え、伸長盛期となる暦日を求めた。

展開葉数の推移から各品種の基部伸長節間の伸長盛期の暦日を推定した。その結果、基部節間の伸長盛期は、いずれの品種も年次間での差が小さく、播種後日数で 35~40 日であった。本研究での 3 カ年の播種日は 6 月 4 日から 6 月 8 日の間であることから、基部伸長節間はほぼ同時期に伸長していたことが分かった。

一方で、基部伸長節間の節間位を年次間で比較すると、全ての品種で 2011 年では他の栽培年より上位に位置していた。基部伸長節間の伸長時期である 7 月上旬から中旬にかけての気温を比較すると、2011 年が他の栽培年よりも高く、また、基部伸長節間の伸長期間を含む播種後 49 日間の葉数増加速度は 2011

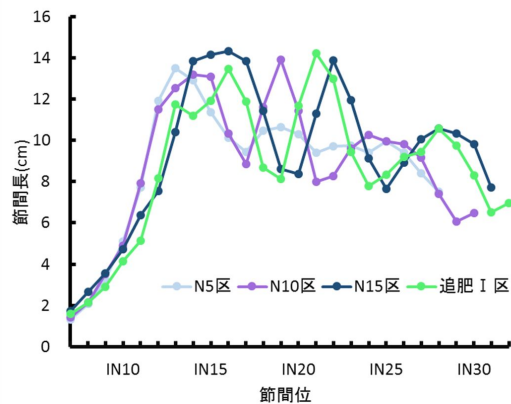
年で大きくなった。

以上のことから、茎体積の大きさは基部の節間質の違いと関連があり、播種から基部の節間が伸長するまでの期間における葉の出葉間隔が短く、非伸長節間を含む 5cm 以下の短い節間が多くなると、基部付近の節間で伸長より肥大が盛んになることが分かった。さらに、茎体積が最も大きくなった 2011 年には、節間断面積が極大となった基部節間より上位の節間においても他の栽培年より太くなり、そのことが茎全体の体積の増大につながっていた。そのため、茎全体の太さには節間断面積が極大となる基部の節間の太さが反映されており、それらの節間の肥大程度が茎体積の大きさに密接に関連していると考えられた。

(2) 供試品種は極晩生ソルガム品種風立で、東北大学大学院農学研究科内の圃場で 2013 年と 2014 年に試験したが、ここでは 2014 年について記す。

6 月 4 日に畝間 85cm、株間 15cm で播種した。試験区は、窒素肥料の基肥量や追肥時期とで 7 試験区設けた。基肥量は 5 平米当たり 5g、10g、15g をそれぞれ N5 区、N10 区、N15 区とし、追肥の時期で追肥 I~IV 区とした。栽培したソルガムは 11 月上旬に収穫し、収穫時には節間長、節間径、節間乾物重を測定し、節間長と節間径の値から節間断面積や節間体積を算出した。

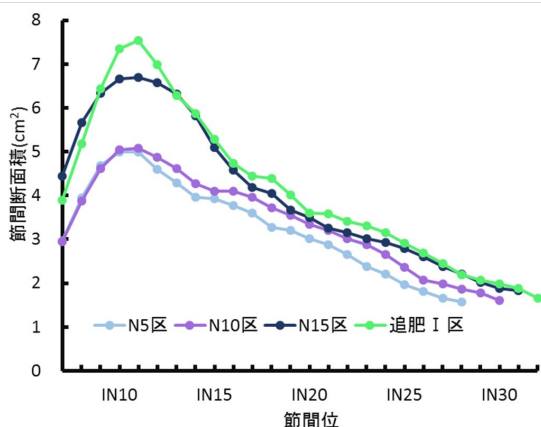
その結果、N5 区、N10 区、N15 区では窒素肥料が多くなるほど茎乾物重や茎体積が大きくなる傾向があった。これは、節間断面積パターンに顕著に表れていた。追肥区では 8 葉期に追肥した追肥 I 区が最も茎乾物重と茎体積が大きくなり、窒素施肥量が等しい N10 区と比べると有意に大きく、また窒素施肥量が 1.5 倍である N15 区とほぼ同じ値になった。この結果から窒素施肥量が同じ場合、基肥と追肥を分けた方が高い収量を得られる可能性が示され、特に、第 8 葉期での追肥が最も高い収量を得られる可能性が示された。また、この結果が生じた過程も、節間伸長パターンと節間断面積パターンで解析できることがわかった(第 3、4 図)。



第3図 節間長パターン。

これらから、生育初期の追肥は生育を促進

し、茎体積を増やし、収量を増大させる可能性が高いことが明らかとなった。



第4図 節間断面積パターン

(3) 以上の解析を行う過程で得られたことをまとめると、節間長パターンは生育過程を解析するのに有効であること、また、この節間長パターンとともに節間断面積パターンを解析することにより、茎収量が構築されていく過程を解析できることが明らかとなった。

さらに、生育初期の追肥により、茎が太くなることから、肥培管理により茎の形状を制御できる可能性があることが示された。

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 7件)

藤井 昭裕、中村 聡、鍋谷 佳太、後藤 雄佐、節間長パターンと展開葉数を用いたスイートソルガムの茎伸長開始期の推定、日本作物学会紀事、査読有、Vol. 84、No. 2、2015、pp. 209-212

藤井 昭裕、中村 聡、鍋谷 佳太、後藤 雄佐、東北地方での栽培におけるスイートソルガムの節間形質パターンに及ぼす播種期の影響、日本作物学会東北支部会報、査読有、No. 57、2014、pp. 5-9、

藤井 昭裕、中村 聡、後藤 雄佐、スイートソルガム茎体積の節間形質パターンによる解析、日本作物学会紀事、査読有、Vol. 83、No. 2、2014、pp. 112-117

藤井 昭裕、中村 聡、後藤 雄佐、ソルガム品種「風立」の節間形質パターンに及ぼす剪葉の影響、日本作物学会紀事、査読無、Vol. 82、別号 2、2013、pp. 152-153

[学会発表](計 6件)

藤井 昭裕、中村 聡、後藤 雄佐、スイートソルガムの茎伸長開始期の解析方法、日本作物学会東北支部会第 56 回講演会、2013 年 8 月 20 日、福島県農業研究センター

鍋谷 佳太、藤井 昭裕、中村 聡、後藤 雄佐、スイートソルガム栽培において播種期が地上部バイオマスに及ぼす影響、日本作物学会東北支部会第 57 回講演会、2014 年 8 月 21 日、弘前大学
藤井 昭裕、中村 聡、鍋谷 佳太、後藤 雄佐、東北地方での栽培におけるスイートソルガムの節間長パターンに及ぼす播種期の影響、日本作物学会第 238 回講演会、2014 年 9 月 9 日、愛媛大学

6. 研究組織

(1) 研究代表者

後藤 雄佐 (GOTO, Yusuke)
東北大学・大学院農学研究科・准教授
研究者番号：80122919

(2) 研究分担者

中村 聡 (NAKAMURA, Satoshi)
宮城大学・食産業学部・教授
研究者番号：00289729