

矮性ネピアグラスの栄養苗生産のための成長形質に及ぼす短日およびジベレリン処理の影響

山野 明日香^{1)*}・石井 康之²⁾・Lizah Khairani¹⁾・井戸田 幸子²⁾¹⁾宮崎大学大学院農学研究科・²⁾宮崎大学農学部Effects of short-day and gibberellic acid treatments on growth attributes for vegetative propagation
in dwarf napiergrass (*Pennisetum purpureum* Schumach)Asuka YAMANO¹⁾, Yasuyuki ISHII²⁾, Lizah KHAIRANI¹⁾ and Sachiko IDOTA²⁾¹⁾Graduate School of Agriculture, Univ. Miyazaki, ²⁾Faculty of Agriculture, Univ. Miyazaki

暖地型イネ科牧草であるネピアグラス (*Pennisetum purpureum* Schumach) は飼料作物としての用途に加え、代表的なバイオエタノール原料の一つとして有望視されており、普通品種の造成当年に、33.5 Mg/ha/yrの高い乾物生産力を達成している (Khairaniら 2010)。その中でも矮性晩生品種 (dwarf-late, 以下DL) は、生産量がある程度高く、他の品種に比べ葉の比率が高いため (Mukhtarら 2003)、リグニン含量が少ないことから、バイオエタノールの研究材料に適していると考えられる。一般にネピアグラスは栄養相から生殖相への相転換なしに節間伸長を行うため、草高の大きな長稈草種であるが、矮性品種は、栄養成長期の節間伸長が強く抑制され、秋期の短日条件に誘導されて相転換を行うとともに節間伸長を開始することが観察されている。特にDLは日長感応の程度が高く、節間伸長あるいは出穂が晩秋まで認められない草種である。また、ネピアグラスの種子稔性は非常に低く、DLは交雑により育成されていることから、種子繁殖ではF₂世代における分離を招いてしまうため、その利用にあたっては栄養苗生産が必須であり、そのための栄養繁殖効率の向上と省力化が必要である。栄養苗生産では、節間の伸長とそれに引き続く腋芽 (分げつ芽) の充実により、より早期に栄養苗を養成して圃場に速やかに定植し、降霜前に越冬可能な成長量を確保することが重要である。しかし、節間伸長が晩秋まで認められないDLは、盛夏などの早期に栄養苗生産を行うことが困難であることから、それを可能にする技術開発が求められる。

また暖地型牧草は季節生産性が高いため、生育に適さない冬季～春季には、南九州の低標高地では永年生の矮性ネピアグラスの畦間にイタリアンライグラスなどを追播することにより、年間平衡的なバイオマス生産量を確保する技術を確認することも必要である。

一般に、九州におけるネピアグラスの栄養苗生産の手順として、①母本の養成、②栄養苗の生産と養成、③圃場への定植および④越冬管理の4過程が必要不可欠と考えられる。2008年から2009年に実施した既実験 (Khairaniら 2010) における上記4過程は、秋までに養成した母本 (①)

から、晩秋に栄養苗をセルトレイにて生産・養成し (②)、温室内で約5ヶ月間越冬管理し (④)、その後圃場に定植した (③) ため、温室内での越冬管理に多大なスペースと労力を必要とした。また栄養苗生産から圃場への定植まで長期間がかかることも問題点として挙げられる。そのため、本研究ではこれら問題点に対して栄養苗の苗質改善と越冬管理の省力化を目指した実験1と実験2を検討した。まず実験1では、母本の養成後節間の伸長とそれに引き続く、伸長節の地上節位に着生した分げつ芽 (腋芽) の充実を図り、より早期に栄養苗を生産・養成して圃場に速やかに定植し、降霜前に越冬可能な成長量を確保することにより越冬管理を大幅に省力化することを目的とした。

ネピアグラス普通品種では相転換せずに節間伸長を開始する草種であるが、その伸長の程度は、ジベレリンの生合成阻害作用を有する成長抑制剤パクロボトラゾールの散布によって強く抑制される (伊藤ら 1990)。このようにネピアグラスの節間伸長は、植物成長調節剤の影響を受けやすいこと、矮性品種はジベレリン生合成経路の欠損により、相転換以前の節間伸長が抑制される (Sollenberger et al. 1988) ことから、短日処理による相転換の促進を介した節間伸長の開始とそれに付随した分げつ芽の充実を目的とした処理と、ジベレリン散布処理による節間伸長の促進効果を目指した処理の2つの影響を検討した (実験1)。そして、節間伸長の程度、各節の葉腋に形成される分げつ芽の成長とその発根性について調査した。矮性品種は節間長が短縮されているため、1節ごとに節間を切断して栄養苗を養成するためには、節間長の増加が必須の要件である。また分げつ芽長は、分げつ芽 (腋芽) が形成された後、休眠に留まるのか、あるいは成長を開始するのかを判断しうる有力な指標である (Ishiiら 1995)。発根の開始は、移植後に根端が傷害を受けるとその後成長を続けられないため、根原基数の損失をもたらすが、畑作物のネピアグラスでは移植後の乾燥ストレスをいかに回避するかが、栄養苗の活着を左右する要件である。1次根からの毛細根 (2次根) の出現は非常に早い (著者らの栄養苗生産時の観察によると2日以内に毛細根が出現する) ことから、発根率の増加

キーワード: 栄養苗生産, ジベレリン, 節間伸長, 短日処理, ネピアグラス

*連絡責任者: yishii@cc.miyazaki-u.ac.jp

は苗質の向上にとって重要である。

次に実験2では、母本をポットで養成し(①)、温室内で越冬させ(④)、越冬後に栄養繁殖苗を生産・養成し(②)、圃場に定植する(③)ことで、越冬管理の省力化とスペースの縮小が図られ、また栄養苗生産後短期間で移植できる手法の開発を目指した。そこで、温室内で越冬させた株における栄養苗生産のための成長形質の測定と栄養苗の増殖効率の測定を行った。

材料と方法

試験は2009年5月16日～2010年5月6日に、宮崎大学農学部学内圃場において、2009年9月25日までの実験1とそれ以降2010年5月6日までの実験2を実施した。

1. 材料の養成および調査方法(実験1)

2009年5月16日に、1/2000 aワグナーポットに土耕によりDLの発根分げつ苗を8本円形移植し、1 m × 0.5 m間隔にポットを配置し、施肥はN, P₂O₅, K₂Oの各成分量で20 g/m²/年を、5月上旬, 6月上旬, 6月下旬および7月上旬の4回に分けて均等に施用した。以下の2項に示す短日処理および3項に示すジベレリン処理の処理後5週間目に、主茎のみの地上部をはさみで切除して掘上げ、草高、最上位展開葉節高、地上部の節数、節間長、節位別の分げつ芽(腋芽)長および分げつ芽の中で発根した割合(分げつ芽発根率)を測定した。対照区は無処理とし、調査は以下に示すSD5と同一時期に行った。

2. 短日処理(実験1)

宮崎市の10月29日の日長(日の出～日没までの時間)が11時間0分であり、11月下旬にはDLの出穂が観測されていることから、短日処理における日長(明期の長さ)を11時間とし、暗期には植物体を暗幕で完全に覆い、明期/暗期が11時間/13時間の5日間連続処理に設定した。短日処理は、基本栄養成長性を考慮して5水準とし、処理1(以下、SD1と略記)～処理5(SD5)の順に、処理開始日は6月15日, 7月6日, 7月20日, 8月3日および8月17日であった。いずれの処理も5ポットを供試し、これらの他に無処理の対照区を設けた。

3. ジベレリン処理(実験1)

短日処理における処理4(SD4)開始日の8月3日に200 ppmのGA₃水溶液を90 ml/m²散布し、GA区と略記した。短日処理は行わず、調査項目は短日処理と同様で、調査日はSD4と同一とした。

4. 温室内での越冬管理と調査方法(実験2)

短日およびジベレリン処理終了後、圃場でそのまま養成した後、各区3ポットを2009年12月1日から2010年4月8日まで、降霜を避けるため温室内で生育させ、その後再び

第1表 成長形質の処理間差異(実験1)。

処理	観測節数	処理区の観測節位までの 処理区/対照(Cont)区(%)		
		節間長	分げつ芽長	分げつ芽発根率
SD1	15	144 ^{a*}	161 ^b	0 ^b
SD2	17	420 ^a	181 ^a	28 ^{ab}
SD3	22	180 ^b	141 ^{bc}	39 ^{ab}
SD4	25	158 ^b	113 ^c	47 ^{ab}
GA	23	218 ^a	162 ^a	97 ^a
SD5	30	100 ^c	102 ^c	49 ^{ab}
Cont (平均)	30	2.8 cm	1.3 cm	26.1%

*: 異文字間に有意差あり(P < 0.05)。

1) 短日(SD)処理開始日: 1(6月15日), 2(7月6日), 3(7月20日), 4(8月3日), 5(8月17日)。

2) ジベレリン(GA)処理: 200 ppm GA₃水溶液を90 ml/m²散布。

圃場に移した。2010年5月6日に栄養苗生産のための成長形質(茎数、地上5 cm高以上の節に着生する分げつ芽(腋芽)の直径、発根性および萌芽性)の調査を行い、栄養苗の増殖効率を算出した。

結果と考察

1. 成長形質(実験1)

観測節数は、処理開始が遅れるほどDLの成長の進みに伴い増加した。各観測節位までの対照区に対する処理区の比率でみると、節間長ではSD2が420%と最も高い値を示し、分げつ芽長ではSD2が181%、GAが162%、SD1が161%と最も高く、発根率ではGAが97%と最も高い値を示した(第1表)。このことから、SD2とGAが調査形質に対する処理の効果が最も大きいとみなされたため、この両処理について、節位別に詳しく検討した。

2. 節位別節間長(実験1)

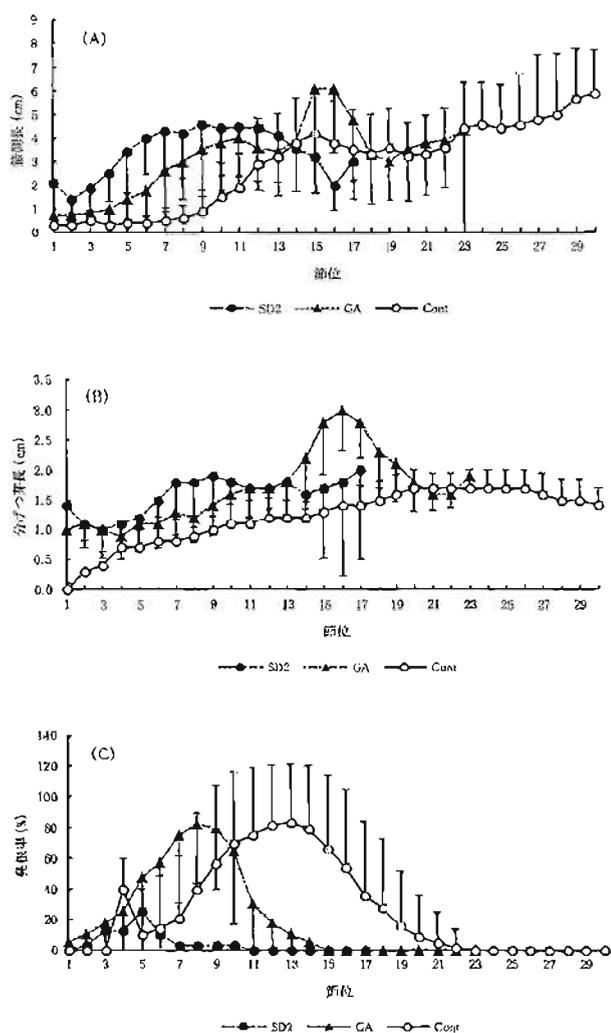
SD2では対照区に比べ下位節位で有意に節間長が長く、またGAでは下位から中位の節位で対照区に比べ長く、ともに節間伸長を促進する効果が認められた(第1図A)。

3. 節位別分げつ芽長(実験1)

SD2およびGAともに対照区に比べ下位から中位の節位で有意に分げつ芽長が増加した(第1図B)。

4. 節位別発根率(実験1)

SD2では下位の節位で対照区の発根率を上回ったものの、他の節位では発根は見られなかった(第1図C)。これはSD2では調査日が8月14日と早く、分げつ芽の充実が十分行われていなかったためではないかと考えられる。この問題は栄養苗切除後のオーキシン処理で発根促進できる可能性があり(増田 1989)、更に検討が必要である。一方GAの調査日は対照の調査日に比べて20日ほど早いものにも関わらず下位の分げつ芽で対照区と同程度の発根率を示しており、ジベレリン処理により発根が早まった可能性があると考えられる(第1図C)。以上のことから、短日およびジ



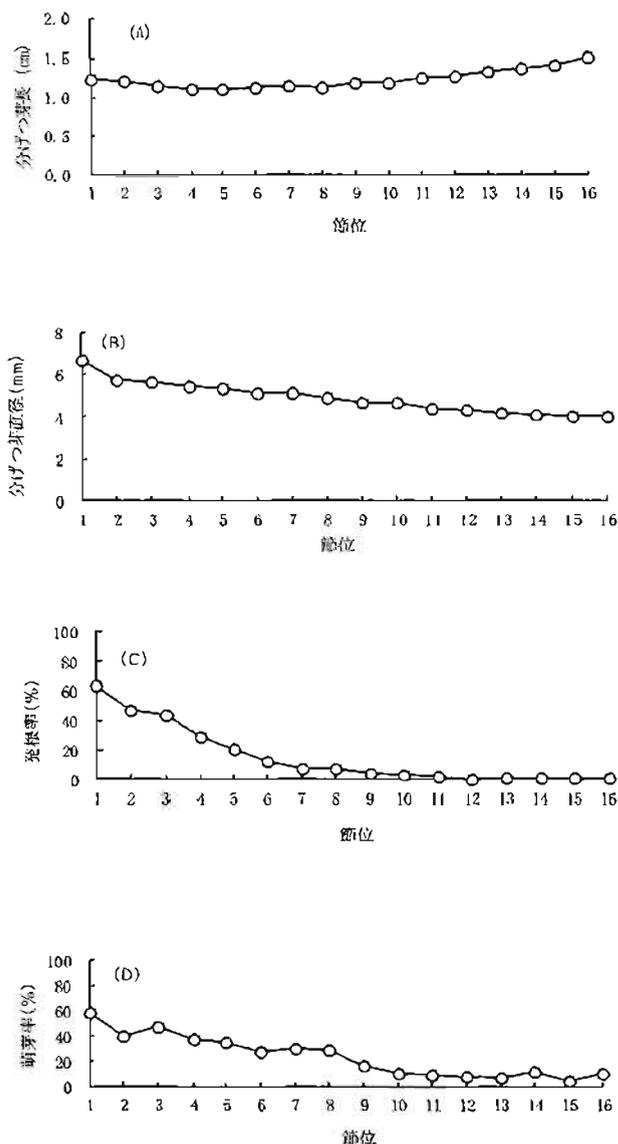
第1図 節位別の節間長 (A)、分けつ芽長 (B)、および分けつ芽の発根率 (C) (実験1)。

- 1) 平均±標準偏差。
- 2) 区の略号は第1表参照。

ベレリン処理により、ネピアグラス品種DLの節間伸長の抑制が解除され、節間が伸長した後に分けつ芽を伸長させ、発根を促し、栄養苗生産に適する分けつ芽(腋芽)の充実をもたらしたと推察される。また本草種の基本栄養成長性と処理による生殖成長への相転換については明確にできなかったため、更なる検討が必要だと考えられる。

5. 苗増殖効率 (実験2)

2010年5月における各処理区の増殖効率(2009年の植え付け数に対する生産された栄養苗数、倍)は、平均±標準偏差で示すとSD1が 33.3 ± 91.4 、SD2が 37.3 ± 24.7 、SD3が 16.3 ± 81.9 、SD4が 30.6 ± 84.7 、SD5が 30.0 ± 48.0 、対照(Cont)区が 21.5 ± 75.6 となり、処理間で有意な差は見られず、栄養苗の増殖効率は平均28.2倍(225苗/ポット)であった。またこの栄養苗を植えた結果、萌芽率は95.0%と高く、定着に問題はなかった。



第2図 節位別の分けつ芽長 (A)、分けつ芽直径 (B)、分けつ芽の発根率 (C) および分けつ芽の萌芽率 (D) (実験2)。

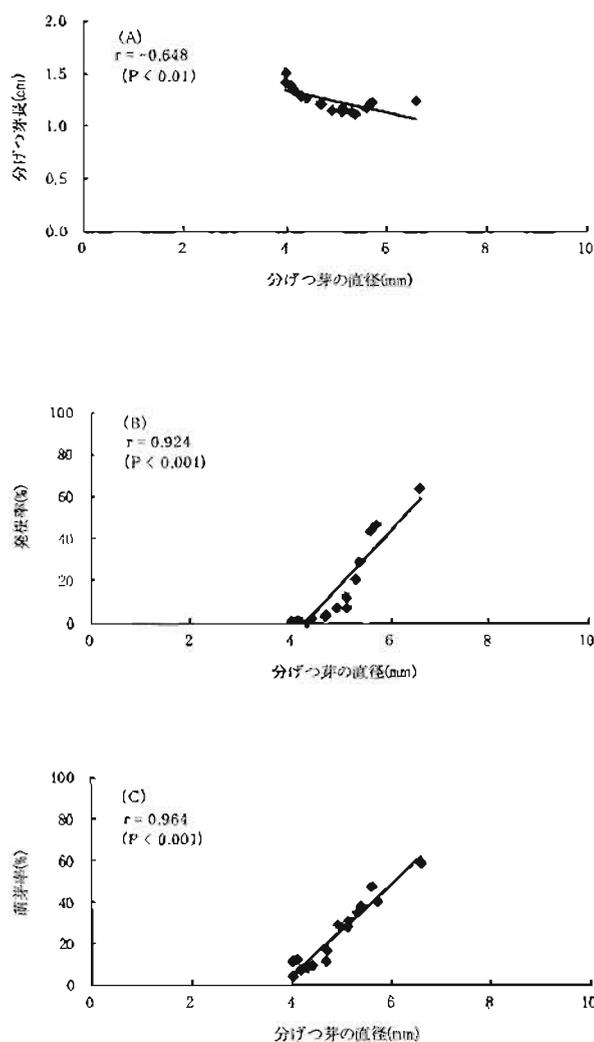
- 1) 区の略号は第1表参照。

6. 節位別の分けつ芽の各形質 (実験2)

節位別の分けつ芽長はほぼ一定で、節位間に有意差はなかった(第2図A)。分けつ芽の直径は、上位の節位ほど緩やかに減少する傾向が見られた(第2図B)、分けつ芽の発根率および萌芽率は、ともに上位の節位ほど低下する傾向が見られた(第2図C, D)。閾値は明確ではないが、1 cm以上では休眠がほぼ解除された状態と捉えられる。実験1では分けつ芽長が1 cm未満と小さく、休眠状態と考えられる分けつ芽が存在したのに対し、実験2では分けつ芽長の変異は1.1~1.5 cmで小さく、この実験では分けつ芽長が腋芽の成熟度に顕著な影響を与えたとはいえない。

7. 分けつ芽の直径と他の形質の関係 (実験2)

成長形質の相関関係を第2表に示した。分けつ芽の直径が増加するほど分けつ芽長は減少した(第3図A)が、そ



第3図 節位別の分けつ芽の平均直径と分けつ芽の長さ (A)、発根率 (B) および萌芽率 (C) の各平均値との関係 (実験2)。

第2表 成長形質の相関関係 (実験2)。

	分けつ芽			
	直径	長	発根率	萌芽率
分けつ芽直径	-	-	-	-
分けつ芽長	-0.648**	-	-	-
分けつ芽発根率	0.924***	-0.298ns	-	-
分けつ芽萌芽率	0.964***	-0.534*	0.898***	-

*** $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, **** $P < 0.001$, ns $P > 0.05$

の変異は1.1~1.5 cmと小さかった。一方、分けつ芽の発根率および萌芽率はともに、分けつ芽の直径の増加につれて増加し、分けつ芽の直径と両者の間にもともに0.1%水準で有意な正の相関が成り立った (第3図B, C)。発根率と萌芽率との間にも有意な正の相関関係が成り立った (第2表)。

またこれらの3成長形質 (分けつ芽の直径、発根率および萌芽率) は、調査した節位間では最下位の節位で最も高くなる傾向が見られ、地上5 cm付近の節に着生する分けつ芽が栄養苗生産に最も有効であると考えられる。今後の課題として、節位別に栄養苗を植え付け、その定着性を検

討することが必要と思われる。

以上のことから、温室で越冬させた茎を栄養苗として利用する場合は、分けつ芽の直径が栄養苗生産のための分けつ芽の充実度と高い相関関係が認められ、充実した栄養苗の確保には分けつ芽の直径が有効な指標となりうるということが明らかとなった。

8. 実験1および2で調査した各形質の変動係数

実験1および2で調査した各形質の変動係数を算出したところ、実験1に比べ実験2では分けつ芽長の変異が縮小し (18.9%→10.7%)、温室内で越冬した個体の分けつ芽が節位間で均質になり、越冬後の高い萌芽率に繋がったと考えられる。

今後の課題としては、栄養苗生産に関与する成長形質の変異性を縮小化できる実験方法を確立し、次いで栄養苗生産の最適条件を見出すために、実験1と2の手法を組み合わせ、定常的に一定の苗生産量を確保する技術を確立することが挙げられる。

摘 要

近年、地球温暖化対策の一環として注目されるバイオエタノール原料植物として、ネピアグラス (*Pennisetum purpureum* Schumacher) が高バイオマス生産力を有するため有望視されている。特に、バイオエタノール研究に適した特性を持つ矮性晩生品種 (dwarf-late, 以下DL) を供試し、栄養繁殖効率の向上を目指して、短日処理およびジベレリン散布処理の節間伸長の促進および分けつ芽の成長促進および充実と及ぼす影響を調査した。短日処理の効果は7月上旬処理で最も高く、処理5週間後の8月下旬における草高、下位~中位節位の節間長が増加し、苗生産時の節間切除を容易にすること、分けつ芽長の増加が分けつ芽の充実をもたらすことが推察された。また、通常のネピアグラス品種DLの栄養苗生産期 (10月下旬) に比べて約2ヶ月促進された夏季苗生産が可能となった。ジベレリン散布処理は、下位から中位の節間の伸長と下位節に着生した分けつ芽の発根促進により、分けつ芽充実の効果が大きであった。温室内で越冬させたポット栽培により、伸長節からの分けつ芽の養成が越冬前よりも簡易に行え、苗の増殖効率は、ポット当たりで約225苗 (約28.2倍) と算出された。分けつ芽の直径と分けつ芽の充実度 (発根性、萌芽性) との相関関係から、充実した栄養苗の確保には、分けつ芽の直径が有効な指標となることが推察された。今後は栄養苗生産の最適条件を見出し、定常的に一定の生産量を確保する技術の確立が必要である。

謝 辞

本研究の一部は、文部科学省特別経費「大学の特性を生かした多様な学術研究機能の充実」における「高機能触媒

反応によるバイオマス資源のバイオ燃料及びバイオ有機物への変換プロセスの開発」によって実施した。本報の取りまとめにあたり有益な御助言を頂きました姜東鎮博士（弘前大学農学生命科学部）に深謝申し上げます。

引用文献

- 伊藤浩司・石井康之・三角 守・岩切弘明 1990. ネピアグラスの乾物生産に関する研究. 第6報 植物生長抑制剤バクプロトラゾール処理が地上部の生長と乾物収量に及ぼす影響. 日作記 59: 469-474.
- Ishii Y., K. Ito and H. Numaguchi 1995. Effects of cutting date and cutting height before overwintering on the spring regrowth of summer-planted napiergrass (*Pennisetum purpureum* schumach). Japan J. Grassl. Sci. 40: 396-409.
- Khairani L., Y. Ishii, S. Idota, R. F. Utamy, A. Yamano and A. Nishiwaki 2010. Nursery production and dry matter productivity in six genotypes of napiergrass as biomass production in Southern Kyushu, Japan. 日本草地学会誌 56 (別号): 14.
- 増田芳雄 1989. 植物生理学. 培風館, 東京, 265.
- Mukhtar M., Y. Ishii, S. Tudsri, S. Idota and T. Sonoda 2003. Dry matter production and overwintering ability of the dwarf and normal napiergrasses as affected by the planting density and cutting frequency. Plant Prod. Sci. 6: 65-73.
- Sollenberger L.E., G.M. Prine, W.R. Ocumpaugh, W.W. Hanna, C.S. Jones Jr., S.C. Schank and R.S. Kalmbacher (1988) 'Mott' Dwarf Elephantgrass: A high quality forage for the subtropics and tropics. Circular S-356, Agricultural Experiment Station, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, Gainesville, Florida, 1-18.