

暖地型イネ科牧草の採種に関する研究 : 1. Green panic (*Panicum maximum* var. *trichoglume*)および *Kazungula setaria* (*Setaria sphacelata*)における幼穂の発育経過について

西平, 隆彦
九州大学農学部飼料学教室

西村, 修一
九州大学農学部飼料学教室

田中, 重行
宮崎大学農学部

<https://doi.org/10.15017/23191>

出版情報 : 九州大学農学部学藝雑誌. 29 (4), pp.187-193, 1975-03. 九州大学農学部
バージョン :
権利関係 :



暖地型イネ科牧草の採種に関する研究

1. Green panic (*Panicum maximum* var. *trichoglume*) および Kazungula setaria (*Setaria sphacelata*) に おける幼穂の發育経過について

西平隆彦・西村修一・田中重行*

九州大学農学部飼料学教室

(1975年1月20日受理)

Studies on the Seed Production of Tropical Grasses

1. Development Process of the Inflorescence of Green Panic (*Panicum maximum* var. *trichoglume*), and Kazungula Setaria (*Setaria sphacelata*).

TAKAYOSHI NISHIHIRA, SHUICHI NISHIMURA
and SHIGEYUKI TANAKA

Forage Research Laboratory, Faculty of Agriculture,
Kyushu University, Fukuoka

暖地型牧草は、近年わが国に導入されてから、特性や地域適応性など各種の研究がなされており、寒地型牧草の夏枯れが著しい低暖地では、すでに実際栽培の面積も年々増加している。しかしながら種子のほとんどを外国に依存しているため、その供給が円滑でなく、国内における種子生産の必要性が高まっている。しかし暖地型牧草の採種については技術的に多くの問題があるが、導入後の歴史も浅いため、採種栽培を体系的に確立しようとする研究は少ない。

寒地型イネ科作物の幼穂の分化発達については、数多くのすぐれた研究がすでに報告されているが、暖地型牧草についての報告はほとんど見られない。そこで著者らは現在導入されている暖地型牧草のうち Green panic (*Panicum maximum* var. *trichoglume*) と Kazungula setaria (*Setaria sphacelata*) の両草種を供試して、幼穂の分化発達を外部形態的調査と解剖的調査とで追跡し、その発達段階と草丈、主稈葉数、分けつ数との関係、さらに幼穂長と稈長との関係などについて調査した。

材料および方法

オーストラリア国の種子商 A. Yates から入手し

た Green panic (Gp と略す) と Kazungula setaria (Ks と略す) の両草種を 1973 年 4 月下旬に苗箱に播種し、前者は約 5 葉齢、後者は約 9 葉齢のとき、うね幅 60 cm、株間 30 cm に個体植えとした。元肥として化成肥料 (16-16-16¹⁾) を移植前日に 2 kg/a 施用し、さらに同量を 1 カ月後に追肥した。

幼穂の分化発達の追跡に際しては、両草種とも主稈を用いて、Gp では 5～6 日ごとに Ks では 2 日ごとにサンプリングして調査を行なった。なお両草種とも外部形態的調査に 4 個体、解剖的調査に 6 個体を供試した。外部形態については幼葉を剝離し、幼穂を裸出して、反射光の下で検鏡し、写真撮影して調査を行なった。同時に幼穂長と稈長を測定した。解剖的調査では材料を FAA で固定して、buthyl alcohol paraffin 法で厚さ 10 μ の切片を作製し、0.5% の haematoxylin で染色してプレパラートとした。幼穂分化の経過はオオムギおよびコムギに関する和田 (1936)、末次 (1949)、稲村ら (1955) の基準、水稻に関する松島・真中 (1956) の報告、トウモロコシ、コムギ、ライムギ、およびエンバクに関する Bonnet (1966) の報告、イネ科植物に関するその他の諸報告 (Bonnet, 1961; Williams, 1966; Moore, 1971; Latting, 1972)

* 現 宮崎大学農学部

1) N-P₂O₅-K₂O の % を示す。

に基づいて判定区分した。

草丈、主稈葉数、および分けつ数の調査には、Gp を15個体、Ks を7個体用い、草丈と主稈葉数については幼穂と平行して調査し、分けつ数については5～7日ごとに調べた。

結果および考察

1) 草丈、葉数および分けつ数

Figs. 1, 2 に両草種の生長経過を示す。草丈は止葉出現後に急速な増加を示し、花粉完成後もしばらく生長を続けた。

主稈において、Gp では第7葉期 (Pl. 6, Fig. 1 a and b), Ks では第13葉期 (Pl. 7, Fig. 1 a and b) に幼穂の形成が認められ、その後の葉数は止葉出現まではほぼ一定の割合で増加している。すなわち plasto-

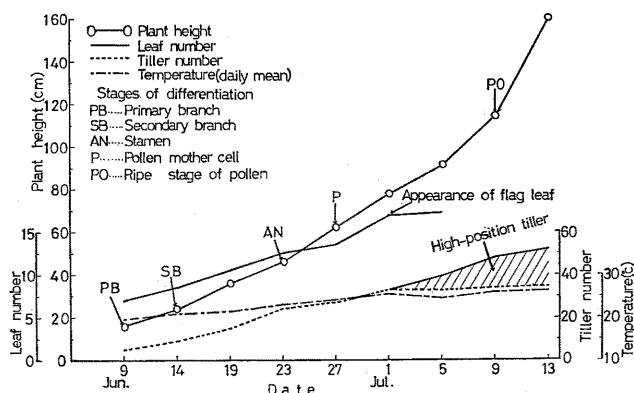


Fig. 1. Plant height, numbers of leaves and tillers on the main stem in relation to the reproductive stages of growth of *Green panic*.

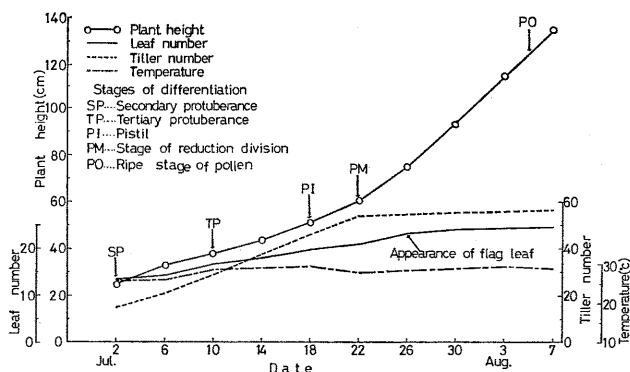


Fig. 2. Plant height, numbers of leaves and tillers on the main stem in relation to the reproductive stages of growth of *Kazungula setaria*.

chrone の進行は草種あるいは品種によって、温度、日長に対する反応を異にするであろうが (Quinby *et al.*, 1973), 本実験における5, 6月頃の自然条件下では両草種とも一定の間隔で進行するものと推察される。

分けつ数も、両草種とも幼穂形成後から止葉出現の頃まで、一定の割合で増加している。その後はGpでは高節位分けつ (節間伸長した茎の地面より高い節から出る分けつをさす) のみが増加したが、Ksではその後の分けつの発生は認められなかった。草種による分けつの発生とその幼穂の分化発達の違いについては別に調査したい。

2) 稈と幼穂の伸長経過

Fig. 3 にGp, Fig. 4 にKsの幼穂長と稈長の変化を示す。両草種を通じてみられることは、幼穂長は幼穂形成後16日頃より急速に伸び、花粉完成期に停止したことで、また幼穂形成後4日目から茎の節間伸長を開始し、その後も伸長を続けて花粉完成期に停止したことである。野田・茨木 (1953) は、コムギの幼穂の伸長と節間伸長との時期的関係を観察し、両者は大体同時に急速な伸長を開始したと報告している。本実験ではGpとKsは幼穂の伸長を節間伸長より幾分遅れて開始したが、生長を停止するのはほぼ同時期であった。これは藤岡・堀田 (1964) のイタリアンライグラスの試験結果と同様である。なお両草種の葉齢と幼穂長を幼穂の分化発達と関係づけて表示するとTable 1のようである。

3) 幼穂の形態と発達経過

Gpの穂は円すい花序、Ksの穂は総状花序で形態的に異なるので、比較しながら発達過程を述べたい。なおGpでは分化の第V期、Ksでは第IV期以前については発達段階を正確には判定しにくいので、それ以後について記載した。

a) *Green panic*

第V期 (Pl. 6, Fig. 1 a and b)

第1次枝梗始原体の分化が、急速に穂の上方に進行する時期で、幼穂分化

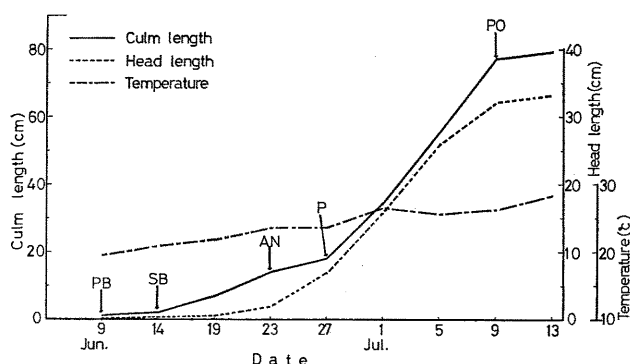


Fig. 3. Elongation of culm and head in Green panic.

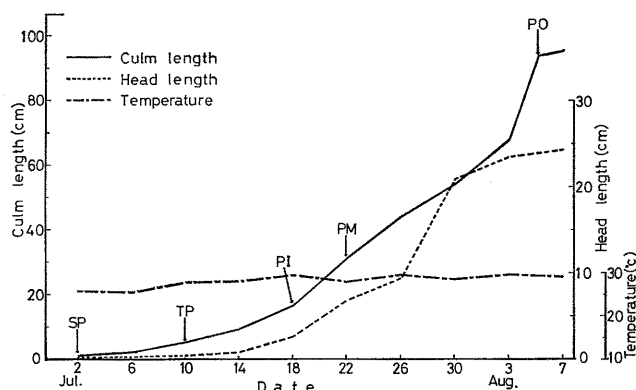


Fig. 4. Elongation of culm and head in Kazungula setaria.

の中期である。この時期から1～2日前が、分化の初期すなわち生殖生長期への転換期であると推察される。主稈の節間伸長はまだ認められない。

第VIII期 (Pl. 6, Fig. 2 a and b)

第2次枝梗始原体の分化後期である。第1次枝梗始原体は生長発達し始め、第2次枝梗始原体が第1次枝梗始原体の上方まで分化している。小穂数はすでに決定し、以後は穎花の分化期に入るが、その分化は穂の先端から始まり、漸次下部の小穂に及ぶ。節間伸長は開始されている。第V期からこの時期にわたって栄養状態をよくすることは、小穂の数をふやし、穂を大きくするのに役立つと考えられる。

第X期 (Pl. 6, Fig. 3 a and b)

上部の穎花に外穎、内穎の始原体が現われる時期である。この図では護穎の上部の突起が不明瞭であるが、穎花分化初期に達しているものと思われる。

第XI期 (Pl. 6, Fig. 4 a and b)

穎花分化中期である。雄ずい始原体が分化し、検鏡では鱗被の出現が認められたが、この図では確認できない。穂の下部に近いところでも穎花の分化が起こ

る。穂軸の節間伸長が明らかに認められ、以後急速に伸長する。

第XII期 (Pl. 6, Fig. 5 a and b)

穎花分化後期で、雄ずい始原体には葯と花糸との分化が観察されるが、この図では花糸は認めがたい。雌ずいには胚珠始原体が分化し、また鱗被の分化も明瞭に認められる。水稻の場合、この頃になると穎花の内穎と外穎は発達して、内部器官を完全に包むようになるが(松島・真中, 1956), Gpではまだそこまでは発達していない。

第XIII期 (Pl. 6, Fig. 6 a and b)

花粉母細胞の充実期である。花粉母細胞が形成され充実する。また隣接する花粉母細胞相互の間に間隙が生じ、核の存在が明瞭である。葯は長さを増し、花柱の分化も始まる。この期以後、花粉完成期までに穎花が稔性をもつか、否かが決定される。採種栽培上、重要な時期と考えられる。

第XVI期 (Pl. 6, Fig. 7 a and b)

花粉母細胞の第2分裂後期で、4分子期に入る直前である。分裂した娘染色体が両極に移動した状態がみられ

る。雌ずいは大きさを増し、花柱の上部に stigmatic branches が分化し始める。

第XXI期 (Pl. 6, Fig. 8 a and b)

花粉完成期で、穎花には葉緑素が増し、葯は黄化し、花粉は完成する。稈、穂ともに伸長を停止する。

b) Kazungula setaria

第IV期 (Pl. 7, Fig. 1 a and b)

第2次突起始原体(Gpの第1次枝梗始原体にあたる)の分化初期である。外部形態的調査では第2次突起始原体は止葉始原体でおおわれ、確認することはできないが、解剖的調査では2～3の第2次突起始原体を確認することができる。生殖生長期への転換期で、主稈の節間伸長はまだ認められない。

第V期 (Pl. 7, Fig. 2 a and b)

第2次突起始原体の分化中期で、中央部の突起は大きさを増し、分化は幼穂の上部へと急速に進む。

第VIII期 (Pl. 7, Fig. 3 a and b)

第3次突起始原体(Gpの第2次枝梗始原体にあたる)の分化後期である。幼穂の上部の第2次突起始原体の両側に第3次突起始原体が確認できる。この突起

Table 1. Changes of leaf number and culm length accompanied with differentiation of the inflorescence.

Green panic

Sampling date	Jun. 9	14	19	23	27	Jul. 1	5	9									
Stage of inflorescence development	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	XIX	XX	XXI
Leaf age	7	9	11	12	14	15											
Head length (cm)	0.05	0.2	0.8	2.0	6.0	16.0	26.0	32.0									

Kazungula setaria

Sampling date	Jul. 2															Aug. 1		
Stage of inflorescence development	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XV	XVI	XVII	XVIII	XIX	XX
Leaf age	13.0															22.0		
	14.0															21.0		
	14.6															20.4		
	15.4															20.0		
	16.0															19.0		
	17.0															18.1		
	0.02															0.5		
	0.05															0.9		
	0.1															1.1		
	0.2															3.0		
	0.3															4.0		
	0.9															7.0		
	21.0															18.0		
	23.0															23.5		
	25.0															25.0		

は Gp の第 2 次枝梗始原体と異なり、硬毛に発達する。小穂数はすでに決定し、節間伸長も始まっている。種子収量はこの時期までの栽培環境によってかなり影響されるものと思われる。

第IX期 (Pl. 7, Fig. 4 a, b and c)

穎花分化開始期である。第 2 次突起始原体に副護穎ならびに護穎の始原体突起が現われるが、この図では護穎始原体は認めがたい。この頃から穎花の分化が、図のように穂の中央部より始まり、上部と下部へ漸次分化していく。これはコムギ(稻村ら, 1955; Bonnet, 1961)やイタリアンライグラス(藤岡・堀田, 1964)における小穂始原体の分化と同様である。第 3 次突起始原体は硬毛へと発達するのが確認できる。

第XI期 (Pl. 7, Fig. 5 a and b)

穎花分化中期である。雄ずい始原体が分化し始め、硬毛が急速に発達し、第 2 次突起始原体から分化する穎花を完全におおう。また穂軸の節間伸長が認められ、以後急速に伸長する。

第XII期 (Pl. 7, Fig. 6 a and b)

穎花分化後期である。雄ずい始原体が葯と花糸とに分化する時期であるが、この図では花糸は認められない。鱗被の分化が確認できる。この頃になると穎花の内穎と外穎は発達して内部器官を完全に包むようになる。

第XV期 (Pl. 7, Fig. 7 a and b)

花粉母細胞の第 1 分裂後期で、分裂した娘染色体が両極に移動した状態をみることができる。雌ずいにおいては花柱の分化が明瞭に認められる。

第XVII期 (Pl. 7, Fig. 8 a and b)

花粉母細胞の第 2 分裂期が終り、4 分子期に入っている。この 4 分子はそれぞれ分れて花粉に発達する。雌ずいにはすでに stigmatic branches が分化している。

第XXI期 (Fig. 5-1)

花粉完成期で、Gp と同様、内外穎に葉緑素が増して、花粉は完成する。稈、穂とも伸長を停止する。

上記の経過から、Gp では枝梗を生じ、すべての第 1 次枝梗始原体に第 2 次枝梗始原体が分化して初めて、幼穂の先端の方から穎花分化が開始され、漸次下部の小穂へと進んでいく。なおこの草種の分化過程は、水稻(松島・真中, 1956)や甘蔗(Moore, 1971)のそれとほとんど同じであつた。また第 VIII 期までには第 2 次枝梗始原体の分化はほとんど終り、第 X 期に達すると穎花数が決定されるので、第 X 期までの肥培管理および環境要因(Rawson, 1970)によって小穂数と穎花数は大きく左右されるものと思われる。なお今回は主稈のみについて調査したので、今後は個体全体について、幼穂分化の程度を調査し、施肥の適期を明確に把握することが肝要であろう。Ks では突起を生ずるが、第 1 次突起始原体(幼穂の先端)は未発達に止まり、第 2 次突起始原体と第 4 次突起始原体が穎花へと発達していく。穎花の発達は幼穂の中央部に始まり、漸次上部と下部へ進むが、最上部(Fig. 5-2)と最下部(Fig. 5-3)の小穂の幾つかは未発達に終る。第 3 次突起始原体は硬毛へと発達するが、その経過は穎花の発達と同様に穂の中央部にはじまり上

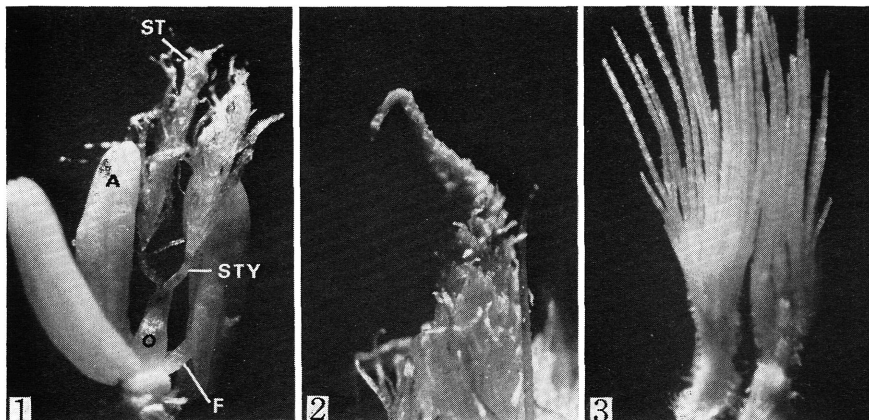


Fig. 5. Inflorescence Development of *Kazungula setaria* (Continued to the Plate 7).

1. Stage XXI. Completed floret at the ripe stage of pollen. F: Filament. Average length of inflorescence 25.0 cm.
2. Tip of the fully developed head, showing rudimentary spikelets.
3. Rudimentary spikelets at the base of the head.

下に進行する。なおこの草種はコムギやイタリアンライグラスとは異なり、第2次突起始原体と第4次突起始原体が種子へと発達し、しかも第2次突起始原体と第4次突起始原体の分化する時期に日数の差があるので、主として第2次突起始原体の数によつて種子収量は大きく左右されるものと思われる。そこで主に第2次突起始原体の分化する時期（第IV期～第VI期頃）に栄養状態を良くしておくことが、多収量を得るのに大きく役立つものと思われる。

要 約

Green panic (Gp) と Kazungula setaria (Ks) の種子生産の基礎問題として、幼穂の分化経過を形態的に追跡し、更にこれと草丈、節間伸長、主稈葉数、および分けつ数との関係を調査した。

調査材料は 1973 年 4 月下旬に苗箱に播種し、Gp は約 5 葉齡、Ks は約 9 葉齡のときに個体植えとし、主として主稈について調査した。

1) 幼穂の形成は、Gp では主稈第 7 葉期、Ks では同第 13 葉期に認められる。また分けつ数は両草種とも幼穂形成後 20 日間、ほぼ一定の割合で増加する。Gp ではその後も地面より高い節位から分けつ（高節位分けつ）が生じ、その数も増加したが、この現象は Ks ではみられない。

2) 両草種とも幼穂形成後 4 日めから節間伸長を始める。その後、茎の伸長は Gp では 24 日目、Ks では 30 日目に停止する。また幼穂長は、両草種とも形成後 16 日目頃より急速に伸び、花粉完成期に停止する。

3) Gp ではすべての第 1 次枝梗始原体に第 2 次枝梗始原体が分化して、初めて幼穂の先端から穎花分化が開始され、しだいに下部の小穂へと進むが、Ks では幼穂の中央部より分化を開始し、しだいに上部と下部に及ぶ。なお Ks では第 2 次突起と第 4 次突起始原体が穎花に発達し、第 3 次突起始原体は硬毛に発達する。

文 献

- Bonnet, O. T. 1961 The oat plant: its histology and development. *Bull. Ill. Agric. Exp. Sta.*, 672: 1-112
- Bonnet, O. T. 1966 Inflorescence of maize, wheat, rye, barley and oats: their initiation and development. *Bull. Ill. Agric. Exp. Sta.*, 721: 5-105
- 藤岡澄行・堀田良 1964 水田裏作栽培法に関する研究 第 1 報 生理生態に関する基礎調査. 新潟農試研報, 14: 39-51
- 稲村宏・鈴木幸三郎・野中舜二 1955 麦類の幼穂分化過程の調査基準 (農業改良技術資料 62). 農業技術協会, 東京
- Latting, J. 1972 Differentiation in the grass inflorescence. In "The biology and utilization of grasses", ed. by V. B. Youngner and C. M. McKell, Academic Press, Inc., New York and London, pp. 365-399
- Moore, P. H. 1971 Investigations of the flowering of *Saccharum*. I. Ontogeny of the inflorescence. *Can. J. Bot.*, 49: 677-682
- 松島省三・真中多喜夫 1956 水稻幼穂發育経過とその診断. 農業技術協会, 東京
- 野田健児・茨木和典 1953 暖地麦類の生育相に関する研究 第 1 報 小麦の生育過程における有効・無効分蘖の分岐及び幼穂の分化発達と節間伸長との関係について, 九州農試集報, 1: 407-424
- Quinby, J. R., J. D. Hesketh and R. L. Voigt 1973 Influence of temperature and photoperiod on floral initiation and leaf number in sorghum. *Crop Sci.*, 13: 243-246
- Rawson, H. M. 1970 Spikelet number, its control and relation to yield per ear in wheat. *Aust. J. Biol. Sci.*, 23: 1-15
- 末次勲 1949 麦類における所謂「幼穂形成期」に就て. 農及園, 24: 142
- 和田栄太郎 1936 小麦の穂の分化過程に就て. 農及園, 11: 607-615
- Williams, R. F. 1966 The physiology of growth in the wheat plant. III. Growth of the primary shoot and inflorescence. *Aust. J. Biol. Sci.*, 19: 949-966

Summary

As one of the basic problems to establish seed production of two species of the tropical grasses, Green panic (*Panicum maximum* var. *trichoglume*) and Kazungula setaria (*Setaria sphacelata*), morphological development and differentiation of the inflorescence on the main culm were investigated. At the same time, plant height, internodal elongation, numbers of leaves and tillers were also estimated in relation to the process of the inflorescence formation.

The results obtained are summarized as follows:

1. The differentiation of the inflorescences of *Green panic* and *Kazungula setaria* was initiated at the seventh and thirteenth leaf ages respectively. During 20 days after the differentiation of the inflorescence, tiller numbers of both the species increased at a uniform rate. After that, in the case of *Green panic*, tillers at the nodes higher than the soil surface level were observed, but not in *Kazungula setaria*.

2. Elongation of the internodes started on the fourth day after the differentiation of the inflorescence. *Green panic* attained the full length of the culm in 24 days and *Kazungula setaria* in 30 days.

The inflorescence length started rapid increase on about the sixteenth day after the differentiation, and it finished at the ripe stage of the pollen.

3. In the case of *Green panic*, after the secondary branch primordia developed on all the primary ones, floret differentiation took place at the tip of the inflorescence and it proceeded towards the base. And in *Kazungula setaria* it proceeded from the middle towards both ends of the inflorescence. The secondary and the fourth protuberance primordia in *Kazungula setaria* developed into the florets, though the tertiary protuberance primordia into the bristles.

Explanation of Plate 6

Inflorescence Development of Green panic

Fig. 1 a and b. Stage V. Middle differentiating stage of primary branch primordia. SA: Shoot apex. PB: Primary branch primordia. FL: Flag leaf primordia. Average length of inflorescence 0.05 cm.

Fig. 2 a and b. Stage VIII. Late differentiating stage of secondary branch primordia. T: Terminal spikelet. SB: Secondary branch primordia. Average length of inflorescence 0.2 cm.

Fig. 3 a and b. Stage X. Early differentiating stage of flower primordia. R: Rudimentary glume primordia. FG: First glume. SG: Second glume. SAS: Shoot apex of a spikelet. Average length inflorescence 0.8 cm.

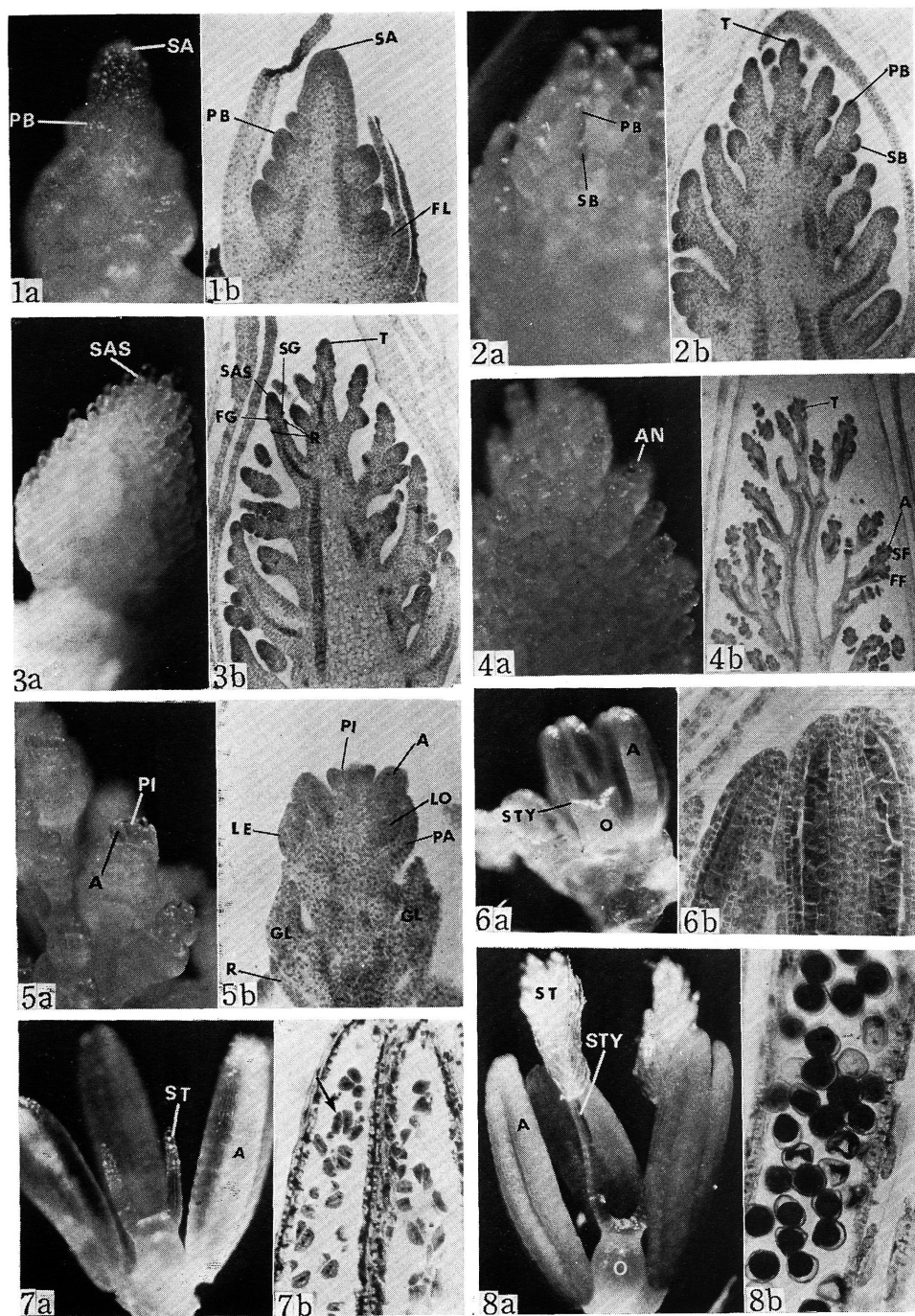
Fig. 4 a and b. Stage XI. Middle differentiating stage of flower primordia. A: Anther. FF: First floret. SF: Second floret. Average length of inflorescence 2.0 cm.

Fig. 5 a and b. Stage XII. Late differentiating stage of flower primordia. PI: Pistil. LO: Lodicule. GL: Glume. LE: Lemma. PA: Palea. Average length of inflorescence 5.0 cm.

Fig. 6 a and b. Stage XIII. Differentiating stage of pollen mother cell. Fig. 6a shows stamens and pistil at the beginning stage of the differentiation of styles. STY: Style. O: Ovary. Average length of inflorescence 6.0 cm.

Fig. 7 a and b. Stage XVI. Second meiotic division stage. Fig. 7a shows a floret having papillae, the primordia of the stigmatic branches, at the tip of each style. ST: Stigma. Average length of inflorescence 16.0 cm.

Fig. 8 a and b. Stage XXI. Ripe stage of pollen. Fig. 8a shows styles and stigmatic branches in the fully developed floret. Average length of inflorescence 32 cm.



暖地型牧草における幼穂の發育

Explanation of Plate 7

Inflorescence Development of *Kazungula setaria*

Fig. 1 a and b. Stage IV. Early differentiating stage of inflorescence formation, showing several secondary protuberance primordia. SA: Shoot apex. FL: Flag leaf primordia. SP: Secondary protuberance primordia. Average length of inflorescence 0.02 cm.

Fig. 2 a and b. Stage V. Middle differentiating stage of secondary protuberance primordia. Average length of inflorescence 0.05 cm.

Fig. 3 a and b. Stage VIII. Late differentiating stage of tertiary protuberance primordia (bristle primordia). TP: Tertiary protuberance primordia. Average length of inflorescence 0.4 cm.

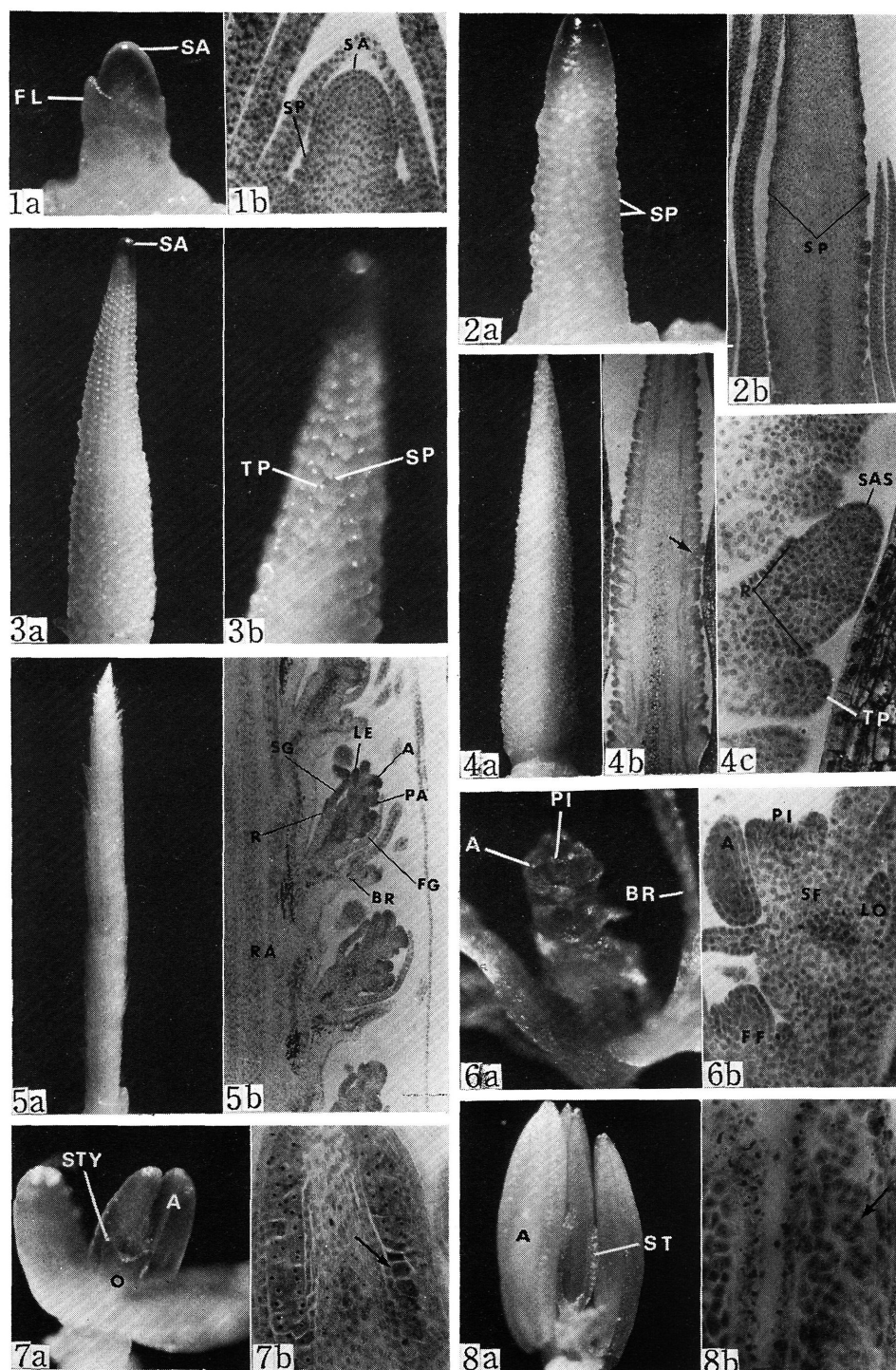
Fig. 4 a, b and c. Stage IX. Beginning stage of flower primordia. SAS: Shoot apex of a spikelet. R: Rudimentary glume primordia. Average length of inflorescence 0.5 cm.

Fig. 5 a and b. Stage XI. Middle differentiating stage of flower primordia. Bristles cover the differentiated florets from secondary protuberance primordia. BR: Bristle. FG: First glume. SG: second glume. LE: Lemma. PA: Palea. A: Anther. Average length of inflorescence 1.1 cm.

Fig. 6 a and b. Stage XII. Late differentiating stage of flower primordia. PI: Pistil. LO: Lodicule. FF: First floret. SF: Second floret. Average length of inflorescence 3.0 cm.

Fig. 7 a and b. Stage XV. First meiotic division stage of pollen. O: Ovary. STY: Style. Average length of inflorescence 9.0 cm.

Fig. 8 a and b. Stage XVII. Tetrad stage of pollen. ST: Stigma. Average length of inflorescence 20.0 cm.



暖地型牧草における幼穂の發育