

飼料作物の消化率に関する研究 (2)

誌名	日本草地学会誌
ISSN	04475933
著者	正岡, 淑邦 高野, 信雄
巻/号	31巻1号
掲載ページ	p. 117-122
発行年月	1985年4月

飼料作物の消化率に関する研究

II. 分げつ数を異にするソルガム（センダチとヒロミドリ） の細胞壁消化におよぼす栽植密度の影響

正岡淑邦・高野信雄*

要 旨

正岡淑邦・高野信雄 (1985) : 飼料作物の消化率に関する研究 II. 分げつ数を異にするソルガム（センダチとヒロミドリ）の細胞壁消化に及ぼす栽植密度の影響. 日草誌 31, 117-122.

分げつ発生数の多いセンダチと少ないヒロミドリの2種類のソルガムを用いて生育の進行や栽植密度の違いが細胞壁構成物質 (CWC) の生成やセルラーゼによる CWC 消化率におよぼす影響を検討した。栽植密度は3段階で、うね幅と株間を 30 cm×5 cm, 60 cm×10 cm, 90 cm×30 cm とした。

1) センダチは出穂以後も単位面積当りの乾物収量が増加した。この増加部分は難消化性 CWC が大部分を占めた。細胞壁中のヘミセルロースとリグニンの各構成比は生育の進行とともに増加し、セルロースは低下した。2) 密植すると各品種とも葉身比は低下し、出穂や開花時期が数日早まった。3) センダチの分げつ茎の CWC 含有率は主稈のそれと同様に密植すると増加した。分げつ茎の CWC 分解率は主稈のそれと大差がなく、この部分による CWC 消化率向上の効果は小さいと考えられた。密植は CWC 中のヘミセルロースとリグニンの構成比を増加させた。4) 密植すると単位面積当りの乾物収量は増加した。しかし乾物消化率は低下するため、可消化乾物収量の密度差は小さくなった。

以上より、ソルガムは密植するとヘミセルロースやリグニンなどの細胞壁物質の生成作用が活発になり老化が促進されると判断された。また、いずれの品種も分げつの有無にほとんど影響されず可消化乾物収量を最大にする適正密度が存在すると考えられた。

キーワード: ソルガム, 栽植密度, 細胞壁構成物質, ヘミセルロース, リグニン.

緒 言

前報¹⁾では分げつ発生数の多いスーダン型ソルガム品種 (スダックス) を密植すると *in vitro* 乾物消化率 (IVDMD) が低下する現象を報告した。密植は植物体中に細胞壁構成物質 (CWC) やリグニンの含有率の増加を促した。形態的には茎が細くなり、ほとんど無分げつとなった。しかし、ソルガム属では分げつ発生数が品種、系統によって極めて異なるため、ソルガム属全般について同様な結果を生じるか否か明らかでない。一方、密植による細胞壁の硬化は植物体の老化促進を示唆するものである。前報ではこれらの検討が十分でなかったため、分げつ発生数の異なる品種を用いて生育にともなう細胞壁成分の変化様式と栽植密度の関係を検討した。

材料ならびに方法

多けつ性のセンダチ (スーダン型ソルガム) と少けつ性のヒロミドリ (ソルゴー型ソルガム) を供試し、栽植密度を3段階、畦幅と株間は密植区では 67 本/m², 標準区では 17 本/m², 疎植では 4 本/m² とし、1979 年 5 月 24 日に圃場へ播種した。試験区は2反復設け、施肥は全区同一で 10 a 当り苦土石灰 100 kg, ようりん 65 kg を施肥し、化成肥料 (15 : 15 : 15) と硫酸を加えて N, P₂O₅, K₂O が各々 20, 17, 30 kg となるようにした。追肥は 7 月 3 日に、硫酸と塩化加里を用いて N, K₂O として各々 10.8 kg/10 a 施肥した。栽培面積、間引き、刈取り方法は前報と同様である。7 月 23 日, 8 月 1 日, 8 月 10 日, 8 月 21 日に地表 10 cm 以上の全地上部を採取した。なお、センダチでは 8 月 1 日の試料を主稈と分げつに分離した。

各試料は前報と同様に乾燥、粉碎後、*in vitro* 乾物消化率 (IVDMD) および細胞壁構成成分の分析^{1,2,4)} をおこなった。

農林水産省草地試験場 (329-27 栃木県那須郡西那須野町 千本松 768)

* 現 東北農業試験場 (020-01 盛岡市下厨川赤平四)

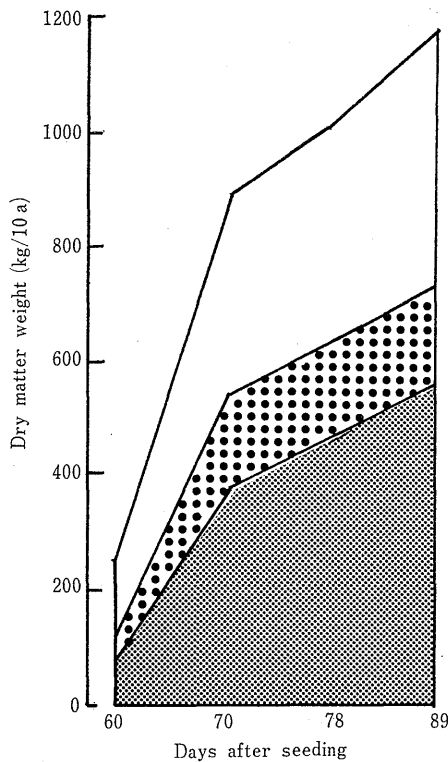


Fig. 1. Changes in the yields of CC and CWC with growth of sorghum. □: CC; ●: Digestible CWC; ▨: Indigestible CWC.

結果ならびに考察

1. 生育にともなう CWC の変化

標準密度区におけるセンダチを使用して生育にともなう IVDMD の変化と細胞壁生産量の関係を調査した。生産される乾物量を細胞内容物 (CC) および 1% セルラーゼで 4 時間以内に分解される易分解性 CWC (DCWC) とその残渣の難分解性 CWC (IDCWC) に区別し、10 a 当りの乾物重に換算して図 1 に示した。播種後 60 日から 70 日の間 (7 月 23 日から 8 月 1 日の間) の変化が最も大きく、とくに IDCWC の増加が最大で、次いで CC であった。DCWC の増加は少なかった。播種後 70 日以後、IDCWC と CC はほぼ直線的に漸増し、89 日 (8 月 21 日) までの 19 日間に全体に占める割合は IDCWC で 55.1%、また CC で 46.7% 増加した。しかし、DCWC は 70 日の出穂以後ほとんど増加せず、むしろ若干減少した (-1.8%)。IDCWC の増加の大部分は茎の節間伸長によるものであり、また CC の増加は子実の増加によるものと考えられる。

生育がすすむと IVDMD は低下し、播種後 60 日で

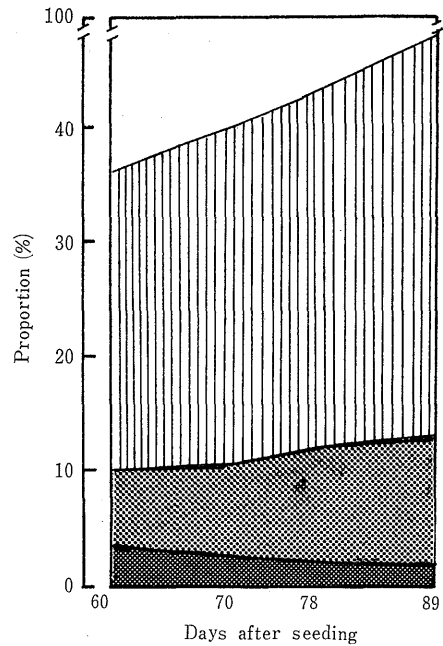


Fig. 2. Changes in the proportion of cellulose, hemicellulose, lignin and silica with growth of sorghum. □: Cellulose; ▨: Hemicellulose; ▨: Lignin; ■: Silica.

63.2%、70 日で 55.4%、78 日 (8 月 10 日) で 53.2%、89 日で 51.9% となった。CWCD も同時期で 33.5%、25.6%、22.6%、17.6% に低下した。この IVDMD や CWCD の経日的低下は出穂期以後に生じた乾物収量の増加部分の大半が IDCWC であるためと考えられる。

CWCD の生育にともなう変化を細胞壁内の構成比であらわし、図 2 に示した。播種後 60 日から 80 日の間に CWC 中のセルロース構成比は直線的に減少し、逆にヘミセルロースとリグニンの構成比が漸増した。ケイ酸は生育の進行にともなう増減が明らかでなかった。WAITE ら¹⁰⁾、MORRISON は⁸⁾ ライグラス、オーチャードグラス、チモシーなど寒地型飼料作物を用いて乾物消化率が生育にともなって低下する際にヘミセルロースが増加するのを認めている。暖地型飼料作物についてもリグニン含有率の比較的高い生育のすすんだ材料ではヘミセルロースを多く含むほど CWCD が低いことを著者らは既に報告している⁷⁾。ソルガムの場合も細胞壁中のヘミセルロースはリグニンとともに難分解性成分の形成に関与していると考えられる。また、このような CWC の成分変化は植物体の老化の現象の一つと思われた。

2. 茎葉構成比の密度間差

表 1 に各刈取り時の乾物当りの葉身重と分けつ重を比

率で示した。密度が高まるといずれの品質も出穂や開花が数日早まり、早生化した。また葉身重や分けつ重の比率は低下する傾向を示した。密植区ではいずれの品質も

分けつを生じなかった。疎植にするとセンダチでは分けつが多数生じ、全乾物重の70—80%を占めた。一方、ヒロミドリは分けつ数が極めて少なく、さらに生育後期

Table 1. Effects of planting density on leaf blade ratio and tillers weight at different growth stages.

Growth period (days)	Planting density	Sendachi			Hiromidori		
		Growth stage	Leaf blade ratio (%)	T/W ^{a)} (%)	Growth stage	Leaf blade ratio (%)	T/W ^{a)} (%)
60	High	Flag leaf	34.5	0	B. F. L.	51.1	0
	Medium	Flag leaf	40.2	32.0	B. F. L.	51.3	0
	Low	B. F. L. ^{b)}	55.7	65.8	B. F. L.	58.6	43.7
70	High	Heading	18.6	0	B. F. L.	34.9	0
	Medium	Heading	17.0	34.9	B. F. L.	40.4	0
	Low	Heading	31.7	70.4	B. F. L.	40.3	24.6
78	High	Flowering	17.5	0	Boot	33.3	0
	Medium	Flowering	20.9	14.2	B. F. L.	30.0	0
	Low	Flowering	23.6	78.5	B. F. L.	47.4	19.7
89	High	Dough	18.1	0	Milk	20.0	0
	Medium	Soft dough	18.2	12.2	Heading	24.3	0
	Low	Soft dough	17.3	73.9	Heading	30.2	17.2

a) T/W: Tillers dry weight/Dry weight of whole plant.

b) B. F. L.: Before flag leaf stage.

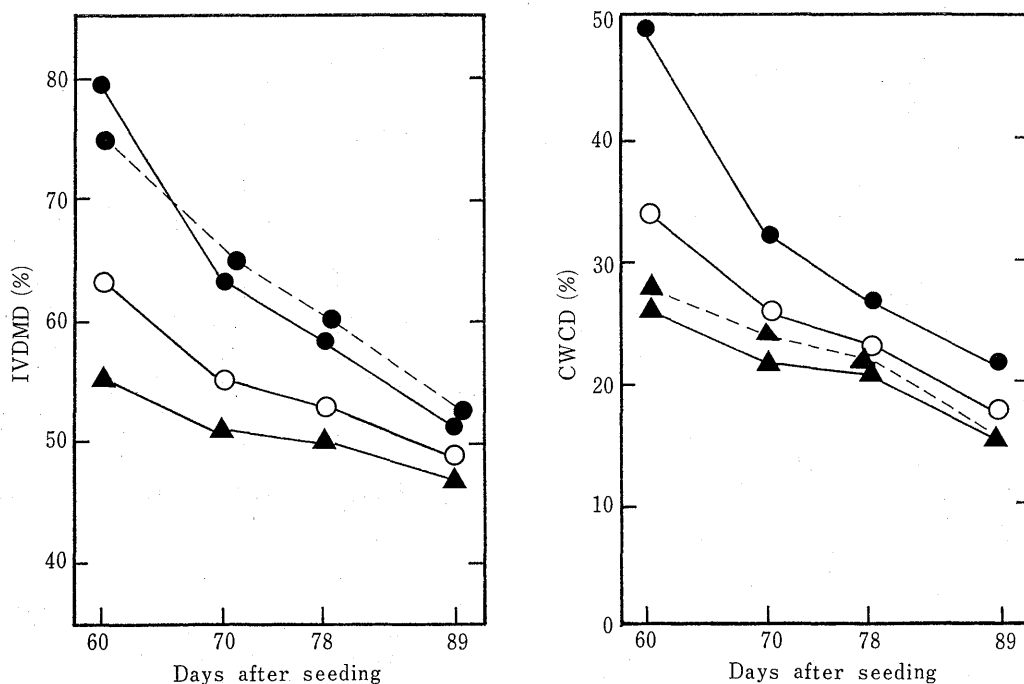


Fig. 3. Effects of planting density on IVDMD and CWCD of Sendachi and Hiromidori. Planting density: ●: Low; ○: Medium; ▲: High. —: Sendachi; ----: Hiromidori.

Table 2. CWC contents and CWCD at different planting densities of sorghum (Sendachi) harvested on Aug. 1.

Planting density	CWC contents (% of DM)			CWC digestibility (%)		
	Whole plant	Main stem	Tiller stem	Whole plant	Main stem	Tiller stem
High	62.6	66.4	—	21.3	18.6	—
Medium	60.1	62.5	65.1	25.6	22.1	19.0
Low	54.5	61.4	60.0	31.9	28.5	29.2

では、主稈の生長が著しくなり、分げつ重の比率が低下した。播種後78日目(8月10日)には全乾物重の20%を下まわった。

3. IVDMD, CWCD と栽植密度の関係

各品種の IVDMD と CWCD が生育の進行にともなうて変化の様子を密度別に図3に示した。密植区の IVDMD と CWCD はいずれの品種も低く、とくに生育の前期(播種後60日)では疎植区との差が著しかったが、生育がすすむと疎植区の IVDMD や CWCD の低下の割合が大きくなり、密度間差は小さくなった。IVDMD や CWCD の密度間の増減関係はセンダチとヒロミドリではほぼ同様に認められた。

次に主稈と分げつ茎の CWC 含有率ならびに CWCD をセンダチの8月1日刈取りの材料で比較し、表2に示した。分げつ茎は数本から十数本の分げつ茎を全て含めて扱った。分げつ茎は主稈よりも大幅に生育日数が少なく、若い植物組織であるが、CWC 含有率やその分解率は主稈とほぼ同様な値を示し、密植するほど CWCD は低下した。高密度は分げつの有無にかかわらず CWCD の低下を招くと判断される。

DEINUM は⁹⁾トウモロコシについて、WILSON¹¹⁾はグリーンパニックについて葉位と消化率の関係を調べ、展開直後の若い葉の乾物消化率は古い下位葉に比べて同程度またはむしろ低くなると報告している。本実験は主稈と分げつ茎を比較したものであり、部位はこれらの報告と異なる。しかし、出穂直前期ではたとえ新しく生産された組織であっても消化率が低い点は一致している。これは分げつ茎中に生成する細胞壁の構成諸成分が主稈の年齢に影響を受けて変動するためと考えられる。

4. 栽植密度と細胞壁構成成分の関係

図4にセンダチの細胞壁構成成分を密度間で比較して示した。密植するとヘミセルロースやリグニンが増加する傾向を示した。逆にセルロースは減少した。これらの諸成分含有率の密植にともなう変化の様子は生育が進行した場合によく観察される細胞壁構成成分の変化に類似している。このほか密植による出穂や開花時期の早期化

現象を考え合わせると、密植は分げつの有無にかかわらず植物体の老化を促進させると思われる。

なお、植物の栄養生理面では窒素供給源の形態的差異が植物体の老化の速さに影響するといわれている。尾形は窒素(N)の栄養環境がえん麦の細胞壁生成に影響すると報告しており、アンモニア態Nを与えた場合、硝酸態N供給に比べてリグニン生成を促し、植物体の老化を早めるのを認めた⁹⁾。細胞壁の生成とその化学成分含有率は生育環境の影響を受けて変化するとおもわれる。一方、本実験の密植環境が植物体の老化を促進させる生理的作用については現在不明であり、今後解析が必要であろう。

前報で供試したスダックス、本実験に供試したセンダチはヒロミドリに比べて分げつ数が多く、形態的に異なる。しかし、いずれもグレイン型ソルガムに比べると子

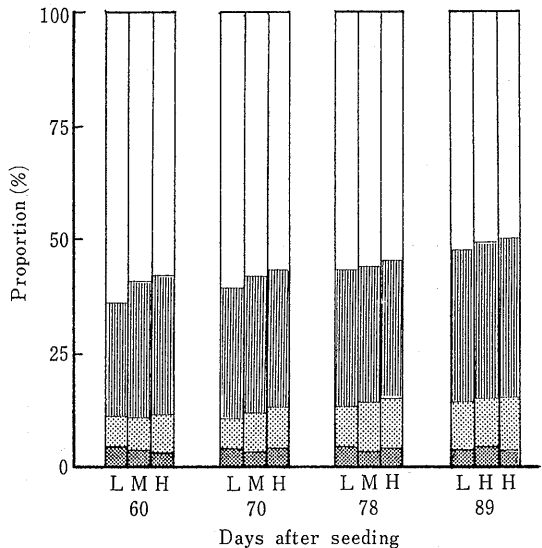


Fig. 4. Effects of planting density on the proportions of cellulose, hemicellulose, lignin and silica to CWC at four harvest dates. Planting density: L: Low, M: Medium, H: High. □: Cellulose; ▨: Hemicellulose; ▩: Lignin; ■: Silica.

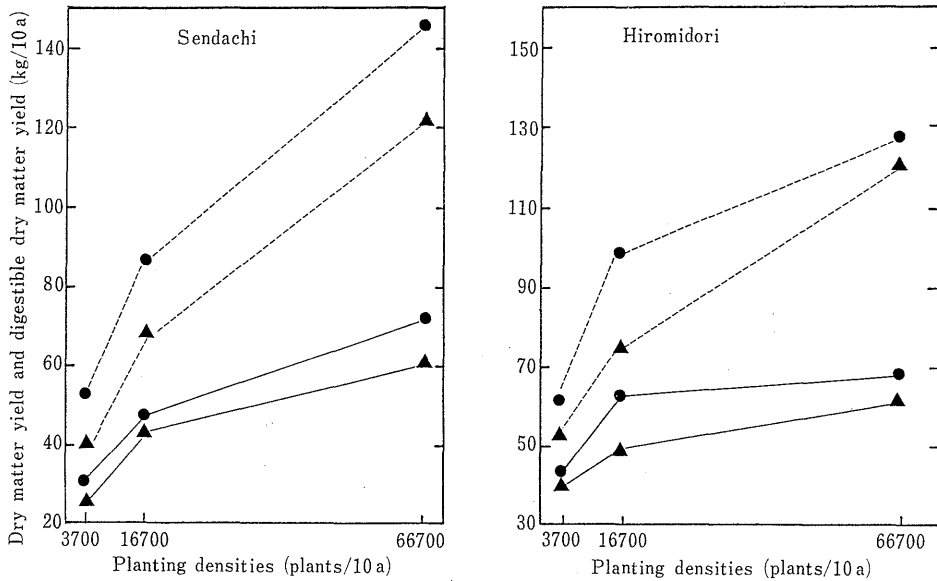


Fig. 5. Relationships between dry matter yield and planting density, and digestible dry matter yield and planting density of sorghums. ----: Dry matter yield, —: digestible dry matter yield, ▲: Harvested at boot stage, ●: harvested at heading stage.

実収量が少ないため茎葉部の消化率向上に重点を置く必要がある。図1に示す結果から IDCWC の生産割合が比較的少ない出穂期頃までに収穫するのが望ましいであろう。ただしこの時期においても過密植は乾物収量を増加させる反面、図3に示すようになかなか低い消化率になるため、適度な栽植密度が必要である。図5に止葉期（7月23日）と出穂期（8月1日）における可消化乾物（DDM）収量を示した。各品種とも乾物収量に比べて DDM 収量の密度間差は小さく、密植区が最高の DDM 収量を得た。しかし、本実験では密度処理数が3段階と少ないため、本実験における密植区が最適か否かは明らかでない。なお、ヒロミドリでは標準区と密植区の間で DDM 収量に大差が認められないことから、この2つの栽植密度の間に可消化成分の最大収量が望まれる密度が存在すると考えられる。

本実験により、ソルガムの栽植密度が細胞壁生成量やその構成要素のバランスに影響することを明らかにした。飼料作物の品質を改善するためには育種的手法が必要である一方、このような生育環境の制御によってもある程度改善を望めると考えられる。しかし本報告のようにリグニンやヘミセルロースなど消化率の低い成分が栽植密度によってその含有率を変化させる点を明らかにし、これらの成分の増加が抑制できる密度環境を配慮して品質改善をはかろうとする例は今だに少ない。生育環

境条件が良くないために乾物収量は確保できても飼料品質の低い材料を生産している例が少なくないと思われる。

暖地型飼料作物は高温環境下で多収性を望める草種が多く、ソルガムはその一例であるが飼料品質、とくに消化率の観点からは生育環境が細胞壁生成におよぼす影響について今後解析する必要がある。

引用文献

- 1) 阿部 亮・堀井 聡 (1974) 日草誌 20, 16-21.
- 2) ABE, A. and S. HORII (1979) *J. Japan. Grassl. Sci.* 25, 70-75.
- 3) DEINUM, B (1976) In 'Carbohydrate research in plants and animals'. *Landbouwhog. Wageningen Misc. pap. No. 12*, pp.29-41.
- 4) GEORING, H. K. and P. J. VAN SOEST (1970) *Forage fiber analysis. USDA Agric. Handb. no. 379*.
- 5) 川嶋良一 (1984) 新編 農作物品種解説. 農業技術協会. 291-296.
- 6) 正岡淑邦・高野信雄 (1980) 日草誌 26, 174-184.
- 7) ———— (1984) 投稿中.
- 8) MORRISON, I. M. (1980) *Grass and Forage Sci.* 35, 287-293.
- 9) 尾形昭逸 (1963) 土肥誌 34, 318-322.
- 10) WAITE, R., M. J. JOHNSTON and D. G. ARMSTRONG (1964) *J. Agric. Sci., Camb.* 62, 391-398.

- 11) WILSON, J.R. (1973) *Aust. J. agric. Res.* 24, 543-556.

(昭和59年7月27日理受)

Studies on the Digestibility of Forage Crops

- II. Effect of planting density on cell wall digestibility by cellulase using two sorghum cultivars (Sendachi and Hiromidori) of different tillering habit.

Yoshikuni MASAOKA and Nobuo TAKANO*

National Grassland Research Institute, Nishinasuno, Tochigi 329-27

* Tohoku Natl. Agr. Exp. Sta., Shimokuriyagawa, Morioka 020-01

Summary

The effect of planting density on cell wall synthesis and its digestibility by cellulase was investigated using two sorghum cultivars (Sendachi & Hiromidori) of different tillering habit.

Planting densities, inter- and intra-row space, were planned as 30×5 cm, 60×10 cm and 90×30 cm

1) The increase of cell wall constituents (CWC) and the reduction of CWC digestibility (CWCD) by cellulase were investigated in Sendachi. Indigestible CWC increased with maturing to the dough stage, while digestible CWC decreased. This phenomenon accelerated the formation of (indigestible constituents such as) lignin and hemicellulose.

2) A major portion of dry matter substance was distributed in to the abundant tillers of the cultivar Sendachi, while it was found in the main stem of Hiromidori.

With increasing planting density the leaf proportion decreased and the maturation advanced in both cultivars. A decreasing of *in vitro* dry matter digestibility (IVDMD) and CWCD was seen when planting density increased. There was little or no differences in these variations between the two sorghum cultivars.

3) High planting density reduced CWCD in tillers as well as in the main stems of Sendachi. This means that high planting density causes the decreases of IVDMD and CWCD in sorghum regardless of its varietal tillering habits.

4) With the increasing of planting density, dry matter yield increased, but digestible dry matter yields was almost unchanged (especially in Hiromidori.)

These results suggest that high planting density promotes cell wall synthesis and maturation in sorghum. It is concluded that an optimal planting density would supply the highest digestible dry matter production in sorghum, even though, it has a tillering habit or not.

Key words: Planting density, Tillering habit, Cell wall constituents, Hemicellulose, Lignin.

(J. Japan. Grassl. Sci., 31, 117-122, 1985)