

播種密度がコーンおよびソルゴの生産量におよぼす影響

木下繁雄*・山根幹世*・小原隆三*・大浦良三**・関根純二郎**

平成2年5月31日受付

Effects of Planting Rates on Nutrient Yield of Corn and Sorgo

Shigeo KINOSHITA*, Mikiyo YAMANE*, Ryuzo KOBARA*,
Ryozo OURA** and Junjiro SEKINE**

In order to study effects of planting rate on nutrient yields of corn and sorgo, four breeds of corn and five breeds of sorgo were sown at the rates of 14000 and 17000 seeds/10 a for corn and 1.7, 2.6 and 4.2 kg of seeds/10 a for sorgo. Plants were grown for 86 days from 7th of June and harvested on 1st of September. During the period of 7 days before and after the harvest, digestion trial was carried out by using sheep and goats. Yield of total digestible nutrients (TDN) and digestible crude protein (DCP) were calculated by using results of the digestion trial. The results were as follows: 1) Corn with a higher planting rate showed lower germination percentage than that with a lower rate. Thus, the rate of plants harvested per seeds sown was about the same between the two planting rates. The germination percentage of sorgo was considerably low irrespective of planting rates. 2) There were no significant differences in dry matter, TDN and DCP among the planting rates. 3) The conclusion is that an increased planting rate may not always guarantee an improved production in corn and sorgo.

緒 言

コーンおよびソルゴは、単位面積当りの収量が多く、飼料生産効率が良いため青刈りあるいはサイレージ原料として広く利用されている。これらの飼料作物は暖地型の作物であり、成育が進むと乾物収量は多くなるが、木

質化も進み消化率が低下し栄養分収量は低くなることもある⁶⁾。したがって、これらの作物の栽培、利用には単位面積当りの栄養分収量による評価が必要となる。また、コーンは養分収奪量が多く栽培密度を高くすると収量が上がらないことから、かつては10a当り1,500-2,000本程度の密度が推奨されていた¹⁾。その後品種改良が進

* 鳥取大学農学部附属農場

* *The University Farm, Faculty of Agriculture, Tottori University*

** 鳥取大学農学部獣医学科畜産学研究室

** *Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Tottori University*

み5,000本程度までになったが¹⁾、現在では7,000-8,000本/10aが推奨されるにいたっている。ソルゴーでは、1-2kg/10aの播種量が適正であるといわれていたが¹⁾、現在では2-4kg/10aが推奨されている。そこで、本研究では、更に栽培密度を高くして単位面積当りの収量を増加させることが可能であるかを明らかにする目的で、コーンおよびソルゴーの栽培試験を行った。

材料および方法

コーンでは、14,000および17,000本/10aとなるように70cmの畦間隔で全長51mの畦2列に播種した。ソルゴーは、1.7、2.6および4.2kg/10aの播種量として、70cm間隔の全長51mの畦1列に播種した。用いた品種は、バイオニア系2号(P2)、デントコーンG4513、G4743およびユウミー113(Y113)の4種のコーンとハイブリッドソルゴー(HS)、ミニソルゴー(MS)、ミルクソルゴー(MKS)、サイレーズソルゴー(SLS)および甘味ソルゴー(SWS)の5種のソルゴーであった。播種は、6月7日に行った。播種後3週間間隔で各列10mにおける発芽個体数、虫害数および草丈を測定した。収穫は9月1日とし、調査地点の作物を刈取り、全体、葉部、茎部および雌穂部重量を測定した。また、その前後の時期にコーンを毎日刈取り、緬羊および山羊を用いて全糞採集法により14日間の消化試験を行った。ソルゴーについても同様に継続して消化試験を行った。したがって、コーンとソルゴーの栄養評価には2週間の開きがあった。作物のサンプルは、毎日刈取ったものの一部を55°Cの送風乾燥機により風乾し、すべてを混合して調製した。糞は、試験期に毎日朝夕の飼料給与前に全量を計量しその10%量を取り、風乾し、混合して分析に供した。給与飼料、残食および糞の一般成分含量は、AOAC²⁾の方法により、酸性デタージェント繊維(ADF)はGOERINGおよびVAN SOEST³⁾の方法により分析した。消化試験の結果を用いてTDNおよびDCPを算出した。得られた結果は、SNEDECORの方法⁹⁾により統計分析を行った。施肥は、尿素入燐安48号を56kg/10a施した。

結 果

コーンおよびソルゴーの各調査日における出芽・現存数、虫害の状況および草丈を品種別にTable 1に示した。コーンでは、播種密度の低い区において、出芽率は比較的高く95%以上であったが、密度の高い区においては58-83%と播種密度の低い区より劣る結果となった。しかし、収穫時期では播種密度の高い区において低い区より

収穫本数が少ない傾向はあるものの統計的には有意な違いは認められなかった。草丈は、播種密度による違いはなく両区ともほぼ同じ程度であった。ソルゴーでは、全体的に出芽率は低く播種密度に関係なく、4-25%であり、SLSの播種密度1.7kg/10aの区では約2%、また、2.6kg/10aの区においては0であった。収穫時期では、播種密度が高い区ほど本数が増える結果となった。草丈は、播種密度が高いほど低くなる傾向はあるものの統計的には有意な違いは認められなかった。虫害は、コーンにおいては7月初めからすべての品種において播種密度に関係なく発生が認められ、最も被害が大きくなるのは8月中旬以降であった。ソルゴーにおいては、虫害の発生が認められるのは品種によりコーンより遅いものもあったが、最大となるのは7月中旬から8月初めにかけてであった。

収穫時における乾物、TDNおよびDCP収量をTable 2に示した。また、播種粒数に対する収穫本数を個体収穫率として示した。コーンの乾物収量は、播種密度の低い区で大となる傾向が認められたものの統計的に有意な違いはなかった。P2、G4513およびY113では、播種密度の低い区がほぼ倍近い乾物収量となった。G4743では播種密度の高い区でやや大となったが、その違いは大きなものではなかった。TDN収量もほぼ乾物収量のそれと同じ傾向を示した。DCP収量は、播種密度に関係なくほぼ70kg/10a程度であった。個体収穫率は、播種密度の低い区では0.82となり播種した種子の約8割以上が収穫できたのに対し播種密度の高い区では0.60と低い収穫率となった。ソルゴー乾物収量は2.6kg/10aの区で最も高くなる傾向があったが有意な違いは認められなかった。TDNおよびDCP収量も2.6kg/10aの区で最も高くなる傾向が認められたが、統計的には有意な違いはなかった。しかし、品種別に見ると、すべての播種密度において、乾物、TDN、DCP収量ともにミニソルゴーが他の品種に比べて極端に低い値となった。ソルゴーの個体収穫率はコーンに比べてかなり低く、1.7kg/10aの区の0.23が最大であった。また、サイレーズソルゴーでは、播種密度1.7および2.6kg/10aの区においては、収穫個体は0であった。

Table 1. Standing crops, insect damage and mean height of plant on the day of each survey for four breeds of corn and five breeds of sorgo sown at different planting rates

	Seeds sown seeds/m ²	Standing crops crops/m ²	Insect damage %	Plant height cm	
				Mean	SD
Corn P 2 ¹⁾					
June 7	14.3				
June 23		14.3	0	18	4
July 1		14.3	22.7	62	5
July 21		14.3	27.2	143	16
Aug. 4		14.3	27.2	193	18
Aug. 18		14.3	68.2	205	30
Sept. 1		13.0	5.0	199	35
G 4743					
June 7	14.3				
June 23		13.6	0	18	3
July 1		12.3	10.5	77	5
July 21		12.3	10.5	142	18
Aug. 4		9.1	10.5	234	32
Aug. 18		9.1	100.0	248	15
Sept. 1		9.1	100.0	266	13
G 4513					
June 7	14.3				
June 23		14.3	9.1	24	3
July 1		13.6	9.1	67	5
July 21		13.6	19.0	163	9
Aug. 4		12.3	21.1	235	14
Aug. 18		11.0	47.1	233	33
Sept. 1		11.0	35.3	216	32
Y 113					
June 7	14.3				
June 23		13.6	0	23	3
July 1		14.3	4.5	70	6
July 21		14.3	36.4	139	28
Aug. 4		13.6	36.4	189	42
Aug. 18		13.6	100.0	216	26
Sept. 1		13.6	100.0	193	46
Mean at harvest	14.3	11.7 ± 2.0 ²⁾		219 ± 33 ³⁾	
Corn P 2					
June 7	17.1				
June 23		11.4	0	17	2
July 1		11.4	37.5	67	10
July 21		11.4	43.8	144	13
Aug. 4		10.0	21.4	214	11
Aug. 18		10.0	57.1	233	34
Sept. 1		8.6	50.0	234	31
G 4743					
June 7	17.1				
June 23		14.2	0	22	3
July 1		15.0	4.8	71	5
July 21		13.5	10.5	150	17
Aug. 4		13.5	10.5	227	23
Aug. 18		13.5	100.0	251	7
Sept. 1		13.5	89.5	247	14
G 4513					
June 7	17.1				
June 23		14.2	0	23	1
July 1		13.5	10.5	70	5
July 21		13.5	36.8	151	19
Aug. 4		11.4	37.5	234	12
Aug. 18		10.7	93.3	222	25
Sept. 1		10.7	93.3	237	14

	Seeds sown seeds/m ²	Standing crops crops/m ²	Insect damage %	Plant height cm	
				Mean	SD
Sorgo HS					
June 7	17.1				
June 23		10.0	0	23	4
July 1		10.7	6.7	68	8
July 21		10.0	35.7	143	34
Aug. 4		9.3	38.5	215	31
Aug. 18		8.6	100.0	229	18
Sept. 1		7.8	90.9	229	14
Mean at harvest	17.1	10.2 ± 2.5		237 ± 7	
Sorgo HS					
June 7	1.7 (76.2) ⁴⁾				
June 23		11.4	0	9	3
July 1		11.4	0	30	8
July 21		8.6	58.3	76	20
Aug. 4		8.6	66.7	134	25
Aug. 18		5.0	0	155	47
Sept. 1		4.3	0	279	34
MS					
June 7	1.7 (76.2)				
June 23		3.6	0	9	1
July 1		3.6	20.0	33	6
July 21		3.6	80.0	77	8
Aug. 4		3.6	0	98	6
Aug. 18		3.6	0	125	13
Sept. 1		3.6	0	139	10
MKS					
June 7	1.7 (76.2)				
June 23		2.9	0	8	2
July 1		2.9	0	38	13
July 21		2.9	100.0	90	7
Aug. 4		2.9	0	138	20
Aug. 18		2.9	50.0	194	24
Sept. 1		2.9	50.0	294	34
SWS					
June 7	1.7 (76.2)				
June 23		20.0	0	9	2
July 1		15.0	14.3	34	8
July 21		17.5	32.0	100	11
Aug. 4		22.1	3.2	153	18
Aug. 18		-	-	-	-
Sept. 1		20.7	37.9	236	51
Mean at harvest	1.7 (76.2)	7.9 ± 8.5		237 ± 69	
Sorgo HS					
June 7	2.6 (114.3)				
June 23		14.3	0	9	2
July 1		14.3	0	33	5
July 21		14.3	65.0	107	11
Aug. 4		14.3	70.0	174	29
Aug. 18		14.3	0	236	25
Sept. 1		13.6	0	295	40
MS					
June 7	2.6 (114.3)				
June 23		17.1	0	9	2
July 1		17.1	0	33	6
July 21		17.1	54.2	92	6
Aug. 4		20.0	0	105	5
Aug. 18		17.1	8.3	106	21
Sept. 1		14.3	0	109	18

MKS					MKS				
June 7	2.6(114.3)				June 7	4.2(288)			
June 23	19.3	0	9	9	June 23	35.0	0	11	2
July 1	19.3	14.8	37	10	July 1	32.8	11.1	45	6
July 21	20.0	53.6	97	14	July 21	30.7	22.2	118	12
Aug. 4	22.9	0	170	18	Aug. 4	37.8	0	173	25
Aug. 18	19.3	3.6	198	28	Aug. 18	32.1	8.9	207	16
Sept. 1	19.3	0	272	25	Sept. 1	32.1	0	284	39
SWS					SLS				
June 7	2.6(114.3)				June 7	4.2(288)			
June 23	28.0	0	11	3	June 23	23.6	0	10	4
July 1	29.3	4.9	40	8	July 1	18.6	19.2	46	3
July 21	34.3	39.6	113	14	July 21	22.9	53.1	113	8
Aug. 4	34.3	2.1	140	31	Aug. 4	22.2	61.3	164	27
Aug. 18	-	-	-	-	Aug. 18	17.2	41.7	206	15
Sept. 1	30.7	48.8	230	64	Sept. 1	17.2	12.5	260	8
Mean at harvest	2.6(114.3)	19.5±7.9		227±82	Mean at harvest	4.2(288)			218±82
Seeds sown	Standing crops	Insect damage	Plant height		Seeds sown	Standing crops	Insect damage	Plant height	
seeds/m ²	crops/m ²	%	Mean	SD	seeds/m ²	crops/m ²	%	Mean	SD
Sorgo HS					SWS				
June 7	4.2(288)				June 7	4.2(288)			
June 23	14.3	0	10	3	June 23	52.1	0	10	2
July 1	13.6	0	37	11	July 1	45.0	9.5	46	6
July 21	13.6	36.8	120	16	July 21	45.0	19.0	112	9
Aug. 4	13.6	47.4	161	46	Aug. 4	55.7	0	126	37
Aug. 18	14.3	5.0	207	55	Aug. 18	-	-	-	-
Sept. 1	14.3	0	287	44	Sept. 1	54.3	34.2	148	56
MS					SWS				
June 7	4.2(288)				June 7	4.2(288)			
June 23	32.9	0	9	2	June 23	52.1	0	10	2
July 1	30.0	4.8	40	6	July 1	45.0	9.5	46	6
July 21	29.3	48.8	106	6	July 21	45.0	19.0	112	9
Aug. 4	32.9	0	102	16	Aug. 4	55.7	0	126	37
Aug. 18	31.4	0	105	13	Aug. 18	-	-	-	-
Sept. 1	25.7	0	111	44	Sept. 1	54.3	34.2	148	56

- 1) Abbreviated notations were shown in the text.
- 2) Mean with standard deviation
- 3) Mean with standard error
- 4) Figures in the parentheses show the number of seeds sown per square meter.

Table 2. Yields of dry matter (DM), total digestible nutrients (TDN) and digestible crude protein (DCP) and the rate of plants harvested per seeds sown (R) for 4 breeds of corn and 5 breeds of sorgo sown at different planting rates

Planting rate, seed/m ²	14.3 Yield, kg/10 a				17.1 Yield, kg/10 a							
	DM	TDN	DCP	R	DM	TDN	DCP	R				
Corn breed												
P 2 ¹⁾	1,094	798	43.6	0.91	951	692	50.3	0.50				
G 4743	1,334	1,237	56.9	0.64	1,481	1,375	142.7	0.79				
G 4513	1,424	1,104	75.8	0.77	1,026	999	50.7	0.63				
Y 113	1,853	1,348	93.5	0.95	816	602	35.9	0.46				
Mean	1,443	1,122	67	0.82	1,069	917	70	0.60				
SD ²⁾	322	237	21	0.14	288	349	49	0.14				
Planting rate, g/m	1.7 Yield, kg/10 a				2.6 Yield, kg/10 a				4.2 Yield, kg/10 a			
	DM	TDN	DCP	R	DM	TDN	DCP	R	DM	TDN	DCP	R
Sorgo breed												
HS	480	334	19.7	0.56	1,471	1,010	60.5	0.12	1,278	849	49.1	0.06
MS	128	81	7.2	0.05	381	244	21.8	0.13	573	364	33.5	0.09
MKS	476	318	17.1	0.04	1,640	1,080	47.2	0.18	1,449	1,077	62.7	0.12
SLS	0	0	0	0	0	0	0	0	1,070	659	31.4	0.07
SWS	1,665	1,093	49.3	0.27	2,007	1,206	71.4	0.27	1,164	815	43.9	0.17
Mean	687	457	23	0.23	1,375	885	50	0.17	1,107	753	44	0.10
SD	672	440	18	0.24	699	434	21	0.06	330	264	12	0.04

- 1) Abbreviated notations were shown in the text.
- 2) Standard deviation

考 察

コーンおよびソルゴの草丈は、播種密度による違いはなく220–240cm程度であった。細山田および日高の結果⁴⁾によれば、家畜の糞尿を多量に施肥した場合のコーンで240–270cmであったことから、本研究の結果は、やや施肥量が不足していたとも考えられる。また、虫害の発生およびその最大被害時期がコーンおよびソルゴで1カ月程違いがあった。虫害の原因となる虫の種類は調査は行っていないが、アワノメイガ、イネヨトウ等の幼虫によるものが多かったと推察される。イネヨトウは東北以南では通常年3化するが、1化期は5月下旬から6月上旬で、コーンに好んで産卵し被害をもたらす⁹⁾。そのため防除策として播種時期を6月上旬まで遅らせる方法もとられている⁹⁾。さらに、コーンでは、1化期の幼虫の被害は大きい、2化期以降の被害は少ないとも言われている¹¹⁾。アワノメイガは年2化または3化であるという^{5, 11)}。いずれの場合も、2化期は7月中旬から8月上旬にかけてであるので、その幼虫が発生し被害が出たとも考えられる。また、両者が原因となったとも考えられるが、作物種による耐性も異なると推察されるので、虫害発生時期が両作物において異なることの原因を明らかにすることはできなかった。しかし、コーン、ソルゴとも種実収穫を目標とせず青刈収穫であったことから、養分収量に対する虫害の影響があまり大きく現われて来なかったものと推察される。

コーンの発芽率は、14,300粒/10aの区では95–100%であったのに対し17,100/10aの区ではY113, P2, G4743, G4513で各々58, 67, 83, 83%となり播種密度の高い区において発芽率が低くなった。したがって、単位面積当りの密度が異なるように播種を行ったが、栽培植物体の単位面積当りの本数は両区ともほぼ同じような程度になった。また、個体収穫率が播種密度の高い区において播種数の6割と低くなっていた。これらのことから、両区における乾物、TDN、DCP収量に有意な違いが認められなかったものと推察される。同じくソルゴにおいても、発芽率、個体収穫率共にかなり低いものであったことから、播種密度による収量に違いが認められなかったと考えられる。

本研究の結果では、コーンの乾物収量の平均が、1,069–1,443kg/10aであり、昭和63年度の調査で示された生草収量⁹⁾と標準成分値⁷⁾を用いて算定した乾物収量(1,067–1,220kg/10a)に比べて遜色のないものである。また、栄養収量においても、TDNおよびDCP収量も

917–1,122および6,770kg/10aであり、上記により算定した収量(939–1,075および59–68kg/10a)に優るとも劣らない結果となった。さらに、九州西南暖地において、7,140本/10aの密度で液状厩肥を10a当り6から30t施肥したコーンのTDNおよびDCPの収量は、800および70kg/10aであったと言う⁴⁾。本研究の収量はDCPこそ同じであるが、TDNにおいては優るものであった。しかし、播種量は2倍であったことから、収量増加の有利さはあまり大きいとは言えないであろうと推察される。ソルゴにおいて上記の値^{7, 8)}を用いて算定すると、乾物、TDN、DCPそれぞれ1,260–1,590, 709–894, 32–40kg/10aとなり、本研究における平均値は、1.7kg/10aの播種密度ではそれぞれ、687, 457, 23kg/10aとなり、かなり収量が劣っていた。しかし、他の二つの密度においては、乾物収量がやや劣るもののTDNおよびDCPの収量は、同程度か優るものであった。さらに、本研究における平均値には、収量の非常に少ないミニソルゴの結果も含まれていることを考慮するならば乾物収量も算定値に匹敵するものであったと推察される。しかし、コーンにおける同様に、播種密度を増加しても収量の大きな増加は期待できないと推察した。肉用牛生産の低コスト化のための自給飼料としてのコーンの生産量は、中国、四国地方で、乾物1,680kg/10a, TDN1,140kg/10aが必要であると言われている¹⁰⁾。本研究の結果から、単位面積当りの播種密度を高くして収量の増加を図ることは、あまり期待できないと思われる。肥料を十分に施して栽培すれば、収量の増加がいくらかは期待できたかもしれないので、この観点での追求も行う必要があると思われる。また、本研究における播種時期が中国地方における適期であったとは言いがたい。したがって、このことも本研究の結果に影響があったと言えるであろう。

総 括

播種密度を高くすることによりコーンおよびソルゴの単位面積当りの収量を増加させることが可能であるかを明らかにする目的で栽培試験を行った。4品種のコーンを14,000および17,000本/10aとなるように播種し、5品種のソルゴを1.7, 2.6および4.2kg/10a播種した。栽培期間は、6月7日から86日間であった。収穫時期に緬羊および山羊を用いて消化試験を行い、TDNおよびDCP収量を算定し、以下に示すような結果を得た¹⁾。コーンでは播種密度の高い区の発芽率が劣るため個体収穫率は両区ともほぼ同じであった。ソルゴは、播種密度に関

係なくかなり低い発芽率であった²⁾。乾物、TDN、DCPの収量は播種密度による有意な違いは認められなかった³⁾。乾物、TDN、DCPの収量は平均的なものであったが、播種密度を高くしても収量の増加につながらないと推察した。

文 献

- 1) Ahlgren, G. H. : *Forage Crops*, McGraw-Hill Book Co., Inc., New York, (1956) pp. 269-295
- 2) Association of Official Analytical Chemists : *Official Methods of Analysis 11 th ed.*, AOAC, Washington, DC. (1970) pp. 122-131
- 3) Goering, H. K. and Van Soest, P. J. : *Forage Fiber Analyses. Agriculture Handbook No. 379* USDA, Washington, DC. (1970) pp. 1-9
- 4) 細山田文男・日高 操 : 家畜ふん尿の多量施肥に伴う飼料作物の質・量的変化について, 自給飼料, **11** 25-30 (1989)
- 5) 石原 保 : 農業昆虫大要, 養賢堂 東京 (1963) pp. 160-161, 184-185
- 6) 水間 豊・並河 澄・猪 貴義・宮崎 宏・大島正尚・万田正治・豊田 裕・小野寺良次・五斗一郎・大久保忠旦・伊藤 敏 : 新畜産学, 朝倉書店 東京 (1985) p. 221
- 7) 農林水産省農林水産技術会議 : 日本飼養標準 乳牛 農林水産省農林水産技術会議, 東京 (1987) p. 88
- 8) 農林水産省統計情報部 : 畜産物生産費調査報告書, 農林水産省統計情報部, 東京 (1989) pp. 96, 113
- 9) Snedecor, G. W. : *Statistical Methods*. The Iowa State Univ. Press, Ames (1966) pp. 122-193
- 10) 高野信雄・佐藤国美 : 自給試料を基盤とする肉用牛低コスト生産技術(3), 畜産の研究 **43** 276-282 (1989)
- 11) 筒井喜代治 : 原色作物害虫防除, 家の光協会 東京 (1969) pp. 63-64