

トウモロコシ単播栽培における収量制限要因と安定生産技術

青木大輔・行川貴浩

Suppression Factors of the Yield and Techniques for Stable Production in Corn

Daisuke AOKI and Takahiro NAMEKAWA

要 約

本県の自給飼料生産の基幹作物であるトウモロコシの単播栽培体系について2012~2015年の4年間にわたり県内の延べ41圃場において、生育調査および収量調査を実施した。その結果、トウモロコシ単播体系においては収量制限要因として、播種時期と栽植密度が収量に大きな影響を及ぼすことが示唆され、収穫時の損失を考慮した実益収量で乾物1,600kg/10a(原物で6~7t/10a相当)を得るためには播種は4月末まで、栽植密度7,000~8,000本/10aとする必要があると考えられた。

緒 言

トウモロコシやソルガムなどの長大作物は、栽培の容易さ、サイレージ発酵の安定性、高いTDN収量等が評価され、県内の自給飼料生産の基幹作物となっている。

近年、細断型ロールベアラの普及により生産されたロールベアル数と重量から、現地で容易に収量を推定することが可能になり、その結果、原物収量が本県の目標収量である6~7t/10a(千葉県1998)を下回っている事例が見られるようになってきた。そこで千葉県畜産総合研究センターでは千葉県担い手支援課および農業事務所と協力し、2012年度の予備調査から4年間で延べ87圃場の長大作物(トウモロコシ単播、トウモロコシ・ソルガム混播)の播種概要、生育状況、収穫状況の調査を行い、収量制限要因を明らかにするとともに、安定生産技術について検討した。なお本稿ではトウモロコシ単播栽培での結果を報告する。

材料および方法

1. 調査圃場および栽培方法

県内6ヵ所の農業事務所管内において、計8戸の酪農家によりトウモロコシ単播栽培で作付された延べ41圃場を対象とし、栽培方法は各農家の慣行法に従った。

2. 調査項目

各年当初に耕種概要調査として、各酪農家に、調査圃場の圃場面積、排水状況、播種日、播種方法、播種量、品種、堆肥等の施用量、農薬散布の有無および収

穫予定日について聞き取りを行った。

生育調査は各年、播種後3週目、2ヵ月目に行った。播種後3週目の調査においては、栽植密度、排水状況および薬害の有無について調査した。栽植密度については、2012、2013年は圃場中の任意の3ヵ所を選択し、それぞれの畦1m当たりの本数および左右3畦、計6畦の畦幅を測定し、その平均を畦幅とし計算により算出した。また、2014、2015年は圃場中の任意の3ヵ所を選択し、それぞれの畦10m当たりの本数および左右3畦、計6畦の畦幅から算出した。播種後2ヵ月の調査においては、雑草の発生、倒伏の有無および虫害の有無について調査した。

収量調査については、収穫の1週間程度前に実施した。各圃場3ヵ所(2012、2013年については生育の平均的な任意の地点、2014、2015年については生育調査で栽植密度を算出した地点)で刈取りを行い、栽植密度、稈長および生草収量について調査した。また、通風定温乾燥機を用いて調査サンプルの水分を測定し(70℃恒量法)、乾物収量(ここでの収量を以下「調査収量」と表記する)およびトウモロコシ1本当たりの乾物重量(以下「乾物個体重量」という)を算出した。

収穫調査として、実際に農家が行う収穫作業に立ち会い、細断型ロールベアラで梱包された圃場当たりのロールの数と、1圃場当たり任意にロール5個を抽出し、デジタル式バースケール(iconix FX1)を用いて各ロール重量を測定し、その平均重量とロール個数および圃場面積から単収を算出し、これを原物実益収量とした。また、乾物実益収量は原物実益収量と収量調査時の水分から算出した。1枚の圃場で硫酸施用の有無など複

数の区分を設定し、収穫作業の都合で区分ごとにロール個数を数えられなかった場合は、区分ごとの原物収量を圃場全体から得られた収量に統一した上で、それ

ぞれの乾物実益収量を各区分の収量調査時の水分を用いて算出した。

なお各圃場の土壌成分に関する調査として、2012年

表1 栽培および播種後3週間目生育調査の概要

年度-NO	地域	販売	RM	地目 (水田・畑)	面積 (a)	排水 状況 (良・不良)	堆肥 投入量 (t/10a)	基肥の施用量		播種 月日	播種後3週間目調査		備考	
								肥料種類	(N・P・K; kg/10a)		調査日	栽植密度 (本/10a)		
12-1	県北	B社	115	畑	10.0	良	5.0	硫安	8.4:0:0	4/26	5/18	5,918*		
12-2	県北	B社	115	畑	10.0	良	5.0			4/26	5/18	5,918*		
12-3	県北	B社	118	畑	10.0	良	5.0	硫安	8.4:0:0	4/26	5/18	7,213*		
12-4	県北	B社	118	畑	10.0	良	5.0			4/26	5/18	7,213*		
12-5	県北	B社	115	畑	7.0	良	8.0	硫安	8.4:0:0	4/18	5/8	6,256*		
12-6	県北	A社	115	畑	13.9	良	8.0	硫安	8.4:0:0	4/18	5/8	6,256*		
12-7	県北	A社	115	畑	6.4	良	8.0			4/18	5/8	6,256*		
12-8	県央	A社	123	畑	12.5	不良	7.0	化成 硫安	8-4-4 8.4:0:0	5/26	6/13	6,895*		
12-9	県央	A社	123	畑	12.5	不良	7.0	化成	8-4-4	5/26	6/13	6,895*		
12-10	県央	B社	118	畑	12.5	不良	7.0	化成 硫安	8-4-4 8.4:0:0	5/26	6/13	6,895*		
12-11	県央	B社	118	畑	12.5	不良	7.0	化成	8-4-4	5/26	6/13	6,895*		
12-12	県南	B社	125	畑	10.0	良	12.0	化成	5.6-5.6-5.6	4/21	5/18	10,738*		
12-13	県南	B社	125	畑	10.0	良	0.0	化成	5.6-5.6-5.6	4/21	5/18	8,748*		
12-14	県南	A社	127	畑	20.0	良	0.0	化成	5.6-5.6-5.6	4/21	5/18	8,748*		
13-1	県央	B社	118	畑	33.0	良	7.0			4/19	5/10	8,658*		
13-2	県央	B社	125	畑	20.0	良	5.0			4/19	5/10	9,268*		
13-3	県央	B社	118	畑	93.0	良	5.0			4/23	5/10	8,621*		
13-4	県南	B社	118	水田	20.0	不良	30.0			4/19	5/16	6,445*		
13-5	県南	B社	118	水田(客土)	14.0	良	30.0			4/19	5/16	6,235*		
13-6	県南	B社	118	畑	60.0	やや不良	0.0	高度化成	6.7-6.7-6.7	4/11	5/10	5,722*		
14-1	県北	B社	118	畑	20.0	良	7.0	苦土石灰 100kg		4/24	5/13	8,604		
14-2	県北	B社	118	畑	20.0	良	7.0	苦土石灰 100kg		4/24	5/13	10,006		
14-3	県南	A社	118	水田	24.1	極不良	8.0	硫安高度化成 オール14	8.4:0:0 4.2-4.2-4.2	4/12	5/1	4,735		
14-4	県南	A社	118	(湿田)								4/12	5/1	4,865
14-5	県南	A社	118	水田	24.4	不良	16.0	硫安高度化成 オール14	8.4:0:0 2.8-2.8-2.8	4/12	5/1	4,946		
14-6	県南	A社	118										4/12	5/1
14-7	県南	B社	95	畑	48.8	良	3.0	高度化成 オール14	4.2-4.2-4.2	4/1	4/24	6,339	二期作 栽培 一期作目	
14-8	県南	B社	100	畑	48.8	良	3.0	高度化成 オール14	4.2-4.2-4.2	4/1	4/24	6,488		
14-9	県南	B社	105	畑	48.8	良	3.0	高度化成 オール14	4.2-4.2-4.2	4/1	4/24	5,878		
14-10	県南	B社	110	畑	48.8	良	3.0	高度化成 オール14	4.2-4.2-4.2	4/1	4/24	6,281		
15-1	県南	B社	100	畑	7.5	良	4.7	高度化成 オール14	4.2-4.2-4.2	4/6	5/12	7,590	二期作 栽培 一期作目	
15-2	県南	B社	108	畑	7.5	良	4.7	高度化成 オール14	4.2-4.2-4.2	4/6	5/12	6,513		
15-3	県南	B社	110	畑	7.5	良	4.7	高度化成 オール14	4.2-4.2-4.2	4/6	5/12	5,897		
15-4	県南	B社	115	畑	7.5	良	4.7	高度化成 オール14	4.2-4.2-4.2	4/6	5/12	7,231		
15-5	県南	B社	100	畑	15.0	良	4.7	高度化成 オール14	4.2-4.2-4.2	4/7	5/12	5,810	二期作栽培 一期作目	
15-6	県南	B社	110	畑	15.0	良	4.7	高度化成 オール14	4.2-4.2-4.2	4/7	5/12	5,475		
15-7	県央	B社	118	畑	31.6	良	3.0	高度化成 オール14	5.6-5.6-5.6	4/30	5/22	6,208		
15-8	県央	B社	118	畑	44.6	良	3.0	高度化成 オール14	5.6-5.6-5.6	4/30	5/22	6,787		
15-9	県央	B社	118	畑	8.8	良	3.0	高度化成 オール14	5.6-5.6-5.6	4/30	5/22	7,642		
15-10	県南	A社	118	水田(湿田)	24.0	極不良	16.0			4/28	5/13	6,677		
15-11	県南	A社	118	水田	24.0	不良	8.0			4/28	5/13	6,269		

栽植密度のうち*は畦長1mの本数×畦間で算出したもの、無印は畦長10mで測定

表2 収量調査および収穫調査の概要

年度－ NO	収量調査							収穫調査			備考 圃場の 排水の 状況
	調査 日	熟 期	収穫時 栽植密度 (本 /10a)	稈長 (cm)	乾物 個体 重量 (g/本)	水分 (%)	乾物 調査 収量 (kg/10a)	収穫 日	乾物 実益 収量 (kg/10a)	乾物実益 収量 / 乾物 調査収量	
12-1	8/16	糊熟後期	7,905 *	189	221	66.7	1,751				良
12-2	8/16	糊熟後期	5,897 *	196	249	65.5	1,466				良
12-3	8/16	糊熟後期	5,335 *	171	284	67.3	1,515				良
12-4	8/16	糊熟後期	6,203 *	202	263	65.7	1,628				良
12-5	8/1	糊熟期	5,405 *	229	233	74.5	1,258				良
12-6	8/1	糊熟期	5,324 *	238	286	72.7	1,520				良
12-7	8/1	糊熟期	5,787 *	227	283	73.2	1,640				良
12-8	8/14	乳熟期	6,525 *	201	160	77.7	1,048	8/25	788	75%	不良
12-9	8/14	乳熟期	6,904 *	192	159	76.5	1,099	8/25	830	76%	不良
12-10	8/14	水～乳熟期	6,904 *	236	195	82.5	1,344	8/25	702	52%	不良
12-11	8/14	水～乳熟期	6,904 *	204	135	81.5	933	8/25	743	80%	不良
12-12	8/8	糊熟期	8,948 *	198	166	76.5	1,483				良
12-13	8/8	糊熟期	7,947 *	266	286	75.5	2,273				良
12-14	8/8	糊熟期	9,272 *	224	195	76.1	1,806				良
13-1	8/7	糊熟	8,312 *	188	230	71.5	1,914	8/8	1,335	70%	良
13-2	8/7	乳熟～糊熟	7,711 *	195	199	77.7	1,531	8/8	1,155	75%	良
13-3	8/7	糊熟	7,750 *	241	274	70.7	2,124	8/8	1,481	70%	良
13-4	7/30	糊熟後期	6,456 *	248	253	74.0	1,636	8/2	1,252	76%	不良
13-5	7/30	黄熟期	6,017 *	253	275	75.3	1,655	8/2	1,087	66%	良
13-6	7/23	乳～糊熟	5,722 *	264	322	73.2	1,840	7/29	1,277	69%	やや不良
14-1	8/18	黄熟期	8,604	305	242	68.7	1,975	8/22	1,631	83%	良
14-2	8/18	黄熟期	10,006	316	241	69.5	2,370	8/22	2,359	100%	良
14-3	7/31	糊熟後期	3,928	228	260	66.8	1,044	8/2	1,451	139%	極不良
14-4	7/31	糊熟後期	5,042	260	352	65.3	1,923	8/2	1,514	79%	
14-5	7/31	糊熟後期	4,619	276	348	68.2	1,584	8/2	1,764	111%	不良
14-6	7/31	糊熟後期	4,741	289	330	70.7	1,544	8/2	1,627	105%	
14-7	7/19	糊熟期	6,196	245	192	74.5	1,191	7/29	1,277	107%	良
14-8	7/19	糊熟期	6,086	261	241	75.0	1,469	7/29	1,250	85%	良
14-9	7/19	糊熟期	5,779	241	186	78.2	1,073	7/29	1,089	101%	良
14-10	7/19	糊熟期	6,196	275	233	78.4	1,442	7/29	1,079	75%	良
15-1	7/31	黄熟後期～完熟	7,385	263	264	63.2	1,946				良
15-2	7/31	黄熟後期	6,359	272	271	59.7	1,726				良
15-3	7/31	黄熟後期	5,949	274	344	65.7	2,047				良
15-4	7/31	黄熟中期	7,179	290	325	68.1	2,332				良
15-5	7/31	黄熟後期～完熟	5,624	241	283	59.6	1,592				良
15-6	7/31	黄熟後期～完熟	5,512	259	334	63.0	1,841				良
15-7	8/3	糊熟始	6,075	271	244	74.8	1,479	8/5	1,323	89%	良
15-8	8/3	糊熟始	6,652	276	249	74.5	1,658	8/5	1,596	96%	良
15-9	8/3	糊熟始	7,374	278	256	72.7	1,891	8/5	2,461	130%	良
15-10	8/11	黄熟期	6,009	284	333	66.5	2,002	8/11	1,727	86%	極不良
15-11	8/11	黄熟期	5,535	229	271	65.8	1,501	8/11	1,495	100%	不良
全平均			6,539	243.8	255.3	71.3	1,636		1,372	88%	
排水「良」の平均			6,855	244.3	253.4	70.9	1,710		1,471	88%	
排水「不良」の平均			5,774	242.6	259.9	72.4	1,458		1,264	87%	

栽植密度のうち*は畦長1mの本数×畦間で算出したもの、無印は畦長10mで測定

の栽培終了後に土壌サンプルを採取した。また採取方法は、表土2~3cmを取り除き、その下の深さ5~20cmの土壌を1圃場当たり3~5ヵ所から土壌量が同じになるように採取し、それらを良く混和したものを検体とした。採取したサンプルは雪印種苗(株)北海道研究農場に依頼し、土壌中の硝酸態窒素および交換性陽イオンを測定した。

結果および考察

1. 栽培概要および生育状況

調査した圃場の栽培概要および播種後3週間目の生育調査の概要を表1に示した。

トウモロコシの各品種の相対熟度(RM)は95~127であったが、RM110以下の品種は二期作栽培の一期作目であり、それ以外は従来から多く用いられるRM118~125程度であった。堆肥施用量は0~30t/10aであったが、大半が5~10 t/10aかそれ以下であり、大量施用は水田の土壌改良のために行われているものと考えられた。播種月日は4月1日~5月26日であったが、4月上旬の播種は二期作栽培の一期作目であり、それ以外は従来のトウモロコシの播種適期である4月中旬~6月中旬であった。トウモロコシは播種が遅れると収量が低減することが知られており、播種時期が収量低減に関係している可能性が考えられた。播種後3週間目の栽植密度は4,735~10,738本/10a平均で6,864本/10aであり、飼料作物栽培利用技術必携(千葉県1998)に示されている7,000~9,500本/10aに該当していたのは延べ41圃場中11圃場(約27%)であり、栽植密度が収量低減に関係している可能性が考えられた。なお、3週目および2ヵ月目の生育調査において、薬害、倒伏および病害虫による被害はいずれの圃場においても皆無あるいは軽微であった。

2. 収量調査および収穫調査の概要

収量調査および収穫調査の概要を表2に示した。収量はいずれも10a当たりの乾物量で示した。

以下、すべて乾物の収量については、「乾物」の表記を省略する。

(1) 収量調査

収量調査は7月下旬~8月中旬に行い、その際のトウモロコシの熟期は未乳熟期~完熟期と多岐にわたっていたが、多くは糊熟後期~黄熟期でありトウモロコシの収穫時期としておおむね収穫適期に達していた。収穫には早いと判断された場合には生産農家に指摘を行ったものの、作業スケジュールや獣害回避等の問題から対応できたのは一部だけであった。収量調査時の栽植密度は3,929~10,006本/10a、平均で6,539本/10aであり、播種後3週間目の生育調査よりやや減少していた。栽植密度とともに収量を左右するトウモロコシ1本当たりの乾物個体重量は135~

352g/本、平均で255g/本であった。調査収量は933~2,370kg/10a、平均で1,636 kg/10aであった。また、表1の排水状況で「不良」であった圃場では平均で1,458 kg/10aと全平均の約89%となり、湿害の発生が疑われた。

(2) 収穫調査

収穫調査は25圃場で行い、収量調査の2~3日後に収穫している圃場が大半であった。実益収量は703~2,461kg/10a、平均で1,372kg/10aであり、また本県の目標収量の下限値(6t/10a)に日本標準飼料成分表(農研機構2010)のトウモロコシ(黄熟期)の乾物率(27.1%)を乗じて算出した1,600kg/10aを上回っていたのは25圃場中6圃場(24%)であった。調査収量に対する実益収量の割合は平均で約88%であったが、その範囲は52~139%であり、その原因は収穫ロスと収量調査における誤差によるものと考えられた。

(3) 収穫後圃場の土壌分析結果の概要

2012年に採取した収穫後土壌の分析結果を表3に示した。硝酸態窒素および交換性陽イオンの各成分の平均値はNO₃-Nが11.0mg/100g、CaOが360.1 mg/100g、MgOが93.0mg/100g、K₂Oが112.0 mg/100gであった。これらを試験研究成果普及情報(千葉県2001)および土壌化学性診断基準(千葉県2005)の数値と比べると、圃場により上下はあるものの、各成分とも基準値内かやや高い事例が多く、本県のトウモロコシ作付圃場では肥料成分が不足している事例は少ないものと考えられた。

以上の結果から、栽植密度と乾物個体重量、播種

表3 収穫後圃場の土壌分析結果 (mg/100g)

年度— NO	硝酸態 窒素	交換性 陽イオン		
	NO ₃ -N	CaO	MgO	K ₂ O
12-1	7.8	393.4	125.7	151.1
12-2	6.0	414.3	145.2	189.3
12-3	6.0	412.8	129.7	129.5
12-4	7.6	387.0	129.8	169.0
12-5	28.3	655.8	151.0	137.1
12-6	12.5	589.9	116.7	115.1
12-7	19.0	602.9	146.4	140.3
12-8	1.6	69.0	16.3	41.4
12-9	3.1	118.0	30.5	74.2
12-10	2.0	76.0	17.9	50.4
12-11	1.8	91.0	20.9	37.2
12-12	20.8	358.4	78.8	142.8
12-13	15.7	448.3	115.0	117.0
12-14	21.5	424.5	78.4	73.4
平均	11.0	360.1	93.0	112.0

雪印種苗(株)北海道研究農場で分析

時期、湿害が収量低減の要因である可能性があると考えられたが、湿害の有無にかかわらず収量低減が発生していたため、湿害を除く3要因について実益収量が1,600kg/10aを上回る条件を検討した。また現地で収量が簡易に推測できる指標の一つとして稈長との関係についても検討した。

実益収量を推定するために調査収量との関連を検討したところ、両者には正の相関がみられ、調査収量によって、実益収量が推定できた(図1)。また実益収量で1,600kg/10aを得るには調査収量で1,800kg/10a以上が必要であった。

調査収量と播種後3週目調査時の栽植密度および稈長には正の相関がみられ、生育途中では栽植密度によって、また収穫が近くなれば栽植密度と稈長によっておよその収量が推測できるものと考えられた。調査収量で1,800kg/10a(実益収量1,600kg/10a)を得ている圃場は、播種後3週目調査時の栽植密度で7,000本/10a以上で多く、高収量を得るためには播種後3週目調査時の栽植密度で7,000本/10a以上が

必要と考えられた(図2)。また調査収量で1,800kg/10a(実益収量1,600kg/10a)を得るためには、稈長で275cm程度が必要であった(図3)。

調査収量および稈長と播種日の遅れには負の相関がみられ、調査収量で1,800kg/10a(実益収量1,600kg/10a)を得ている圃場は全て4月末までに播種しており、高収量を得るためには4月末までの播種が必要と考えられた(図4)。また稈長が275cmを上回っていた事例は全て4月末までに播種していた(図5)。

調査収量と乾物個体重量および稈長には正の相関がみられ、1本当り300gの乾物個体重量があれば比較的安定して、調査収量で1,800kg/10a(実益収量1,600kg/10a)に達すると考えられた(図6)。またその際の稈長は300cmであった(図7)。しかし、個体重量と栽植密度には負の相関があるため、1本当たりおおむね300gになるよう生育させ安定的に高位な収量を得るためには、栽植密度は7,000~8,000本/10a程度が望ましいと考えられた(図8)。

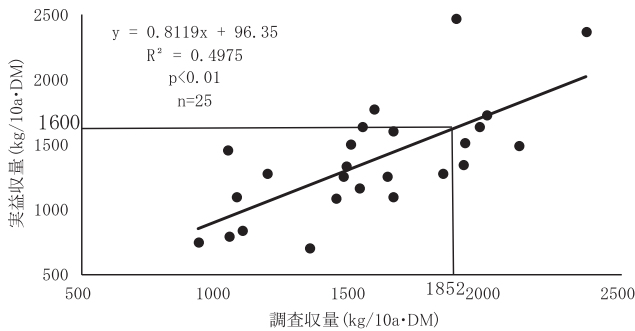


図1 トウモロコシにおける実益収量と調査収量

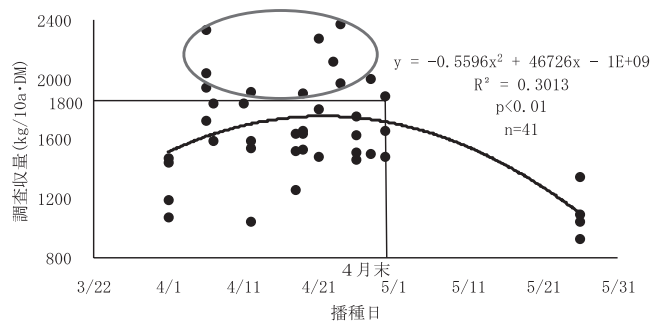


図4 播種日と調査収量の関係

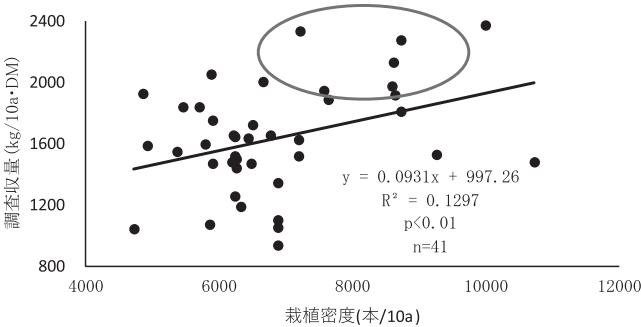


図2 播種後3週目調査時の栽植密度と調査収量の関係

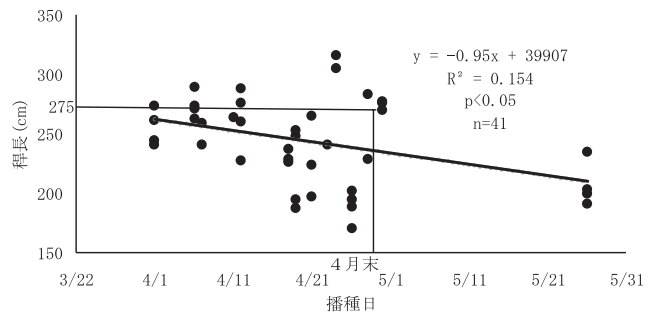


図5 播種日と稈長の関係

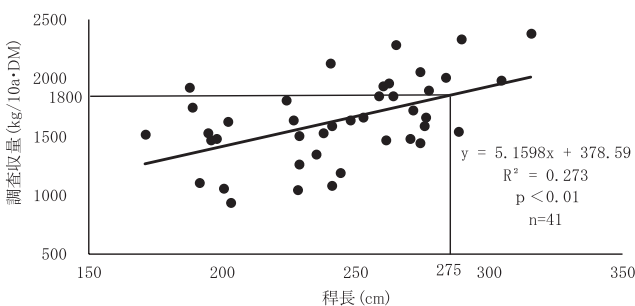


図3 稈長と調査収量の関係

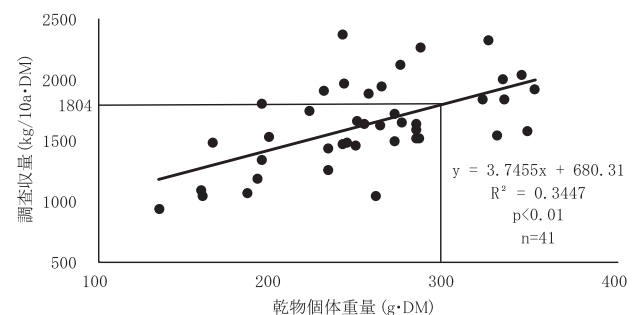


図6 調査収量とトウモロコシの乾物個体重量

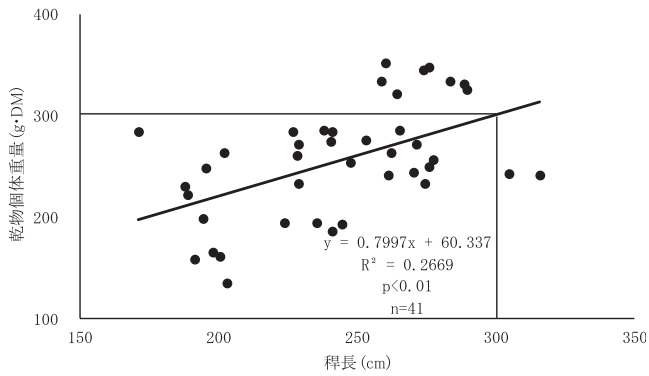


図7 稈長と乾物個体重量の関係

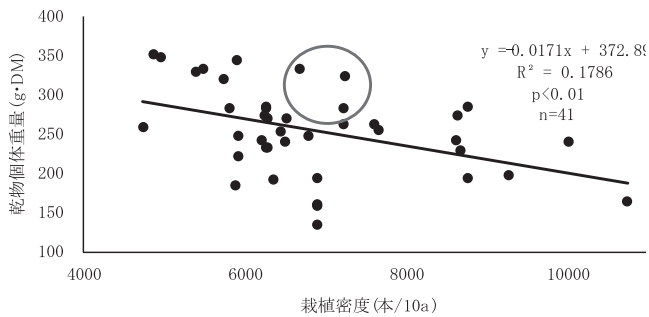


図8 播種後3週目調査時の栽植密度とトウモロコシの乾物個体重量の関係

最後に、本研究にあたり、圃場調査をさせていただいた酪農家の皆様、調査にご協力いただいた雪印種苗株式会社、カネコ種苗株式会社、担い手支援課、各農業事務所担当者の皆さまに感謝申し上げます。

引用文献

- 千葉県 千葉県農林技術会議、1998、飼料作物栽培利用技術必携:16
- 千葉県 千葉県農林技術会議、2005、土壌、水質及び作物分析診断:1
- 千葉県 試験研究成果普及情報、2001、主要農耕地土壌の実態と対策管理—土壌環境基礎調査とりまとめ結果—[2018年8月24日引用]
https://www.pref.chiba.lg.jp/ninaite/shikenkenkyuu/documents/17_8.pdf
- 独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構編、2010、日本標準飼料成分表(2009年版)、中央畜産会:34-35