

愛媛県における飼料用トウモロコシ安定多収栽培技術の検討

寺井智子*、山田大輝、岩田玲佳**、佐竹康明***、若田雄吾****、井阪章*****

要約

本県の飼料用トウモロコシ（トウモロコシ）二期作栽培における年間通じて多収かつ高栄養となる栽培体系及び品種の組み合わせの探索を目的とし、4ヶ年にわたり一期作に相対熟度（RM）105～125の7～10品種、二期作にRM115～135の4～6品種を供試して検討した。

その結果、一期作は4月上旬までに播種し、収穫を7月下旬までに行い、二期作は8月上旬までに播種し、11月下旬に収穫する体系が登熟、乾物率ともに優れていた。また用いる品種は、一期作はRM110以下の品種、二期作はRM117以下の中生品種が望ましいことが示された。

キーワード：飼料用トウモロコシ、二期作、TDN収量、乾物率

緒言

飼料用トウモロコシ（トウモロコシ）は、ソルガムや飼料稲と並ぶ主要な自給飼料作物であり¹⁾、可消化養分総量（TDN）が最も高い高栄養な草種である²⁾³⁾。このトウモロコシによる単位面積収量の向上に有効な二期作栽培は、有効積算温度2,300℃以上の地域が望ましいとされている⁴⁾が、本県におけるトウモロコシ二期作栽培期間の4～11月における有効積算温度を3地域⁵⁾で比較したところ（第1図）、地球温暖化の影響もあり、ここ20年間で118～163℃上昇していた。さらに、基準となる有効積算温度2,300℃を超えていたことから、トウモロコシの二期作栽培に適した気候となっている。

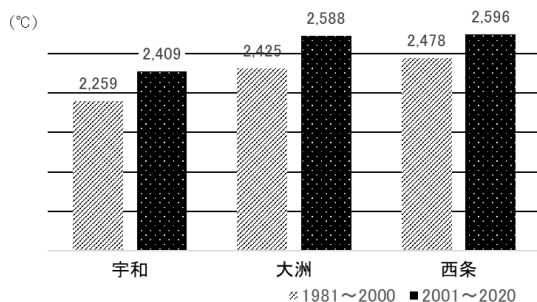


図1 地域別有効積算温度(4～11月)の推移

全国で栽培されているトウモロコシは、様々な特徴や早晩性がある品種があり、その数は230品種以上⁶⁾にも上る。その中から、各地域の栽培体系に適した品種を選定するには精度の高いデータ収集が求められ、また、農家段階で実施するには多大な労力を要する。

そこで本試験では、本県において年間収量が多収かつ高栄養なトウモロコシの二期作栽培の体系および品種の組み合わせについて、4ヶ年に渡り検討した。

材料および方法

1) 供試品種

供試品種は第1表に示したとおり、一期作は、2019～2021年においては相対熟度（RM）105～125の10品種、2022年においては7品種とした。二期作は、2019～2021年においてはRM115～135の6品種、2022年においてはRM115～129の4品種とした。

なお2021、2022年の供試品種の変更ないし中止は、品種の販売終了や販売遅延により播種時期に入手不可となったことによるものである。

また、供試品種の播種日及び収穫日は第2表

*南予家畜保健衛生所宇和島支所 **畜産課 ***南予家畜保健衛生所 ****養鶏研究所 *****退職

のとおりである。

表1 供試品種一覧

	品種	RM	実施年			
			2019	2020	2021	2022
一期作	Z-Corn105	105	○	○	○	○
	KD580	108	○	○	○	○
	P0604	110	○	○	○	
	LG30500		○	○	○	○
	KD641	114	○	○	○	○
	TX1334	115	○	○	○	
	KD671	117	○	○	○	○
	SH5702	118	○	○	○	○
	SM8490	122	○	○	○	
	SH2821	125	○	○	○	○
	P1690	115	○	○		
	TX1334				○	○
	二期作	KD671	117	○	○	○
SM8490		122	○	○	○	
TX1277		124	○	○	○	○
NS129スーパー		129	○	○	○	○
SH2933		135	○	○	○	

表2 供試品種の播種日及び収穫日

	品種	実施年							
		2019		2020		2021		2022	
		播種日	収穫日	播種日	収穫日	播種日	収穫日	播種日	収穫日
一期作	Z-Corn105	4/4	7/23	4/6	7/29	4/8	7/19	4/7	7/21
	KD580	4/4	7/23	4/6	7/29	4/8	7/19	4/7	7/21
	P0604	4/4	7/23	4/6	7/29	4/8	7/19	-	-
	LG30500	4/4	7/23	4/6	7/29	4/8	7/19	4/7	7/22
	KD641	4/4	7/23	4/6	7/29	4/8	7/19	4/7	7/22
	TX1334	4/4	7/24	4/6	7/31	4/8	7/19	-	-
	KD671	4/4	7/24	4/6	7/30	4/8	7/19	4/7	7/22
	SH5702	4/4	7/24	4/6	7/30	4/8	7/20	4/7	7/22
	SM8490	4/4	7/24	4/6	8/3	4/8	7/20	-	-
	SH2821	4/4	7/24	4/6	8/3	4/8	7/20	4/7	7/22
	P1690	8/8	11/6	8/12	11/24	-	-	-	-
	TX1334	-	-	-	-	8/4	11/18	8/4	11/17
	二期作	KD671	8/8	11/6	8/12	11/24	8/4	11/18	8/4
SM8490		8/8	11/6	8/12	11/24	8/4	11/18	-	-
TX1277		8/8	11/6	8/12	11/24	8/4	11/18	8/4	11/17
NS129スーパー		8/8	11/6	8/12	11/24	8/4	11/18	8/4	11/17
SH2933		8/8	11/6	8/12	11/24	8/4	11/18	-	-

2) 試験規模

試験は当畜産研究センター（西予市野村町）内の圃場で行なった。1区あたり 10.5 m² (3m×3.5m)、畝幅 75cm、株間 20cm とし、各品種 3 反復の乱塊法により実施した。

3) 耕種概要

施肥は、堆肥 5,000kg/10a、化成肥料 (N:P:K=14:14:14) 107kg/10a を施用した。播種は 2 粒ずつ条播し、6～10 葉期まで生長した段階で間引きおよび補植を行なった。

4) 気象データ

気象データはセンター内に設置している気象観測装置 (DL-300、株式会社イーエスディ、東京) および未測定項目に関しては気象庁の気象データ 5) (西予市宇和町) を用いた。有効積算温度は 10℃ 基準とした。なお、2009 年から 2018 年の過去 10 年間の平均を平均値とし、当該年度との比較に用いた。

5) 調査項目

生育状況として発芽良否、初期生育、雄穂開花期、絹糸抽出期、倒伏、折損、病虫害の有無を、収穫調査として各試験区で中庸な 10 個体を対象に、熟度、稈径、着雌穂高、稈長、草丈、生草重、雌穂重、茎葉重とした。雌穂および茎葉の乾物率は、調査後の個体から雌穂 2 本、茎葉 1 本をサンプリングし、細切したものをそれぞれ紙製バッグに入れ、大型熱風循環乾燥機 (GTR-120、アルプ株式会社、東京) で 80℃、48 時間以上乾燥させて算出した。これらの結果から、乾物収量および推定値で TDN 収量を算出した。

結果

1) 2019 年試験

(1) 気象条件

一期作 (4 月 4 日～7 月 24 日) における気温は、4 月中旬までは平均より低く推移したものの、それ以降 6 月までは平均並みであった。しかし、7 月以降は平均より低く推移し、栽培期間中の有効積算温度は約 1,143℃であった (第 2 図)。4～7 月の積算降水量は、4、5 月は平均の半分程度であったが、6、7 月は平年に比べて 10% 以上多く、期間中の積算降水量は平均の 90% 程度となる 817mm であった (第 3 図)。

二期作 (8 月 8 日～11 月 6 日) における気温は、8 月は低く推移したものの、9 月以降は平均より高く推移し、栽培期間中の有効積算温度は約 1,160℃となった (第 4 図)。8～11 月の積算降水量は、8 月は平均の 3 倍近い降水量であったものの、それ以降は平均の半分以下であ

り、期間中の積算降水量は平均並みの538mmであった(第5図)。

(2) 一期作結果

発芽率は供試10品種とも良好であり、初期生育も「SH5702」がやや劣ったものの概ね良好であった。収穫時の登熟については、「Z-Corn105」、「KD580」は黄熟期、「SM8490」は乳熟期、残り7品種については糊熟期であった(第3表)。TDN収量は、「LG30500」を除くRM110~122の6品種で、1,400kg/10a以上となり、乾物率は20~25%であった(第6図)。

(3) 二期作結果

発芽率は供試6品種とも良好であり、初期生育も「P1690」がやや劣ったものの概ね良好であった。収穫時の登熟については、「SM8490」、「SH2933」は乳熟期、残り4品種については糊熟期であった(第4表)。TDN収量は、「NS129スーパー」が1,393kg/10a、「SH2933」が1,162kg/10aであったが、残り4品種については約1,200kg/10aであった。乾物率については、RM117以下の2品種は25%以上であったが、残り4品種については23~24%であった(第7図)。

2) 2020年

(1) 気象条件

一期作(4月6日~8月3日)における気温は、4月は平均より低く推移したものの、それ以降6月までは平均より高く推移した。しかし、7月以降は平均より低く推移し、栽培期間中の有効積算温度は約1,304℃であった(第8図)。4~7月の積算降水量は、4、5月は平均の75%程度であったが、6月は平均の10%増、7月は3倍以上の降水量で、期間中の積算降水量は平均の150%以上となる1,415mmであった(第9図)。

二期作(8月12日~11月24日)における気温は、9月上旬までは平均より高く推移したものの、それ以降11月中旬までは平均並みであった。しかし、それ以降は再び平均より高く推移し、栽培期間中の有効積算温度は約1,095℃

となった(第10図)。8~11月の積算降水量は、9、11月は平均並みであったが、8月は平均の20%、10月は70%程度であり、期間中の積算降水量は平均の75%以下となる425mmであった(第11図)。

(2) 一期作結果

供試10品種ともに発芽率、初期生育がやや低く、特に「LG30500」の発芽率は5割以下であった。収穫時の登熟については、収穫が天候等の関係で例年より7日以上遅れたこともあり、10品種ともに黄熟期であった(第5表)。TDN収量は、「KD580」を除く9品種において1,400kg/10a以上、RM110以上の8品種においては、「SH5702」を除いて1,600kg/10aであり、乾物率は28~34%であった(第12図)。

(3) 二期作結果

供試6品種ともに発芽率、初期生育がやや低かった。収穫時の登熟については、一期作の収穫遅延の影響で播種が遅れたため、「SH2933」は未乳熟期、他5品種は乳熟期であり(第6表)、そのTDN収量もRM115~122の3品種は約1,200kg/10a以下、RM127以降の3品種においても1,400kg/10aであり、乾物率は24%前後であった(第13図)。

3) 2021年

(1) 気象条件

一期作(4月8日~7月20日)における気温は、5月初旬までは平均より低い日が多かったものの、5月中旬は高く推移した。それ以降は平均並みに推移したものの、7月中旬以降は低く推移し、栽培期間中の有効積算温度は1,060℃であった(第14図)。4~7月の積算降水量は、4月は平均並みであったが、5月は例年の3倍以上の降水量だった。しかし6月は平均の60%減、7月は30%減となり、期間中の積算降水量は平均と同等の965mmであった(第15図)。

二期作(8月4日~1月18日)における気温は、8月中は平均より低く推移したものの、9月以降は平均並み、10月中旬は高く推移した

ものの、それ以降は平均より低く推移し、栽培期間中の有効積算温度は1,170℃であった(第16図)。8~11月の積算降水量は、8月が平均の4.5倍以上の降水量だったが、9月は平均の40%減、10月は60%減、11月は平均並みと推移し、期間中の積算降水量は平均の1.4倍となる872mmであった(第17図)。

(2) 一期作結果

供試10品種ともに発芽率、初期生育は良好であった。収穫時の登熟については、RM105の「Z-Corn105」が黄熟期、RM108~115の5品種は糊熟期、RM117以降の4品種が乳熟期であった(第7表)。TDN収量は、「LG30500」と「SM8490」は1000kg/10a未満であったが、他8品種においても1,000~1,200kg/10aであり、乾物率はRM110以下の4品種は26~27%、RM114以降の6品種は21~24%であった(第18図)。

(3) 二期作結果

供試6品種ともに発芽率、初期生育は良好であった。収穫時の登熟については、RM117以下の2品種及びRM129の「NS129スーパー」が糊熟期、他3品種が乳熟期であった(第8表)。TDN収量は、6品種とも1,100~1,200kg/10aであり、乾物率は25~26%であった(第19図)。

4) 2022年

(1) 気象条件

一期作(4月7日~7月21日)における気温は、5月中旬までは平均より高く推移したものの、それから6月中旬までは平均並みかやや低く推移した。しかしそれ以降はやや高く推移し、栽培期間中の有効積算温度は1,181℃であった(第20図)。4~7月の積算降水量は、4月は平均並みであったが、5月は平均の50%減、6月は65%減と少なく、7月は平均並みとなったが、期間中の積算降水量は平均の30%減の622mmであった(第21図)。

二期作(8月4日~11月17日)における気温は、栽培期間を通じて高く推移し、栽培期間

中の有効積算温度は1,244℃であった

(第22図)。8~11月の積算降水量は、9月のみ平均より30%多かったものの、8月、10月は平均の80%減、11月は40%減で、期間中の積算降水量は平均の30%減の406mmであった(第23図)。

(2) 一期作結果

供試7品種ともに発芽率、初期生育は良好であった。収穫時の登熟については、7品種とも黄熟期となった(表9)。TDN収量は、7品種とも約1,500kg/10a以上、RM110以上の5品種は1,600kg/10a以上であり、乾物率は「SH2821」を除き6品種とも25%以上であった(第24図)。

(3) 二期作結果

供試4品種ともに発芽率、初期生育は良好であった。収穫時の登熟については、4品種とも黄熟期となった(第10表)。TDN収量は、RM117以下の2品種は1,200kg/10a以下、RM124以上の2品種は1,500kg/10a前後となり、乾物率は4品種とも30%以上であった(第25図)。

考察

トウモロコシの多収かつ高栄養となる栽培技術を確立するには、栄養収量の確保やその利用形態となるサイレージの品質の検討が必要である。その指標としては収穫期が重要であると考えられ、トウモロコシはTDN収量や良質サイレージ調製のための適切な水分含率となる黄熟期が収穫適期とされ、また栄養損失の要因でもある排汁を防ぐ観点から、その乾物率は25%以上が望ましいとされている⁷⁾。

本試験では一期作ではRM105~RM125の品種、二期作ではRM115~RM135の品種を用いて、本県における飼料用トウモロコシ二期作栽培の安定的な多収栽培、黄熟期で乾物率25%以上での収穫可能な栽培体系について調査した。

まず栽培時期を検討したところ、一期作、二

期作ともに黄熟期まで登熟した品種があったのは2022年度のみであった。その時の有効積算温度は一期作1,181℃、二期作1,244℃、計2,425℃であり、菅野ら⁴⁾が二期作に適するという2,300℃を上回っていた。一方、2019年の有効積算温度は一期作1,143℃、二期作1,160℃、計2,303℃と、2,300℃以上となったが、一期作におけるRM108以下の2品種のみ黄熟期に達したものの、二期作は黄熟期まで登熟しなかった。2020年は一期作1,304℃、二期作1,095℃、計2,399℃と、この年も2,300℃を上回っており、一期作はすべて黄熟期まで登熟したが、二期作は未乳熟～乳熟期と登熟が足りておらず、折原⁸⁾が挙げる二期作栽培における課題、二期作の登熟、収量不足が示された。2020年は一期作の収穫が遅れたため、二期作の播種が8月中旬となり、8月上旬の高温期が活用されなかったため有効積算温度も1,095℃と低く、登熟に達しなかったと考えられる。また、2019年は8月上旬播種により夏季の高温期を活用できたが、収穫時期が11月上旬と他3年と比べ早かった。11月においても、試験4年間において平均2℃/日の積算が見込まれたことから、11月下旬の収穫により、有効積算温度が1,180℃以上となり、より登熟が見込まれたと考えられる。

これらのことから、二期作栽培における二期作は、遅くとも8月上旬までに播種し、11月下旬に収穫する体系が登熟に有効と示された。二期作の収穫時期から逆算すると、一期作は7月下旬までには収穫する必要があるため、その登熟を考慮すると、4月上旬までに播種が必要だと考えられる。加藤ら⁹⁾は九州北部での二期作栽培における一期作で、4月上旬播種、7月下旬収穫の体系では有効積算温度が約1,200℃であったがRM114～120の品種は黄熟期まで登熟せず、またその乾物率も25%以下であった一方、RM100～106の品種は黄熟期まで登熟し、乾物率も25%以上であったため、RM100～106の品種が望ましいとしている。

本試験においては、一期作はRM110以下の品種が糊熟期～黄熟期に登熟し、また乾物率もRM110以降の品種と比較し高い傾向であったことから、加藤ら⁹⁾の報告した九州北部より有効積算温度は約1,150℃前後とやや低い傾向であったが、同様の結果が得られ、本県においてもRM110以下までの品種が望ましいと考えられる。二期作については、本県では9月の台風期を考慮する必要がある、早生品種のように生長が早く、出穂が早いと被害が甚大となるため、成長が緩やかな中生～晩生品種が望ましいと考えられる。

なお、播種が8月中旬となった2020年は夏季の高温期を有効活用できず、有効積算温度が1,095℃と他の3ヶ年と比べて少なかった。前述の8月上旬播種、11月下旬収穫体系であった2021、2022年では1,170℃、1,244℃と約1,200℃前後となり、乾物率は25%以上を示したものの、2021年においてはRM117以下の品種が糊熟期まで、2022年ではRM115～129の供試4品種全てが黄熟期まで登熟したことから、中生のRM117以下の品種が望ましいと考えられる。

しかし品種については、栽培面積等の違いによる収穫時期の早晚や、毎年の気温推移により登熟等の変動も大きくなることから、前述の品種を目安に各々の栽培環境を考慮して選定することが肝要である。

以上のことは、本県のトウモロコシ二期作栽培は、4月上旬に播種・7月下旬までに収穫、その後8月上旬までに播種・11月下旬に収穫する体系において、一期作にRM110以下の品種を、二期作には中生のRM117以下の品種を目安として栽培することにより、多収かつ高栄養な飼料生産となることを示唆している。

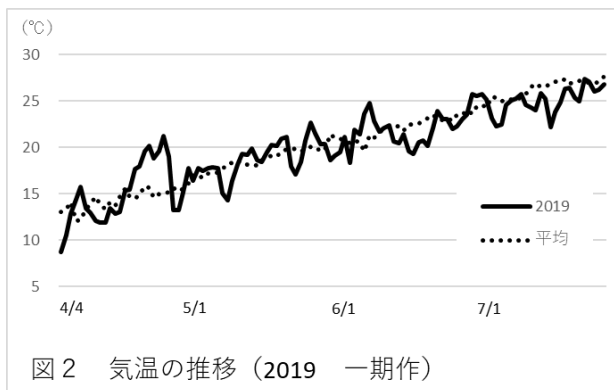


表3 生育状況 (2019 一期作)

品 種	RM	播種日	発芽良否	初期生育	収穫日	熟度
Z-Corn105	105		9.0	7.3		黄熟期
KD580	108		9.0	9.0		
P0640	110		8.3	8.7	7/23	
LG30500	110		9.0	7.0		糊熟期
KD641	114	4/4	8.7	8.0		
TX1334	115		9.0	8.0		
KD671	117		9.0	8.3		
SH5702	118		9.0	6.3	7/24	乳熟期
SM8490	122		9.0	7.7		
SH2821	125		8.7	8.0		糊熟期

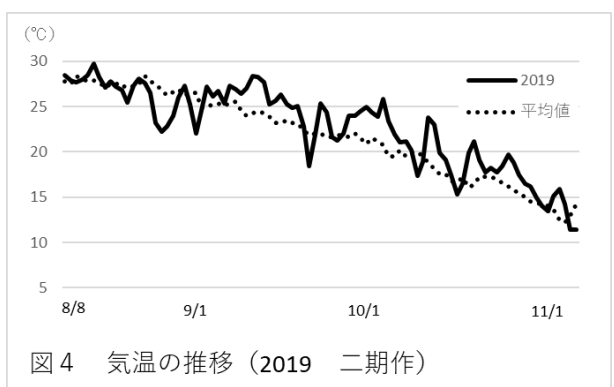
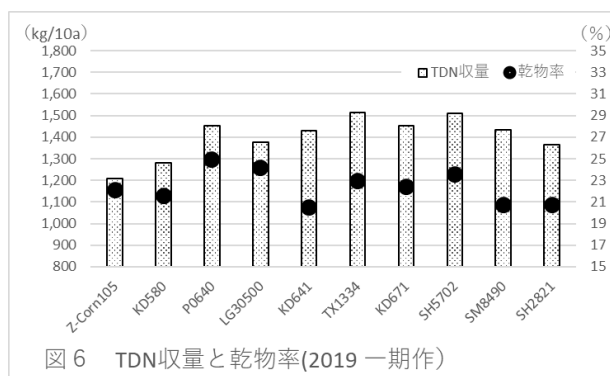
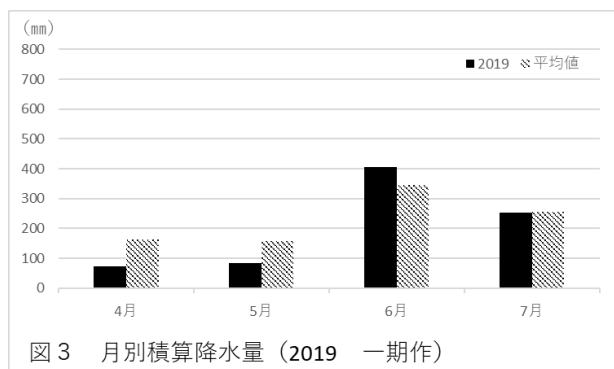
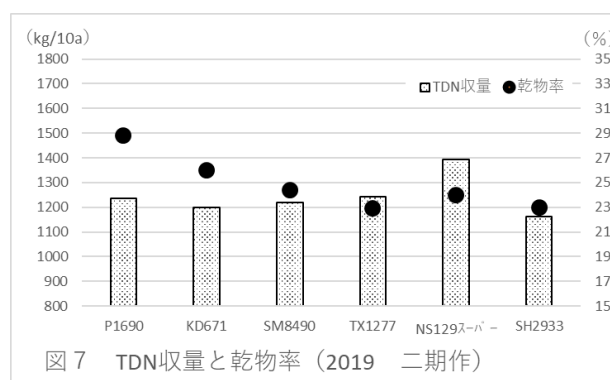
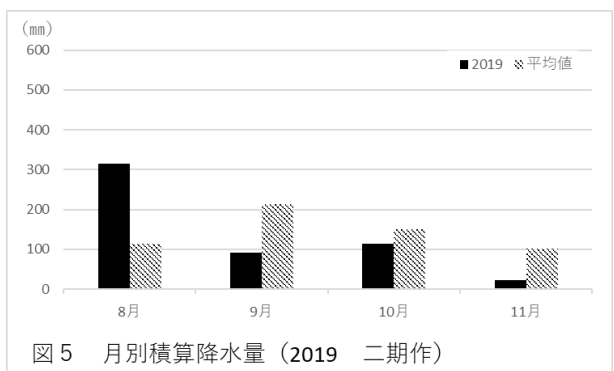


表4 生育状況 (2019 二期作)

品 種	RM	播種日	発芽良否	初期生育	収穫日	熟度
P1690	115		8.3	5.0		糊熟期
KD671	117		9.0	8.0		乳熟期
SM8490	122	8/8	9.0	7.0	11/6	
TX1277	124		8.7	8.3		糊熟期
NS1297-ハ'	129		8.7	7.0		乳熟期
SH2933	135		8.7	7.0		



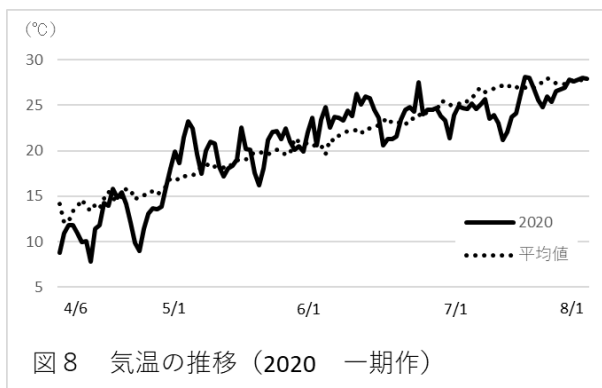


表5 生育状況 (2020 一期作)

品 種	RM	播種日	発芽良否	初期生育	収穫日	熟度
Z-Corn105	105		8.0	7.3		
KD580	108		7.3	7.0		
PO640	110		5.7	7.7	7/29	
LG30500	110		4.7	5.7		
KD641	114	4/6	7.3	7.3		黄熟期
TX1334	115		6.7	6.7	7/31	
KD671	117		6.0	6.7	7/30	
SH5702	118		5.7	6.0		
SM8490	122		6.7	7.3	8/3	
SH2821	125		6.7	7.0		

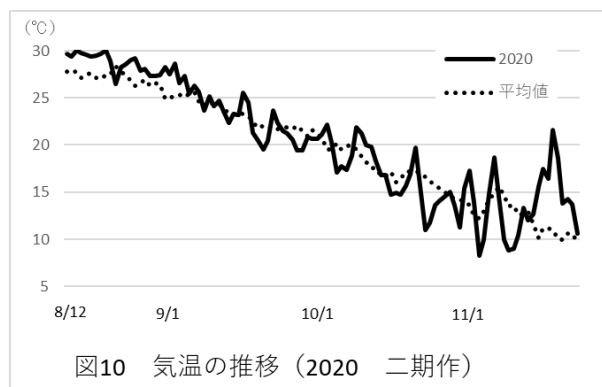
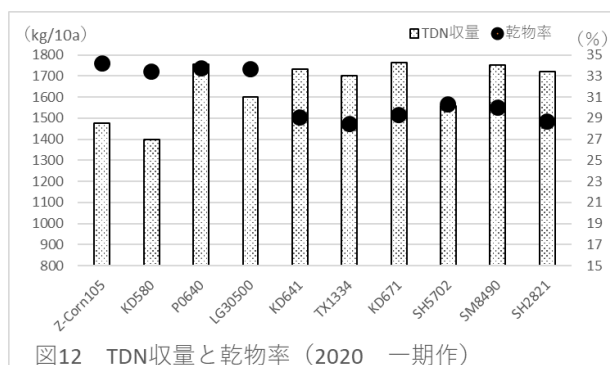
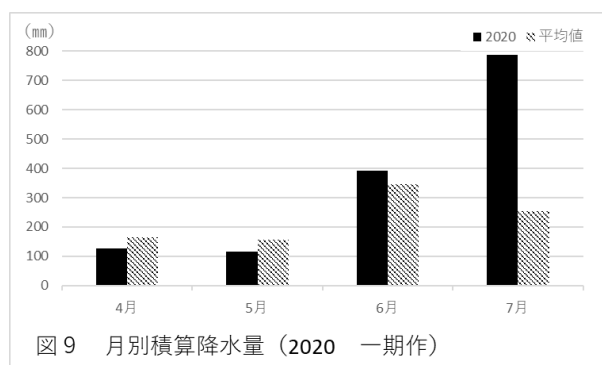
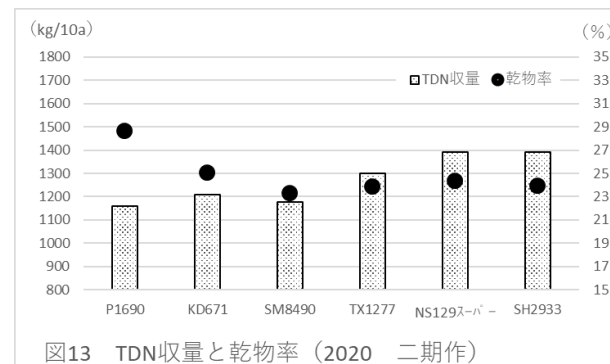
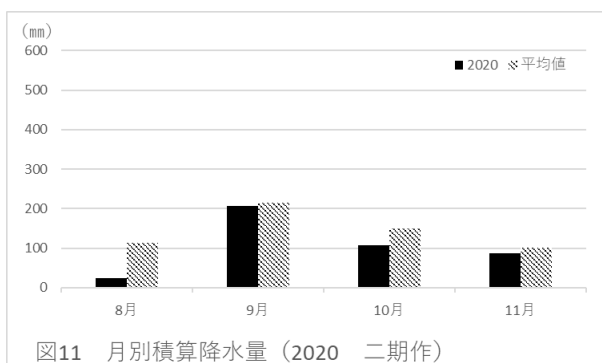


表6 生育状況 (2020 二期作)

品 種	RM	播種日	発芽良否	初期生育	収穫日	熟度
P1690	115		7.7	6.7		
KD671	117		6.3	6.3		
SM8490	122	8/12	6.7	5.3	11/24	乳熟期
TX1277	124		7.3	6.3		
NS1297-ハ-	129		8.0	6.0		
SH2933	135		7.3	5.0		未乳熟期



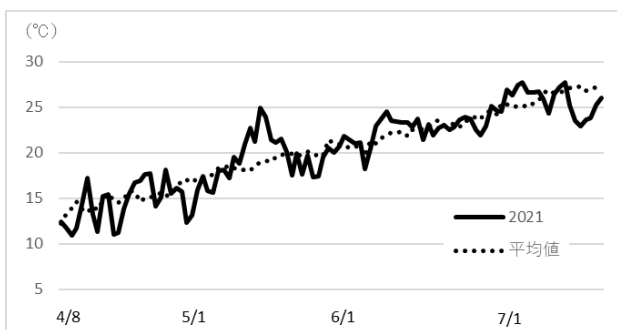


図14 気温の推移 (2021 一期作)

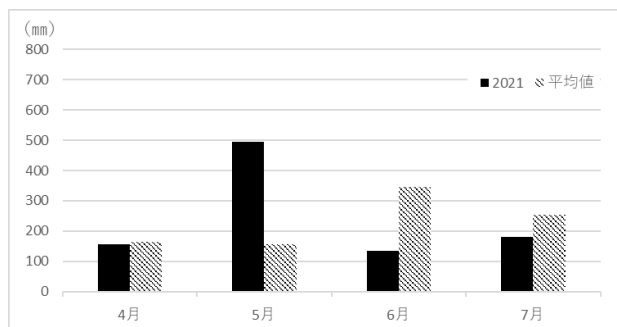


図15 月別積算降水量 (2021 一期作)

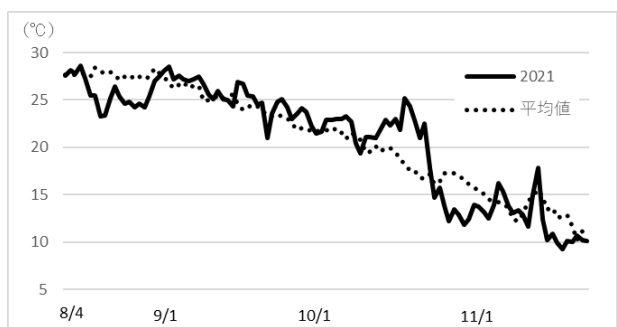


図16 気温の推移 (2021 二期作)

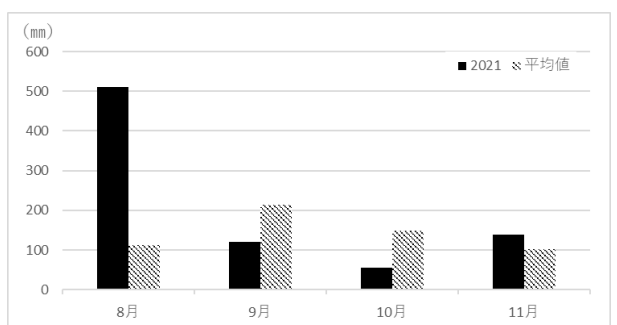


図17 月別積算降水量 (2021 二期作)

表7 生育状況 (2021 一期作)

品 種	RM	播種日	発芽良否	初期生育	収穫日	熟度
Z-Corn105	105		8.0	8.3		黄熟期
KD580	108		8.7	8.0		
P0640	110		8.0	8.3		
LG30500	110		8.0	8.3	7/19	糊熟期
KD641	114	4/8	8.7	8.7		
TX1334	115		8.0	8.7		
SH5702	118		7.7	8.7		
SM8490	122		8.0	8.3	7/20	乳熟期
SH2821	125		8.3	8.7		

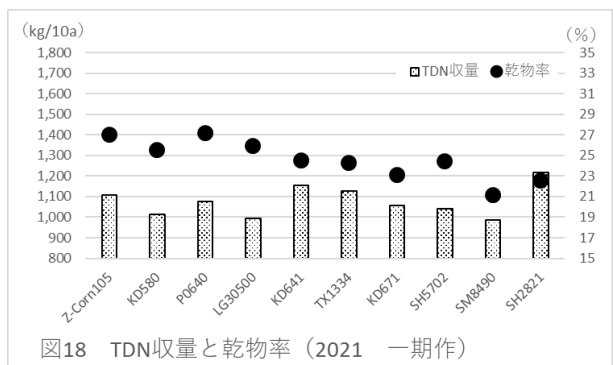


図18 TDN収量と乾物率 (2021 一期作)

表8 生育状況 (2021 二期作)

品 種	RM	播種日	発芽良否	初期生育	収穫日	熟度
TX1334	115		8.3	7.7		糊熟期
KD671	117		8.7	8.3		
SM8490	122	8/4	8.0	7.7	11/18	乳熟期
TX1277	124		8.3	8.0		
NS129スーパ-	129		8.7	7.7		糊熟期
SH2933	135		8.0	8.0		乳熟期

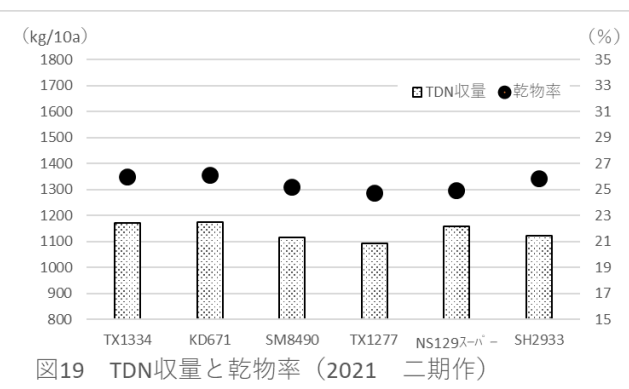


図19 TDN収量と乾物率 (2021 二期作)

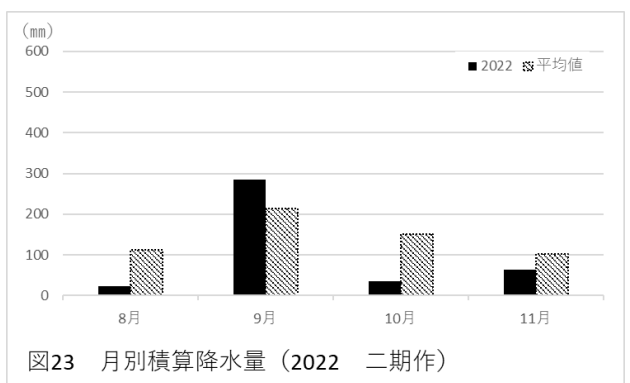
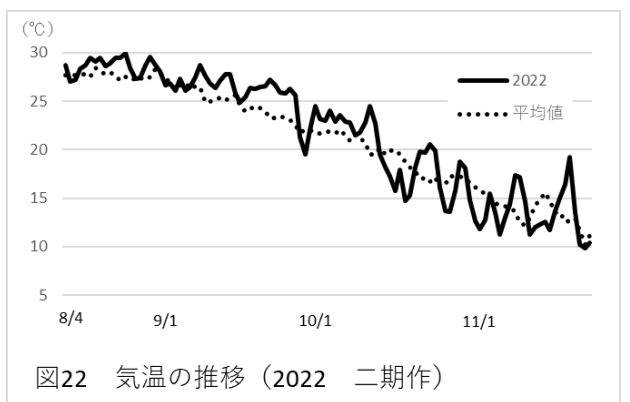
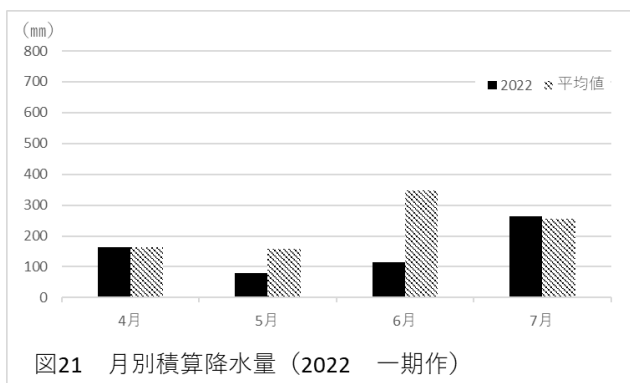
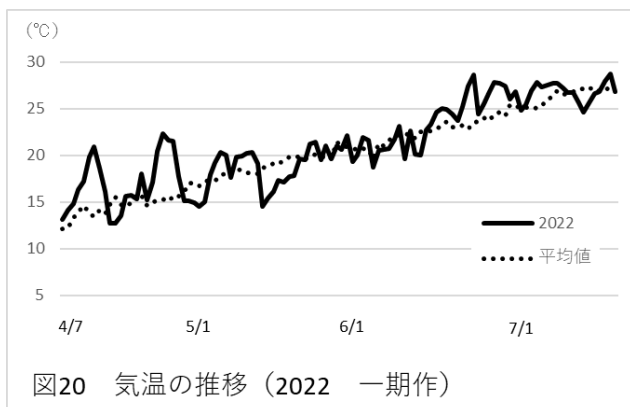


表9 生育状況 (2022 一期作)

品 種	RM	播種日	発芽良否	初期生育	収穫日	熟度
Z-Corn105	105		9.0	8.3		
KD580	108		8.7	7.7	7/21	
LG30500	110		8.7	8.3		
KD641	114	4/7	8.7	8.7		黄熟期
KD671	117		8.7	8.3	7/22	
SH5702	118		9.0	8.0		
SH2821	125		9.0	9.0		

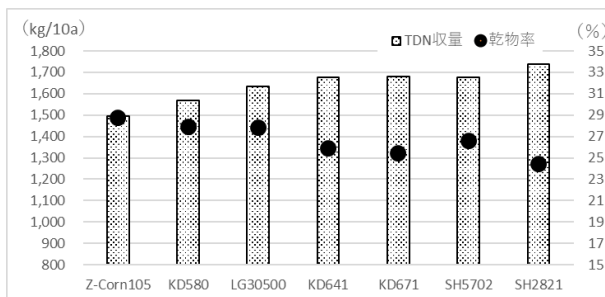
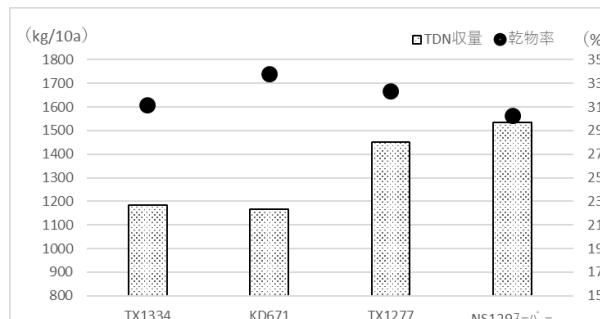


表10 生育状況 (2022 二期作)

品 種	RM	播種日	発芽良否	初期生育	収穫日	熟度
TX1334	115		8.7	8.7		
KD671	117		8.7	8.0		
TX1277	124	8/4	8.3	8.7	11/17	黄熟期
NS129スーパー	129		8.3	8.3		



参考文献

- 1) 農林水産省生産局畜産部飼料課：飼料をめぐる情勢、http://www.maff.go.jp/j/chikusan/sinko/lin/l1_siryu/attach/pdf/index-803.pdf、2022
- 2) 高野信雄、佳山良正、川鍋祐夫：粗飼料・草地ハンドブック、393～409、東京、養賢堂、1989

- 3) 独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構：日本標準飼料成分表 2009 年度版、34～41、東京、社団法人中央畜産会、2010
- 4) 菅野勉・森田聡一郎・佐藤節郎・黒川俊二・九石寛之・島田研：関東北部のサイレージ用トウモロコシ (*Zea mays* L.) 二期作栽培における乾物収量および乾物率、日本草地学会誌 57 (1)、43-46、2011
- 5) 気象庁：過去の気象データ・ダウンロード (1997～2019)、<http://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/index.php>
- 6) 一般社団法人日本草地畜産種子協会：飼料作物品種・種子情報、飼料作物品種一覧、http://souchi.lin.gr.jp/seed/6_27.php
- 7) 村木正則、服部育男、小畑寿、江口研太郎：飼料用トウモロコシ品種「ゆめちから」の収穫期による収量および栄養価の変動、日本草地学会誌九州支部会報 37 (2)、10-16、2007
- 8) 折原健太郎：関東南部におけるサイレージ用トウモロコシ (*Zea mays* L.) 二期作の品種の組み合わせ、日本草地学会誌 62 (4)、181-188、2017
- 9) 加藤直樹・服部育男・佐藤健次 1・村木正則・小林良次・吉川好文：九州北部における飼料用トウモロコシ (*Zea mays* L.) 二期作体系での 1 作目に利用する品種の早晩性と栽培期間および 2 作目の播種時期が栄養収量と乾物率に与える影響、日本草地学会誌 64 (1)、1-6、2018

